

森林の風景の有無が印象評価・主観的回復感・感情・注意回復力にもたらす影響 Influence of existing scenery in an on-site forest environment in terms of Subjective Appraisal, Restorativeness, Affect

高山 範理^{1*}; 藤原 章雄²; 齋藤 暖生²; 堀内 雅弘³
TAKAYAMA, Norimasa^{1*}; FUJIWARA, Akio²; SAITO, Haruo²; HORIUCHI, Masahiro³

¹ 独立行政法人森林総合研究所, ² 東京大学大学院附属演習林, ³ 山梨県環境科学研究所

¹Forestry and Forest Products Research Institute, ²The University of Tokyo Forests, ³Yamanashi Institute of Environmental Sciences

INTRODUCTION

Many stressors of urban life are increasingly driving humans to seek some form of stress relief (Frumkin, 2001). Natural environments, including typical urban parks and natural, secondary or artificial man-made forests are generally associated with stronger positive health effects compared with urban environments (Velarde, Fry & Tveit, 2007). For instance, natural scenes bring higher tranquility and a reduced feeling of danger compared to urban scenes (Herzog & Chernick, 2000), while outdoor recreation in a green environment has been shown to relieve stress among urban inhabitants (Li et al., 2008), hence the evidence to date seems to indicate the positive health effect of a natural setting. However, the question of how the existence of scenery as a sight stimulus produces a psychological effect in an on-site forest environment and to what extent remain unclear.

Therefore, during this research conducted in an on-site forest environment (a mixed forest including Larch, Giant dogwood), we set out our research purpose, namely to clarify the psychological healing effect of forest scenery as visual stimuli on respondents.

METHOD

With eleven male and four female adult respondents respectively, we conducted a viewing experiment to investigate the appraisal (Semantic differential method; abbreviated to SDM; 25-paired adjectives), the affect (Positive And Negative Affect Schedule; abbreviated to PANAS; 16-queries), subjective restorative quality (Restorative Outcome Scale; abbreviated to ROS; 6-queries) and degree of attention restoration (Perceived Restorativeness Scale; abbreviated to PRS; 26-queries) using four types of research questionnaires. The viewing experiment was conducted in the forest inside the Forest Therapeutic Research Institute (Fuji Iyashi-no-mori Institute) and managed by the University of Tokyo Forests in early May 2013. The experiments were conducted one-by-one during fine weather throughout the experimental period (four days). Each respondent was given respectively from the opening session (with well-managed forest scenery) to the closing session (forest scenery covered by tarpaulin) or vice versa to eliminate any order effect.

RESULT AND CONSIDERATION

Consequently, in terms of the comparison of appraisal, the opening session saw scores higher than the closing session for many measurement indexes and the degrees of score difference were cleared. Conversely, it became clear that a difference would emerge in both the opening and closing sessions, even if it was a measurement index not corresponding to visual senses but directly to other senses. Finally, based on the result of multiple regression analysis, it emerged that the basic links between them included aspects of difference and commonality for the integrated index appraisal such as likableness, comfort, beauty and sense of security when comparing the opening and closing of the forest landscape respectively, and this was an appraisal of concrete environmental factors which resulted in such differences and commonality. Furthermore, in terms of affect, even though neither a positive nor negative affect could be confirmed from statistical interaction when comparing the opening and closing sessions, there was a statistical decline (reduction) in the before (pre-viewing experiment) compared to after (post-viewing experiment). As for the quality of subjective restorative, the interaction between the opening-closing and before - after sessions was confirmed as well as individual statistical differences when comparing before and after in the opening session and opening and closing sessions in the after session sequentially. Regarding the degree of attention restoration, subsequent results of the opening-closing comparison clarified that the criteria of run away, fascination, scope and compatibility were statistically higher in the opening rather than closing session.

キーワード: 注意回復理論, ポジティブ感情, ネガティブ感情, 主観的回復感, 印象評価, 森林浴

Keywords: Attention restoration theory, Positive affect, Negative affect, Subjective restorative outcome, Appraisal, Forest therapy

労働意思量に着目したキャンパス緑地における景観保全に関する評価 Evaluation of Landscape Conservation at Green Space on Campus Based on the Level of Willingness to Work

高瀬 唯^{1*}; 古谷 勝則¹
TAKASE, Yui^{1*}; FURUYA, Katsunori¹

¹ 千葉大学大学院園芸学研究科

¹ Graduate School of Horticulture, Chiba University

1. Introduction

A university campus with a large-scale green space is precious access to green for the residents in the surrounding vicinity. However, very often only a very low budget is granted for management of green space on university campuses in Japan. Volunteer activities among students are expected for management of the landscape and maintenance of those green spaces on campus. In this study, landscape conservation of green space on campus has been evaluated, based on the level of students' willingness to work.

2. Study Methods

Matsudo Campus of Chiba University in Japan has been selected as a subject. The total area of this campus is 15 hectares, and 13.7 of which counts for green space. A survey was conducted in July, 2013, with students who belong to the Faculty of Horticulture at Chiba University. The number of respondents was 77. The following four items were surveyed: 1) Attribute of respondents (gender, participation experience in green space conservation activities, and willingness to participate), 2) future vision of green space on campus from nature experiences, 3) ecosystem services expected from green space on campus, and 4) desired participation hours to spare for green space conservation activities.

3. Results and Considerations

Regarding respondents' attributes, the number of valid responses was 59, with 35 males (59%) and 24 females (41%). The number of people who have participation experience in green space conservation activities counted 27 (46%). The number of those who are willing to participate in those activities was 48 (81%).

With regard to the future vision of green space on campus, an free answer question was provided and 65 valid responses were obtained. The two most common opinions were as following: 1) "Increasing of nature experience events" (19 respondents, 29%), and 2) "Increasing of facilities such as restrooms, benches, gathering area, and lighting" (19 respondents, 29%). The next most significant answer was "Better management of gardens and woods" (15 respondents, 23%).

The next topic about ecosystem services expected from green space on campus was captured from 59 valid responses. Approximately 90% of them had certain expectations from ecological services related to green space on campus: examples, "to create beautiful landscape in the area" and "space where people can enjoy nature".

Finally, as for the number of participation days to spare for conservation activities on Matsudo campus, 59 students provided valid answers. The average number of days that they are willing to participate is 14.2. Since the participation hours per day had been specified and presented as four hours, the average hours figure is 56.8, converted from the number of days. The grand total of days willing to spare among all valid respondents counted 841 days. Next, the number of desired days to spare was computed for each activity location within the campus. "Ohisama Garden", which is a flower garden managed mainly by students' initiatives earned the highest number of days among all the campus locations. Thirty-five respondents (59%) are willing to spare time here with an average of 6.4 days, which totals 225 days. On the other hand, traditional garden is the most popular in terms of the number of respondents who are willing to spare time. Forty respondents (68%) indicated their interest in sparing time in the traditional garden. The average counted 4.8 days, which totals 191 days. While the main reason of the location choice for Ohisama Garden was "interest in the activities" (14 respondents), the one for the traditional garden was "to acquire knowledge and know-how" (12 respondents).

4. Conclusion

In this study, students' willingness to participate in landscape conservation was clarified by gauging their willingness to work. In doing so, the specific number of days and the available labor in scenery maintenance have been drawn.

HGG01-02







会場:424

時間:4月29日 14:30-14:45

キーワード: 労働意思量, 景観保全, キャンパス緑地

Keywords: Willingness to Work, Landscape Conservation, Green Space on Campus

Table. Result of the number of participation days to spare for conservation activities on Matsudo campus

Traditional Garden	Ohisama Garden	Bamboo Grove	Around School Grounds	Sloping Forest	Other
					
Average of days 4.7 days	Average of days 6.4 days	Average of days 3.4 days	Average of days 3.2 days	Average of days 4.9 days	Average of days 4.8 days
Number of Respondents 40 (68%)	Number of Respondents 35 (59%)	Number of Respondents 36 (61%)	Number of Respondents 20 (34%)	Number of Respondents 32 (54%)	Number of Respondents 16 (27%)

日常デジタル機器を用いた写真投映法による風景評価手法に関する研究-韓国・冠岳山を事例として-
Landscape Evaluation Method by Visitor-Employed Photography with Usage of Cell-phones - Case Study of Mount Gwanak, Korea

水内 佑輔^{1*}; SON YongHoon²; KANG Moonseok²; 古谷 勝則¹
MIZUUCHI, Yusuke^{1*}; SON, Yonghoon²; KANG, Moonseok²; FURUYA, Katsunori¹

¹ 千葉大学大学院園芸学研究所, ²Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University

¹Graduate School of Horticulture, Chiba University, ²Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University

1. Introduction

風景を資源対象とする空間の計画や設計の為に、利用者による風景認識や評価の把握は重要である。これまでの研究により風景認識モデルは視点と対象の関係によって理解されている。特に空間を操作対象とする造園学においては、視点場と対象の関係が重視されてきた。この風景認識を把握するための研究手法として、「Visitor Employed Photography」というカメラを用いた調査手法があり、地域の視覚的なイメージを抽出するための優れた手法と考えられている。しかし、従来の VEP では、視対象の把握に関しては有効であるものの、視点場の抽出に関しては別途インタビューや被験者による記述を行う必要があるなどの欠点がある。そこで、本研究では、これらを克服した風景認識調査手法の構築のために、利用者が所持する日常デジタル機器である携帯電話の GPS 機能を用いた風景認識調査を行うこととした。

2. Outline of the experiment

韓国のソウル市近郊の Urban Eco Park に指定されている Mt.Gwanak のトレイルを選定し、被験者 60 名による調査を行った。被験者には自らの携帯電話を用いて、評価する風景を Geotag 付き写真によって撮影させた。同時に、携帯電話の GPS ログアプリケーションを用いて、被験者の空間地理情報を取得させた。次に被験者の属性に関するアンケート調査を行った。得られた写真から、Mt.Gwanak において評価される風景の対象と空間的特徴の分析を行った。地理空間情報の分析には

3. Result

60 人合計で 1119 枚を収集した。次に同じ被験者が撮影した同一の構図の写真を取り除いた (121 枚)。さらに、6 名に関しては地理空間情報を得ることが出来ず写真を取り除いた (99 枚)。その他の被験者の誤った地理空間情報を持つ写真を取り除き (45 枚) 残った 842 枚の写真を分析の対象とした。これらの写真を視対象と視距離によって分類を行った。その結果、トレイルを視点場として、林内景観を撮影したものが 120 枚と最も多く、眺望景観 (105 枚) や河川を中心とする空間を近景として捉えた写真が多く得られた。

得られた地理空間情報を Kernel density estimation を用いて、利用者が重視する視点場を抽出した (図-1)。その結果と視対象分類とを併せたところ、最も密度が高い場所は山頂付近では眺望景観や山頂の岩や建築物が視対象となっていた (図-1 ①)。また、トレイルと河川の接触ポイントの撮影密度 (図-1 ②、③) が高い。また、寺院が位置する場所 (図-1 ④) での撮影密度が高いという傾向がある。

4. Conclusion

本調査では、日常デジタル機器である携帯電話を用いて、VEP を行った。その結果、Mt.Gwanak において、トレイルからの林内景観や眺望、河川空間の風景が評価されている点を示した。眺望や河川空間は特定の場所に集中する一方で、林内景観に関しては特定の空間的偏りは見られなかった。

アンケートによる本調査に関する評価では 42 人 (70%) が快適であったと回答した。快適でなかったと回答した 18 人 (30%) であった。そのうち、2 人 (3.3%) が GPS に関するもので、残りはコースに関するものであり、調査手法そのものに関しては負荷の少ないものであると考えられる。このように、本調査では視点場と視対象を視覚的に抽出することが出来、今後の風景認識把握手法の構築として有用な調査手法となるであると考えられる。また、風景認識の文化的差異などを抽出するための国際比較研究においても利用可能である。

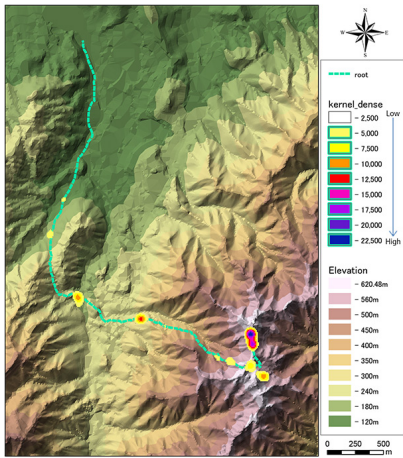
キーワード: 風景評価, GPS, GIS, 写真投映法

Keywords: landscape evaluation, GPS, GIS, Visitor Employed Photography

HGG01-03

会場:424

時間:4月29日 14:45-15:00



Comparison of natural landscape appreciation between Russia and Japan: landscape exoticism evaluation

Comparison of natural landscape appreciation between Russia and Japan: landscape exoticism evaluation

PETROVA ELENA^{1*}; MIRONOV Yury²; AOKI Yoji³; 松島 肇⁴; EBINE Satoshi⁴; FURUYA Katsunori⁵; Petrova Anastasia⁶; 高山 範理⁷; 上田 裕文⁸
PETROVA, Elena^{1*}; MIRONOV, Yury²; AOKI, Yoji³; MATSUSHIMA, Hajime⁴; EBINE, Satoshi⁴; FURUYA, Katsunori⁵; PETROVA, Anastasia⁶; TAKAYAMA, Norimasa⁷; UEDA, Hirofumi⁸

¹Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, ²Vernadsky State Geological Museum of the Russian Academy of Sciences, ³Haiku International Association, ⁴Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, ⁵Graduate School of Horticulture, ⁶Institute for Oriental Studies of the Russian Academy of Sciences, ⁷Forestry and Forest Products Research Institute in Japan, ⁸School of Design, Sapporo City University

¹Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, ²Vernadsky State Geological Museum of the Russian Academy of Sciences, ³Haiku International Association, ⁴Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, ⁵Graduate School of Horticulture, ⁶Institute for Oriental Studies of the Russian Academy of Sciences, ⁷Forestry and Forest Products Research Institute in Japan, ⁸School of Design, Sapporo City University

People belonging to different cultures differ by their landscape preferences due to a number of ethno-cultural features as well as historical, social, and environmental factors. It is very important to reveal and consider these differences. The purpose of this study is to compare perception, visual and emotional evaluation of natural landscapes in Russia and Japan, that are situated so close to each other and share a common border, but differ so greatly in cultural aspects, while both have deep-rooted traditions of landscape appreciation. We have interviewed respondents in university centres of Russia (Moscow in Central Russia, Irkutsk in East Siberia, and Petropavlovsk-Kamchatsky in Far East) and Japan (Sapporo, Chiba, and Miyazaki); metropolitan areas of both countries and two outermost areas, which differ most strongly in their natural environment, were represented. Young respondents (17 to 30 years old men and women) have taken part in the survey. During the interview, each respondent received the same set of 70 photos of natural landscape. For evaluating the exoticism, we asked respondents to use the 3-point scale, on which exotic landscape got a mark "+1" and usual landscape - "-1". When respondents could not decide between these categories, they were suggested to use an average value "0". Data obtained were analyzed using elementary and multivariate statistical methods.

Exoticism is very important parameter in landscape appreciation and evaluation. As we have learned during the interview, respondents consider attractive landscape as beautiful and comfortable not only for a long-term stay, but for living in. Exotic landscape is "unfamiliar" to respondents; even if it were unsightly, it would be interesting to look at, at least once. Therefore, when assessing attractiveness of landscape, respondents focus primarily on their aesthetic feelings, but in the evaluation of exoticism dominates their educational interest to an unknown. As we revealed, practically no correlation exists between Russian and Japanese respondents to evaluate exotic landscapes ($R = 0.26$). The majority of Russian respondents evaluate mountain landscapes, waterfalls, and sea coasts as the most exotic, but forests, rivers, and treeless plains as the most usual. At the same time, coastal areas are usual and treeless plains are exotic for the Japanese. All the other types of landscapes vary considerably in their exoticism degree for Japanese respondents. All groups of Japanese respondents assess the exoticism of landscapes virtually identical (the correlation coefficients between their scores are: $R = 0.90-0.96$), while the groups of Russian respondents show some differences.

To discover the ethno-cultural aspect, we compare the survey data from Kamchatka to that from Hokkaido, which are similar in terms of natural conditions. In their assessments of the exotic landscapes residents of Kamchatka are closer to the representatives of their culture, living in fundamentally different environmental conditions, than to the representatives of the Japanese culture, living in a similar environment. At the same time, Kamchatka respondents evaluate some of exotic landscapes virtually identical to the estimates of Japanese respondents and very different to those of Russian respondents from other regions. This applies to seacoasts and mountain landscapes that are both the most remarkable and most similar elements of natural environment of Kamchatka and Japan. Thus, if all respondents evaluate the attractiveness of landscapes almost equally, which may indicate the existence of universal human concepts of their aesthetics, then when assessing the exoticism, important role play both ethno-cultural differences and features of natural environment where the respondents live or that they have experience to communicate with. For Russian respondents the most exotic landscapes are also the most attractive, although we cannot see such a tendency for Japanese respondents.

HGG01-04

会場:424

時間:4月29日 15:00-15:30

キーワード: landscape appreciation comparison between Russia and Japan, visual and emotional evaluation of natural landscapes, exotic landscape, attractive landscape, ethno-cultural differences, features of natural environment
Keywords: landscape appreciation comparison between Russia and Japan, visual and emotional evaluation of natural landscapes, exotic landscape, attractive landscape, ethno-cultural differences, features of natural environment

Informal urban greenspace(非公式緑地):札幌とブリスベンの住民の利用・評価の理由の模索 Exploring reasons for residents use and appreciation of informal urban greenspace in Sapporo and Brisbane

Rupprecht Christoph^{1*}
RUPPRECHT, Christoph^{1*}

¹ エンバイロンメンタル・フューチャー研究所, ² グリフィス大学環境学部
¹Environmental Futures Research Institute, ²School of Environment, Griffith Univ.

I 空き地、道路や線路の端、川岸といった非公式緑地 (IGS, informal greenspace) は都市のレクリエーションと風景の研究における重要な新しい話題である。去年の JpGU2013 で、札幌とブリスベンの住民が大人の今も、子供時代にも IGS を利用・評価したことを発表した。しかし、以下の二つの重要な疑問が残ったままである：1) 公園等の公式緑地と比較すると、IGS は住民にとってどのような役割を持つのか？、2) なぜブリスベンの回答者は札幌の回答者より IGS を高く評価したのか？ この発表ではその質問への考えうる説明を紹介する。

最初の質問に答えるため、GIS 分析で調査範囲の 500m 以内の公式緑地量を計った。IGS 利用と公式緑地面積の間に負の相関関係があるならば、IGS が公園の代わりに利用されることが考えられる。しかし、分析の結果では相関関係がなかった。これは住民が意図的に IGS の利用を選ぶことという説明が考えられるだろう。すなわち、IGS は住民のレクリエーションにとって公式緑地と異なる独特な役割を持っていることが考えられる。

しかし、札幌の回答者は IGS は日常生活に良くも悪くも影響すると回答した一方で、ブリスベンの回答者は IGS は日常生活に良い影響があるとしたのがほとんどだったのはなぜだろうか？ その IGS 評価の違いの理由を模索するために、両方の都市の IGS 量・植生構造・アクセス可能性を計った。さらに、IGS の種類（空地、道路の端、工場跡地、線路の端、すき間、川岸等）を登録した。IGS のアクセス可能性は三つのレベルに分けた（可能、部分的可能、不可能）。植生構造は四つの階層で計った（木、低木、草本、芝生）。

その結果、IGS が両方の都市で予想より多くの都市面積を占める（計った全面積の75%）が、都市の IGS の種類と植生構造が都市間で異なることが分かった。住民調査と IGS 量調査の結果を分析し分かった IGS 種類と植生構造の違いが、両都市住民の IGS 評価の違いを説明しうると考えられる。さらに、住民の IGS 評価の理由が分かれば、IGS のレクリエーション可能性を解き放つことができるかもしれない。

キーワード: 都市地理学, レクリエーション, ワイルドスケープ, 都市計画, 自然らしさ, spontaneous vegetation
Keywords: urban geography, recreation, wildscape, urban planning, naturalness, spontaneous vegetation

2009 年から 2013 年までの景観の心理的評価に関する英語論文のレビュー A review of English papers on psychological evaluation of landscape from 2009 to 2013

青木 陽二^{1*}
AOKI, Yoji^{1*}

¹ 放送大学

¹Open University of Japan

本論文では、2009 年から 2013 年までの Landscape and Urban Planning, Landscape Research, J. of Environmental Psychology, Environment and Behavior, J. of Environmental Management や他の科学雑誌での、心理テストの観点から景観評価に関する興味深い研究をレビューする。2005 年まで、私はレビュー記事 (Aoki, 1999, Aoki, 2006, Aoki, 2007) に景観評価の様々な研究を報告した。最近の 5 年間に、最後に報告をした十年に比べて、より多くの研究が発表された。よって、私は先の論文に従い、(1) 景観現象の明確化、(2) 回答者の属性、(3) 景観評価項目、(4) 風景収集や提示方法、及び (5) 心理的反応の説明モデルと物理計画内での提案について報告する。

(1) 風景現象の明確化 (表 1)

風景評価の最初の説明は、J. Appleton(1975) によって提案された。人間の脳における複雑な反応系の詳細なメカニズムは、まだ説明されていない (Thiel, 1996)。この困難な状況は、人間に与えられた高度な脳のシステムであることが議論された (Bourassa, 1991)。我々はすでに、脳内の活動を測定するツールを得たが、景観現象の解明と、景観評価の原因の解明にはまだ時間がかかる (青木 2008)。

最近 5 年間で、小児期および青年期のアットホームな雰囲気について (Adevi と Grahn 2012) が検討した。

(2) 回答者の属性 (表 2, 3)

属性には二種類あり、人類を表わすものと個性を表わすものがある。

前者では、山岳部族のシェルパ (Beza, 2010) やナイジェリアの子供たち (Falk と Balling 2010) が調査された。

後者では、観光客が増加し、親族関係の影響が新たに (Howley ら 2012) 調査された。

インターネットを介して回答の意味づけは検討中である。

(3) 景観評価 (表 4)

好みは、近年は多く使用されている。支払い金額は、この分野で普及するようになった。SD 法はまだ評価に用いられている。

他の評価では、例えば、自宅気分 (Adevi と Grahn 2012)、親しみ (Dobbe, 2013) と、撮影場所の分布 (杉本 2013) が用いられた。

(4) 風景サンプリングと提示法 (表 5, 6)

新しい風景として、運輸軌道 (Bernasconi ら 2009)、火災後の変化 (Islas and Vergara 2012)、エベレスト山 (Beza, 2010)、季節の変化 (Eroglu ら 2012) が調べられた。

提示方法では、現場訪問が増え、携帯電話の改良により GPS(杉本 2013) 利用が人気となった。

(5) 評価説明モデルと計画提案 (表 7, 8)

評価説明モデルでは、生物多様性 (Jungels ら 2013) や、川の水量について (Pflueger ら 2010) が試みられた。

計画提案では、地図提示 (Ribeiro ら 2013, Schirpke ら 2013) が提供された。

参考文献

Aoki, Y. 1999 Review Article: trends in the study of the psychological evaluation of landscape, Landscape Research 24(1), 85-94.

Aoki, Y. A. 2006 Historical review on landscape studies in term of psychological evaluation, Landscape planning for Russia: results and prospects 37-46.

Aoki, Y. 2007 Recent trends of English papers on the psychological evaluation of landscape, J. of Environmental Information Science 35(5), 181-188.

青木陽二 2008 風景の科学的評価について 季刊環境研究 148, 120-126.

Appleton, J. 1975 The Experience of Landscape, London. Wiley.

Bourassa, S.C. 1991 The Aesthetics of Landscape, London: Belhaven Press.

Thiel, P. 1997 People, Paths and Purposes, Seattle, WA: University of Washington Press.

キーワード: 景観評価, 英文論文, 2009-2013, レビュー

Keywords: landscape appreciation, English papers, 200-2013, review

イメージスケッチを用いたフィジーの風景イメージの民族比較 Comparison of Races in Terms of Images of Landscapes in Fiji Using Image Sketches

小菅 貴史^{1*}; 古谷 勝則¹; Verma Mukesh²
KOSUGE, Takashi^{1*}; FURUYA, Katsunori¹; VERMA, Mukesh²

¹ 千葉大学大学院園芸学研究所, ² フィジー国立大学社会科学部

¹Graduate School of Horticulture, Chiba University, ²Hard, Social Sciences, Fiji National

はじめに

南太平洋の島国にあるフィジー共和国は農業と観光が主要な産業である。住民はフィジー系が51%、インド系移民が44%である。本研究では、フィジー系とインド系の住民を対象に、両民族の森林に対するイメージの違いを、スケッチ調査から明らかにすることを目的とした。

研究方法

調査は、2013年8月から12月にかけてフィジー共和国に滞在し、スケッチ調査を住民に対して実施した。調査は面接方式で、158名から回答を得た。調査では、森林をキーワード、文章、スケッチで描写してもらった。1) まず、フィジーの「森林」について心に浮かぶままの自由な考えを連想していくつかのキーワードを記入してもらった。2) 次に100語程度の文章で、「森林」のイメージについて説明してもらった。3) さらに、「森林」のイメージについて簡単なスケッチを描いてもらった。分析では、森林のイメージを概観するため、スケッチに描かれた構成要素を数えた。さらに回答者と描いているスケッチの空間構造を、距離から近景・中景・遠景の3つと、高い位置からの眺めである俯瞰景の合計4種類に分類した。民族別の分析には、マン・ホイットニーのU検定を使用した。

研究結果と考察

回答者の最終学歴では、小～中が31名、中～高校55名、専門21名、大学37名であった。回答者の居住地の都市化の程度では、都市部が89名、郊外が69名であった。

全体158名のスケッチから1504個の構成要素が抽出された、1枚のスケッチ当たり平均9.5個であった。民族別には、フィジー系9.09個、インド系10.44個であった。これら1504個の構成要素は、73種類に分類できた。158名のスケッチ別に構成要素の出現割合を求めた。多い順に、山(82%)、木(69%)、太陽(63%)、ヤシの木(58%)、家(51%)、海(47%)、川(44%)、森(42%)、鳥(35%)、村(34%)、雲(32%)であった。森林を描いてもらったが、スケッチには山、木、太陽などの自然要素が多く描かれた。また、身近なヤシの木、家、海なども描かれていた。フィジーの住民のスケッチには、山を中心に描きながら熱帯地域に広がるヤシの木などを含んでいた。さらには自然風景の中には、家や村などを同時に描かれることもあり、自然が身近な暮らしの中に密接に結びついていることが考えられる。空間構造では、遠景(59%)、俯瞰景(18%)、近景(13%)、中景(8%)であった。

スケッチに描いた1504個の構成要素を大きく6つに分類し、総数1504個に対する割合を示す。自然631個(42%)、人工物266個(18%)、天候206個(14%)、植物183個(12%)、乗物33個(2%)、生き物171個(11%)であった。天候とは太陽、雲、雷、星などで表現されていた。

民族別の回答割合をみると、自然ではフィジー系76%、インド系54%であり、有意な差がみられた($p < .05$)。農村ではフィジー系24%、インド系44%であり、有意な差がみられた($p < .05$)。フィジー系は森林を自然の中に捉え、インド系は森林を自然だけでなく農村にもとらえている可能性がある。自然では、山や河川、森林などから構成された景観であり、農村は家や農場などの人工物が主体となって描かれている景観であった。

73種類で個別に差の検定を行ったが、6種類のみ有意差がみられた。民族別の回答割合をみると、ヤシの木(50%、74%)、表情の入った太陽(19%、34%)、草地(34%、12%)、サトウキビ(7%、20%)、平原(フィジー系1%、インド系10%)、ホテル(0%、8%)であった。スケッチの描写を分析すると、フィジー系は自然に関するもの、インド系は植物など描写に関してフィジー系よりも細かな描写がみられた。

空間構造については、遠景ではフィジー系が55%、インド系68%とともに遠景として描写される風景が多かった。遠景のスケッチは、遠くに山並みが連なり、山から滝や河が流れ、海へと繋がっている。さらにその周辺には木々や熱帯特有のヤシの木や家や村など人工物が描かれていた。空間構造を民族別にみると、近景でフィジー系19%、インド系2%であり、有意な差がみられた($p < .05$)。

おわりに

フィジー系とインド系の住民を対象に、両民族の森林に対するイメージの違いを、スケッチ調査から明らかにすることができた。

HGG01-P02

会場:3 階ポスター会場

時間:4 月 29 日 18:15-19:30

キーワード: イメージスケッチ, 風景, 民族比較, フィジー共和国

Keywords: Image Sketches, Landscape, Comparison of Races, Republic of Fiji

ニュージーランド滞在経験者と未経験者の日本人による自然風景評価の比較 A Comparative Study on Landscape Cognition Between Japanese who have been in New Zealand(NZ) and who have not been to NZ

堀内 佳菜^{1*}; 古谷 勝則¹
HORIUCHI, Kana^{1*}; FURUYA, Katsunori¹

¹ 千葉大学大学院園芸学研究科

¹ Graduate School of Horticulture, Chiba University

はじめに

ニュージーランドは日本の国土とほぼ同等の島国であり、また気候も亜熱帯・温帯と共通する点がある。また移民国家であるNZには多くの日本人が移住、長期滞在をしているが、日本からの距離が遠いためか、NZについて詳細を知る日本人は少ない。そこで本研究では、ニュージーランド滞在経験を持つ日本人と経験を持たない日本人を対象に、自然風景の認識の違いを明らかにすることを目的とした。

研究方法

両国の自然風景を海岸・滝・河川・森林・湿地・山・湖に分類し、各カテゴリーの風景写真を日本35枚、NZ34枚、合計69枚収集した。次に、これらの写真を対象に、それぞれの国らしさを示していると感じる写真を各国3枚ずつ選定してもらった。回答者は、ニュージーランド(NZ)滞在経験のある日本人グループ(NJG)25名、NZ滞在経験のない日本人グループ(JPG)42名、ニュージーランド人グループ(NZG)12名であった。そして、両国の自然風景のイメージ・キーワードを各国3つずつ書き出してもらった。

研究結果

まず、日本らしい風景として、全てのグループで最も選ばれたものは、富士山の写真であった。選出された上位2種類の写真はいずれも富士山であった。最も多く選ばれたものは、芦ノ湖と神社の鳥居が共に写った富士山の写真であった(NJG76.0%、JPG74.0%、NZG50.0%)。3番目では各グループで結果が異なった。NJGは富士山と樹海の写真(32.0%)、JPGは沢の写真(28.7%)、NZGは滝を背景にした紅葉の写真(16.7%)と、残雪が地面に残る森の写真(16.7%)であった。JPGで選ばれた沢の写真は、実際はNZで撮影されたものであり、日本の風景として認識されていた。

NZらしい風景では、日本の富士山の写真ほど集中的に選択されたものはなかった。最も多く選ばれた写真は全グループ共通しており、岬と灯台の写真であった(NJG36.0%、JPG40.5%、NZG16.7%)。二番目に多く選ばれた写真は、NJGは、火山地帯にある湖と立ち上がる蒸気の写真(24.0%)であった。JPGでは、火山クレーターと固まったマグマの写真(23.8%)及び、湖の写真(23.8%)であった。日本では見慣れない光景であることから、「NZらしい風景」として選ばれたことが推測できる。NZGでは、選択された写真が分散しており、特徴を見いだせなかった。

各国の自然風景のイメージを表すキーワード(KLI)では、地形や植物を示す名詞、動物を示す名詞、色を表す名詞、印象を示す形容詞、固有名詞などが回答された。NZのKLIでは、NJGでは、森や丘、山などの単語の合計が29.6%であった。緑や、ダイナミック、広大などの単語がそれぞれ22.2%であった。広大でダイナミックな山や森が織りなす風景をイメージしている可能性が高い。一方、JPGでは、広大(35.0%)、牧草地・草原(27.5%)、空、野性味(25.0%)であった。同じく広大ではあるが、草原や牧草地をイメージしている可能性が高い。

NJGとJPGの自然風景の認識の違いを、写真選択とKLIから明らかにした。写真選択では、あまり違いは見られなかった。しかし、JPGは、NZの写真を、日本らしい風景として選択していた。KLIでは、JPGが広大な草原を、NJGは広大な山や森が織りなす風景を記載していた。

キーワード: 日本, ニュージーランド, 風景認識, 風景

Keywords: Japan, New Zealand, Landscape Cognition, Landscape

HGG01-P03

会場:3階ポスター会場

時間:4月29日 18:15-19:30



ダライ湖自然保護区における景観変遷と住民の意識分析 Analysis of Scenery Transition and Residents' Opinion in Dalai Lake Nature Reserve

韓 国栄^{1*}; 古谷 勝則¹
HAN, Guorong^{1*}; FURUYA, Katsunori¹

¹ 千葉大学大学院園芸学研究所

¹ Graduate School of Horticulture, Chiba University

はじめに

中国内モンゴルでは草原景観が減少している。農地の増加と草原の砂漠化が草原減少の原因と言われている。放牧を生業としているモンゴル族にとって、草原の減少は深刻である。本研究では中国の代表的な草原であるフルンボイル草原に位置するダライ湖自然保護区を対象地とした。自然保護区の住民の日常生活に基づいた景観要素を抽出し、自然保護区の景観変遷を明らかにすることを目的とした。

研究方法

ダライ湖自然保護区の草原で遊牧する住民対象に、2013 年 12 月末から 2014 年 1 月中旬に意識調査を実施した。意識調査は面接方式で 409 名の回答を得た。意識調査では、回答者の属性と、ダライ湖自然保護区の草原景観構成要素を把握した。草原の景観構成要素としては、10 年前、現在、そして将来像（たとえば 10 年後）を調査した。景観構成要素の調査では、文献調査から得られた 25 個の景観構成要素から代表的な要素を複数回答で調査した。他に自由記述欄を設けた。また、住民が期待する草原の管理方法についても回答を得た。統計手法としてカイ二乗検定を使用した。

結果

文献調査から得たダライ湖自然保護区の景観要素には、湖、川、湿地、草原、野生動物、野生植物などといった自然景観、モンゴルゲルなどの人文景観、また、経済の発展により、新たに発展してきた電気、鉱業、建築物などの景観要素があった。

回答者の属性では自然保護区内の居住者が 236 名であったので、有効回答者数を 236 名とした。回答者の平均年齢は 41.1 歳で、民族では、モンゴル族 170 名 (72%)、漢民族 (23%)、エヴェンキ族 (5%) であった。

10 年前の代表的な景観構成要素として、有効回答者全員が選んだのは野生動物、野生植物、草原、川であり、99% が選んだのは湖、砂地、家畜であった。鉄道、ゲルキャンプ、案内・広告看板、旅行施設、キャンプ車は 1% のみに選ばれた。

現在の代表的な景観構成要素として、全員が選んだのは集落、鉄道、砂地、家畜であり、232 名 (98%) が選んだのが道路、電線であった。次に、229 名 (97%) が鉱業地を選んだ。最も少ないのは野生動物の 54 名、(23%) であった。

将来の代表的な景観構成要素として、全員が選んだのは野生植物、草原、家畜、川であり、233 名 (98%) が道路を選んだ。次に、湖が 227 名 (97%) であった。選択者が少なかったのは、「鉱業地」(41 名、17%) と「電線」(50 名、21%) であった。

10 年前の景観構成要素と現在を比較すると、自然景観要素は 93% から 60% に減少していた。一方で、将来の自然景観要素は 87% であった。住民が期待する草原の管理については、「現在の状態を維持する」(103 名、44%) と「自然遷移に任せる」(79 名、34%) であった。次に、「管理を強化する」(51 名、22%) が多かった。

おわりに

本研究では、自然保護区内住民の考えている景観を、10 年前、現在、将来 (約 10 年後) で明らかにした。また、住民が期待する草原の管理方法についても明らかにした。

キーワード: ダライ湖自然保護区, 景観変遷, 住民, 景観要素, 意識, 草原

Keywords: Dalai Lake Nature Reserve, Scenery Transition, Resident, Scenery factors, Opinion, Grasslands

HGG01-P04

会場:3 階ポスター会場

時間:4 月 29 日 18:15-19:30



Dalai Lake Reserve

フィジー共和国における自然風景評価の民族比較研究 Research on Comparison of Races in Terms of Evaluation of Natural Landscapes in the Republic of Fiji

小菅 貴史^{1*}; 古谷 勝則¹; Verma Mukesh²
KOSUGE, Takashi^{1*}; FURUYA, Katsunori¹; VERMA, Mukesh²

¹ 千葉大学大学院園芸学研究所, ² フィジー国立大学社会科学部

¹ Graduate School of Horticulture, Chiba University, ² Hard, Social Sciences, Fiji National

はじめに

フィジー共和国は南太平洋の島国で、住民はフィジー系が51%、インド系移民が44%である。本研究では、フィジー系とインド系の住民を対象に、両民族の風景理解の違いを明らかにすることを目的とした。

研究方法

1) まず日本とフィジーの両国の自然風景の写真を収集した。次に、「滝」「森林」「海岸」「河川」「田畑」「湿地」「山岳」「湖」の景観をフィジー33枚、日本39枚、合計72枚の写真を選び出した。2) これら写真を対象に一般人141名に、写真をグループに分けてもらい、それぞれのグループに名称をつけた。3) さらに、同じ被験者が、写真を好ましさ(5段階)と異国情緒(3段階)で評価した。4) また、フィジーらしさを示す写真を3枚選択させることによって、その国らしい自然風景を抽出した。調査は、2013年8月から12月にかけてフィジー共和国に滞在し、フィジーに住む住民に対して実施した。調査は面接方式で、141名から回答を得た。写真グループの分析には、クラスター分析(ウォード法、平方ユークリッド距離)を用いた。民族間の比較には、マン・ホイットニーのU検定を使用した。

研究結果と考察

回答者の性別は、男性54名、女性87名であった。回答者の年齢は10代が34名、20代が57名、30代が24名、40代が12名、50代が5名、60代以上が9名であった。回答者の職業では、学生が57名、それ以外が84名であった。回答者の民族では、フィジー系が87名、インド系が52名であった。海外旅行の経験がある回答者は28名(20%)であった。

写真の分類では、「湿地」の写真で民族間に違いが見られた。フィジー系は「湿地」と「森林」を別々のグループに分類した。また、フィジー系では「湿地」が「河川」に含まれていた。一方、インド系では「湿地」が「森林」に含まれる場合と「河川」に含まれる場合があった。

次に「湖」の分類についてみた。フィジー系もインド系も、「湖」を「海岸」と一緒にして分類していた。フィジーでは、陸域に占める水面積率が極僅かであり、「湖」という認識がない可能性がある。「海岸」については両民族ともに周辺には岩場や木々が少ない砂浜景観と岩礁が広がる岩礁海岸の2グループに分類されていた。

好ましさの分析では、6枚の写真で有意差が見られた。6枚のうち5枚がフィジーの風景写真であり、1枚が日本の風景写真であった。異国情緒の評価では、4枚の写真が有意差を示した。この4枚のうち、3枚がフィジーの風景写真であり、1枚が日本の風景写真であった。フィジーの風景写真の好ましさでは、フィジー系の方がインド系より4.06高い値を示した。フィジーらしさを示す写真の選択では、フィジー系とインド系でばらつきが見られた。フィジー人は、田畑21%、山岳17%、海岸17%を選択した。インド人は、海岸44%、川14%、湿地12%を選択した。フィジー系は、フィジーで主食とされるタロイモ畑や集落等に広がる山岳景観を選択し、フィジーの伝統的な風景を選択した可能性が考えられる。一方、インド系が海岸景観を選択したことから、フィジーに点在するリゾート地を思い浮かべている可能性が考えられる。

フィジー系の好ましさでは「滝(4.43)」「湖(4.41)」「河川(4.14)」「海岸(4.09)」であり、インド系が「滝(4.41)」「湖(4.33)」「海岸(4.08)」「河川(4.02)」であった。両民族とも水辺に関連する写真を好ましく感じていた。特に「海岸」の写真については、フィジーの見慣れた風景として捉えている可能性がある。「滝」や「湖」は、日本の写真が多く、見慣れた風景ではなく、異国の風景(日本の写真)として捉えている。一方、「湿地」については、他の水辺に関連する写真とは異なり、好感度は低くなっていた。

おわりに

フィジー系とインド系は、好ましさについては、有意差の見られた6枚の写真を除いて大きな差は見られなかった。しかし、フィジーらしい写真では、フィジー系の伝統的な風景と、インド系の海岸風景の違いがみられた。

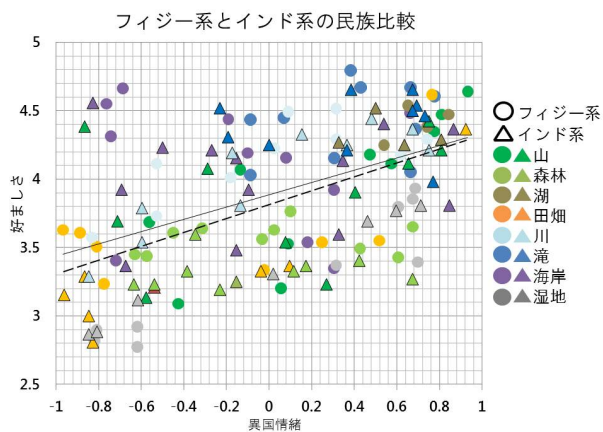
キーワード: 風景評価, フィジー共和国, フィジー系, インド系, 比較

Keywords: Landscape evaluation, Republic of Fiji, Fijians, Indians, Comparison

HGG01-P05

会場:3階ポスター会場

時間:4月29日 18:15-19:30



立ち入り制限のある空間における自然の享受：眺望による仮想的なふれあいイメージ Study on natural amenities in off-limits area: imagination of virtual activities received from landscape

水上 象吾^{1*}
MIZUKAMI, Shogo^{1*}

¹ 佛教大学 社会学部公共政策学科
¹Department of Public Policy, School of Sociology, Bukkyo University

はじめに

都市は、緑、水、生物相等の自然要素が確保される空間が少ない。それゆえか都市においては、自然要素が環境評価を高める存在となる。

しかし、人間の存在は、野生生物の生息に対して干渉することも多く、自然の回復や創出に対する妨げとなる。都市という限られた空間内に自然を確保し、なおかつ人々の利用を制限した公の空間を計画することは困難なことから、実際には、自然度の高い環境が存在する空間は、人の立ち入り制限のある非公式の緑地であることも多い。

例えば、都市域の雨水専用調整池は、コンクリート面で囲まれ、金網フェンスで仕切られた人の立ち入りが無い空間であるが、そこに植生が侵入し多種の生物が回復している事例も観察される。つまり、人工的基盤として設置された空間の一例であり、自然の確保が計画された環境ではないものの、飼育慣らされていない自然が創出した非公式の緑地とみることができる。この空間は立ち入り禁止であるが、透視性のフェンスで囲まれるなど見通しが確保される場合、周囲の場との高低差によっては内部空間を外側から眺めることができる。したがって、空間内部に創出した自然を「眺める」という行為によって、人々は自然を享受することが可能となる一方で、「触れる」という知覚の点では享受が不可能と言える。人と自然との関係では干渉が生じるため、都市において人々が自然を享受するためのひとつの方策として、眺望のみを許可した利用制限が必要と考えられる。

それでは、人々は、飼育慣らされていない自然度の高い環境を眺望により享受することに関して、どのような印象を持ち得るだろうか。

本研究では、雨水専用調整池を事例として、空間内に繁茂した緑の状態に対する周辺住民の印象を調べ、飼育慣らされていない自然の存在する環境が、景観として美的価値を獲得するかを検討する。

また、環境が知覚者に提供する行動の予見性（アフォーダンス）について、河川の「飛び石」と呼ばれる河床に配置された親水機能を持つコンクリートブロックの存在を事例に、水辺との仮想的な触れ合いについて検討する。これは、見るという行為より環境内に入り込むイメージが想起されることが、立ち入りが制限される空間において自然享受を促す可能性につながるかを検討するためである。

以上より、立ち入りが制限された非公式の緑地において、眺望により自然を享受し得る可能性を考察する。

研究方法

アンケート調査①：

都市域の非公式の緑地として、東京都郊外における雨水専用調整池 108 箇所を対象とした。形状、大きさ、立地場所や周辺環境等を踏まえ、眺望空間や景観美の対象となり得る可能性を検討する。また、調整池 3 箇所の周辺の居住者を対象に、調整池の環境や景観に関する意識調査を行った。アンケートの回答者 88 名の集計結果より、各項目間の関係を相関分析により検討する。

アンケート調査②：

京都市の中心市街地を流れる鴨川において、河床に配置された飛び石を対象とし、水辺との触れ合いを誘発させる親水象徴について検討した。大学生 175 名を対象としたアンケート調査を行い、飛び石から受ける印象や想像されるイメージについて自由記述を得た。回答のテキストデータを分解しその構造を数量的に解析するテキストマイニングにより分析した。

結果・考察

雨水専用調整池は、凹型の形状が多く、オープンスペースとして眺望が確保されることから、緑などの確保される場所では眺望景観の対象として評価が高まる可能性がある。また、人工的な構造物が基盤であることから、テクノスケープとしての景観評価を得る可能性があり、人工と自然の対比といったコントラストが美的評価をもたらす可能性が示唆される。また、植生の遷移などうつろいの景観として美的価値を持ち得る可能性がある。ただし、周辺住民の意識調査では、自然の持つ野性的な荒々しさと美意識とのかかわりが見られず、手入れがされていると感じられる緑ほど、美し

HGG01-P06

会場:3階ポスター会場

時間:4月29日 18:15-19:30

さの評価を高める傾向が示された。

また、河川に設置された飛び石に対するイメージより、行動の予見性を検討した結果、次のことが示された。飛び石は、渡るという身体行動や水辺で遊ぶ行動のイメージを誘発し、水とのふれあいを想像するきっかけとなる。したがって、環境の状態をアフォードする象徴の設置は、仮想的に環境にふれあうリアリティを高める装置として機能する。立ち入り禁止の緑地等において、眺望を確保し自然とのふれあいを想起させる象徴の存在は、自然を享受できるという面において景観評価を高める可能性がある。

自然の享受は都市における主要な環境評価基準であり、自然要素と触れあう行動のイメージは身体という共通性を持つため、自然とのふれあいの象徴に基づく景観評価は、文化や地域性による差異の少ない国際的な評価基準のひとつとして機能し得ると期待される。

キーワード: 立ち入り制限, 自然の享受, 親水象徴, アフォーダンス

Keywords: off-limits area, amenity of nature, symbol of water-familiar, affordance

海岸風景の印象評価の日露比較

The questionnaire was consisted with two main part, survey about figure of the coastal mindscape and individual backgrou

松島 肇^{1*}

MATSUSHIMA, Hajime^{1*}

¹ 北海道大学大学院農学研究院

¹Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University

本研究では、海岸風景に抱くイメージの違いを日本とロシアの大学生を対象としたアンケート調査により比較し、その要因について検討した。

調査は日本の大学生として札幌市内の大学生 73 名、ロシアの大学生としてイルクーツク市の大学生 24 名を対象に行なった。更に、札幌市内の大学に留学しているロシア人学生 12 名も対象とし、比較検討を行った。

調査項目は、イメージスケッチ法による海岸の心象風景の形象の構図・構成要素を把握する調査、ならびに心象風景に影響を与えると考えられる個人背景に関する調査から構成された。

その結果、海岸のイメージとして想起する言葉として、日本人学生は砂浜、貝、波、といった景観構成要素を回答する傾向がみられたが、ロシア人学生では景観構成要素に加えて明るい、美しい、穏やかといった情景的な回答がみられた。また、描かれる構図タイプの違いはみられなかったが、構成要素については日本人学生に比べてロシア人学生が植物を中心とした自然要素を描くことが特徴的であった。特に海岸護岸については、ロシア人学生は全くイメージしていなかった。また、日本に留学しているロシア人学生については、想起されるイメージが日本人学生の構図・構成要素と非常に似ていた。

キーワード: 心象風景, 海岸景観, 形象, 描画法, 日本, ロシア

Keywords: mindsape, coastal landscape, figure, drawing method, Japan, Russia

東京都江戸川区の水路を有する緑道における Landscape Appreciation について Landscape Appreciation on Green Passages with Waterway in Edogawa Ward, Tokyo

佐渡 晋^{1*}; 古谷 勝則¹
SADO, Susumu^{1*}; FURUYA, Katsunori¹

¹ 千葉大学大学院園芸学研究科

¹ Graduate School of Horticulture, Chiba University

Introduction

Edogawa Ward equipped itself with the first water nature park in Japan in 1974, and sterilized purified water has been utilized in this park. By 1996, water nature parks with natural water had been also established with considerations for ecosystem. The focus of this study is inhabitation of living creatures and human usage in relation to differences between purified water and natural water. The objective of this study was determined to clarify the following three points at two green passages in Edogawa Ward: 1) impressions among the users, 2) behavior of users, and 3) inhabitation of living creatures. Comparing the aquatic life, more variety of living creatures was identified in natural water, and fewer in purified water.

Study Methods

First, an opinion survey about impressions of green passages was conducted among the green passage users. A survey questionnaire was directly handed out to 288 users on the 24th and the 28th of July and the 4th of August, 2013. The following four items were tested in this study: 1) if they like it, 2) if they feel good, 3) if the water is clean, and 4) if there are many living creatures. Following this questionnaire, a behavioral study was executed in order to compare the results of the opinion survey and the actual usage of green passages. This behavioral study was administered between 10:00 and 14:00 on the 25th and the 31st of July, 2013. The subjects of this research were fish, crustacean, reptiles (turtles), and amphibians (frogs). This research was conducted between 9:00 and 17:00 on the 17th, the 18th, and the 31st of July, 2013. The research area of the green passage was segmented into 27 sections.

Results

The impression survey concluded that over 98% of the users had favorable impressions of both green passages from the results of two questions: *if they like it* and *if they feel good*. As for the question *if there are many living creatures*, 74.5% responded *very many* or *many* in the green passage with many natural water streams. Although the difference is small, relatively smaller figure of 65.6% responded *very many* or *many* in the one with purified water streams.

The behavioral study result showed that the most popular usage among the eight categories was *playing with water* with over 25% of usage. The result was same with both green passages. Similar tendencies were detected with both passages with other activities which followed the most popular *playing with water*: *resting*, *walking*, and *exercising*, in order of popularity.

The inhabitation research confirmed 14 kinds of aquatic habitat on the green passage with natural water, and nine kinds on the one with purified water. Among the confirmed aquatic habitat, reptiles and amphibians such as the Chinese three-keeled pond turtles, Mississippi common sliders, and Japanese toads were observed on the green passage with natural water; however, they were not found on the green passage with purified water. In addition, the average number of creatures per 100 meters counted 14.7 on the green passage with natural water, but the figure on the green passage with purified water counted only 7.0. More than double the difference was detected between the two.

Considerations

Based on the research results of the two green passages, the difference in the inhabitation situation has been clarified. However, there were no significant differences detected in users impressions of the scenery and in their behavior. From these results, it can be inferred that the differences in aquatic habitat on the green passage does not have a significant influence on users impressions with the scenery or on their behavior. Futures researches on other factors such as vegetation and surrounding environment of a green passage, including grass and woods, shall further clarify favorability of sceneries and user behaviors.

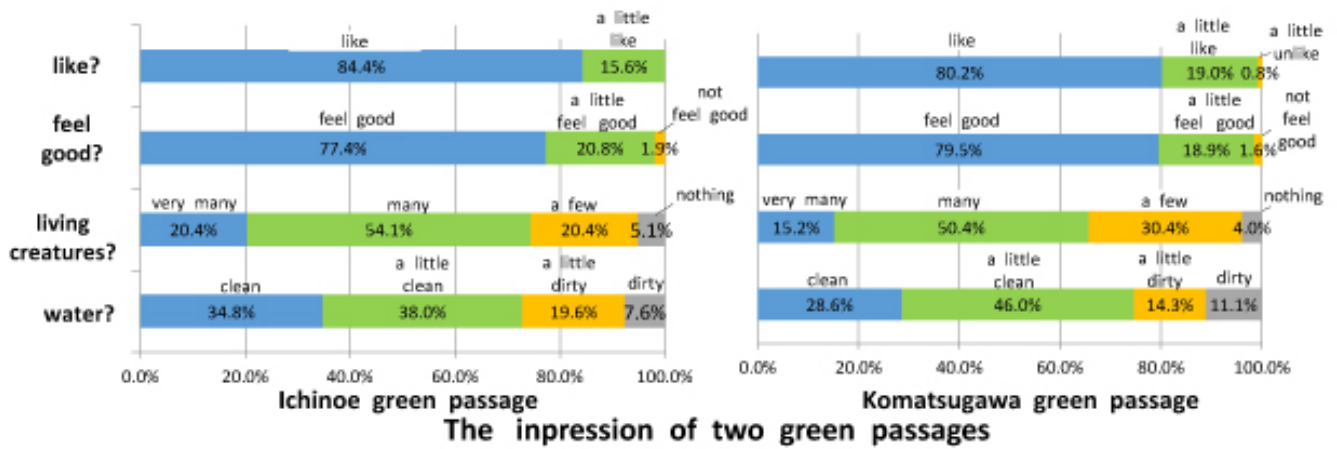
キーワード: 江戸川区, 緑道, 評価, 印象, 利用, 生き物

Keywords: Edogawa ward, green passage, appreciation, impression, usage, creature

HGG01-P08

会場:3階ポスター会場

時間:4月29日 18:15-19:30



北海道における大規模畑作経営の展開と農地利用—音更町を事例として— The Development of Large-scale Upland Farming and Farmland Use in Hokkaido : A Case Study of Otofuke Town

佐々木 達^{1*}
SASAKI, Toru^{1*}

¹ 札幌学院大学
¹ Sapporo Gakuin University

日本農業は、衰退傾向にあるとされている。とりわけ、農業において生産要素として極めて重要な農地資源が減少し続けている。耕地面積は1961年に609万haに達したが、その後の工場用地、道路、宅地等への転用や耕作放棄地の増加により2012年には454.9万haとなっており、ピーク時から4分の1の水準まで低下している。面積の減少だけでなく耕地利用率においても1960年の133.9%から91.9%と後退している。その一方で、耕作放棄地面積は40万ha、耕作放棄地率10.6%まで拡大しており、そのうち所有している耕地の3分の2以上が自給的農家と土地持ち非農家で占められている。

これらの農地減少の背景について、神門(2010)は農地利用の無秩序化を指摘し、農地以外の用途への転用の潜在的需要があること、および私有財産としての農地の処分は個々の判断にゆだねられている部分が多いことが転用規制を形骸化させ、優良農地を含む無秩序な農地減少を招いていると指摘している。本間(2014)は、農地所有制限を通じた参入障壁と農地集積の遅れが農地資源の効率的利用を阻んでおり、農地を農地として利用できる仕組みが必要であるとしている。また、山下(2013)は、農業収益の低下こそが耕作放棄地や耕地利用率の低下につながっているとしている。

ところが、上記で指摘される問題点を北海道に照らし合わせると異なる様相を示す。転用期待については、中核的農業地域ほど人口密度が低く、都市的土地利用と農業的土地利用の競合は少ない。ただし、農地所有制限は農地制度上において共通した問題であるし、農地集積の点でも耕作地の分散の問題がある。農業収益性の低下については、北海道では規模拡大を通じた規模の経済性を追求してきた。

このように北海道農業は、構造改善事業による土地基盤整備の拡充、離農に伴う残存農家の規模拡大等を通じて土地利用型農業を中心とする専門的経営群による生産性の高い大規模農業を展開してきた。その中で、畑作地帯である十勝地域は、平均経営耕地面積が40ha規模にまで達し、農業産出額においても道内の23.6%を占め、販売金額1000万円以上の農家が84%となっている。本報告では、十勝管内音更町を事例に大規模畑作経営の展開と農地利用の実態について、①大規模経営はどのようにして維持されているのか、農業経営の特質から検討し、②農地の利用実態と規模拡大との関連性を明らかにしたうえで、③畑作地域における農地資源の管理についての展望について考察する。

キーワード: 農地利用, 畑作, 小麦, 大規模経営, 音更町

Keywords: Farmland use, Upland crops, Wheat, Large-scale Farming, Otofuke Town

仙台近郊根白石における雑木林の利用変遷と現状 Change of forest use and current state of coppice forest in Nenoshiroishi near Sendai

松林 武^{1*}; 鹿野 愛里加²; 内ヶ崎 綾³
MATSUBAYASHI, Takeshi^{1*}; KANO, Arika²; UCHIGASAKI, Aya³

¹ 東北福祉大学, ² 宮城教育大学・研, ³ 東日本旅客鉄道株式会社

¹Tohoku Fukushi University, ²Research Student, Miyagi University of Education, ³East Japan Railway Company

雑木林は、薪や木炭といった燃料供給のために15年から30年周期で繰り返し伐採されてきた。仙台市北西部の根白石において2009-2010年に100俵の木炭を生産するのに要した雑木林面積は約800m²であった。1930年代には、根白石では200,000俵の木炭生産があったので、1年に約1.6km²の雑木林が伐採されていたと計算される。しかし、1950年代後半から1960年代初めに始まる燃料革命後には、伐採面積は急激に減少し、木本個体は大径木化している。近年、根白石の雑木林ではナラ枯れが急速に拡大している。ナラ枯れの理由のひとつに雑木林の大径木化が考えられる。

キーワード: 雑木林, 森林利用, ナラ枯れ, 仙台

Keywords: coppice forest, forest use, mass mortality of oak trees, Sendai

中国内モンゴルにおける農民専門合作社の展開と地域資源の利用 Utilization of local resources in agricultural cooperatives in Inner Mongolia, China

関根 良平^{1*}; 佐々木 達²; 蘇德 斯琴³
SEKINE, Ryohei^{1*}; SASAKI, Toru²; SUDE, Siqin³

¹ 東北大学, ² 札幌学院大学, ³ 内蒙古大学

¹Tohoku University, ²Sapporo Gakuin University, ³Inner Mongolia University

本報告は、これまで牧畜を主たる生業としてきた錫林郭勒盟における、農民専門合作社形式で成立した牛の干肉販売を中心とする地域的な取り組みである。農民専門合作社は、これも前述した伊利や蒙牛などの酪農巨大企業、すなわち「龍頭企業」とともに地域経済の牽引役として2007年から制度化された新たな協同組合である。前者は、農牧民を垂直的に統合しつつ地域経済をリードし、後者は農牧民の共同により生産から流通までを合理化し、農牧民の利益拡大をはかる役割を担うものである。

本報告で取り上げる、ボルガンソムのバインデルゲルガチャの牧民25世帯によって運営されている合作社は、2009年に30万円の補助を政府より獲得し設立された。この地域の秋冬にかけての名産品であり、空港などでの土産物としても需要の多い牛の干し肉を自ら生産し、それを地域の中心都市である錫林浩特市に設けた店舗で販売するのがこの合作社の設立目的である。合作社の経営陣はじめ店舗の従業員も当該ガチャの出身者からなり、この合作社が食品の加工・販売免許および商標を申請登録しており、毎年の利益の90%は出資した世帯に均等配分するとともに10%は合作社の資本に組み入れるというのが基本的な事業スキームである。本報告では、設立からの経営プロセスと資源利用の関係について論じたい。

流域内土砂収支を社会経済の文脈で読み込む：ミャンマー国インレー湖の土砂堆積の管理へ向けて
Placing sediment budgets in the socio-economic context for management of sedimentation in Lake Inle, Myanmar

古市 剛久^{1*}; ロバート ワッソン²
FURUICHI, Takahisa^{1*}; WASSON, Robert²

¹ オーストラリア・クイーンズランド州科学省, ² シンガポール国立大学

¹Department of Science, IT, Innovation and Arts, Queensland Government, Australia, ²National University of Singapore, Singapore

途上国における土壌浸食や土砂堆積の研究では、土砂移動に関するメカニズムや速度を定量的に捕らえると共に、それらの影響を客観的に論証することが科学者には求められている。面積約 3,800km² のミャンマー国インレー湖流域は、経済、環境、文化など諸面において重要性が認識され、同流域での土壌浸食や土砂堆積は、地域レベル、国レベルでの課題となっている。このインレー湖流域に関し、特に流域内の様々な堆積環境での異なる堆積速度に注目し、土砂収支を構築した。構築された土砂収支からは、湖域へ運搬される土砂の半分以上がデルタに堆積すること、また絶対量としては少量ながら単位面積当たりの堆積速度は河口部において最大であることが明らかになった。一方、流域内における社会経済調査からは、土砂堆積の影響に対する多様な見方が見出された。しかし多様な見方の中でも、水上交通に対する負の影響については、農民や非農民など複数の異なる利害関係者が共通に重要な問題であると認識している。土砂堆積の管理へ向けた対策案では、従って水上交通に最も支障が出ている河口部に優先順位を置くことを強調した。

<文献>

Furuichi, T., Wasson, R.J., 2011. Placing sediment budgets in the socio-economic context for management of sedimentation in Lake Inle, Myanmar (Burma). In: *Sediment Problems and Sediment Management in Asian River Basins* (ed. Walling, D.E.), IAHS Red Book 349, 103-113.

キーワード: 土砂堆積, 土砂収支, 社会経済調査, インレー湖, ミャンマー

Keywords: sedimentation, sediment budget, socio-economic assessment, Lake Inle, Myanmar

森林「周辺域」における地域ガバナンスの構造的可能性—南インドの事例から— Regional Governance of Forest and its Fringe - case of South India -

木本 浩一^{1*}; S. アルン ダス²
KIMOTO, Koichi^{1*}; S., Arun das²

¹ 広島女学院大・国際教養, ² マイソール大・地理
¹Hiroshima Jogakuin University, ²University of Mysore

近年、森林問題は世界的な規模で「整理」されつつある。深刻な森林減退という「事実」と適切な保護の「必要性」とが国際的な世論となって、各国・地域において政策の大柱となり、その中で各種の施策が実施されている。1980年代後半に顕著になった、木材生産を目指す森林ガバメントから「地域住民の参加」を柱とする森林ガバナンスへの急旋回は、そうした傾向の端緒であったと言える。1990年代以降、各地で住民参加型の森林管理が喧伝され、森林の現状分析から、政策論、海外援助に関する研究、コモンズ論などの理論研究、多彩な研究業績が蓄積されてきた。

インドにおいては、1990年代に本格化した共同森林経営 (Joint Forest Management: JFM) が注目され、森林率において一定の「回復」をみせている。しかしながら、1990年代後半からは、野生動物問題や土地獲得競争などの諸問題が噴出している。確かに、JFMのもと、森林率の回復といったマクロ・レベルや、住民の参加といった村落 (ミクロ) レベルでの活動の「改良」には一定の成果を認めることができるかもしれないが、一方で、森林およびその「周辺域」を含む森林「地域」における諸問題が看過されている。森林政策の「成功」が、森林「地域」における諸問題を惹起しているとも言える。

仮に、今後とも住民参加型の森林経営が進んでいくとしても、森林「地域」の問題は固有の枠組みで検討されなければならない。森林が「国立公園化」や法的・物理的な囲い込みによって「純化」するに従って、その周辺には都市化におけるスプロール現象のごとく無秩序な (ドーナツ状の) 区域が現出する。

本報告では、これまでの南インドでの調査を踏まえて、森林「地域」の特性およびそこにおける諸問題を概観したい。

キーワード: 保護区, 国立公園, 地域, ガバナンス, インド

Keywords: Protected Areas (PAs), National Park, Region, Governance, India

HGG21-06

会場:421

時間:4月29日 17:30-17:45

西ケニア、ヴィクトリア湖岸 Rangwa カルデラ内集落の水文環境 Hydrologic Environment in Rangwa Caldera on Lake Victoria, West Kenya

大月 義徳^{1*}; 上田 元²
OTSUKI, Yoshinori^{1*}; UEDA, Gen²

¹ 東北大学大学院理学研究科, ² 東北大学大学院環境科学研究科

¹Graduate School of Science, Tohoku Univ., ²Graduate School of Environmental Studies, Tohoku Univ.

本発表では、西ケニア、ヴィクトリア湖岸、Rangwa カルデラ内に成立する農林漁村の水文・自然地理学的環境について報告する。

ケニア・ヴィクトリア湖岸の農林漁村における掘り抜き井戸の利用と管理—用水規則の諸特徴
Borehole use and management in agro-silvo-fishery settlements around Lake Victoria, Kenya: water use rules

上田 元^{1*}; 大月 義徳²
UEDA, Gen^{1*}; OTSUKI, Yoshinori²

¹ 東北大学大学院環境科学研究科, ² 東北大学大学院理学研究科

¹Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, ²Graduate School of Science, Tohoku University

本発表は、ケニア・ニャンザ州、ホマベイ・カウンティの一地域（旧スバ県）において、ヴィクトリア湖からの距離とともに生活用水としての重要性が増す掘り抜き井戸の利用と管理について行っている調査の中間報告である。2013年に概要を把握した井戸のうち、1つについては、雨季に水位が上昇したこと、用水者組合による用水管理に対応するかたちで一日の水位が変化すること、また、所定時間内に全世帯が毎日用水するのは不可能なことなどが確認された。この井戸の用水は先着順であり、水をロバで運搬する者の列と人力で運ぶ者の列の間で交互に用水する規則となっている。このほかにも、対象地域に点在する井戸には、地理的条件等を反映して多様な“待ち行列システム”がみられる。個々の井戸の用水規則には、それぞれの集落における用水上の不平等を軽減・解消しようとする試みが刻まれている。そのような規則に関する理解を深めることは、水資源の持続的利用と農村生計の安全保障を考えるために欠くことができない。

キーワード: 水資源, 規則, ケニア, 熱帯アフリカ

Keywords: water resources, rule, Kenya, Tropical Africa

熱帯アフリカの養豚フロンティア—ケニアにおける中小経営の変化と地域分業システム—

Pig raising frontiers in Tropical Africa: Changing small and medium sized piggeries and their regional system in Kenya

上田 元^{1*}
UEDA, Gen^{1*}

¹ 東北大学大学院環境科学研究科

¹ Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University

1990年代初頭以降、東・南部アフリカでは養豚が顕著に拡大してきたが、その経営内容については不明な点が少なくない。本発表では、熱帯地域における豚の新家畜としての導入前線である「養豚フロンティア」として、ケニア、セントラル州のニェリ・カウンティとニャンザ州のホマベイ・カウンティをとりあげ、中小生産者が養豚の開始以来、とくに2009年から2012年にかけて経験した経営の変化をとらえる。舎飼いについては飼料価格高騰が、都市部とその周辺における放し飼いについては作物被害や衛生問題が、それぞれ主な理由となって、子取り経営、肥育経営、一貫経営の間の移動や、養豚からの撤退が起こっていることを明らかにするとともに、そうした変化を規定する立地条件、さらには農村養豚と都市養豚の間の地域分業の存在を指摘する。フロンティアでは養豚を軌道に乗せる工夫や経営変化がより多様にあらわれ、そこでの事例は、回転の速い食糧供給手段であり貧困削減効果を期待される養豚の、熱帯アフリカにおける普及・持続の要因を検討する手がかりとなる。

キーワード: 養豚, 中小生産者, ケニア, 熱帯アフリカ

Keywords: pig husbandry, small and medium sized producers, Kenya, Tropical Africa

和歌山県串本町におけるサンゴの価値とその変遷 The value of coral and its change in Kushimoto, southern Kii Peninsula

崎田 誠志郎^{1*}
SAKITA, Seishiro^{1*}

¹ 名古屋大学大学院環境学研究科

¹ Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

亜熱帯・熱帯域の海洋環境を考える上で、サンゴは象徴的な生物の一種として重要な地位を与えられている。資源利用の文脈においてサンゴといえば、もっぱら漁業資源としてのサンゴ礁生態系を育む地形的要素として捉えられることが多く、サンゴそのものの利用についてはあまり論の俎上に載せられてこなかった。そこで本発表では、歴史的にサンゴの直接採集とその利用が行われてきた地域を事例として、サンゴと人・地域の関係性とその変遷について、新たな側面から検討することを目的とする。

紀伊半島の南端に位置する和歌山県串本町の沿岸域は、潮岬を境として東西に湾形を成しており、このうち、黒潮の影響を強く受ける西側の沿岸域では、卓越するサンゴ群集に代表される亜熱帯性生態系が形成されている。こうした海洋環境に面して、串本町西部の一部沿岸は錆浦（サビウラ・サンビラ、錆はサンゴの意）とも称され、ここでは古くから地先に生息するサンゴが資源として利用されてきた。用途の第一が、漆喰の原料となる消石灰の生産である。原料はクメイシ科（*Faviidae* spp.）のサンゴが主とされ、通常は磯に打ち上げられた死骸を拾い集めたものが用いられたが、時には船を出して、素潜りによってまとめて採集することもあった。また、その他の原料としては、地先の磯で採集されたフノリや、当地で捕鯨が行われていた時代には鯨油なども用いられていたほか、焼成の際には古材や間伐材などが燃料として利用されていた。こうして生産された消石灰は熊野灰と称され、今でも漆喰として灯台や寺院の壁面にみることが出来る。第二に挙げられるのが、土産物としての加工・販売である。高度成長期以降、交通網の整備などによって串本を訪れる観光客が増加する中、土産物として串本のサンゴが販売されていた。この場合はサンゴの形状や大きさが重要となるため、採集はもっぱら素潜りによって行われ、採集されたサンゴは、港で塩酸をかけた煮詰めたりして肉を落とす上で加工業者に引き渡していた。いずれの場合も生産規模や従事人数は小規模にとどまっていたものの、歴史的に串本では地域漁業がサンゴ由来の生態系に依存しない代わりに、サンゴの採集・利用という直接的な働きかけを通じて、サンゴと人・地域の関係性が形成され、また維持されてきた。

こうしたサンゴの採集・利用は 1970 年代までは行われていたとされるが、現在ではこれらの営為は完全に途絶えている。その要因としては、熊野灰であれば他の原料への転換や需要の減少などが挙げられるが、こと串本において最終的に決め手となったのは、サンゴの多く生息する沿岸域が 1970 年に海中公園（現：海域公園）へと指定されたことにあったといえる。その時点ですでにサンゴ採集の従事者数は僅かとなっていたようであるが、上記指定によって当該沿岸域に生息するサンゴ及びその生息環境は新たに保全の対象となり、したがって採集は基本的に禁止されることとなった。その後、串本におけるサンゴの生息状況が国際的にも評価され、2005 年には複数沿岸域がラムサール条約登録地に指定されており、こうしたサンゴに対する評価の高まりを追い風に、串本では観光資源としてのサンゴの価値に期待が寄せられるようになっていった。こうした潮流の中で、串本においてサンゴにかかわる主体は、地域住民から行政・研究機関・観光業者などへと移行していき、サンゴの価値もまた、希少性や特殊性、集客性などといったように、主として地域外部との関係性において見出されるものとなっていった。加えて近年、串本の沿岸域では海水温の上昇が顕著にみられ、串本沿岸域に生息するサンゴもまた、種数・被度ともに増加傾向にある。サンゴの増加が地域漁業に対して悪影響を及ぼす一方で、2000 年代以降にオニヒトデ（*Acanthaster planci*）やシロレイシガイダマシ類（*Drupella* spp.）といったサンゴ食害生物の大量発生が問題となってからは、当地の研究社とダイビング組合が中心となって、食害生物の駆除やサンゴのモニタリングを実施している。

このように、串本のサンゴを取り巻く自然的・社会的情勢は常に変化し続けてきた。本発表では、往時の串本におけるサンゴを中心とした資源利用の構造を明らかにするとともに、その衰退と保全理念の導入、外部からの評価の高まりなどに伴うサンゴの価値についてその変遷を追うことで、地域の自然資源における価値や利用主体が変転する中での保全・管理のあり方、および今後望まれる地域と自然資源との関係について検討する。

キーワード: サンゴ, 自然資源利用, 海洋環境保全, 串本町

Keywords: coral, natural resource use, marine environmental conservation, Kushimoto

東アジアの乾燥・半乾燥地域における古環境変動史と黄砂変動
PALEO-ENVIRONMENTAL HISTORY AND KOSA (DUST AND SAND STORM)
FLUCTUATION AT ARID - SEMI-ARID REGIONS IN EAST ASIA

鹿島 薫^{1*}
KASHIMA, Kaoru^{1*}

¹九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門

¹Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University

There are two methods to monitor environmental changes and desertification at arid and semiarid regions. The first one is the short-term monitoring, and examined the changes during several years or decades by meteorological, hydrological, geophysical and geochemical observations. The second one is the long-term monitoring, and presumed changes of environment during hundreds or thousands years using geologic and geographical methods. Although a lot of expeditions have reported short-term changes, the reports for long-term environmental changes have been limited because it takes a lot of efforts to take efficient samples to presume in detail environmental histories.

Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University has started international research project to make long-term monitoring of desertification in East Asia to correspond with the East Asian Environmental Problems Project of Kyushu University. In cooperation with Mongolian Academy of Sciences, National University of Mongolia, Xinjiang University in China, the field surveys have been done to obtain samples for long-term monitoring at lakes, ponds and marshes in Mongolia and north western China using geological and geographical methods. Our researches presumed long-range (about hundreds or thousands years) changes of the lowering of lake levels and under ground water levels, the reducing of forest areas and the expanding of deserts in those regions. The desertification has been accelerated in these two hundred years in both regions.

キーワード: 新疆ウイグル, 気候変動, 砂漠化, モンゴル, 地球温暖化, 黄砂

Keywords: Xinjiang Uyghur, Climatic changes, Desertification, Mongolia, The Global Warming, KOSA (Dust and Sand Storm)

地中レーダーを用いた液状化による地層変形探査 Visualization of liquefied layers using GPR in Watarase flood plain, central Kanto

瀬戸 真之^{1*}; 市川 美南海²; 北沢 俊幸²; 中村 洋介¹; 田村 俊和²
SETO, Masayuki^{1*}; ICHIKAWA, Minami²; KITAZAWA, Toshiyuki²; NAKAMURA, Yosuke¹; TAMURA, Toshikazu²

¹ 福島大学, ² 立正大学

¹Fukushima University, ²Rissho University

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震により、沿岸部を中心に液状化現象が観察された。液状化現象が発生すると地下から砂や水が噴き上げ、地表には亀裂やマウンドが形成される。遺跡の発掘で掘られたトレンチには地表まで到達していない液状化現象による砂の立ち上がりが認められる。このことから、液状化現象が発生したにもかかわらず、地表まで砂や水が到達せず、液状化現象が認識されないケースが多々あることは容易に推定できる。地表で液状化現象が認められなくても、地下で液状化現象が起きていれば、その場所の地盤の支持力は大きく減少する。そこで本発表では地表で確認できなかった液状化現象、すなわち液状化による地下での地層変形を地中レーダーによって捉える試みについて報告する。

2. 調査地の概要と調査方法

2011年の東北地方太平洋沖地震により、関東平野中央部に位置する渡良瀬遊水地の一角では液状化現象が発生した。地下から水と砂が噴き出し、亀裂やマウンドが形成されたのである。運動公園の地層は渡良瀬遊水地が造成される前は赤麻沼という沼沢地であり、泥、シルト、砂など河性の細粒な堆積物から構成されている。

本研究ではこの運動公園を調査地として、堆積物の構成を知るための簡易ボーリングと地中レーダーを用いた地下探査を実施した。さらに簡易ボーリングの結果と地中レーダーの探査結果とを対比するため、地中レーダーの測線にそって簡易ボーリングを実施することも合わせて行った。

3. 調査結果と考察

採取した堆積物を、それぞれ粗粒砂、中粒砂、細粒砂、砂質粘土、粘土の5つに区分して記載した。地点A・B・Cは2013年、地点D・Eは2011年に掘削した。簡易ボーリングによる各地点の地下水位は地点Aでは115cm、地点B・C・D・Eでは200cmであった。

地中レーダーは地下に電磁波を放射し、地下構造を画像化する。平滑な地層面は、地中レーダー断面でも平滑な反射面を示すことが多い。地中レーダー探査より6つの探査画像を取得した。地中レーダー画像と簡易ボーリングによる柱状図とを重ね合わせると、粘土層は強い反射、砂層は弱い反射として画像に表されており、「砂質粘土層」と「粘土層」の境界および深さ「粘土層」と「砂層」の境界が読み取れた。

今回の地中レーダーによる探査結果は地下の平滑な地層を示すものではなく、電磁波の反射形に多数の乱れがみられた。地中レーダーによる電磁波の反射形に乱れが起こる要因として、埋設物の存在が考えられる。そのため、反射形の乱れが埋設管などによるものではないかを検討した。地中レーダーによる埋設管およびマンホールの検知例では埋設管は丸く上に凸型の幅20m程度の反射形として、マンホールは筒状の反射形として、それぞれ表示される。地中レーダーの探査結果に見られた反射形は尖った凸型で幅2m程度の反射形であり、埋設管やマンホールのものとは反射形の形態や大きさが明らかに異なった。また地層中の礫により電磁波の反射が乱れたことも考えられるが、調査地が氾濫原であることや、ボーリングの際に地中レーダーに反応するような大きな礫が全くみられなかったことからその可能性は低い。したがって、深さ2mの砂層にみられる尖った凸型の反射形は液状化現象による地層の変形だと判断した。どの地点でも地層の変形は地表面までは達していない。このような液状化現象による地層の変形は地表では目視できないので本研究では潜在的液状化と呼ぶ。地中レーダーに捉えられた潜在的液状化による噴砂の幅は0.5mから2.5mで、立ち上がりの高さは0.2mから0.95mであった。また、測線に見られる潜在的噴砂の間隔は1mから2m程度の部分と20m程度の部分とがあった。1mから2mの間隔は地表で観察された亀裂の間隔と一致する。他方で20m程度の大きな間隔も見られる。これは液状化現象により発生した砂脈の立ち上がりと地中レーダーの測線との位置関係による違いであると思われる。

東北地方太平洋沖地震の起きた2011年3月11日の前は9日間連続で降雨があり、地下水位はここで用いている2011年4月や2013年8月のボーリング調査で判明した値よりも高かった。したがって、液状化現象の発生が疑われる深さ2m付近の砂層は地震発生時には多量の水分を含んでおり液状化の発生条件を満たしていたと判断できる。東北地方太平洋沖地震の際にこの渡良瀬運動公園で液状化したのはこの層であったといえる。

東北地方太平洋沖地震の際に液状化が確認された渡良瀬遊水地内の運動公園で調査を行い、液状化発生層位が特定できること、多数の潜在的液状化が認定できることを明らかにした。さらに地中にある砂脈あるいは砂柱の幅、高さ、間隔のデータを得ることができた。

HGM02-02

会場:422

時間:4月30日 14:30-14:45

キーワード: 地中レーダー, 液状化現象, 東北地方太平洋沖地震, 関東平野
Keywords: GPR, Liquefaction, 3.11 Mega quake

Coastal geomorphology as a proxy of large paleothrust earthquakes along the Andaman Trench Coastal geomorphology as a proxy of large paleothrust earthquakes along the Andaman Trench

ANDRADE, Vanessa^{1*} ; RAJENDRAN, Kusala¹ ; RAJENDRAN, C. P.²
ANDRADE, Vanessa^{1*} ; RAJENDRAN, Kusala¹ ; RAJENDRAN, C. P.²

¹Indian Institute of Science, Bangalore., ²JNCASR, Bangalore.

¹Indian Institute of Science, Bangalore., ²JNCASR, Bangalore.

Estimating hazards from earthquakes and tsunamis along subduction zones is of significance to coastal communities. Here, we discuss the coastal geomorphology of selected sites in the Andaman Islands, which lie within the rupture zone of the 2004 Sumatra-Andaman earthquake. As part of the near-source region, these islands witnessed considerable geomorphic changes, both before and after the 2004 earthquake, which may be related to the maturity of a megathrust subduction zone earthquake cycle. Assuming that these geomorphic landforms are properly preserved and attributed to the right sources, it is possible to build the history of large paleothrust earthquakes for the Andaman Islands. Given that these landforms are a result of similar processes through time, our sites are broadly divided as regions that subsided or were uplifted in 2004.

At Hut Bay and Interview Island, uplifted coralline terraces were mapped, as were stream inlets that cut through the newly-formed as well as older terraces. Samples collected from these locations include wood pieces from trees embedded in the stream bank, shells from pebble-rich layers along the exposed bank as well as coral fragments from the terraces themselves. At Port Blair, large stretches of land subsided in 2004. While several farmlands remain inundated beneath the present-day tidal-line, several mangroves trees died in situ, their roots being preserved in the shallow subsurface. Along a stream bank, a similar root horizon was identified 1m below the present day surface which was sampled at multiple locations. Additionally, a shell sample was collected from within the paleo root-zone.

The ages of these samples were estimated using AMS radiocarbon dating, and they cluster at AD 1100, AD 1500, and AD 1900. Though these geomorphic landforms may be the result of other coastal processes, either regional or global, we believe that these ages, with corroborating evidence from several studies in the Andaman Islands and from coastlines in Sri Lanka, mainland India, Sumatra, and Thailand are representative of large earthquakes in recent history, some of which may have been tsunamigenic.

キーワード: 2004 Sumatra-Andaman earthquake, Coastal geomorphology, Andaman Islands, Uplifted terraces, Subsided lowlands, Paleothrust earthquakes

Keywords: 2004 Sumatra-Andaman earthquake, Coastal geomorphology, Andaman Islands, Uplifted terraces, Subsided lowlands, Paleothrust earthquakes

さまざまな岩石の風化時の体積変化とその地質学的意義 Volumetric changes of various rocks during weathering and their geologic significance

千木良 雅弘^{1*}; 中田 英二²; 大山 隆弘²
CHIGIRA, Masahiro^{1*}; NAKATA, Eiji²; OYAMA, Takahiro²

¹ 京都大学防災研究所, ² 財団法人電力中央研究所

¹Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, ²Central Research Institute of Electric Power Industry

A rock volume may change during weathering, which would have various importance in earth surface processes. However, little is known on the volumetric change. We summarize our research results of various rock types and refer to its geomorphological importance. Basic idea is so-called isocon concept, which assumes immobile chemical elements during weathering and calculate a volume change from density and chemistry of rock before and after weathering (Grant, 1986). We assume TiO₂ is the immobile element.

Granitic rocks:

Volumetric change may be different between granite and granodiorite/quartz diorite. White et al. (2002) reported that granodiorite and quartz diorite are isovolumetric during weathering. Chigira (2002) reported that granite expands 50% during weathering, which is consistent with Folk and Patton (1982) who estimated the volume change from the inflection of a pegmatite vein in a weathering zone. These expansions lead to spheroidal weathering or micro-sheeting.

Sandstone:

Matsuzawa (2008) studied the weathering of sandstone of the Cretaceous Izumi Formation in Ehime and estimated 20-30% expansion during weathering, which closed joint openings.

Mudstone:

Calculation from the data of Chigira (1988) for the Quaternary Haizume Formation in Niigata suggested that mudstone expanded 10-30% during weathering in the upper part of the dissolved zone. Such expansion may facilitate downslope soil creep.

Vapor-phase crystallized tuff:

Calculation from the data of Chigira et al. (2002) for vapor-phase crystallized tuff of the Shirakawa ignimbrite in Fukushima suggested its weathering was isovolumetric except for the topmost part, in which fabric collapsed and the rock shrank.

Tuff breccia:

We studied the weathering of tuff breccia of the Miocene Tomari Formation in Aomori, which suggested that it occurred with 20-50% expansion. So-called active faults in the Higashidori nuclear power plant site are apparent active faults made by rock expansion during weathering.

Chigira, M. 1988. *J. Japan Geol. Soc.* 94, 419-431. Chigira, M., Nakamoto, M., and Nakata, E., 2002. *Engineering Geology* 66, 111-125. Folk, R.L., and Patton, E.B., 1982. *Zeitschrift fur Geomorphologie N. F.* Bd 26, 17-32. Matsuzawa, M. 2008, Master thesis of Kyoto University. Grant, J.A., 1986. *Economic Geology*, 81, 1976-1982. White, A.F., 2002. *Chemical Geology* 190, 69-89.

キーワード: 風化, 体積変化, 活断層

Keywords: weathering, volumetric change, active fault

Use of rock properties in classification of weathering grades: A Sri Lankan case study Use of rock properties in classification of weathering grades: A Sri Lankan case study

Udagedara Dashan T.^{1*} ; OGUCHI Chiaki T.²
UDAGEDARA, Dashan T.^{1*} ; OGUCHI, Chiaki T.²

¹Graduate School of Science and Engineering, Saitama University, ²GRIS, Saitama University

¹Graduate School of Science and Engineering, Saitama University, ²GRIS, Saitama University

Rocks utilised for the Samanalawewa project, have undergone severe weathering after they were excavated late 90's. The rate of weathering is incomparably high with respect to the normal soil formation processes. Different weathering grades of rocks that were used as construction materials, foundation materials and road aggregates are found in the project area. Consequently, they have been threatening to the sustainability of the project. The access adit and rip-rap zone of the dam are vulnerable to damage owing to the rapid weathering. Even though charnockite, marble, biotite and garnet granulitic gneisses were utilized for the project, only pyrite-sillimanite-garnet gneiss has shown extensive weathering. The rapid weathering of this rock is being observed since the commissioning of the project. Rocks were subjected to a petrographic study under the optical microscope. Point load strength, slake durability, loss on ignition and water content tests were employed to distinguish weathering grades. Water-rock interaction was experimented to study the pyrite oxidation. Comparatively to charnockite and marble, pyrite-sillimanite-garnet gneiss is weaker according to point load strength and slake durability indices. Rock strength and chemical properties illustrates that the weathering process takes place at a rapid and a normal stages. It is mainly observed on set of weathering. Corroded grains boundaries and decayed minerals in the rock are consequences of weathering induced by the acidic water generated by pyrite oxidation. The abundance of pyrite in pyrite-sillimanite-garnet gneiss is uneven. Thus, different weathering grades of the rock can be seen over the study area. Extensive fractures, which might be generated during tectonic activities or during excavations, facilitate better interaction with the atmosphere. It also effectively reduces the strength of the rock. It is another reason for differential weathering.

キーワード: Point load strength index, Rapid rock weathering, Loss on ignition, Samanalawewa project, Pyrite oxidation, Pyrite-sillimanite-garnet gneiss

Keywords: Point load strength index, Rapid rock weathering, Loss on ignition, Samanalawewa project, Pyrite oxidation, Pyrite-sillimanite-garnet gneiss

各種煉瓦の劣化現象及び耐久性に関する実験的研究 Experimental Study on Deterioration and Durability of Bricks due to Salts

グエン ティ ハイ デュン¹; 小口 千明^{2*}
NGUYEN, Thi hai duong¹; OGUCHI, Chiaki T.^{2*}

¹Graduate School of Science and Engineering, ²GRIS, Saitama University

¹Graduate School of Science and Engineering, ²GRIS, Saitama University

In Vietnam, heavy construction materials such as bricks are often used because there are many floods. However, the deterioration due to weathering has been found at general houses and historic brick buildings. To investigate deterioration of bricks used in these buildings, the present study performed salt weathering experiments using 6 bricks produced in Vietnam, Japan and China; red brick (RD), beige brick (BG), Vietnam brick (VN), amber brick (AB), brown brick (BR) and refractory brick (RF). These bricks were cut into cylindrical with a size of 3.5 cm in diameter and 7.0 cm in height. After examined rock properties such as physical, mechanical chemical and mineralogical characteristics, two types of salt weathering experiments were performed under 15-35 °C and 20 °C atmosphere. The saline solutions used in this study are 4%-Na₂SO₄, 8%-Na₂SO₄, 10% Na₂CO₃. Results of the experiments show that the deterioration mechanism of bricks is explained that 1) when the salt is absorbed and crystallizes inside brick, micropores of brick are extended by crystal expansion pressure and make cracks, 2) strength of the brick increases slightly by salt crystallization, but decreases gradually by salt deliquescence, and 3) with repeating of 1) and 2), bricks will be damaged. Even chemical and the mineralogical characteristics are almost equal except for BG, physical and mechanical characteristics are different, which controls durabilities of these bricks.

Keywords: salt weathering, brick, Vietnam, experiment, durability factor, salt susceptibility index

梓川上流における2013年に観察された河道地形変化 Channel migration processes observed in 2013 in the upper reaches of the Azusa River, central Japan

島津 弘^{1*}
SHIMAZU, Hiroshi^{1*}

¹ 立正大学
¹ Rissho University

The upper reaches of the River Azusa in central Japan is a braided gravel-bed river running down Japan Alps. They are characterized by frequent landform changes occurring in the riverbed. This area is located in the high conservation area in the Chubu-Sangaku national park and thus physical processes of river are preserved. This study is the first step to clarify the fluvial processes of a braided gravel-bed river during a flood event.

The geomorphological maps of the observation site were made by the Research Group for Natural History in Kamikochi in every summer from 1994. These maps recorded annual landform changes of the riverbed. Sediment transport and/or major landform changes, such as channel migration, occurred once or twice in several years in severe heavy rain events more than 120 millimeters per day during the snowmelt flooding season in late May and/or the rainy season in June and July.

Interval shooting cameras were set up in 2011. These have taken the images of the riverbed and recorded the condition in every 15 or 20 minutes since 3 July 2011, only in the daylight and twilight. Channel migration in the observation area during the flood event was recorded on 19 June 2013, 166 millimeters of daily rainfall. The rain event began at night of 18 June. Water level began to rise early in the morning of 19 June. The heavy rainfall more than 13 millimeters per hour was recorded from 3 a.m. to 5 a.m. and from 7 a.m. to 9 a.m. The river was above bank-full stage at 12:00 a.m. and this condition continued until night. Highest water level was recorded at 16:15. Although water overflowed on gravel bars and shallow branching channels were formed before the bank-full stage, the landform of the main channel was still in the same condition. Changes of patterns of the water surface and movement of woody debris flowing downstream show that during the bank-full stage the channel landform changed and the main channel was migrated. The channel migration was not caused by lateral shifting with lateral erosion. Channels were buried and new channels were excavated tracing the shallow branching channels.

キーワード: 河道地形変化, 地形プロセス, 網状河川, 洪水, 定間隔撮影カメラ, 梓川
Keywords: channel migration, geomorphic process, braided river, flood, interval shooting camera, Azusa River

急傾斜地崩壊危険度評価法の検討 Risk evaluation of steep slope failure using a slope angle and mean curvature

仁志 駿太¹; 小口 千明^{2*}
NISHI, Hayata¹; OGUCHI, Chiaki T.^{2*}

¹ 埼玉大学・工学部・学生, ²GRIS, Saitama University
¹Civil and Engineering Department, ²GRIS, Saitama University

According to the previous techniques for the evaluation of slope failures, only steep slopes are taken into account. However, the influence of earthquakes on slope failures has not been considered on the hazard map delivered by local government. After the Great East Japan Earthquake occurred in 2011, Necessity for considering earthquakes on to slope failure evaluation is increasing. Therefore, the present study focused on risk evaluation of steep slope failures caused by earthquakes. Within various techniques, a technique proposed by National Institute for Land and Infrastructure Management, was adopted in this study. With comparing manual and GIS calculations to obtain the parameters of slope angle and mean curvature, the degree of the risk was evaluated. The target slope is Mt. Shinobu, in Fukushima Prefecture. After examination, it is resulted in that the evaluation using GIS is useful as well.

Keywords: Slope failure, Risk evaluation

実験地形の発達における山地の成長限界について Limit of mountain growth in the development of experimental landforms

大内 俊二^{1*}
OUCHI, Shunji^{1*}

¹ 中央大学理工学部

¹ Faculty of Science and Engineering, Chuo University

細砂とカオリナイトの混合物からなる四角い砂山 (60 × 60cm) をゆっくり隆起させながら人工降雨によって侵食地形を発達させる実験では、隆起速度がある閾値 (下方閾値) を越えると、起伏が 60mm を越えるあたりから流水侵食によって発達した水系の尾根部分が隆起を続けて斜面が成長するようになる。斜面は小規模な崩壊を起こしながらも成長を続け、起伏が増大して山地状の地形が形成されていく。起伏が十分大きくなると大規模な崩壊が集中して起き、起伏も平均高度も一時的に低下するが、その後、隆起とともに起伏が増大して大規模崩壊が起こる過程がくりかえされるようになる。斜面 (起伏) が砂山構成材料と降雨強度に規定されるある限界 (critical slope) まで成長して崩壊することを繰り返して、隆起速度に関係なくある一定の起伏で“平衡状態”に達すると考えることもできる。しかし、隆起速度が上方と下方の閾値の間にある場合は、起伏は隆起速度が大きいほど大きくなる傾向を示し、単純な限界斜面 (起伏) や“平衡状態”を想定することは難しい。1cm グリッド内の最大傾斜はどの run においても 80° 以上に達しているが、乾燥材量の安定角が 34° 程度であることを考えると、この最大傾斜をもって critical slope とすることには疑問がある。実験経過の観察からは、大規模崩壊には引き金現象が必要であり、これがなければ斜面は崩壊が発生するような勾配あるいは高さに達した後も成長を続ける。実験では、計測のために降雨をしばらく止めた後の降雨再開直後に大規模崩壊が発生することが多く、このような降雨の停止と再開が最大の引き金現象であったと推定できる。計測の間隔は必ずしも一定ではなかったが、各 run で大きく異なるわけではなく、計測時の降雨停止と再開が最大の引き金現象であれば、隆起速度が大きいほうが起伏・斜面の成長が進むのは当然であろう。また、隆起速度が小さければ流水の作用による谷底の拡幅が進んで緩傾斜の面が広がり、全体の平均傾斜、起伏、平均高度、最大高度などがどれも小さくなる。隆起速度が下方と上方の閾値の間にある場合 (平衡状態段階) は、このようにして隆起速度に応じた平均高度・起伏となるのであろう。これを“平衡状態”と呼んでよいものか疑問であるが、隆起継続中に平均高度や起伏の変化が隆起速度に応じたある範囲に収まる様子は“平衡状態”に類似していることも確かである。一方、隆起速度が上方閾値を越えている場合 (山脈形成段階) は、起伏が堆積場の幅に規定されるまで成長するため、隆起速度がさらに大きくなっても平均高度・起伏がそれ以上大きくなりなくなると考えられる。この場合は、一定の高度で安定したとしても隆起-侵食間の“平衡状態”に達したとは言いがたい。侵食速度は平均傾斜の増大とともに大きくなるとされており、最近ではその増大の仕方が nonlinear であると考えられている。実験においては、隆起に伴う起伏の増加とともに 1cm グリッドの平均傾斜 (起伏) が隆起速度にかかわらず同じように直線的に大きくなるが、斜面崩壊が顕著になってくる起伏 60mm を越えるとこの関係がほとんど見られなくなってしまう。侵食速度も平均傾斜とともに直線的に増加するが、地形変化において大規模な斜面崩壊が支配的になるころから平均傾斜の増大にかかわらずほぼ一定の値となるようであった。その値は隆起速度に応じて大きくなっており、nonlinear とされている侵食速度と平均傾斜の関係も隆起を考えに入れて再考する必要があることを示唆しているようである。

キーワード: 降雨侵食実験, 山地成長限界, 隆起速度, 限界斜面, 大規模崩壊

Keywords: rainfall-erosion experiment, limit of mountain growth, threshold uplift rate, critical slope, landslides

隆起と降雨による地形発達実験における山地成長と河床縦断形進化 Evolution of river profile of experimental mountain building

大上 隆史^{1*}; 大内 俊二¹
OGAMI, Takashi^{1*}; OUCHI, Shunji¹

¹ 中央大学理工学部

¹ College of Science and Engineering, Chuo University

隆起と降雨による地形発達実験において、異なる隆起速度で山地が発達する際の河川網を解析し、河床縦断形の変化、特に定常的な状態に達した際の河床縦断形の形状を検討した。実験装置は細砂とカオリナイトの混合物を 60 cm × 60 cm の正方形の形状で間欠的に隆起させるように設計されており、霧状の人工降雨を発生させることによって隆起した砂山を侵食させ、地形を発達させる。実験は A-D の 4 回行い、各実験における隆起速度は A : 0.2 mm/h, B : 0.5 mm/h, C : 1.2 mm/h, D : 5.0 mm/h であり、隆起継続時間/実験時間はそれぞれ 1350 時間/1350 時間, 582 時間/582 時間, 270 時間/646 時間, 61 時間/710 時間である。降雨の強度・様式は 4 つの実験すべて同じ条件で行われた。

隆起範囲を中心とした 110 cm × 110 cm の範囲の地形計測を行い、1 cm × 1 cm の標高モデルを作成した。また、標高モデルにもとづいて傾斜を算出した。いずれの実験においても隆起継続時には平均標高および平均傾斜は増加していく傾向があり、C および D では隆起が停止したあとは平均標高および平均傾斜が低下している。起伏が大きい範囲（山地）を抽出して平均標高、平均傾斜の変化をみると、隆起が継続している期間内でも A では 582 時間以降、B では 190 時間以降、C では 78 時間以降、D では 30 時間以降は平均傾斜の変化が小さくなる。特に、A の 902-1094 時間、B の 486-582 時間、C の 174-270 時間は平均標高および平均傾斜の変化が小さく、いわゆる平衡状態と呼ばれる定常状態を呈する。

それぞれの標高モデルについて水系網を作成し、河床縦断形を作成した。各流路について 5 cm 間隔の河床平均勾配 (S) と、その区間に流入する上流側の集水域面積 (A) を計算した。横軸に log A、縦軸に log S をプロットし (S-A プロット)、河床縦断形の時間変化を検討した。C (隆起速度 1.2 mm/h) の河床縦断形をみると、S-A プロットは隆起開始直後から河床勾配が大きくなるように変化し、30-46 時間では上に凸状をなす。その後の隆起に伴う変化をみると、62-94 時間はほぼ直線状をなし、110-270 時間はやや下に凸状となる。隆起速度が 0 となった 286 時間以降は下に凸状を呈する。

隆起と侵食による河川網発達モデル、特にストリームパワー侵食に重点をおいたモデルでは、河床の高度変化が 0 である定常状態では河床勾配が集水域面積の冪関数で表されるとしている。すなわち定常状態では S-A プロットが直線状をなすことが予想される。本実験では、山地が定常的な状態にあるとき、河川の S-A プロットはやや下に凸の状態を呈している。これはモデルから予想される定常状態にある河床縦断形に比べて、下流側の河床勾配が急勾配になっていることを意味する。この説明として、従来のモデルでは考慮されていなかった土砂流入フラックスの効果を挙げるができる。すなわち、下流ほど土砂流入フラックスが大きいために、従来のモデルから予想される定常状態に比べて河床勾配が大きくなる傾向があると考えられる。

さらに、山地の成長と河床縦断形の変化を比較すると、河床縦断形は山地に先行して定常状態に達している。山地をみると、まず平均傾斜が定常状態に達し、その後に平均傾斜・平均標高の両者が定常状態になっている。河床縦断形は、山地の平均傾斜が定常状態に達する前に S-A プロットが直線状となり、平均傾斜・平均標高が定常状態に達する前にやや下に凸状を呈するようになる。これらは、定常状態を考える際に、河川の定常状態と山地 (平均傾斜・平均標高) の定常状態が実現するまでの時間差があることを実験から実証する結果である。このことは、いわゆる山地の平衡状態を実現するためには先に定常的な河床縦断形が形成される必要があることを示し、山地の発達における河川網の重要性を指摘している。

キーワード: 降雨侵食実験, 隆起, 河床縦断形, 平衡状態, 土砂フラックス
Keywords: rainfall-erosion experiment, uplift, river profile, equilibrium, sediment flux

局所的な隆起による河川への影響に関するモデル実験 Experimental study of the effect of partial uplift on river channels

仲内 拓野¹; 遠藤 徳孝^{1*}
NAKAUCHI, Takuya¹; ENDO, Noritaka^{1*}

¹ 金沢大学理工学域

¹Kanazawa Univ.

Flume experiments were conducted to examine the effects of uplift on river channels in which the uplift area was restricted to the middle reaches. Experimental landform was evolved by exerting fine water mist on the slope consisting of a mixture of fine sand and clay, and the uplift was realized by jacking up the partial area of the flume bottom. The conventional idea that the occurrence of water gaps was determined by the balance between rates of uplift and downward erosion is true locally. The rate of down erosion is, however, variable due to the change of channel paths in the meso-scale. The avoidance of flowing in the uplift area tends to cause a new confluence and higher stream power producing larger erosion rate. A confluence makes the possibility of forming water gap high. The avoidance of the uplift area, however, does not always induce a confluence, in which the water gap is not generated.

キーワード: 河川, 隆起, モデル実験

Keywords: river channel, uplift, laboratory experiments

レーザー回折散乱法およびデジタル画像解析法を用いた堆積物の粒子径測定技術の現状と課題 Current status and issues of grain-size analysis using a digital image method and a laser diffraction method for sedimen

七山太^{1*}; 古川 竜太¹
NANAYAMA, Futoshi^{1*}; FURUKAWA, Ryuta¹

¹ 産業技術総合研究所 地質情報研究部門

¹ Geological Survey of Japan, AIST

粒子径計測は様々な物質の特徴を評価する上で最も基礎的な物理情報の一つであり、その分析技術も粉体工学会によって明確に JIS 規格化されている(椿・早川, 2001)。これまでの地形学分野においては、泥、砂、礫および火山灰等の粒度分析を、篩分級法、沈降法またレーザー回折散乱法(以下 LD)、もしくはこれらを併用して行うことが一般的であった。現在の LD の最新技術では、各社とも 10nm-3mm のワイドレンジの粒子群を同時にかつ短時間に計測することが可能となっている。しかし、単一の物性値を持つ工業製品の粉体ではなく、様々な割合の複合物である自然界の土砂を検討する際には、未だ多くの技術的な課題が散在するよう思える。例えば、サブミクロンオーダーの微小粒子の測定では入射する光の波長が短いほど大きな散乱光強度が得られることが確認されているので、レーザー光だけでは強度が不十分となることが知られている。しかも非球形粒子の形状によって後方錯乱が大きくなり、粒径は細粒側にシフトする傾向が確認されている。また、Mie 理論を利用して逆計算によって粒径を求める場合は、粒子屈折率と吸収係数の値のユーザー側での設定が必要となるが、自然界の複合試料を取り扱う地質学分野の場合、この仮定はユーザー側にとってはたいへん悩ましい問題である(七山ほか, 2013)。

最近の粉体工学分野での粒子径計測では、デジタル画像解析法を用いた新しい分析機器の開発が増えてきている。この方法では、まず粒子の 2 次元画像を CCD カメラで取得し、ピクセル分割してデジタル画像化する方法である。大きく静的(JIS Z 8827-1:2008; ISO 13322-1)および動的(JIS Z 8827-2:2010; ISO 13322-2)の 2 つの手法に区分されるが、どちらも粒子群をデジタル画像として取り込み、パソコン上で統計処理する過程は同じである。単一粒子のデジタル画像を用いた解析手法は明解であり、ユーザー側からの信頼は厚い。さらに、デジタル画像を用いるため、異なる定義ごとの粒子径や粒度分布に関する情報だけでなく各種粒子形状パラメーター、例えばアスペクト比(aspect ratio)、1-アスペクト比(elongation)、円形度(circularity)、面積円形度(HS circularity)、周囲長包絡度(convexity)、面積包絡度(solidity)、等の値を同時に定量的に解析できる機能が最大の利点といえる。さらに、輝度(intensity)および透過率(transmittance)等の物性値も別途得ることが出来る。これら粒子形状と物性値に関するデータを粒子径測定結果と併せて解析することが、今後の粒度分析の新しいスタンダードになっていくことが予想される(七山ほか, 2013)。

産総研では、2008 年 12 月に動的デジタル画像解析式粒子径測定装置であるドイツ Retsch 社の開発した CAMSIZER の導入を行っており、現在も地質試料分析のためにルーチン化作業が進められている。CAMSIZER は 2 台の CCD カメラ(CCD-Basic で 75 μ m, CCD-Zoom で 15 μ m の解像度)を使い、30 μ m-30mm の超ワイドレンジでの再現性の高い高精度な粒度分析が可能である。但し、現在は乾式システムのみであり、30 μ m より細粒な粒子は原理的に計測できない。そこで我々は、2012 年 12 月に新たに静的デジタル画像解析式粒子径測定装置 Morphologi G3 を導入した。この機器は英国 Malvern 社が開発した最新の粒子径測定装置である。粒子径の測定範囲は 0.5 μ m ~ 1 mm であり、実際には 0.2 μ m まで検出は可能とされている。更に、2014 年 3 月に、5mm の粒子径まで測定が可能な堀場製作所の最新 LD, LA-960G を導入した。前述通り、現状の LD による粒子径測定ではサブミクロンオーダーでの細粒粒子の測定や屈折率の設定に難があることが知られているが、今後、静的デジタル画像解析法を併用し、相互にデータを比較することによって、これらの問題の解決法を提案できる可能性がある。

本報告は、特別会計に関する法律(エネルギー対策特別会計)に基づく文部科学省からの受託事業として、原子力機構が実施した平成 24 年度「外部ハザードに対する崩壊熱除去機能のマーzin 評価手法の研究開発」の成果の一部を含んでいる。

引用文献: 椿 淳一郎・早川 修, 2001, 現場で役立つ粒子径測定技術. 日刊工業新聞社, 161p. 七山太・古川竜太・小笠原正継, 2013, 粒子径を測る! GSJ 地質ニュース, 2, 82-85.

キーワード: レーザー回折散乱法, デジタル画像解析法, 堆積物, 粒子径測定技術, 現状, 課題

Keywords: laser diffraction method, digital image method, sediment, grain-size analysis, current status, issues

砂礫の岩質と形状変化から検討した河川上流部における砂礫分布の特徴 Causes of gravel-sand distribution in upstream part of the river revealed from changes in lithology and form of detritus

宇津川 喬子^{1*}; 白井 正明¹
UTSUGAWA, Takako^{1*}; SHIRAI, Masaaki¹

¹ 首都大学東京大学院地理学教室

¹ Department of Geography, Tokyo Metropolitan University

はじめに

河川で観察される砂礫の粒径は、下流方向に細粒化しながら分布する傾向がある。この細粒化の原因については「流水の営力による分級作用」と「物理的な生産作用」の2説がある。国内では、破碎（粒径を減じるような破壊）や摩耗（粒子の一部が欠ける破壊）のような「生産作用」に基づく細粒化傾向の研究（例えば、Kodama1994）が盛んに行なわれる一方、海外では、比較的「分級作用」を重要視する傾向にある（例えば、Frings2011）。本研究の目的は、日本の河川、特に上流部における碎屑物分布の傾向から、分布に対する両作用の関与を明らかにすることである。そのために、従来の研究で扱われていた礫のみではなく、礫～砂の粒度ごとに、岩種組成や岩種ごとの形状変化を検討した。

手法

北関東を流れる渡良瀬川の支流（秋山川）内3地点を対象として、野外調査と室内分析を行なった。

各地点において、礫洲表面に堆積する大～中礫（256～8mm）について、礫種・礫径およびKrumbeinの印象図を用いた円磨度の測定を行なった（1地点あたり130個程度）。また、表面礫下の細粒な碎屑物（概ね8mm以下）を採取し、そのうち細礫（4～2mm）、極粗粒砂（2～1mm）、粗粒砂（0.5～1mm）について、首都大学東京地理学教室が所有するデジタルマイクロスコープを用いて、それぞれ岩種および円磨度のデータを取得した（1地点あたり各粒径200粒程度）。

結果・考察

大～中礫および細粒碎屑物の各粒径で岩種組成が上流から下流方向に変化することがわかった。粒径区分の幅が広い「大～中礫」だけではなく、「細礫」や「極粗粒砂」など同じ粒径における岩種組成が下流方向に変化する。調査地点の間の秋山川沿いの露頭の岩種を考慮すると、この岩種組成の変化は分級作用のみでは説明できない。すなわち、破碎や摩耗といった「物理的な生産作用」がはたらくことで、運搬中の礫からより細粒な碎屑物が生成される。「生産作用」の関与は、細粒の粒子ほど円磨度が低いという事実、同じ粒径内で碎屑粒子が上流から下流方向に変化する傾向とも整合的である。

細粒碎屑物のうち、粗粒砂（1～0.5mm）については、より粗粒な粒径と比べて岩種組成が下流方向へあまり変化せず、円磨度は下流方向へ著しく高くなる傾向が認められた。粗粒砂は破碎作用を受けにくく、摩耗作用が卓越し始める安定した砂の粒径であると推察される。つまり、河床における粗粒砂およびより細粒な碎屑粒子の分布を追求することが、河川に沿った「生産作用」から「分級作用」への移行を明らかにするための鍵になると考えられる。生成された砂の粒径に注目し、河川の流れに沿った同じ粒度の碎屑物の岩種・形状変化を更に追跡することにより、生産作用と分級作用を併せた碎屑物の侵食・運搬過程の考察が可能となり、将来的にはそれを反映した地形発達史を編むことができると期待される。

参考文献

- Frings, R. 2011. *Journal of Sedimentary Research* 81 : 52-63.
Kodama, Y. 1994. *Journal of Sedimentary Research* A64(1) : 68-75.

キーワード: 砂礫, 破碎・摩耗作用, 岩種組成, 円磨度, 渡良瀬川支流

Keywords: gravel, sand, crush-abrasion, lithological component, roundness, tributary of Watarase River

日本中央部, 滝谷池湖沼一流域系を対象とした観測に基づく地表プロセスの解明
Earth-surface processes on the basis of instrumental observations in Takidani-ike lake-catchment system, central Japan

糸野 妙子^{1*}; 柏谷 健二¹; 落合 伸也¹
ITONO, Taeko^{1*}; KASHIWAYA, Kenji¹; OCHIAI, Shinya¹

¹ 金沢大学

¹ Kanazawa University

Lacustrine sediments contain both high-resolution regional environmental records and global information in lake-catchment systems. They are also of great use for reconstructing short-term environmental changes (precipitation, water discharge, etc.) and understanding earth-surface processes (erosion, transportation, sedimentation) in the lake-catchment system.

Process understanding is essential for clarifying causal relations in earth surface phenomena and proper interpretation of sediment information. Instrumental observation (monitoring) is of great use for the process understanding. This study deals with the instrumental observation for a small pond-catchment system (Takidani-ike) near Kanazawa University. The pond is storage reservoir. It is used for agricultural irrigation in summer. Therefore the water level shows highly fluctuation. Our observation consists of sediment sampling with trap, water level measurement, temperature measurement, and precipitation measurement. Observation in Takidani-ike using sediment trap has continued since June 2000.

Observational and analytical results for Takidani-ike show that; the sedimentation rate (both monthly and seasonal sedimentation) is expressed as a function of two factors; precipitation intensity (external factor) and water level change (system factor, closely related to size of erodible area). The correlation for the seasonal relationship is better than one for the monthly relationship, suggesting that reservoir effect in the catchment should be considered. The results also show that mineral grain size may be used as proxies for sedimentation rate.

キーワード: 湖沼一流域系, 地表プロセス, 池沼堆積物, 堆積速度

Keywords: lake-catchment system, earth-surface process, pond sediment, sedimentation rate

沖縄県宮古島海食崖下に見られる巨大岩塊の特徴と生産プロセス Characteristics and production processes of coastal huge blocks in the Miyako Island

島津 弘^{1*}; 瀬戸 真之²
SHIMAZU, Hiroshi^{1*}; SETO, Masayuki²

¹ 立正大学, ² 福島大学

¹Rissho University, ²Fukushima University

沖縄県宮古島の沿岸には巨大な岩塊が多数見られる。これらの一部は海底から打ち上げられた津波石であるが、それ以外の岩塊は海食崖から生産されたものである。Maekado (1991) や Kogure *et al.* (2006) は沖縄島あるいは宮古島において、それぞれ海岸の崖をつくっている琉球石灰岩が剥ぎ取られる過程を力学的に解析した。それらによると海面の高さ付近に形成されたノッチの深さが深くなることと、崖と平行する割れ目の発達によって岩盤が不安定となり剥離したことによって生産されたことが指摘されている。これらの研究に基づけば、崖の高さに応じた大きさの岩塊が生産されることになる。しかし、島津ほか (2009) は宮古島の海岸の岩塊は場所によって大きさが異なることや崖の高さと岩塊の大きさには単純な関係がないことを指摘した。宮古島南部の保良川ビーチでは高さおよそ 40m の崖下に長径数 m~15m 程度の岩塊が堆積している (瀬戸ほか, 2012), Kogure *et al.* (2006) も取り上げている東平安名岬では高さおよそ 20m の海食崖の前面に長径 10m~30m、さらにそれ以上の大きさの岩塊が点在している。前者では岩塊は不定形で植生はほとんど見られないが、東平安名岬の直方体に近い形をしており、上面が植生に覆われている。本発表では宮古島のそのほかの海岸における岩塊の特徴を調査した結果も加え、特徴の違いを地質構造との関係から検討した結果を報告する。

宮古島では保良川ビーチ、東平安名岬以外の場所にも岩塊は広く分布している。東平安名岬北西およそ 2km にある北向き海岸では最大長径で 10m を超える巨岩が分布しているものの、それらの多くは 10m 以下のブロックに分割されている。新城海岸では長径が 10m を超える巨岩も存在するものの 4m 程度以下の岩塊が多数を占める。浦底漁港では海食崖の高さは 60m 以上あるものの、海岸の岩塊は長径 6m 以下のものがほとんどであり、上述の地点より小さい。宮古島北端付近の島尻では高さおよそ 15m の海食崖の前面に主として 7m 以下で 1 つの面が植生で覆われた岩塊が分布している。

宮古島では琉球石灰岩が島尻層群と呼ばれる半固結の堆積岩を不整合に覆っている。2 つの層の境界は海面より高い場合が多い。琉球石灰岩は多孔質のため浸透能が高いが、下位の島尻層群は細粒砂岩、シルト岩、泥岩で難透水層となっており、その上面に地下水の層ができる。海食崖のある高さに地層境界がある場合には、地下水はその境界から湧出する。保良川ビーチでは地層境界が崖の中央部付近の高さ 14~20m にあり、湧水の湧き出し口では軟らかい堆積岩が侵食されてノッチ状の地形が形成されていた。東平安名岬では 2 つの層の境界は崖の下端近く、高潮位より数 m 高い位置にある。ここでは明瞭な湧水は見られなかったが、しみ出てくる水や暴浪時の波などによって形成されたと考えられる深いノッチが確認できる。ほかの海食崖でも琉球石灰岩と島尻層群との境界に湧水があり、現地で海食崖にアプローチできた地点ではノッチ状の地形が確認された。ノッチが発達すると島尻層群の上を覆う琉球石灰岩は不安定となって崩れる。高いところで崩れると、転がり落ちながら砕ける。海食崖が全面琉球石灰岩でできている島尻では Kogure *et al.* (2006) の指摘のように、琉球石灰岩は剥がれるように崩れ、剥がれたときと同じ形で堆積する。海面と地層境界の比高が小さい東平安名岬の場合には、ノッチの形成プロセスは異なるものの、Kogure *et al.* (2006) と同様のプロセスによって岩塊が生産される。2 層の境界の高さがより高く、琉球石灰岩の厚さが薄く、地層境界の高さが海面から高い位置にある新城海岸や城辺運動公園では生産される岩塊の元々の大きさが小さいのに加え、落下途中に割れるために、堆積時点での岩塊の大きさはより小さくなる。

キーワード: 巨大岩塊, 地形プロセス, 海食崖, 湧水, 琉球石灰岩, 宮古島

Keywords: huge block, geomorphic process, coastal cliff, spring, Ryukyu limestone, Miyako Island

10Be,26Alによって示される北東チベットにおける第四期後期の変動地形発達過程 Late Quaternary tectonic development at the northeastern margin of Tibet revealed by 10Be and 26Al

白濱 吉起^{1*}; 宮入 陽介²; 何 宏林³; 傅 碧宏⁴; 狩野 謙一⁵; 越後 智雄⁶; 横山 祐典²; 池田 安隆¹
SHIRAHAMA, Yoshiki^{1*}; MIYAIRI, Yosuke²; HE, Honglin³; FU, Bihong⁴; KANO, Ken-ichi⁵; ECHIGO, Tomoo⁶;
YOKOYAMA, Yusuke²; IKEDA, Yasutaka¹

¹ 東京大学大学院地球惑星科学専攻, ² 東京大学大気海洋研究所, ³ 中国地震局地質研究所, ⁴ 中国科学院地質・地球物理研究所, ⁵ 静岡大学理学部, ⁶ 財団法人地域地盤環境研究所

¹Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, ²Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, ³Institute of Geology, China Earthquake Administration, ⁴Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences (IGGCAS), ⁵Faculty of Science, Shizuoka University, ⁶Geo-Research Institute

Tibetan Plateau has been growing up due to collision between the Indian and Eurasian plates and expanding its area laterally by invading marginal forelands and making them involved into deformation. The mechanism of expansion at the northeastern margin of the plateau is still a subject of much debate due to the scarcity of tectonic researches. In the Kumkol Basin at the northeastern margin of the plateau we made detailed geomorphological mapping using satellite images, and revealed that there is a huge anticlinorium that consists of many thrusts and folds covered with significantly deformed fluvial or fluvio-glacial fans or terraces along the Pitileke River. The development and deformation rate of the anticlinorium would give an important clue to understanding the growth mechanism of the plateau. In order to estimate the deformation rate, we dated depositional surfaces by surface exposure dating by using cosmogenic radionuclides (CRNs), such as ¹⁰Be or ²⁶Al. Field investigations were conducted in 2011 and 2013, and mainly pebbles of vein quartz were collected at 22 points on the surface of fans and terraces. Depth-profile samples were collected also from 3-m deep sections at two points; each depth profile of ¹⁰Be and ²⁶Al concentrations were analyzed for the exposure age, erosion rate, and inheritance by the Monte Carlo simulation. In addition, grain-by-grain CRN concentrations were measured for surface samples from two points to estimate the origin of sediments. Following three inferences were obtained: (1) the sediments of the lower part of terraces and the present river contain reworked sediments; (2) depositional processes and erosion processes are strengthened in the glacial and interglacial period, respectively; (3) the uppermost two steps of terraces were formed before the MIS6 and in the transition period from MIS6 to MIS5, respectively.

キーワード: チベット高原, 柴達木盆地, 変動地形, 表面照射年代

Keywords: Tibetan Plateau, Qaidam Basin, tectonic landform, surface exposure dating

宇宙線生成核種 ^{10}Be より求めた小鹿溪谷の下刻速度の縦断分布：滝と滝壺区間および穿入蛇行区間の発達過程 Longitudinal distribution of incision rates in the Oshika Gorge, Tottori prefecture using terrestrial cosmogenic ^{10}Be :

渡壁 卓磨^{1*}; 小玉 芳敬²; 松四 雄騎³; 松崎 浩之⁴

WATAKABE, Takuma^{1*}; KODAMA, Yoshinori²; MATSUSHI, Yuki³; MATSUZAKI, Hiroyuki⁴

¹ 鳥取大学大学院地域学研究科, ² 鳥取大学地域学部, ³ 京都大学防災研究所 地盤災害研究部門 山地災害環境分野, ⁴ 東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻

¹Graduate School of Regional Sciences, Tottori University, ²Faculty of Regional Sciences, Tottori University, ³Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, ⁴School of Engineering The University of Tokyo

研究対象である鳥取県三朝町小鹿溪谷では、溪床勾配と河相との対応関係が知られている。溪床勾配が 0.04-0.05 を示す瀬淵河床区間は、径 1 m 以下の礫が瀬をなす区間である。溪床勾配が 0.08 を示す区間には、径 2 m 以上の巨礫が集積しており、ここを巨礫の集積区間と呼ぶ。これらの溪床勾配は、上流側や支谷から供給された砂礫を滞りなく流下させるような動的平衡勾配になっていると考えられている(小玉・中村, 1997)。小鹿溪谷の中央部には、最急勾配 (0.13) の滝と滝壺区間がある。この滝と滝壺区間における縦断測定の結果は、滝が上流方向へ後退するよりも、むしろ位置を保ったまま下刻する作用の方が強く働いていることを示す(小玉, 2004)。しかし溪谷の発達過程の具体像に関しては、これまでほとんど知見が認められない。

本研究の目的は、宇宙線生成核種 ^{10}Be を用いて溪谷内に散在する侵食段丘面から縦断的に 7 測線を選び、それらの編年を行い、下刻速度の縦断変化や時代的変遷を明らかにすることである。その上で、小鹿溪谷の発達過程についてより具体的に考察を加える。

その結果、小鹿溪谷の侵食段丘面の地表面露出年代は、最も新しいもので 1.2 kyr (比高 1.2 m)、最も古いものは現河床が保持している核種濃度を考慮に入れて 50.2 kyr (比高 11.0 m) となった。小鹿溪谷内の平均下刻速度は測線によって変化し、0.24~1.40 mm/yr の値をとった。しかし全測線の下刻速度は、中国山地の隆起速度よりも少なくとも 2 倍以上速い。それゆえに、深い谷地形を保ちながら溪谷が維持されていると考えられる。

平均下刻速度の特徴を見ると、瀬淵河床区間と巨礫の集積区間で比較的速く (0.64~1.40 mm/yr)、下流ほど増大する傾向を示した。いっぽう滝と滝壺区間では 0.24~0.57 mm/yr と比較的遅かった。特に上流側の神繩滝と雄淵 (0.24 mm/yr) で最も遅く、下流へ向けて玉藻滝と雌淵 (0.33 mm/yr)、水晶滝と弥六淵 (0.57 mm/yr) と順次速度を増した。また穿入蛇行の顕著な Big Bend 区間では、瀬淵河床区間であるにも関わらず 0.36 mm/yr と遅かった。

これらの下刻速度の違いを流砂現象に関連する河道形状の変遷として考察した。まず、滝と滝壺区間の発達過程について検討した。滝と滝壺区間において、滝と滝壺の形成・成長に伴い河床の凹凸(粗度)が増大することで流砂効率が落ちる。これを補うために増傾斜化が進行して、その結果、下刻速度の遅い測線が出現したと考えた。滝と滝壺区間の最下流に位置する弥六淵では下刻速度が、31.1~17.0 kyr までは 0.99 mm/yr と速かったが、17.0 kyr 以降は 0.30~0.44 mm/yr と遅くなった。前者の下刻速度は、瀬淵河床区間のものとほぼ同じであった。このことは、水晶滝と弥六淵の形成が 17.0 kyr 前後に始まったことを示唆する。測定の結果は、弥六淵の形態はいまだ発達段階にあり、若い地形であることを支持する。神繩滝と雄淵、玉藻滝と雌淵では 5 万年前にすでに滝と滝壺が形成されており、それらの成長に伴って、増傾斜化作用が継続してきた。そのため、下刻速度が遅くなったと理解できる。雄淵から弥六淵へと順に下刻速度が増大しているのは、滝と滝壺の発達が上流側から下流側へと伝播した反映と考えられる。このように小鹿溪谷の滝・滝壺区間は、上流から下流に向けて河道形態が発達してきたモデルを提案できた。弥六淵の形態から、今後も増傾斜化がしばらくつづくと思われる。

つぎに、Big Bend 区間における穿入蛇行の発達過程を考察した。ここでは上流側の瀬淵河床区間 (D・E 測線) の下刻速度が、下流側に位置する滝と滝壺区間の下刻速度より約 3 倍も速いため、必然的に緩勾配化が進行した。その結果、砂礫が堆積しやすくなり、砂礫堆の形成に伴う水流の集中発散が発生し、河道の側方侵食が進んだ。すると溪岸崩壊が多発し、そこから供給された砂礫が砂礫堆をますます発達させた。この過程で大規模な斜面崩壊を招き、Big Bend 区間には堆積段丘状の地形を現在も残し、広い谷底を形成してきた。このようにして小鹿溪谷の中流部に穿入蛇行の特異な区間が発達したモデルを提案できた。

本研究では、宇宙線生成核種 ^{10}Be を用いて小鹿溪谷内に散在する侵食段丘面の下刻速度を求めた結果、以下のことが明らかになった。小鹿溪谷の下刻速度は、瀬淵河床区間と巨礫の集積区間で比較的速く (0.64~1.40 mm/yr)、下流ほど増大する傾向を示す。滝と滝壺区間の下刻速度は相対的に遅く、下流に向かって下刻速度が増大する。つまり滝・滝壺の形成・発達に応じた増傾斜区間をなしている。滝・滝壺区間の上流側に続く穿入蛇行が顕著な Big Bend 区間は、上下流の下刻速度の差から生まれた緩勾配化により、砂礫堆が発達し、側方侵食が進展して形成された地形である。

HGM22-09

会場:422

時間:4月30日 11:15-11:30

キーワード: 岩盤侵食河川, 下刻速度, 宇宙線生成核種 ^{10}Be , 滝と滝壺区間, 穿入蛇行区間

Keywords: bedrock river, incision rate, cosmogenic nuclide ^{10}Be , waterfall-pool sequence, incised meander zone

宇宙線生成核種を用いた屋久島地域における流域斜面の侵食速度の推定 Basin-averaged erosion rates of Yakushima using cosmogenic ^{10}Be in river sediments

城谷 和代^{1*}; 松四 雄騎²; 松崎 浩之³

SHIROYA, Kazuyo^{1*}; MATSUSHI, Yuki²; MATSUZAKI, Hiroyuki³

¹ 産業技術総合研究所, 深部地質環境研究コア, ² 京都大学, 防災研究所, ³ 東京大学大学院, 工学系研究科, 原子力国際専攻

¹Geological Survey of Japan, AIST, ²Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, ³Department of Nuclear Engineering and Management, School of Engineering, The University of Tokyo

侵食のプロセスを議論する上で、降水量や傾斜、地質環境などの異なる条件下での各々の地域の侵食速度を把握することが必要となる。本研究では、気候（降水量）と侵食量の関係および高度、傾斜度と侵食量等の関係を調べることを目的とし、宇宙線生成核種による斜面の平均的な侵食速度の推定を本邦で最も多雨な屋久島地域で行った。その結果、屋久島と比べて降水量が数倍から数千倍も少ない地域で示された侵食速度と屋久島のそれとは、同程度となり、降水量と侵食速度との間には相関関係は示されなかった。このことから、必ずしも降水量が地形形成の決定要因ではないことが示唆された。屋久島は、特異的に降水量が極めて多い地域であるにもかかわらず、長期の侵食速度が遅い地域の一例として位置づけされる。本発表では、得られた定量的な侵食速度データおよび各種地形解析データに基づいて、屋久島における斜面侵食の様式や地形の発達について議論する。

本研究は原子力規制委員会原子力規制庁「平成 25 年度地層処分に係る地質評価手法等の整備（地質関連情報の整備）」として実施した。

キーワード: 屋久島, 流域斜面の侵食速度, 降水量, 宇宙線生成核種

Keywords: Yakushima, Basin-averaged erosion rate, precipitation, cosmogenic Be-10

黒部川現河床堆積物の石英の TL 及び ESR 信号からみる堆積物の年変動 Temporal variation of Kurobe River Sediments revealed by TL and ESR signals in quartz

吉田 真徳^{1*}; 豊田 新¹; 蜷川 清隆¹; 高田 将志²; 島田 愛子³
YOSHIDA, Msanori^{1*}; TOYODA, Shin¹; NINAGAWA, Kiyotaka¹; TAKADA, Masashi²; SHIMADA, Aiko³

¹ 岡山理科大学大学院理学研究科応用物理学専攻, ² 奈良女子大学 文学部 地域環境学コース, ³ 株式会社 JEOL RESONANCE
¹Department of Applied Physics, Faculty of Science, Okayama University of Science, ²Department of Geography, Nara Women's University, ³Application Support Team, JEOL RESONANCE Inc

河川堆積物の供給起源を推定できれば、気候の変化や地殻の変動などによって生じた過去の河川流域環境の変化を解明する糸口が得られる可能性がある。石英中の E1' 中心の信号強度から求められる酸素空孔量は、風成塵の供給起源を推定する指標として用いられている (Toyoda and Naruse, 2002)。火成岩と深成岩で TL 発光色が異なること (Hashimoto et al. 1991) を基礎にした TL CI (熱ルミネッセンスカラー画像) 及び不純物中心の ESR 信号を用いて、木津川堆積物の供給起源の推定について一定の議論に成功した例がある (島田、2008)。

以上のことをふまえ、本研究では、黒部川流域の河川堆積物について、TL (熱ルミネッセンス) 信号と ESR (電子スピン共鳴) 信号の特徴を調べた。黒部川において、2012年に採取した8個の試料と、2013年に採取した14個の試料を、粒径分け (500-250 μ m, 250-75 μ m) をし、化学処理をおこない石英を抽出し加熱 (300 $^{\circ}$ Cで1h) した。ESRの試料については抽出後、粉碎して250-75 μ mに揃えた。ESR測定用の試料については、9段階に分けて γ 線照射 (最大2640Gy) をおこなった。また TL 測定用の試料については809又は857Gyの γ 線照射をおこなった。

温度—スペクトル同時 TL 測定をおこなったところ、赤色領域の140~250 $^{\circ}$ C (Low Red) と290~370 $^{\circ}$ C (High Red)、青色領域の103~211 $^{\circ}$ C (Blue) にピークが観測された。

発表では、ESR 信号と TL 信号の特徴を比較して報告する。

キーワード: 電子スピン共鳴, 熱ルミネッセンス
Keywords: ESR, TL(thermiluminescence)

鳥取県三朝町高釜における甌穴群の分布特性と発達過程-河川侵食における甌穴の役割-
Distribution pattern and formation processes of potholes in Oshika, Tottori: role of pothole on river incision processes

小玉 芳敬^{1*}; 井上 裕貴²
KODAMA, Yoshinori^{1*}; INOUE, Yuuki²

¹ 鳥取大・地域学部, ² 鳥取大学・地域学部・学

¹Fac.of Regional Sciences, Tottori-Univ., ²Under Graduate, Fac.of Regional Sciences, Tottori-Univ.

はじめに

甌穴とは河床の岩盤面などに形成される侵食穴のことである。河床のくぼみや割れ目に入った砂利が渦流で回転し、岩盤を削り形成される。鳥取県三朝町を流れる小鹿川では、高釜周辺の河床や河岸の岩盤上に多くの甌穴が形成されている。この甌穴群は以前から地元では知られており、個々の甌穴の形状を記載した調査報告が行われてきた(石村ほか; 1986)。

本研究では甌穴群の分布特性と発達過程を明らかにすることを第1の目的とし、一般論として甌穴群が河川侵食過程でどのような役割を持つかを考察することを第2の目的とした。

調査方法

調査は、段丘調査(段丘面区分, 段丘を覆う古土壌のC14年代測定), バルーンを用いた平面写真撮影, 測量調査(縦断測量, 横断測量), 篩による粒度分析の4つを行った。

結果および考察

i) 甌穴群が発達する高釜の河道中央に露出した岩盤は、侵食段丘面(第8面)の名残であった。第8面を覆う土壌層から採取した試料のC14年代測定結果は、約3,500年 calBPであった。すると、高釜甌穴群は約3,500年 calBP以降に形成されたことになる。

ii) 第8面形成後、掃流砂礫量が減少する過程で、縦渦に対応した縦溝が岩盤に刻まれ、その内部に甌穴が発達した。そのため、甌穴は列状配置をなしている。列状に並んだ縦溝のうち最も右岸側のものが選択的に侵食されて、現在の流路となっている(図)。

iii) 高釜は遷急区間に位置し、河岸や河床は割れ目の少ない硬質凝灰岩で構成され、甌穴を形成するのに適したサイズの礫(32~128mm)が流下する。つまり甌穴群の形成条件を満たした場所である。

iv) 高釜の投影縦断面(図)を見ると、河道中央の堅固な岩盤を縦溝や甌穴群が低水流路近くの高さにまで下刻していることがわかる。

v) 掃流砂礫量が多いときには面的(カンナ状)侵食による侵食段丘面を、少なくなるに従って線的(ノコギリ状)侵食による溝を、さらに点的(ドリル状)侵食による甌穴群を形成している。つまり甌穴群は河川侵食過程において、少ない運搬砂礫量で固い岩盤を効率よく侵食する重要なプロセスと捉えられる。

キーワード: 甌穴群, 地形発達過程, 列状配置, 河川侵食過程, バルーン平面撮影, 鳥取県三朝町小鹿川

Keywords: potholes, pothole developing processes, line distribution, river incision processes, balloon photos, The Oshika River, Tottori, Japan

HGM22-12

会場:422

時間:4月30日 12:00-12:15

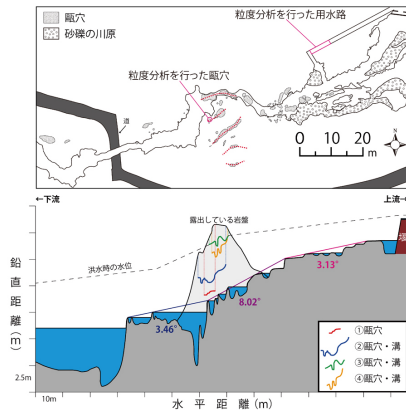


図 三朝町高釜にみられる陥穴群の平面図 (上) と縦断面図 (下)

セン川下流域における現成チャネル堆積物の累重様式 Accumulation patterns of in-channel modern deposits in the lower Stung Sen River

南雲 直子^{1*}; 須貝 俊彦²; 久保 純子³; 岡積 敏雄¹
NAGUMO, Naoko^{1*}; SUGAI, Toshihiko²; KUBO, Sumiko³; OKAZUMI, Toshio¹

¹ 土木研究所 ICHARM, ² 東京大学大学院新領域創成科学研究科, ³ 早稲田大学教育学部
¹ ICHARM, PWRI, ² Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo, ³ School of Education, Waseda University

カンボジア中央部を流下するセン川はトンレサップ水系最大の支流であり、沖積低地発達区間である下流域の河川勾配は 0.1 ‰以下と非常に緩い。モンスーンによる降水量の変動によって低地には毎年洪水が訪れるとともに、侵食基準面であるトンレサップ湖の水位が周期的に 8 m 程度変化することから、セン川による土砂運搬プロセスも季節によって変化すると考えられる。調査地付近のセン川は、沖積低地を蛇行しながら流下し、河道位置の遷移を示すメアンダーベルトや後背湿地を形成してきた (Nagumo et al., 2013)。チャネル底は後背湿地面よりも 10 m 近く低い位置にあり、チャネル内部の屈曲部には、乾季の水位低下に伴って 4 種類の特徴的な形態を有するチャネルバーが出現する。これらのうち、下流側の凹状河岸に出現するバーに関して断面を観察した結果、全体として逆級化を示す砂泥互層が観察された。さらに、堆積物中に狭在するプラスチック片に刻印された製造日が調査時より数年以内にあることから、これらの堆積物はごく最近堆積したものであり、洪水レジームの変化に応答して、部分的に入れ替わっていることが示唆された。チャネルバーでみられるこうした堆積物の特徴は、雨季-乾季の年周期よりも短い周期で起こる河川水位・流量の変動に応答してバーが形成されたことを示唆しており、近年の洪水履歴やそのパターンの把握に重要な情報となり得る。

キーワード: 沖積平野, メアンダー, モンスーン, 水位変化, トンレサップ湖, カンボジア
Keywords: fluvial lowland, meander, monsoon, water level fluctuation, Lake Tonle Sap, Cambodia

航空レーザ DEM による九十九里平野の浜提列群の発達過程 Development of Strandplain Ridges Group in the Kujukuri Coastal Plain by LiDAR DEMs

大井 信三^{1*}; 七山 太²; 中島 礼²
OOI, Shinzou^{1*}; NANAYAMA, Futoshi²; NAKASHIMA, Rei²

¹ 国土地理院/産総研, ² 産総研
¹ GSI/AIST, ² AIST

はじめに

長大な浜提列が発達する九十九里平野の地形発達史や発達過程については、森脇 (1979) や増田ほか (2001) において、詳しく述べられている。近年航空レーザ測量による詳細な DEM データが整備され、九十九里平野においても、この DEM データを利用することが可能となった。そこでこのデータで平野の微地形を分析し、従来述べられていなかった浜提列群の発達過程、特に南北の差違について考察を行った。

等時間線としての浜提列

1m 間隔での標高段彩図では、浜提列の繋がりを良く追うことができ、この浜提列の繋がりは等時間線と捉えることができる。森脇 (1975) は、この浜堤を内陸から海岸まで、第 I 砂提群 (S I)、第 II 砂提群 (S II)、第 III 砂提群 (S III) と 3 区分したが、本稿でもそれを踏襲しそれぞれ S1, S2, S3 と区分する。また増田ほか (2001) は片貝海岸から東金にかけて海岸線に直行する縦断面で連続ボーリングを行い、試料の ¹⁴C 年代から等時間線を引いた。これらからそれぞれの浜提列群の年代は、S1 が約 6-4Ka, S2 は約 4-2Ka, S3 は約 1.5Ka から現在に形成されたことになる。

南北で異なる浜提列群

浜提列群の発達を標高段彩図で見ると北東部で S2 が良く発達し、南部の茂原低地の ¹⁴C 年代は 7-5Ka を示し S1 が発達する。一方南部では S2 は貧弱である。つまり南部の方が S1 が発達し早く離水したことによる。この原因は南部が隆起していること、また茂原付近では基盤となる上総層群の波食棚が広く発達していることによると思われる。

沿岸漂砂の供給と浜提列

標高段彩図では、浜堤を形成した沿岸漂砂の供給方向も推測することが出来る。方向は浜提間低地を流れる河道の方向から河口偏倚を推測する。また浜堤がより古い浜堤に「アバット」する様相や南北の沿岸漂砂の会合点 (宇多ほか, 2000) で、南北の浜堤の位置に食い違いが生じることでも推測が可能である。

S1 は北東部では、谷の出口に台地・丘陵の両側から浜堤が伸びており、高海面時の砂嘴が起源と考えられる。南部 (埴生川) では河谷内部に浜堤が形成され、浜堤の位置が内陸に寄っている。

S2 は河道の南への偏倚や浜堤が南側に「アバット」する様子が見られ、南部の南白亀川が南北の沿岸漂砂の会合点で、S2 の大半が北からの沿岸漂砂であることが推測できる。

S3 は大網白里市堀川付近で南北の河口偏倚が見られないので、南北の沿岸漂砂の会合点と思われる。

以上から S1 は、縄文海進海進期・最盛期に丘陵や台地を侵食した砂が起源と考えられる。S2 は大半が北東の屏風ヶ浦が起源と考えられ、北東部で S2 の発達が良いのはそのためである。南部で S2 の発達が貧弱なのは、南からの漂砂の供給源 (星上ほか, 2006) である夷隅川の河口がまだ埋積されていなかったため、供給が少なかったと考えられる。そして S3 になって初めて南北の沿岸漂砂のバランスがとれるようになったと言える。

九十九里平野の地殻変動

標高段彩図によれば S1 の標高は 10m、中部では 7m と下がり、北東部では 9m と再び標高が上がる、S2 は南部が 4.5m なのに対し、北東部の方が 7m と高い。S3 は南部で 1.5m、北東部では 3m である。低地背後の下総台地木下層の MIS5e 面の標高で見ると、南部で標高は 100m を越え、中部の栗山川沿いで 35m と一旦低くなるが、北東部で 65m と再び高くなることから、台地の MIS5e 面と同様な地殻変動が九十九里平野にも反映していると考えられる。これは北東部の鹿島隆起帯と南部の房総隆起帯の二つの構造運動が影響しており、それぞれの構造運動の活動時期が異なるためであろう。

【引用文献】 星上幸良ほか 2006, 海洋開発論文集 22: 403-408. 増田富士雄ほか 2001, 第四紀研究 40: 223-233. 森脇 広 1979, 第四紀研究 18: 1-16. 宇多高明ほか 2000, 海岸工学論文集 47: 686-690.

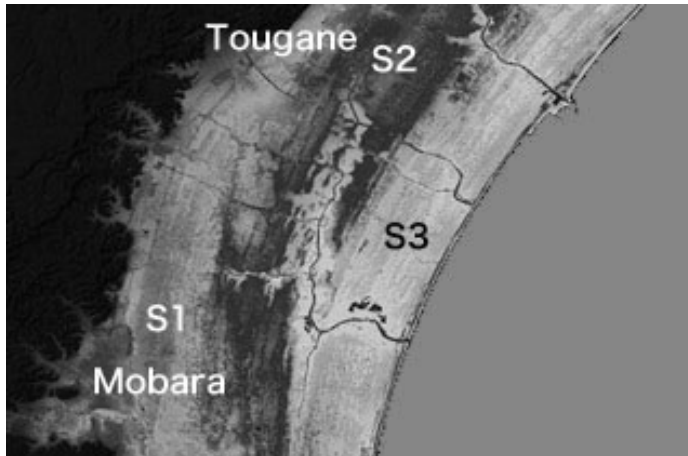
キーワード: 九十九里平野, 浜提列, 航空レーザ DEM

Keywords: Kujukuri Coastal Plain, Strandplain ridge, LiDAR DEMs

HGM22-P02

会場:3階ポスター会場

時間:4月30日 18:15-19:30



奈良盆地における沖積層発達を規定する要因 Controlling factor on evolution of late Pleistocene to Holocene sequences in Nara Basin

堀 和明^{1*}; 伊藤 信朗¹; 高田 将志²
HORI, Kazuaki^{1*}; ITO, Nobuaki¹; TAKADA, Masashi²

¹ 名古屋大学大学院環境学研究科地理学講座, ² 奈良女子大学文学部人文社会学科

¹Department of Geography, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ²Department of History, Sociology and Geography, Faculty of Letters, Nara Women's University

沖積層研究は、地下に海成層の分布する臨海部で数多くおこなわれてきた。臨海部での研究が蓄積され、沖積層の形成が氷河性海水準変動との関係で詳細に議論されるようになった一方で、内陸部の沖積層の発達過程には不明な点が多く残されている。本研究では研究事例が少なく、形成過程を支配する要因について理解が進んでいない奈良盆地を対象として、沖積層の特徴および発達過程を規定する要因について考察した。

盆地中央部の大和郡山市馬司で掘削した2本のオールコア堆積物(MK1, MK2)を用いて堆積相解析と放射性炭素年代測定をおこなうことで沖積層の基底を明らかにした。また、既存のボーリング柱状図を用いて岩相およびN値をもとに、奈良盆地および大和川下流域の河内平野において上部更新統と沖積層とを区分した。河内平野では、最終氷期最盛期頃の旧大和川の流路の推定をおこなった。完新世後期の堆積速度の変化をみるために橿原考古学研究所が発行する、奈良県遺跡調査概報に記載されている遺構検出面埋没深度の平均値を日本史の時代区分ごとに求めた。

MK1 コアの深度 287 cm および 250 cm から得られた木片はそれぞれ 23,890 cal BP, 2,320 cal BP の値を示し、MK2 コアの深度 375 cm から得られた木片は 39,980 cal BP の値を示した。これらの年代値から沖積層の層厚は 3 m 程度と見積もられた。この層厚は従来研究で得られている放射性炭素年代値と調和的である。また、沖積層の堆積はおおよそ 2,000 cal BP 以降に開始した可能性が考えられる。この結果は大阪湾の海面カーブに対応しておらず、盆地内の沖積層形成は海水準変動の影響を受けていないと考えられる。大阪湾の海水準変動は沿岸部の河内平野における河床勾配を変化させるが、硬度が高い白亜系および新第三系の火成岩が河床を構成する生駒山地内の亀の背狭窄部の河床は、河内平野よりも相対的に遅い速度で下刻が進行したと考えられる。大阪湾の海面変動の影響は亀の背狭窄部より上流域に及びにくいことから、奈良盆地の侵食基準面は、亀の背狭窄部における大和川の水面標高であるといえる。

既存ボーリング柱状図から作成した奈良盆地における南北方向の地形地質断面図から、盆地南部の沖積層が北部に比べて相対的に厚いことがわかる。盆地南部の流域面積が北部に比べて 2.3 倍大きいことから、盆地南部において沖積層の層厚が大きいことは、流域面積の大きさに依存している可能性が考えられる。盆地中央部から南部にかけて自然堤防がよく発達していることから、洪水氾濫の頻度が高かったことが推測される。弥生時代～鎌倉時代の遺構検出面深度の値からは飛鳥時代以降の堆積速度の増加が示唆された。従来研究の花粉分析結果によれば、この時期には既に植生の二次林化が進行していたことから、人間活動による山地の荒廃が供給土砂量を増加させ、沖積層の形成に影響を与えたことも考えられる。

キーワード: 沖積層, 内陸盆地, ボーリング柱状図, 奈良盆地

Keywords: Late Pleistocene to Holocene sequences, inland basin, borehole log, Nara Basin

雲仙水無川導流堤の堤外地における微地形変化の定量的評価 Quantitative Evaluation of Microtopography in the Riverside Land of the Mizunashigawa River, Japan

小倉 拓郎^{1*}; 青木 賢人²
OGURA, Takuro^{1*}; AOKI, Tatsuto²

¹ 金沢大学人文学類, ² 金沢大学地域創造学類

¹School of Humanities, Kanazawa University., ²School of Regional Development Studies, Kanazawa University.

研究の全体像・結果

本研究では、1990年に平成噴火が起こった雲仙普賢岳を源流にもつ水無川について、新たに地形改変を施して建設された導流堤の堤外地における侵食力の転換や微地形変化を定量的に評価した。本対象地域は人工的に整地されて侵食基準面がリセットされているため従来の地形発達史では議論できない定量的な評価で議論することができる。

研究の結果、堤外地の地形は、堤外地内の遊砂地が整備された1998年以降約7年間は地形を変化させるほどの大規模な土石流は発生しておらず、細かな流路網を形成し側刻が進んだが、2005年には流水の減少に伴い地形が安定し、堤外地内の土砂が安定した。2005~2008年の短期間に集中して発生した土石流によって表面の植生を流出し、側刻から下刻に転じ、以降流路が固定化され、2011年以降急速な植生の回復が進行し、堤外地内の地形がより安定性を増したことが分かった。

対象地概要

水無川では平成噴火後20数年経過した現在でも時間雨量20~30mm程度の小雨量でも土石流の発生が見られる。火山災害の被害を最小限に抑えるために、水無川では島原湾に向かって導流堤を建設するなど、現在も砂防事業が継続されている。

調査手法と結果

・GISによる裸地面積率の算出

1998年を侵食基準面とした堤外地の裸地面積率は経年することに減少し、2003年の91.62[%]から2005年の50.32[%]へと急激に面積が小さくなっている。2008年には58.66[%]と増加し、以降微増・微減を繰り返している。

・GISによる流路延長比の算出

2008年以降の同一の流路について流路延長比を算出した。計算の結果、2008年が1.11、2011年及び2013年が1.10となり、流路の固定化が定量的に評価できた。

・侵食断面測量と現地観察

測量データからガリー幅は8.27[m]であり、雲仙復興事務所(2011)で報告されている上流域でのガリー侵食と幅の規模がほぼ等しい。原面からの年平均侵食速度(v)を算出すると $v=4.66[\text{cm/year}]$ となった。また、この地域での最大侵食深から最大下刻速度(Mv)を算出すると、 $Mv=20.6[\text{cm/year}]$ となった。これより下方侵食よりも側方侵食のほうが規模が大きく、下刻に転じたのは近年であることが分かる。

文献

国土交通省九州地方整備局雲仙復興事務所.2011.「雲仙2011砂防事業の概要」.

キーワード: 地形プロセス, ガリー侵食, 土石流, GIS, 雲仙普賢岳

Keywords: geomorphological process, gully erosion, debris flow, GIS, Unzen Volcano

中国山地の溶結凝灰岩地域における土砂流出イベントの発生年代—島根県津和野町
における一事例—
Timing of sediment discharge events on a welded tuff slope in Chugoku Mountains, Japan

若月 強^{1*}; 山田 隆二¹
WAKATSUKI, Tsuyoshi^{1*}; YAMADA, Ryuji¹

¹ 独立行政法人 防災科学技術研究所

¹ National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

2013年7月28日の豪雨により山口県と島根県では、数多くの斜面災害が発生した。特に、島根県津和野町とそれに隣接する山口市阿東地区では、上部白亜系阿武層の流紋岩—デイサイト溶結凝灰岩からなる山地斜面において、多数の表層崩壊と土石流が発生した。これらの土石流により河道の側壁や河床が侵食されて、2013年よりも古い土砂流出イベントによる土砂堆積物の露頭が断続的に出現した。我々は、2つの小流域の計5露頭から、土砂堆積と同時に埋没・枯死したと考えられる木片試料を11試料採取して14C年代測定を実施した。得られた14C年代(暦年較正年代)は0.6~52Kaを示した。堆積構造を考慮すると、これらの年代は過去の土石流や崩壊の発生時期を示していると考えられる。

キーワード: 14C年代測定, 土石流, 表層崩壊

Keywords: 14C dating, debris flow, slope failure, soil slip

2013 年台風 26 号により伊豆大島で崩壊が発生した斜面の樹木根系の分布状況について
The characteristic of roots distribution on the slopes in Izu-Oshima where landslides were occurred by Typhoon No.26

村上 亘^{1*}; 小川 明穂¹; 小川 泰浩¹; 大丸 裕武¹
MURAKAMI, Wataru^{1*}; OGAWA, Akiho¹; OGAWA, Yasuhiro¹; DAIMRU, Hiromu¹

¹ 森林総合研究所
¹FFPRI

2013 年 10 月 16 日の台風 26 号の通過に伴い伊豆大島では大規模な斜面崩壊が発生した。これまでに行われた緊急調査により、崩壊は表層から 1m 以浅の極浅い部分で発生したこと、すべり面には根系の侵入があまり認められていないことが報告されている。筆者らは崩壊頭部の縁辺部において倒木調査を行い、樹種、樹高、根の深さや広がり(幅)といった根系の分布状況について調査を行った。調査した倒木の樹種はヒサカキ (*Eurya japonica*) が多く、ハチジョウイヌツゲ (*Ilex crenata* Thunb. var. *hachijoensis*)、オオシマザクラ (*Prunus lannesiana* var. *speciosa*)、ヤブツバキ (*Camellia japonica*) の順であった。調査した倒木の樹高はほとんどが 5~7m 程度であり、高いものでも 10 m 以下であった。根の深さは多くは 60~80cm までであるが、根の深さには樹種によって違いがみられ、ヤブツバキとオオシマザクラが比較的深いところまで根が入っているのに対し、ヒサカキやハチジョウイヌツゲは比較的浅いところに分布する傾向があった。根系が深くまで分布していない要因として、火山特有の土質状況が指摘されているが、今回の調査では、崩壊斜面に成立していた樹木の樹種特性の違いも一因として推測された。

キーワード: 伊豆大島, 台風 26 号, 斜面崩壊, 樹木根系
Keywords: Izu-Oshima, Typhoon No.26, landslide, roots distribution

西ネパールカリガンダキ川流域の地形発達史からみた下刻速度推定方法の検証 Verification of incision rate estimation based on the geomorphological history of river terraces in Kaligandaki, Nepal

吉田 崇博^{1*}; 菅沼 悠介²; 前杵 英明³
YOSHIDA, Takahiro^{1*}; SUGANUMA, Yusuke²; MAEMOKU, Hideaki³

¹ 総合研究大学院大学, ² 国立極地研究所, ³ 法政大学

¹The Graduate University for Advanced Studies, ²National Institute of polar research, ³Housei university

長期スケールの山地・山脈の隆起過程を推定は、一般に流域の河成段丘面を同時期面として対比し、それらの高度から河川の下刻削剥速度を決定することで求められている。しかし、これらの河成段丘面の対比は、流域の堆積物供給環境が同一であるという仮定したものであり、もしこの仮定が成り立たない場合には隆起過程を求めることは出来ない。

そこで本研究では、ネパールの Kaligandaki 流域の上・中流において、河成段丘面の空中写真判読と詳細な現地調査を行った。特に、現地調査では段丘を構成する堆積物を詳細に観察・記載し、堆積過程および環境を復元した。この結果に基づくと、従来河成段丘として中流域と対比されていた Kaligandaki 上流の段丘面は、3つ以上の時代の異なる氷河性堆積物から構成されていることが分かった。つまり、これらの段丘面は局所的な環境を反映したものであり、中流域に分布する河川堆積物から成る段丘面とは対比できないこと事があった。

以上のことは、Kaligandak 上から中流域に分布する河成段丘は、それぞれ堆積環境が異なり、段丘面の対比を用いた削剥速度の推定には適さないことを示す。また、河川の下刻速度に基づき高ヒマラヤの隆起速度が大きいとされていた従来の解釈は、堆積物が供給されないため相対的に基盤が浸食されている効果を含んでいる可能性がある。

Keywords: Himaraya, Geomorphology, Kaligandaki, Fluvial terrace

裾礁型サンゴ礁の波高減衰に関する野外観測：沖縄島新原海岸の事例 Field measurements on the reduction of wave height on a fringing reef: A study from the Miibaru coast, Okinawa Island

武石 裕^{1*}; 青木 久²; 前門 晃³; 廣瀬 孝³

TAKEISHI, Yu^{1*}; AOKI, Hisashi²; MAEKADO, Akira³; HIROSE, Takashi³

¹ 琉球大学・院, ² 大東文化大学, ³ 琉球大学

¹Graduate School of Humanities and Social Sciences, University of the Ryukyus, ²Faculty of Business Administration, Daito Bunka University, ³Faculty of Law and Letters, University of the Ryukyus

沖縄島の海岸には裾礁型のサンゴ礁が発達し、従来からサンゴ礁は波高を減衰させる効果をもつことが指摘されている。サンゴ礁上の波の特性に関する研究はリーフ内外の波の変形や波高減衰現象に主眼をおいたものがほとんどであり、サンゴ礁上に入射した波がどのくらい減衰し、汀線に到達するのかについて明らかにした定量的研究はほとんどない。サンゴ礁上の波の減衰の程度は、サンゴ礁の幅や潮汐に伴う水深などの影響によって異なることが予想される。そこで、本研究では、まずサンゴ礁上の波高減衰に与える水深の影響を明らかにするために、調査地域として沖縄島南部の新原海岸を選定し、潮位、すなわち水深の異なる条件でサンゴ礁外縁部の砕波波高 (H') と汀線砕波波高 (H_b) を計測し考察を行うという野外観測を実施した。

調査地域におけるサンゴ礁の縦断形を把握するため、ポータブル測深機と GPS を利用して地形測量を行った。測定時の水深データは国土地理院沖縄験潮場（南城市知念安座真）の潮位表を用いて、平均海面からの水深に補正をして縦断形を作成した。縦断形からサンゴ礁の幅は約 1150m で、サンゴ礁上の平均的な水深は 1~2m であり、とくにサンゴ礁外縁部の礁嶺頂部はサンゴ礁上の最浅部となり、その水深は 90cm であることがわかった。

波高減衰を示す H_b / H' と観測時の礁嶺頂部の水深との関係を見ると、水深が小さくなるほど H_b / H' が小さくなる傾向をもつことがわかった。このことはサンゴ礁の水深の違いによって、波高減衰に違いが生じていることを示しており、サンゴ礁の水深が小さくなるほど、サンゴ礁が外洋からの波に対して潜堤としての波高減衰効果を発揮していることを示唆している。

キーワード: 波高減衰, サンゴ礁, 裾礁, 水深, 沖縄島

Keywords: Reduction of wave height, Coral reef, Fringing reef, Water depth, Okinawa Island

寒冷環境における塩類風化実験 —凍結破碎作用におよぼす溶解塩の影響— Experiments on Salt Weathering in Cold Environments : Effects of Dissolved Salts on Frost Shattering

佐藤 昌人^{1*}; 八反地 剛²
SATO, Masato^{1*}; HATTANJI, Tsuyoshi²

¹ 筑波大学大学院生命環境科学研究科, ² 筑波大学生命環境系

¹Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, ²Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

寒冷気候下において, "granular disintegration" と呼ばれる岩盤表面の剥離やタフォニなど塩類風化に特徴的な地形の存在, 岩盤表面や土層への塩類析出が指摘されている. しかし, 寒冷条件での塩類風化に関する観測や実験はほとんど行われておらず, 寒冷気候下において実際に塩類風化が作用しているかどうかの検討は充分に行われていない. 本研究では, 溶解塩が凍結破碎作用に与える影響について, 歪み変化や破壊が起こる際の温度条件を検討するため, 4 種類の岩石と 3 種類の塩溶液を用いて凍結破碎実験を行った.

実験には, 各辺 5 cm の立方体に整形した岩石試料 (大谷凝灰岩, 白河溶結凝灰岩, 青島砂岩, 安山岩) を用いた. 3 種類の塩 (塩化ナトリウム, 硫酸ナトリウム, 硫酸マグネシウム) の飽和水溶液 (10 °C) もしくは蒸留水に試料を 72 時間浸して飽和させたのち, 試料をアルミホイルで覆って含水率を 100% に保ったまま凍結融解環境に設置し, 80 サイクルの凍結融解実験を行った. 凍結融解サイクル中の試料表層および中心部の温度, 試料表面の破壊, 変形状態を把握するため, 試料表面から 1.0 cm, 2.5 cm の深さにそれぞれ熱電対を埋設し, さらに試料表面に歪みゲージを貼り付けて, 5 分おきに連続測定を行った. 凍結融解サイクルは温度範囲を -30 °C から 10 °C, 冷却速度を 4 °C/h, 24 時間で一周期とした. また, 試料の重量, 弾性波伝搬速度, エコーチップ反発値を 10 サイクルごとに測定した.

塩化ナトリウム溶液に飽和させた試料では, -25 °C 前後まで凍結が起こらなかった. 一方で硫酸ナトリウムと硫酸マグネシウムの飽和溶液では凝固点の降下は少なく, -3 °C から -7 °C 程度で凍結が発生し, 試料表面に膨張歪みが発生した. 試料の引張強度が小さい岩石ほど凍結時の歪みは大きく, 塩溶液で飽和させた試料の凍結歪みは蒸留水に飽和させた試料に比べて大きかった. とくに硫酸マグネシウムで飽和させた試料で凍結歪みは最も大きな値を示した. 凍結時の歪みの大きさは塩類風化に対する風化指標 WSI と良く対応していた. 引張強度が小さい大谷凝灰岩もしくは青島砂岩を用いた実験では, 弾性波伝搬速度, エコーチップ反発値の低下がみられた. 弾性波速度およびエコーチップ反発値の低下率は, 凍結歪みと同様に塩類風化に対する風化指標 WSI とよく対応した.

キーワード: 塩類風化, 凍結破碎, 寒冷環境, 凍結歪み, 室内実験

Keywords: salt weathering, frost shattering, cold environments, freezing strain, laboratory experiment

ハロイサイトの結晶成長による火山砕屑岩の体積膨張—東通原子力発電所の例— The volume expansion of pyroclastic rocks by the crystal growth of Halloysite at the Higashidoori

中田 英二^{1*}; 大山 隆弘¹; 鳥越 祐司²; 三和 公²; 千木良 雅弘³
NAKATA, Eiji^{1*}; OOHAMA, Takahiro¹; TORIGOE, Yuji²; MIWA, Tadashi²; CHIGIRA, Masahiro³

¹ 電力中央研究所, ² 東北電力, ³ 京都大学防災研究所

¹Central Research Institute of Electric Power Industry, ²Tohoku Electric Power Co., Inc., ³Disaster Prevention Research Institute Kyoto University

火山砕屑岩が風化作用により体積膨張おこしていることを確認した。調査地点は、東通原子力発電所敷地内トレンチで実施した。トレンチでは浅所に褐色強風化した中新統の泊層、蒲野沢層が認められる。泊層は主に凝灰角礫岩からなり、一部に安山岩溶岩等が認められる。蒲野沢層は主に砂岩、泥岩からなり、礫岩や凝灰岩層が認められる。これらの地層を中位段丘が覆い、白色の洞爺（約11万年）、十和田レッド（約8万年）などの示標テフラが認められる。十和田レッドの下位までの段丘堆積物には凸状の地形の変状が認められ、活断層の有無について議論が行われている。

凸状の変状は断層破砕帯では上載層へのモンモリロナイトの吸水膨張にともなう押し出しにより形成されている。他にも、褐色化を帯び、強く風化作用を受けた泊層、蒲野沢層では断層部周辺でも認められる。断層と関係無い箇所でも段丘堆積物に変状が認められる箇所もある。

凝灰角礫岩からなる泊層の湿潤試料をもちいたXRD分析結果からは、弱く風化を受けた深部の岩石中にモンモリロナイトが認められ、表層の強風化部に向かってハロイサイトが増加する傾向がある。同様に深部では斜長石が認められるものの表層に向かって斜長石は認められなくなっている。SEM観察では、モンモリロナイトから柱状のチューブ状 [柱状のチューブ状は変。単にチューブ状?] のハロイサイトが生成しており、浅所ほどチューブ状のハロイサイトが成長するとともに、割れ目全面がハロイサイトで覆われ、柱状結晶が扇状に広がる様子が認められる。薄片観察では斜長石内にハロイサイトが生成するとともに、砕屑粒子間の距離が広がり、浅所ほど岩石が膨張していることがわかる。

岩石要素内のTiO₂が風化時に不動と仮定すると、風化した凝灰角礫岩（泊層）の体積は、新鮮な凝灰角礫岩と比べ約1.3倍~1.5倍膨張している結果が得られた。

泊層では最初に粒子表面にモンモリロナイトが生成し、表層の劣化部では斜長石が溶解し、Si,Alに富む溶液が形成され、粒子表面のモンモリロナイトからハロイサイトが生成したと考えられる。砕屑粒子間の空隙にハロイサイトが結晶成長することで膨張が進み、断層や節理をすべり面として逆断層センスの変位が生じて上載層が凸状に変形したと考えられる。

キーワード: ハロイサイト, 体積膨張, 東通

Keywords: Halloysite, Volume expansion, Higashidoori

八幡平火山群の大規模地すべり地における湿地の特徴と発達過程 Characteristics and Development Processes of Wetlands on Landslide Masses in Hachimantai Volcanic Group, NE Japan

佐々木 夏来^{1*}; 須貝 俊彦¹
SASAKI, Natsuki^{1*}; SUGAI, Toshihiko¹

¹ 東京大学
¹ the University of Tokyo

日本の山岳地域には、広く湿地が分布しており、景観の美しさや生物相の特異性から保護・保全の対象となることが多い。湿地の環境応答性や発達過程などを知るには、周囲の気候・水文環境だけでなく地形を含んだ総合的な理解が必要であり、環境保全の立場からも湿地の地形学的な理解が求められている。日本のような湿潤変動帯では地すべりが山地解体の主要な要素となっており、近年では、地すべり地が創り出す景観および生物の多様性にも注目が集まっている (Geertsema *et al.*, 2007)。地すべり地の景観を特徴づける代表的な要素の一つとして湿地が挙げられる。そこで、本研究では、様々な成因の湿地が混在し、多様な規模の地すべりによって山地が解体されつつある八幡平火山群を研究対象地として、地すべり地内の湿地の特徴と発達過程を明らかにすることを目的とする。「湿地」は水分が豊富な様々な地表状態を指す言葉である。本研究では、湿地として湿原 (湿性草原) と池沼を対象とする。

調査対象地域に選定した八幡平火山群は、主に 100 万～20 万年前に形成された玄武岩から安山岩質の複数の成層火山で構成され、気候は多雪な日本海側気候に分類される。地すべり地形は大規模で土塊の分化が進んだ複雑なものから比較的規模の小さなものまで多様ある。大規模な土塊内には湿地が見られることが多い。

本研究では、リモートセンシング画像および数値標高モデル (DEM) を用いて、八幡平火山群内の湿地すべてを対象に分布および湿地の特徴を調査し、地形との関係を明らかにした。さらに、代表的な地すべり地内外の湿地を掘削し、¹⁴C年代測定、テフラ同定、炭素含有量測定、粒度分析を実施して、湿地の発達過程を明らかにした。

八幡平火山群内の 599 の湿地のうち、地すべり地に存在するものは 185 (個数割合 33.2%) で、全湿地面積に対する割合は 63.7 % であった。地すべり地外の湿地は、主に、奥羽山脈の主稜線沿いの火山原面に立地しており、八幡平火山の噴火口にも見られた。主稜線沿いの小規模な湿地の多くは、最も遅くまで積雪の残る浅い凹地形中心部に形成された天水涵養性の湿原 (雪田) であった。一方で、地すべり地内の湿地は地すべり地内全体に分布し、地すべり地の上部では滑落崖の下方に滑落崖と平行で大規模な凹地が、下部の堆積域では小規模な凹地が形成されて水域のある湿地が形成される傾向にあった。これは、斜面変動によって生じた深い凹地が豊富な湧水で涵養されているために水域が維持されやすいと考えられる。

地すべり地内に立地する大谷地の堆積物 (堆積環境) 層序は下位から順に、黒泥層・有機質土層、砂礫層、粘土・シルト層、泥炭層であった。一般的に、安定した環境下での陸化型の湿地は、埋積と乾燥化によって池から湿原を経て森林へ遷移すると考えられる。しかし、大谷地の場合、湿原から森林へ遷移する途上の BC4000～3500 年頃に、地すべり活動に伴い閉塞凹地が生じて、遷移の前段階となる池に戻った。その後、周囲斜面は安定し、埋積と土塊の侵食に伴う排水により BC1400 年頃に湿原化したと考えられる。地すべり地外に立地する奥の牧湿原では、地表面への雪食作用が中世温暖期に向けて弱まり、雪食凹地内の消雪時期が早期化することで、植物の生育条件が改善されて湿原が形成されたと推測できる。地すべり変動を受けない場においては、湿地の消長は広域的な気候変動の影響を第一義的に受けると考えられることから、湿地の発達段階に同時性が認められる可能性がある。他方、地すべり地内では、地すべり活動による地形改変、その後の土塊の侵食が湿地の発達段階をコントロールしていることが推定できた。

引用文献

Geertsema *et al.* (2007): Influence of landslides on biophysical diversity -A perspective from British Columbia. *Geomorphology* 89, 55-69.

キーワード: 湿地, 地すべり, 発達過程, 八幡平
Keywords: wetland, landslide, development process, Hachimantai

木曾山脈の周氷河地形に適用した2つの年代測定法（宇宙線照射年代法、風化皮膜法）の比較

Comparison between two chronological methods - in situ TCN and WRT applied to periglacial landforms in Kiso Mountains

遠藤 涼^{1*}; 須貝 俊彦¹; 江連 靖英¹; 松崎 浩之¹; 松四 雄騎²

ENDO, Ryo^{1*}; SUGAI, Toshihiko¹; EZURE, Yasuhide¹; MATSUZAKI, Hiroyuki¹; MATSUSHI, Yuki²

¹ 東京大学, ² 京都大学

¹The University of Tokyo, ²Kyoto University

A lot of types of chronological methods have been suggested in the field of earth science. Chronological methods are classified into absolute dating methods and relative dating methods. Absolute dating methods contain isotopic age or tree-ring chronology for example, and they provide the age as numerical values. Otherwise, relative dating methods are the methods which detect the time series of the formation of geomorphology or deposition. However, they cannot fix the age without the absolute age data (Watanabe, 1990).

Two chronological methods - in situ Terrestrial Cosmogenic Nuclides (TCN) and weathering-rind thickness (WRT) - are subjected. These two methods are especially effective in high mountain areas as it is difficult to find radiocarbon samples or key tephra layers (Aoki, 1994). These two methods were compared using terminal moraines in the cirques (Aoki, 2000). However, this comparison is not made in other mountainous terrains, and it is made in Kiso Mountain Range in this study.

In order to compare these two methods, samples were taken from multiple ridges in the eastern part of Mt Kisokomagatake, and Shirabidaira. Six samples were taken from 3 ridges and 2 depressions of triple ridges, and one sample from Shirabidaira. In order to obtain the exact formation age, we selected the bedrock or the oldest boulder filling the depression and collected their surface layer of 4 cm or less in thickness

Each sample is divided in two, one for TCN and the other for WRT.

¹⁰Be exposure dating method is subjected as TCN. The samples are chemically preprocessed and at MALT (Micro Analysis Laboratory, Tandem Accelerator), University of Tokyo. The exposure age is calculated by means of the formula as follows(*)

$$T = -1/\lambda \ln\{(1 - \lambda N/P)\} \quad (*)$$

T: Exposure Age [yr] λ : Decay constant [1/yr] N: Number of isotopes [atoms/g] P: Production rate of isotopes [atoms/(g • yr)]

Weathering-rind is a discolored part of rocks. It is formed due to oxidation or hydration. Though the age is nearly in portion to WRT, its correlation depends on the rock type, sampling point and so on. In this study, samples were cut so that the weathering-rind can be observed as clearly as possible.

In 7 samples, radioactive ages are in either late Pleistocene or Holocene. Weathering-rind was observed and detected for 5 samples. There is a positive correlation between WRT and the exposure age. The primary regression equation is as follows: $WRT [mm] = 0.367 \times (\text{Exposure age [kyr]}) + 1.16$. The correlation coefficient is about 0.85. This suggests that in order to get the exposure age of multiple ridges, WRT is also an effective method to a certain extent. Therefore, mean weathering rate (= 0.367 mm/kyr) can be gained by calculating a primary regression line that shows the relationship of the WRT and the exposure age. This weathering rate is the same in the order of magnitude as that (= 0.283 mm/kyr) estimated from Seki and Koizumi (1992).

Keywords: In-situ Terrestrial Cosmic Nuclides, Weathering-rind Thickness, Periglacial landforms, Kiso Mountain Range

長野県広原湿原の花粉組成からみた最終氷期以降の森林限界の変遷 Tree-line change since the Last Glacial from the pollen profile at the Hiroppara peat bog, central Japan

吉田 明弘^{1*}
YOSHIDA, Akihiro^{1*}

¹ 明治大学黒曜石研究センター

¹ Center for Obsidian and Lithic Studies, Meiji University

本研究では、過去の人類活動を取り巻いた植生・気候環境を復元するため、長野県広原湿原で採取された長さ約3.8mのHB-1A コアを用いて花粉分析と微粒炭分析を行った。この結果から、高木花粉の組成および流入量に基づき広原湿原周辺における最終氷期極相期以降の森林植生および気候変動について考察した。約30,000~19,000年前までは、湿原周辺では気候の寒冷化に伴う森林限界の低下によって非森林域となり、草本植生や荒地の植生景観が広がっていた。約19,000年前になると、気候の温暖化により森林限界が上昇し、標高1,400m付近を通過する。この時期に湿原周辺は森林域となり、トウヒ属やマツ属、ツガ属などの亜寒帯性針葉樹とカバノキ属の混交林に覆われた。約16,000年前にはカバノキ属の優占する森林になった。約12,000年前には、ほぼ現在と同様の温暖な気候になり、コナラ亜属やクマシデ属、ブナ属などの冷温帯性落葉広葉樹林が広がった。その後、大きな変化は見られないものの、4000年前以降にはイチイ科ーヒノキ科やツガ属、モミ属などの温帯性針葉樹が増加した。また、約500年前からは森林伐採などによる大規模な人為攪乱に伴ってアカマツが急増すると共に、約100年前にはカラマツの一斉植林が行われた。このように本研究から得られた広原湿原周辺における最終氷期極相期以降の森林限界の変化は、旧石器時代以降の人類活動にも大きな影響を与えたものと考えられる。

キーワード: 花粉分析, 植生変遷, 森林限界, 黒曜石, 先史時代, 中部日本

Keywords: pollen analysis, vegetation history, tree-line, obsidian, prehistoric age, central Japan

第四紀および最近の海水準変動より推定される日本列島沿岸域の鉛直地殻変動 Vertical crustal movements along the Japanese coastlines inferred from the Quaternary and recent sea-level changes

奥野 淳一^{1*}; 中田 正夫²; 石井 正好³; 三浦 英樹¹
OKUNO, Jun'ichi^{1*}; NAKADA, Masao²; ISHII, Masayoshi³; MIURA, Hideki¹

¹ 国立極地研究所, ² 九州大学大学院理学研究院, ³ 気象研究所
¹NIPR, ²Faculty of Sciences, Kyushu University, ³MRI

Observed relative sea-level (RSL) changes during the past 130 kyr are mainly caused by change of ocean volume, tectonic crustal movement and glacio-hydro isostatic adjustment (GIA) of the Earth in response to the redistribution of ice and water loads. Here we examine the tectonic crustal movements along the Japanese coastlines on three typical timescales (50 yr, 6 kyr and 125 kyr) based on several sea-level observations and their predictions due to GIA process and recent melting of mountain glaciers and both polar ice sheets. We use the observations of RSL based on tide gauge and Holocene RSL observations and the altitudes of marine terraces formed at the last interglacial (LIG) phase at about 125 kyr. The rates on a timescale of 50 yr are derived from tide gauge data, thermometric sea-level changes due to thermal expansion of the oceans and predictions due to the GIA for the last deglaciation and also recent melting of the mountain glaciers and both polar ice sheets. Those for 6 kyr and 125 kyr are based on the RSL observations and the predictions by GIA modeling, considering uncertainties for temporal changes in eustatic sea-level for the mid- to late-Holocene and LIG phase. The inferred rates for 50 yr are significantly different from those for 125 kyr in most sites, particularly for sites along the coastline from eastern Hokkaido to northeastern Japan, Shikoku and south Kyushu facing the Pacific Ocean. In these regions, the rates for 125 kyr and 50 yr are positive (uplift) and negative (subsidence), respectively. Also, the observed RSL changes at 6 kyr BP are consistent with the inferred RSL changes using the rates for 125 kyr and GIA-predictions in many sites, but inconsistent with those for 50 yr in most sites except for a few sites. These results suggest that the rates on a timescale of 50 yr are not representative of the tectonic crustal movements for timescales longer than 6 kyr in most sites along the Japanese coastlines. The inferred rates on these timescales may be useful in discussing the recurrence of megathrust earthquake with its interval of about 1 kyr like the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake.

キーワード: 地殻変動, 海水準変動, 第四紀, 検潮儀, 海水膨張

Keywords: crustal deformation, sea-level change, Quaternary, tide gauge, thermometric sea-level

中部高地黒曜石原産地近傍に位置する長野県広原湿原周辺における先史人類の活動 Prehistoric human activity around the Hiroppara wetland, central Japan: a case study in and around the obsidian sources

橋詰 潤^{1*}; 島田 和²; 隅田 祥光¹; 小野 昭¹
HASHIZUME, Jun^{1*}; SHIMADA, Kazutaka²; SUDA, Yoshimitsu¹; ONO, Akira¹

¹ 明治大学黒曜石研究センター, ² 明治大学博物館
¹Center for Obsidian and Lithic Studies, Meiji University, ²Meiji University Museum

長野県小県郡長和町に所在する広原(ひろっぱら)湿原は、多数の黒曜石原産地が分布する霧ヶ峰地域の、和田峠原産地に近い標高1,400m付近に位置する。広原湿原とその周辺では1989~1991年にかけて、黒曜石原産地と遺跡分布に関する詳細な分布調査が行われている。広原湿原では、採取された湿原堆積物から古環境復元が行われ、加えて周辺の陸域での試掘調査によって、旧石器時代?縄文時代の遺物包含地点が多数確認されている。こうした先行研究の成果を受け、明治大学黒曜石研究センターでは人類による黒曜石を中心とした資源利用と古環境変動との相関関係を考察可能なフィールドとして、2011年から新たな調査を開始した。当地では、湿原周辺における人類活動の復元を目指す考古学的な発掘調査と、湿原堆積物および周辺陸域でのサンプリングによる古環境復元を両輪として調査を進めているが、ここでは考古調査の成果を中心に概要を述べる。

広原遺跡群

広原湿原周辺の遺跡群は、1991年までに行われた試掘調査の成果と微地形の検討によって、第I~VIIの7遺跡に区分され、それらを合わせて広原遺跡群と呼称している。このうち、第I、第II遺跡については2011年の試掘調査によって、後期旧石器時代~縄文時代の複数の時期にまたがる遺物包含層が確認されている。2012年と2013年の調査では、第I遺跡に第1調査区(EA-1)を、第II遺跡に第2調査区(EA-2)を設定し、発掘調査を行なっている。以下では、EA-1とEA-2それぞれの調査成果の概要について述べる。

広原遺跡群広原第I遺跡調査区1(EA-1)

EA-1では、地表下約2.6mまで調査を進め、7層までの堆積を確認している。1) 無遺物層である5層は、ATに同定される径5~10cmの塊状のテフラを包含する。2) 6層出土遺物はAT下位の後期旧石器時代前半(MIS3)に位置づけられる。3) MIS2に位置づけられる可能性のある4層は遺物の出土が希薄である。4) 3層からはMIS2後半に位置づけ可能な石器形態である、尖頭器が出土している。3層以下はローム質土である。5) 2層は一部旧石器時代の遺物を含むが、完新世初頭に位置づけ可能な縄文土器を有しており、黒色土となる。

広原遺跡群広原第II遺跡調査区2(EA-2)

EA-2では、地表下約3mまで調査を進め、10層までの堆積を確認している。1) 5層以下は無遺物層である。2) 4a層、4b層を中心にAT起源の火山ガラスが検出されている。3) 4b層から、後期旧石器時代前半(MIS3)の指標的な石器器種である局部磨製石斧が出土しており、本遺跡での人類活動はこの時期にまでさかのぼる。4) 4a層から4b層にかけて、「黒曜石集石」と名付けた大形の石器の集中出土地点が検出されており、ATとの関係や同層から局部磨製石斧が出土していることなどから、MIS3~ATの降灰期にかけての時期に、非常に集中的な活動が行われたと推定される。5) MIS2に位置づけ可能な3層は遺物が上下の層に比して少ない。3層までがローム質土である。6) 2層は一部旧石器時代の遺物を含むが、完新世初頭に位置づけ可能な縄文土器を有し、黒色土となる。石器の出土量も多く、焼けた礫や土坑なども伴っており、ここでも濃密な人類活動の痕跡を確認することができる。

成果と課題

2011年度からの3次にわたる調査によって、広原湿原周辺での重層的な文化史編年の解明につながる遺物・遺構を検出することが出来た。その結果、広原湿原周辺では当初の予想を上回り、MIS3の後半の後期旧石器時代初頭から、完新世前半の縄文前期までの長期間にまたがり、かつ多様な活動の結果遺跡群が形成されたことが明らかとなった。また、その中には多数の原産地から持ち込まれたと想定される黒曜石や、石器製作やその他の多くの行動の結果残されたと想定される資料が含まれている。これらは、黒曜石原産地周辺における人類の行動の復元に資するものである。

さらに、こうした重層的な活動痕跡の間には、当地における人類の活動がやや希薄であったと想定される時期も存在する。こうした先史人類の活動を、現在分析が進行中である古環境復元データと比較・統合することによって、黒曜石原産地周辺における人類行動の変遷と古環境との相関関係をより詳細に読み解いていくことが可能になると期待される。

キーワード: 黒曜石原産地, 中部高地, 広原湿原, 広原遺跡群, 縄文時代, 後期旧石器時代

Keywords: Obsidian sources, Central Japan, Hiroppara wetland, Hiroppara site group, Jomon period, Upper Palaeolithic

長野県中部高地における先史時代黒曜石資源の利用と広原遺跡群の調査 Prehistoric obsidian exploitation in the Central Highlands obsidian sources and excavations of the Hiroppara site group

島田 和高^{1*}
SHIMADA, Kazutaka^{1*}

¹ 明治大学博物館
¹ Meiji University Museum

明治大学黒曜石研究センター (COLS) が実施している文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業「ヒト—資源環境系の歴史の変遷に基づく先史時代人類誌の構築」では、長野県小県郡長和町の標高 1,400m に所在する広原 (ひろっぱら) 湿原と広原遺跡群 (第 I 遺跡及び第 II 遺跡) において考古・古環境調査を実施した。本発表では、広原遺跡群が立地する中部高地黒曜石原産地と周辺の歴史的環境について概観し、考古・古環境調査の目的と概要を述べる。中部高地黒曜石原産地の開発は、較正年代で約 38,000 年前の後期旧石器時代前半期前葉 (eEUP) に遡る。中部高地のみならず、高原山 (栃木県)、箱根・伊豆 (神奈川県・静岡県)、神津恩馳島 (東京都) に分布する全ての黒曜石原産地が eEUP に発見されている。中部・関東平野に分布する eEUP 石器群で利用された黒曜石は、全ての原産地に由来するが、そのうち中部高地産黒曜石が主要な消費黒曜石となっている。中部高地黒曜石原産地は、中部・関東平野の eEUP 狩猟採集民に石器原料を供給すると同時に遊動ルートが交差するハブとして機能し、広域にわたる土地利用と地域間交流を推進する重要な役割を果たした。先史時代狩猟採集民による中部高地の利用はその後も続き、後期旧石器時代から縄文時代全般に位置づけられる遺跡が同原産地とその周辺に多数発見されている。両者の分布パターンは対照的である。旧石器時代遺跡が原産地の周囲に密集し、比較的標高の高い場所に位置している (>1000m) のに対して、縄文時代遺跡は標高の低い丘陵地を中心に分布している。この事実は、両時代における黒曜石獲得の技術、原産地の景観利用、集団編成、流通システムの歴史的变化を反映している。最も大きな変化は、縄文時代初頭における黒曜石の地下採掘遺跡の出現である。しかしながら、これまでに中部高地原産地における考古編年および古環境変動についての情報は少なく、原産地における人類活動の実態とその変化をうまく説明できなかった。広原湿原と遺跡群は、中部高地原産地における考古情報と古環境情報の両者を限定的な地点で包括的に得ることができる貴重なフィールドである。考古・古環境調査は、2011 年～2013 年に 3 回実施した。考古調査では、後期旧石器時代前半期と後半期および縄文時代早期から前期の文化層を複数検出した。広原湿原の泥炭ボーリング調査と微化石分析では、MIS3 後半から完新世にかけての古環境情報を得ることができた。今後の考古情報と古環境情報の統合と解析が必要ではあるが、広原湿原と遺跡群は、中部高地黒曜石原産地における人類活動の変化を古環境変動の観点から説明するモデルを提供するだろう。

キーワード: 旧石器時代, 縄文時代, 中部高地, 黒曜石原産地, 広原湿原, 微化石分析

Keywords: the Upper Palaeolithic, the Jomon, the Central Highlands, obsidian sources, the Hiroppara wetland, microfossil analysis

HQR23-07

会場:414

時間:5月1日 10:30-10:45

南イラン、アルサンジャン地域の円錐形孔遺構中の風成層堆積物から淡水生珪藻の
発見；世界最古の水場か？
Discovery of fresh water diatom from aeolian sediments in the conical pit structure in the
Arsanjan area, south Iran

久田 健一郎^{1*}；常木 晃²；千葉 崇¹
HISADA, Ken-ichiro^{1*}；TSUNEKI, Akira²；CHIBA, Takashi¹

¹ 筑波大学生命環境系, ² 筑波大学人文社会系

¹Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, ²Graduate School of Humanities and Social Sciences, University of Tsukuba

今回、南イラン、アルサンジャン地方の石灰岩洞窟中の遺構堆積物（風成層）から淡水生の珪藻化石を発見した。この発見はこの遺構が真水を貯める働きをしていたことが推定され、この洞窟を使用していた古代人が水場として使用していたのであろう。

キーワード: 西アジア, 旧石器時代, イラン, 水場
Keywords: West Asia, Paleolithic ages, Iran, water-reserved place

別府湾におけるイベント堆積物の定量検出 Quantitative detection of event deposits in the piston core of Beppu Bay, central Kyushu, Japan

山田 圭太郎^{1*}; 竹村 恵二²; 加 三千宣³; 池原 研⁴; 山本 正伸⁵

YAMADA, Keitaro^{1*}; TAKEMURA, Keiji²; KUWAE, Michinobu³; IKEHARA, Ken⁴; YAMAMOTO, Masanobu⁵

¹ 京都大学大学院地球惑星科学専攻, ² 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設, ³ 愛媛大学沿岸環境科学研究センター, ⁴ 産業技術総合研究所地質情報研究部門, ⁵ 北海道大学大学院地球環境科学研究院

¹Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, ²Beppu Geothermal Research laboratory Institute for Geothermal Science, Kyoto University, ³Center for Marine Environmental Studies, Ehime University, ⁴Institute of Geology and Geoinformation, AIST, ⁵Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University

地球表層では恒常的な水・大気循環(非イベント)や突発的な地震, 火山噴火, 洪水など(イベント)に起因する様々な現象によって粒子の運搬・堆積を絶えず繰り返されており, 地層が形成されている。そのため形成された地層からは過去の災害や気候変動などを知ることができる。また一般的にイベントによって供給される堆積物(イベント堆積物; 志岐, 1998 など)は一度に供給される量が多いために地層形成への寄与率が大きく, 地層の形成過程を読み解く上でも非常に重要といえる。近年, 分析技術発達に伴い, 堆積物研究の高解像度・高精度化が著しく, より小規模なイベント堆積物も検出されるようになってきた(Katsuta *et al.*, 2007)。分析技術の高度化により詳細な堆積機構や環境変動などが明らかになりつつある一方で, 小規模イベントが年代モデルや各種分析値に与える影響が顕在化しつつある。そのためイベント堆積物とそれ以外の堆積物との明確な識別は重要な課題の一つである。

本研究地域である別府湾では Kuwae *et al.*(2012) によってイベント堆積物を識別・除外することで詳細な年代モデルの構築が行われた。イベント堆積物の認定は層相, CT 画像, 帯磁率, 湿潤密度に基づき目視によって行われた。この方法はシームレスにイベント堆積物を認定できる一方で, 経験や個人に依存すること, 定量的な検出が難しいことが課題として挙げられる。そこで本研究では別府湾の堆積物を例として, 統計学的手法を用いてイベント堆積物の定量検出を試み, 検出結果を Kuwae *et al.*(2012) の認定結果と比較検討した。分析には Kuwae *et al.*(2012) でも使用された BP09-3 コア(約 9.3 m)を使用した。

一般にイベント堆積物とは瞬間的あるいは地質学的に非常に短時間に起こるイベントによって形成される堆積物のこと(志岐, 1998)で, それ以外の堆積物と比べて給源, 堆積過程, エネルギーなどが大きく異なる。そのためイベント堆積物の化学組成, 粒子組成, 物性などは非イベント堆積物のそれとは大きく異なる。そこで本研究ではイベント堆積物を「組成や物性が有意に異なる堆積物」と定義し, 外れ値検定を用いてイベント堆積物の検出を試みた。分析データには 2 cm 間隔で取得した極細砂サイズの粒子組成を使用し, 外れ値検定には多変量でロバストな手法である MSD 法(和田, 2010 など)を用いた。その結果, 47 イベントが検出された。本手法で検出されたイベント堆積物は Kuwae *et al.*(2012) で認定されたイベント堆積物と比較的調和的で, 外れ値検定を用いた検出手法はイベント堆積物の定量検出に有用であると考えられる。しかしながら, 1) 微細なイベント堆積物を十分に検出できていないこと, 2) イベント堆積物と非イベント堆積物の境界を認定することが難しいことが課題として挙げられる。検出できなかったイベント堆積物の多くは 1-2 mm であり, 分析間隔(2 cm)に対して相対的に薄いために, イベント堆積物が希釈されたことが原因と考えられる。またイベント境界の定量検出が困難な理由としては境界付近の組成に有意な違いが見られないためと考えられる。これらの問題を解決するためにはイベントの減衰(鉛直変化)や保存能を評価・反映する必要がある。

キーワード: 別府湾, イベント堆積物, 定量検出, 粒子組成

Keywords: Beppu Bay, Event deposits, Quantitative detection, Particle composition

カワニナ遺物の酸素同位体比曲線に記録された沖縄県サキタリ洞遺跡での旧石器人の活動と夏期の温度条件 Paleolithic human activity and summer temperature recorded in oxygen isotope of *Semisulcospira* from Sakitari-do archeolo

藤田 ひかる¹; 曾根 知実¹; 狩野 彰宏^{1*}; 奥村 知世²; 藤田 祐樹³; 山崎 真治³; 片桐 千亜紀³
FUJITA, Hikaru¹; SONE, Tomomi¹; KANO, Akihiro^{1*}; OKUMURA, Tomoyo²; FUJITA, Masaki³; YAMASAKI, Shinji³; KATAGIRI, Chiaki³

¹九州大学比文, ²海洋研究開発機構, ³沖縄県立博物館・美術館
¹SCS Kyushu University, ²JAMSTEC, ³Okinawa Pref. Mus. & Art Mus.

沖縄県南城市の玉泉洞ケイブシステム内に位置するサキタリ洞遺跡では、2009年の調査開始以来、脊椎動物を含む多くの動物遺物とともに、1万2千年前（琉球における旧石器時代）のヒト乳歯を含む貴重な遺物が発見されている（山崎ほか、2012）。サキタリ洞の動物遺物の中で最も顕著なのは淡水域に生息するモクズガニであり、そのハサミのサイズがそろって大きいことから、モクズガニが最も大きくなる秋季の個体ではないかと考えられている。カニは食用にされていた可能性が高く、旧石器人は秋にこの洞窟を利用していたのかもしれない。

本研究では、この仮説を検証するために、モクズガニとともに出土するカワニナに着目した。カワニナは淡水域に生息する巻貝であり、炭酸カルシウム（アラレ石）で構成される殻は螺旋状に外側へと成長する。カワニナ殻の酸素同位体比を、螺旋状の成長軸に沿って計測すると、その成長期間中の河川水温の季節変化を記録される（狩野ほか、2008）。カワニナが旧石器人の食料となっていれば、最も外側の酸素同位体比からその採取時期が特定できる。本研究では、サキタリ洞遺跡の約19000年前と約12400年前の地層より出土したカワニナ遺物に加え、サキタリ洞の東方約5kmの垣花樋川において昨年11月に採集した現世カワニナを試料として用い、それぞれの酸素安定同位体比を測定した。

サキタリ洞カワニナ遺物の多くの個体はサインカーブ状の酸素安定同位体曲線を描く。カーブの振幅は2パーミルほどであり、河川水の酸素同位体比が安定していれば、水温の年変化幅が8度と見積もられ、それが水温の季節変化と見なしても矛盾しない。さらに重要な事は、多くの個体の最も外側の同位体比がサインカーブ上の秋季に位置することである。すなわち、カワニナは秋季に採集されていたことになり、モクズガニの遺物に基づく「秋季居住仮説」は支持された。一方、現世カワニナの同位体曲線はサインカーブを描かず、初夏に生まれた若い個体であると考えられる。現世カワニナの酸素同位体比の低い部分は夏季の記録である。そこで、これをカワニナ遺物の夏季の酸素同位体比を比較すると、現世の値の方が1?1.5パーミルほど低いことが分かった。仮に河川水の酸素同位体比が同じであった場合、旧石器時代の夏の河川水は現在より4?6度ほど冷たかったと見積もられる。

狩野彰宏・鈴木将治・堀 真子 (2008) カワニナの酸素安定同位体曲線から読み取れること. 帝釈峡遺跡発掘調査室年報, 22, 47-61.

山崎真治・藤田祐樹・片桐千亜紀・國木田大・松浦秀治・諏訪 元・大城逸朗 (2012) 沖縄県南城市サキタリ洞遺跡の発掘調査 (2009~2011年) -沖縄諸島における新たな更新世人類遺跡- *Anthropological Science (Japanese Series)*, 120, 121-134.

キーワード: 旧石器時代, 酸素同位体比, 沖縄
Keywords: Paleolithic age, oxygen isotope, Okinawa

沖縄県羽地内海から得られた堆積物を用いた琉球先史文化の環境史復元 Environmental changes of prehistoric culture of the Ryukyu, reconstructed by sedimentological studies of Haneji-naikai.

五反田 克也^{1*}; 山田 和芳²; 原口 強³; 瀬戸 浩二⁴; 林田 明⁵; 米延 仁志⁶
GOTANDA, Katsuya^{1*}; YAMADA, Kazuyoshi²; HARAGUCHI, Tsuyoshi³; SETO, Koji⁴; HAYASHIDA, Akira⁵; YONENOBU, Hitoshi⁶

¹ 千葉商科大学政策情報学部, ² 早稲田大学人間科学部, ³ 大阪市立大学大学院理学研究科, ⁴ 島根大学汽水域研究センター, ⁵ 同志社大学理工学部, ⁶ 鳴門教育大学大学院学校教育研究科

¹Faculty of Policy Informatics, Chiba University of Commerce, ²School of Human Sciences, Waseda University, ³Department of Geosciences, Graduate School of Science, Osaka City University, ⁴Research Center for Coastal Lagoon Environments, Shimanu University, ⁵Department of Environmental Systems Science, Doshisha University, ⁶Graduate School of Education, Naruto University of Education

南西諸島における稲作農耕の開始時期については、近年の考古学的な研究から、グスク時代の 10 世紀ごろとされている。この稲作技術は、南から島伝いに伝播してきたのではなく、九州に伝わったものが、北から伝播したと考えられている (高宮・伊藤 2011)。

日本列島では、稲作の開始に伴い各地で農地の開拓が行われ、森林の伐採が進んだことが花粉分析学的研究から明らかとなっている (安田・三好 1998)。南西諸島のような多雨地域では、地面を覆う森林などの植生の破壊が土壌流出を激化させる危険性が大きい。内湾のように閉鎖性の強い水域に土砂が流入することで、粒度の小さい碎屑物が長時間滞留し漁業などに影響を及ぼす (仲宗根ほか 2000 など)。

本研究では、沖縄県名護市に位置する羽地内海で得られたボーリングコアの分析から古環境変遷を明らかにし、周辺での人間活動の影響について検討した。

羽地内海は、沖縄島北部の本部半島の付け根に位置している。沖縄島と屋我地島、奥武島に囲まれた面積 10km² ほどの内海である。最大水深は 10m であるが、屋我地島や奥武島付近では浅くなる。羽地内海北側の沖縄島と屋我地島間のワルミ海峡を通じて東シナ海と通じている。主な流入河川は、水域南部からの奈佐田川であり、多くの懸濁物が運ばれてきている。

本研究にあたり、2012 年に南部で全長 24m のボーリングコアを採取した。本コアの層相は、最上部から深度 16m 付近までは粘土からシルト質であり、深度 16m 以深では礫質となる。放射性炭素同位体年代測定を 4 つの深度から得られたサンプルで行った結果、深度 2390cm で 31680±220、1484cm で 6150±40、1078cm で 4210±30、742cm で 2880±30 であった。羽地内海周辺の環境変化を堆積物から明らかにするために、CNS 分析、初磁化率測定、色分析を行った。

各分析の結果から、深度 16m を境として大きく環境が異なることが明らかとなった。深度 16m 以深では、初磁化率は高い値を示し、CNS 分析による TOC、TN、TS とともに低い値を示している。これらのことから、約 30000 年前に寒冷化による海水準の低下から羽地内海は陸化していたと考えられる。深度 16m 以浅、おおそ 7000 年前以降は、初磁化率、TOC、TN、TS、色分析の結果いずれも安定して推移している。このことから、羽地内海はおおよそ 7000 年前に内海という環境になったと考えられる。深度 4m から各分析結果が急激に変化しており、初磁化率は増大、CNS 分析の各値は減少している。この時期は約 1000 年前と考えられ、周辺での農耕の開始による森林破壊によるものと推測される。

キーワード: 羽地内海, CNS 分析, 磁化率, 人間活動, 南西諸島

Keywords: Haneji-naikai, CNS analysis, Magnetic Susceptibility, Human activity, Ryukyu Islands

猪苗代湖堆積物コアの全有機炭素・全窒素含有率変動を用いた過去 5 万年間の古気候・古環境解析
Paleoenvironments analysis for the past 50 ka based on TOC and TN of the sediment cores INW2012-1 and -2, Lake Inawashiro

渡邊 慶^{1*}; 長橋 良隆²; 廣瀬 孝太郎³; 公文 富士夫⁴
WATANABE, Kei^{1*}; NAGAHASHI, Yoshitaka²; HIROSE, Kotaro³; KUMON, Fujio⁴

¹ 信州大学大学院理工学系研究科, ² 福島大学 共生システム理工学類, ³ 福島大学大学院共生システム理工学研究科, ⁴ 信州大学理学部物質循環学科

¹Graduate School of Science, Shinshu University, ²Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University, ³Graduate School of Systems and Technology, Fukushima University, ⁴Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, Shinshu University

本研究では、福島県猪苗代湖湖心部で、掘削のセクション境界をずらして採取された INW2012-1 と INW2012-2 の 2 つのコア試料を統合した複合層序(層厚約 28 m)を対象にして、1 cm おきに約 1380 試料の全有機炭素(TOC: total organic carbon)と全窒素(TN: total nitrogen)の含有量を測定した。植物遺体 6 試料に対して測定された放射性炭素年代値をもとに年代モデルを作成したが、コア試料に確認された指標テフラの年代値とも矛盾しない。この年代モデルでは 1 試料あたり約 28~50 年の時間分解になり、約 100 年ごとの TOC, TN 含有率の経年変動を約 4.8 万年前まで遡って測定したことになる。4.2 万年前以前は、河川や三角州、湿地などが繰り返す環境であったが、4.2 万年前ごろに水位の上昇がおこり、湖心部では粘土からシルトなどの細粒碎屑物が堆積する深い水域が形成された。深い水域が安定した 4.2 万年前以降の TOC 含有率の経年変動では、MIS 3 後半のやや高い時期、MIS 2 のやや低い時期、MIS 2 末期から MIS 1 にかけての緩やかな上昇、MIS 1 の高い時期が識別され、全体として長野県北部の野尻湖湖底堆積物における TOC の経年変動とよく類似していた。また、MIS 3 では短周期での周期的増減が顕著である点も共通していた。ただ、MIS 2 の TOC 濃度があまり低くないこと、および MIS 2/1 境界付近が漸移的な増加であることは相違点であり、堆積速度の変化が影響していることが示唆された。また、猪苗代湖に近い福島県矢の原湿原の化石花粉組成の変遷と比較すると、TOC 変動と同調した植生変化が認められた。

これらの結果は、猪苗代湖における TOC 含有率の経年変動が、気候変動に強く影響された湖内の生物生産性の変動を表していることを示す。そのことから、猪苗代湖 TOC は猪苗代湖周辺域の寒暖変動を高時間分解能で表す指標とみることができ、東北地方における今後の古気候研究の資料として有意義である。

謝辞: 本研究で使用したコア試料は、福島大学磐梯朝日遷移プロジェクトで採取されたものである。

キーワード: 猪苗代湖, 全有機炭素含有率, 全窒素含有率, C/N, 古環境, 古気候
Keywords: Lake Inawashiro, TOC, TN, C/N, paleoenvironments, paleoclimate

MD179 海底コアの粒度変動からみた日本海上越沖とその周辺域における最終間氷期以降の環境変動 Environmental Changes based on the variations of the grain size distributions of MD179 cores, off Joetsu, Sea of Japan

滝澤 みちる^{1*}; 須貝 俊彦²; 松本 良³
TAKIZAWA, Michiru^{1*}; SUGAI, Toshihiko²; MATSUMOTO, Ryo³

¹ 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 (現 株式会社パスコ), ² 東京大学大学院 新領域創成科学研究科, ³ 明治大学 研究・知財戦略機構 ガスハイドレート研究所

¹Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo (current PASCO Corporation), ²Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo, ³Gas Hydrate Research Laboratory, Organization for the strategic Coordination, Meiji University

1. はじめに

海底堆積物中の河川供給物の粒度は、気候変動に伴う「河口からの距離の変化」と「供給源における降水量変動 (柏谷, 1989)」に起因した変動を示す事が期待される。本研究では、日本列島における陸域の環境変動を、長期的・連続的に復元することを目的とし、河川供給物が最終的に到達する大陸棚縁辺部で掘削された過去 13 万年相当の堆積物について、その粒度の時系列変動を明らかにした。

2. 対象地域・コアと研究手法

本研究では、2010年夏のMD179航海で掘削された3本の海底ボーリングコア(3296, 3304, 3312)を使用した。掘削地点は、日本海上越沖約35kmの海鷹海脚と、そこから北東へ16kmの無名峰尾根部である。日本海では古環境復元の研究が進み、氷期?間氷期サイクルだけでなく数千年周期のD-Oサイクルの記録も発見されている(Tada et al. 1999)。海鷹海脚周辺は堆積速度が速く(仲村ほか, 2013; Ishihama et al, in press)、陸からの供給が活発な地域である(Freire, 2009)。対象地域の堆積物の主要な供給源としては、富山湾に流入する諸河川が挙げられる。この流域の年間土砂供給量は日本の中で最も多く、本地域の堆積物に大きく寄与する事が予想される。

粒度分析には10%過酸化水素水で有機物を除去した試料を用い、レーザ回折式粒度分布測定装置(SALD3000S 島津製作所製 東京大学新領域創成科学研究科所有)にて、各コア約10~20cm間隔、全485試料を測定した。

4. 結果と考察

本地域の海底堆積物は、主に浮遊物質で構成される。また、細粒砂サイズの粒子を1~5%含む試料が間氷期に集中して存在した。3本のコアの中央粒径変動パターンには、数万年スケールの氷期?間氷期サイクルに良く似た変動パターンが共通して現れた。その結果は、主に次の2つの変動として捉える事ができる。

変動1 温暖期に粗粒化し、寒冷期に細粒化する10万年スケールの変動。

変動2 海水準の上昇後、数千年のタイムラグをもって急激に粗粒化する、MISに対応した変動。

変動1は降水量変動、変動2は海水準変動を反映すると考えられた。一般に、陸からの距離が遠くなるほど海底堆積物の粒度は小さく考えられていた。しかし、本地域は河川供給が活発なことから、大陸棚の幅が比較的狭いことが原因となり、海水準変動の影響よりも氷期?間氷期サイクルにともなう上流域の土砂供給の変動が、堆積物の粒径により強く反映されると考えた。ただし、海水準の急激な上昇時には、沿岸域において海進期堆積体が形成される形で一時的に粗粒物質が沿岸域に留まったため、堆積物の粒度変動が気候変動より数千年の遅れが生じたと考えられる。

夏季モンスーン変動に対応する降水量変動を反映していることから、更に細かい時間間隔で分析を進める事で、D-O振動と対応する変動が現れる可能性がある。

参考文献

Freire, A. F. M., et al. (2009) Journal of the Sedimentological Society of Japan, 68, 117-128.

Ishihama, et al. (in press) Journal of Asian Earth Sciences.

柏谷健二 (1989) 地学雑誌, 98:725-730

仲村祐哉ほか (2013) 石油技術協会誌, 78, 79-91.

Tada, R., et al. (1999) Paleooceanography, 14, 236-247.

本研究はMH21メタンハイドレート・プロジェクトの一部として実施されたものである。

キーワード: MD-179 航海, 海底ボーリングコア, 海鷹海脚, 粒度分析, 最終間氷期

Keywords: Seafloor cores on MD179, Umitaka Spur, grain size analysis, Last Interglacial Age

薩摩半島のシラス分布域における侵食地形の発達過程と斜面崩壊の発生機構の関係 Developing process of the erosional landform and the developmental mechanism of slope failure in Shirasu area

五十嵐 隆亮^{1*}; 須貝 俊彦¹; 井村 隆介²
IGARASHI, Ryusuke^{1*}; SUGAI, Toshihiko¹; IMURA, Ryusuke²

¹ 東京大学大学院新領域創成科学研究科, ² 鹿児島大学大学院理工学研究科

¹ Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, ² Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University

全国には、火砕流堆積物が分布する地域が点在しており、とくに鹿児島県のシラス堆積物(以下では、入戸火砕流堆積物に限定してシラスという用語を使用)が分布する崖は数十年の周期で崩壊を繰り返す、極めて周期の短い例である(塚本, 1993)。この堆積物の特徴は、火砕流堆積物の溶結部が一般に少なく、非溶結部が九州南部の広範囲に分布しており、侵食されやすい特性があるため、シラス斜面の崩壊を各地で発生させている。シラスは、約 29,000 年前(町田・新井, 2003)に、始良カルデラを給源として、鹿児島県本土のほぼ全域のみならず、約 90km 離れた地域まで広がった巨大火砕流の堆積物である(横山, 2000)。

これまでの既存研究によって、南九州に分布する最近約 3 万年間のテフラ編年(奥野, 2002 など)や鹿児島湾北西岸における縄文海進最盛期以降の地形発達(森脇ほか, 2002)、シラス台地開析谷の主に下刻に伴う谷壁斜面の成長過程の解明(Matsukura, Y., 1987)やシラスの急斜面における崖崩れに周期性があり、崩壊後の表層土の再形成までの期間は、70~80 年程度であると推定(下川ほか, 1989)した報告がある。他方、シラス堆積後に堆積した砂礫層や火山灰層と、シラスの侵食地形との地形層序関係を研究した例は少ない(桐野, 1988)。横山(2000)は、シラス台地を刻む現・旧開析谷のうち、旧開析谷は化石谷であることを論じているが、その成長・発達の停止原因は不明であることも指摘している。

そこで本研究では、これまでに検討が不十分であった、シラス分布域における侵食地形の長期的発達過程と斜面崩壊の発生機構の関係について、発達史地形学の視点から解明することを目的とする。調査地域の薩摩半島では、旧開析谷がよく残存し、現開析谷の下刻作用は不活発と推定されるが、崩壊跡地も中程度の密度で分布している点に特徴がある。人口が集中する鹿児島市の市街地は、沖積平野上に形成され、構成する沖積層は周辺のシラス台地から供給された火山砕屑物からなる地域である。

本研究では、はじめに国土地理院発行(1975 年撮影)のカラー空中写真より判読を行い、地形分類図を作成した。また、調査地域において、国土地理院の基盤地図情報から数値標高モデル(10mDEM)を用いて、ArcGIS より傾斜分布図を作成した。さらに、現地調査では流水によるシラスの侵食や斜面崩壊などの侵食・削剥過程で生じた台地崖に着目し、試料のサンプリング、シュミットハンマーによる堆積物の強度測定を行った。シラス自身もつ化学的性質と崩壊発生機構の関係性を明らかにするため、シラスの粒度、含水率、主要化学成分の分析も行った。

薩摩半島西部のシラス分布域における地形分類では、主に、旧開析谷底、段丘面、現開析谷底、新旧崩壊斜面に分類することができる。本流谷から支谷へ、下流から上流へ現開析谷を追跡すると、谷幅が急減する区間が認められ、そうした場所に相対的に高密度で崩壊跡地が分布している。現開析谷の谷幅拡大によって、谷壁斜面での崩壊が継続してきたと考えられる。開析は、薩摩半島西側の東シナ海に近い場所に位置するシラス原の下流側の縁辺部から始まり、徐々に上流側へ進行したと推定できる。すなわち、シラスの堆積面の標高が低く、開析谷底が侵食基準面に近い状況が、後氷期に継続してきたと推定される。したがって、この間に現開析谷の側方侵食が継続してきたことが、開析谷壁の下端部付近で崩壊が発生する背景をなしていると考えられる。長期的には、現開析谷の谷幅拡大プロセスが卓越する場所において崩壊ポテンシャルが高いといえる。本発表では、作成した地形分類図と傾斜分布図、現地調査で得られたデータをもとに、マクロな地形変化の歴史と崩壊発生場との関係性について論じる。

キーワード: シラス, 斜面崩壊, 履歴, 地形発達, 九州南部

Keywords: Shirasu, Slope Failure, Records, Geomorphological Development, Southern Kyushu

日本列島の湖沼堆積物における過去 20 万年間の TOC 変動 Total organic carbon fluctuation from the lake sediments in central Japan during the past 200 ka

木越 智彦^{1*}; 公文 富士夫²; 田原 敬治³
KIGOSHI, Tomohiko^{1*}; KUMON, Fujio²; TAWARA, Takaharu³

¹ 信州大学大学院総合工学系研究科, ² 信州大学理学部, ³ 和歌山県庁

¹Interdisciplinary Graduate School of Science and Technology, Shinshu University, ²Faculty of Science, Shinshu University,

³Wakayama Prefectural Government

湖沼堆積物は、低緯度から高緯度まで各地に普遍的に存在し、陸域の古気候・古環境情報を詳細に記録している。しかしながら、湖沼は極域の氷床や遠洋性堆積物と比較して相対的に短い期間で埋積されることが多い。また、個々の湖沼では局地的な擾乱が普遍的な気候変動を打ち消してしまう場合もある。本研究では、これまで日本各地の湖沼堆積物について測定した TOC 含有量の経年的な変動を統合することにより、気候変動に対応したと考えられる過去 20 万年間の平均的な TOC 変動の解明を試みた。

用いた資料は、琵琶湖 (BIW 07-5, 6 コア: 0~50 ka, BIW 08-B コア: 0~200 ka), 野尻湖 (NJ88 + NJ95 コア: 0~72 ka), および後期更新世高野層 (TKN-2004 コア: 38~160 ka) である。いずれの資料も 20~100 年の時間分解能で解析されている。TOC 含有量は標準化した経年変動に変換し、統合する際には Match (Lisiecki and Lisiecki, 2002) によって各コアの年代層序を統一して、各コア資料の 100 年ごとの内挿値を用いて、各コアの資料を統合させた。

統合された TOC 変動は海洋酸素同位体比 (LR04) やグリーンランド氷床コア (NGRIP) が示す寒暖と多くの一致が見られる。MIS 7 後半や MIS 1 において高い値を示す。MIS 6, 4, 2 においては、安定して、低い値を示す。MIS 5 では数万年という長い周期で、かつ変動幅の大きいことが特徴的である。一方 MIS 3 では、NGRIP が示す亜間氷期 (GIS) やハイニンリッヒイベント (HE) といった数百~千年周期の変動にも対応が見られる。

上記の結果から、統合した TOC 変動は日本の中部地方における過去 20 万年間の気候変動を示す指標のひとつとして、有用であると考えている。この指標は指標テフラを介して陸上堆積物や連続性の限られた試料にも適用が可能である。

キーワード: 全有機炭素, 過去 20 万年, 中央日本

Keywords: Total organic carbon, past 200 ka, central Japan

東京湾におけるカキ礁の形成過程と珪藻群集 Morphosis of the Oyster shell bed and Diatom assemblage in Tokyo bay

野口 真利江^{1*}; 遠藤 邦彦²; 鹿島 薫¹
NOGUCHI, Marie^{1*}; ENDO, Kunihiko²; KASHIMA, Kaoru¹

¹九州大学大学院理学府,² 日本大学
¹Kyushu University, ²Nihon University

現在、東京湾の各所でカキ礁やカキの小群生（コロニー）が確認されている。カキ礁は、その形成発達時の環境などによって、タフォノミーの観点からコロニーの産状がタイプ別に分類されている（横山,2004）。しかしタイプごとのベントス調査や珪藻群集に関する記載は少なく、情報が乏しい。また東京低地を含む関東平野の沖積層の成り立ちを検討する上で、カキ礁の形成は重要な意味を持つが、沖積層の研究の中で発見された化石カキ礁のタイプについて記載されたものも少ない。

そこで本研究では、東京湾の北部沿岸、江戸川河口近くの三番瀬とよばれる沿岸部に発達している現生カキ礁に注目した。三番瀬のカキ礁は、満潮時に水面下に没するが、大潮の干潮時には全面的に露出し、マガキのリレー戦略（鎮西, 1982）を目にすることができるタイプのカキ礁である。このカキ礁は急成長したことで、一時期世間の注目を集めたが、ここ数年では集中豪雨や台風などによる江戸川河口域からの放水などにより、縮小傾向にある（遠藤ほか, 2013 など）。この拡大縮小の様子は、2008 年から観測され続けているが（野口ほか, 未公表）、経年変化をまとめた論文などはまだ発表されていない。そこで本研究では、今までの観測の記録をまとめて、カキ礁のタイプの一例として報告するとともに、現地調査時に採取した珪藻用試料の分析結果を報告する。カキ礁のタイプの一例を明らかにするとともに、ここで出現する珪藻群集を明らかに出来れば、今後の沖積層研究に大きく貢献出来ると期待される。さらに、比較研究として、羽田沖コアから発見された化石カキ礁の珪藻分析結果（小杉ほか, 未公表）をまとめ、三番瀬の現生カキ礁の珪藻群集組成と合わせて報告する予定である。

キーワード: 東京湾, カキ礁, 珪藻
Keywords: Tokyo bay, oyster shell bed, diatom

ダムでの土砂堆積が深海底の堆積作用に影響を及ぼす可能性 A possibility of influence of deposition in dam-lake to deep marine environments around the Japanese Islands

白井 正明^{1*}; 大村 亜希子²; 林崎 涼¹; 宇津川 喬子¹
SHIRAI, Masaaki^{1*}; OMURA, Akiko²; HAYASHIZAKI, Ryo¹; UTSUGAWA, Takako¹

¹ 首都大学東京 地理学教室, ² 東京大学
¹Tokyo Metropolitan University, ²University of Tokyo

河川における巨大ダムや砂防ダム群の建設が、下流および海岸域への砂質粒子の運搬を阻害し、海岸線の後退を引き起こしていることは良く知られている。一方でダム湖の堆積物のほとんどは泥質粒子から成ることを考慮すると、河川からの土砂供給の減少が深海の半遠洋的環境にまで影響を与えている可能性がある。人類活動が深海底に及ぼす影響の評価を目的に、日本近海のいくつかの海域で採取したコア試料の鉛同位体 (Pb-210) の濃度変化を基に、過去約 100 年間の堆積速度 (Mass Accumulation Rate; MAR) 変化を見積もった。

堆積速度の変化を見積もったのは、2004-2010 年度に実施した学術研究船淡青丸研究航海において採取された、太平洋側の遠州沖と熊野沖、日本海側の新潟沖のコア試料である。発表者らはマルチプルコアラー (コア長最大 60 cm) を用いて、これらの海域から相当数の表層コア試料を採取したが、今回の解析にはコア試料上部で泥分が卓越し、明瞭な砂層 (タービダイト) を挟まないものを選んだ。またタービダイトの影響を除くため、基本的に海底谷内で採取したコアは検討対象から除いた。

各測定試料は 1cm または 2cm 厚にスライスし、110 °C、12 時間以上の乾燥後、軽く粉碎・攪拌する。容器に封入して約 1 ヶ月後に首都大学東京地理学教室所有の ORTEC 社製 Ge 半導体検出器を用いてガンマ線の測定を行った。Pb-210 の放射線濃度より Pb-214 の放射線濃度を差し引くことにより、大気中から降下した過剰 Pb-210 の放射線濃度変化を見積もり、それを基に堆積速度を算出する (例えば、金井, 2000)。Pb-210 の半減期は約 22 年であり、過去 100 年間程度の堆積速度の見積もりが可能である。さらに東京大学大気海洋研究所のヘリウム置換式ピクノメーターを用いて 7 cc (一辺 2.25 cm) キューブ試料の乾燥かさ比重を算出し、半遠洋性沈積粒子の堆積速度 (MAR) に換算した。

遠州沖コアで検討対象とした外縁隆起帯南側斜面の小海盆 (水深約 2500 m) の 2 本のコアは 2 cm 厚スライスで保管しており、1 本からは堆積速度の変化は検出できなかったが、もう片方からは 1930-1940 年頃に MAR が約 1/3 に減少したと見積もられた。天竜川水系では 1930 年代にダム建設が始まり、1956 年に流域最大の佐久間ダムが完成した。西部熊野トラフのほぼ中央部 (水深約 2100m) で採取した 2 本のコアからは、1940-1960 年頃に MAR が 1/2 から 1/3 に減少している。熊野川水系には 1937 年以降ダムが建設され、流域最大の池原ダムを含む大部分のダムは 1960 年代に建設された。新潟沖のコアについては 2014 年 1 月現在、Pb-210 測定、孔隙率測定の途中である。堆積曲線を求めることができた最上トラフ斜面の海底谷沿い (水深約 400m) で採取したコアでは、1960-1970 年に MAR が約 2/3 に減少している。信濃川は 1922 年に大河津分水路 (新信濃川) が開通して以来、基本的に増水時の水は寺泊沖に排出されてしまう。また阿賀野川水系最大の奥只見ダムは 1960 年に竣工している。

Pb-210 による堆積速度と年代の見積もりは、分取サンプルの厚み (年代幅) にも大きな影響を受けることもあり、今回の見積もりが妥当か今後も検討を続ける必要がある。しかし 3 つの海域全てで 20 世紀半ばに堆積速度の減少が見積もられたことは重要である。ダムの建設時期と MAR 低下の大まかな同時性、ダム堆積物と半遠洋性堆積物の粒度の類似性などを考慮すると、これらの堆積速度の減少はダム建設に伴う河川からの細粒物質の排出の減少が原因となっている可能性が高いと言えよう。今後測定例を増やすと共に、ダム堆積物の関与を示す直接的な手掛かりを求める予定である。

キーワード: ダム, 半遠洋性堆積物, 堆積速度

Keywords: dam, hemipelagic deposits, mass accumulation rate

風蓮湖バリアーシステムの地形発達史から読み解く根室海峡沿岸域の過去5500年間の海面変動と地殻変動 Seismic history of the last 5500 years reconstructed from the topographic development of the Furen-ko barrier system

七山太^{1*}; 重野 聖之²; 長谷川 健³; 渡辺 和明¹; 石渡 一人⁵; 池田 保夫⁴; 内田 康人⁶
NANAYAMA, Futoshi^{1*}; SHIGENO, Kiyoyuki²; HASEGAWA, Takeshi³; WATANABE, Kazuaki¹; ISHIWATA, Kazuto⁵; IKEDA, Yasuo⁴; UCHIDA, Yasuhito⁶

¹産業技術総合研究所 地質情報研究部門, ²明治コンサルタント(株)本店, ³茨城大学理学部, ⁴北海道教育大学釧路校, ⁵別海町郷土資料館, ⁶北海道立総合研究機構 地質研究所

¹Geological Survey of Japan, AIST, ²Meiji Consultants Ltd., ³Ibaraki University, ⁴Kushiro Branch, Hokkaido University of Education, ⁵Betsukai Museum, ⁶Geological Survey of Hokkaido, HRO

北海道東部, 風蓮湖周辺には, 我が国には珍しい, 現在も活動的なバリアーシステムが認められており, 風蓮湖バリアーシステムと呼称されている. このバリアーシステムは, 西別川河口からもたらされた土砂が, 根室海峡において冬季に卓越するNE方向及びENE方向の波浪によって南東向きの沿岸漂砂系が発生し, 根室半島に阻まれて大量な堆砂が生じることによって維持されている(奥野ほか, 1997). このうち別海町側に位置する走古丹バリアースピットは, 西別川河口から南東方向に延びる総延長12.5kmの明瞭な分岐砂嘴の形状をなしている. 衛星写真判読によって, 5列の浜堤が認識され, それらの分岐関係によって地形発達史が解読できる.

我々は, 2010年以降, 走古丹バリアースピットにおいて浜堤を横断する5本の測線(H0, H1, H2, H3, H6)を設定し, (1)GPSスタティックとトータルステーションを用いた地形測量と地形断面図の作成, (2)地中レーダー(NOGGIN 250MHz)探査と探査記録を用いた各浜堤の離水標高の計測, (3)ハンドボーリング調査および(4)掘削試料を用いたAMS14C年代測定およびテフラによる年代の検討, (5)EC, 珪藻および花粉分析による古環境の推定, (6)海浜砂と砂丘砂の粒度分析による判別, (7)水域の音波探査や測深調査, などを科研費予算を用いて実施してきている.

これまでの成果として, 各浜堤間低地の泥炭層の掘削により, 上位から7層の完新世テフラ, Ta-a(1739年樽前火山起源), Ko-c2(1694年北海道駒ヶ岳火山起源), B-Tm(929年白頭山火山起源)およびMa-b(10世紀摩周火山起源), Ta-c(2.5ka樽前火山起源), Ma-d(4.0ka摩周火山起源; 山元ほか, 2010), Ma-e(5.2ka摩周火山起源; 山元ほか, 2010)が見いだされ, これらを時間面として, 約1000年オーダーでの地形発達史を解読することが出来たことである. 即ち, 風蓮湖バリアーシステムが現在の位置に成立したのは, H6測線での泥炭層基底の年代(湿原環境の開始)から5500年前と推定されるが, その下位の海進期バリアーは現在浸食されて地形としては存在しない. その後, 現在の海面停滞期バリアーシステムに移行した. 5200年前と4000年前に大規模な海進が繰り返し起こり, その都度, 広域に干潟環境が広域に広がった. BR5は4000年前に離水した湾央砂嘴が起源と考えている.

一方, 最も若い浜堤であるBR1はTa-a, Ko-c2に被覆されないことから, 17世紀以降に過去のバリアースピット(BR2-BR5)の根元を浸食するように最も外洋側に出現し, 西別川河口から岬の先端(トウフト)まで明確に連続する現在活動的な浜堤である. BR2はハルタモシリ付近からBR1と分岐し西別川河口まで連続する, この浜堤はTa-a, Ko-c2に直接被覆されることから, 17世紀に離水した可能性が高い. BR4の発生年代は, B-Tm+Ma-bに被覆されることから, 9-10世紀と推定できる. 走古丹の集落が立地するBR3の発生年代は明確ではないが, 17世紀よりも古く10世紀より若い, おそらく12-13世紀と予測される.

南千島海溝沿岸域では500年間隔で発生した巨大地震(Mw8.5)の存在が明確になり(Nanayama et al., 2003), 特にこの地の地盤は17世紀巨大地震時(もしくはその後)には1-2m隆起し, 逆に地震以降現在まで8.5mm/年の速さで沈降し続けてきたことがわかっている(Atwater et al., 2004). 澤井(2007)は, 過去2500年間に, 約300年前, 約700-300年前, 約1300-1000年前, 約2400-1700年前の4回の離水イベントがあったとの仮説を述べている. ゆえに, 少なくともBR5よりも若い分岐砂嘴の出現には, 南千島海溝の地震性地殻変動が関わっていた可能性がある.

本研究は, JSPS 科研費 23540539 の助成を受けたものである.

引用文献: Atwater, B.F. et al., 2004, *The Holocene*, 14, 487-501. Nanayama, F. et al., 2003, *Nature*, 424, 660-663. 奥野正洋ほか, 1997, 土木学会北海道支部論文報告集, no. 53 (B), 284-287. 澤井祐紀, 2007, *第四紀研究*, 46, 363-383. 山元孝広ほか, 2010, *地質調査研究報告*, 61, 161-170.

キーワード: 風蓮湖, バリアースピット, 地形発達史, 根室海峡, 海面変動, 地殻変動

Keywords: Lake Furen-ko, barrier spit, topographic development, Nemuro Strait, sea-level change, seismic history

東北日本弧, 山形盆地北部村山市浮沼における盆地地下堆積物とそれに含まれるテフラ Late Quaternary tephra and basin fill sediments under Ukinuman, Murayama city in the north part of Yamagata basin, North

鈴木 毅彦^{1*}; 笠原 天生¹; 八木 浩司²; 今泉 俊文³; 吉田 明弘⁴
SUZUKI, Takehiko^{1*}; KASAHARA, Amao¹; YAGI, Hiroshi²; IMAIZUMI, Toshifumi³; YOSHIDA, Akihiro⁴

¹ 首都大学東京, ² 山形大学, ³ 東北大学, ⁴ 明治大学

¹Tokyo Metropolitan University, ²Yamagata University, ³Tohoku University, ⁴Meiji University

東北日本弧, 奥羽脊梁山脈西方に多数発達する内陸盆地群の1つである山形盆地は, 他の盆地同様に, 南北方向の活断層を境に周辺の丘陵・山地列と接する。山形盆地では西縁に活断層が集中するが, 盆地北部では南部に比べて多数の活断層が認定されており(都市圏活断層図; 八木ほか 2001など), 西側の丘陵山地を接する単純な断層のみが発達するのではない。とくに盆地北部の村山市周辺では, 盆地中央部に存在する地形的な高まり(川島山)の東側においても, 北北東-南南西方向の活断層の存在が指摘されている。この様な盆地における地形発達史や断層帯の活動史を明らかにするには, 盆地地下の堆積物に対する編年学的かつ堆積学的研究は必要不可欠である。本研究では山形盆地北部において盆地地下堆積物と第四紀後期テフラの層序関係を明らかにするため, 2013年10-11月に村山市浮沼(河島山東方付近)の沖積低地(標高81.40m地点)において, 深度101.00mのオールコアボーリング(MR-13-1)を実施した。本講演では, 本コアの概要を述べるとともに, 検出されたテフラを予察的に報告する。

[層序]

本地点の深度約100m以浅は細粒堆積物が卓越する。表層から深度37.65mまではシルト層からり, ところにより有機質である。深度38.75-40.45mは砂礫からなるが, その下位は, 層厚60cm以下の2枚の砂礫薄層を除き, 深度64.60mまでシルト-有機質シルト層が卓越する。深度64.60m以深はシルト層以外に, 砂礫層, 砂層が出現し, 層厚なものとして, 深度64.60-70.75, 85.50-89.80, 93.96-96.95mに砂礫層が認められた。現段階では, 深度3.34-3.47m, 35.34m, 75.86-76.24mにそれぞれテフラが検出されている。

[テフラ]

深度3.34-3.47mには, 厚さ13cmの灰色-白色降下火山灰が挟在する。深度3.42-3.47mから得たサンプルには, ホルンブレンド, 斜方輝石が認められる。ホルンブレンドと斜方輝石の屈折率はそれぞれ, $n_2=1.670-1.673$, $\gamma=1.709-1.714$ であり, 火山ガラスの屈折率は $n=1.499-1.500$ を示す。こうした特徴は, 山形県中北部の肘折カルデラを起源とする肘折尾花沢テフラ(Hj-O, 11-12ka; 町田・新井 2003)の特徴に一致し, 同テフラと対比される可能性がある。

深度35.34mには, 最大層厚4mmのレンズ状の白色ガラス質火山灰層が挟在する。バブル型と平行型の火山ガラスを主とし, 火山ガラスの屈折率は $n=1.496-1.500$ と低く, 主成分化学組成は SiO_2 : 78.44 wt.%, Al_2O_3 : 12.05 wt.%, CaO : 1.08 wt.%, FeO : 1.12 wt.%, K_2O : 3.21 wt.%, Na_2O : 3.40 wt.%を示す。また火山ガラスはごくまれに石英を包含する。こうした特徴から, 本テフラは南九州の鬼界カルデラを給源とする鬼界葛原テフラ(K-Tz, 95ka; 町田・新井 2003)と対比される。

深度75.86-76.24mには厚さ38cmの降下火山灰層が検出された。有色鉱物として斜方輝石を含むほか, 石英, スポンジ型, 繊維状軽石型の火山ガラスを特徴的に含む。斜方輝石の屈折率は $\gamma=1.724-1.730$ であり, 火山ガラスの屈折率は $n=1.498-1.502$ であった。本テフラは周辺火山を給源とするテフラに対比される可能性がある。

講演時には, 上記テフラの火山ガラスの主成分化学組成と放射性炭素年代値を報告する予定である。

引用文献

八木ほか 2001. 都市圏活断層図「山形」. 町田・新井 2003. 火山灰アトラス. 東京大学出版会

キーワード: 山形盆地, 地下地質, テフラ, 第四紀後期, ボーリングコア

Keywords: Yamagata basin, Underground geology, Tephra, Late Quaternary, Boring core

米沢盆地北東部における盆地地下堆積物と第四紀後期テフラ Late Quaternary tephras and basin fill sediments under northeast part of Yonezawa basin, Northeast Japan

笠原 天生^{1*}; 鈴木 毅彦²; 北村 晃寿²; 加藤 真司⁴

KASAHARA, Amao^{1*}; SUZUKI, Takehiko²; KITAMURA, Akihisa²; KATO, Shinji⁴

¹ 首都大学東京・院, ² 首都大学東京・院, ³ 静岡大学, ⁴ NEXCO 東日本

¹ Graduate student, Tokyo Metropolitan University, ² Tokyo Metropolitan University, ³ Shizuoka University, ⁴ NEXCO East

はじめに

東北日本弧の内陸盆地地下に分布する第四系は、盆地の発達史を明らかにするために基礎となる編年学的データに乏しいことが多い。しかし近年、東北日本弧に分布する更新世テフラの知見が蓄積されつつあり、広域に分布する中・前期更新世テフラの存在も知られるようになってきた。それらに基づくテフロクロノロジーを盆地堆積物に適用することによって、東北日本弧の内陸盆地の発達史を比較することが可能になる。発表者は、東北日本弧南部に位置する米沢盆地の北東部において新たに掘削したボーリングコアを観察し、盆地地下のテフラについて新知見を得た。本発表ではそれらを報告し若干の考察を加える

米沢盆地の概要

米沢盆地は脊梁をなす奥羽山脈の背弧側に発達する内陸盆地の一つである。盆地底は概ね低平であり、盆地中央部を最上川が北流する。盆地西縁には米沢盆地西縁断層の存在が指摘されており(池田ほか 2002 など)、西側隆起の逆断層で平均変位速度 0.4-0.5 m/kyr と見積もられている(地震調査研究推進本部 2005)。米沢盆地の西方には、鮮新統の盆地堆積物で構成される玉庭丘陵が存在する一方で、米沢盆地地下では第四系の下位には鮮新統が分布しないことが指摘されている(長江ほか 1991)。新庄盆地や郡山盆地に見られるような、盆地地下への火砕流堆積物の流下といったような盆地の編年に有効な顕著なイベントは知られていない。米沢盆地の第四系基底付近の年代として、ボーリングコアの花粉分析結果をもとに約 25 万年前程度という見積もりがなされている(鈴木 1991)。また、米沢盆地北東部に位置する白竜湖岸の地表下 19.5 m の層準において始良 Tn テフラ(AT: 町田・新井 1976; 約 30 ka: Smith et al. 2013)を見出したという報告がある(山野井 1986)。

ボーリングコア記載

米沢盆地北東部に位置する白竜湖の周辺には、北部と東部を盆地縁に、南部と西部を盆地内に発達する小規模な扇状地によって画された、大谷地と呼ばれる湿地帯が広がっている(吉田 1955)。本発表で使用するボーリングコアは、湿地帯の南端付近の高島町深沼で掘削された B7-1-2 コアおよび B7-1-14 コアの 2 本のボーリングコアである。両者は約 200 m 離れた地点で掘削されており、掘削深はいずれも約 90 m である。

ボーリングコアの層相と後期更新世テフラ B7-1-2 コアおよび B7-1-14 コアのいずれも、全体にわたって泥炭がよく発達している。シルト層および泥炭層には層厚 1-20 cm 程度の砂層が繰り返し挟まれる。中下部の数層準には淘汰の良い細礫層や、まれに径 4 cm 程度までの礫の薄層が挟まれるが、側方への連続性に乏しい。なお、両コアともに盆地の第四系の基底には達していない。B7-1-2 コアでは、深度 31.59-31.655 m に沼沢金山テフラ(Nm-KN; 62-65 ka: 鈴木・早田 1994)が、深度 44.16-44.23 m にブロック状に挟まれる阿蘇 4 テフラ(Aso-4; 約 87 ka; 青木ほか 2008)がみられる。ほかに深度 79.14-79.16 m に両輝石型のテフラ(B7-1-2L)が挟まれる。

B7-1-14 コアでは、深度 27.33-27.34 m に Nm-KN が、深度 75.47-75.485 m に両輝石型のテフラ(B7-1-14E)が、深度 83.97-84.07 m にガラス質テフラ(B7-1-14G)が挟まれる。深度 39.385-39.39 m にはベージュ色火山灰がパッチ状に挟まれ、これは御岳奈川テフラ(On-NG; 約 85 ka: 長橋ほか 2007)に対比される可能性が高い。

両コアからは AT を単層として確認することはできなかったが、B7-1-2B コアの深度 21.62-21.63 m の灰色シルト層からは AT の火山ガラスを検出した(ただし連続サンプリングではない)。なお、B7-1-2L と B7-1-14E は標高・記載岩石学的特徴から対比できる。

堆積速度

Nm-KN および B7-1-2L/B7-1-14E の分布標高からみて、両コア間の堆積物はほとんど水平であると判断できる。Aso-4 の深度から単純に堆積速度を見積もった値は約 0.5 m/kyr となり、会津盆地で最近得られている値(0.22-0.35 m/kyr: 鈴木ほか 2013)と比較すると、やや大きい値を示す。この堆積速度は、米沢盆地の盆地床の堆積速度が米沢盆地西縁断層の活動度に依存していると仮定した場合、その平均変位速度 0.4-0.5 m/kyr に対して調和的な値であるとみなせよう。

引用文献: 青木ほか 2008. 第四紀研究 47: 391?407. 池田ほか 2002. 『第四紀逆断層アトラス』. 地震調査研究推進 2005. 長井盆地西縁断層帯の長期評価について. 鈴木・早田 1994. 第四紀研究 33: 233?242. 鈴木ほか 2013. 地理学会発表要旨集 83: 161. 鈴木 1991. 第四紀学会講演要旨集 21: 108?109. 町田・新井 1976. 科学 46: 339?347. 長江ほか 1991. 中川久夫教授退官記念地質学論文集 177?184. 長橋ほか 2007. 第四紀研究

HQR24-03

会場:313

時間:5月1日 14:45-15:00

46 : 305?325. 山野井 1986. 山形応用地質 6 : 77. 吉田 1955. 地理評 28 : 75?84. Smith et al. 2013. Quaternary Science Reviews 67: 121?137.

キーワード: 米沢盆地, 地下地質, テフラ, 第四紀後期, ボーリングコア

Keywords: Yonezawa basin, Underground geology, tephra, Late Quaternary, Boring core

テフラ対比に基づく千葉県銚子地域の鮮新-更新統, 犬吠層群の堆積開始時期 The age of the Inubou Group in the Choshi district, Chiba Prefecture, Japan, based on tephra correlation

田村 糸子^{1*}; 山崎 晴雄¹; 水野 清秀²
TAMURA, Itoko^{1*}; YAMAZAKI, Haruo¹; MIZUNO, Kiyohide²

¹ 首都大学東京大学院 都市環境科学研究科, ² 産業総合研究所地質情報研究部門
¹Dep. Geography, Tokyo Metropolitan Univ., ²AIST, GSJ

千葉県銚子地域に分布する犬吠層群は、下位より名洗層, 小浜層, 横根層, 倉橋層, 豊里層からなる海成の鮮新-更新統で、上総層群に相当する地層である(酒井, 1990等)。犬吠層群は下位の中新統および先第三系を黒滝不整合に相当する不整合で覆い、上部更新統の香取層に不整合で覆われる(酒井, 1990)。犬吠層群には多数のテフラが挟在されており、犬吠層群上中部にかけては房総半島のKd25, Kd38などの指標テフラとの対比が報告されている(藤岡ほか, 2003等)。また田村ほか(2006, 2007)は、最下部の名洗層中に見出した14枚のガラス質テフラを下位より犬吠1テフラ(In1)~犬吠14テフラ(In14)とし、層位と記載岩石学的特徴、火山ガラスの主成分・微量成分化学組成から、他地域の指標テフラとの対比を検討した。その結果、In2が東海層群亀山累層の長明寺1テフラ(3.0Ma:宮村ほか, 1981)、In3が中央日本に広く分布するUN-南谷2テフラ(2.65Ma:黒川・富田, 2000)、In5が東海層群亀山累層上部の寺川テフラ(2.6Ma:宮村ほか, 1981)、In7およびIn8が東海層群亀山累層最上部の御幣川(おんべがわ)テフラ(2.4~2.5Ma:宮村ほか, 1981)、In9が新潟地域で連続性よく分布するHap2テフラ(2.4Ma:黒川1999)、In11が中央日本に分布する谷口-Tspテフラ(Tamura et al, 2008)に対比されることを示した。今回、名洗層最下部のIn1が、三浦半島北部の鎌倉~逗子地域に分布する三浦層群上部の池子層の池子1テフラ(Ikg1:新称)、および掛川層群最下部の堀之内互層中のB25テフラ(水野ほか, 1987)と対比されることが明らかになったので報告する。

In1, Ikg1, B25テフラの記載:名洗層のガラス質テフラの中で最も下位のIn1は白色細粒で、砂層中にパッチ状に挟在される。層厚は最大6cmである。大部分火山ガラスからなり、その形態はバブルウォール型が多く発泡が良い。また火山ガラスの屈折率は $n=1.503-1.506$ である。火山ガラスの化学組成では、主成分では Fe_2O_3 が1.7%, CaOが1.9%, K_2O が1.6%で、 K_2O が低いという特徴を持つ。微量成分はBaが420ppm, Laが14ppm, Srが107ppm, Yが46ppmである。Ba/Laが30と高く、La/Yが0.3と低いのが特徴で、東北起源のテフラの特性を示す(水野, 2001, Tamura et al., 2008)。Ikg1は、池子層最上部の砂質泥層中に挟在される白色細粒ガラス質テフラで、層厚は3cmである。大部分火山ガラスからなり、火山ガラスの形態はバブルウォール型が多く発泡が良い。Ikg1は石灰質ナンノ化石層序と古地磁気層序より得られた結果(宇都宮ほか, 2012; 宇都宮, 2013)の中で、Kaena(約3.1Ma)あるいはMammoth(約3.3Ma)の逆磁極性層準より下位に位置し(宇都宮, 私信)、少なくとも3.1Maより古いテフラである。B25は、掛川層群最下部の堀之内砂泥互層下部に挟在され、層厚は22cmである(水野ほか, 1987)。B25の上位にあるB27(有ヶ谷I)が中央日本に広く分布する土生滝1-MT2テフラ(2.7-2.9Ma:Tomita and Kurokawa, 1999)、B30(有ヶ谷IV)が前述のUN-南谷2テフラ(2.65Ma)に対比されている(黒川・富田, 2000)。Ikg1およびB25の火山ガラスの化学組成は、主成分・微量成分ともにIn1と同じ特徴を示す。

In1, Ikg1, B25テフラの対比と犬吠層群の堆積開始時期: In1, Ikg1, B25の3枚のテフラは記載岩石学的特性がよく一致する。次に各テフラの年代・層位を検討する。犬吠層群で、In1の上位にあるIn2は東海層群の長明寺1(3Ma)と対比されている。従って、In1は3Maより古い。さらに上位にあるIn5はUN-南谷2に対比されている。三浦半島で、Ikg1は3.1Maより古く、上位にはUN-南谷2に対比された朝比奈テフラが存在する(田村ほか, 2010)。掛川層群で、B25は上位にあるB27やB30の広域テフラ対比から2.7-2.9Maより古い。以上から3枚のテフラは年代的に矛盾がない。またいずれも近い上位にUN-MD2に対比されたテフラがある。従って、これら3枚のテフラは対比される。In1, Ikg1, B25テフラの対比に基づくと、犬吠層群の堆積開始は少なくとも3.1Maを遡る。このことは、銚子においては、沈降堆積の場となるような変化が、少なくとも3.1Ma以前に起こったことを示唆する。掛川層群のB25のひとつ下位テフラであるB24は中央日本に広く分布するZnp-大田テフラ(3.95Ma)と火山ガラスの主成分・微量成分化学組成が一致する(水野, 私信)。さらに下位のテフラであるB22が、4.1Maの広域テフラである坂井テフラに対比されている(田村ほか, 2005)ことから、B24はZnp-大田テフラに対比される可能性が高い。今後、3Ma~4Maのテフラ編年を充実させ、この期間における堆積場の変遷を明らかにすることが課題である。文献: 酒井(1990: 宇都宮大紀要. 23, 1-34), 宇都宮ほか(2012: 地質学会講演要旨. 104p), 宇都宮ほか(2013: 地質学会関東支部第1回地質研究サミット要旨集. 18-19) 他

キーワード: 鮮新 - 更新世, テフラ対比, 犬吠層群, 堆積年代, 指標テフラ

Keywords: Plio-Pleistocene, Tephra correlation, Inubou Group, Depositional age, Marker Tephra

利根川旧河道の地下比抵抗分布と地表の土壌水分率との関係 Underground electrical resistivity and soil water content on the surface around former river channel of Tone River

中埜 貴元^{1*}; 小荒井 衛¹
NAKANO, Takayuki^{1*}; KOARAI, Mamoru¹

¹ 国土地理院
¹ GSI of Japan

2011年東北地方太平洋沖地震では、旧河道などの旧水部埋没地形において液状化が多発したが、液状化の発生箇所は旧河道内などでも地域的な偏りが見られた。これについては様々な要因が考えられるが、我々は地下水の分布や旧河床地形（旧河川の水深）が影響していると考え、千葉県神崎町の利根川旧河道において、旧河道内から旧河道外までの範囲で電気探査（比抵抗二次元探査）を実施し、測線沿いの水理地質構造を反映する地下の比抵抗分布を測定し、地下水分布や旧河床地形の推定を試みた。併せて、電気探査測線上において地表の土壌水分率を測定し、比抵抗分布等との関係を考察した。なお、同地域では、産業技術総合研究所及び千葉県環境研究センターによりトレンチ調査やボーリング調査が実施されており（水野ほか、2013；宮地ほか、2013）、トレンチ断面の観察結果及びボーリング層序との対比が可能であったため、この地点を選定した。

電気探査（探査機器：応用地質社製 McOHM PROFILE R4）は、測線長 280m、電極間隔 1m で、二極法により行い、深さ 15m 程度までを対象とした。土壌水分率測定は、誘電式土壌水分計（ThetaProbe type ML2x）と交流二電極式土壌水分計（FUSO PMS-714）の 2 種類の機器を用いて電気探査測線上を 10m 間隔で行い、各点 3 回ずつ測定し、それぞれの平均値を求めた。なお、前者は体積含水率、後者は重量含水率が測定される。

電気探査により比抵抗二次元断面図を作成した結果、相対的に高比抵抗（20~30 Ω・m 以上）な旧河道内部の埋積土と、相対的に低比抵抗（20~30 Ω・m 未満）な旧河道外の地盤との違いを明瞭に捉えることができた。この境界が地表付近に達する位置は、東北地方太平洋沖地震時に液状化（噴砂）が発生した範囲の境界とほぼ一致した。ただ、この比抵抗分布は当初の考えとは逆の傾向であり、比抵抗値には土壌水分よりも土質の影響が大きく効いていると考えられる。また、地下水面は、飽和した砂質地盤での一般的な比抵抗値が 80~100 Ω・m（地盤工学会、2003）であることから、深さ約 1~1.5m 付近にあると推定されたが、境界は不明瞭であった。なお、水野ほか（2013）による今回の探査地点付近のボーリング調査では、地下水面は深さ 0.7m にあり、地下水面の比抵抗値はより高い可能性がある。

地表面付近の比抵抗値と地表の土壌水分率とを比較した結果、重量含水率では高比抵抗部で含水率が低いという相関が見られたが、体積含水率では見られなかった。また、比抵抗分布から地下水面が明確に推定できなかったことから、土壌水分率と地下水位との関係を確認することができなかった。

今回の調査結果だけでは、旧河道内の地下水分布と地表の土壌水分率との関係を十分に検討することができなかったが、旧河床地形の検出と、地表の比抵抗値と土壌水分率との相関を見出すことができた。今後、同地点や他の旧河道において地中レーダ探査なども実施することで、旧河道内の液状化に関する指標を見出したいと考えている。

<引用文献>

- ・地盤工学会（2003）：地盤工学への物理探査技術の適用と事例。地盤工学・実務シリーズ 14, 445pp.
- ・宮地ほか（2013）：利根川下流低地における液状化層のトレンチ調査ー 2011 年東北地方太平洋地震における液状化現象の解明ー。日本地球惑星科学連合大会 2013 年大会予稿, HQR23-03.
- ・水野ほか（2013）：利根川下流域における液状化層の地質学的総合調査。日本地球惑星科学連合 2013 年大会予稿, HQR23-01.

キーワード: 利根川旧河道, 千葉県神崎町, 電気探査, 比抵抗分布, 土壌水分率

Keywords: former river channel of Tone River, Kozaki Town, electrical prospecting, distribution of electrical resistivity, soil water content

2011年東北地方太平洋沖地震時の液状化—流動化現象解明のための地層断面調査— —地表変形状況・簡易貫入試験結果 Geological survey for liquefaction-fluidization phenomena: damage and survey by PD-CPT

亀山 瞬^{1*}; 風岡 修¹; 重野 聖之²; 鈴木 喜之²; 福間 哲³; 森崎 正昭¹; 吉田 剛¹; 香川 淳¹; 酒井 豊¹; 木村 満男¹; 小倉 孝之¹
KAMEYAMA, Shun^{1*}; KAZAOKA, Osamu¹; SHIGENO, Kiyoyuki²; SUZUKI, Yoshiyuki²; FUKUMA, Tetsu³; MORISAKI, Masaaki¹; YOSHIDA, Takeshi¹; KAGAWA, Atsushi¹; SAKAI, Yutaka¹; KIMURA, Michio¹; OGURA, Takayuki¹

¹ 千葉県環境研究センター地質環境研究室, ² 明治コンサルタント株式会社, ³ 有限会社 ACE 試験工業
¹Research Institute of Environmental Geology, Chiba, ²Meiji Consultant Co., Ltd, ³ACE Sisui Kogyo Co.,Ltd

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震(Mj.9.0)とその余震では、東日本各地に大きな被害をもたらした。千葉県美浜区の公立高校内では、自転車置き場の一部で著しい液状化—流動化現象が発生した。地表面は、噴砂を伴って、部分的に30~40cm程度沈下した。

本論では、地表変形状況の報告と、地層断面調査の前調査として、地表面が沈下した部分から沈下していない部分にかけて、株式会社筑波丸東製の斜面調査用簡易貫入試験による調査を行った結果について述べる。調査の結果、地表面の沈下と地層構成との関係が明らかになった。

地表の変形状況は、20×20mの範囲において30~40cm程度沈下しており、アスファルトやコンクリートには変形やひび割れが生じていた。自転車置き場の金属製の屋根には歪みが見られた。

簡易貫入試験による調査結果は以下のとおりである。

1. 地表から5~6m以深は $N_c > 20$ と比較的硬く、旧海底面以下と推定される。これより上位が人工地層であると考えられる。この人自不整合面は、沈下していなかった部分に向かって深くなっていた。
2. 人工地層の硬さは概ね $N_c < 15$ であり、 $N_c < 5$ の柔らかい部分が層状に挟在していた。
3. 沈下している部分と沈下していない部分では、人工地層の地質構成が異なっていた。沈下していなかった部分では、地質構造は3層で構成され、上部は $5 < N_c < 15$ 、中部は $3 < N_c < 7$ 、下部は $10 < N_c < 30$ であった。沈下していた部分では、概ね $10 < N_c < 15$ の中に $N_c < 5$ の部分が3層挟在しており、側方へ連続していることが確認された。一部において、 $15 < N_c < 20$ のやや硬い部分も挟在していることが確認された。

簡易貫入試験は、地層の硬さを正確な深度で把握することができるが、把握することができるのは硬さのみであり、地層の粒度や堆積構造を確認することはできない。地層断面調査では、地層を引き抜く際などに、地層試料が伸縮することがあるため、簡易貫入試験結果と地層断面調査結果とを対比することで深度を補正し、より精度の高い調査とすることができる。

キーワード: 液状化—流動化, 2011 東北地方太平洋沖地震, 千葉県美浜区, 人工地層, 地層断面調査, 簡易貫入試験
Keywords: Liquefaction-Fluidization, The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Chiba city, Man-made Strata, Geological survey, Portable Dynamic Cone Penetration Test

2011年東北地方太平洋沖地震時の液状化—流動化現象解明のための地層断面調査— 新ACEライナーを用いた地層断面調査方法 Geological survey for liquefaction-fluidization phenomena: New method of geological survey by new ACE liner

重野 聖之^{1*}; 鈴木 喜之¹; 福間 哲²; 風岡 修³; 亀山 瞬³; 森崎 正昭³; 吉田 剛³; 香川 淳³; 酒井 豊³; 木村 満男³; 小倉 孝之³
SHIGENO, Kiyoyuki^{1*}; SUZUKI, Yoshiyuki¹; FUKUMA, Tetsu²; KAZAOKA, Osamu³; KAMEYAMA, Shun³; MORISAKI, Masaaki³; YOSHIDA, Takeshi³; KAGAWA, Atsushi³; SAKAI, Yutaka³; KIMURA, Michio³; OGURA, Takayuki³

¹ 明治コンサルタント(株), ² (有) ACE 試錐工業, ³ 千葉県環境研究センター地質環境研究室

¹ Meiji Consultant Co., Ltd, ² ACE Sisui Kogyo Co., Ltd, ³ Research Institute of Environmental Geology, Chiba

1. はじめに

私達の主な生活面である沖積低地の地層を採取し、その成り立ちを考えることは大変重要である。平成23年(2011)年東北地方太平洋沖地震では千葉県内において人工地層分布域を中心に液状化—流動化現象が起こり、50cmを越える極所的な地表沈下が発生した。これら液状化—流動化発生原因のひとつとして、浅層部の人工地層と深部の沖積層の地質構造の影響が大きい可能性が高くなってきた(風岡ほか, 2011)。本研究では地層中の液状化—流動化現象箇所の認定やメカニズム解明する目的でACEライナー(特許3669495号)を改良し、浅層地下における浚渫土砂により埋立られた人工地層や人工地層以深の沖積層を定方位・不攪乱の状態で採取し、地層の様々な構造を観察することが出来たため、その調査方法を報告する。

2 調査方法

液状化—流動化の調査は、乱れや欠損がなく、水平方向に幅広く、かつ深い深度までの試料観察が必要となる。しかし、液状化が生じる場所は地下水位が高く、地盤も軟弱な泥層や緩い砂層や貝や礫を含む砂層が複雑に堆積するため、地下水位を低下させたのちトレンチを行う方法がとられてきた(風岡ほか, 1989)。東京湾岸埋立地は、人工地層の厚さが5mを超えるため、従来のトレンチでは掘削が困難である。そこで本調査ではACEライナーを改良し、新たに幅25cm×深さ9m×厚さ18cmの新ACEライナーを作製した。新ACEライナーはライナー背面に泥剤を送るシステムにより、ライナーの圧入および引き抜時の摩擦抵抗を減らし、ライナー先端に試料の落下を防ぐ装置を装備することにより、試料を乱さず採取することが出来るものとした。試料採取後に試料をライナーから取り出す際、人為的な試料の乱れが生じることから、防ぐ工夫をおこない、乱れの少ない試料を得た。さらに、調査箇所が学校校舎等構造物に隣接する狭所であったことから、ライナーの圧入・引抜にLHV工法を採用し、クレーン式パイプロ工法では困難な地層および狭い場所での作業を可能とした。

3 調査結果

調査地は東京湾岸低地の千葉市美浜区の公立高校の敷地内において、太平洋沖地震により地盤地表の変形がほとんど見られなかった箇所から40cm程度沈下した箇所を横断する2測線を設定した。調査は簡易貫入試験により予備調査を行った後、新ACEライナーを用いた地層断面調査を水平方向に3~5m間隔で計10箇所実施した。

新ACEライナーを用いた掘削調査の結果、地表より深度約6~8mは人工地層、深度約6~8m以深は沖積層が確認された。人工地層は軟質な粘土質シルト層、ややゆるい細粒砂層、中粒砂層、貝殻や細礫を含む砂層、比較的硬い砂混じり貝殻密集層などで構成され層相変化が著しい。沖積層は締まったラミナの発達する中~細粒砂からなる。地下水位は地表より1.5mである。

地層断面観察から、地表から深度約8mまでの内部構造(ラミナの変形・消失)を基に液状化—流動化部分の発生部もしくは非発生部を判定(風岡ほか, 1994)した結果、液状化—流動化した部分は人工地層であり、中でも極細粒砂~中粒砂において液状化—流動化が認められた。さらにACEライナーにより採取した各はぎとり試料を用いて、地形面や層相との関係から現地にて各測線の地層対比の議論を行うことが出来た。

4 新ACEライナーを用いた地層断面調査の利便性と今後の課題

ACEライナーはジオスライサー(中田ほか, 1997)と同様に、地表下8mまでの軟らかい粘性土やゆるい砂層、比較的硬い砂混じり貝殻密集層を掘削時に再液状化させることなく、定方位不攪乱試料で採取可能となった。一方、試料の落下を防ぐ装置が作動せず最下部の砂層が落ちることや掘削時に地表の盛土部が縮んでしまうこと、圧入時にライナーを斜めに入れたためゆるい砂層が脱水変形するなど一部発生したことから、今後の経験蓄積と技術更新によって改良が必要となる。

HQR24-07

会場:313

時間:5月1日 16:30-16:45

キーワード: 液状化-流動化, 2011 東北地方太平洋沖地震, 千葉市美浜区, 人工地層, 地層断面調査, ACE ライナー
Keywords: Liquefaction-Fluidization, The 2011 off the Pacific coast of Tohoku, Chiba city, Man-made Strata, Geological survey, ACE liner

2011年東北地方太平洋沖地震時の液状化—流動化現象解明のための地層断面調査 —人工地層の地質構造とメカニズム Geological survey for liquefaction-fluidization phenomena: Geological cross section of man-made strata and mechanism

風岡 修^{1*}; 亀山 瞬¹; 森崎 正昭¹; 重野 聖之²; 鈴木 喜之²; 香川 淳¹; 吉田 剛¹; 木村 満男¹; 酒井 豊¹; 小倉 孝之¹
KAZAOKA, Osamu^{1*}; KAMEYAMA, Shun¹; MORISAKI, Masaaki¹; SHIGENO, Kiyoyuki²; SUZUKI, Yoshiyuki²; KA-
GAWA, Atsushi¹; YOSHIDA, Takeshi¹; KIMURA, Mitsuo¹; SAKAI, Yutaka¹; OGURA, Takayuki¹

¹ 千葉県環境研究センター地質環境研究室, ² 明治コンサルタント

¹Research Institute of Environmental Geology, Chiba, ²Meiji Consultante Co., Ltd

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震(Mj.9.0)とその余震では、東京湾岸埋立地北部において、局所的に著しい液状化—流動化現象が発生し、最大で約1mの地表面の沈下が発生した。このような大きな沈下は、幅10~50m、長さ20~100mの局所的な範囲で発生し、大量の噴砂・噴水を伴うものの、その周囲は大きな沈下がみられず、あっても数cm程度で噴砂・噴水もほとんどない。このような局所的な液状化—流動化現象が埋立地内にコントラストを持って斑状に分布した(千葉県環境研究センター地質環境研究室, 2011)。このような局所的な沈下を伴う斑状分布をする液状化—流動化現象は、少なくとも1983年日本海中部地震以降に国内で発生した強震時の液状化—流動化現象ではみられていない。このため、このような現象がどのような地質環境条件のどのような部分で発生したのかを明らかにすることは、同様な工法で広範囲に埋立てられた東京湾岸埋立地における今後の持続的な土地利用を行うにあたり、液状化—流動化現象の予測・予防方法の考え方、あるいは液状化—流動化現象の利用・新たな土地の利用方法の検討を考える上で、まず最初に必要なことである。

今回の調査は、千葉市美浜区の公立高校内において液状化—流動化現象に伴い局所的に沈下した部分において、沈下がわずかしかな部分から、大きく沈下部分にかけて3~5m間隔に深度4.5~7mまで地層を乱さず採取し、沈下様式と人工地層の地質構成の側方変化および液状化—流動化部分の関係を検討した。

本調査にあたり、事前に斜面調査用簡易貫入試験を2側線において1~2m間隔で行い(亀山ほか, 2014)、地層採取地点を決定し、この結果を考慮して地層採取方法を検討し(重野ほか, 2014)、採取試料を現地にて地層剥ぎ取り転写を行い、液状化—流動化部分の認定を行った。剥ぎ取り転写法は奈良国立文化財研究所埋蔵文化財センター(1980)を改良して行った。現段階で明らかになってきたことは以下のとおりである。

1. 人工地層の厚さは5~7mで、沈下部分で厚い傾向がある。これは、事前の貫入試験の予想とは異なっていた。

2. 人工地層は大きく地表付近の盛土層アソシエーション*とこの下位のサンドポンプ工法による埋立上部層アソシエーション・埋立下部層アソシエーションから構成され、埋立上部層アソシエーションは最上部・上部・下部・最下部のバンドル*に分かれる。各層の層相と液状化—流動化部分は以下のとおりである。

盛土層アソシエーション: 厚さ1.5~2.2mで、シルト礫や硬質礫を含む砂混じりシルト層~シルト質細粒砂層である。黄褐色および灰色の噴砂脈がみられる。表層部は厚さ5cmのアスファルト・25~30cmの碎石層が重なる。

埋立上部層アソシエーション最上部バンドル: 厚さ0.2~0.8mで、ラミナの発達する黄褐色細粒砂~中粒砂層である。基底の0.1~0.3mは粗粒砂から極粗粒砂混じりの貝殻片密集層である。上部にラミナ消失部がみられる。

埋立上部層アソシエーション上部バンドル: 厚さ0.4~1.8mで、灰色の中粒砂中に貝殻片密集層が頻りに挟まれる。中粒砂層はラミナが消失し緩い。

埋立上部層アソシエーション下部バンドル: 厚さ0~1.8mで、灰色シルトからなる。下部にスランプ構造がみられ、これを覆って成層したシルト層が重なる。

埋立上部層アソシエーション最下部バンドル: 厚さ0.7~1.8mで、灰色の貝殻片質の中粒砂中に貝殻片密集層が頻りに挟まれる。頂部の厚さ20cmはラミナが消失し、この直上のシルト層中に砂脈として貫入している。

埋立下部層アソシエーション: 厚さ0.5~3.5mで、人自不整合の凹部を埋めるように分布する。黄褐色細粒砂~中粒砂層からなり、淘汰は非常によく、ラミナが発達し、比較的しまっている。京葉線以北の干潟部分を埋立てた際に、埋立層の一部が沿岸流などにより運ばれ堆積した人自層の可能性もある。

上記状況から液状化—流動化現象に係ることとしては以下の点があげられる。

1. 上部層最上部・上部層上部・上部層最下部の頂部において部分的に液状化—流動化が発生した。

2. 上部層下部の泥層が薄くなり、上部層上部の厚くなる部分において大きな沈下が見られることから、上部層上部の液状化—流動化現象が沈下に大きくかかわっている可能性がある。

*アソシエーション・バンドルは人工地層記載用語(Nirei et al., 2013: Episode)による。

HQR24-08

会場:313

時間:5月1日 16:45-17:00

キーワード: 液状化-流動化, 2011年東北地方太平洋沖地震, 東京湾岸埋立地, 人工地層, 地層断面調査, メカニズム
Keywords: Liquefaction-Fluidization, The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Tokyo bay reclaimed land, Man-made Strata, Geological survey by continuous box core, Mechanism

勇払平野と支笏火砕流台地の上部第四系層序 Revised stratigraphy of the upper Quaternary in Yufutsu Plain and Shikotsu Pyroclastic flow upland, central Hokkaido

小松原 純子^{1*}; 小松原 琢¹; 田辺 晋¹; 本郷 美佐緒²; 植木 岳雪³; 中島 礼¹; 石原 武志¹
KOMATSUBARA, Junko^{1*}; KOMATSUBARA, Taku¹; TANABE, Susumu¹; HONGO, Misao²; UEKI, Takeyuki³; NAKASHIMA, Rei¹; ISHIHARA, Takeshi¹

¹ 産業技術総合研究所, ² アルプス調査所, ³ 千葉科学大学

¹AIST, ²Alps Technical Research laboratory Co. Ltd., ³Chiba Institute of Science

北海道勇払平野と支笏火砕流台地で行った計3本のボーリングコアをもとにこの地域の地下地質層序を再検討した。堆積相、貝化石群集、花粉化石群集、古地磁気測定、放射性炭素年代、珪藻化石群集に基づき、これら3本のコアと周辺の既存研究を比較した結果、これまで石狩低地帯南部の上部第四系の模式層序として対比・編年に使われてきた層序を一部修正する必要があることがわかった。

勇払平野と支笏火砕流台地は石狩低地東縁断層帯の南西側に位置し、伏在活構造が存在すると考えられてきたが、その変位速度や連続性ははっきりとはわかっていなかった。また、支笏火砕流台地では層序ボーリングがこれまで行われていなかったため、基本的な層序についてよくわかっていない。そこで勇払平野から支笏火砕流台地にかけての層序を確立し、活構造の調査に役立てるため、3箇所で行った。ボーリングを行った場所は海岸付近の2点 (BT1、YF1)、台地中央部の1点 (CT1) である。BT1は勇払背斜の背斜軸上、YF1は背斜の西翼にあたり、両者は4.25km離れている。

BT1 コアには *Fagus* の花粉を多量に含み MIS11 に対比されるユニット、および冷涼な気候の花粉を産し MIS7 に対比されるユニットが確認された。CT1 コアには MIS7 の海成層、MIS6 の礫層、MIS5 の海成層が確認された。MIS7 の海成層には2層の未同定テフラが含まれ、これは支笏火砕流台地以北まで追跡できる可能性がある。

キーワード: 石狩低地, 勇払平野, ボーリング調査, 第四系層序, 更新統

Keywords: Ishikari lowland, Yufutsu plain, boring survey, Quaternary stratigraphy, Pleistocene

5 万分の 1 地質図幅「茂原」の概要 Geological overview of the Mobara District: Quadrangle Series, 1:50000, GSJ/AIST

七山 太^{1*}; 中里 裕臣²; 大井 信三³; 中島 礼¹
NANAYAMA, Futoshi^{1*}; NAKAZATO, Hiroomi²; OOI, Shinzou³; NAKASHIMA, Rei¹

¹ 産業技術総合研究所 地質情報研究部門, ² 農研機構 農村工学研究所, ³ 国土地理院
¹Geological Survey of Japan, AIST, ²NARO, ³GSI

平成 22-25 年度に産総研・地質調査総合センターによって 5 万分の 1 地質図幅「茂原」の調査が実施された。このポスター発表においては、その試作版を提示し、各位から幅広く意見を徴収する予定である。

茂原図幅の区画は、千葉県房総半島中東部に位置し、北緯 35° 20' 11.8" -35° 30' 11.8", 東経 140° 14' 48.2" -140° 29' 48.1" (世界測地系) の範囲を占める。本地域の全域が千葉県に属し、茂原市、千葉市、市原市、大網白里市、長生郡長南町、同長柄町、一宮町、長生村、いすみ市の各自治体が所轄している。

図幅内の地形は大きく丘陵、台地及び低地に区分される。本図幅の西域を占める上総丘陵は、房総丘陵の北東部にあたる。台地は、図幅の北西端部に下総台地が小規模に分布している。両者の間は太平洋に注ぐ一宮川水系と東京湾に注ぐ村田川水系の分水界となっている。また、図幅の南東部には夷隅川水系が小規模に認められる。

上総丘陵を構成する地質は下部-中部更新統の上総層群であり、下位から大田代層、梅ヶ瀬層、国本層、柿の木台層、長南層、笠森層および金剛地層に区分されている。本層群は深海-浅海成の泥岩砂岩互層、砂質泥岩、泥質砂層等の半固結堆積物からなり、下位は深海底、上位は陸棚で堆積したと解釈されている。地層は北東-南西方向の走向を持ち、北西方向に 0-5° 緩く傾斜し、北西に向かって地層が新しくなっている。

一方、下総台地には MIS5e に形成された上位段丘が分布し、下総層群木下層を段丘構成層として、その上位に Hk-KIP 群の軽石層より上位のテフラ群を挟む下末吉ローム層をのせる。また、木下層の砂層とローム層の間に常総粘土と呼ばれる粘土層が堆積している場合もある。この台地面は、本図幅内では 60m 前後から 130m 前後までの高度で分布し、台地の南端部で高く約 130m を示し北に行くに従って高度を下げていく。

キーワード: 千葉県, 茂原地域, 5 万分の 1 地質図幅, 地質, 地形, 概要

Keywords: Chiba Prefecture, Mobara District, Quadrangle Series, 1:50000, GSJ/AIST, Geology, Geomorphology, overview

駿河湾北岸域の清水低地および三保半島における地下地質調査 Subsurface geology of the Shimizu Loland and the Miho Peninsula along the northern Suruga Bay, central Japan

石原 武志^{1*}; 水野 清秀¹
ISHIHARA, Takeshi^{1*}; MIZUNO, Kiyohide¹

¹ 産業技術総合研究所

¹ Geological Survey of Japan, AIST

産総研では、沿岸域の地質・活断層調査の一環として、平成 25 年度に駿河湾北岸地域を対象とした調査を進めている。本発表では、駿河湾北岸域の清水低地および三保半島における陸域地下地質調査の進捗を報告する。

静岡県清水低地は駿河湾奥の西岸に位置し、北側の庵原山地と南側の有度丘陵に挟まれた東西にのびる低地で、低地中央部を巴川が東へ向かって流れている。海岸部には大きく 3 列の砂州地形が発達し（松原，2000）、その背後に巴川の背後湿地が広がる。また、低地南側の有度丘陵の南東縁から、北東方向に複合砂嘴が発達し、三保半島を形成している。

本研究では、清水低地、三保半島周辺の既存ボーリング柱状図資料約 3,000 本を収集し、低地の地下地質構造を検討した。また、三保半島ではボーリング資料の不足を補うため、半島先端部の東海大学敷地内でオールコア（GS-MMB-1 コア；掘削長 70 m，標高 1.403 m）を掘削した。

GS-MMB-1 コアの堆積物は下位から、礫混じり粗砂～砂礫層（標高-56.7～-68.6 m）、シルト質細砂～砂質シルト層（以下砂泥層；標高-24.8～-56.7 m）、礫混じり粗砂～砂礫層（標高 0～-24.8 m）、表土（標高 1.4～0 m）に区分される。中部の砂泥層は全体に生痕や貝殻片が見られ、所々淘汰の良い細砂層を 5～10 cm の層厚で挟む。上部の礫混じり粗砂～砂礫層は現成の砂嘴を構成する堆積物と考えられる。中部の砂泥層はやや固結しており、最終間氷期以前の海成層の可能性がある。現在、砂泥層の花粉化石分析と砂泥層から採取した貝化石の放射性炭素年代測定を行っており、その結果を合わせて報告する予定である。

清水低地の地下には N 値 50 を超える礫層や砂層、N 値 20～50 の泥層が分布し、これらが沖積層の基盤を構成している。これらは主に有度丘陵を構成する更新統の堆積物とされる（松原，1997 など）が、有度丘陵構成層との連続性についてはよくわかっていない。巴川左岸の東海道新幹線～国道 1 号線付近から低地北東部の秋葉山などの孤立した丘陵群にかけての地域では、標高-5 m 以上に沖積層基盤が分布し、丘陵群に向かって高くなる。また、有度丘陵の北東縁から東縁部にかけても、標高-5 m 以上に沖積層基盤が分布し、有度丘陵から離れるにつれて標高-15～-20 m 程度まで高度を減じる。巴川右岸沿いには、これらの基盤を切り込んだ谷地形が東西方向に認められ、埋没谷基底の礫層の標高は、静清バイパス～国道 1 号線付近で-30～-35 m に達する。一方、現在の巴川河口から清水駅付近では、標高-15～-25 m 付近に N 値 50 以上の礫層や砂層が分布しており、埋没谷は低地の沿岸部から内陸部へ向かって高度を減じているように見える。

松原（1989）は、清水低地の海成沖積層の上限高度分布から、清水低地沿岸部が隆起し、内陸部が沈降する地殻変動様式が存在する可能性を指摘している。また、小林・北村（2013）は、清水低地の沿岸部で掘削したボーリングコアの解析から、同地域が過去 8,800 年間に約 20 m 隆起したことを示した。埋没谷の縦断面形が上流側へ逆傾斜しているように見えるのは、清水低地の地殻変動様式を反映した結果である可能性が考えられる。

文献

小林・北村（2013）. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, MIS25-16.

松原（1989）. 地理学評論, 62, 160-183.

松原（1997）. 湘南国際女子短期大学紀要, 4, 11-25.

松原（2000）. 地理学評論, 73, 409-434.

キーワード: 清水低地, 三保半島, 地下地質, ボーリング

Keywords: Shimizu Loland, Miho Peninsula, Subsurface geology, Boring survey

ラビーンメント面を用いた構造運動像の復元：大阪平野の表層地質の例 Reconstruction of tectonic movements using ravinement surfaces: A case study for the subsurface geology of the Osaka

櫻井 皆生^{1*}; 増田 富士雄²
SAKURAI, Minao^{1*}; MASUDA, Fujio²

¹ 同志社大学理工学研究科, ² 同志社大学理工学部

¹Graduate School of Science and Engineering, Doshisha University, ²Faculty of the Science and Engineering, Doshisha University

ラビーンメント面は、海進期に波浪や潮汐の作用で海底が平坦化された面で、海進期堆積物中に明瞭な侵食面として記録されている。変形していない初期のラビーンメント面は、陸-海方向の地質断面では海側に緩く傾斜した直線で描くことができる。これと構造運動によって変形した下位のラビーンメント面とを比較することによって、下位の地層が堆積した後に受けた構造運動の復元に利用できる。例えば、上下のラビーンメント面が平行な場合は、地盤が一定の沈降もしくは上昇の傾向にあることがわかる。これに対して、下位のラビーンメント面の海側がより傾動している場合は、海に沈降の中心があり、これとは逆センス場合は、陸側が沈降していたことが分かる。このような断面解析をあらゆる方向で行うことによって、構造運動の3次元的な復元が可能である。また第四紀層の多くのラビーンメント面は、氷河性海水準変動の海進と関連して形成されることから年代が特定でき、構造運動速度の見積もりにも有用である。

このラビーンメント面を用いた構造運動像の復元方法を、日本の島弧内堆積盆地のひとつである大阪平野の表層地質に適用した。この解析にはボーリングデータベースから作成したボーリング柱状図列の断面図を用いた。その結果、陸側の隆起と海側への傾動が、撓曲に伴う比較的大きな隆起、背斜翼部での一定速度の傾動などが検出できた。

キーワード: ラビーンメント面, 構造運動, 島弧内堆積盆地, 第四紀, ボーリングデータベース
Keywords: ravinement surface, tectonic movement, intra-arc basin, Quaternary, drilling database

2011年東北地震津波における沖防波堤の役割とリカバリーの関係 Effects of the offshore barrier against the 2011 Tohoku Earthquake Tsunami and related Recovery Process

森 信人^{1*}; ウィリアム プリンゲル¹; 米山 望¹
MORI, Nobuhito^{1*}; WILLIAM, Pringle¹; YONEYAMA, Nozomu¹

¹ 京都大学防災研究所

¹ Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

In this study, the effectiveness of an offshore breakwater for the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake Tsunami was examined by two-dimensional (2D), quasi three-dimensional (quasi-3D) and three-dimensional (3D) numerical models. First, both 3D numerical models were applied to the behavior of tsunami inundation for Kamaishi Bay in Iwate Prefecture where an offshore deep-water breakwater was installed against an assumed tsunami before 2011. The numerical results indicate 20% error of maximum inundation height compared with the post-event tsunami survey on the land. It is found that the offshore breakwater significantly reduced the tsunami height on the land. The reduction of tsunami height on the land gave about 30% tax revenue in comparison with similar locations with or without breakwater. Based on the results the construction and or rebuilding of damaged offshore breakwaters can be considered as a viable option against tsunami particularly in vulnerable areas

キーワード: 津波, 沖防波堤, 減災, リカバリー

Keywords: tsunami, offshore barrier, disaster reduction, recovery

東北大学農学研究科の東日本大震災復興支援：食・農・村の復興支援プロジェクト
と津波塩害農地復興のための菜の花プロジェクト
**The Agri-Reconstruction Project and Rapeseed Project for Restoring Tsunami-Salt-Damaged
Farmland after the GEJE**

中井 裕^{1*}; 西尾 剛¹; 北柴 大泰¹; 南條 正巳¹; 齋藤 雅典¹; 伊藤 豊彰¹; 大村 道明¹; 阿部 美幸¹; 大串 由紀江¹
NAKAI, Yutaka^{1*}; NISHIO, Takeshi¹; KITASHIBA, Hiroyasu¹; NANJO, Masami¹; SAITO, Masanori¹; ITO, Toyoaki¹;
OMURA, Michiaki¹; ABE, Miyuki¹; OGUSHI, Yukie¹

¹ 東北大学大学院農学研究科

¹Tohoku Univ, Grad School Agricultural Sci.

The Graduate School of Agricultural Science, Tohoku University, launched an Agri-Reconstruction Project in 2011 immediately after the March 11 Great East Japan Earthquake disaster, and this continues to date. The project's objective is to support the agricultural, forestry and fisheries reconstruction process in the tsunami disaster area. The activities have been implemented through more than 40 research projects along the Tohoku region including the Rapeseed Project for Restoring Tsunami-Salt-Damaged Farmland.

Immediately after the disaster, damaged farmlands were surveyed and salt-tolerant rapeseed varieties from Brassicaceae and related species were used to restore the soil. The plants came from the gene bank developed at the Graduate School of Agricultural Science, and were planted on damaged farmland in Sendai, Iwanuma and Higashi Matsushima cities. The varieties used to restore the soil depended on the specific damage.

As part of the project, the production and sale of edible as well as fuel oil obtained from rapeseed plants was organized in coordination with the Miyagi Prefecture Sendai City government, a number of private companies and other partners. This enterprise continues to date.

Besides using the salt-tolerant varieties of Brassicaceae plants in tsunami-damaged fields they are also used overseas in the rehabilitation of salt-damaged farmlands.

Keywords: earthquake, tsunami, reconstruction, rapeseed, salt damage

東日本大震災当時における漁師の避難行動及び漁港の復興状況
Evacuation response of fishermen during the 2011 Great East Japan Tsunami and present recovery status

Suppasri Anawat^{1*}; 保田 真理¹; 安倍 祥¹; 福谷 陽¹; 今村 文彦¹
SUPPASRI, Anawat^{1*}; YASUDA, Mari¹; ABE, Yoshi¹; FUKUTANI, Yo¹; IMAMURA, Fumihiko¹

¹ 東北大学災害科学国際研究所

¹International Research Institute of Disaster Science (IRIDeS), Tohoku University

The 2011 Great East Japan tsunami severely damaged or destroyed most of the fishing ports and facilities along the Sanriku coast. Fishing boats can be considered as the most important thing for fishermen as their activities are mostly depending on their boats. By getting out offshore to protect their boats from tsunamis is a custom in Japan but this is considered as a risky action. Interviews with fishermen were conducted to investigate their evacuation response, experience and opinion of the recovery status after the 2011 tsunami. We found that most of fishermen who did not decide to get out offshore but evacuated to high ground was although felt deploring in losing their boats but in all cases, they believed that their own lives are the most important. Knowing about tsunami characteristic of fishing port is also important. Tsunami generally arrives the Sanriku areas as fast as 30 min because of the deep sea and short distance from the earthquake epicenter. By this reason, boats can reach to the safety zone of 50 m sea depth very soon as well. However, boats in Sendai Plain will need about one hour to the deep sea. For the recovery, all of the villages are still facing problems resulting from land subsidence when the ports are partly submerged during high tide. In addition, land ownership is another issue that delays any recovery process as local governments need their permissions before doing any kind of construction. Although there are some small differences in detail, they have decided to move the entire community to high ground. Local residents feel that constructing high seawalls are unnecessary because there will be no more houses on the low part of the land and the local governments are trying to solve these problems neutrally.

Keywords: 2011 Great East Japan tsunami, Tsunami evacuation, Fishing port

A method to determine the area of tsunami inundation level 1 and level 2 for pre- and post-disaster situation

A method to determine the area of tsunami inundation level 1 and level 2 for pre- and post-disaster situation

MUHARI, Abdul^{1*} ; IMAI, Kentaro¹ ; SUGAWARA, Daisuke¹ ; IMAMURA, Fumihiko¹
MUHARI, Abdul^{1*} ; IMAI, Kentaro¹ ; SUGAWARA, Daisuke¹ ; IMAMURA, Fumihiko¹

¹IRIDeS, Tohoku University

¹IRIDeS, Tohoku University

After the 2011 tsunami, a new approach in the land use planning is introduced and starting to be applied in some areas in Japan. An area that is likely to be affected by the high frequency, but low impact tsunamis -calling as Level 1. It will be used in a separated function in an area that is likely to be affected by low frequency but high impact tsunamis -calling as Level 2. The countermeasures adopted in both areas are different as well. The physical structures will be improved to minimize the effects of the medium-to-low tsunamis to human as well as prosperies in the area of tsunami Level 1. In the area of tsunami Level 2, the coverage of flooded area is much wider. Thus, evacuation facilities and education are the major efforts to save lives. This study aims to address the process on how we can distinguish the boundary between area Level 1 and Level 2. We firstly exercise the use of numerical simulations to establish the framework in assigning area Level 1 and Level 2 at a post-disaster area. Next, we examine the possibility to apply similar techniques in a pre-disaster area. We demonstrate that distinguishing areas of tsunami inundation Level 1 and Level 2 is not only important for the reconstruction in the post-disaster areas, but also necessary to mitigate the future tsunamis in pre-disaster areas.

キーワード: Tsunami inundation area Level1, Tsunami inundation area Level2, numerical simulation, GIS modeling
Keywords: Tsunami inundation area Level1, Tsunami inundation area Level2, numerical simulation, GIS modeling

先進的な地震津波研究—地震津波の被害軽減を目指して—
Advanced researches of Earthquakes and Tsunamis -Towards disaster mitigation on Earth-
quakes and Tsunamis-

金田 義行^{1*}; 川口 勝義¹; 荒木 英一郎¹; 松本 浩幸¹; 中村 武史¹; 神谷 眞一郎¹; 有吉 慶介¹; 堀 高峰¹; 兵藤 守¹; 高橋 成実¹; 馬場 俊孝¹; 中野 優¹; 崔 鎮圭¹; 西田 修平¹
KANEDA, Yoshiyuki^{1*}; KAWAGUCHI, Katsuyoshi¹; ARAKI, Eiichiro¹; MATSUMOTO, Hiroyuki¹; NAKAMURA, Takeshi¹; KAMIYA, Shinichiro¹; ARIYOSHI, Keisuke¹; HORI, Takane¹; HYODO, Mamoru¹; TAKAHASHI, Narumi¹; BABA, Toshitaka¹; NAKANO, Masaru¹; CHOI, Jin-kyu¹; NISHIDA, Shuhei¹

¹ 海洋研究開発機構

¹ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Based on lessons learned from the 2011 East Japan Earthquake/Tsunami, we recognized the importance of real time monitoring of these natural hazards. As a real time monitoring system, DONET1 was already deployed and DONET2 is being developed constructing the dense ocean floor networks around the Nankai trough Southwestern Japan. DONET observatories detected offshore tsunamis 15 minutes earlier than onshore stations at the 2011 East Japan Earthquake, and provided the significant information of the tsunami amplification process between off shore and on shore. Using these systems, we can detect not only early earthquakes and tsunamis but also low frequency tremors, slow earthquakes and micro earthquakes in the inter-seismic or pre-seismic stage, which provide useful information for the estimation of seismic stage. As the conclusion, the integration of the real time monitoring data and advanced simulations such as the recurrence cycle of mega thrust earthquakes, tsunami inundation, seismic response on buildings/cities and evacuation, is the very important methodology towards future disaster mitigation programs and related measures. We will explain disaster mitigation researches on earthquakes and tsunamis around the Nankai trough.

津波災害からの復興過程における社会文化的・経済的側面に関する考察—宮城県南
三陸町の集落を事例に
**Sociocultural and Economic Aspects in Restoration after Tsunami Hit: Minamisanriku,
Miyagi, Japan**

木村 直子^{1*}
KIMURA, Naoko^{1*}

¹ 京都大学大学院地球環境学舎
¹GSGES, Kyoto University

This research discusses sociocultural and economic aspects through description of initiatives taken by local people and organizations in Utatsu area, Minamisanriku, Miyagi Prefecture, for reconstruction after the Great East Japan Earthquake and huge tsunami hit in March 2011. Utatsu is located on the coast of Isatomae-Bay, the Pacific Ocean. The key industry of town is fishery, however, the number of people involved in fishery has decreased since 1990, and the town also has issue related to aging of population year by year. Like any afflicted people by huge tsunami induced by the earthquake, Utatsu residents had to move to another area located higher hillside and start to rebuild their life. This research focuses on two initiatives: a painting-art project and *miso* factory (*miso* is fermented soybean paste, a traditional preservative food in Japan) managed by local housewives. Interviews were conducted to some key stakeholders of those initiatives, and its results were qualitatively analyzed. The interview revealed some positive changes in mind among participants, especially young generation, as well as problems and obstacles long-deep rooted in the local socio-economic structure of the area, for example, mental conflicts between communities, concerns to influence of radionuclides from Nuclear Power Plant accident in Fukushima. The research concludes with a view regarding a possible way forward to their sound rebuilding and reconstruction.

Keywords: tsunami, reconstruction, community, sociocultural and economic aspects, Minamisanriku

Living with Natural Hazards; Tsunami Living with Natural Hazards; Tsunami

Santiago-Fandino Vicente^{1*}
SANTIAGO-FANDINO, Vicente^{1*}

¹Independent Environmental Advisor

¹Independent Environmental Advisor

Tsunamis are a common natural hazard originated by earthquakes, landslides, volcanic eruptions and even meteorological conditions. These events have hit coastal areas particularly along the Pacific Ocean (Rim of Fire), Eastern Mediterranean Sea and the northern part of the Indian Ocean resulting in large impacts to the environment and coastal settlements.

Adaptation by organisms and ecosystems after being hit by tsunamis follow nature's processes for adaptation to the new realities, which also applies in the case of mankind but in this case intelligence, reasoning and complex social structures makes the process more complex reflecting in turn in how the restoration and reconstruction process may develop and its success.

Efforts made to reconstruct and restore impacted areas have proven to be very complicated and controversial oftentimes, this mainly due to differences of opinion on the approaches to be taken and decision-making processes added to the societal aspects. Moreover, lack of direct and effective participation of impacted communities, sectorial and top down decision-making further exacerbates the debate resulting in reducing trust by the locals, diminished resilience and increases emigration amongst other aspects.

Tsunamis are complex natural events requiring the integration of sound research and knowledge, the same is required to understand local communities where traditions, customs and societal components are crucial before decision making. Living in Tsunami exposed areas call for building trust with authorities as well as developing early warning and disaster prevention policies, appropriate defence systems and mechanisms, provision of education and awareness raising as well as the understanding of the affected communities needs, capabilities as well as their customs and traditions together with their living environment. Proactive and integrative policies rather than sectorial and reactive top down ones bring all these elements together whereby strengthening local communities, increasing resilience and allowing the reconstruction and restoration process to be effective and successful.

HSC04-01

会場:315

時間:5月2日 16:15-16:30

東日本大震災における津波災害地域の地域コミュニティー活動 Local community and Tsunami-lesson from 2011 eastern Japan mega earthquake

春山 成子^{1*}
HARUYAMA, Shigeko^{1*}

¹ 三重大学
¹ Mie University

阿武隈川河口部以南地域における 2011 年津波災害の被災地域において地形・土地利用と被災との関係を明らかにし、土地利用現況の中での地域コミュニティーの災害軽減にかかわる活動を比較検討した。その結果、自主防災組織の活動内容が災害軽減の一つのファクターであったことがわかった。

キーワード: 津波, 地域コミュニティー, 地形
Keywords: Tsunami, Local community, landform

Fluvial Environmental Changes of the Ayeyarwady Delta: Case Study for Nyaungdon Borecore Area
Fluvial Environmental Changes of the Ayeyarwady Delta: Case Study for Nyaungdon Borecore Area

KAY THWE, Hlaing^{1*} ; SHIGEKO, Haruyama² ; AYE, Maung maung³
KAY THWE, Hlaing^{1*} ; SHIGEKO, Haruyama² ; AYE, Maung maung³

¹Researcher, Graduate School of Bioresources, Mie University, ²Professor, Graduate School of Bioresources, Mie University,

³Professor, Department of Geography, University of Yangon

¹Researcher, Graduate School of Bioresources, Mie University, ²Professor, Graduate School of Bioresources, Mie University,

³Professor, Department of Geography, University of Yangon

The Ayeyarwady River is one of the largest rivers in Myanmar and drains an area of 85,534 km². The study area is mainly located in the central part of deltaic of the Ayeyarwady River belonging to Nyaungdon Township, Ayeyarwady Region. The main purpose of this study is to clarify geomorphologic land classification mapping and fluvial features of the Ayeyarwady River Delta derived from aerial photos, Landsat +ETM7 Global Digital Elevation Model Version 2 with GIS and RS linkage and to check long term natural environmental restoration of the lower Ayeyarwady River at Nyaungdon drilling point in Ayeyarwady Region. The volume of sediment deposited rate and discharge rate should be accumulated rapidly before Holocene period because we could clarify with the results of ¹⁴C dating of the organic materials including each layer and all core drilling samples, concept of paleo-geography and geomorphologic evolution, landform development of the study area.

キーワード: Ayeyarwady River Delta, Geomorphologic land classification map, sedimentary facies, drilling bole core, discharge, radiocarbon age

Keywords: Ayeyarwady River Delta, Geomorphologic land classification map, sedimentary facies, drilling bole core, discharge, radiocarbon age

The Impact of Joint Forest Management on Household Income and Forest Condition: The Case of Madhya Pradesh, India

The Impact of Joint Forest Management on Household Income and Forest Condition: The Case of Madhya Pradesh, India

櫻井 武司^{1*}; 井坂 將²
SAKURAI, Takeshi^{1*}; ISAKA, Masashi²

¹ 一橋大学経済研究所, ² 一橋大学大学院経済学研究科

¹Institute of Economic Research, Hitotsubashi University, ²Graduate School of Economics, Hitotsubashi University

Joint Forest Management (JFM) is a benefit-sharing scheme between rural households and the state government. Rural households are the user of forest resources for their livelihood, such as grazing, fuel woods, wild foods, etc., while the state government is the owner of the forest land and trees in the forest and makes revenue from the sales of forest resource such as timber, medicinal plants, etc. In the past, the state government used to protect the state forest from rural households, but the protection had been becoming more costly due to the increasing population and as a result forest resources had been depleted. JFM scheme was formally introduced by the central government in 1988 to provide rural households with incentive for forest management by benefit sharing, and each state government adopted JFM since then. Under JFM scheme, rural households have to regulate their use of forest resources for their livelihood and they are promised to will a significant share (e.g. 50%) of timber sales revenue.

Although JFM has been implemented for almost 20 years in most states in India, its impact on the welfare of rural households and forest condition has rarely investigated quantitatively. Thus, the objective of this paper is to tackle this remaining question. This paper utilizes a two-year panel data of 360 households and the satellite images of forest around their residential places. The panel data were collected in 1998 and 2008 in 60 villages spread over 6 districts in Madhya Pradesh.

Our analyses show that JFM neither increased nor decreased household income per capita although household income per capita increased significantly during the 10 year period investigated. It implies that the restriction of forest use did not have any negative effect on the welfare of rural households, but that the benefit sharing was not realized or did not increase household income. The latter is consistent with the fact that most timber trees are still immature to harvest. On the other hand, forest condition was improved during the 10 year period in villages where JFM was implemented. The improvement of forest resources is considered to be caused by forest protection from grazing and tree plantation as part of JFM activities. In conclusion, the state government has benefited from JFM, while rural households have not benefited from JFM although they have not decreased their welfare at least in the short-run.

Keywords: joint forest management, impact assessment, panel data, household income, forest condition, India

インドにおける中間地域の成立と土地利用・被覆変化ーマイソール市の事例からー
Forming the Inter-mediate Region between Urban and Rural in India - a case of Mysore
city, Karnataka -

サンデラジアルン ダス¹; 木本 浩一²; R. ウマカントウ¹; HR Vishwanatha^{1*}
SUNDERRAJ, Arun das¹; KIMOTO, Koichi²; R., Umakanth¹; HR, Vishwanatha^{1*}

¹マイソール大・地理, ²広島女学院大・国際教養
¹University of Mysore, ²Hiroshima Jogakuin University

The fragmentation of agricultural land due to inheritance and partial selling has put the farming community into marginal farmers. A marginal farmer owning less than one acre of land, losses complete livelihood from his land. He becomes a partial non agriculture worker along with his farming occupation. Ultimately, leading to permanent change in occupation. In the later period he disowns the farming activity and migrates to the fringe of the nearby city. The CBD pressure on fringe begins as ripples from the city towards fringe. Consequence of this the fringe pressure ripples towards the farming and forest land. This has vice versa effect from Rural to Urban Fringe. The rural pressure which emanates from outer country land towards city mounts up its pressure on Fringe.

This paper discusses about the process of expanding cities, its pressure on fringe, the rural farming land, shifting occupation and bouncing effect towards city. A fast growing city like Mysore city bounded by farming land of Mysore and Chamaraja districts is a good example to explain the situation of many cities of India which are experiencing similar process and bouncing effect.

キーワード: 中間地域, 土地利用・被覆変化, 人口圧, 都市・農村, インド

Keywords: Inter-mediate Region, Land Use and Cover Changes, Population Pressure, Urban - Rural, India

中国における市街地面積の経年的傾向—統計データによる予察的考察
Time-serial trend of built-up area of China - A preliminary consideration of statistical data

土居 晴洋^{1*}
DOI, Haruhiro^{1*}

¹ 大分大学教育福祉科学部

¹ Faculty of Education and Welfare Sciences, Oita University

The research group of SLUAS (Research project of "Towards Sustainable Land Use in Asia" Grant-in-Aid for Scientific Research(S) 2009-2013, Yukio Himiyama) has executed several research field trips in various regions of China. The author fortunately has chance to join the field trips and to observe several land-use conditions and land-use changes on the way. As a result of those research field trips, the author confirmed that the built-up area remarkably expanded by fast growing economy of big cities in the coastal area such as Beijing and in those cities not only the industrial development but also the housing development and shopping malls are developed actively in the suburban area. On the other hand, the author also felt that the cities in the inland area, however, it is late comparatively its economic growth from the coastal region, a built-up area growth is generated recently by the industrial and housing developments in the high rise apartment building etc. The present study intends to confirm such a personal impression about recent built-up area growth of China by using statistical material.

The objectives of the research are as follows. First object is to confirm time serial feature of the built-up area expansion. Second is to analyse the relation between the built-up area expansion and population scale. Third is to confirm regional difference of built-up area expansion by using regional division in China. And forth is to consider factors or the background of the built-up area expansion. So the author analyses the relations among built-up area expansion, a population increase, and GDP indexes. Findings concerning obtaining by these objectives are beneficial to estimate how a spatial expansion of the China city will become in the future.

The author set up hypothesis obtaining by the research are as follows. One is that built-up area expands according to a population increase and economic growth of a city. Second is that structural change of an economic condition of a city such as secondary industry and tertiary industry is reflecting its expansion of built-up area of a city. Third is that the growth wave of a city spreads from the coastal region to the inland area.

キーワード: 市街地, 人口, 地域区分, 産業構造

Keywords: built-up area, population, regional division, economic structure

新疆における食糧生産の人間活動. 自然環境との関係に関する研究 Study on the relationship between human activities. natural environment of food production in Xinjiang

シャオケイテイ アジ^{1*}; 近藤 昭彦²
XIAOKAITI, Aji^{1*}; KONDOH, Akihiko²

¹ 千葉大学理学研究科, ² 千葉大学環境リモートセンシング研究センター
¹Graduate School of Sciences, Chiba University, ²CEReS, Chiba University

Maintaining the food production force is a basic condition for ensuring the food security in Xinjiang Uygur Autonomous Region. In this study, We have carried out the factors analysis from both sides of the natural and social factors on food production in Xinjiang, using the unit area production volume as the main indicator of food production. In order to understand the temporal change of the unit area production volume in Xinjiang at first, We extracted the unit area production volume data from the Statistical yearbook in Xinjiang, and analyzed the secular change of food production in Xinjiang. The result shows that the unit area production volume had been growing steadily over the 1990-2003, but shows an unstable state since 2004, and has been reduced in 2008; In order to understand the spatial variation of the unit area production volume, We have created a difference image using GIS technique, between 2008 when the unit area production volume reduced, and 2003 when the unit area production volume had been continued growth to analysis the regional changes of food production. It shows that the regions which the unit area production volume decreased are distributed more in the area of the north and east of Xinjiang in 2008 comparison to 2003.

In order to understand the change factor of food production, the analysis has been done on the causes of changes in food production in Xinjiang, by extracting the data of the chemical fertilizer that was used for the food production, irrigation area, agricultural machinery and the rural electricity from the statistical yearbook, The result shows that the effective irrigation rate in Xinjiang after 2005 was reduced by the loss of irrigation facilities and equipments, and it is confirmed that these area are substantially matches to the region in which the unit area production volume decreasing. The data of the agricultural production material price, commodity retail price, agricultural products purchase price are also used for the same analysis, It was estimated that the rise of agricultural production material prices, has become a factor in reduction of food production indirectly through reduced production cost in 2008 that unit area production volume was reduced.

On its outer, using the TRMM343 precipitation data and CRU TS3.21 temperature data, analyzed the natural factors of food production change. It shows that the trend of precipitation in decline, and the reduction position matches well with the area of unit area production volume are decreased. However, it is suspected that both of human activities and natural factors have been the impact jointly to the changes in food production in Xinjiang.

キーワード: 新疆ウイグル自治区, 食糧生産量, 人間活動, 自然環境, 地理情報システム

Keywords: Xinjiang Uygur Autonomous Region, Food production, Human activities, Natural environmen, GIS

HSC04-07

会場:315

時間:5月2日 17:45-18:00

Framing Land Use Sustainability Research in Future Earth Context Framing Land Use Sustainability Research in Future Earth Context

氷見山 幸夫^{1*}
HIMIYAMA, Yukio^{1*}

¹ 北海道教育大学
¹Hokkaido University of Education

The Future Earth Initial Design issued late in 2013 emphasizes the importance of land use research related with sustainability. What are written about land use are not particularly new to land-use specialists, but what is significant is that land use is considered as a priority concern of Future Earth. The paper discusses how to frame land use sustainability research in Future Earth Context based on the achievements and experiences of IGU-LUCC (International Geographical Union Commission on Land Use/Cover Change), GLP (Global Land Project), SLUAS (Towards Sustainable Land Use in Asia Project) and others.

キーワード: Future Earth, land use, GLP, IHDP, IGU-LUCC
Keywords: Future Earth, land use, GLP, IHDP, IGU-LUCC

地球研アーカイブスによる地球環境学際研究の成果利用 RIHN Archives - for transdisciplinary research on global environmental studies

安富 奈津子^{1*}; 関野 樹¹
YASUTOMI, Natsuko^{1*}; SEKINO, Tatsuki¹

¹ 総合地球環境学研究所

¹ Research Institute for Humanity and Nature

総合地球環境学研究所では、地球環境問題の根源としての人と自然の相互作用のあり方を解明することを研究所のミッションとして、多様な分野の研究者が所内外から集まり、相互に連携して研究に取り組んでいる。

研究所のプロジェクト研究は、研究期間を3ないし5年に限り、すべて任期付きの研究者によって進められており、今後の大型研究のあり方に一石を投じている。一方で任期付きの研究者が期間を限った研究プロジェクトを実施するため、いかに地球研らしい研究成果を地球研に積み上げていくか、ということが喫緊の課題となっている。

当研究所では、2007年度から地球研アーカイブスによって研究成果の蓄積と管理、研究資源の有効活用に取り組んでいる。2013年3月からは地球研アーカイブス・データベースを公開している。

データベースには出版物の書誌情報、成果報告書、外部評価、広報資料、フィールドで取得した資料の情報、観測データや地図データのほか、プロジェクト研究の履歴、行事のプログラム、一般向け講演の配布資料や録画などが収録されている。収録物は気候・気象、地理、水文水資源といった地球惑星科学にかかわる研究成果、文化人類学、生態学、公衆衛生、農学、言語学などさまざまな分野にまたがる統合的な研究成果が収められている。

したがって、地球研アーカイブスそのものが地球研で行われてきた統合的な地球環境研究の記録であるともいえる。また、地球研では毎年所内外から研究課題を公募しており、同時にこれまで進めてきた研究プロジェクトの成果を統合的に俯瞰し総合地球環境学を構築し、地球環境のあるべき姿を具現化するための研究が進められている。

地球研の多くの研究プロジェクトは、Future Earthの研究ミッションに資する研究の目的を掲げ、異分野研究者と研究対象地域の多様なステークホルダーを巻き込んだ研究体制によって実施されている。地球研自身もFuture Earth in Asiaにおいて中心的な役割を果たすことが期待されており、地球研アーカイブスは、学際的な新たな研究テーマを探すための資料庫としても有用である。

キーワード: 地球環境研究, 学際研究, 成果公開

Keywords: global environmental studies, interdisciplinary research, outreach

2011 東北大震災の2014年頃の復興状況と問題点 The reconstruction 2014 present circumstances after The 2011 TOHOKU Great Earthquake disaster

西澤 勝^{1*}
NISHIZAWA, Masaru^{1*}

¹ なし
¹ none

1. まえがき

筆者は2011.3月の東北大震災以後、主として津波被害による沿岸、液状化の調査での関東平野方面を歩きまわっていた。最近、地元仙台の街中を歩くことが多くなり、気付くことは、ビルやマンションの補修や解体工事が行われていることが目に付く。2年以上経てようやくそんな段階に来たかという思いである。気付いた点を列挙する。

2. 要点 (The main point)

(a) 阪神大震災でも述べたが、避難場所になっている学校の被害が仙台でも多い。傾いている学校もいくつかあると思う。生徒に健康被害が生ずることを恐れる。関東地方の液状化住宅では、すでに生じている。体育館は広く、柱が無いのであるから、特に建設時はこれに留意すること。

参照 西澤勝：阪神大震災の調査結果の感想、第21回日本環境学会講演集、1995

(b) 地盤がよいはずの正宗以来の一等地でビルやマンションが傾いている。岩盤まで基礎を打ち込んでないのでは。その他の地区でも傾いているビル、マンション等がある。同じ原因と思われるのが多い。裁判所も傾いているが、各地方裁判所は補強している所が多いように感ずる。

(c) 団地で崩壊したり、傾いている家もある。宅地造成あるいは販売会社は土地情報を持っているのであるから、何かの交渉、問い合わせは、どこにする場合も一戸、一戸で行なうのではなく、少なくとも町内単位で行うことをお勧めする。一戸(個人)では限界がある。

(d)(c)とも関連するが、自分達の被害を他人にしてもらおうというような“悪風”を感じると言う。金力、権力を恐れてのことと思われるが、それでは解決は“夢のごとし”。個人でなく、町内会単位のような団体で交渉せよ。マンション等も同じ。

(e) 震災地とは限らぬが、特に震災地は、人心が乱れている点もある。保険屋さんは、当り屋が多いと嘆き、風の便りでは、マンション等の被害の査定にもチョンボがあるとか、ないとかの“悪風”があちこちから吹いてくる。知事さん、市長・町長さんの強力なリーダーシップが要求される。

(f) 流言蜚語は震災等災害時には、つきものようである。寺田寅彦は“流言蜚語”で「適当な科学的常識とは、「科学的な省察の機会と余裕」を与え、こういう省察の行なはれるところには、流言蜚語の如きものは弱められる。」と記し、科学的常識の重要性を述べている。佐藤春夫は“サーベル礼賛”で、「今度の変事で最も感心したのは軍人の威力である」と述べ、自然の災害に対して、剣つき銃の出動を俟たざるかの如きは、最も不泰平の象ではあるまいか。軍隊が無かったら安寧秩序が保てなかったと考えると、礼賛すべきは、サーベルではあるまいかと当時の時代の先駆を自任する、天下の雑誌経営者諸君に語りかけている。金素雲は“真新しい名刺”と題して、日曜世界社長 西阪保治 を30年後に「聖書大辞典」の発行者である西阪氏のお名前を、今年になって新聞の寄稿でお見かけした。その時の名刺は、少しも汚れず、今も私の記憶の中に、真新しいまま保存されていると、記して、感謝と尊敬を示している。芥川龍之介は、“大震災雑記”(中央公論)、大正12年10月号で、“僕の所見によれば、善良なる市民と云ふものはボルシェヴィッキと●●●●(不逞鮮人)との陰謀の存在を信ずるものである。万一信じられぬ場合は少なくとも信じている顔つきを装はねばならぬ”と否定する菊池寛を善良なる市民と勇敢なる自警団の一員たる僕は菊池の為に惜まざるを得ないと述べる。善良なる市民になることは一兎に角苦心を要するものと述べている。

(g) 個人的意見の一つ。復興に、土地を嵩上げするという町もあるとか。時間と費用がかなりかかる。私はしっかりしたビルを街中に建設することを勧める。住宅と避難ビルを兼ねたものである。かなり、部屋はゆったり、屋上には緑地庭園など、住宅は高階に、家庭菜園も、港に近く。かなり大きくしっかりしたビルになる。時間も工期も費用も嵩上げよりは相当有利。震災後2年半以上経ちさらに数年(5~6年とか?)の時間は、耐え得るストレスとしては無理では。これだけの震災では、何か従来とは異なる方策が必要。多数集まれば、100%の意見の一致は絶対でないことも銘記すべし。

3. まとめ

ボランティアの若者を見ると、“若者に期待する”。ただ情熱と意気の他に寺田寅彦も言う通り、科学的常識、基礎的学問ももっと積んでほしい。“老いては子に従え”である。年寄は若者に実権を。アドバイスぐらいで。若者が成長しない。

キーワード: 2011 東北大震災, 住宅兼用避難ビル, 若者, 復興

Keywords: The 2011 TOHOKU Great Earthquake Disaster, The building serves both as a residence and refuge, youth, Recon-

HSC25-01

会場:421

時間:4月30日 09:00-09:15

struction

衛星データによる土地被覆分類のための季節景観情報の利用 Application of Information on Seasonal Landscapes for Landcover Classification by Satellite Data

黒木 貴一^{1*}
KUROKI, Takahito^{1*}

¹ 福岡教育大学
¹ Fukuoka Univ. of Edu.

衛星データで土地被覆分類を行う際、季節別の景観の影響を無視できない。このため解析では、有効な土地被覆分類ができる良い季節に取得されたデータを常に選定する必要がある。季節による景観変化は、自然条件に限らず人間活動でも引き起こされる。分類に使用されるデータの解像度が高いほど、結果には人間活動による景観への影響が増す。そこで分類に人間活動を考慮すると、自然条件に対し現実的ではない結果になると思われる。しかし私たちは人間活動に基づく土地被覆分類が自然条件の分類に与える影響と、その解決策に関しては、あまり興味を示さなかった。そこで本研究では、毎年景観変化が顕著な阿蘇山を対象に、人間活動に基づく季節別の土地被覆分類をまず実施する。次に、分類画像で識別できる人間活動の兆候などからその精度を確認する。最後に、その分類が阿蘇山の自然条件分類に及ぼした影響を検討し、自然条件の分類の問題に対する解決案を提示する。分類には2010年春、2006年夏、2008年秋、2007年冬に取得された4時期のALOSデータを使用した。対象地域を教師付最尤法により緑草、枯草、樹林、耕地、市街地、野焼きに6分類した。

全季節の土地被覆分類図では、カルデラ壁と中央火口丘山麓の樹林、カルデラ底の耕地と市街地に関しほぼ同じ分布を確認できた。一方外輪山と中央火口丘山腹では季節ごとに異なる項目の分布が示された。それらは9月に緑草、11月に緑草、耕地、枯草、2月に枯草、4月に緑草、枯草、野焼きである。つまり土地被覆分類画像では、季節による大きな景観変化が外輪山と中央火口丘山腹の草地で識別される。この景観変化の解釈から、草原管理組合の境界、野焼きの防火帯などの人間活動の兆候が鮮明に読み取れた。しかしその分類作業では、中央火口丘の頂上地域、中央火口丘の火口湖、溶岩円頂丘の開析谷、カルデラ壁の旧斜面崩壊地に対し、火山の自然条件を適確に示す分類画像を誘導できなかった。そこで、中央火口丘の頂上地域で、自然条件の区分毎にその分布をよく示す季節の分類画像を選定した。各画像の分類項目を自然条件の区分に再分類し、それに10の累乗の値を与えた。最後に各再分類結果による重ね合わせ分析から、火山の現実的な土地被覆分類結果を得られた。つまり本研究では、人間活動に基づく季節景観情報を用いて自然条件の特徴を示す土地被覆分類を精度よく実施できることがわかった。

キーワード: 阿蘇山, 土地被覆分類, ALOS, 季節変化, 自然条件

Keywords: Aso volcano, landcover classification, ALOS, seasonal change, natural condition

地理空間情報から地域の災害特性とそれに対応した被災情報収集を考える Disaster information gathering depend on the geographic characteristics zone using geospatial information

小荒井 衛^{1*}
KOARAI, Mamoru^{1*}

¹ 国土地理院
¹ GSI of Japan

演者はこれまでに、所属する機関の業務の一環として、災害発生直後の被災概要が明らかでない時点で、既存の地理空間情報を活用して、どのような情報発信が可能かを検討してきた。ここでいう既存の地理空間情報とは、10mDEM、シームレス地質図、地すべり分布図、地形分類データなどである。それらを使った早期の被害予想のアルゴリズムとして、斜面崩壊については「六甲式」をベースにした崩壊予想（神谷ほか、2012）や、震度と地形分類による液状化被害予想テーブル（小荒井、2013a）を提案し、地震時地盤被害予想システム（神谷、2013）として実装し、現在は国土地理院内で試験運用して、2013年3月の栃木県北部の地震や4月の淡路島の地震では概ね適切な予想を行っている。

一方で、事前の災害予想のためのデータとして、全国の地震による地盤災害特性データの作成（中埜ほか、2013）や災害特性による地理的地域特性区分（現時点では関東甲信越のみ試作）（小荒井、2013b）を行っている。前者については、このデータを中央政府に事前に提供する予定である。後者の地理的地域特性区分は、関東甲信越で約100の、全国で約500の地域に区分するもので、英国等では地域特性が同質の地域をゾーニングした地域区分ごと開発計画・保全計画を国レベルで策定しており、このような地理的地域特性区分に応じたインベントリーを作成することで、レジリエントな国土を形成するための国土計画の良き検討材料になると考える。このような視点で、このような地域区分やそのために必要な地理空間情報がどのように活用可能かの検討を、2014年春の日本地理学会のシンポジウム「レジリエントな国土・地域社会の構築に向けた地理学的課題」の中で議論する予定である。

本論では、この地理的地域特性区分が、国土計画レベルの長期的な活用だけでなく、災害早期対応にどのように適用可能かを考える。小荒井ほか（2014）は災害視点の地理的地域特性区分を15分類に体系化している。体系化した区分毎に起こりうる災害特性の違いがあり、その違いに応じた被災情報収集を考える必要がある。山地の斜面災害の場合、表層崩壊、地すべり、深層・山体崩壊などのパターンがあり、後者2つを起こしやすい地形・地質には特徴があるため、そのリスクの高い地域については、それ以外の地域とは違った災害情報収集が必要である。山地で最も大きな問題は孤立集落の把握であり、斜面崩壊箇所と道路ネットワーク情報の重ね合わせによる情報収集が重要となる。大規模な地すべりや山体崩壊を起こしうる地域については、大規模2次災害の危険把握の視点から土砂ダムによる湛水域の抽出が重要であるが、これについては衛星SARや航空機SARが有効であり、最近では2011年の紀伊半島の深層崩壊などで有効性を発揮している。平野部については、液状化の被害も深刻であるが、人命等も考えた上で早期の情報収集が必要なのは津波被害である。津波の浸水域の把握やモニタリングでは、2011年東日本大震災の事例では衛星SARが有効であった。しかし、早期に緊急援助をする視点からは壊滅的な被害を受けた地域の抽出が重要であり、小荒井ほか（2011）が写真判読で行ったような流出域、破壊域、浸水域程度の区分が、ポラリメトリーSARなどで自動的にいえるような検討が必要である。

引用文献

- 神谷泉（2013）：地震時の地盤災害のリアルタイムの予想，第42回国土地理院報告会。
神谷泉・乙井康成・中埜貴元・小荒井衛（2012）：地震による斜面崩壊危険度評価判別式「六甲式」の改良と実時間運用，写真測量とリモートセンシング，vol.51，no.6，381-386。
小荒井衛（2013a）：東日本大震災における液状化被害と地理空間情報を活用した液状化発生危険度の予想，GSJ地質ニュース，vol.2，no.12，361-366。
小荒井衛（2013b）：災害特性に基づく地理的地域特性区分と活用，都市計画，vol.62，no.6，44-47。
小荒井衛・岡谷隆基・中埜貴元・神谷泉（2011）：東日本大震災における津波浸水域の地理的特徴，国土地理院時報，122，97-111。
小荒井衛・Ye京祿・中埜貴元（2014）：地理学的地域特性区分についての考察，日本地理学会2014年春季学術大会。
中埜貴元・小荒井衛・乙井康成・神谷泉（2013）：全国の地震による地盤災害特性データの作成，日本地理学会2013年春季学術大会。

キーワード: 地理的地域特性区分, 地理空間情報, 被災情報収集, 災害早期対応, 合成開口レーダー

Keywords: geographic characteristics zone, geospatial information, disaster information gathering, emergency assistance at early stage, synthetic aperture radar

地域を対象とした詳細な津波ハザード評価への取り組み Towards detailed tsunami hazard assessment for specific regions

平田 賢治^{1*}; 藤原 広行¹; 中村 洋光¹; 長田 正樹¹; 大角 恒雄¹; 森川 信之¹; 河合 伸一¹; 青井 真¹; 山本 直孝¹; 村嶋 陽一²; 村田 泰洋²; 井上 拓也²; 斉藤 龍²; 松山 尚典³; 遠山 信彦³; 鬼頭 直³; 秋山 伸一⁴; 是永 眞理子⁴; 阿部 雄太⁴; 橋本 紀彦⁴

HIRATA, Kenji^{1*}; FUJIWARA, Hiroyuki¹; NAKAMURA, Hiromitsu¹; OSADA, Masaki¹; OHSUMI, Tsuneo¹; MORIKAWA, Nobuyuki¹; KAWAI, Shin'ichi¹; AOI, Shin¹; YAMAMOTO, Naotaka¹; MURASHIMA, Yoichi²; MURATA, Yasuhiro²; IN-OUE, Takuya²; SAITO, Ryu²; MATSUYAMA, Hisanori³; TOYAMA, Nobuhiko³; KITOH, Tadashi³; AKIYAMA, Shi'ichi⁴; KORENAGA, Mariko⁴; ABE, Yuta⁴; HASHIMOTO, Norihiko⁴

¹ 防災科研, ² 国際航業, ³ 応用地質, ⁴ 伊藤忠テクノソリューションズ

¹NIED, ²KKC, ³OYO, ⁴CTC

防災科研は、東北地方太平洋沖地震によって東日本にもたらされた甚大な津波被害を踏まえ、今後発生する可能性がある地震津波に対する事前の備え・対策に資することを目的とし、平成24年度から日本全国を対象とした津波ハザード評価の研究開発への取り組みを開始した(藤原・他、2013、連合大会)。本取り組みは2通りの研究課題からなる; 1つ目は日本全国の海岸および陸上に影響を与える可能性のあるすべての地震津波を考慮する「確率論的津波ハザード評価」の研究、2つ目は特定の地震を対象におこなうシナリオ型の津波予測の研究である。「確率論的津波ハザード評価」として、(1) 全国を概観した確率論的津波ハザード評価と(2) 地域詳細版の確率論的津波ハザード評価の研究に着手している。(1)は最小50mメッシュを用いて日本全国沿岸の津波高さを確率論的に評価するものであり、その概要と進捗状況について平田・他(2014、本大会)で報告する。ここでは、(2)の概要について紹介する。

地域詳細版の確率論的津波ハザード評価では、上記(1)の全国を概観した確率論的津波ハザード評価での検討を受けて、地域の津波ハザードをより詳細に評価し、確率論的な評価を地域防災での具体的な利活用結び付けることを目的としている。そのため地域詳細版では、評価地域を限定したうえで、最小10mメッシュの地形データに基づき津波伝播・遡上計算をおこない、遡上津波に関する各種のハザード評価をおこなうことを予定している。地域詳細版の確率論的津波ハザードの評価対象は主に浸水ハザードであり、評価結果の出力形態としては対象地域の各地点で求められる浸水深さについてのハザード曲線、それらから作成される確率論的な浸水深分布図(例えば、浸水深の超過確率分布図や超過確率ごとの浸水深分布図などの地図など)があるが、そのほか、津波の破壊力に関連しリスク評価にも有効に利用できると思われる流速にかかわる確率分布図などについて検討する予定である。さらに避難等にかかわるものとして浸水開始時間や最大浸水深出現時間などについても確率論的な評価が可能か検討を加える予定である。地域詳細版の確率論的津波ハザード評価作業の一環として、手始めに、特定地域を対象に浸水深に関するハザード曲線を計算し、確率論的な浸水深分布を評価する方法を検討中である(斉藤・他、2014、本大会)。

津波の遡上計算をおこない浸水現象を精度よく再現するためには、沿岸部の堤防等の構造物データや、10m以下のメッシュサイズの地形データが必要とされている。地域詳細版の検討においては、堤防等の施設データの収集作業、ラインデータ化作業、さらに浸水遡上時の堤防等施設の破壊/不破壊などの取り扱い条件の検討などが今後の検討課題である。また、陸域の地形データは国土交通大臣等による航空レーザー測定の結果等を活用することが基本とされている(国交省、津波浸水想定の設定の手引き、2012)。現状でもっとも測定精度が高いと考えられる航空レーザー測定の結果の活用を基本としているのは、地形データの精度が津波の遡上計算に大きな影響を与えるためである。国土地理院等では日本全国の沿岸において順次航空レーザー測量を実施、東北地方太平洋沖地震以降も拡充してきており、地域詳細版の確率論的津波ハザード評価作業で用いられる予定の津波遡上計算は国土地理院が整備・公開する詳細地形データを変換加工して作成された津波計算用の地形データに基づき実施される予定である。

キーワード: 津波, ハザード評価, 遡上, 確率, 地域詳細版, 利活用

Keywords: tsunami, hazard assessment, runup, probability, local tsunami forecast, utilization

徳島県美波町における津波避難行動-地域住民との図上演習 Evacuation passage from Tsunami-map exercise with inhabitants

古田 昇^{1*}; 中条 義輝¹; 小林 郁典¹; 川瀬 久美子²
FURUTA, Noboru^{1*}; CHUJYO, Yoshiteru¹; KOBAYASHI, Ikunori¹; KAWASE, Kumiko²

¹ 徳島文理大学, ² 愛媛大学

¹Tokushima Bunri Univ., ²Ehime Univ.

徳島県美波町志和岐地区を対象として、南海地震発生時に避難経路となる通路の障害物調査を行った。これをもとに、地域の住民の皆さんに集まっていただき、学生とともにその確認をしていった。また、その際、地区の人々がどこに何人いらっしゃるか、また高齢者や要介護者、また子供など避難の際に、他の手助けが必要なひとがどのくらいいるのかの最新情報の提供、また、だれが助けるかなどを考えていただく機会を持った。これからも、避難障害となる事物の整理、また一人でも多くの人々を救える方法を模索検討していくこととしている。本調査は、徳島県他の「地域がキャンパス」事業を、また GIS を用いた整理には、科研費からの援助を受けて実施した。

キーワード: 避難行動, 津波, 図上演習, 障害物, GIS

Keywords: Evacuation, tsunami, DIG, ?obstruction, GIS

伊豆大島におけるクライシス・マッピングを通じた地理空間情報の参加型共有とその意義 The Significance of Partnership and Participatory Sharing of Geospatial Information through crisis mapping in Izu-Oshima

瀬戸 寿一^{1*}
SETO, Toshikazu^{1*}

¹ 東京大学空間情報科学研究センター

¹Center for Spatial Information Science, the University of Tokyo

1. はじめに

東日本大震災以降注目されてきた Ushahidi は、主に SNS や口コミによる災害情報を Web 地図上にプロットすると共に、自由な地図作成プロジェクトである OpenStreetMap (OSM) を背景地図として用いることで、災害発生地域の迅速な状況認識に役立てられている。実際、東日本大震災以後に日本で発生した自然災害に関しても、簡易版である Crowdmap を用いた情報共有サイトが有志によって立ち上がった。ただし、Ushahidi を代表とする危機発生時の地理空間情報の共有手法である「クライシス・マッピング」(Meier, 2012) は、災害発生地域の内と外の情報を迅速につなぐ手段として、日本では十分活かしきれていなかった。

一方、2013年10月に発生した台風26号は、Crowdmapの迅速な立ち上げと共に情報ボランティアによる情報共有が進んだ。さらに様々な情報所有者が連携することで多くの地理空間情報が公開されるに至った。本研究は、伊豆大島を対象とするクライシス・マッピングの背景や経過を整理し、災害対応に関わる Web 上での地理空間情報の整備や情報共有のあり方を検討する。

2. 伊豆大島における参加型地図作成による地理空間情報の共有

ジオパークを中心とする大島観光の活性化を ICT 技術と共に盛り上げることを目的に、大島観光協会等が「伊豆大島ハッカソン & OSM マッピングパーティー」を2013年1月に開催した。この背景には、国土地理院の公開する電子国土 Web.NEXT (現・地理院地図) を除いて、まちづくりに利用可能な Web 地図が十分に整備されていなかったことも挙げられる。このイベントでは、開発者や OSM ユーザー、さらにネイチャーガイドに携わる島民ら約30名の参加者が集まり、①OSM を用いた参加者協働による詳細な地図作成、②伊豆大島ジオパーク・データミュージアム構築や iPhone 向け AR 観光アプリ開発が、2日間実施された。この結果、①標準地図では網羅されない通り名、ジオパークに関する主要な観光要素が OSM 上に多数入力された。②についても OSM を背景地図に用いて20以上の島内の観光・歴史情報等が Web 上に共有された。

3. 台風26号によるクライシス・マッピングと他機関との連携

2013年1月に開催されたイベント後も Facebook グループを通じて参加者間の交流が図られ、特に観光協会職員やネイチャーガイドら島内の参加者により、随時 OSM 地図やデータミュージアムの更新が行われた。そして10月16日に台風26号に伴う大雨土砂災害の発生を TV 等で知った在京のユーザーが、1時間程度で Web サイト (<https://izuoshima26.crowdmap.com/>) を立ち上げ情報収集を始めた。ここには防災無線の情報を SNS 化した防災大島など信頼性の高い Twitter 記事等がこれに掲載された。面的な情報は、土砂流出範囲の速報暫定版や斜め写真が電子国土 Web.NEXT 上に順次公開されたことを受け、関係者に了解を取りつつクライシス・マッピングの参照情報としての活用がすぐに始まった。

これに追従する形で緊急撮影による斜め写真データや赤色立体地図等が、航測会社からも特例として提供され Geoserver や防災科学技術研究所の e コミマップを通じて GIS 上で重ねあわせ可能な WMS レイヤとして提供された。なおこれらの災害に関連する地理空間情報は、Crowdmap 上に情報掲載する際の位置情報の推測やその基礎データとして活用され、SNS を用いることで散財しがちな災害関連情報のうち、適切かつ重要性の高い情報を選別することに役立てられた。この結果、災害発生から約1ヶ月間で248件がサイト上に掲載されページビュー数は12,000に達した。さらに、東日本大震災では大きな課題となった災害発生地域への地図や情報伝達についても、観光協会職員やネイチャーガイドによって大判の紙地図による情報として現地に伝えられた。

4. おわりに

日本でも Web 地図等を駆使したクライシス・マッピングが、近年様々な機関やボランティアの理解や連携のもと迅速に行われるようになってきた。この背景には、東日本大震災を契機に災害発生初期における公開度の高い情報収集・共有の必要性が高く認識されると共に、そのフローも IT に長けた開発者や地元で詳しいボランティアによって適切に進められていることが大きい。また、伊豆大島のように地理空間情報や IT 技術が豊かに整備されていない地域であっても、

HSC25-06

会場:421

時間:4月30日 11:00-11:15

本研究で取り上げたワークショップ等を通じて島内外のステイクホルダーが事前に協働関係を構築することで、災害発生前の情報整備や関係構築が進むことも本研究で取り上げた事例を通して明らかとなった。

参考文献

Meier, P.: Crisis Mapping in Action: How Open Source Software and Global Volunteer Networks Are Changing the World, One Map at a Time, *Journal of Map And Geography Libraries*, 8, pp.89-100, 2012.

キーワード: クライシス・マッピング, クラウドソーシング, ウシャヒディ, ボランタリー地理情報, 伊豆大島
Keywords: crisis mapping, crowdsourcing, Ushahidi, volunteered geographic information, Izu-Oshima island

赤色立体地図でみる伊豆大島の地形と自然災害 Study of natural disasters and terrain of Izu Oshima with Red Relief Image Map

千葉 達朗^{1*}
CHIBA, Tatsuro^{1*}

¹ アジア航測株式会社
¹ Asia Air Survey Co., Ltd.

■はじめに

近年、航空レーザ計測技術の進歩により、樹木の影響を排除した高精度の詳細地形データが得られるようになった。これまでの空中写真測量による等高線では、樹木の下での地形は樹高を想定したオペレーターの推定によるものであり、レーザ計測との違いは明らかであった。しかしながら、このような微地形計測成果の全容を活用しやすい中縮尺で表現するのは難しく、等高線図も陰影図も高度段彩図も適切ではなかった。千葉は、2002年に富士山の青木ヶ原樹海の地形踏査の際に赤色立体地図作成法を考案した。その後、各地の火山地形の判読や現地調査に利用してきた。

■赤色立体地図

赤色立体地図は、傾斜の急なところほどより赤く、尾根ほど明るく、谷ほど暗く表現された、ある種の疑似カラーオルソ画像である。地形図と重なる状態で、特殊な機器を使用することなく、1枚で自然な立体感が得られるため、レーザ計測 DEM と赤色立体地図との組み合わせは、地形判読や現地調査に大きな変革をもたらした。

■伊豆大島の地形

伊豆大島についても、東京都 (H18)、国土地理院 (H24)、東京都 (H25) の航空レーザ計測が行われている。また、そのうち H24 の計測成果は基盤地図情報 5 mDEM として、国土地理院から公開されている。

ここでは、伊豆大島の赤色立体地図を示し、そこから読み取れる火山地形の特徴について述べる。

伊豆大島は、中央部にカルデラがあり、その中央に三原山中央火口丘が位置する。三原山はサイズの割に火口が大きいタフコンの地形を示すが、中央の縦穴火口の底が上下し、溶岩を溢流させる活動を繰り返している。最近では、1950-51年、1986年に噴火をしている。また、伊豆大島では、カルデラの外側にも噴火割れ目が多数分布し、1986年噴火でもC火口列を生じている。元町の東側の急斜面には元町溶岩を流出させた Y5 の割れ目火口があると推定されていたが、樹木に覆われ正確な位置ははっきりしていなかった。H18 のレーザ計測による赤色立体地図では、Y5 の割れ目火口が明確に浮き上がったものの、樹木が多く確認は困難であった。その後、2013年10月の台風災害によってできた崩壊の現地調査で、割れ目火口であることが確認できた。

■表層崩壊斜面の地形の特徴

2013年10月16日の台風により、伊豆大島の元町神達地区で大きな土砂災害が発生した。この災害のきっかけは斜面での火山灰の表層崩壊であったが、発生斜面には Y5 の割れ目火口があり、そこから流れた元町溶岩流の上を表層崩壊による土砂が流下した。この溶岩流上の谷は極めて浅いため、土石流がのみこめず溢れ出し災害となった。ポスターではそのほか、微地形の特徴について述べる。

キーワード: 伊豆大島, DEM, 赤色立体地図, 溶岩流, レーザ計測, 表層崩壊
Keywords: izu-ooshima, DEM, red relief image map, lava flow, LiDAR, surface failure

台風26号台風による伊豆大島土石流被害と累積水量マップの作成 Debris flow by Typhoon Wipha and creating maps with flow accumulation

沢野 伸浩^{1*}
SAWANO, Nobuhiro^{1*}

¹ 金沢星稜大学
¹ Kanazawa Seiryō University

1. 台風26号

2013年10月11日、マリアナ諸島付近で発生した台風26号(Wipha)は、北西に進みながら発達し、16日明け方、伊豆諸島北部を通過した。気象庁は「10年に一度の強い台風」と警戒を呼びかけたが、伊豆大島を中心に日本全体で2014年2月11日現在、死者39名、行方不明者4名の大災害となった。

伊豆大島では、三原山の外輪山の中腹が約1,000mの幅で崩落する大規模な土石流が発生し、同島元町神達地区や元町三丁目といった集落を直撃し、この2つの集落だけで35名の死者と4名の行方不明者を出している。

2. 累積水量

台風26号が通過した際、大島町では1時間雨量が122.5mmを記録している。このような短時間に極めて大量の降雨を見た場合、土壌表面を通過できる水量には限りがあるため、ほとんど地下には浸透しなくなり、地表をそのまま流れる「 Horton型地表流」が生じることが知られている。この地表流は、単純に地形に依存して形成されることが予測され、その流れの分布は、高密度なデジタル標高モデル(DEM)から計算される累積水量によって求めることができる。実際、10mより細かい解像度を持つDEMを用いて累積水量が10,000以上程度のセルの中心点を結ぶと、地上の河川とほぼ完全に一致する。また、100セル以上で普段は流れのない場所でも、短時間に大量の雨が降った場合、それらのセルを地表に生じた流れが通過すると考えられ、過去発生した土砂災害の中で、特に線的な土石流が発生した箇所とこの線を重ねると極めてよく一致することが明らかとなっている。

3. 伊豆大島の事例

伊豆大島で発生した台風26号による土石流は、その直上から航空写真が国土地理院によって撮影され、電子国土サイトより公開された。この写真データを幾何補正し、基盤地図情報5mメッシュ標高から得られる累積水量が200セル以上のセルの中心点を結んだ線を重ねたところ、図に示したとおり、土石流が流走痕と極めてよく一致していることが明らかとなった。

4. Webにデータ配信

筆者らは、今回の土石流が発生する以前より基盤地図情報10mメッシュ標高を用いて全国的な累積水量の分布データを作成し、WMS(Web Mapping System)を利用したデータ配信を行っている。WMSは、ベクトル情報を画像化してインターネットに配信する方法であり、容量の大きい地理情報配信を行う際、この方法が最も効率が良い。これは、KMLによるデータ配信が非圧縮の場合3MBに制限されているのと比較した場合、極めて大きな差と言えよう。

WMSによる地理情報配信には様々なシステムを使うことができるが、OSGeoプロジェクトによって開発が進められているフリーソフトのGeoserverを用いることで複雑なシステム設定を行うことなく、データ配信が可能となる。GeoserverはJavaによる開発が行われているため、基本的にJava環境下であればOSを問わず動作する。また、いわゆるソフトウェアのインストール作業すら不要であり、システムをダウンロードした実行環境にそれと適合した環境変数を設定するだけで動作する。さらに、空間拡張型のリレーショナルデータベース格納されたデータだけではなく、Shape形式のデータをそのまま配信することが可能であるなど、データ配信に必要なとされる準備のための労力を大幅に削減することができる。筆者らはGeoserver3.3を用いて、通常のLinuxサーバ(CentOS)で4GBを超えるShape形式のデータを上記のサイトから配信しており、KML等、XMLによるデータ配信と比較した場合、その差は歴然としている。

しかし、WMSを用いた場合、地図表現としての凡例の定義をどのように行うかが現状、大きな課題となっている。これは、Shape形式のデータにせよPostGISなどの空間拡張型のリレーショナルデータベースにせよ、これらのデータはあくまで「位置」のみを表しており、例えば線の場合の太さや色と言った「地図上での表現」に関する情報を伴ったものではない。この表現手法の一つにSLD(Styled Layer Description)があり、この定義をGeoserverは採用しているが、現状SLDは標準化されたものがない。

5. まとめ

累積水量の分布をはじめとして、防災に関する地理情報の関係者間での共有や市民向けの公開を行うには、大容量のデータを扱わざるを得ず、必然的にWMSを利用せざるを得ない。WMS自体を利用する敷居は、Geoserverにより随

HSC25-08

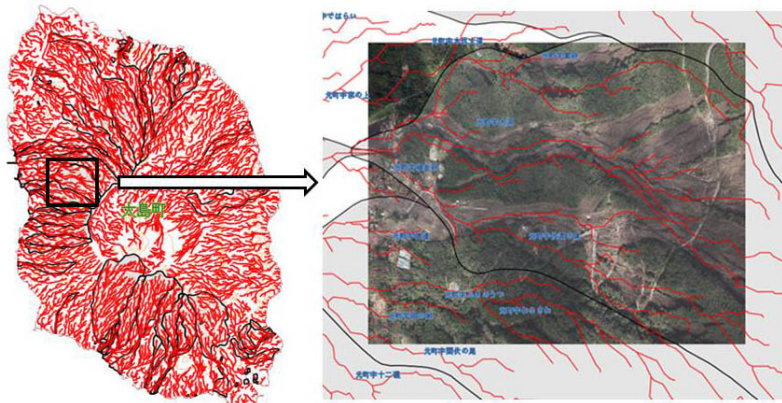
会場:421

時間:4月30日 11:30-11:45

分と下がったと言えるが、SLD 定義については現状十分な共通化が行われていないため、QGIS、gvSIG といったフリーの GIS に共通化された SLD を生成する機能の実装が望まれる。

キーワード: 台風 26 号, 土石流, 累積水量, WMS 配信, Geoserver

Keywords: Typhoon Wipha, Debris flow, Flow accumulation, Web publishing, Geoserver



災害発生直後の迅速な情報把握に向けて - 平成 25 年台風 26 号伊豆大島災害におけるクライシスレスポンス
The effort of prompt information-gathering - crisis response to damages by Typhoon Wipha (2013) on Izu Oshima island

内山庄一郎^{1*}; 鈴木比奈子¹; 白田裕一郎¹
UCHIYAMA, Shoichiro^{1*}; SUZUKI, Hinako¹; USUDA, Yuichiro¹

¹ 独立行政法人防災科学技術研究所

¹ National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED)

災害発生直後の被災範囲や被災状況に関する迅速な情報の把握は、その後の救助や復旧活動、調査等の意思決定において極めて重要である。自然災害情報室（防災科学技術研究所）では、災害直後に各機関より公開された諸情報を統合し災害対応に活用すべく、関連情報のリンク集を作成し公開している。この取り組みの一環として、2013（平成 25）年台風第 26 号による伊豆大島の斜面災害に関して、斜面変動領域の特定、および被災家屋の概要把握を目的として、国土地理院が公開した被災後の空中写真を SfM (Structure from motion) で解析し、家屋被害を判読や傾斜角図、被災地の三次元モデル PDF などの解析図を作成したので紹介する。

自然災害情報室では、発災から 10 日後の 2013 年 10 月 25 日に各機関の災害情報を集約した Web ページを公開した (<http://dil.bosai.go.jp/disaster/2013H25T26/>)。Web ページの内容は、災害の観測と解析結果、災害メカニズムの解説、過去の災害事例、被害情報、調査速報などで構成される。このコンテンツの一部として、斜面変動と被災家屋に関する解析図を掲載した。

データソースは、国土地理院が 2013 年 10 月 17 日に撮影し地理院地図（当時：電子国土 Web.NEXT）で公開した被災後の空中写真である。写真のサイズは 2,355 ピクセル× 3,608 ピクセル、撮影高度は約 1,400 m、合計 31 枚の写真を使用した。なお、この写真画像は Web 公開用のため、短辺、長辺ともにオリジナルデータの 4 分の 1 にリサイズされている。写真データの Exif には、デジタル航空カメラのモデル (UltraCamX)、および撮影位置の経緯度と高度が記録されていた。また、SfM 処理する際の地上基準点 (GCP) は地理院地図から経緯度とレーザ測量による標高値を読み取り、20 点を設定した。これらの写真を SfM で処理することにより、地上解像度 0.3 m の DSM (Digital surface mode) およびオルソ画像を生成した。SfM ソフトウェアには Agisoft PhotoScan 0.9.1 を使用した。

ここで作成したオルソ画像に数値地図 (国土基本情報) の住家・非住家建物、道路、河川レイヤーをオーバーレイし、建物ポリゴンとオルソフォトの家屋とを比較することにより、家屋の流失と被災を目視判読し、家屋被害状況図を作成した。また、DSM から等高線および傾斜角を計算し、傾斜分級図を作成した。傾斜分級図では、崩壊した領域と地山との境界に明瞭な遷急線が描かれるため、斜面崩壊領域を明確に読み取ることができる。また、オルソフォトおよび DSM から被災地域の三次元 PDF を作成した。

結論として、常時から地形、地質、地物などの国土に関する基礎データを常備しておき、自然災害の発生直後から各機関が公開する情報と合わせることによって、災害メカニズムの把握、被災エリアの認定、被害状況の確認などに有用な情報を得る事ができる可能性がある。しかし、現状では、災害発生時に様々な機関から発信される情報を統合的に閲覧できる仕組みが存在しない。今後は、災害時の系統的かつ網羅的な情報収集、解析、発信体制を構築する。

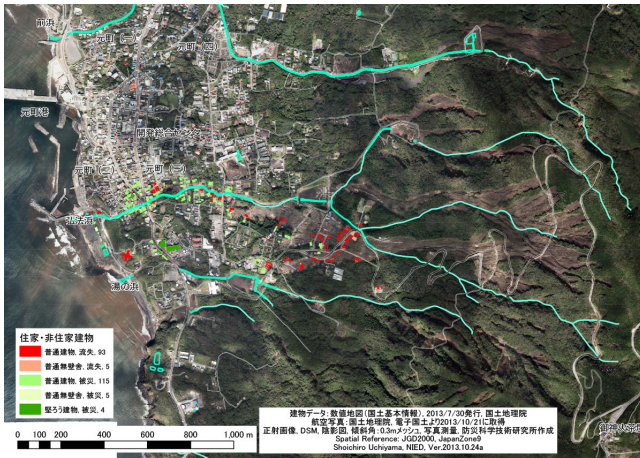
キーワード: クライシスレスポンス, 情報収集, SfM (structure from motion), 平成 25 年台風第 26 号, 伊豆大島

Keywords: crisis response, information-gathering, structure from motion (SfM), typhoon Wipha in 2013, Izu-oshima

HSC25-09

会場:421

時間:4月30日 11:45-12:00



災害対策本部の災害情報共有システムにおけるクラウド型 GIS の役割 Role of the cloud based GIS for disaster management system at Emergency Operation Center

後藤 真太郎^{1*}; 沢野 伸浩²; 酒井 聡一¹
GOTO, Shintaro^{1*}; SAWANO, Nobuhiro²; SAKAI, Toshikazu¹

¹ 立正大学地球環境科学部環境システム学科, ² 金沢星稜大学

¹Department of Environmental Systems Faculty of GEO-Environmental Science Rissho University, ²Kanazawa Seiryō University

東日本大震災で見られた情報共有機能の欠如は、避難所への救援物資の供給の遅れなどに留まらず、復興計画の遅れ、直接被災者である市民にも影響をもたらした。GIS データを含む災害情報の流通においても、広域的な複合災害であるがゆえ、様々なデータが必要であったにもかかわらず、官民のデータ流通の遅れが復興計画に影響を及ぼし、主題図の重複出力や重複データの入力事例が散見された。

我が国においては、ICS(Incident Command System)のような危機対応システムがなく、その導入を待つことは、省庁間の調整や法改正を伴うことから、発生が予定される関東直下型地震に対応するためには有効ではなく、災害に備えた現実的な対策が望まれる。

東日本大震災では岩手県が ICS を導入し医療中心ではあるが、被災地支援を行ったほか、阪神淡路大震災以降の災害で経験を積んだ NPO が、局所的ではあるものの中間支援組織の機能を果たした事例として NPO 遠野まごころネットの事例がある。この動きは、管理面で ICS 的な運営方法をとっており、日本版 ICS の可能性を示した。また、相馬市の GIS 利用の事例では、統合型 GIS を導入していることが罹災証明の早期発効に寄与した報告がある。しかしながら平時にデータ流通の検討がないデータについては、その利用にあたっての調整に多くの時間を費やすため、平時からの調整の必要性が示唆されている。

本研究では、東日本大震災での災害情報後方支援における教訓を基に、日本版 ICS が県レベルで導入されることを想定し、埼玉県をフィールドに日本版 ICS の下で機能するクラウド型 GIS センターの機能を整理し、それを実装して運用させることを目的とする。

本研究では、この目的のため、以下の研究を行った。

- ①データ管理や、基本システムのクラウド化の研究
- ②電子成果のクラウド化による利活用の研究および COP への適用
- ③ICS を適用した協働型防災訓練における実証

①では、東日本大震災時に無料で多くの自治体に導入された Web-GIS ソフトの多くは、java をベースにして Tomcat を使うなど、サーバ側の処理が重く、クライアント側に多くの javascript を読み込ませていることでネット越しに地理情報をサーバ側と交換しているため、動作が非常に遅くなっている。基本システムとしてどこまでサーバ、ネットワーク、クライアントの負荷を下げつつ、実用的な仕組みが構築できるのか検討を行う。このため、「デスクトップ GIS」「クラウド」の組み合わせで負荷を軽減する手法を採用した。

②では、Geoserver でサーバからデータを送出し、OpenLayers で地図情報が WMS 配信されているサイトから基盤地図情報や各種の地図情報を重ねあわせる。geoserver からは、全ての地図情報を画像としてクライアント側にデータを送信しているだけであり、それを閲覧する OpenLayers もクライアント側の座標値を取得して、それをサーバ側に送る役目と画像を切り替えることだけなので、負荷が非常に軽く設定することができることになる。また、直接サーバ上の PostGIS を Geoserver の中から SQL 文を実行させることができるなど、こうした継承の機能の組み合わせで、緊急時の背景図と復興期の地図情報の関連付けを行う。このようにして、クラウド型 GIS システムを構築し、テーマ 1 で検討した GIS センターの ICS の下での COP の役割を担わせる。

③では、平成 25 年度国土交通省「広域的地域間共助」事業として 2014 年 1 月 24-25 日の中間支援組織の連携による中間支援組織主導の ICS を取り込んだ協働型防災訓練などにおいて情報共有ツールとして利用し実証的に検証し、平時からのデータ流通の体制みと、それが災害時に証できるための訓練が必要であることを明らかにした。

HSC25-10

会場:421

時間:4月30日 12:00-12:15

キーワード: 地理情報システム, 危機対応システム (ICS), 状況認識の統一, 情報処理過程, 災害対策本部
Keywords: GIS, Incident Command System, Common Operational Picture, Information Management Process, Emergency Management Center

LIDAR データを用いた丘陵地における微地形の分類とその応用 Micro - Landform Mapping and Applications in Hilly Area Using LIDAR Data

平 春^{1*}; 後藤 真太郎²
BORJIGIN, Habura^{1*}; GOTO, Shintaro²

¹ 国立環境研究所 地球環境研究センター, ² 立正大学 地球環境科学部環境システム学科

¹National Institute for Environmental Studies Center for Regional Environmental Research, ²Rissho University Department of Environmental Systems Faculty of GEO-Environmental Science

本研究では、埼玉県東松山市に位置する岩殿丘陵を対象とし、丘陵地における微地形と植生の関係を評価し、自然再生に供する情報を推定することを目的とした。微地形の区分には LIDAR (Laser Imaging Detection And Ranging) から生成した DEM を使用した。この DEM から傾斜角の変換線を抽出し、微地形の区分を行った。さらに、研究対象地域における毎木調査を行い、各微地形項目ごとにまとめ、微地形区分に対応する木本植生生活型との関係を解析し、植生と微地形の関係の評価手法を検討した。

まず、ラジコンヘリにより撮影した空中写真を用いて、LIDAR データの植生と地形解析に応用する可能性、精度などを検討した。LIDAR データのフィルタリング処理手法は、Kraus らが開発したフィルタリングアルゴリズムに基づき、四分木 (Quad-Tree) 法を用いた。フィルタリング結果を現地測量による標高データとの誤差を計算し、その精度を検証したところよく一致した。

次に、LIDAR データのフィルタリング処理より作成した DEM により傾斜角を計算し、断面図を作成し、断面上の傾斜の変換点を抽出した。その傾斜変換点をつなげ、傾斜変換線を作成し、斜面微地形の分類を行った。この結果を、現地観察と地形測量により分類された微地形と比較し精度を検討した。

最後に、研究対象地域における植生と地形の関係評価を行った。対象地域における毎木調査を行い、樹種、DBH、樹木の位置、樹高を測定した。樹種と樹木の位置情報を利用し、その対応の地形条件を調べ、微地形ごとに分類した。各樹種の植生生活型を調べ、TWINSPAN (Two-Way Indicator Species Analysis) を用いてグループ化し、微地形との関係を評価し、対象地域における植生と微地形の関係を明らかにした。

キーワード: ライダーデータ, 微地形, 植生, TWINSPAN

Keywords: LIDAR data, Micro-Landform, Vegetation, TWINSPAN

2013年10月伊豆大島土石流災害の発生に対する道路の関与 An influence of roadway on occurrence of slope failure and debris flow of the Izu-Oshima Typhoon Wipha (1326) disaster

白井 正明^{1*}; 渡邊 眞紀子¹
SHIRAI, Masaaki^{1*}; WATANABE, Makiko¹

¹ 首都大学東京 地理学教室

¹ Tokyo Metropolitan University

2013年10月16日に伊豆大島で発生した大規模な斜面崩壊・土石流災害に対して、首都大学東京では被害状況調査や復興支援を目的に、首都大学東京2013年台風26号伊豆大島災害調査グループが組織された。発表者らは同グループの活動の一環として、斜面崩壊の発生現場での調査を実施した。

今回の斜面崩壊は、14世紀に噴火・流下した溶岩流と分布がよく一致し、溶岩流の存在が斜面崩壊の発生に影響を及ぼした可能性が既に指摘されている。一方で1986年の噴火後に整備された御神火スカイラインが崩壊の発生に寄与したとの指摘が災害発生直後にはあったものの、発生直後に現地調査を行った研究者の報告では、道路の設置が崩壊を促進した場合と抑制した場合の双方が考えられる(例えば、竹林ほか2013)、道路が下方からの崩壊の伝播を食い止めた(例えば、藤田2013)などの仮説が述べられている程度である。2014年1月に行われた土木学会・地盤工学会・日本応用地質学会・日本地すべり学会の4学会による合同調査団の報告会資料(例えば、稲垣, 2014)においても道路の影響は限定的との記述があるが、道路際からの崩壊について詳細な調査を実施したという記述はない。

発表者らは首都大学東京2013年台風26号伊豆大島災害調査グループの第2次調査として、12月4日から6日にかけて崩壊地上部を中心とした現地調査を行った。本調査は災害の発生から1ヶ月以上が経過しており、災害後の降雨や道路上の土砂の片付けなどによる変化が存在するが、斜面崩壊の発生に対する道路の関与について、以下のような観察・推定がなされた。

御神火スカイラインの最上部(北側ほど下る)では、2ヶ所で道路直下の擁壁基部からの崩壊(Type-Aとする)が観察される(片方には道路直上にも崩壊があるが、その規模は極めて小さく、道路下の崩壊に与えた影響は極小と判断される)。Type-Aの崩壊の南側には道路よりも上の斜面に崩壊地(Type-Bとする)が認められる。Type-Aの崩壊は、北側に向かって下りの右カーブに位置し、擁壁が斜面にはり出す形となっており、雨水とType-Bの崩壊地からの泥水が道路上を流れ、カーブ付近で道路から擁壁表面へ流れ下ったと推測される。周辺には、大量の枯れ枝が崩壊地脇に残存している植生に引っ掛かり、またType-B崩壊地とType-A崩壊地間の道路では斜面上方側の擁壁が泥で汚れているなど、この推測を支持する状況証拠が見られた。

またType-A崩壊地の擁壁基部は白色を呈し、泥などの汚れが少ない。ほかの地点で、植生が根を密生させている厚さ1-0.5m程度の土壌ごと擁壁下部からはがれ落ちている場合、擁壁下部の汚れがほとんどなく白色であることが確認された。縁辺部で確認された崩壊の深度も考慮すると、南側の崩壊地から道路を流れてきた泥水と雨水が擁壁を流下することにより、植物の根が密集している表面数10cmの土壌層が水で飽和し、重量の増加、強度の低下、下位層との摩擦力の低下などにより擁壁からはがれるように崩落し始め、さらなる崩壊が進んだと推定される。

以上より、今回の伊豆大島災害では、道路の存在は崩壊を拡大させる方に働いたと結論づけられる。ただし今回の崩壊分布は、道路の存在よりむしろ14世紀の溶岩流に規定されると考えられる。また渡邊ほか(2014)では、根系の支持力が小さな常緑広葉樹の二次林が卓越している斜面で表層崩壊が起きやすくなっていた可能性を指摘している。いずれにせよ、同様の地質条件で道路の透水性や排水性を高めるなどの対策を採る場合、緩やかな尾根状の(擁壁が張り出した)カーブでの対策を優先的に行うべきであろう。

キーワード: 斜面崩壊, 伊豆大島, 台風23号, 御神火スカイライン

Keywords: slope failure, Izu-Oshima, Typhoon Wipha (1326), roadway

鹿児島県奄美大島北部における1960年チリ地震津波被害の再検討 Reexamination of the 1960 Chilean tsunami disasters at the northern part of Amami Oshima island, Kagoshima Prefecture

井村 隆介^{1*}; 財前 唯²; 草原 仁美²; 富安 康介²
IMURA, Ryusuke^{1*}; ZAIZEN, Yui²; KUSAHARA, Hitomi²; TOMIYASU, Kosuke²

¹ 鹿児島大学 大学院理工学研究科, ² 鹿児島大学 理学部

¹Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University, ²Faculty of Science, Kagoshima University

2011年3月11日14時46分に東北地方太平洋地震が発生した。これを機に、津波に対する防災意識が高まり、津波を想定したハザードマップの作成や避難訓練の取り組みが積極的に行われるようになった。一方、これまでの津波研究は津波常襲地である東北地方が主であり、九州地方、特に奄美大島における津波研究はほとんどなされていなかった。著者らは現地での聞き取り調査を行い、奄美大島北部における1960年チリ地震津波の浸水域や津波来襲時の状況について明らかにすることを試みた。

その結果、津波は5月24日早朝6時前後に、大きな引き波から始まった。その後、「ゴー」という音とともに、海が持ち上がるような形で河川や水路に沿って侵入した。名瀬市街地を流れる新川は、特に上流部まで津波が到達しており、河口から約1.5kmある県立大島病院まで船が流されたという証言が得られた。奄美大島北部地域では、ほぼ全域で3-4mの高さの津波があったことがわかった。

キーワード: 奄美大島, 1960年チリ地震津波, 津波被害

Keywords: Amami Oshima, 1960 Chilean tsunami, tsunami disasters

災害発生時における災害事例データベースの利活用 - 2013（平成25）年台風第26号における伊豆大島災害における事例 Utilization of the natural hazard database by NIED - a case of utilization at Typhoon Wipha (2013) on Izu Oshima island

鈴木 比奈子^{1*}; 内山庄一郎¹; 白田 裕一郎¹
SUZUKI, Hinako^{1*}; UCHIYAMA, Shoichiro¹; USUDA, Yuichiro¹

¹ 独立行政法人防災科学技術研究所

¹ National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED)

地域における過去の自然災害実績は、将来における災害対策を検討する際に必須の情報である。このことから、防災科学技術研究所では、歴史時代を含む日本全国の自然災害事例のデータベースを構築している。このデータベースは Web API で配信しており、対応する Web アプリ等において地図上で災害事例を閲覧できる。本稿では、災害事例データベースの利活用の一事例として、災害事例データベースから被災地域の災害履歴をとりまとめ、即時的に情報公開を行った事例を紹介する。

伊豆大島における2013（平成25）年台風第26号の影響は次のとおりである。2013（平成25）年10月16日未明の1時間降水量は122.5 mm、10月14日から16日の総降水量824.0 mmであった。さらに、10月16日未明、元町地区において大規模な斜面災害が発生し、39名の死者、行方不明者を出した。

災害事例データベースから過去の災害事例を抽出する際のキーワードは、地域名称を「大島町」、災害種別を「風水害」および「斜面災害」とした。また、現在の大島町の旧市町村には昭和30年に併合した元村、岡田村、差木地村、波浮港村、泉津村、野増村（以降、旧六ヶ村）と、明治初期に元村に改称した新島村があり、検索の際にはこれらの情報も活用した。

災害事例の検索の結果、伊豆大島全島における1997（平成9）年までの風水害の事例として7件が抽出された。風水害の記録は1930年代以降に限られ、昭和時代以前の事例は抽出されなかった。発生場所は、旧六ヶ村の単位で抽出され、うち2事例は大字単位で場所が特定された。災害発生時期については、月および日の情報は不明であった。また、いずれの事例でも災害の規模、詳細な発生場所や発生範囲の記録は確認できなかった。

大規模な風水害としては昭和初期の「おなみ時化（しけ）」、1932（昭和7）年の大暴風雨、1958（昭和33）年9月の狩野川台風の事例があげられる。昭和初期のおなみ時化では、泉津村松之平において土石流による人的被害が生じた。1932（昭和7）年の事例は、大雨、強風により全壊149戸、船舶被害と人的被害が確認された。なお、東京都大島町誌（2000）では「おなみ時化」と先述の1932（昭和7）年の災害は同一のものとして示されている。1958（昭和33）年9月狩野川台風では、総雨量419.2 mmを観測し、元町地区で大規模な土石流が発生した。被害は、全半壊約100戸以上、死者、行方不明者2名、重軽傷53名が確認された。本事例は、大規模な斜面災害が発生しているにも関わらず、人的被害が極めて少ないことが特徴的である。また、1958（昭和33）年5月には同じく元町地区において、誘因は不明だが大規模な土石流が発生し、人的被害18名を生じた事例が確認された。

今回の災害事例データベースからの情報抽出プロセス、および上記の検索結果のレビューから、以下の2点を今後の課題とした。1) 昭和以前の風水害の情報が存在しないこと。これは、伊豆大島に限らず国内他地域でも同様の傾向にある。2) 発生日時および地理空間的情報が少ないこと。将来の災害をシミュレートするにあたり、過去の災害実績、特に範囲に関する情報は重要だが、現状では十分ではない。

現地の博物館等にはこれらの情報を補完する資料が存在するケースが多い。すべての資料をデータベース化することは困難だが、資料の多くはOPAC等で書誌情報が公開されている。今後は、これらの資料の所在や資料の内容に関する情報も含めて、地域における過去の災害事例に関する情報提供ができる体制を目指す。

キーワード: 災害事例データベース, 利活用, 平成25年台風第26号, 伊豆大島

Keywords: natural hazard database, utilization, typhoon Wipha in 2013, Izu-oshima

東京 23 区における降水変動の影響を考慮した水害リスク評価手法の開発 A new methodology to assess the impacts of precipitation change on flood risk in Tokyo 23 ward Area

平野 淳平^{1*}; 大楽 浩司¹

HIRANO, Junpei^{1*}; DAIRAKU, Koji¹

¹ 防災科学技術研究所

¹ National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

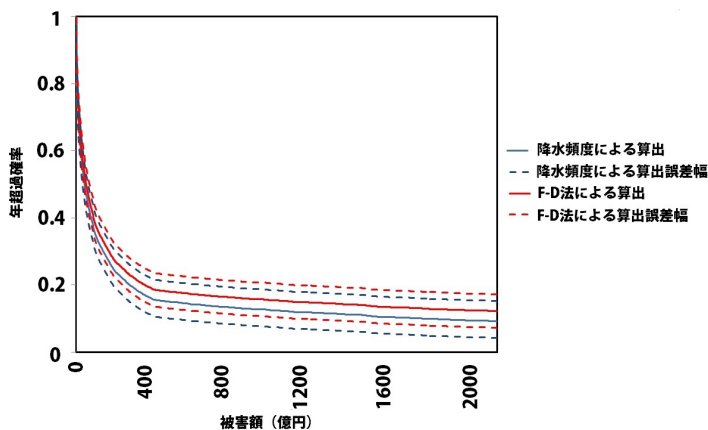
本研究では東京 23 区を対象として降水量頻度分布の変化が水害リスクに及ぼす影響

を水害リスクカーブにもとづいて定量的に評価することが可能な新たな水害リスク評価手法を開発することを目的として研究を行った。まず、東京 23 区において水害被害の頻度分布を日降水量頻度分布と関連付けて説明することが可能か否か明らかにするために、1976 年～2008 年において被害発生時と全期間の日降水量頻度分布の対応関係について検討した。その結果、両者の頻度分布はよく対応しており、基本的に水害被害の頻度分布を降水量頻度分布に関連付けて説明できることが明らかになった。その上で、水害頻度 (F) と水害一件の平均被害額 (D) の積から対象地域の年間被害額を算出する F-D 法において水害頻度 (F) を降水量頻度分布 (P) に置換することによって年間被害額を推定すること

を試みた。本研究の結果、降水量頻度分布 (P) を考慮に入れて東京 23 区における水害の年間被害額を高い精度で推定できることが明らかになった。

キーワード: 水害リスク, 降水変動, リスクカーブ, 東京都市圏

Keywords: Flood risk, Precipitation change, Risk curve, Tokyo metropolitan area



自主防災組織による火山噴火対策図上防災訓練 — 那須岳火山地域での実施事例 — Map Drilling of Disaster Prevention by Voluntary Group - An Example at Nasu Volcanic Area

福嶋 民雄¹; 高森 秀司³; 稲葉 茂⁴; 中村 洋一^{2*}; 那須 町⁵

FUKUSHIMA, Tamio¹; TAKAMORI, Shouji³; INABA, Shigeru⁴; NAKAMURA, Yoichi^{2*}; NASU, Local government⁵

¹ 公益社団法人全国防災協会, ² 宇都宮大学, ³ 一般社団法人 D C M 推進協議会, ⁴ NPO 栃木県防災士会, ⁵ 栃木県那須町

¹ National Association For Disaster Prevention, ² Utusunomiya University, ³ Promotion Council of District Continuity Management,

⁴ Disaster Prevention Qualified Counselor in Tochigi, ⁵ Municipal Government of Nasu Town

栃木県北部に位置する那須岳火山は、1408-1410 年のブルカノ式マグマ噴火 (VEI4) で、茶臼岳溶岩ドームを形成して火砕流が発生、その後に融雪型泥流があって 180 余人の犠牲者を出した。近年で 1953 年、1960 年、1963 年にそれぞれ小規模の水蒸気爆発型噴火が発生している。一方、那須岳地域は国立公園に指定されている景勝地で、周辺地域は温泉資源が豊富のため、多くの観光客を集めており、山麓地域には大規模な別荘地や保養施設も多い。

こうした那須岳地域の大規模な観光地化にともなって、地域住民よりはるかに多くの非定住者が訪れるようになり、また 1960 年代以降に開発された高原別荘地区への移住者も多く、新・旧住民の共同による防災体制の構築が求められている。阪神・淡路大震災があり、東日本大震災での被災もあって、大規模自然災害に対する防災意識の高まりとともに、地域住民同士の連携による避難及び避難生活など自主防災組織の役割が期待されつつある。那須町の近年の災害事例としては、1998 年 8 月の那須大水害、2011 年東日本大震災での被災および福島県からの大量避難民の受け入れなどの経験があった。火山噴火災害については小規模水蒸気爆発による火口周辺での噴石と降灰程度で、規模の大きな火山災害の経験はない。那須岳の火山防災マップとハンドブックは、2002 年 3 月に公表されて全戸配布されている。また、2010 年 3 月の噴火警戒レベル導入に伴って、改訂版の火山防災マップとハンドブックも公表されている。この間、定期的な防災訓練時などに火山噴火を想定した防災訓練なども何度か実施している。

そこで、公益社団法人全国防災協会、一般社団法人 D C M 推進協議会、N P O 法人栃木県防災士会の連携で自主防災組織による那須岳火山噴火に対する防災力の向上を支援するため、那須町において 2012 年度からの 2 ケ年事業を実施した。初年度はシンポジウム、セミナー、住民意識調査等事前リサーチを行い、2 年度にリサーチ結果を反映させた火山現象講座・火山噴火警報講座・ハザードマップの見方講座、D I G ・ H U G 訓練など事前の教育・研修を実施して知識の共有を図り、図上防災訓練を実施した。

初年度には、防災についてのシンポジウム、イベント、セミナーを、那須町の経済界・高原別荘分譲会社・自治会等リーダー向けなどに実施し、意識調査を行った。その結果をみると、自然災害へ不安を感じる割合は一般的に、地震、洪水、土砂災害の順に高くなっているが、火山防災関係イベント後では、火山が他の自然災害より高い結果が出ている。また、火山防災マップは配布され所有しているが活用されていなくて、火山噴火防災対策を誘導するような動機付けにはなっていない。火山防災マップを見てリスクがあるのはわかるが、避難などの行動への展開が不明である。火山噴火について知識も経験もないので、火山災害現場で実務経験をした者の話を聞きたい、などの意見が出されていた。第 2 年度では初年度の成果をふまえて、雲仙普賢岳噴火災害報告のセミナー、火山現象や火山噴火警報、ハザードマップについての見方講座を開催し、DIG (Disaster Imagination Game) ・ HUG (避難所運営ゲーム) 形式での図上型防災訓練を実施した。対象は自主防災組織を主体とし、ボランティア、自治体防災担当者などが加わった。災害対応等の知識と実経験とを有していない自主防災組織にとって、こうした訓練は荷が重すぎるのではとの危惧もあったが、予め教育・研修などの準備をすれば、発災時それぞれの役割に応じた行動が可能となることなど、十分な成果が得られることが事後アンケート結果からは明らかとなった。

これらの成果をとりまとめて報告書とし、自治体防災担当部局や関係機関に配布して、地域住民向けへの防災訓練を今後積極的に実施していく際の基礎資料としてもらい、火山地域で効果的で堅牢な防災体制が構築されていくために有効に活用してもらうことを期待したい。

キーワード: 防災, 図上訓練, 火山災害, 活火山, 噴火, 自主活動

Keywords: Disaster Prevention, Map Drilling, Volcanic Disaster, Active Volcano, Eruption, Voluntary Group

GIS およびサバメシを活用した防災・減災イベントー大分大学地理学教室の試みー Disaster risk reduction workshop utilizing GIS and Saba-meshi: A practice of the Department of Geography, Oita Univ.

小山 拓志^{1*}; 土居 晴洋¹; 森松 真弥²; 内山 庄一郎³
KOYAMA, Takushi^{1*}; DOI, Haruhiro¹; MORIMATSU, Maya²; UCHIYAMA, Shoichiro³

¹ 大分大学教育福祉科学部地理学教室, ² 株式会社 日水コン, ³ 独立行政法人 防災科学技術研究所
¹Department of Geography, Oita University, ²Nihon Suido Consultants Co. Ltd., ³NIED

1. はじめに

近年大分県では、東海地震、東南海地震などの南海トラフで発生する地震による津波被害、豪雨による水害や土砂災害など、種々の災害が危惧されており、防災・減災対策に対する機運が高まっている。ところが、大規模な地震災害を経験したことがない多くの県民は、たとえば南海トラフにおける巨大地震の被害想定が公表されても、それに対する家庭・学校での対策は、未だ万全ではないと推察される。そこで、大分大学地理学教室では、大分市内の公立小学校に通う小学生親子を対象に、自然災害や防災・減災対策への意識付けを目的とした防災・減災イベントを実施した。

東北地方太平洋沖地震により、東日本の多くの学校および学校関係者が被災（あるいは災害時の対応）した現状に鑑みれば、このような防災・減災に関するイベントを大分県内で唯一の国立大学が主催し、さらに教員養成課程に在籍する教員志望学生が主体となって実施することは、大学が果たす役割も含めて大きな意義があると考えられる。さらに、近い将来、教員志望学生が防災教育やそれに関連したイベントに携わることを考えれば、本イベントの開催は教員志望学生に対しても大きな副次的効果が期待される。

2. イベントの概要と目的

本イベントは、「君は GIS とサバメシを知っているか？ー楽しく学ぶ地理学と防災ー」というタイトルで、2013 年 11 月 3 日に大分大学旦野原キャンパスにて開催した。イベント対象は、大分市内に通う小学校 4~6 年生とその保護者とし、当日は親子 23 組（総勢 51 人）が参加した。なお、本イベントでは、大分大学地理学教室の学生を中心に 13 名の学生が補助要員としてイベントの企画・準備・運営に携わり、イベント当日には小学生のパートナーとして各種作業を補助した。

本イベントの最たる目的は、参加者に各種作業を体験させることで、自然災害はもちろんのこと、家庭における防災・減災対策などに対して、「意識するきっかけ」を与えることである。さらに、そのような各種対策を含んだ防災意識が単発的な意識改革で終わることなく、イベント終了後も災害発生時まで持続・継続するよう、「防災・減災意識の持続性維持」をイベントの最終目標として掲げた。このような観点から本イベントは、次の二つの作業体験を軸に構成されている。①地理学の分野で一般に利用されている地理情報システム（以下、GIS）を使った地図作り体験、②アルミ缶と紙パックでごはんを炊く、通称「サバメシ」と呼ばれるサバイバル・メシタキ（以下、サバメシ）体験である。

3. イベントの効果

(1) 参加者の効果

本イベントの効果を分析するために行ったアンケート調査の集計結果によると、イベント対象学年とその保護者に限ってみれば、イベント内で実施した各種作業は、概ね「楽しかった」、「分かりやすかった」という評価が得られた。さらに、「防災に対する意識が低かったが、これを機にもっと防災について家族と考えていきたい」、「防災について楽しく学べて大変良かった」という保護者からの肯定的なコメントは、本イベントの効果が少なからず目的に沿った形で現れた結果であると推測できる。

(2) 教員志望学生の効果（副次的効果）

平成 24 年度に導入された中学校社会、高等学校地理の学習指導要領では、地図の活用において ICT を利用する「GIS の活用」を念頭においた内容の授業が求められている。つまり、小・中学校の教員あるいは高校地理の教員を目指す学生の GIS 技術習得は、必須であると言って過言ではない。ところが、本学の教員養成課程には、教養科目も含めて GIS 技術を習得できる講義やカリキュラムが存在しないため、学生らはそもそも GIS に触れるきっかけがほとんど無いという問題があった。このことから、本イベントの開催を通じて教員志望学生が GIS に触れその技術を習得できたことは、イベントの副次的効果としてきわめて意義深い。

サバメシ体験の本質は、防災・減災に対する意識付けであるが、これらの効果は参加者を対象としたアンケート集計結果において示された。これを踏まえて考察すると、イベントを通じてサバメシを学んだ学生もまた、災害時にごはんを炊くという「サバイバル技術」に習熟しただけでなく、サバメシ体験を通じて防災・減災に対する意識がおのずと向上したとみなされる。さらに、サバメシの本質を考慮すれば、サバメシは防災教育の中で「体験型防災教育教材」に位置づけられると考えられる。したがって、教員志望学生は防災教育における教材として、サバメシという一つの手法に習熟したと判断できる。

HSC25-P05

会場:3 階ポスター会場

時間:4 月 30 日 18:15-19:30

以上のように、教員志望学生が本イベントに携わることで習得できた技術や手法は、将来的に教育現場において十分に活かせるものである。よって、本イベントの副次的効果はきわめて大きかったと判断できると共に、本イベントを継続的に実施する有為性も示された。

キーワード: GIS, サバメシ, 防災・減災イベント, 東北地方太平洋沖地震, 教員志望学生, 大分県

Keywords: Geographic Information System, Saba-meshi, Disaster risk reduction workshop, The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Students intending school teachers, Oita Prefecture

東北地方太平洋沖地震による内陸部における液状化発生域の地形条件と液状化発生面積率 Liquefaction occurrence ratio and geomorphic conditions in the inland area caused by the Great East Japan Earthquake

青山 雅史^{1*}
AOYAMA, Masafumi^{1*}

¹ 日本地図センター
¹ Japan Map Center

Google Earth 画像の判読と現地調査（目視観察）で得られた東北地方太平洋沖地震による液状化発生地点と液状化被害のデータに基づいて、GIS 上で液状化発生域のポリゴンデータを作成し、関東地方と東北地方の複数の内陸平野部における地形区分ごとの液状化発生面積率（各地形区分の面積に対する各地形区分における液状化発生面積の比率）を推定した。また、多くの領域で埋め立ての経緯が判明している利根川下流域の旧河道・旧湖沼を対象として、液状化発生域と旧河道・旧湖沼の埋め立て年代（地盤形成年代）との関係を検討した。

液状化発生域のポリゴンデータは、Google Earth 画像の判読から液状化発生の指標となる噴砂を抽出し、Google Earth 画像の判読では噴砂の抽出が困難な市街地に関しては現地調査から得られた噴砂や液状化に起因すると思われる構造物被害などの分布に関するデータを用いることによって作成した。マンホールの浮き上がりやアスファルト路面の線状沈下に関しては、周囲の地盤に噴砂が認められない場合はマンホールや下水道管渠等の埋め戻し土のみに生じた局所的な液状化に起因すると推定され、GIS 上でポリゴンデータとしての取得が困難であるため、本研究の液状化発生域には含んでいない。地形区分は、基本的に国土地理院発行治水地形分類図と土地条件図に基づいたが、旧河道等の過去の水域に関しては、旧版地形図等も参考にした。旧河道・旧湖沼の埋立年代は、迅速測図、旧版地形図、米軍・国土地理院撮影の空中写真や文献資料等に基づいて判断した。

利根川下流低地（我孫子市～香取市）では、液状化発生域の約 40 %は旧河道・旧湖沼であり、それに次いで、後背湿地が約 25 %であった。しかし、本地域に占める後背湿地の面積比率は 50 %弱と他の地形よりも大きい値であり、地形区分ごとの液状化発生面積率を求めると、旧河道・旧湖沼では約 23 %であったのに対し、後背湿地では約 1 %と干拓地や自然堤防などよりも小さい値であった。このことから、本地域では旧河道・旧湖沼において液状化が高密度に集中的に生じ、液状化が生じやすいのに対し、後背湿地は氾濫平野を構成する他の地形よりも相対的に液状化が生じにくいことが示された。液状化が集中的に生じた旧河道・旧湖沼の埋立年代ごとの液状化発生面積率をみると、1950、60 年代に埋め立てられた領域では約 46 %と高い値を示したのに対し、明治後期の利根川改修工事（1906 年）以前に陸域化されていた領域では 1 %未満であり、埋立年代が新しい旧河道・旧湖沼ほど液状化が生じやすい傾向がみられた。

宮城県北部大崎平野における地形区分ごとの液状化発生面積率は、旧川微高地を除くすべての地形で利根川下流低地よりも小さい値を示した。しかし、JR 古川駅周辺などの粘性土地盤（泥炭地盤）からなる地域では、マンホールの浮き上がりやアスファルト路面の沈下、建物周辺地盤の沈下（抜け上がり）など、GIS 上でポリゴンデータとして取得困難な局所的な（埋め戻し土の）液状化が多数生じていた。利根川下流低地では、明治後期の利根川改修工事以降陸域化された領域の多くは利根川浚渫土を用いて埋め立てられ、液状化が生じやすい砂質土で埋積された若齢地盤（旧河道・旧湖沼）が相対的に広く分布しているのに対し、大崎平野では利根川下流低地と比べて旧河道・旧湖沼の面積比率が小さく、さらにその中でも明治後期以降に埋め立てられた領域は少ない。

以上のことから、内陸部における液状化の生じやすさの面的分布を推定するうえで、旧河道・旧湖沼の分布、陸域化の経緯やその埋立材料、埋立造成年代等に関する情報の取得は重要である。また、砂質土地盤では一定の面的広がりを持った領域において噴砂や構造物の沈下・傾動等の構造物被害が生じやすいのに対し、泥炭地盤では埋め戻し土の液状化に起因する局所的被害（マンホールの浮き上がり等）が顕著な場合があり、地形区分（表層地盤の土質）によって異なる液状化被害形態が生じることにも考慮する必要がある。

キーワード: 液状化, 地形区分, 旧河道・旧湖沼, 埋立造成年代, 東北地方太平洋沖地震

Keywords: liquefaction, geomorphic classification, former river channel and pond, landfill age, 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake

小中学校の学校防災マニュアルにおける災害安全上の課題 ー石川県の事例 Problems on the disaster mitigation plan of the elementally and junior high school - a case study of Ishikawa Prefecture

青木 賢人^{1*}; 林 紀代美¹
AOKI, Tatsuto^{1*}; HAYASHI, Kiyomi¹

¹ 金沢大学地域創造学類

¹ School of Regional Development Studies, Kanazawa University

東日本大震災の発生を契機に、学校現場における災害安全計画の重要性が再認識され、各県で見直しが進みつつある。石川県も例外ではなく、県教育委員会主導のもと、学校防災マニュアル、避難訓練および防災教育の在り方についての見直しが行われつつある。筆者らは、県教育委員会の依頼を受けて、学校防災アドバイザーとして2012・13年度の2年間で県内20市町の42校(高等学校2校含む)の学校防災マニュアルの点検を行った。その中で、いくつかの共通した大きな課題が見いだされたので報告する。

①対策の対象となる災害の設定の不完全性

マニュアルの策定にあたって最も大きな課題と考えられるのが、対策の対象となる災害が適切に設定されていないことである。本来、学校の立地環境に応じて、対策が必要とされる災害種や、その優先順位は異なる。しかしながら、多くの学校ではハザードマップを活用した立地環境の考慮などが行われておらず、画一的な対応にとどまっていた。対策の立案には「敵を知る」ことが不可欠だが、被災リスクの検討を行っていないことは大きな問題である。

各学校のマニュアルでは、地震を想定したマニュアルはすべての学校で策定されており、東日本大震災を受けての改定作業であることから、津波への対応も追加されていた。しかし、活断層の直上に位置していながらその存在を理解していない、内陸であり津波の心配が全くない地域であっても、画一的に津波対応マニュアルが存在するなどの例もある。また、洪水浸水想定区域や土砂災害の想定区域内でありながら、その対策が組み込まれていない例も散見された。

②時系列的認識の欠如

災害種によって、自然現象の発生と災害状況の進行の時系列変化は異なる。災害対応は、その時系列に沿って行う必要があるが、一様に災害の原因となる現象の発生を対応の起点としていることや、現象自体に継続時間のある災害種に関しても、対応計画の時系列上では瞬間的な現象として位置づけられている。また、児童生徒を学校内で長時間確保する可能性についての意識、さらに学校の再開に至るまでの「事業継続計画」に対する意識も多くのケースで認められなかった。

③教員間の災害イメージの未共有

上記の項目とも連動するが、立地環境の分析を行っている場合においても、一部教員(管理職・防災担当・社会・理科教員など)のみが理解するにとどまっており、すべての教員で災害・被災イメージを共有する作業が行われていなかった。災害イメージの共有は、マニュアルの相互確認の際に不可欠であるほか、避難訓練時のマニュアルの実行可能性の検証にあたっては不可欠である。

④「正常性バイアス」の存在

ほとんどの学校の避難計画において、災害発生時に児童・生徒、教員が怪我をする事が想定されていなかった。避難誘導計画においても、全教職員が全力で対応することで成立するように立案され、柔軟性のない計画となっていた。被災時の状況を客観的にイメージすることが行われていないため、正常性バイアスを回避できていないものと捉えられる。

⑤登下校中の被災への未対応

児童生徒が在校時の対応に主眼が置かれており、安全確保の主体が不明瞭である登下校時の対策が不十分となっている。スクールバスなど、登下校が学校の管理下にある場合でも災害対応計画が立案されていないケースも多かった。

⑥避難所設置への未対応

小中学校の多くは、地域自治体の指定避難所となっているが、児童生徒の被災時の行動と、地域住民が避難所へ入ってくる行動との整合性が考慮されておらず、動線やスペースが競合することが明白なケースも多い。また、これまでの事例から、学校における避難所の開設の初期段階においては教員の関与が不可欠であることが指摘されているが、学校教員側でのその認識は低いものとなっている。

⑦地域・保護者との連携不足

HSC25-P07

会場:3 階ポスター会場

時間:4 月 30 日 18:15-19:30

登下校時の対応、避難所の開設などにおいて、校外避難が必要な学校では特に、学校と地域の連携が不可欠である。また、防災教育上でも地域の協力は大きな要素となる。一方で、少子高齢化が進行している地域においては、中学校の生徒は地域の共助の担い手として位置づけられる。しかしながら、学校と地域が継続的に防災に関する意思疎通をしているケースは限られていた。学校と地域の連携強化は諸課題の解決のブレイクスルーとなる可能性を有していると考えられる。

保護者との連携に関しては、引き渡し計画の立案と訓練の実施によって強化が進みつつあると評価できる。児童生徒を通じて学校から保護者に働きかけることは、保護者の防災意識の向上を通じて間接的に地域防災力の向上にも寄与する。更なる連携強化が進むことを期待したい。

キーワード: 小中学校, 学校防災マニュアル, ハザードマップ, 避難

Keywords: Elementally and junior high school, Manual for disaster mitigation, Hazard Map, Evacuation

津波ハザード情報の活用に関する自治体意向調査報告 Tsunami hazard inventory survey of utilize for municipalities

大角 恒雄^{1*}; 中村 洋光¹; 平田 賢治¹; 長田 正樹¹; 藤原 広行¹
OHSUMI, Tsuneo^{1*}; NAKAMURA, Hiromitsu¹; HIRATA, Kenji¹; OSADA, Masaki¹; FUJIWARA, Hiroyuki¹

¹ 防災科学技術研究所

¹National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

防災科研では、平成 24 年度より全国を対象とした津波ハザード評価にかかわる研究（藤原・他、2013；合同大会、平田・他、2014；本大会）を開始している。津波ハザード評価（確率論的ハザード評価及びシナリオ評価）などの津波ハザード情報を地域で利活用するにあたっての利用可能性及び課題や留意点等について利用者の観点で調査し、それらをハザード評価手法や内容、結果の表現方法等に反映させることは重要である。そこで、本研究では将来津波ハザード情報の利用者となりうる自治体防災担当者等の意向を面談式のヒアリングにより調査した。調査対象は、平成 23 年東北地方太平洋沖地震において津波被害を受けた茨城県及び千葉県の 2 県と、茨城県の沿岸 10 市町村、千葉県の 18 市町村とした。調査実施上のポイントは、東日本大震災の経験を踏まえ、自治体が自ら津波対策を検討する上での現状と課題等と確率論的津波ハザード情報の中長期的な利活用の可能性及び確率論的津波ハザード情報の公開のあり方に関する要望を調査・収集した。ヒアリングの進め方については、導入部として津波ハザード評価の説明を行ない、ヒアリングのステップ 1 として、津波ハザード情報を活かし防災対策を検討する際の課題抽出型ヒアリングを行い、次にステップ 2 として、津波ハザード評価の利活用方策提案型ヒアリングを実施した。津波対策の現状と課題と確率論的津波ハザード情報の自治体の活用の可能性を議論し、積極的な意見と否定的な意見を整理し、課題抽出を報告する。

キーワード: 津波, ハザード情報, 利活用, 防災対策, 確率

Keywords: tsunami, hazard, public disclosure, disaster mitigation, probabilistic

日本各地における古地震の震度復元 Reconstruction of paleo earthquake intensity

井内 美郎^{1*}; 奥村 由香²; 行木 勝彦³
INOUCHI, Yoshio^{1*}; OKUMURA, Yuka²; NAMEKI, Katsuhiko³

¹ 早稲田大学人間科学学術院, ² 早稲田大学 人間科学部, ³ 早稲田大学 人間科学研究科

¹Faculty of Human Sciences, Waseda University, ²School of fHuman Sciences, Waseda university, ³Graduate School of Human Sciences, Waseda University

地震国日本ではこれまでに数多くの地震被害が歴史的に発生している。地震被害軽減のためには、過去の地震の発生頻度・規模・影響域について明らかにしたうえで発生に備えなければならない。今回報告するものは、文献記録の残る歴史地震に関して、それぞれ任意の地点においてどの程度の揺れ（震度）があったかを推定するソフトである。歴史地震の震度に関する経験式をもとに、地震の震央と観測点間の距離および地震のマグニチュードを用いて観測点の地震震度を推定し、リストとして示すようにした。元来、この手法は湖沼堆積物を対象に、過去の地震記録を復元する基礎資料として考案されたものであり、琵琶湖および猪苗代湖において湖底地すべり堆積物（タービダイト）が発生する震度下限値を求めるために使用された。その結果、琵琶湖では 45 ガル、猪苗代湖では 79 ガルがタービダイト発生の下限值であると推定された。このような手法を各地の水域で用いることによって、記録文書のない過去についても地震記録（震央位置およびマグニチュード）が復元可能になる可能性がある。

キーワード: 古地震, 深度, 堆積物

Keywords: paleo earthquake, intensity of quake, sediment

国内外における津波ハザード関連情報の公開事例の概観 An overview on current status of public disclosure for tsunami hazard information in and around Japan

長田 正樹^{1*}; 中村 洋光¹; 平田 賢治¹; 大角 恒雄¹; 藤原 広行¹
OSADA, Masaki^{1*}; NAKAMURA, Hiromitsu¹; HIRATA, Kenji¹; OHSUMI, Tsuneo¹; FUJIWARA, Hiroyuki¹

¹ 防災科学技術研究所

¹ National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

津波防災を進めるにあたって、津波ハザードにかかわる情報が国、自治体、民間それぞれのレベルの事前対策の中で有効に活用され得るよう発信されることが必要である。防災科研では、平成 24 年度より全国を対象とした津波ハザード評価にかかわる研究（藤原・他、2013、合同大会、平田・他、2014、本大会）を開始しているが、その一環として平成 25 年度から津波ハザード情報の利活用に関する調査・検討を始めている。ここでは、まず初めに津波ハザードに関する情報が公的機関・組織からどのような内容・形で提供されているか国内外の現状について調べたので報告する。防災科研の津波ハザード評価の主要な利用者には自治体があるので、今回の調査の対象として自治体等が一般の住民などへ公開している情報とした（2013 年 7 月時点、学術論文・報告は原則除外）。調査は、インターネットにより、国内では沿岸部を持つ都道府県および国外では 5 か国（9 地域）について行った。調査の結果は、1）情報の種類、2）公開の方法の二つの観点からまとめた。1）情報の種類としては、1a) 津波高さ分布図（オーストラリア；確率論的評価に基づいた沿岸での津波高さを公開）、1b) 浸水予測図（日本国内の自治体、米国オレゴン州、米国ワシントン州など；発生が懸念されている最大クラスの津波について浸水深さ地図、チリなど；過去の津波の浸水実績の地図、インドネシア；想定される津波による確率論的浸水を予測した地図）、1c) 津波避難地図（ニュージーランド・オークランド市、米国オレゴン州、米国ハワイ州など；津波の危険度もしくは津波警報のレベルに応じ避難対象エリアを示したもの）、1d) 建築制限などの法的規制を目的とした浸水範囲図（米国オレゴン州）、などであった。2）情報の公開方法としては、基本的にはハザード情報を記載した地図を PDF 形式で公開しているものが大半（日本国内では全例）である。また、一部では、Web Mapping によりインタラクティブな情報提供（米国ハワイ州）、KML（オーストラリア）などのデータとして提供など、利用者の二次利用を意識した方法を積極的に採用しているところもあった。津波ハザード情報を発信する際には、発信の目的に合わせ、情報の特質とそれぞれ地域の実情を考慮した多様な方法が採用されている現状にあると推測される。今後、確率論的津波ハザード評価結果の利活用を図る際にも、目的を明確にした情報発信方法を検討する必要がある。

キーワード: 津波, ハザード情報, 公開, ハザードマップ, 利活用

Keywords: tsunami, hazard information, disclosure, hazard map, utilization

多層構造を有する斜面における間隙水圧 Pore water pressure in slopes composed of multi-layer geological structure

今泉 文寿^{1*}; 宮本 邦明²

IMAIZUMI, Fumitoshi^{1*}; MIYAMOTO, Kuniaki²

¹ 静岡大学大学院農学研究科, ² 筑波大学生命環境系

¹Graduate School of Agriculture, Shizuoka University, ²Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

Increasing in pore water pressure in the slopes during heavy rainfall events is considered as an important factor inducing landslides. Sliding surface of many of these landslides locates on the boundary between different rock/soil strata. We need to know spatial distribution of the pore water pressure in slopes composed of multi-layer geological structure in order to explain occurrence mechanism of these landslides. Many of prior studies generally analyzed slope stability under condition that the pore water pressure is same as the hydrostatic pressure. These studies ignored influence of depth profile of hydraulic parameters on magnitude of the pore water pressure. We, therefore, tried to understand spatial distribution of the pore water pressure on the basis of the continuity equation and equation of motion for seepage flow in two-dimensional slopes with multi-layer soil structure. Our study clarified that the water velocity as well as the depth profile of the pore water pressure are affected by depth profile of the hydraulic conductivity in the saturated zone. Pore water pressure agrees with hydrostatic pressure in case that the saturated zone develops on the impermeable soil layer. Meanwhile, pore water pressure is smaller than hydrostatic pressure in case that bottom of the saturated zone contacts with unsaturated zone. In this case, magnitude of the pore water pressure depends on the difference in the hydraulic conductivity between upper and lower layers. In addition, pore water pressure is highest at a layer boundary. Our analysis results agree with the general landslide characteristic that the sliding surface locates on a layer boundary.

キーワード: 崩壊, 間隙水圧, 多層構造, 浸透流

Keywords: landslide, pore water pressure, multi-layer soil structure, seepage flow

異常気象時の地すべり変動現象について Landsliding phenomenon under abnormal weather conditions: a case study

王 功輝^{1*}; 末峯 章¹; 松浦 純生¹; 新井場 公德²
WANG, Gonghui^{1*}; SUEMINE, Akira¹; MATSUURA, Sumio¹; ARAIBA, Kiminori²

¹ 京都大学防災研究所, ² 消防庁消防大学校 消防研究センター

¹Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, ²National Research Institute of Fire and Disaster

To examine the initiation and movement mechanisms of landslides occurring during abnormal weather conditions, we have been monitoring a landslide on Nisenotani area in Miyazaki Prefecture, Japan. The monitoring items include the weather conditions (rainfall and air pressure), moisture content of surficial soil layers, groundwater table, and displacements (by means of borehole wire extensometer, surficial extensometer, and total station). Cracks appeared on the slope after a heavy rainfall and borehole investigation revealed that this landslide is a large compound one, consisted of several sub-blocks. Our dense monitoring is performed on a small block of the toe part, and our results showed that: (1) landsliding was initiated by a heavy rainfall, but was not less affected by small rainfall; (2) landsliding varies with air-tide; (3) lower part of the sliding sub-block had been continuously compressed; (4) the sliding surface and the compressed soil layer had been effectively identified by means of a surface-wave technique.

キーワード: 異常気象, 気圧, 降雨, 斜面変動, 地下水位

Keywords: Abnormal weather, air pressure, Rainfall, landsliding, groundwater table

極端な豪雨による山岳道路斜面安定の影響 Extreme Rainfall Effect on Slope Hazards along Mountain Roadway

WANG CHAO-WEN^{1*}; 吉見 和紘¹; 山田 正¹
WANG, Chao-wen^{1*}; YOSHIMI, Kazuhiro¹; YAMADA, Tadashi¹

¹ 中央大学理工学研究科

¹Graduated School of Science and Engineering, Chuo University

Due to the global climate changes, the scale and frequency of natural disasters are more difficult to predict and measure. Extreme rainfall often brings astonishing amount of water and causes very serious damage in the mountain areas. And for different environment conditions, the slope hazards induced by rainfall would be different like geology, topography or location. Therefore in this research, the authors considered the elevations, slope aspect, slope gradient and geology to compare and analysis the rainfall effect on slope hazards by using the historic landslides records. And the major method of rainfall analysis is the snake line model that is using dual-indexes of rainfall- short term rainfall intensities and accumulated rainfall data. Short term rainfall intensities mean hourly rainfall, 3 hourly rolling rainfall, 6 hourly rainfall and so on. The most important of these rainfall analyses are trying to find some regulars in occurrence of slope hazards. Furthermore, the authors also collected different hazard types in order to try to get the rainfall characteristics of different disasters. In this research, the authors used the Da-Jia River upstream region (Taiwan) as the case study. In this region, over than half area the slope gradient is larger than 55%. Through the results of the analyses, the authors get some important conclusions. Firstly, in the environment conditions, the effects of slope gradient, elevation, and geology are obvious. Secondly, the effect of slope aspect is according to the rainfall events. Finally, in extreme rainfall events, the trend of occurrence time in different hazards can be observed. According to the above conclusions, it can be effective to make decisions to prevent disasters and reduce lost.

キーワード: 斜面安定, 降雨

Keywords: Landslides, Rainfall

Shallow Landslide Susceptibility Mapping for Selected Areas in the Philippines Severely Affected by Super Typhoon Haiyan Shallow Landslide Susceptibility Mapping for Selected Areas in the Philippines Severely Affected by Super Typhoon Haiyan

RABONZA, Maricar^{2*}; FELIX, Raquel¹; ORTIZ, Iris jill¹; ALEJANDRINO, Ian kaye²; AQUINO, Dakila²; ECO, Rodrigo narod¹; LAGMAY, Alfredo mahar francisco²
RABONZA, Maricar^{2*}; FELIX, Raquel¹; ORTIZ, Iris jill¹; ALEJANDRINO, Ian kaye²; AQUINO, Dakila²; ECO, Rodrigo narod¹; LAGMAY, Alfredo mahar francisco²

¹University of the Philippines Diliman, ²Nationwide Operational Assessment of Hazards, Department of Science and Technology
¹University of the Philippines Diliman, ²Nationwide Operational Assessment of Hazards, Department of Science and Technology

Super Typhoon Haiyan, considered as one of the most powerful storms recorded in 2013, devastated the central Philippines region on 8 November 2013. In its wake, Haiyan left 6,190 fatalities, 28,626 injured and 1,785 missing, as well as damage amounting to more than USD 823 million. To mitigate damage from similar events in the future, it is imperative to characterize hazards associated with tropical cyclones such as those brought by Haiyan, with detailed studies of storm surges, landslides and floods. Although strong winds and powerful storm surges up 15-17 feet were the primary causes of damage, landslides studies are also vital in the rehabilitation of typhoon damaged areas. Cities and municipalities of Leyte (7,246.7 sq. km) and Samar (13,121 sq. km) provinces, the heaviest cities area during the onslaught of Haiyan, require detailed and up-to-date hazard maps for their rebuilding and disaster mitigation programs. In order to delineate areas susceptible to rainfall-induced shallow landslides and generate a worst-case scenario hazard map of the two provinces, Stability INdex MAPping (SINMAP) software was used over a 5-meter-resolution Interferometric Synthetic Aperture Radar (IFSAR)-derived digital elevation model (DEM) grid. SINMAP has as its theoretical basis in the infinite plane slope stability model. Topographic, soil-strength and hydrologic parameters (cohesion, angle of friction, bulk density and hydraulic conductivity) were used for each pixel of a given DEM grid to compute for the corresponding factor of safety. The landslide maps generated using SINMAP are found to be highly consistent with the landslide inventory derived from high-resolution satellite imagery dated 2003 to 2013. The landslide susceptibility classification found in the landslide hazard maps are useful to identify no-build, areas that can be built upon but with slope intervention and monitoring as well as places that are safe from shallow landslides. These maps complement the debris flow and structurally-controlled landslide hazard maps that are also being prepared for rebuilding Haiyan's devastated areas.

キーワード: Natural Hazards, Landslide, Hazard Mapping
Keywords: Natural Hazards, Landslide, Hazard Mapping

Calculation of Shallow-Landslide Rainfall Threshold for Libon, Albay, Philippines Using TRIGRS

Calculation of Shallow-Landslide Rainfall Threshold for Libon, Albay, Philippines Using TRIGRS

ALEJANDRINO, Ian kaye^{1*} ; ALEMANIA, Maneka kristia¹ ; AQUINO, Dakila¹ ; ECO, Rodrigo narod¹
ALEJANDRINO, Ian kaye^{1*} ; ALEMANIA, Maneka kristia¹ ; AQUINO, Dakila¹ ; ECO, Rodrigo narod¹

¹DOST Project NOAH

¹DOST Project NOAH

In a rainfall event caused by a cold front and a low pressure area during the 14th until the 21st of February 2008, the Albay province experienced several landslides with \$4.6 million in damages to infrastructure alone. Aside from delineating areas that are highly susceptible to landslide, it is important to determine shallow-rainfall threshold aid in the development of an early warning system. The study area was carried out on an area in Libon town in Albay with approximately 1000 residents living near the high hazard area. Using TRIGRS software (Transient Rainfall Infiltration and Grid-based Regional Slope-stability analysis), 6 different sustained rainfall intensities with the duration of 24 hours were simulated to a 5-meter resolution IFSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar)-derived DEM (Digital Elevation Model). Topographic, soil strength, and hydrologic parameters were assigned to each pixel of the given DEM grid to compute for the factor of safety using the theory on Infinite Plane Slope Stability to produce a shallow-landslide susceptibility map. The values of the different rainfall intensities were selected to represent different rainfall events equal (1.26mm/hr), less than (.5 and 1mm/hr) and greater than (1.5, 2.73, 7.5 mm/hr) the infiltration rate of the soil. After comparison, there were no observed differences in the hourly variation of the Factor of Safety Maps for 1.26 mm/hr and greater intensities. The rainfall threshold determined to be 4.5 to 5mm of effective accumulated rainfall on which the pixels that failed ($FS < 1$) matched the landslide inventory from 2003-2014 and the shallow-landslide hazard map. This study shows that in determining rainfall thresholds for shallow landslides the effective infiltration rate and hydraulic diffusivity of the soil serves as factors on how fast the slope reaches instability during a rainfall event. The results of this study may be treated as the worst case possible due to the sustained intensities and may be further improved through simulations using data of actual rainfall events, considering varying rainfall intensities and durations.

キーワード: Landslide, Shallow, Rainfall, GIS, Albay, Philippines

Keywords: Landslide, Shallow, Rainfall, GIS, Albay, Philippines

Sensitivity of the initiation of debris flow to initial soil moisture Sensitivity of the initiation of debris flow to initial soil moisture

HU, Wei^{1*}; XU, Qiang¹; WANG, Gonghui²; VAN ASCH, T.w.j.³; HICHER, Pierre-yves⁴
HU, Wei^{1*}; XU, Qiang¹; WANG, Gonghui²; VAN ASCH, T.w.j.³; HICHER, Pierre-yves⁴

¹State Key Laboratory of Geo-Hazard Prevention and Geo-Environment Protection, Chengdu University of, ²Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Japan, ³Faculty of Geosciences, Utrecht University, Heidelberglaan 2, 3584 CS, The Netherlands, ⁴LUNAM University, Ecole Centrale de Nantes, CNRS UMR 6183, France

¹State Key Laboratory of Geo-Hazard Prevention and Geo-Environment Protection, Chengdu University of, ²Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Japan, ³Faculty of Geosciences, Utrecht University, Heidelberglaan 2, 3584 CS, The Netherlands, ⁴LUNAM University, Ecole Centrale de Nantes, CNRS UMR 6183, France

The initiation of debris flows is commonly attributed either to fluidization as a result of rainfall induced landslides or to gully erosion induced by concentrated run-offs. A series of flume tests have been performed to show how the initial soil moisture influences the initiation of debris flows. At the start of each experiment, surface run-off was generated over loose granular deposits, triggering debris flows. These experimental debris flows enacted different scenarios according to the small variations among the initial soil moistures. In the loose granular deposits with initial soil moistures ranging from 1% to 5%, most run off water could infiltrate and trigger a landslide, which accelerated within one second to speed over 1 ms⁻¹ and then transformed into a debris flow. In the same soil deposits with initial moistures >5% or <1%, the debris flow was initiated by slow gully erosion with episodic events of damming and breaching due to small-scale landslides occurring on the side-slopes of the erosion valley. The slope failures were not triggered by positive pore pressure but by a decrease in suction due to the wetting of the soil. This suction decrease in initially unsaturated slopes explains why the transformation of these slope failures into debris flows are due not only to an increase of pore pressure leading to soil liquefaction, which is one of the expected triggering mechanisms, but also to a loss of the cohesive strength of the soil.

キーワード: debris flow, soil moisture, initiation

Keywords: debris flow, soil moisture, initiation

Gully development on flows and deep-seated slides in the Mangaoporo catchment, North Island, New Zealand

Gully development on flows and deep-seated slides in the Mangaoporo catchment, North Island, New Zealand

PARKNER, Thomas^{1*}
PARKNER, Thomas^{1*}

¹College of Geoscience, University of Tsukuba

¹College of Geoscience, University of Tsukuba

Mass movements and gully erosion are widespread phenomena in many steep, erosion prone catchments. Understanding gully erosion on unstable slopes is important for the management of slopes as well as for management of river systems, as large quantities of sediment are supplied by gully erosion directly into river systems causing off-site damage.

The development of gullies on unstable slopes is not well understood. In this study gully development on slopes affected by mass movements was analysed in 14 headwater catchments of the Mangaoporo catchment, North Island, New Zealand. Bedrock consists of Cretaceous-aged, highly crushed and sheared mudstones and sandstones. Deforestation by European settlers at the beginning of the 20th century for pastoral farming was followed by reforestation for wood production from the 1980s. Sequential aerial photographs from 1939 to 2005 were interpreted to map mass movements and the development of gullies. Digital elevation models were extracted from aerial photography using ERDAS to assess the applicability of the commonly applied topographic threshold approach for gully incision.

Flows of varying depth occurred in all catchments underlain by mudstone, while the catchment consisting of alternations of mudstone and sandstone were affected by deep seated sliding and secondary shallow sliding. Deep (few meters to 15m) gullies were located at the toe of mass movement bodies. Such gullies developed oversteepened sidewalls, which in turn initiate extensive mass movements at the gully walls. Shallow (about 1 -2m deep), hundreds meter long gully arms extended upslope. Topographical changes by active flows and slides caused stream capture or gully destruction. Cracks and scraps functioned as incision pathways.

The topographic threshold approach is not appropriate for unstable slopes, as the mass movement topography exhibits irregular drainage pattern and gully incision depends on the morphology of mass movements. New approaches need to be developed for gully incision on unstable slopes to understand the spatial and temporal variability of incision dynamics on unstable slopes.

キーワード: gully erosion, flow, slide, New Zealand

Keywords: gully erosion, flow, slide, New Zealand

Quantifying the seismic response of slopes: observed and modelled amplification from the Port Hills of Christchurch
Quantifying the seismic response of slopes: observed and modelled amplification from the Port Hills of Christchurch

MASSEY, Chris^{1*} ; KAISER, Anna¹ ; HOLDEN, Caroline¹
MASSEY, Chris^{1*} ; KAISER, Anna¹ ; HOLDEN, Caroline¹

¹GNS Science

¹GNS Science

ABSTRACT: Before the Christchurch 2010/11 earthquake sequence the influence of site effects on landslide triggering during earthquakes was reported in many studies, but evaluating these effects has been difficult through lack of high-resolution data, especially the lack of local ground motion instrumental observations. As a result of the Christchurch 2010/11 earthquake sequence we now have high temporal and spatial resolution data, including subsurface geotechnical and geophysical information that allows quantification of the amplification relationships between the near surface geology, topography and seismic inputs.

This paper presents preliminary results on site effects in the Port Hills of Christchurch caused by near surface material impedance contrasts and slope morphology. Results from small scale temporary arrays installed on several of the large rock slopes that failed repeatedly during the earthquakes suggest amplification factors of up to 300% of peak ground acceleration when compared to free field rock outcrop peak ground accelerations. These are corroborated not only by two dimensional seismic site response analyses using synthetic earthquake motions as inputs to the models but also by comparing recorded ground motions from borehole and surface seismometers.

Based on these findings it is apparent that particular slope shapes and material contrasts can significantly amplify peak ground accelerations during earthquakes. At present in New Zealand such amplification effects are not routinely taken into account when designing earthworks or structures on slopes or in landslide risk assessments.

キーワード: Earthquake induced landslides, topographic amplification, earthquake hazards

Keywords: Earthquake induced landslides, topographic amplification, earthquake hazards

Distribution loess landslides triggered by the 1920 Haiyuan earthquake and their formation mechanisms

Distribution loess landslides triggered by the 1920 Haiyuan earthquake and their formation mechanisms

HUANG, Runqiu^{1*} ; PEI, Xiangjun¹ ; HAN, Xiangsen¹ ; ZHANG, Xiaochao¹
HUANG, Runqiu^{1*} ; PEI, Xiangjun¹ ; HAN, Xiangsen¹ ; ZHANG, Xiaochao¹

¹Chengdu University of Technology

¹Chengdu University of Technology

The 1920 Haiyuan Earthquake ($M=8.5$) is one of the strongest earthquakes in Chinese modern history, and directly resulted in more than 200,000 people dead. The Earthquake induced a large number of landslides. Among them, we investigated 544 landslides in the meizoseismal area, and found that the distributions of the landslides are mainly concentrated in the southeastern part of the seismogenic fault, but the relationship with the NW-trending seismogenic fault is not noticeable. Further investigation indicated that such distribution is mainly controlled by two types of factors. One is the nearly SN-trending secondary faults concealed under the loess cover. The other one is the thickness of the loess. The landslide is more intensive in those areas with thicker loess and the density of the landslides decreases with the decreasing in the loess thickness, while landslides occurring in the bedrocks are very rare.

Investigation shows that the sliding surface of a large number of loess landslides is extremely gentle with the apparent friction angle ranging between 8 -11 degrees. Liquefaction phenomenon was found on a large number of areas in loess tableland along both sides of the river in the meizoseismal area. This is likely one main reason for the occurrence of landslides with very gentle sliding surface angle. Laboratory testing of undisturbed loess of these regions indicated that the sand content ranges from 3% to 15%, silt content is about 65% - 85%, clay content between 10% - 20%, and thus this kind of soil belongs to silt. But the sand content showed uneven distribution and high sand content occurred in local area. Dynamic triaxial tests showed the saturated loess could suffer from liquefaction failure.

However, there existed a large number of low angle slip surface, large runout and high mobility loess landslides in the slope zone with low underground water level. Loess is characterized by large pores with high compressibility and low strength. Scanning electron microscopy revealed that cement of loess particles were dispersed particulate, distributed discontinuously attached to the particle surface or accumulated at the point of the contact in the skeleton, the adhesive strength is very low. The earthquake occurred in December of that year's winter. Due to very low water content of loess, relatively dry shallow loess easily shattered and collapsed under strong shaking of extreme earthquake. Therefore this caused occurrence of the high-speed and long runout landslide.

Finally, we conclude that because of the special geological characteristics of loess, there are more than two types of landslide mechanism: one is the liquefaction occurring on the loess layer affected by the groundwater level; the other one is the collapse of loess structure under strong earthquake.

2009年パダン地震が引き起こした崩壊性地すべりの地形・地質的特徴 Geomorphological and Geological Features of The Collapsing Landslides Induced by The 2009 Padang Earthquake.

中野 真帆^{1*}; 千木良 雅弘²
NAKANO, Maho^{1*}; CHIGIRA, Masahiro²

¹ 株式会社 建設技術研究所, ² 京都大学防災研究所
¹CTI Engineering Co., Ltd., ²Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

The Mw7.6 Padang earthquake in 2009 attacked the northwest of Sumatra, Indonesia, and triggered many landslides, which killed at least 130 people at one village. We made satellite image interpretations, field investigations, and laboratory tests to identify the geomorphological and geological features of these landslides. As a result, we found that the number of landslides was 159, materials that slid were pumice fall deposits, and their sliding surface was made within the base of the pumice layer where pumice grains were mixed with underlying lahar and heavily weathered. These landslides had the following characteristics: 1) they occurred in the areas with pumice beds with >3 m thickness, which was controlled by the distance from their source; 2) the pumice fall deposits had a slope-parallel layering, which had been cut at the foots of slopes; and 3) the mixed layer at the base of the pumice beds was heavily weathered to be clayey materials with abundant halloysite.

We made an isopach map of the pumice fall deposits, which is so-called Qhpt and believed to be from Maninjau Caldera. The isopach contours, however, showed that Qhpt is from Tandikat Volcano, and that landslides occurred in clusters in the areas with pumice beds thicker than 3.5 m.

Qhpt beds had slope-parallel bedding, but they were undercut by subsequent river incision. Interpretations of stereoscopic satellite images and field surveys showed that there are four terraces along the Magung River, and Qhpt covers widely distributed higher terraces (Lh) of lahar younger than 80 ka and middle terraces (Lm) but are cut by lower terraces (Ll1 and Ll2) as well as small nearby tributary gullies. This undercutting likely reduced the support of Qhpt beds from downslope.

The mixed layers, in which sliding surfaces were formed, were heavily weathered and very weak; weaker than the main Qhpt above and the lahar below. XRD analyses showed that pumice grains of the main part of Qhpt scarcely had halloysite but pumice grains and weathered lahar in the mixed layers were rich in halloysite. The formation of halloysite could be attributed to the interaction between the materials of the mixed layers and the water coming through Qhpt beds; water, which gets Si and other chemical components from the volcanic glass of pumice, may become stagnant in the mixed layers because they are much less permeable than the Qhpt beds above. This would be a preferable condition of halloysite formation.

Infinite slope stability analysis using geotechnical parameters, pumice bed thickness, and slope angles, which we obtained, suggested that landslides with sliding surfaces within the mixed layers could be triggered by the shaking of the 2009 Padang earthquake. The natural water contents of the materials of the mixed layers exceeded their liquid limits, which suggests that they would behave like a liquid after remodeling.

The geological history, which is volcanic eruption, weathering, and undercutting by river incision as stated above, is typical in tropical volcanic areas. That means we can make a hazard map of such a catastrophic landslide induced by earthquakes on the basis of geological development.

Keywords: 2009 Padang earthquake, Halloysite, Collapsing landslide, pumice fall deposits, weathering

The seismic signals from the model slope failure and erosion tests The seismic signals from the model slope failure and erosion tests

FENG, Zheng-yi^{1*} ; YU, Chia-cheng¹
FENG, Zheng-yi^{1*} ; YU, Chia-cheng¹

¹National Chung Hsing University, Taiwan, ROC

¹National Chung Hsing University, Taiwan, ROC

High intensity rainfalls in mountainous areas often induce floods. The floods could erode riverbank slopes and cause them to landslide. This study selected Landao Creek of Huisun Experimental Forest (Nantou, Taiwan) as the in-situ test site for the model slope failure and erosion tests. We built a large size model soil slope and an artificial landslide dam in Landao Creek for the tests. The Nengau agricultural channel at the upstream of Landao Creek was setup to control the inflow to Landao Creek. Therefore, the artificial landslide dam were overtopped when the retention space were full by the inflow water. Consequently, the dam breached and caused the model soil slope to be eroded by the flooding water. The model soil slope failed partially due to the erosion and generated seismic signals during the slope materials sliding down. We installed of several accelerometers sensor on the model soil slope to collect seismic signals generated. We present two test results in this study. The seismic signals were analyzed using the Hilbert-Huang Transform for time-frequency spectrograms. We explored the characteristics of seismic signals due to the model soil slope sliding and the flooding. In addition, we can use the time-frequency spectrograms to identify the timings when the model slope slid repeatedly.

キーワード: Landslide, slope, erosion, seismic signal, flood, dam

Keywords: Landslide, slope, erosion, seismic signal, flood, dam

地震波形記録から見た2013年10月16日の伊豆大島における斜面崩壊の特徴 Characteristics of the slope failures in Izu-Oshima Island on Oct. 16, 2013, inferred from seismic waveform records

土井 一生^{1*}; 釜井 俊孝¹; 王 功輝¹; 森田 裕一²
DOI, Issei^{1*}; KAMAI, Toshitaka¹; WANG, Gonghui¹; MORITA, Yuichi²

¹ 京大防災研, ² 東大地震研

¹DPRI, Kyoto Univ., ²ERI, Univ. of Tokyo

On Oct. 16, 2013, large-scale slope failure took place due to extreme rainfall in Izu-Oshima Island in Japan. The precipitation reached over 90 mm per hour from 1:00 to 5:00 before and during the period when the failures took place. Through geological surveys by us and Natural Disaster Research Council, piping holes were observed on the collapsed slopes, which suggested that the ground water spouted due to high water pressure. It is important to grasp the detailed behaviors of water and sediment movement in order to reduce the slope disaster in the volcanic regions.

Signals of failures and their related sediment movements were recorded many times by several seismometers installed around by Oshima Volcano Observatory of ERI, Univ. of Tokyo. The seismic signals were observed almost at the same time at several stations. Four major signals were detected from 2:00-3:00, while at least a few tens were observed from 3:00-5:00. These signals had unclear initial phases and long (several minutes) durations. The amplitudes increased almost at the same time at the beginning among the stations, while the times when they attained the maximum values were earlier at the stations located in the upper side of the slope. These facts indicate that the vibrations were firstly generated in the upper side of the slope, then moving toward the downside.

Acknowledgments: We used meteorological data recorded by JMA.

キーワード: 斜面崩壊, 地震波形, 土砂流動

Keywords: slope failure, seismic waveform, sediment movement

Friction law of gouges from monotonic and cyclic shear tests - implications for rockslide triggered by earthquakes
Friction law of gouges from monotonic and cyclic shear tests - implications for rockslide triggered by earthquakes

DONG, Jia-jyun^{1*}; TETSUHIRO, Togo²; LAI, Jun-rong¹; YANG, Che-ming¹; LEE, Chyi-tyi¹; SHIMAMOTO, Toshihiko²
DONG, Jia-jyun^{1*}; TETSUHIRO, Togo²; LAI, Jun-rong¹; YANG, Che-ming¹; LEE, Chyi-tyi¹; SHIMAMOTO, Toshihiko²

¹Graduate Institute of Applied Geology, National Central University, Taiwan, ²State Key Laboratory of Earthquake Dynamics, Institute of geology, China Earthquake Administration

¹Graduate Institute of Applied Geology, National Central University, Taiwan, ²State Key Laboratory of Earthquake Dynamics, Institute of geology, China Earthquake Administration

The differences of soil strength under static and dynamic loading have been well recognized. This study utilized rotary shear apparatus to elucidate the friction coefficient of gouge materials under monotonic and cyclic shearing conditions. A rigid block model incorporating the velocity/displacement dependent friction law from monotonic tests was adopted to simulate the dynamic shearing behavior. Basically, the friction coefficient under maximum shearing velocity was well depicted. However, the friction coefficient under zero velocity for dynamic shearing tests was overestimated. A frequency factor, which taking the healing effect into account, was successfully incorporated into the friction law to simulate the variation of the friction coefficient under dynamic loading condition. The modify friction law with consideration of the cyclic shearing frequency was used to evaluate the triggering of a dip slope rockslide during earthquake. It is illustrated that the cyclic shear induced from the earthquake is critical for the initiation of large scale rockslide. The influence of seismic loading on earthquake-triggered rockslide can thus be evaluated quantitatively.

キーワード: monotonic and cyclic shear, velocity and displacement dependent, friction coefficient, rotary shear test, gouge, earthquake triggered rockslide

Keywords: monotonic and cyclic shear, velocity and displacement dependent, friction coefficient, rotary shear test, gouge, earthquake triggered rockslide

Fast Shear Behaviour of Granular Material and Rapid Landsliding Phenomena Fast Shear Behaviour of Granular Material and Rapid Landsliding Phenomena

JIANG, Yao^{1*} ; WANG, Gonghui² ; KAMAI, Toshitaka²
JIANG, Yao^{1*} ; WANG, Gonghui² ; KAMAI, Toshitaka²

¹Graduate School of Science, Kyoto University, ²Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

¹Graduate School of Science, Kyoto University, ²Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Many rapid landsliding events are normally catastrophic in which granular masses flow with extremely low friction. In order to prevent and mitigate the disaster, it is essential to better understand their mechanisms of initiation, motion and deposition. Although a great deal of research and attention has been focused on the unusual physical features for rapid landsliding events, the dependence of frictional properties on particle characteristics and test conditions has not yet been clearly understood. In the present research, we performed a set of experimental studies to examine the grain-scale frictional properties. We used two kinds of glass beads to examine how particle size affected the strength and stability of granular materials by employing a large ring-shear, and sheared the samples by changing the shear rate from 0.1 to 100 mm/s under different normal stresses (50, 100, 200, 400 kPa). It was found that the influence of shear rate on the residual shear strength for glass beads was negligible, while the stress fluctuation was observed for different particle sizes. Three distinct spectral peaks were identified in the frequency spectra for the two glass beads by utilizing Discrete Fourier Transform (DFT) method. According to the frequency spectra, we found that the stress fluctuation of glass beads was closely related to the particle size. Then we analyzed the role of particle size in the fast shear behaviour of granular materials and their relationship to the rapid landsliding behavior of rock avalanche.

キーワード: fast shear behavior, rapid landsliding, glass beads, particle size, shear rate, stress fluctuation

Keywords: fast shear behavior, rapid landsliding, glass beads, particle size, shear rate, stress fluctuation

Changes in particle size distribution of clayey material at a catastrophic landslide base Changes in particle size distribution of clayey material at a catastrophic landslide base

TSOU, Ching-ying^{1*}; CHIGIRA, Masahiro¹; FENG, Zhengyi²; HIGUCHI, Kohei³
TSOU, Ching-ying^{1*}; CHIGIRA, Masahiro¹; FENG, Zhengyi²; HIGUCHI, Kohei³

¹Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Uji, Japan, ²Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, ³Department of Civil Engineering, National Cheng Kung University

¹Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Uji, Japan, ²Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, ³Department of Civil Engineering, National Cheng Kung University

In August 2009, a catastrophic rockslide avalanche was initiated by a cumulative rainfall of 1676.5 mm by Typhoon Morakot in the southern mountainous region of Taiwan. The landslide occurred on slopes extending from head scarp to the opposite riverside with a fall height of 830 m and generated the runout distance of 3.2 km long. The mobility of the landslide was high, indicating by its low apparent friction angle of 14 degrees and velocity of 70 to 120 km hr⁻¹ in 95 s. The landslide claimed more than 400 people dead and missing when the village of Shiaolin was destroyed directly in the path of the landslide. We found clayey material in many locations at the base of the landslide deposits. Two samples S1 and S2 and one sample D1 of clayey material were respectively collected from the base of the remaining debris in the lower part of source area and the base of the deposits in the depositional area. Their mineralogy and particle size distribution were analyzed using an X-ray diffractometer (Rigaku Gaigerflex RAD IIB) and a laser diffraction particle size analyzer (Shimadzu, SALD-3100), respectively. The X-ray analysis indicates that the samples are the same material, in terms of texture and mineralogy, consisting of illite, chlorite, quartz, feldspar, and calcite. Besides, particle size analysis shows that samples S1 and S2 of the source area had two particle size modes at 15 μm and 50 – 100 μm, and sample D1 of the depositional area had one mode at 15 μm. This difference between the samples may reflect pulverization during movement of the material from the source area to the depositional area. The overall particle size distribution is narrower in sample D1, and the mean grain size (D₅₀) decreased from 11.03 μm in sample S2 to around 8.96 μm in sample D1. Sample S1 has larger amounts of finer fractions than do samples S2 and D1, and its distribution curve has a flattened top in comparison with the other two samples, which could be attributed to intense shearing between bedrock and debris. The results suggest that the clayey material at the landslide base and the increasing fine-grained content of the clayey material during shearing are assumed to have a significant impact on its long, rapid movement.

キーワード: rockslide avalanche, high mobility, clayey material, particle size distribution
Keywords: rockslide avalanche, high mobility, clayey material, particle size distribution

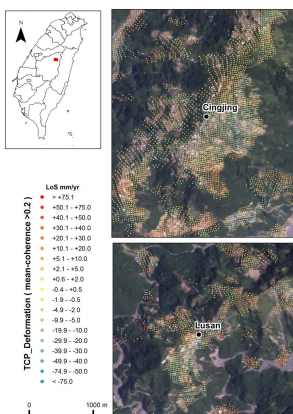
Application of TCP-InSAR technique for the Deep-Seated landslides detection and monitoring at Cingjing village, Taiwan

LIU, Shouheng¹ ; LIN, Chingweei¹ ; CHEN, Roufei^{2*} ; ZHANG, Lei³
LIU, Shouheng¹ ; LIN, Chingweei¹ ; CHEN, Roufei^{2*} ; ZHANG, Lei³

¹Department of Earth Sciences, National Cheng Kung University, Taiwan, ²Department of Geology, Chinese Culture University, Taiwan, ³Department of Land surveying and Geo-informatics, Hong-Kong polytechnic university, Hong-Kong
¹Department of Earth Sciences, National Cheng Kung University, Taiwan, ²Department of Geology, Chinese Culture University, Taiwan, ³Department of Land surveying and Geo-informatics, Hong-Kong polytechnic university, Hong-Kong

Taiwan located at an active mountain belt and subtropical climate environment, severe gigantic landslide that have caused considerable damages commonly occurred in mountainous areas. After the 2009 Hsiaolin landslide that caused 450 casualties, how to identify potential sites of Deep-Seated landslides, evaluate their activity and susceptibility become an important issue. In the past few years, our research team has processed many slope failures that have caused considerable damages by using airborne LiDAR Digital Elevation Model (DEM), and implemented related analyses for the goal of deep-seated landslide. Cingjing village located at Centre Taiwan is well known as one of the three high altitude agriculture area in mountainous regions. In this study, we using TCP-InSAR interferometry from ALOS/PALSAR images to detect and monitoring the landslide activity and its susceptibility of deep-seated deformation over a large area. The method obtains more ground deformation information than other InSAR approaches, providing more comprehensive analytical results for the slope related hazard studies. Our TCP-InSAR result shows a significant subsidence pattern around the Cingjing area. Comparing the surface deformation data and the field investigation records, several imperceptible deep-seated landslide locations are found and the boundaries can be identified as well as the spatial distribution of instability to them. The deposition pattern also implies different landslide development types on the slopes. This case study shows the great potential of TCP-InSAR evaluating the slope activities and deformation in the vegetated mountain area. Combined with topography signatures from high resolution digital elevation model data, it will be an effective way to determine the stability of slopes and potential hazard locations over a large area.

キーワード: Deep-Seated landslides, TCP-InSAR technique, Airborne LiDAR, Cingjing village
Keywords: Deep-Seated landslides, TCP-InSAR technique, Airborne LiDAR, Cingjing village



紀伊山地付加体における深層崩壊の前兆地形 Preceding topographic features of catastrophic landslides in an accretion complex in the Kii Mountains

千木良雅弘^{1*}; 松四雄騎¹; 鄒青穎¹; 平石成美²

CHIGIRA, Masahiro^{1*}; MATSUSHI, Yuki¹; TSOU, Ching-ying¹; HIRAISHI, Narumi²

¹ 京都大学防災研究所, ² 元深田地質研究所

¹Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, ²previously Fukada Geological Institute

Slope movements is one of the major processes of denudation as well as erosion and transportation by rivers or glaciers, and many slope movements themselves are induced by river or glacier erosion. We investigated the linkage of river erosion, deep-seated gravitational slope deformation, and catastrophic landslides in the Kii Mountains Japan, where occurred tens of catastrophic large landslides during 1889 Totsukawa typhoon and 2011 typhoon Talas. The consequent fatalities were 168 and 56, respectively. The Kii Mountains is underlain by the Cretaceous to Neogene Shimanto accretional complex in large areas and has paleosurface remnants in higher elevations. The paleosurfaces have been newly incised by rivers, of which the Kumano River catchment occupies the central part of the Kii Mountains. The new incision of the Kumano River proceeded with the upstream propagation of knickpoints, which developed well-defined convex slope breaks on interfluvial slopes. High-resolution DEMs clearly delineated deep-seated gravitational slope deformations, which are characterized by scarps, linear depressions, and bulges, aligned along the convex slope breaks, suggesting that they were induced by gravitational instability induced by the erosion undercutting. The catastrophic landslides during the 1889 Totsukawa typhoon and 2011 typhoon Talas occurred had been preceded by deep-seated gravitational slope deformation on newly incised inner valley slopes. Most of the landslides had sliding surfaces along undulating minor faults, probably thrusts, which might have made rock bridges when shearing along preferably oriented parts of the faults occurred. Catastrophic slope failure may occur when those rock bridges are finally fractured.

キーワード: 重力斜面変形, 地すべり, 付加体

Keywords: gravitational slope deformation, landslide, accretion complex

Recognition of large scaled deep-seated landslides using high resolution topography and case studies in Taiwan Recognition of large scaled deep-seated landslides using high resolution topography and case studies in Taiwan

HO, Dia jie^{1*} ; LIN, Ching-wei²
HO, Dia jie^{1*} ; LIN, Ching-wei²

¹(1)Disaster Prevention Research Center National Cheng Kung University, ²(2)Department of Earth Sciences National Cheng Kung University Tainan Taiwan

¹(1)Disaster Prevention Research Center National Cheng Kung University, ²(2)Department of Earth Sciences National Cheng Kung University Tainan Taiwan

High resolution topography and topographic characteristics of large scale deep-seated landslides (landslide area >10 ha) are used to interpret large scale deep-seated landslides in an area of 4980.8 km² and a total number of 1607 potential large scale deep-seated landslides are recognized. The results show that main distribution of potential large scale deep-seated landslides in Kao-Ping River watershed is near structural lineaments and both sides of the river.

Two cases discussed in the study are on the right bank of Baolai River in Baolai, Kaohsiung City and on the left bank of Luliao River in Yanping Township, Taitung County. Typhoon Trami (08/20~08/22), Typhoon Kong-Rey (08/27~08/29) and Typhoon Usagi (09/19~09/22) are main typhoon events of 2013.

Potential landslide area, average slope angle and main lithology of case I is 96.6 ha, 31.1° and argillite. GPS data show a maximum horizontal displacement of 27.6 cm to southwest and a maximum subsidence of 20.5 cm after Typhoon Trami and Typhoon Kong-Rey. Surface extensometer data show the extension amount of 8 cm and 5 cm after three typhoon events. Potential landslide area, average slope angle and main lithology of case II is 6.4 ha, 32.5° and slate. A landslide with an area of 2 ha happened in the range of case II after Typhoon Usagi. These two cases indicate that rainfall and riverbank erosion are important factors on triggering large scale landslides.

キーワード: deep-seated landslides, GPS
Keywords: deep-seated landslides, GPS

The Assessment of Landslide Displacements Using Digital Photogrammetry and Numerical Analysis

The Assessment of Landslide Displacements Using Digital Photogrammetry and Numerical Analysis

CHANG, Kuang-tsung¹ ; LIN, Chun-te^{1*} ; SU, Miao-bin² ; CHENG, Min-chieh¹
CHANG, Kuang-tsung¹ ; LIN, Chun-te^{1*} ; SU, Miao-bin² ; CHENG, Min-chieh¹

¹Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, Taichung 402, Taiwan., ²Department of Civil Engineering, National Chung Hsing University, Taichung 402, Taiwan

¹Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, Taichung 402, Taiwan., ²Department of Civil Engineering, National Chung Hsing University, Taichung 402, Taiwan

Instead of comparing remote sensing images between before and after a landslide event, this study compares aerial photographs over the years with the velocities of surface movements of landslide to evaluate the feasibility of aerial photographs as a monitoring tool. Before the total collapse of the slope of Freeway No.3, there were signs showing sliding of the slope, but no equipment was set up for monitoring. We use GIS to discriminate aerial photographs of different years to evaluate the displacements of specific objects or marks. From 2002 to 2004, the average displacement was 49.5cm, and the average displacement rate was 23.7cm/yr; from 2004 to 2007, the average displacement was 22.5cm, and the average displacement rate was 7.3cm/yr.

According to time-dependent creep behavior, the primary creep might have occurred from the beginning of the excavation in 1998 to 2004. And the secondary creep was from 2004 to 2007, so the velocity was comparatively lower than the previous stage. As for the tertiary creep, the displacement rate might rise since 2007 till the total collapse in 2010. The software Plaxis 2D based on the finite element method will be used to analyze the displacement process of the slope. The numerical model is set up according to the digital terrain model (DTM) of the slope. The numerical results will be calibrated with the results of the digital photogrammetry. We expect to obtain the creep behavior of the slope such as the slope strength reduction with time and the changes of surface displacement rate with time.

キーワード: digital photogrammetry, Freeway No.3 landslide, displacement rate, creep
Keywords: digital photogrammetry, Freeway No.3 landslide, displacement rate, creep

Lidar データによる鮮新世～更新世堆積岩類山地の変形解析 (予報) Deformation Analysis of the Pliocene-Pleistocene Sedimentary Rocks Mountain using Lidar Data

朝比奈 利廣^{1*}
ASAHINA, Toshihiro^{1*}

¹ 株式会社パスコ
¹ PASCO CORPORATION

1. はじめに

紀伊半島や大井川流域での四万十層群の変形が話題となることが多い中、これよりも地質年代が若く強度も小さい鮮新世～更新世の堆積岩類の変形がどのように進行しているかについて Lidar データの解析結果をもとに報告する。対象とする地域は、新潟県と長野県との県境付近に位置する新潟県津南町周辺の山地斜面である。津南町～小千谷市付近には信濃川に沿って広大な河岸段丘が発達することでもよく知られているが、津南町は松山ドームの南側に位置し、鮮新世～更新世の魚沼層が広く分布している。

2. 津南町周辺の地形地質と山体変形

津南町の北西部は標高 200～1100 m の急峻な山地で、魚沼層の砂層、シルト・砂互層、塊状シルト層、火山岩類などが分布している。地質構造上信濃川に面しては南東傾斜の単斜構造となっており、魚沼層の傾斜角度は概ね 15～40 度で全体に単調な広がりを示す。本地域では多くの地すべりが発生しているが、長野県北部地震 (2011 年 3 月 12 日、M6.7、震源; 長野県栄村) の際に、これが原因と思われる大規模な層面すべりが発生した。また、当地域の西側に隣接する関田山地には柄山崩壊堆積物をはじめ中期～後期更新世と考えられる多くの大規模崩壊が推定されている。

3. Lidar 計測とデータ解析

1) Lidar 計測

山地地形解析のために津南町北西部で Lidar 計測が 2013 年 5 月 14 日に実施された。計測は ALS60 システムにより実施され、計測された面積は約 30km² である。計測データからグリッドセルサイズ 1 m のラスターデータを作成した。

2) 解析手順

山体変形の特徴を把握するため以下の手順で山地斜面の地形解析を行った。特に、地質構造上層面すべりが発生しやすい条件下にあるため、この候補斜面に注目した。また、一部斜面については現地調査を開始した。

解析 1

- グリッドセルサイズ 1 m データの作成
- 斜面勾配分類 (グリッドセルサイズ 5 m)
- 斜面勾配 15～40 度のセルの抽出
- 面構造の把握
- “層理面 (すべり面状)” 斜面の抽出

解析 2

- グリッドセルサイズ 1 m データの作成
- 画像処理
- 線状構造・エッジなどの線変状地形の抽出
- 陥没帯などの面変状地形の抽出
- 解析 1 と 2 との総合解析

4. 解析結果と議論

Lidar データの画像処理と GIS 処理によって多くの特徴的な線構造・面構造等が明らかとなった。Lidar データの処理によって得られたセルデータを整理することによって層理面と考えられる斜面が山地に非常に広く認められることが判明した。更に、その地形的特徴から、この層理面をすべり面とした痕跡のある斜面を 2 か所抽出した。これらの斜面はいずれも変則的な線状凹地と地形面を伴う層面すべり地形を示す特徴的な斜面を形成している。もっとも規模の大きな線状凹地は山腹斜面を斜めに走り、その延長は 550～600 m に達し、線状凹地のなす変形した地形ブロックの厚さは最大約 6～10 m である。これらの地形的特徴は層理面が大規模な山体の変形と崩壊に大きな役割を果たしたことを示唆している。以上は四万十層群の変形などには見られない特徴的な地形であり、層面すべりによる山体変形を抽出する際のキーポイントとなり得る。

5. まとめと課題

Lidar データの解析により、当該地域では大規模な山体変形が過去に発生したことをうかがわせる特徴的な斜面の分布を確認した。今後は現地での調査を進め山体変形の解明を進めたい。

HDS05-P02

会場:3 階ポスター会場

時間:4 月 29 日 18:15-19:30

参考文献 竹内圭史、ほか (2000) 松之山温泉地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 76p.
柳沢幸雄、ほか (2001) 飯山地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 144p.

キーワード: L i d a r, 表層地形, 層面すべり, 線状凹地, 山体変形

Keywords: Lidar, surface morphology, bedding plane slip, line trough, edifice deformation

大規模崩壊地における土石流の流下と河床条件の相互作用 Interaction between river bed condition and debris flow in Ichino-sawa subwatershed of Ohya-kuzure landslide, Japan

経隆 悠^{1*}; 堀田 紀文¹; 今泉 文寿²; 早川 裕弐³

TSUNETAKA, Haruka^{1*}; HOTTA, Norifumi¹; IMAIZUMI, Fumitoshi²; HAYAKAWA, Yuichi S.³

¹ 筑波大学生命環境系, ² 静岡大学農学部, ³ 東京大学空間情報科学研究センター

¹Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, ²Graduate School of Agriculture, Shizuoka University, ³Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo

In recent years, there has been significant concern about large-scale sediment movements, such as deep-seated landslides, that are expected to occur more intensively due to changes in rainfall patterns. These landslides not only induce immediate sediment disasters downstream but also produce a large amount of unstable sediment that is transported gradually following the landslide. Most of the unstable sediment residing in a deep-seated landslide area is first discharged as debris-flow forms. Thus, after the occurrence of landslides, debris flows have a long-term affect on the watershed regime through their impact power, riverbed aggradation, and the production of turbid water, among other effects.

To facilitate better prediction of debris flows from landslide areas, this study investigated the interactions among topographic conditions, bed-material conditions, and debris flow events in a headwater catchment where a deep-seated landslide had occurred.

The study site was the Ichino-sawa subwatershed in the Ohya-kuzure basin, Shizuoka Prefecture, Japan. The basin experienced a deep-seated landslide about 300 years ago and is currently actively yielding sediment with a clear annual cycle. During the winter season, sediment moves from the hillslope to the channel bed because of freeze-thaw activity and weathering. In the summer season, the deposited sediment is discharged incrementally by debris flows related to storm events.

Topographical surveying and grain-size analysis were carried out several times between November 2011 and November 2013. Point cloud data were acquired during the topographical surveying, using a ground-based laser scanner, and used to create a high-resolution digital elevation model. Grain-size analysis was conducted in the upper, middle, and lower parts of the study site. A line-grid method was employed for the in situ analysis, and the fine particle fraction was determined by sieving the sampled materials. Debris flow occurrences were also being monitored in the same period by a sensor-triggered video camera. Rainfall was observed during the summer season for comparison with debris flow occurrence and magnitude.

Several debris flows with different magnitudes were observed during the study period. Although rainfall events in the early spring season altered bed inclination, the thickness of deposited sediment, and the grain-size distribution of the bed material, more significant changes were detected after the debris flows. While the initial grain-size distribution in early spring was roughly identical over the study site, the subsequent grain-size distribution changed differently, according to location. The source, transport, and deposition areas of the debris flows were different among different rainfall events, resulting in different transitions in geomorphic conditions at different locations. The lower part of the study site changed from a source area to a deposition area through the summer season.

A comparison of the topographic conditions, bed-material conditions, and debris flow events indicated that, in addition to the conditions of the triggering rainfall, topographic and bed-material conditions affected debris flow occurrence and magnitude. These interactions could be observed in the deep-seated landslide area, where a substantial and continuous supply of sediment prevents stabilization of the channel bed through exposure of bedrock or by armoring of bed materials.

Thus, to predict the long-term impact of large landslides, it is necessary to assess the subsequent debris-flow discharge considering the sediment dynamics and changes in topographic and bed-material conditions in the landslide area.

キーワード: 土石流, 深層崩壊, 地形条件, 粒度分布

Keywords: debris flow, deep-seated landslide, topographic condition, grain size distribution

Deep seated landslides along the geological structure in Chishan River Watershed, southern Taiwan
Deep seated landslides along the geological structure in Chishan River Watershed, southern Taiwan

LIAO, Chi-yueh^{1*} ; LIN, Ching-weei²
LIAO, Chi-yueh^{1*} ; LIN, Ching-weei²

¹) Disaster Prevention Research Center National Cheng Kung University, ²)Department of Earth Sciences National Cheng Kung University Tainan Taiwan

¹) Disaster Prevention Research Center National Cheng Kung University, ²)Department of Earth Sciences National Cheng Kung University Tainan Taiwan

Landslide is the common nature hazard in Taiwan. The Typhoon Morakot in 2009 brought huge precipitation and induced severe hazards in south-central and eastern Taiwan. Except the landslides, debris flow and flooding hazards induced by Typhoon Morakot, the large scaled deep seated landslides deserve more attention because they may cause the destructive disaster.

The Chishan River watershed which covered 750 km² is selected as study area. The study area is mainly compose of metamorphic and sedimentary rocks. Within the study area, 313 sites greater than 10 ha with sliding topographic features of deep seated landslide such as crown main escarpment, down slope scarp ,and lateral cracks are recognized from LiDAR derived 1 m resolution DEM, and we noticed the distribution of these sites is close to the structure in our study area. In order to know the influence of structure in the development of deep seated landslides, landslide density are calculated. The landslide density decreases with increasing distance and there are 79% of. deep seated landslides developed along the structure with a 1km buffer zone. The Result indicates that deformation zone associated structure is crucial in the development of deep seated landslides in the study area.

キーワード: Chishan River watershed, deep seated landslides, geological structure
Keywords: Chishan River watershed, deep seated landslides, geological structure

Natural-technological disasters of recent years in Japan and Russia: social and economic consequences

Natural-technological disasters of recent years in Japan and Russia: social and economic consequences

PETROVA, Elena^{1*}

PETROVA, Elena^{1*}

¹Lomonosov Moscow State University

¹Lomonosov Moscow State University

During the last decade, natural hazards impacts on people, the environment, urban and industrial areas, infrastructure and other technological systems were increasing, causing large social, environmental and economic damages in many countries. The number and severity of natural-technological accidents and disasters were also increasing all over the world, because of these impacts. The term "natural-technological" applies to an accident (disaster) in the technosphere (including industrial plants, power stations, transport, infrastructure facilities, communication lines, etc.) triggered by any natural process or phenomenon. Their growth is accounted for: 1) by observed increasing in frequency and intensity of various natural hazardous events; 2) by much more complicated structure and complexity of modern technological systems and facilities exposed to natural hazards, and 3) by increasing advancement of economic activities and population into the regions at natural risk. The most severe consequences for people and the environment have the so-called Natech-accidents, which are accompanying by release of dangerous substances (like chemicals or oil), and accidents at nuclear power stations.

One of the most large-scaled natural-technological disasters having enormous social, environmental and economic consequences occurred on March 11, 2011 in Japan due to a massive 9.0-magnitude earthquake off the northeast coast of Honshu Island, which triggered a more than 30-meter tsunami. The disaster not only caused a large direct and indirect damage to the people (about 20 thousand fatalities) and economy of the country (more than \$500 billion), but also influenced on regional, national and international development reaching a truly global scale. It clearly demonstrated high vulnerability of a human society and modern technosphere to natural disasters; even in a country like Japan that is highly developed and well-prepared to natural risks. A distinctive feature of events, such as of the 2011 Tohoku earthquake, is their multihazard and synergistic nature, as a disaster spawns a secondary disaster that increases the impact on people and technosphere, resulting in simultaneous occurrences of numerous technospherical accidents. The secondary effects of natural-technological accidents can be even much more serious, such as at "Fukushima-1" nuclear power plant. These impacts are the more severe the higher are the population density and concentration of industrial facilities and infrastructure (especially hazardous and vulnerable objects) in disaster-affected areas. In addition, all rapid reaction forces and resources tend to be primarily fighting natural disaster; it limits the capability to eliminate secondary technological impacts, especially in those situations when transport facilities and required infrastructure are destroyed, and economic communications are broken.

The lessons of the Tohoku disaster should be taken into consideration while placing, constructing and operating nuclear power plants and other high-risk facilities. It is necessary to consider carefully possible intensity and frequency of all potential impacts, including natural hazards.

In Russia, natural-technological disasters with catastrophic consequences occur not so often. However, their possibility should be taken into account, especially in the economic development of areas at high natural risk, which is, for example, the Far Eastern region exposed to earthquakes, tsunamis, volcanic eruptions, floods, strong winds, storms, heavy rain- and snowfalls and other natural hazards. The most severe damages caused the Sakhalin earthquake in 1995, which was the most destructive in the Russian history. Severe social and economic consequences cause floods, for example, the flood in the autumn 2013. Natural-technological risk to the regions of Russia was evaluated using a database that was created by the author.

キーワード: natural hazards impacts, social and economic consequences, natural-technological risk, natural-technological disaster

Keywords: natural hazards impacts, social and economic consequences, natural-technological risk, natural-technological disaster

The Egyptian Tempest Stele: an Example of Ancient Natural Disaster The Egyptian Tempest Stele: an Example of Ancient Natural Disaster

PETROVA, Anastasia^{1*}

PETROVA, Anastasia^{1*}

¹Institute of Oriental Studies, Russian Academy of Sciences

¹Institute of Oriental Studies, Russian Academy of Sciences

Some Ancient Egyptian texts tell us about violent storms and rains. One of the most impressive ancient accounts of natural disasters is the so-called Tempest stele (1550 BC), which describes a very destructive storm happened under Ahmose I, the king of Egypt's 18 dynasty. The upper portion of the stele describes the catastrophe. Many essential details are given, such as the specific noise, overall darkness etc. Numerous houses were washed into the river; temples, tombs and pyramids were badly damaged. The main features of the storm can be highlighted: torrential rain; darkness; and loud noise, probably caused by a thunder or a wind, or both. It evidently occasioned large-scale flooding, property damage, and loss of life. After describing the events, the stele gives account of the restoration works made by the king to repair the damages made by this great disaster. There are Egyptologists who believe the stele to be propaganda put out by the pharaoh, the "tempest" being the depredations of officials of the embattled seventeenth dynasty of Egypt drawing upon the financial resources of the temples during the escalating conflict with the Hyksos. To my opinion, we don't have sufficient grounds to deny that the storm took place in reality. Nevertheless, the Tempest Stele actually is a political propaganda, because the main purpose of the erection of the stele was to draw attention to the role of the king in coping with the disaster. Traditionally, the king was responsible for maintaining maat (a cosmic order as opposed to chaos), and this responsibility included protection from natural disasters. The main point of the specific political context of the Ahmose I's times was the struggle of what would become the 18th Dynasty to establish its rule in opposition to the Hyksos. This effort required success on two levels: the human and the divine, which meant what would be classified as the natural world today. To simply liberate the land from Hyksos rule was a necessary but not sufficient step to legitimate one's rule. The king also needed to demonstrate divine blessing meaning that the cosmic order of the natural world had been restored as well as the political world had been. The storm commemorated by the Tempest stele is not the only example of heavy storms in Egypt. It seems that hazards of that kind were more common than we now believe. What makes the Ahmose stele unique is the description of the details of such a severe catastrophe, which go beyond what is usually experienced by a regular storm and therefore might be the oldest description of a natural hazard. The catastrophe described in the Ahmose I's Tempest Stele can be considered one of the most ancient examples of natural disasters, which caused a huge impact on the society. This is also a significant example of a political propaganda, reflecting the situation when government uses a catastrophe and its consequences to its own benefit.

キーワード: natural disaster, social impact, history of disasters, ancient egypt

Keywords: natural disaster, social impact, history of disasters, ancient egypt

Relationship between social and natural disasters Relationship between social and natural disasters

VIKULINA, Marina^{1*}; VIKULIN, Alexander²; SEMENETS, Nikolai³
VIKULINA, Marina^{1*}; VIKULIN, Alexander²; SEMENETS, Nikolai³

¹Research scientist, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Russia, ²Senior Research Fellow, Institute of Volcanology and Seismology, Russia, ³Acting general director, Research and Production Company "EKOS", Moscow, Russia
¹Research scientist, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Russia, ²Senior Research Fellow, Institute of Volcanology and Seismology, Russia, ³Acting general director, Research and Production Company "EKOS", Moscow, Russia

The problem of reducing the damage caused by geodynamic and social disasters is a high priority and urgent task facing the humanity. The vivid examples of the earthquake in Japan in March 2011 that generated a new kind of threat ? the radiation pollution, and the events in the Arabic world that began in the same year, are dramatic evidences. By the middle of this century, the damage from such disastrous events is supposed to exceed the combined GDP of all countries of the world. The authors have developed the first database to include the largest geodynamic and social phenomena that occurred on Earth before 2005. We suggest the following phenomenological model based on the database (uniform with respect to the quantitative classification). All disasters are classified by size using a single logarithmic scale suggested by Rodkin and Shebalin in 1993. The base consists of 2000 disasters. The following phenomenological model is proposed: 1. The scale of disasters does not decrease with time. (Earthquakes in China in 1556 and 1976; the tsunami after the Sumatra earthquake in 2004, which can be compared in regards to the level of consequences only with the World Flood or a series of floods that occurred approximately 13000 years BP). 2. There were a minimal number of disasters in the 15th century; during which there were not a single disaster with J = I and II; from that time the number of such disasters gradually increases; in the 20th century there were 20. 3. The number of disasters is characterized by cycles, which are a few thousand years long; the available longterm measurements confirm this (for example, the overflow of the Nile observed over more than 5000 years or deformations of the Earth surface in the last few thousand years based on the geodynamic, seismotectonic, and paleoseismic data). 4. Natural and social disasters together are distributed uniformly in time, while only natural and only social disasters are distributed nonuniformly, i.e. disasters group.

5. The proportion of the social disasters has a tendency to increase in time, which confirms the viewpoint of V.I. Vernadskii about the constantly increasing role of humans and society in the noosphere. It was shown that natural and social disasters are interrelated. The Earth from the point of view of the disaster theory evolves according to the definite laws of the unique bio-socio-geodynamics. The investigation and understanding of the nature of this mechanism that "mixes the disasters" will allow us in the future to formulate a scientific hypothesis and/or a law on the basis of the phenomenological model that we suggest in this work and use it in the system of expert global process management. In the aspects of modern methods of studying of the global disasters, the authors suggest an approach to understanding global disasters based on modern data. The global disaster is an event damage from which cannot be liquidated by the joint resource. Irreversible process of death of a modern civilization can become a consequence of a global disaster.

キーワード: geodynamics, society, magnitude of disaster, interaction of disasters, impact of society
Keywords: geodynamics, society, magnitude of disaster, interaction of disasters, impact of society

The numerical model of natural hazards development in the environment stressed by opposing forces

The numerical model of natural hazards development in the environment stressed by opposing forces

KUDIN, Valery^{1*}
KUDIN, Valery^{1*}

¹Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography

¹Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography

Natural hazards include earthquakes, tsunamis, volcanic eruptions, floods, etc. The time of appearance of such significant events within hundreds of years can be considered as random. In most cases, the dangers' amplitudes are not amenable to prediction, i.e. their size is also random. From the mathematical point of view, the deposition of natural hazards is described by exponential dependence, which is connected with the involvement of the own "mass" of danger. In the presence of opposing forces in a first approximation, these processes are described by the Verhulst equation. It is a particular variant ($Q < 0$, $A = L$) of the total autonomous differential equations of the 2nd order for the function $x(t)$ on time t , i.e. $dx/dt = N + L \cdot x + Q \cdot x \cdot x$, where N, L, Q are constants of equation with initial conditions $t(n)$ and $x(n)$.

The complete solution of this equation with arbitrary initial conditions has bulky appearance, although the logistic curve reflects it qualitatively quite well. However, these solutions allow us to reveal a violation of the principle of stability of numerical solutions of the logistic equation $x(n+1) = x(n) \cdot (1 + a \cdot (1 - x(n)))$, where $a = A \cdot (t(n+1) - t(n))$, when the derivative dx/dt is replaced by the value for $(x(n+1) - x(n)) / (t(n+1) - t(n))$.

It is shown that the instability of the processes with the opposing factors invoked by jumps of initial conditions on consecutive segments. For certain values of the parameters of the differential equation associated with capacity of the stressed environment, both volatile and deterministic modes of development of the variable $x(t)$, normalized to unit, can be formed. An example of the Verhulst model with parameter A shows the dependence of the solutions $x(t)$ at time intervals $t(n+1) - t(n)$ and tabular values of $x(n)$ and different jumps of initial conditions. Negative inclinations of dependency associated with the tabular values $x(n)$ are shown. Thus, there appears a situation, which leads to the release of the variable x from the corridor, normalized per unit, of sustainable values. For each a -case, the changes in the structure of $x(t)$ in time look diverse and complex.

Therefore, the numerical logistic equation can be taken as a numerical model for the development of natural hazards in the geographical environment, characterized by capacity (option a) of a tension of opposing factors.

キーワード: natural hazards, model, numeric equations, stability
Keywords: natural hazards, model, numeric equations, stability

震災によって作られた俳句の理解に関する研究 Studies on the understanding of haiku composed by earthquake disaster of East Japan on 11. 3. 2011

青木 陽二^{1*}
AOKI, Yoji^{1*}

¹ 放送大学学生, ² 蔵前俳句会会員, ³ 国際俳句交流協会翻訳委員, ⁴ 青森大学教授

¹ Student of Open University of Japan, ² Member of Kuramae Hiku Club, ³ Translator of Haiku International Association, ⁴ Professor of Aomori University

震災によって作られた俳句の理解に関する研究

青木陽二 (放送大学学生)・千田壮介 (蔵前俳句会)・ジャンボール絹子 (国際俳句交流協会翻訳委員)・藤田均 (青森大学教授)

2011年3月11日に東日本は震災と福島原子力第一発電所の被害により、大きな影響を受けた。この震災の後に多くの俳人が、地震と原子力発電所の事故による影響を俳句に詠んだ。これらの俳句のうち、雑誌に発表された234句を収集しホームページに公表したものをデータとすることにした。これをコピーし、俳人と一般人の19人に見せ、理解できる句と、感動した句を選んでもらった。合計で2354句が選ばれた。一人平均で124句が選ばれた。

俳句に対する理解は平均10.1人で、8人に最大値を持ち、13人にもう一つの山を持つ2峰型の分布をなした。半数以上の人が理解できた句は132句(56.4%)と比較的多く、俳句は現在でも日本人に理解できる心の伝達手段であることが分かった。また、感動した句は0に最大値を持ち、平均1.4人で、人数の増加に伴い減少する分布を示した。2人以上の人が一致して感動した俳句は91句(38.9%)であった。多くの人に均等に感情を伝えるには、難しい手段であることが分かった。評価した人数と感動した人数の相関を取ると、0.515で、弱い関連を示した。このことは多くの人が理解できた俳句が、感動を与える俳句ではないことを示している。

俳句会での評価方法に従い、理解できた俳句に1点、感動した句に2点を与え、総合点を計算した。総合点と感動した人数の相関は0.731を示し、少し強い関連が得られた。これは、2点と言う得点加算の結果である。それほど強い関連でないことから、感動した句には個人差が影響し、評価者間で一致しなかったことを示す。

回答者を要因にして主成分分析を行なうと、固有値1.0以上で6軸が得られた。このことは回答者による評価の違いが多く有ることを示している。最大固有根は最大の説明力を持つ軸であり、評価の厳しさを示すことが分った。残りの5軸は俳句に対する評価者の好みが見れたものと思われる。

最も評価が高かった俳句は21点を獲得し以下の3句であった。

①泥の遺影泥の卒業証書かな 曾根新五郎

②淡雪や瓦礫めぐりて母探す 柏原眠雨

③泣きはらす子らにひかりあれ卒業歌 上郡長彦

①は津波に抱って泥だらけになった死んだ人の写真と、死んだ人の卒業証書が被災地に散らばっている光景であった。

②は地震で壊れた自宅や近所を、瓦礫を除去しながら、行方不明の母を捜すところへ、雪が降ってきた情景であった。

③は卒業を迎えた生徒が泣きながら、卒業歌を歌っているの、この子らに光あれと祈る句である。

何れも悲しさに心を打たれたものと思われる。

参考文献

震災俳句：<http://blog.goo.ne.jp/humon007/e/fcc6b3e8f8dc3ca1cbc6a2177d6d0637>

謝辞：俳句の調査には蔵前俳句会(東京工業大学)とブルーリッジ俳句会(バージニア州ロアノク市)の協力を得た。

キーワード: 東日本大震災, 俳句, 理解と感動

Keywords: earthquake disaster of East Japan on 11. 3. 2011, haiku poet, understandings and deep impressions

Hazard Mapping of Structurally Controlled Landslides in Leyte, Philippines Using High Resolution Digital Elevation Model

Hazard Mapping of Structurally Controlled Landslides in Leyte, Philippines Using High Resolution Digital Elevation Model

Montalbo Kristina Rochelle^{1*} ; LUZON Paul kenneth¹ ; LAGMAY Alfredo mahar francisco¹
MONTALBO, Kristina rochelle^{1*} ; LUZON, Paul kenneth¹ ; LAGMAY, Alfredo mahar francisco¹

¹Nationwide Operational Assessment of Hazards, Department of Science and Technology, Philippines, ²National Institute of Geological Sciences, University of the Philippines, Diliman, Quezon City, Ph

¹Nationwide Operational Assessment of Hazards, Department of Science and Technology, Philippines, ²National Institute of Geological Sciences, University of the Philippines, Diliman, Quezon City, Ph

Structurally controlled landslides are one of the most destructive natural hazards that have occurred in the Philippines. The 2006 Guinsaugon Landslide, which was produced by the displacement of the Philippine fault, is a classic example of such hazard that took more than 1,000 lives and displaced more than 19,000 residents in the municipality of St. Bernard, Southern Leyte. Frequent monitoring and assessment should be done across the Philippine archipelago. The purpose of this study is to locate structurally controlled landslide prone areas with the aid of Coltop3D, Matterocking and Conefall using a high resolution digital elevation model (5 m resolution Interferometric Synthetic Aperture Radar images). The study area is set in the municipality of Ormoc, Leyte where the Philippine fault also cuts through and trending northwest. Discontinuity sets were identified using Coltop3D software that simulates a 3D model of the digital elevation model showing the dip and dip direction of different discontinuities. Lineation analysis and rose diagrams were made to verify the discontinuity sets in the area. Matterocking computes and estimates the locations where rock instabilities can occur according to the identified discontinuity sets that may allow sliding. Conefall was then used to compute and estimate the potential rockslide extent. Results show that the area has zones of potential rockslides with generated simulation of rockslide propagation extent. There is a high probability of landslides in Ormoc area where continuous monitoring of such danger zones should be done.

キーワード: structurally controlled landslides, geohazard, philippine fault, discontinuities, landslide mapping, structures
Keywords: structurally controlled landslides, geohazard, philippine fault, discontinuities, landslide mapping, structures

Developing Automatic Delineation of Alluvial Fans for Rapid Hazard Assessment in Aurora Province, Philippines

Developing Automatic Delineation of Alluvial Fans for Rapid Hazard Assessment in Aurora Province, Philippines

Ortiz Iris Jill^{1*}; AQUINO Dakila¹; NORINI Gianluca³; SALVOSA Sheena¹; LLANES Francesca¹; GALANG Jan Albert Macario¹; ECO Narod¹; VELEZ Maria Clara Zuluaga⁴; LAGMAY Alfredo Mahar¹
ORTIZ, Iris jill^{1*}; AQUINO, Dakila¹; NORINI, Gianluca³; SALVOSA, Sheena¹; LLANES, Francesca¹; GALANG, Jan albert macario¹; ECO, Narod¹; VELEZ, Maria clara zuluaga⁴; LAGMAY, Alfredo mahar¹

¹Nationwide Operational Assessment of Hazards, Department of Science and Technology, ²National Institute of Geological Sciences, University of the Philippines, Diliman, Quezon City, Phi. ³Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Italia, ⁴Universita degli Studi di Napoli Federico II, Napoli, Italy

¹Nationwide Operational Assessment of Hazards, Department of Science and Technology, ²National Institute of Geological Sciences, University of the Philippines, Diliman, Quezon City, Phi. ³Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Italia, ⁴Universita degli Studi di Napoli Federico II, Napoli, Italy

On Nov. 14, 2004, flashfloods from Subsob River struck Barangay(village) Paltic in Dingalan, Aurora Province around 4 a.m. when most residents were asleep - leaving hundreds homeless and 135 people dead. The series of floods caused by Violeta, Winnie, and Yoyong until December 2004 killed at least 300 people in Dingalan, Aurora alone. Mud buried 300 houses and residents were forced to stay on rooftops or seek higher ground. Because of these incidents, measures were devised to improve available geohazard maps to raise public awareness about landslides, debris flows and alluvial fans. This study developed a method to rapidly identify alluvial fans, thereby, hastening geohazard mapping in the region. Alluvial fans are fan shaped geologic formations deposited from tributaries from a mountainous terrain which flows out from the sudden break of a slope. Intense rainfall increases the discharge of sediments and water on these areas which could induce disastrous events such as flooding and debris flows. In this study, manual and automated methods in delineating fans in Aurora Province were compared. Manual delineation of alluvial fan boundaries were done through the contour lines generated from the 10-meter synthetic aperture radar (SAR)-derived digital elevation model (DEM). However, manual mapping of alluvial fan boundary which makes use of topographic interpretation of geomorphic features is subjective and time consuming. Biases were addressed by the second method by including factors such as 1) fan area of slope ranging from 1 to 8 degrees, 2) contributing stream networks from fan apex to fan toe, and 3) the fan potential lateral extent within the buffer zones based on the relief of the sediment source area in the GIS-based model. The outputs were compared with the manually delineated fans. Manual delineation identified 14 alluvial apex of 14 alluvial fans in 6 municipalities affecting 36 barangays. On the other hand, automated method identified 183 apex of 126 alluvial fans in 7 municipalities affecting 105 barangays. Although greater number of fans and wider fan area were identified using the automated method, manual delineation is still needed to check the results especially in volcanic regions. In addition, inactive alluvial fans are not accounted by the automated method.

キーワード: alluvial fan, natural hazard mapping, geohazard, GIS, Aurora, Philippines
Keywords: alluvial fan, natural hazard mapping, geohazard, GIS, Aurora, Philippines

Strong Explosive Eruptions of Kamchatkan Volcanoes in 2013 Strong Explosive Eruptions of Kamchatkan Volcanoes in 2013

GIRINA, Olga^{1*} ; MANEVICH, Alexander¹ ; MELNIKOV, Dmitry¹ ; NUZHDAEV, Anton¹ ; DEMYANCHUK, Yury¹ ;
PETROVA, Elena²
GIRINA, Olga^{1*} ; MANEVICH, Alexander¹ ; MELNIKOV, Dmitry¹ ; NUZHDAEV, Anton¹ ; DEMYANCHUK, Yury¹ ;
PETROVA, Elena²

¹Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, KVERT, ²Lomonosov Moscow State University, Geographical faculty

¹Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, KVERT, ²Lomonosov Moscow State University, Geographical faculty

There are 30 active volcanoes in the Kamchatka, and three of them (Sheveluch, Klyuchevskoy, and Karymsky) continuously active. In 2013, two of the Kamchatkan volcanoes ? Sheveluch and Klyuchevskoy - had strong explosive eruptions.

Powerful explosive eruption of volcanoes is the most dangerous for aircraft because in a few hours or days in the atmosphere and the stratosphere can produce about several cubic kilometers of volcanic ash and aerosols. Ash plumes and the clouds, depending on the power of the eruption, the strength and wind speed, can travel thousands of kilometers from the volcano for several days, remaining hazardous to aircraft.

The eruptive activity of Sheveluch Volcano began since 1980 (growth of the lava dome) and is continuing at present. Strong explosive events of the volcano occurred in 2013: on June 26, on October 18, and on December 03: ash plumes rose up to 10 km a.s.l. and extended about 200-400 km, respectively, to the south-west, south-southeast, and north of the volcano. A form of pyroclastic flow deposits with run-out 12 km accompanied these explosive eruptions. Ashfalls occurred at Klyuchi Village (on June 26) and Ivashka Village (on December 03). Activity of the volcano was dangerous to international and local aviation.

Klyuchevskoy volcano had two eruptions in 2013: moderate Strombolian explosive eruption from October 14, 2012, till January 15, 2013; and strong Strombolian-Vulcanian explosive and effusive eruption from August 15, 2013, till December 20, 2013. There were four lava flows to effuse on the north-west, west and south-western volcanic flanks. Probably a flank eruption began at the pass between Klyuchevskoy volcano and Kamen volcano on October 06. Culmination of strong Vulcanian explosive activity of the volcano occurred on October 15-20: ash column rose up to 10-12 km a.s.l. and ash plumes extended to the different directions of the volcano according to cyclonic activity in the this area. Phreatic ash plumes on the fronts of lava flows rose up to 5 km a.s.l. Weak ash falls were noted at Klyuchi Village on October 09 and 13, and Mayskoe Village on October 16. Activity of the volcano was dangerous to international and local aviation.

キーワード: explosive eruption, volcano, Kamchatka, Sheveluch, Klyuchevskoy

Keywords: explosive eruption, volcano, Kamchatka, Sheveluch, Klyuchevskoy

2013年2月6日ソロモン地震津波の規模 Magnitude of the Solomon Tsunami of February 6, 2013

羽鳥 徳太郎^{1*}
HATORI, Tokutaro^{1*}

¹ なし

¹ nome

2013年2月6日01時12分(UTC)に、南太平洋のソロモンとニューヘブリデスの2海溝が接する屈折域で大地震が発生した(10.738S,165.138E, M8.0,USGS)。津波が太平洋全域で観測され、震源に近いネンドー島(サンタクルーズ島)で死者10人、流失・全壊家屋590の被害を出した。余震分布によれば、津波波源域は東西に長さ250km、幅120kmと推定される。本稿では検潮記録(WC/ATWC,NOAA,気象庁)をもとに、津波の規模や太平洋域の振幅偏差を調べ、周辺域で発生した津波と比較検討する。

震央距離と片振幅値の関係図によれば、津波マグニチュードは $m = 2$ と判定され、地震規模と比べて標準的である。各地の片振幅値は、震源南方のニューカレドニアと付近の島々で40-49cmが目だって大きい。震源で、東西方向の断層が大きく変動した、と考えられる。各地の最大波の片振幅値は、日本では6-40cm(八丈島で突出)。ハワイ10-18cm、米国西岸7-20cm。南米沿岸が比較的大きく、ガラパゴス・コキンボでは17-19cmであった。波高分布のパターンは、過去のソロモン・バヌアツ津波と共通している。

キーワード: ソロモン地震, 津波規模, 津波源, 2013年2月6日, 振幅偏差

Keywords: Solomon Tsunami, Tsunami magnitude, February 6, 2013, Tsunami source, amplitude deviation

最大波の遅れ時間の空間分布からみえる反射波の到達 -1993年北海道南西沖津波の場合 Arrival times of reflected waves and the maximum phases of tsunami?the 1993 Hokkaido Nansei-oki Tsunami

阿部 邦昭^{1*}; 岡田 正実²; 林 豊³
ABE, Kuniaki^{1*}; OKADA, Masami²; HAYASHI, Yutaka³

¹ なし, ² 気象研究所, ³ 気象研究所
¹none, ²MRI, ³MRI

はじめに：津波の盛衰を考える上で、最大波のできる要因を把握することが重要である。太平洋の津波では欽明海山やハワイ諸島のような遠方で反射した津波が、第1波が到達してから6-17時間後に日本に到達し、最大波になる場合があることが報告されている(阿部他、2013)。日本海の津波の場合、対岸の大陸からの反射波がある(羽鳥、1983)。対岸はハワイに比べて近く、海岸線での反射波が津波波形の時間変化の中でどのように現れるかは興味があるところである。そこで1993年北海道南西沖津波について津波最大波の到達時間の空間変化を調べ、反射波との関連性を調べた。

方法：稚内から浜田まで日本海沿岸にある20検潮所の記録から潮位変化を除いて、7月12日の発震時から6時間の1分ごとの津波による水位変化を取り出す。6時間は津波が対岸と2往復はできる時間である。除去するための天文潮位はインターネットの潮位計算のサイトから最寄の検潮所における1時間潮位値を引用し、比例配分と平滑化を行って1分間隔の潮位曲線として用意した。こうして求めた津波の水位変化から、第1波、最大波の到達時刻を読み取る。到達時刻は第1波の場合は押し引きの開始を、最大波の場合はそのピークをもって決めた。一方、津波の走時は岡田・中村(1993)による伝播図、および想定反射体からの伝播図をもとに、各検潮所の値を求めた。反射体はロシアでは、ナホトカ東部の外海に面した海岸、朝鮮では束草(Sokcho)付近の海岸を想定した。津波の波源として長軸の方向は南北で長径190kmの楕円を使用している。伝播距離は伝播図上で波源からの波面に垂直な波線を想定し、検潮所までの波線の長さをキルビメータで測定した。横軸に伝播距離、縦軸に所要時間をとって、第1波、最大波は観測値を、ロシア、朝鮮からの反射波は計算値、さらに検潮所で反射して、朝鮮で再反射し検潮所に到達した波の所要時間の計算値をプロットする。

結果：発震時を22時17分として求めた観測値と、反射波の走時計算値を重ね合わせた結果を図1に示した。伝播距離のプラスは波源中央から南方向、マイナスは北方向の距離である。最大波の出現時間と反射波の走時を比べると、最大波がロシア反射波の到達以前に現れるもの、ロシアと朝鮮の反射波の中間に現れるもの、検潮所で反射し、朝鮮でさらに反射して返ってきた反射波の走時に近い時刻で出現するものの3種に分類されることがわかる。一番目は波源からの直達波である。二番目のものは、観測された最大波の走時が想定した2つの反射波走時の中間にあることから、ロシアと朝鮮の中間のどこかで反射したことを示すと解釈できる。近くの2点ペアで見つかる事例が多いことは、局所的に励起されたものでないことを示すものである。南北の8点がこれに分類されることは広範囲にユーラシア大陸からの反射波が到来したことを意味する。三番目の最大波はその走時が想定されるものの分布と平行でやや短い。これは最初の反射点が検潮所近傍ではなく、波源により近い海岸であるとすると説明できる。つまり第1波が波源に近い日本の海岸で反射し、朝鮮で再反射して到達したものである。伝播距離500-1100kmという広範囲でほぼ同時に到達したのは、日本海の水深分布が関係している。これは広範な領域で定常波へ移行する過程であることを示唆している。

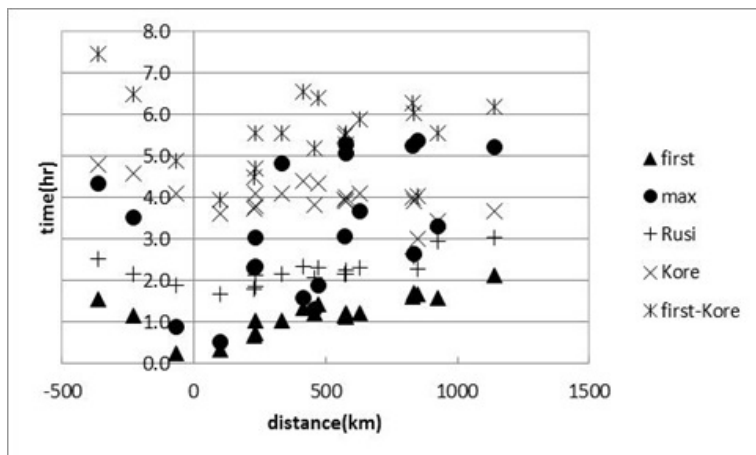
キーワード: 津波, 最大波, 遅れ時間, 反射波, 1993 津波

Keywords: Tsunami, maximum phase, late arrival, reflected wave, 1993 Tsunami

HDS27-02

会場:418

時間:5月1日 09:15-09:30



2011年東北地方太平洋沖地震と過去の津波高さの定量的比較 Quantitative comparison of the 2011 Tohoku earthquake and past tsunami heights

佐竹 健治^{1*}; 都司 嘉宣²; 原田 智也³; 石辺 岳男¹; 西山 昭仁¹; 楠本 聡⁴

SATAKE, Kenji^{1*}; TSUJI, Yoshinobu²; HARADA, Tomoya³; ISHIBE, Takeo¹; NISHIYAMA, Akihito¹; KUSUMOTO, Satoshi⁴

¹ 東京大学地震研究所, ² 東大地震研究所 現所属 深田地質研究所, ³ 東大総合防災情報研究セ/地震研究所, ⁴ 東大地震研究所 現所属 ダイヤコンサルタント

¹ Earthquake Research Institute, the University of Tokyo, ² ERI, the University of Tokyo, Now at Fukada Geological Institute,

³ CIDIR/ERI, the University of Tokyo, ⁴ ERI, the University of Tokyo, Now at Dia Consultants

三陸沿岸における 2011 年東北地方太平洋沖地震の津波の高さは、1896 年明治三陸津波の約 1.5 倍、1933 年昭和三陸津波の約 3 倍であった。また、1960 年チリ津波の約 4 倍、2010 年チリ津波の約 14 倍であった。茨城・千葉県の沿岸では、1960 年、2010 年チリ津波の 1.6 倍、3.6 倍であった。三陸海岸はリアス式海岸であり、津波高さは地形による影響を大きく受ける。そこで過去の津波の調査地点がよくわかっているデータを選択し、字や小さな湾など 1 km 程度の範囲内で対比される地点において、津波高さを比較し、比と相関係数を計算した。

三陸沿岸において 1896 年津波と比較可能な 83 地点での津波高さ比 (1896/2011) の中央値は 0.69 で、相関係数は 0.34 であった。1933 年津波とは 94 地点で比較でき、比の中央値は 0.33、相関係数は 0.47 であった。特に三陸南部 (宮城県) では 2011 年津波が以前の三陸津波に比べて高かった。三陸中部 (岩手県) に限ると、2011 年津波は 1896 年の約 1.2 倍、1933 年の約 2 倍である。1960 年チリ津波とは 98 地点で、2010 年チリ津波とは 12 地点で 2011 年津波と比較でき、津波高さ比の中央値は 0.25 と 0.07 であった。相関係数はそれぞれ 0.17、0.14 と、三陸津波に比べて小さかった。1896 年、1933 年、2011 年の津波は、その波源となる地震の震源やタイプが異なるが、三陸沿岸においては同様な津波高分布をもたらした。すなわち、津波高さは地震の震源・タイプよりも局地的な地形の影響を大きく受けている。一方で、チリ津波の高さ分布との相関は低かった。これは、入射した津波の卓越周期がおおよそ 2 倍以上長かったためと考えられる。

1960 年・2010 年のチリ津波に対しては、茨城・千葉県沿岸においても同様の比較を行った。津波高さはそれぞれ 24、14 地点で比較でき、高さの比の中央値はそれぞれ 0.62、0.28 で、相関係数は 0.63、0.41 であった。相関係数が比較的高いのは、北から南に向かって津波高さが減少するという一般的な傾向と、千葉県旭市などですべての津波が局地的に高くなったためと考えられる。

2011 年津波の測定値は、都司ほか (2011, 地震研彙報) による 120 地点での測定値を用いた。範囲内に複数の測定値がある場合は中央値を用いた。過去の津波については、1896 年津波は山名 (1896, 東北大津波防災実験所研究報告, 1988 に再掲), 伊木 (1897, 震災予防調査会報告)・松尾 (1933, 土木試験所報告) による報告を、1933 年津波については松尾 (1933, 1934, とともに土木試験所報告), 国富 (1933, 験震時報), 地震研究所 (1934, 地震研彙報別冊) による報告を、1960 年津波については合同調査班・気象庁による報告書 (ともに 1961) を、2010 年津波については、都司・他ならびに今井・他による報告 (ともに 2010, 土木学会論文集) を用いた。詳細なデータは Tsuji et al. (Pageoph, in press) に掲載される。

キーワード: 2011 年東北地方太平洋沖地震, 津波, 1896 年明治三陸津波, 1933 年昭和三陸津波, 1960 年チリ津波, 2010 年チリ津波

Keywords: The 2011 Tohoku earthquake, tsunami, 1896 Sanriku tsunami, 1933 Sanriku tsunami, 1960 Chile tsunami, 2010 Chile tsunami

チリで反射して日本で観測された津波－2011年東北地方太平洋沖地震津波 Tsunami reflected from Chilean coast and observed in Japan - the 2011 off Tohoku Tsunami

岡田 正実^{1*}; 阿部 邦昭²; 林 豊¹
OKADA, Masami^{1*}; ABE, Kuniaki²; HAYASHI, Yutaka¹

¹ 気象研究所地震火山研究部, ² なし

¹MRI, JMA, ²None

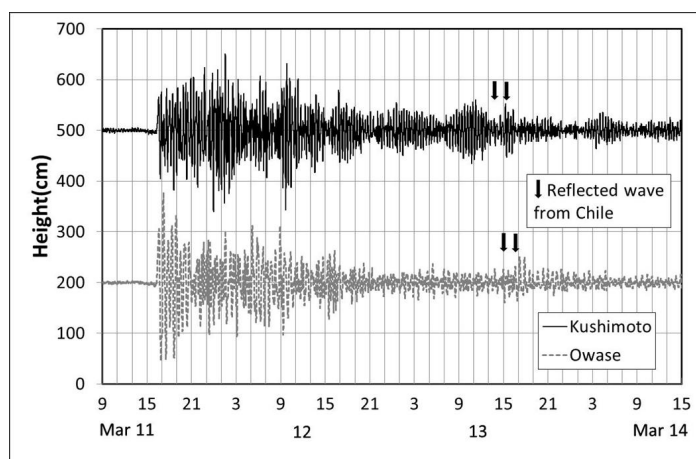
はじめに：2011年東北地方太平洋沖地震津波は太平洋を横断して、南米チリの検潮所で観測されたことがNOAAによって報告されている。チリの海岸線は長大で、反射波はかなり強い指向性を持って、日本の方向へ向かうことになる。そこでチリからの反射波が日本で観測されているのではないかと考え、調べたので報告する。

方法：反射波の確認は予測される時刻に振幅の大きな波が見出されることで行われる。往路伝播時間は、地震発生からチリのタルカーノの記録で第1波引き波とそれに続く顕著な2つの押し波の開始までの時間とした。復路は1960年チリ津波が大陸で反射してから日本に到達するまでの時間であるが、大陸反射波の始まりは、日本の検潮記録で第1波に続く時間で、反転波形の始まりの部分とした。これはチリ津波の波源が海岸を含む陸棚にあり、タルカーノが1960年チリ津波の波源域内であり、かつ反射点であったことを想定している。

結果：往路の伝播時間を表す、タルカーノの第1、2、3波の走時はそれぞれ22.8、23.6、24.8時間である。復路は、1960年チリ津波の走時から串本で23.1時間、尾鷲で24.5時間である。2011年の津波で、串本と尾鷲で観測される反射波は、2つの伝播時間の和である。第1波は振幅が小さく確認できないので、第2、3波の反射波の到来時刻を図1に示す。串本の場合、46.7、47.9時間、尾鷲の場合、48.1、49.3時間である。観測された波形で、第2波から第3波の予想到達時刻で振幅が増加しているのが確認できる。串本のこの部分の波形はタルカーノの波形に類似している。これらの事実からこの振幅の変化はチリの反射波である考えられる。この部分の振幅変化は、それ以前のものに比べて小さいが、2点でほぼ同時に振幅の増加が観測されており、反射波であることを支持するものである。

キーワード: 津波, チリ, 日本, 反射波, 2011 津波

Keywords: tsunami, Chile, Japan, reflected wave, 2011 tsunami



Disaster Warning System in Thailand through Enterprise Engineering Perspective Disaster Warning System in Thailand through Enterprise Engineering Perspective

LEELAWAT, Natt^{1*} ; SUPPASRI, Anawat² ; IMAMURA, Fumihiko²
LEELAWAT, Natt^{1*} ; SUPPASRI, Anawat² ; IMAMURA, Fumihiko²

¹Tokyo Institute of Technology, ²Tohoku University

¹Tokyo Institute of Technology, ²Tohoku University

Introduction

Identify, assess and monitor disaster risks and enhance early warning has been set as one of the five priority areas of action in the Hyogo Framework for Action 2005-2015. This study is a part of our research project on disaster warning process management analysis as well as Leelawat et al. (2013).

Enterprise Engineering & DEMO

Enterprise engineering is an interdisciplinary field focusing on investigating of each aspect of the enterprise, including a business process, information flow, and organizational structure (Dietz, 2006). While most of the current modeling tools (e.g., BPMN) cannot achieve the enterprise engineering principles, *Design and Engineering Methodology for Organizations (DEMO)* (Dietz, 2006; Perinforma, 2012), an enterprise engineering and business process modeling language, has capability to demonstrate the validity of some principles (Dietz & Hoogervorst, 2012). Thus, DEMO has been selected in this study.

Data Collection

(Primary and Secondary) Data collection took place during Aug.-Dec. 2013. The face-to-face interviews with the acting Director of National Disaster Warning Center (NDWC) of Thailand and the Director of the Seismological Bureau, Thai Meteorological Department (TMD) were conducted in Sep. 2013 through the semi-structured style interviews, together with the observation.

Findings and Discussion

There are 2 main actual players in the Thai warning system as mentioned. The case has been analyzed by DEMO. According to Perinforma (2012), the *Organization Construction Diagram (OCD)* and *Transaction Product Table (TPT)* have been created to show the compact form of the system. DEMO shows its capability to express the sketch of the organization, together with some interesting issues.

First, we can understand the authority and responsibility from OCD and TPT. It can be seen that announcement decision is authorized to only NDWC (i.e., one actual warning announcer). It is a good practice because it does not create the confusion that may occur from many announcing sources.

Second, through the TPT, we can see the chain of warning message announcement, from monitoring information to seismological information. It means that the duty of declaring seismological disaster and declaring warning is separated to different actor roles which in turn increase the performance because each executor can focus on their responsibility works and increase the accuracy since the seismological information has been confirmed by the initiator.

Third, by comparing with Japanese case, it can be seen that the warning system in Japan is mainly executed by one organization (i.e., JMA) while Thai case contains 2 main organizations plus other 4 monitoring organizations regarding to the aspect of information. One reason is probably from the different government hierarchical structures which separated the expertise into each departments (in different ministries) in Thai case.

Acknowledgements

The study was supported by the ACEEES and the Risk Solutions 2013 project of Tokyo Tech. The authors would like to acknowledge Capt. Song Ekmahachai (acting Director of NDWC), Mr. Burin Wechbunthing (Director of Seismological Bureau), Prof. Junichi Iijima (Tokyo Tech), and Dr. Jing Tang for their advice and support.

References

Dietz, J. L. G. (2006). *Enterprise Ontology - Theory and Methodology*. Heidelberg: Springer-Verlag.

Dietz, J. L. G., & Hoogervorst, J. A. P. (2012). The Principles of Enterprise Engineering. In *Advances in Enterprise Engineering*

HDS27-05

会場:418

時間:5月1日 10:00-10:15

VI (pp. 15-30). Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Leelawat, N., Suppasri, A., & Imamura, F. (2013). Analyzing the essence of the disaster warning system in Japan. In *Proceedings of the Second International Education Forum on Environment and Energy Science 2013*.

Perinforma, A. P. C. (2012). *The Essence of Organisation Version 1.2*. South Holland: Sapio.

キーワード: Design and Engineering Methodology for Organizations, Disaster Management, Enterprise Engineering, Thailand, Tsunami, Warning System

Keywords: Design and Engineering Methodology for Organizations, Disaster Management, Enterprise Engineering, Thailand, Tsunami, Warning System

A methodology for near-field tsunami inundation forecasting and its application to the 2011 Tohoku tsunami

A methodology for near-field tsunami inundation forecasting and its application to the 2011 Tohoku tsunami

GUSMAN, Aditya^{1*}; TANIOKA, Yuichiro¹
GUSMAN, Aditya^{1*}; TANIOKA, Yuichiro¹

¹Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University

¹Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University

We develop a new methodology for near-field tsunami inundation forecasting (NearTIF). This method required site-specific pre-computed tsunami inundation and pre-computed tsunami waveform database. Information about tsunami source of an event is required as an input for the method to work. By this method, we will not attempt to obtain a reliable earthquake source model for an event. Instead, any available information about tsunami source such as earthquake moment magnitude, earthquake fault model, or tsunami source model will be used. After information about the tsunami source is obtained, tsunami waveforms at near-shore points can be simulated in real-time during an event. Simulating tsunami waveforms by solving the linear shallow water equation on low-resolution bathymetric data does not take long time, therefore it is suitable to be used in real-time. By using root mean square analysis, a scenario that gives the most similar tsunami waveforms in the database is selected as the best-fit site-specific scenario. Then the corresponding pre-computed tsunami inundation of the best scenario is selected as the tsunami inundation forecast.

The pre-computed tsunami database is built from thrust earthquake scenarios of simple rectangular fault models with moment magnitude ranged from Mw 8.0 to 9.0. We arrange a total of 56 reference points along the subduction zone off the east coast of Honshu, Japan as the center top of the fault planes. The points are grouped into four depth categories of shallowest, upper intermediate, lower intermediate, and deepest plate interface. The earthquake scenarios for each depth category have moment magnitude range of Mw 8.0 to 9.0, Mw 8.0 to 8.9, Mw 8.0 to 8.8, and Mw 8.0 to 8.7, respectively, from the shallowest to the deepest plate interface, making a total of 532 scenarios.

Sites are chosen based on their coastal geomorphology (i.e. bay, lagoon, isthmus) or location of coastal community. Virtual observation points at which tsunami waveforms is computed are placed strategically near-shore, around a bay at depth of deeper than 30 or 50 m depending on the bathymetry.

We test the algorithm to hindcast tsunami inundation along the Sanriku coast that was generated by the 2011 Tohoku earthquake. To produce accurate tsunami inundation map, accurate information about tsunami source is required. We used source models for the 2011 Tohoku earthquake previously estimated from GPS, W phase, or offshore tsunami waveform data. These source models could be available before tsunami hits the shore. The forecasting algorithm is capable of providing a tsunami inundation map that is similar to that obtained by numerical forward modeling, but with remarkably faster speed. Using a regular laptop computer, the time required to forecast tsunami inundation in coastal sites from the Sendai Plain to Miyako City is approximately 3 min after information about the tsunami source is obtained. We found that the tsunami inundation forecasts from the GPS (5 min), W phase (5 min and 10 min) fault models, and tsunami source model (35 min) are reliable for tsunami early warning purposes and considerably similar to the observation. This method can be used to develop a future tsunami forecasting systems with a capability of providing tsunami inundation forecasts in the near field locations.

キーワード: near-field tsunami inundation forecast, pre-computed tsunami database, tsunami early warning

Keywords: near-field tsunami inundation forecast, pre-computed tsunami database, tsunami early warning

「みちびき」と「きく8号」を用いたGPS津波計の沖合展開 An offshore type of GPS tsunami meter using QZSS and ETS-VIII satellites

寺田 幸博^{1*}; 橋本 剛正²; 本橋 修²; 山本 伸一³; 和田 晃⁴; 加藤 照之⁵

TERADA, Yukihiro^{1*}; HASHIMOTO, Gousei²; MOTOHASHI, Osamu²; YAMAMOTO, Shinichi³; WADA, Akira⁴; KATO, Teruyuki⁵

¹ 高知高専, ²JAXA, ³NICT, ⁴ 日立造船, ⁵ 東大地震研

¹Kochi National College of Technology, ²Japan Aerospace Exploration Agency, ³National Institute of Information and Communications Technology, ⁴Hitachi Zosen Corporation, ⁵The University of Tokyo

東日本大震災が投げかけたGPS津波計への開発課題は、さらなる沖合への展開が可能となるGPS測位法の改良と、被災してもリアルタイムデータを継続的に発信できる機能の確保であった。測位法の課題解決には、離岸距離の影響を受けない精密測位法を必要とし、海上のブイにおいて単独で精密に測位できる方法を確立することであった。波浪程度の短周期の海面変動にはPVD (Point precise Variance Detection method) 法¹⁾を適用し、津波や潮汐の長周期変動にはPPP-AR (Point Precise Positioning method with Ambiguity Resolution) 法²⁾を適用することが有効であることを、室戸岬沖35kmに設置したGPS津波計実験機で実証してきた (<http://tsunamigps.com>)。また、技術試験衛星Ⅷ型「きく8号」を用いて、ブイ上でPVD法によって求めた波浪データを陸上に送る実験を行い、洋上ブイから衛星通信によってデータを伝送する技術的見通しも得てきた^{3),4)}。

沖合展開に制限のないGPS津波計とするには、PPP-AR法をブイ上で機能させる必要がある。このために精密暦(時計と軌道の精密な情報)をブイに送り届ける必要があり、この手段として準天頂衛星初号機「みちびき」のLEX(L-band experiment)信号に精密暦を載せることを計画した。準天頂衛星から放送的に発信される精密暦を洋上ブイで受信するシステムが確立できれば、将来、西太平洋全域にGPS津波計を配備した場合でも、各ブイで一斉に精密単独測位法による津波観測が可能になる。実験では、国土地理院の電子基準点GPS観測データから精密暦を計算し、これを「みちびき」のLEX信号に乗せて室戸沖GPS津波計のブイ上で単独測位できるようにした。また、測位結果は、「きく8号」を用いて被害が無い地域に見立てた大阪に送り、インターネットでリアルタイムにデータ公開を行った。実験の結果は良好であった。本研究は、文科省宇宙科学技術調整委託費及び科研費基盤研究(S)212210007で支援されていることに謝意を表す。

1)H.Ishiki, et al., 測地学会誌, Vol.46, No.4, pp.253-267

2)M.Leos, et al., ION GNSS 2008, GA, pp. 397-405

3) 山本他, 第57回宇科連, 2013, 3D09

4) 寺田他, 第57回宇科連, 2013, 3D10

キーワード: QZSS, ETS-VIII, GPS津波計, PVD法, PPP-AR法
Keywords: QZSS, ETS-VIII, GPS Tsunami Meter, PVD, PPP-AR

ベクトル津波計リアルタイム観測にむけた wave Glider の長期運用 Long-term deployment of Wave Glider for a real-time tsunami monitoring system using the Vector Tsunameter

浜野 洋三^{1*}; 杉岡 裕子¹; 藤 浩明²
HAMANO, Yozo^{1*}; SUGIOKA, Hiroko¹; TOH, Hiroaki²

¹ 海洋研究開発機構, ² 京都大学

¹JAMSTEC, ²Kyoto University

We have been developing a real-time tsunami monitoring system by using the Vector Tsunameter(VTM), in which we use an unmanned surface vehicle called Wave Glider, manufactured by Liquid Robotics Inc. The WG, equipped with both an acoustic and a satellite communication modems, can be used to transmit data messages from the VTM to shore. In order to investigate the feasibility for this type of station-keeping operation, we made a long-term deployment of the WG at sea area. We deployed the WG on September 22, 2013 at 38 14.99N, 143 35.13E, water depth = 3420.1 m. We set 6 waypoints along a circle (200m in diameter) centered at the above position, so that the WG trace the watch circle. The experiment had been continued until the WG was caught by a drift net and delivered to the Kesenuma port on December 6, 2013.

The 75-days deployment of WG gives valuable information on the performance of the WG. As for the feasibility of WG for the station-keeping operation, two problems become apparent. During the experiment, the WG sporadically escaped from the watch circle and drifted away following the ambient water current, and it returned to the circle after several days of trip. Four excursions occurred during the first 50 days, and the total of the excursion period is 20 days. For monitoring slow activities such as crustal deformation, this performance is acceptable. However, some improvements are required for monitoring the short period signals such as tsunami. The other problem is the reduction of speed over water occurred after about 2 months operation. In the middle of November, the speed abruptly decreased to less than 0.5 knots and remains low until the end of the experiment.

Based on the detailed analyses of the navigation data sets and inspection of the WG, we conclude that the twist of the umbilical cable, which connects the surface float to the sub-surface glider, triggered both the excursion and the speed reduction. The small size of the watch circle and the short distance between the waypoints (about 100 m) are main cause of the twist. The short distance causes large and frequent changes of glider heading. Since the float can not follow the abrupt changes of heading, differential rotation of the glider relative to the float arises and enhances the twist of the cable. This twist of the cable increases water drag to the WG, and the stress of the cable due to the twist inhibit the rotation of the WG. These effects reduce the movability of WG, and the speed reduction start the drift of WG following the ambient current motion. The twist of the cable mainly occurs while the WG follows the path along the watch circle. On the other hand, during the excursions, glider heading is fixed and rewinding of the cable was observed. This rewinding reduces the drag force to the WG and assist the WG in returning to its home circle.

Extreme reduction of the speed is observed after 2 months of deployments. Inspection of the WG right after the recovery indicates that the propulsion system of the sub-glider had been working well until the end of the experiment, whereas the float suffered by the biofouling of eboshi-gai (goose barnacle). The biofouling seems responsible for the speed reduction, but theoretical estimate suggests that the hydrodynamic drag due to the biofouling is not sufficient to explain the observed speed reduction. The twist of the cable and the biofouling both contribute to the speed reduction. These analyses suggest larger size of the watch circle may improve or solve the present two problems of the excursion and the speed reduction.

キーワード: 津波, 津波計, リアルタイム観測, 海底観測

Keywords: tsunami, tsunameter, real-time observation, seafloor observatio

GEONET リアルタイム解析システム (REGARD) の全国対応 Enhancement of GEONET Real-time Analysis System for Covering over Japan

矢萩 智裕^{1*}; 宮川 康平¹; 川元 智司¹; 大島 健一¹; 山口 和典¹; 村松 弘規¹; 太田 雄策²; 出町 知嗣²; 三浦 哲²; 日野 亮太²; 齊田 優一³; 道家 友紀³
YAHAGI, Toshihiro^{1*}; MIYAGAWA, Kohei¹; KAWAMOTO, Satoshi¹; OSHIMA, Kennichi¹; YAMAGUCHI, Kazunori¹; MURAMATSU, Hiroki¹; OHTA, Yusaku²; DEMACHI, Tomotsugu²; MIURA, Satoshi²; HINO, Ryota²; SAIDA, Yuichi³; DOUKE, Yuki³

¹ 国土地理院, ² 東北大学大学院理学研究科, ³ 日立造船株式会社

¹Geospatial Information Authority of Japan, ²Graduate School of Science, Tohoku University, ³Hitachi Zosen Corporation

国土地理院では全国に約 1,300 点の GNSS 連続観測施設 (電子基準点) を設置し, 1 Hz サンプリングの GNSS 連続観測を実施している. データ取得及び解析系まで含めた一連のシステムは GEONET (GNSS 連続観測システム) と呼ばれ, GEONET で得られた観測データや解析結果等は, 我が国の位置の基準を定める測量や地殻変動監視, 高精度測位サービス等の幅広い分野で利用されており, 現代社会を支えるインフラの一つとしての役割を担っている.

防災面においても, これまで GEONET は地震や火山活動に伴う地殻変動の検出等で大きな貢献を果たしており, 平成 23 年東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0) 後には, 短周期地震計等により推定された地震発生直後の地震規模が過小評価だったことを踏まえ, より信頼度の高い津波警報初期値への利用を視野に, GEONET のリアルタイムデータを用いた地殻変動結果による地震規模の即時推定技術について大きな期待が寄せられているところである.

このような背景を踏まえ, 国土地理院では, 平成 23 年度から東北大学との協同研究の下, 新たな GEONET のリアルタイム解析システム (REGARD: Real-time GEONET Analysis system for Rapid Deformation Monitoring) の開発を進めてきた. REGARD では, GEONET で収集されたデータを RTKLIB 2.4.1 (Takasu, 2011) をベースとした解析エンジンで処理し, RAPiD アルゴリズム (Ohta et al., 2012) 又は緊急地震速報 (Kamigaichi et al., 2009) を用いて検知された地震発生に伴う各電子基準点の変位量を入力値として矩形断層モデルの即時自動計算 (西村, 2010) を実行することで, 地震規模が推定される.

平成 24 年度からは東北地方を中心とした 143 観測点によるプロトタイプ版を開発して連続稼働の試験運用を実施するとともに, GEONET 運用後に発生した過去の大規模地震時の観測データ等を利用したシステムの能力評価を行ってきた. 一例として, 平成 23 年東北地方太平洋沖地震のケースでは, 推定される矩形断層モデルと CMT との比較では位置及びメカニズムに若干の差異はあるものの, 地震発生から約 3 分で Mw8.9 を推定可能であること, Mw7.5 を下回る規模の地震の場合には S/N 比が低くなり推定精度が落ちること等が明らかとなった. 平成 25 年度には, プロトタイプシステムをベースに, 解析範囲を全国の電子基準点に拡大するとともに, 解析システムを GEONET 中央局内で二重化すること等により冗長性を高めた新たな全国対応システムを構築した. また, 解析設定ファイル作成や結果ファイル閲覧等の支援機能についても追加で実装している. 同システムについて平成 26 年 4 月から本格的な運用に向けた試験を開始している.

本講演では, 過去の観測データから得られた検証結果及び全国対応システムの概要を報告するとともに, 将来的な津波警報への活用に向けた取り組みや課題について報告する.

キーワード: GEONET, リアルタイムキネマティック GPS, リアルタイム

Keywords: GEONET, RTK-GPS, Real-time

沖合津波データのみから求められた波源を用いた2011年東北地方太平洋沖地震津波シミュレーション Tsunami inundation modeling of the 2011 Tohoku tsunami using the source estimated from the offshore tsunami records

馬場 俊孝^{1*}; 高橋 成実¹; 金田 義行¹
BABA, Toshitaka^{1*}; TAKAHASHI, Narumi¹; KANEDA, Yoshiyuki¹

¹ 海洋研究開発機構
¹JAMSTEC

沖合観測点の増加に伴い、沖合津波データの解析による津波波源のリアルタイム推定が現実味を帯びてきた。本研究では、将来の津波警報への応用を視野に入れて、沖合津波データのみから推定された津波波源がどれほど精度よく陸上の津波浸水を再現するかについて、2011年東北地方太平洋沖地震津波のシミュレーションから検討した。津波シミュレーションにおいては、波源は沖合データのみインバージョン解析によって求められた Saito et al. (2011) のものを、支配方程式には仙台平野周辺でソリトン分裂波の発生が確認されているため非線形分散波理論を用いた。ネスティング手法により波源から仙台平野に向かって徐々に空間分解能を上げ、仙台平野周辺では緯度経度方向に2/9秒(約5m)間隔の格子を設定した。また、津波浸水計算において陸上建物は摩擦係数として表現されることが一般的であるが、ここでは高分解能な格子を使用しているため、建物形状をそのまま地表面形状として地形に埋めこむことにした。このため、底面摩擦の係数は陸域、海域ともに同じ値を用いた。津波計算には海洋機構が開発した JAGURS を使用した。JAGURS は MPI と OpenMP により並列化されたコードで、クラスターコンピュータ等を用いて、ここで扱うような大規模計算も現実的な時間で終わることができる。以上のスキームで計算された最大浸水高分布を、地震後に実施された痕跡高調査の結果と比較した。Aida (1978) の津波再現指標である K と κ を用いれば、本モデルによる津波の再現性は $K=0.97$ 、 $\kappa=1.27$ と表現される。計算モデルが妥当かどうかの判断条件は、広域な痕跡高を用いた場合、 $0.95 < K < 1.05$ 、かつ、 $\kappa < 1.45$ とされ、本研究の計算モデルはこの条件を十分に満たした。従来、検潮儀を用いた津波インバージョンでは、検潮儀が湾奥に位置し局所的な地形の影響を受けやすいこと、また、検潮儀の応答特性により、津波の短周期成分を記録できずに痕跡高に比べて小さな振幅になることがあり、検潮記録をもとに検討された波源モデルでは痕跡高をうまく再現できない傾向があった。本研究を通じて、海底水圧計など沖合データから求められた波源はそのような問題はなく、高精度に津波浸水を予測できると考えられる。

キーワード: 2011年東北地震津波, 非線形分散波理論, シミュレーション
Keywords: 2011 Tohoku tsunami, Nonlinear dispersive theory, Simulation

即時CMT解を利用した東南アジアの即時津波解析システム Real-time tsunami simulation and visualization system using rapid CMT solutions in Southeast Asia

稲津 大祐^{1*}; 齊藤 竜彦¹; 熊谷 博之²; プリード ネルソン¹; 福山 英一¹
INAZU, Daisuke^{1*}; SAITO, Tatsuhiko¹; KUMAGAI, Hiroyuki²; PULIDO, Nelson¹; FUKUYAMA, Eiichi¹

¹ 防災科学技術研究所, ² 名古屋大学
¹ NIED, ² Nagoya University

インドネシア・フィリピン近海では多くの地震が発生している。防災科学技術研究所では、BMKG (インドネシア)、PHIVOLCS (フィリピン)、GFZ (ドイツ) などとともに、インドネシア・フィリピン陸域において、多数の(数十 km 間隔) 広帯域地震計により、地震活動のリアルタイムモニタリングを行っており、地震発生とともに自動解析 (SWIFT システム (Nakano et al. 2008)) により、震源・CMT 解を即時推定している。特に、巨大地震の際には、地震動に加え津波がさらなる脅威となるため、即時的な津波解析・予測が強く望まれる。

我々は、東南アジア領域における即時津波解析・予測システムを構築している (稲津ほか 2013 地震学会)。現時点で、以下の一連のシミュレーション・可視化をまとめて実行するシステムとなっている (1~4)。解析・予測の枠組みは、基本的に、地震波観測データから CMT 解を即時推定し、その解に基づき矩形断層モデルで津波の初期値を与え、その伝播を数値的差分法によって積分するものである。

- 1) SWIFT システムにより、CMT 推定解の基本情報 (時刻、震源、Mw、メカニズムなど) を得る。
- 2) Mw に応じ、スケーリング則から矩形断層の幅・長さ・すべり量を与える。津波予測のばらつきの観点から、異なるスケーリング則を用い、複数の断層パラメータを得る。ここでは、ある Mw に対し、すべり量が大きい・小さい (つまり、断層面積が狭い・広い) の 2 種類のパラメータを準備する。
- 3) ダブルカップルに基づき、メカニズムは 2 種類の候補が挙げられるので、2 種類のスケーリング則を用い、津波初期値として 4 通りの候補を得る。Okada (1985) に基づき、これら 4 通りのパラメータそれぞれについて地表変位を計算する。この際、鉛直変位のみでなく、水平変位と海底傾斜の積に基づく海水上下変位、および、震央周辺の水深に關係する水平短波長減衰効果も考慮し、津波 (海水位) の初期値を与えられるようにした。
- 4) 4 通りの初期値に基づき、それぞれ伝播シミュレーション (たとえば、線形長波モデル) を実施する。シミュレーションとともに、時刻ごとの津波高の領域マップと予め指定した点における津波時系列の可視化を行う。また、シミュレーションが適当な積分時刻まで終わったとき、その都度、最大津波高の領域マップ・沿岸近傍でのグラフなども可視化する。

発表では、具体的な津波事例において、上記の作業で作成した図・動画などを紹介する。

キーワード: CMT, 津波, 即時解析

Keywords: CMT, Tsunami, Rapid analysis

津波警報の情報価値との関係が明確な適切な採点法 Proper scoring systems with definite connections to information values of tsunami warn- ings

林 豊^{1*}
HAYASHI, Yutaka^{1*}

¹ 気象研究所

¹ Meteorological Research Institute

新たな予測手法を導入して津波警報を確実に改善するには、予報精度を適切に評価する採点法が存在し、新手法を導入した場合に発表されるであろう予報の採点結果（スコア）が従来手法による予報のスコアを上回ることが必要条件である。しかし、この条件を満たす手順を経て津波警報の新手法が導入された実績はなく、それどころか、津波警報を採点する適切な方法も知られていない。

雨が降るか降らないかのように現象の有無を対象とする二値予報を対象とした採点法で、気象予報の分野で広く使われるものには、予報を利用した場合の効用増加分の期待値と結び付けられたものがある。その際、予報利用者が現象に備える対策コスト（C）と無対策時のロス（L）に対する効用関数（U）が既知で、現象が有ると予報されれば必ず対策をとると仮定する。また、予報の保全対象のコスト／ロスモデルとして $U(-C)/U(-L)$ について単純な確率密度分布を仮定している。一般には、ある予測対象セット（例えば一定期間）の現象の有無について、予報あり実況あり（的中 N_a ）、予報あり実況なし（空振り N_b ）、予報なし実況あり（見逃し N_c ）、予報なし実況なし（的中 N_d ）の各頻度である4つの数値を式にあてはめて、スコアが算出される。例えば、スキルスコア（ETS $\equiv (N_a - K)/(N_a + N_b + N_c - K)$ 、ただし $K \equiv (N_a + N_b) \cdot (N_a + N_c)/(N_a + N_b + N_c + N_d)$ ）がこのような採点法である。

本研究では、津波警報の情報の性格に合った採点法を新たに開発するために、以下の全ての条件を満たす採点式を導出した。

(1) 津波警報なし実況なしの的中頻度は計数不可能なため、 N_d を用いないスコアであること。

(2) 津波警報ありの場合に予報利用者が必ず対策を取るという仮定は実態に即していない。そこで、予報利用者は、津波警報ありの場合、対策を取ると取らないの二つの選択肢から選び、津波警報なしの場合、常に対策を取らないとする。効用の変化量は、対策を取る時は $U(-C)$ 、無対策で現象が起きる時は $U(-L)$ とする。

(3) 予報利用者は、警報の空振り率（ $FAR \equiv N_b/(N_a + N_b)$ ）の期待値、および、 $U(-C)$ 、 $U(-L)$ を知っており、期待効用（ $E_x(U)$ ）を最大化する行動を選択するという合理的な意思決定をする。対策を取れば $E_x(U) = FAR \cdot U(-C)$ 、対策を取らなければ $E_x(U) = (1 - FAR) \cdot U(-L)$ であるから、 $U(-L)/U(-C) < FAR/(1 - FAR)$ を満たせば対策を取らない方が合理的である。これは、空振り率が高いほど、無対策で現象が起きて失う効用が大きいほど、また、対策を取ることで失う効用が小さいほど、警報は無視されやすいことをモデル化したものである。

(4) 保全対象の $U(-C)/U(-L)$ の確率密度について、(a) 一様モデル $f(x) = 1, 0 \leq x \leq 1$ 、(b) 単調減少モデル $f(x) = 2 - 2x$ 、(c) 単調増加モデル $f(x) = 2x$ の三種の分布を仮定する。

(5) スコアは警報の情報価値に比例した値とする。ここで、予報利用者が(3)のとおり行動して、 $N_a + N_b$ 回の警報で、対策を取って失わずに済んだ効用と対策に要した効用の合計を(4)の分布について積分したものを ΔU とする。警報が存在しない場合には毎回 $-U(-L)$ の効用を失うので、それで割った $V \equiv -\Delta U / ((N_a + N_c)U(-L))$ を情報価値と定義する。

結果、(a),(b),(c)の各モデルから導かれるスコアは次のとおり。

(a) からは、 $V = N_a^2 / (2(N_a + N_b)(N_a + N_c))$ を得られる。優れた予報 $N_a \gg N_b$ かつ $N_a \gg N_c$ ならば、スレットスコア（ $CSI \equiv N_a / (N_a + N_b + N_c)$ ）を用いて、 $V \approx CSI/2$ と近似できる。

(b) からは、見逃し率 $M \equiv N_c / (N_a + N_c)$ を用いて $V = (2/3)(1 - FAR)(1 - M)(1 + M/2)$ が得られる。見逃しが少ない予報 ($N_c \ll N_a$) では $V \approx (2/3)(1 - FAR)(1 - M/2)$ となる。

(c) からは、 $V = (1 - FAR)^2(1 - M)/3$ が得られる。

このように、最適な採点法は、災害対策によって異なるコスト／ロスモデルにより変わる。社会構造を反映した採点法を用いて、適した予測手法を選択するべきことが分かる。大会では、これら採点法の具体的な適用に向けての課題も議論したい。

キーワード: 期待効用理論, 合理的な意思決定, コスト／ロスモデル, スコア, 二値予報

Keywords: binary forecast, cost-loss model, expected-utility theory, rational decision-making, score

天保14年(1843)根室沖地震津波の浸水高分布 Tsunami height distribution of the 1843 Tenpo Nemuro-oki earthquake

都司 嘉宣^{1*}; 堀江 岳人²; 橋本 佳祐²; 佐々木 崇之²; 馬淵 幸雄³; 岡田 清宏³; 畔柳 陽介³; 大家 隆行³; 栗本 昌志³; 木南 孝博⁴; 今村 文彦⁵
TSUJI, Yoshinobu^{1*}; HORIE, Takehito²; HASHIMOTO, Keisuke²; SASAKI, Takayuki²; MABUCHI, Yukio³; OKADA, Kiyohiro³; KUROYANAGI, Yousuke³; OOIE, Takayuki³; KURIMOTO, Masashi³; KINAMI, Takahiro⁴; IMAMURA, Fumihiko⁵

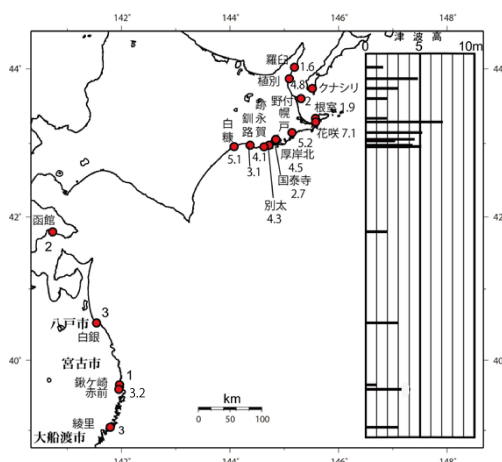
¹ 深田地質研究所, ² (株) アルファ水工コンサルタンツ, ³ パシフィックコンサルタンツ (株), ⁴ 頸城技研 (株), ⁵ 東北大学災害科学国際研究所

¹Fukada Geolog. Inst., ²Alpha Hydraulic Eng.Consultant, ³Pacific Consultant, ⁴Kubiki Techno., ⁵IRIDeS, Tohoku Univ.

天保十四年三月二十六日(1843-IV-25)の午前6時頃に根室沖海域で生じた地震(M7.5)による津波は、釧路および根室海岸に大きな被害をもたらしたが、津波の記録は岩手県大船渡市綾里から北海道知床半島にまで及んでいる。この津波の史料は「増訂・大日本地震史料 第三巻」(武者編、1941、以下M3と記す)、「新収日本地震史料 第四巻」(地震研究所、1984、S4と略す)に掲載されている。釧路地方では、蝦夷三官寺の一つである厚岸の国泰寺の『日鑑記』(M3-p448、S4-p805)が、国泰寺に隣接する出張会所やアイヌの板物置が流され浸水で海のようになったこと、厚岸の向岸で番屋やアイヌの住居が1軒も残らず流され、34人の死者が出たこと、ポロト(現浜中町)でアイヌが11人死亡したことを伝えている。クスリ(釧路)場所の役人が松前藩へ出した報告書の控である『御用諸書物留』(S4-p803)には、「釧路会所の36km東のセンホウシとそれに隣接するベツフトで小屋1軒、草葺1軒が流失した。アトエカ(跡永賀)でアイヌの住居2軒が流失した」と記されている。根室地方では、明治期に作成された『根室一等測候所報告』(M3-p449)に天保2年(1831)ホロモシリ村生の山本小七の証言が載せられている。それによると、当時野付にいた小七は、津波は野付沖で大小二波に分かれ、大波は目梨(知床半島)に向かい、小波が野付に来たという。知床半島では、現在の羅臼と植別がこの当時の目梨郡の主要集落であった。なおM3-p425には、天保7年7月25日の項に誤置されたこの津波の根室市花咲の記事(『根室一等測候所報告』)があり、「天保六未ノ年八月、海嘯あり。各所の漁舎を流し、花咲尤も強く、同所に居住する蝦夷人小屋五十余戸、漁舎倉庫共悉く流失し、為に蝦夷人をして山超えせしめ、現今の「ホニヲイ」に転住せし由なり」と、年代を誤って花咲の津波遭難とその後のホニヲイへの集団移転が記されている。三陸海岸では八戸、宮古湾の鎌ヶ崎と赤前、および大船渡市綾里(M3では天保6年6月25日の項に誤置されている、p417)に記録がある。これらの記録の基づき、釧路地方、根室地方、および三陸海岸の各現地地で調査・測量を行った結果、図を得た。本研究は(独)原子力安全基盤機構からの委託業務「平成25年度津波痕跡データベースの高度化—確率論的津波ハザード評価に係る痕跡記録の調査、および波源モデルのデータベース化—」(代表:東北大学 今村文彦)として行ったものである。

キーワード: 歴史地震, 歴史津波, 北海道, 根室, 釧路, 千島海溝

Keywords: historical earthquake, historical tsunami, Hokkaido, Nemuro, Kushiro, Kuril trench



境界積分を用いた断層運動による海底地盤変位の計算法 A new calculation method for seabed displacement due to fault slip by boundary integration

秋山 伸一^{1*}; 藤原 広行²; 橋本 紀彦¹
AKIYAMA, Shinichi^{1*}; FUJIWARA, Hiroyuki²; HASHIMOTO, Norihiko¹

¹ 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社, ² 独立行政法人防災科学技術研究所
¹CTC, ²NIED

地震による津波の計算では、断層運動に従って現れる海底面の鉛直変位を津波の初期水位と見なすことが多い。このような地盤変位を求める手段として、半無限弾性体内部の矩形断層によって発生する変位の解析解 (Okada, 1985) が広く用いられている。

この解析解を用いて、不規則な形状を持つ震源断層による地盤変位を求める場合には、不規則な面に沿って矩形の小断層を多数貼り付けるなどして震源断層をモデル化することになる。その結果、作成された断層モデルには、場所によって隣り合う矩形の小断層が重なるか、あるいは小断層に覆われていない部分が現れるようになる。したがって、このような断層モデルを用いて地盤の変位を計算すると、小断層が重なる部分の近傍では過大な変位が求められ、また、小断層に覆われていない部分の近傍では変位が過小に評価される。このような変位のギャップは、震源断層が海底面から深い位置にあれば余り目立たないが、浅い位置にあると無視できなくなる。こうした問題を解決するためには、不規則な形状を忠実にモデル化できる手法が必要となる。

このような背景から、本研究では境界積分を用いた海底地盤の変位計算法を開発した。周知のように、断層運動に伴う地盤の変形は、Green の定理を場の支配方程式に適用することで、地表面と断層面上の境界積分によって表される。さらに、海底地盤を半無限弾性体と仮定すれば、境界条件を満足する Green 関数を用いることによって、海底面の変位は断層面における境界積分のみで求められる。この計算法では、境界積分を数値的に行うため、境界要素法で用いられている線形要素を取り入れて変位の連続性を保証した計算を実施する。ただし、断層面が浅く、海底面に近い場合には Green 関数の特異性の影響が現れるので、Gauss の積分公式に基づく通常の数値積分を行うと計算の精度が著しく低下する。そこで、本手法では、こうした特異性の影響を正確に評価して積分計算が行える PART 法 (Hayami and Brebbia, 1988) を採用する。本発表では、本手法の定式化と検証結果、さらに適用例について報告する。

なお、本研究は、防災科研で進められている「全国を対象とした津波ハザード評価」の一環として実施した。

参考文献

- Okada, Y. (1985) Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 75, 1435-1154.
Hayami, K. and Brebbia, C.A. (1988) Quadrature methods for singular and nearly singular integrals in 3-D boundary element method, (Invited paper), *Proc. 10th Int. Conf. on Boundary Elements*, Southampton, Computational Mechanics Publication with Springer-Verlag, Vol. 1, pp. 237-264.

キーワード: 海底地盤変位, 断層運動, 数値計算, 境界積分, Green 関数の特異性, PART 法

Keywords: seabed displacement, fault slip, numerical calculation, boundary integration, singularity of Green's function, PART method

確率論的津波ハザード評価に向けた浸水深ハザード評価の検討 Inundation hazard mapping toward probabilistic tsunami hazard assessment

齊藤 龍^{1*}; 藤原 広行²; 平田 賢治²; 村嶋 陽一¹; 村田 泰洋¹; 井上 拓也¹; 秋山 伸一³; 阿部 雄太³; 松山 尚典⁴; 遠山 信彦⁴

SAITO, Ryu^{1*}; FUJIWARA, Hiroyuki²; HIRATA, Kenji²; MURASHIMA, Youichi¹; MURATA, Yasuhiro¹; INOUE, Takuya¹; AKIYAMA, Shinichi³; ABE, Yuta³; MATSUYAMA, Hisanori⁴; TOHYAMA, Nobuhiko⁴

¹ 国際航業株式会社, ² 防災科学技術研究所, ³ 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社, ⁴ 応用地質株式会社

¹KOKUSAI KOGYO CO., LTD. (KKC), ²National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED),

³ITochu Techno-Solutions Corporation (CTC), ⁴OYO Corporation

平成 24 年度から開始した日本周辺海域の津波ハザード評価に向けた取り組みの一環として、津波遡上範囲における確率論的なハザード情報を面的に表現する手法の検討を行った。これまでの津波ハザード評価では、ある想定地震とその発生確率を考慮した津波シミュレーション結果を用いて、海岸線や沿岸などの評価地点における津波水位の頻度を確率論的に推定し、海岸部の脆弱性が評価・研究されてきた。主に重要施設周辺を対象にしているが、市街地や河川周辺などの浸水想定区域に対して同様の評価を行うことも今後必要になると考える。また、全国を概観した確率論的津波ハザード評価では、津波波源となる可能性のある全ての震源を設定することで、日本全国の沿岸津波水位を確率論的に予測・評価することを試みている。しかし、津波シミュレーションに必要な膨大な計算とデータ処理のため、陸域の最小計算格子サイズは 50m に設定されている。そのため、浸水深分布を正しく表現することが難しい。地形データの解像度を細かくし計算格子サイズを小さくすることで、より詳細な浸水深ハザード評価を行うことができると期待できる。

そこで本研究では、陸前高田市市街地を例に、市街地周辺の地形データと計算格子サイズを 10m で設定し、津波遡上範囲の各計算格子において浸水深のハザード曲線を作成し、確率論的な浸水深分布を予測した。想定した地震は長期評価などに基づいた多数の震源と発生頻度で設定した。ある閾値に達する浸水深の年超過確率は、波源モデルの年頻度と地震発生確率から求めた。

キーワード: 津波ハザード, 津波浸水深, 確率, ハザード曲線

Keywords: Tsunami hazard, Tsunami inundation, Probability, Hazard curve

特性化断層モデルにおける滑り不均質による不確実性の検討 Uncertainty for tsunami hazard caused by heterogeneous slip on the characterized source model

阿部 雄太^{1*}; 橋本 紀彦¹; 是永 眞理子¹; 藤本 啓介¹; 秋山 伸一¹; 藤原 広行²; 平田 賢治²
ABE, Yuta^{1*}; HASHIMOTO, Norihiko¹; KORENAGA, Mariko¹; FUJIMOTO, Keisuke¹; AKIYAMA, Shinichi¹; FUJIWARA, Hiroyuki²; HIRATA, Kenji²

¹ 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社, ² 防災科学技術研究所

¹ ITOCHU Techno-Solutions Corporation, ² National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

本研究では、「全国を対象とした津波ハザード評価」の実施に向けて、津波の特性化断層モデルの滑り不均質の違いによる津波水位の不確実性について検討を行った。

確率論的津波ハザード評価では、設定した津波波源モデル群に対し数値シミュレーションにより沿岸での津波水位を推定し、各種の不確実性を考慮して、計算結果を統合することで、ハザードカーブを作成している。津波の数値シミュレーションは、波源モデルを元に海底地盤変動量を計算してこれを初期津波水位とし、津波伝播計算によってハザード評価の対象とする沿岸での津波水位を算出する。このため津波計算結果は、波源モデルの各種断層パラメータ（規模、発生位置、傾斜角、走向角、滑り角、滑り不均質性など）によって変化する。

「全国を対象とした津波ハザード評価」では、海溝型の地震については震源断層がプレート境界面に沿うと仮定し、津波波源を特性化することによって断層の傾斜角・走向角・滑り角の値は固定し、不確実性を考慮しないこととしている（遠山・他, 2014, 本大会）。一方で、規模、発生位置、滑り不均質性については、その値を確定することが難しく、また津波水位に大きく影響すると考えられることから、複数の波源モデル群を計算することで、その不確実性を考慮している。ここで、滑り不均質とはすべり量分布の空間的な不均質のことを指し、既往の震源インバージョン研究との比較から、特性化断層モデルでは滑り量が平均滑り量の2倍となる「大すべり域」、または平均すべり量の4倍となる「超大すべり域」によって表現している（是永・他, 2014, 本大会）。本研究では、滑り不均質による不確実性をより簡便に考慮する方法として、滑り不均質による津波水位のばらつきを対数正規分布で近似できると仮定し、分布の平均値になると推定される一つの滑り分布パターンにばらつきを与えてハザード評価する方法を検討した。津波水位のばらつきの大きさや分布の平均値となる滑りパターンを調べるため、大すべり域の位置を変化させた複数の滑り不均質モデルのパラメータスタディを行った。パラメータスタディは、まず地形変化の影響がない一様水深の地形モデル（理想地形モデル）において、複数の滑り不均質パターンの計算を行い、理想地形モデルでのばらつきを評価した。つぎに、伝播経路の特性や観測点近傍のサイト特性を考慮するために、実際の地形モデル（実地形モデル）を用いたパラメータスタディを行った。その結果、M8以下の比較的規模の小さな地震においては、両者にはばらつきの大きさに大きな違いはないことが分り、中央に大すべりのある滑りパターンが平均値に最も近く、ばらつきの大きさは対数標準偏差で0.09以下であった。

なお本研究は、防災科研において進められている「全国を対象とした津波ハザード評価」の一環として実施された。

キーワード: 津波, 確率論的ハザード, 特性化断層モデル, すべり不均質

Keywords: Tsunami, Probabilistic Hazard Assessment, Characterized tsunami source model, heterogeneous slip distribution

津波波源モデルの特性化に向けた大すべり域の検討 Large slip area in characterized Tsunami source model toward Tsunami Hazard assessment

是永 真理子^{1*}; 秋山 伸一¹; 阿部 雄太¹; 橋本 紀彦¹; 平田 賢治²; 藤原 広行²; 松山 尚典³; 村嶋 陽一⁴
KORENAGA, Mariko^{1*}; AKIYAMA, Shinichi¹; ABE, Yuta¹; HASHIMOTO, Norihiko¹; HIRATA, Kenji²; FUJIWARA, Hiroyuki²; MATSUYAMA, Hisanori³; MURASHIMA, Yoichi⁴

¹ 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社, ² 防災科学技術研究所, ³ 応用地質株式会社, ⁴ 国際航業株式会社
¹CTC, ²NIED, ³OYO, ⁴KKC

従来の決定論的なハザード評価の手法では、既往の津波痕跡を再現しうる最良モデルを利用することが一般的。しかし、この手法ではこれまで発生していない規模や波源域から伝播する津波のリスクを評価することは難しい。一方、確率論的津波ハザード評価の手法では、津波の発生源となる地盤変動を引き起こす断層運動のモデル化において、原理的に考えられる全ての波源を対象としなければならず多量の計算コストを必要とする。実際にはそれらの波源を構成する母集団から適切にサンプルするように配慮しながら、断層モデルを特性化（簡略化）することで現実的な計算量に抑えることが可能となる（遠山・他, 2014, 本大会）。確率論的津波ハザード評価では、こうした特性化により、一つの断層モデルではなく想定される複数の断層モデルをひとつの群として捉え、このモデル群としてのばらつきを与えることで実現象を包含することを目的とする。ここでは、津波波高に大きく影響を与えるすべり量の「不均質さ」に着目し、断層上で大きくすべる領域が全体に占める面積の割合を設定する手法について検討する。

2011年東北太平洋沖地震津波（以後、2011東北津波）の波源インバージョン研究より得られた断層面すべり量比率の分布を調べると、それぞれの波源インバージョン研究毎に最大すべり量や要素断層の大きさは違うものの、津波波高に大きく寄与したとされる領域のすべり量比率、面積の割合は大同小異である。そこで、本研究では、波源インバージョン時に仮定された要素断層の大きさに依らないように、震源全体のモーメントの単位面積当たりの平均値に対する各要素の単位面積モーメントの比率を「規格化すべり量比率」として算出し、それぞれの要素断層が占める面積の割合と規格化すべり量比率の関係を分析した。2011東北津波以外のM9クラスの地震津波、およびM8クラスについても規格化したすべり量による面積比率を算出した。その結果、M9クラスについては、平均すべりの2倍の領域を「大すべり域」と定義した場合、その面積は全体面積の30%、平均すべりの4倍の領域を「超大すべり域」と定義した場合、その面積を同10%とした3段階の特性化が必要であり、M8クラスについては「大すべり域」の面積を全体の30%とした2段階の特性化が最適であることがわかった。本発表では、これらの特性化断層モデル群を用いてシミュレートした津波波高と、詳細な再現モデルによる津波波高を比較し、前者が後者を網羅することを確認する。

本件は、防災科研において進められている「全国を対象とした津波ハザード評価」の一環として実施された。

キーワード: 津波, 確率論的ハザード, 特性化断層モデル, すべり不均質

Keywords: tsunami, probabilistic hazard assessment, characterized fault model, heterogeneous slip distribution

津波の誘導磁場を利用した高所からの大津波遠隔観測の可能性 Large tsunami remote observations from high altitude using the induced magnetic field of tsunami.

館畑 秀衛^{1*}; 浜野 洋三²

TATEHATA, Hidee^{1*}; HAMANO, Yozo²

¹ 気象庁地磁気観測所, ² 海洋研究開発機構

¹JMA, ²JAMSTEC

東北地方太平洋沖地震津波では、青森県から茨城県に及ぶ広い範囲に 10m 以上の大津波が来襲し、気象庁を含む、殆ど全ての津波観測施設が流出しただけでなく、気象庁の巨大津波計も観測不能となった。津波予報の効果が不十分であっただけでなく、津波の観測も出来なかったのは大きな課題であった。対して、地磁気観測所の父島観測点では、海拔 155m の高台から 1.8m の津波を、誘導磁場によって観測していた。父島の過去の津波に対する事例解析の結果、概ね 1 m 以上の津波に関して誘導磁場の信号を検知可能と思われる。

津波誘導磁場による津波の観測は、感度と S/N の点で弱点が有るものの、検潮儀等による観測と異なって遠隔観測の特徴を持つため、大津波でも被害を受けない高台から観測できる優位性を持っている。もし三陸沿岸の高台に地磁気センサーが巨大津波計として設置されていたならば、施設が破壊されることなく、大津波に耐えて観測を継続できたと思われる。

三陸沿岸に地磁気センサーが、一種の電磁式巨大津波計として設置されていたなら、得られると期待される津波の誘導磁場の波形と特性の検討結果等を紹介する。

キーワード: 津波, 巨大津波計, 誘導磁場

Keywords: tsunami, Huge tsunami meter, induced magnetic effect

東京湾内外における津波のスペクトル解析 Tsunami spectral analysis in and around Tokyo Bay

瀧川 朗^{1*}; 室谷 智子¹; Heidarzadeh Mohammad¹; Wu Yifei¹; 佐竹 健治¹
TAKIGAWA, Akira^{1*}; MUROTANI, Satoko¹; HEIDARZADEH, Mohammad¹; WU, Yifei¹; SATAKE, Kenji¹

¹ 東京大学地震研究所

¹Earthquake Research Institute, University of Tokyo

関東地方沿岸は度々、巨大地震による大津波に襲われてきた。そのうち 1923 年の大正関東地震 (M7.9) による津波の
高さは、東京湾の内外で大きく異なっていたことが報告されている。例えば、房総半島南側および伊豆半島東側から相
模湾といった東京湾外の沿岸域では 3~10 m の津波が押し寄せたのに対して、湾内の品川・船橋・千葉では 1 m 未満で
あった (羽鳥ほか, 1973, 関東大地震 50 周年論文集)。

一方、2011 年の東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0) による津波は関東地震によるものとは異なり、湾内外での高さの違い
があまり見られなかった。例えば東京湾入口付近の館山・鋸南でそれぞれ 1.45, 1.60 m であったにも関わらず、東京湾入
口で減衰することなく東京・船橋でもそれぞれ 1.46, 2.84 m であった (Sasaki et al, 2012, CEJ)。

これら 2 つの地震による津波の挙動の違いの原因を知ることは、将来首都圏に押し寄せる津波を見積もる上で重要で
ある。そこで我々は、両地震の津波シミュレーションによる再現波形および東北地方太平洋沖地震の観測波形のスペク
トル解析を行い、東京湾内での津波の卓越周期が両地震で異なることを発見した。関東地震による津波の卓越周期は約
100 分であったのに対し、東北地方太平洋沖地震のそれは約 70 分であった。我々は前者を東京湾の固有振動 (相田, 1996,
地震)、後者を相模湾の固有振動 (今井ら, 2011, 地震学会) によるものと推測した。今後は、これらの卓越周期の違いと
津波の挙動との関連性を考察していく予定である。

キーワード: 津波, スペクトル解析, 東京湾, 1923 年大正関東地震, 2011 年東北地方太平洋沖地震

Keywords: Tsunami, Spectral analysis, Tokyo Bay, 1923 Kanto earthquake, 2011 Tohoku earthquake

観測に基づいた津波エネルギー減衰の周期依存性 - 2011年東北地方太平洋沖地震の事例 - Wave period dependence of the tsunami energy decay based on observation: In the case of the 2011 Tohoku-oki Earthquake

田野邊 睦^{1*}; 今井 健太郎²; 林 豊³; 今村 文彦²
TANOBE, Atsushi^{1*}; IMAI, Kentaro²; HAYASHI, Yutaka³; IMAMURA, Fumihiko²

¹ 東北大学大学院, ² 東北大学災害科学国際研究所, ³ 気象研究所

¹Graduate School of Engineering, Tohoku University, ²IRIDeS, Tohoku University, ³Meteorological Research Institute

1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震により、東北地方沿岸地域をはじめとした広い地域で甚大な被害が発生した。このような巨大地震の際には、強震動や津波陸上氾濫の影響で交通網が寸断される可能性は十分考えられる。救援経路としての海路の安全確保に関する指標提示、すなわち津波の収束情報は円滑な救援・復旧活動にとって重要といえる。地震発生から早期に海路の安全確保を行うためにも、津波の減衰過程を正確に把握することは重要である。一方で、津波収束を判断する明確で科学的な基準は未だ存在していないのも現状である(林ら, 2010)。

本研究では、2011年東北地方太平洋沖地震で観測された津波波形を用いて、津波減衰過程の特徴を津波到達時間と、移動自乗平均振幅の最大値発現時間との関連から明らかにし、加えて、観測波形の持つ各周期帯成分に着目して、その減衰過程の特徴を明らかにすることを目的とする。

2. 解析方法

2011年東北地方太平洋沖地震による津波観測波形(気象庁, NOWPHAS, 国土地理院)のうち、日本列島太平洋沿岸および沖合で観測されたものから20点を解析対象とした。計測間隔は30sに統一し、さらに、潮汐成分除去のため128minのハイパスフィルターを用いて津波成分を抽出した。

波源と観測点位置の関係で、観測点毎に津波の振幅は大きく異なる。このため、林ら(2010)が定義する移動自乗平均振幅の最大値を用いて、正規化処理を行った。この正規化波形を解析に用いた。

津波は様々な周期の波を含んでおり、周期毎にその減衰過程も異なることが示唆されている(Rabinovichら, 2013)。潮汐を除いた波形に加えて、2-16 min, 16-32 min, 32-64 min, 64-128 minのバンドパスフィルターを用いてフィルタリング処理を施した。これらの各周期帯の波形から移動自乗平均振幅を算出し、林ら(2010)の方法による解析処理を行った。減衰関数は移動自乗平均振幅の最大値以降の時間変化から求めた。本研究では、 T_t は第一波の最大値が観測された時間、 T_m は移動自乗平均振幅の最大値、 T_L は T_m と T_t の差と定義した。 τ は時定数である。 τ は平均的な振幅が $1/e$ に減ずるのに要する時間という意味を持つ。

3. 解析結果

(1) 各観測点における τ の特性

潮汐を除いた周期帯における各観測点の τ と T_t の関係を整理した結果、沿岸沖合に関わらず、 τ と T_t は正の相関にあることがわかる。また、沖合と沿岸の観測点を比較すると、沿岸の方が沖合より τ が長くなる傾向にある。これらは T_t が長くなるにつれて、大規模な海底構造の影響が大きくなり、伝播経路が複雑になる事や、沿岸観測点近傍のローカルな湾構造に起因した副振動の影響によるものと考えられる。

(2) 各周期帯における τ の特性

各周期帯における T_L と τ の関係を整理した結果、沿岸観測点における64-128minの波形成分では、 T_L は短い τ が長くなる傾向が見られた。一方で32min以下の波形成分では、 T_L が有意に長くなる観測点がみられた。加えて、 T_L が長い観測点間でも τ に差が見られた。これらは、一部周期帯の波が観測点近傍で補足されたことや、二次波源からの散乱波などの影響によるものと考えられる。

4. 結論

本研究では、2011年東北地方太平洋沖地震時の津波波形を用い解析を行い、津波エネルギーの減衰過程を特徴付ける要因として、以下の結果が得られた。

- ① 沿岸沖合に関わらず、 τ と T_t は正の相関にあり、沿岸観測点の方が τ より長くなる傾向にある。
- ② 大局的な傾向としては、短周期成分よりも長周期成分の方が τ は長くなる。
- ③ 32min以下の波形成分については T_L が長くなる観測点がみられた。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 24310132 の助成を受けたものである。また、津波観測波形は気象庁、国土交通省、国

HDS27-P03

会場:3 階ポスター会場

時間:5 月 1 日 18:15-19:30

土地理院から提供頂きました。ここに記して謝意を表します。

キーワード: 津波, 減衰, 時定数, 周期

Keywords: tsunami, decay, decay time, period

2011年東北地方太平洋沖地震発生直後の日本海沿岸での微小変動 Oscillations starting immediately after the 2011 Tohoku earthquake in Japan Sea

室谷 智子^{1*}; 岩井 麻樹²; 佐竹 健治¹
MUROTANI, Satoko^{1*}; IWAI, Maki²; SATAKE, Kenji¹

¹ 東京大学地震研究所, ² 横浜市立大学

¹ERI, the Univ. of Tokyo, ²Yokohama City Univ.

2011年東北地方太平洋沖地震(M9)の発生時に、日本やロシアの日本海沿岸域での検潮記録は、地震発生数分後から微小変動を記録している。しかし、この地震によって太平洋側で発生した津波が津軽海峡を抜けて日本海沿岸域に到達して観測されるまで、約2~3時間かかる。地震発生後から約2時間に渡る微小変動は、約10分の卓越周期を持っているが、地震発生直後の約10分間では、約1~2分の周期も卓越している。この卓越周期約10分程度の変動は、日本海において傾斜を有する海底地形が地震時に変動した際、水平成分の変動が鉛直方向へ影響を及ぼす変動を考慮することによって、説明が可能である。

地震発生直後、顕著に微小変動が観測されている検潮所として、日本沿岸の深浦、佐渡、富山、能登(気象庁)や粟島(海上保安庁)、ロシア沿岸のRudnaya Pristan, Preobrazhenie, Nakhodka (Shevchenko et al., 2013: Pageoph)が挙げられる。これらの検潮所の津波波形を再現するため、Satake et al. (2013, BSSA)の断層モデルからOkada(1985, BSSA)の式によって地殻変動を求め、それを初期条件として津波波形を計算した。JTOPO30による30秒グリッドの海底地形データを用いて地殻変動の鉛直成分のみから計算した津波波形は、ほとんど変動を示さなかった。それに対し、水平成分の変動による鉛直方向への変動の寄与を考慮すると(Tanioka and Satake, 1996: GRL)、地震発生直後からの微小変動は計算されたが、波形の再現性は良くなかった。日本周辺の検潮所に関しては、M7000シリーズからさらに細かい5秒グリッドの海底地形データを作成し、同じように津波波形を計算したところ、30秒グリッドデータによる結果よりは波形の再現は良くなった。それでも、地震発生直後から約10分間続く周期約1~2分の短周期の変動は再現できなかった。さらに細かい地形データを用いることで再現性は向上するかもしれない。一方、日本海沿岸近くのF-netの地震波形記録を見ると、同程度の振幅の地震動が観測されており、周期約1~2分の短周期の変動は、検潮儀が地震波を捉えている可能性がある。そこで、ローパスフィルターによって水位変動の短周期成分を落とすと、観測波形と計算波形は良く一致した。ロシア沿岸域の検潮所は、震源域からの距離が500km以上とかなり離れているため、直交座標系ではなく、球座標系で求めた地殻変動(Sun et al., 2009: Geophys. J. Int.)を用いて津波波形を計算したが、直交座標系での津波波形と大差はなかった。ロシア沿岸での波形の再現には、細かいグリッドの海底地形や、検潮儀が設置されている湾等の形状などを考慮する必要があると考えられる。

謝辞: 本研究は、文部科学省受託研究「日本海地震・津波調査プロジェクト」の一環によって実施されました。また、気象庁、海上保安庁による潮位データと、F-netによる地震波形を使わせていただきました。

キーワード: 2011年東北地方太平洋沖地震, 2011年東北地震津波, 日本海, 海底変動

Keywords: the 2011 Tohoku earthquake, the 2011 Tohoku tsunami, Japan Sea, seafloor displacement

The 24 September 2013 tsunami in the Makran region, northwestern Indian Ocean The 24 September 2013 tsunami in the Makran region, northwestern Indian Ocean

HEIDARZADEH, Mohammad¹ ; SATAKE, Kenji^{1*}
HEIDARZADEH, Mohammad¹ ; SATAKE, Kenji^{1*}

¹Earthquake Research Institute (ERI), The University of Tokyo

¹Earthquake Research Institute (ERI), The University of Tokyo

Tsunami waves were observed in the northwestern Indian Ocean following the Mw 7.7 Pakistan inland earthquake on 24 September 2013. We analyze eleven tide gauge records as well as one DART record of this tsunami and perform numerical modeling of tsunami. The tsunami registered a maximum wave height of 109 cm in Qurayat tide gauge station (Oman). Spectral analysis showed that the most governing period of the tsunami waves was around 12 min though wavelet analysis showed that parts of the tsunami energy were partitioned into other period bands of 7 and 16 min. Distribution of aftershocks in the region showed that all of them were located inland indicating that the tsunami was generated by submarine geological phenomena triggered by the earthquake. Tsunami backward ray tracing showed that the tsunami source was possibly located at offshore Jiwani (Pakistan) and the tsunami was most likely generated immediately after the main shock. Tsunami modeling assuming a pile-up structure at the location of the new island was not successful in reproducing the observed sea level records. A landslide source with a length of about 15-20 km, a thickness of 100-150 m located at 61.72°E and 24.60°N seems capable of fairly reproducing the observed sea level records. This event was the second tsunami recorded in the Makran region since 1945, and may be evidence for hazards from landslide-generated waves following seismic activities.

キーワード: Northwestern Indian Ocean, Tsunami, Makran subduction zone, Landslide, Spectral analysis, Numerical modeling
Keywords: Northwestern Indian Ocean, Tsunami, Makran subduction zone, Landslide, Spectral analysis, Numerical modeling

Pre-computed Tsunami Database with Additional Slip Near to the Trench for Tsunami Early Warning in Southern Java Pre-computed Tsunami Database with Additional Slip Near to the Trench for Tsunami Early Warning in Southern Java

SUNENDAR, Haris^{1*}; TANIOKA, Yuichiro¹; GUSMAN, Aditya¹; LATIEF, Hamzah²
SUNENDAR, Haris^{1*}; TANIOKA, Yuichiro¹; GUSMAN, Aditya¹; LATIEF, Hamzah²

¹Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University, ²Bandung Institute of Technology

¹Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University, ²Bandung Institute of Technology

We build tsunami database based on simple fault model scenarios for the Java trench subduction zone. We have 480 points along the subduction zone with distance between each other of 20 arc-min. This points are used as the center of simple fault model scenarios. Each point is the center of several fault models with different moment magnitudes. We used a magnitude to fault length and width scaling relationship for the fault model scenario. The moment magnitudes for the fault model scenarios are from Mw 6.3 to Mw 9.0 with interval of 0.3. The fault depth parameter is also a variable for the fault model scenario. We used depth between 10 km to 60 km with interval of 10 km.

From each fault model scenario we simulate tsunami propagation by solving the linear shallow water equations. We used bathymetry data based on Indonesian navy chart and GEBCO bathymetric dataset. The grid size for the tsunami simulation is 1 arc-min. The pre-computed maximum tsunami heights and tsunami arrival time at every point along the coast are stored in a database.

If a real earthquake occur at any location in the forecasting domain then the pre-computed tsunami heights from 16 scenarios are retrieved from the database. These 16 scenarios are those that are surrounding the actual hypocenter and each of the scenario has the closest higher or closest lower magnitude to the actual one. Then the tsunami heights from these scenarios are used in interpolation methods to get the tsunami height forecast. The tsunami heights from two scenarios with a same hypocenter and different moment magnitudes are interpolated by logarithmic interpolation. Then the tsunami heights with different depths and different epicenters are interpolated using linear interpolation and bilinear interpolation, respectively. The the interpolated tsunami heights is group into district administrative regions, then the maximum height for each administrative region is selected. The selected tsunami heights are categorized into three different warning levels. These levels are tsunami smaller than 0.5 m, between 0.5 m to 3 m, and larger than 3 m.

We apply this method to forecast the tsunami generated by the 1994 East Java earthquake. The 1994 earthquake is classify as a tsunami earthquake (Newman and Okal, 1998; Pollet and Kanamori, 2000). The earthquake moment magnitude was estimated to be Mw 7.6 (Abercrombie et al., 2001), Mw 7.8 (Bilek et al., 2006; USGS), Mw 7.9 (Pollet and Kanamori, 2000). Our result shows that the forecasted tsunami heights underestimate the actual tsunami heights. One of the main cause could be the fact that we used simple fault model scenarios which sizes were estimated from scaling relationship of magnitude to fault dimension of regular earthquake but not tsunami earthquake. Previous studies shows tsunami earthquake may generate large slip near the trench (Tanioka and Satake, 1996; Satake et al., 2013). Therefore to obtain a more accurate forecast, the fault model scenarios near the trench should represent fault model for tsunami earthquake event.

キーワード: pre-computed tsunami database, tsunami earthquake, tsunami early warning

Keywords: pre-computed tsunami database, tsunami earthquake, tsunami early warning

Simulation of tsunami inundation from future megathrust earthquake scenarios of Central Peru

MAS, Erick^{1*}; ADRIANO, Bruno²; PULIDO, Nelson³; KOSHIMURA, Shunichi¹
MAS, Erick^{1*}; ADRIANO, Bruno²; PULIDO, Nelson³; KOSHIMURA, Shunichi¹

¹International Research Institute of Disaster Science, IRIDeS, Tohoku University, ²Graduate School of Engineering, Tohoku University, ³National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, NIED
¹International Research Institute of Disaster Science, IRIDeS, Tohoku University, ²Graduate School of Engineering, Tohoku University, ³National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, NIED

Great tsunami events like the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami might occur around the world in the future. In particular at areas of the Pacific Rim or the Andaman Sea as history has confirmed. In this study we will focus on the central coast of Peru on the western Pacific. The earthquake history of Peru accounts for many devastating tsunami disasters in the past (1555, 1586, 1609, 1630, 1655, 1678, 1687, 1746). The potential damage to national infrastructure exposed in Callao and Lima could yield to a heavy economical breakdown in Peru. It is of great importance to assess and estimate the future tsunami inundation scenarios in order to grasp the extent of possible damage and the severity of it. Consequently, this study evaluates the tsunami hazard and the related features of inundation at the central coast areas of Peru based on possible megathrust earthquakes.

The source model we used in this study ($M_w = 8.90$) was obtained from results of the interseismic coupling distribution in subduction areas using GPS monitoring data as well as historical earthquake recurrence information (Pulido et al., 2011). This slip model was used to generate twelve additional slip scenarios for strong ground motion simulation, by adding spatially correlated short-wavelength slip heterogeneities (Pulido et al., 2012).

Here, we used these thirteen scenarios to evaluate the tsunami hazard of Callao area in Peru. From results of strong ground motion simulations Pulido et al. (2012) reported that the slip scenario with the deepest along strike slip average ($M_w = 8.86$) was the worst case scenario for strong ground motion in Lima-Callao area. On the other hand, in this study the slip model with the largest peak slip ($M_w = 8.87$) yielded the highest tsunami inundation and maximum velocity near shore. Such differences on maximum scenarios for peak ground acceleration and tsunami height reveals the importance of a comprehensive assessment of earthquake and tsunami hazard in order to provide plausible worst case scenarios of strong ground motion and tsunami inundation.

Acknowledgments

This study was carried out under the framework of the SATREPS project "Enhancement of Earthquake and Tsunami Disaster Mitigation Technology in Peru, project sponsored by the Japan International Cooperation Agency (JICA) and the Japan Science and Technology Agency (JST). Our appreciation goes to the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED) and the International Research Institute of Disaster Science (IRIDeS), Tohoku University for their support.

References

Pulido, N., Tavera, H., Aguilar, Z., Chlieh, M., Calderon, D., Sekiguchi, T., Nakai, S., and Yamazaki, F. (2012). Estimation of slip scenarios of mega-thrust earthquakes and strong motion simulations for Central Andes, Peru realizations (poster S33A-2505). In *American Geoscience Union Fall Meeting 2012*, number section III, pages 1?2, San Francisco, California, USA.

Pulido, N., Tavera, H., Perfettini, H., Chlieh, M., Aguilar, Z., Aoi, S., Nakai, S., and Yamazaki, F. (2011). Estimation of Slip Scenarios for Megathrust Earthquakes: A Case Study for Peru. In *4th IASPEI/IAEE International Symposium*, pages 1?6, Santa Barbara, CA, USA.

キーワード: megathrust earthquake, megatsunami, numerical simulation, tsunami Peru, scenarios
Keywords: megathrust earthquake, megatsunami, numerical simulation, tsunami Peru, scenarios

確率論的手法による海底地すべり津波波源推定手法のメキシコ湾への適用 Identification of submarine landslide tsunami sources: A probabilistic approach for the Gulf of Mexico

嶋原 良典^{1*}; Horrillo Juan²
SHIGIHARA, Yoshinori^{1*}; HORRILLO, Juan²

¹ 防衛大学校システム工学群建設環境工学科, ² テキサス A&M 大学ガルベトン校
¹National Defense Academy, ²Texas A&M University at Galveston

2004 年インド洋津波や 2011 年東北地方太平洋沖津波の被害を受け、過去の歴史津波の記録が不足している地域であっても、津波リスクを科学的に評価する必要性に迫られている。その中でもメキシコ湾は津波リスクの不確実性が特に大きい地域であるが、地質学的見地から、中規模程度の地震に引き起こされる海底地すべりによって巨大津波が発生する可能性が指摘されている。

本研究は、モンテカルロシミュレーションに基づいた確率論的手法を用いて、メキシコ湾で発生する可能性のある海底地すべり津波波源を推定することを目的としている。具体的には、まず、海底地すべりの発生位置や深さ等の地形条件を、観測データから決定された確率分布を用いて求める。次に、地形条件に対応する土質パラメータや地震による水平加速度を求め、海底斜面の安定性解析を行う。同解析から海底地すべり発生が認められる場合、既往の予測式を用いて津波波源振幅を計算する。最終的に、海底地すべりを発生させる地震の発生率と津波の発生確率の積から、海底地すべり津波発生年確率を求める。本研究では上記のモデルに基づき、数千年から 1 万年までの再現周期に対する海底地すべり津波波源を推定した。

キーワード: 津波, 海底地すべり, モンテカルロシミュレーション
Keywords: tsunami, submarine landslide, the Monte Carlo Simulation

不均質すべり発生モデルを用いた津波波高の確率的解析と不確実性評価 A stochastic analysis and an uncertainty assessment of tsunami wave height using a random source parameter model

福谷 陽^{1*}; Suppasri Anawat¹; 今村 文彦¹
FUKUTANI, Yo^{1*}; SUPPASRI, Anawat¹; IMAMURA, Fumihiko¹

¹ 東北大学災害科学国際研究所

¹International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University

東北地方太平洋沖地震型の断層領域を対象に、不均質なすべり分布を持つ断層モデルを生成し、ロジックツリーを用いて確率論的津波ハザード解析を行った。確率論的津波ハザード解析結果と東北地方太平洋沖地震の観測結果とを比較した結果、観測結果 6.7m は、再現期間にして約 1112 年 (0.50 フラクタイル)、約 1129 年 (単純平均)、約 490 年 (0.95 フラクタイル) という幅が示された。すべり分布のパターン数が確率論的津波ハザード解析結果に及ぼす影響を確認したところ、波高が比較的小さい場合には、すべり分布のパターン数がハザード解析結果に及ぼす影響は殆どなかった。一方、波高が比較的大きい場合には、すべり分布の数を 1 パターンにすると、すべり分布の数が 3 パターン・5 パターンの場合よりも、各フラクタイル点における再現期間が大きく見積もられた。波高によっては、すべり分布のパターン数が解析結果に及ぼす影響は大きいと言える。また、再現期間 1000 年の津波波高の頻度分布を確認したところ、当然のことながら、考慮するすべり分布の数を増やす程、計算される津波波高の不確実性が增大することが確認できた。津波波高の不確実性を定量的に図る指標値として、津波波高の 90 % 信頼区間と変動係数を定義したところ、基本的には各フラクタイル点の波高が高い場所で、90 % 信頼区間が高くなっていた。変動係数が一番高くなっていた茨城県沖合の地点においては、断層領域内のアスペリティ位置の違いによる最大波高の変化が変動係数の大きさに寄与していることが確認された。また、岩手県沿岸のリアス式海岸部における変動係数の結果を見ると、リアス式海岸半島部の先端沖合地点で大きく、湾奥部地点で相対的に小さい値となっていた。これは、リアス式海岸特有の地形効果による影響であることが確認できた。

キーワード: 確率論的津波ハザード解析, 不確実性解析, ロジックツリー, CRSP モデル

Keywords: probabilistic tsunami hazard assessment, uncertainty analysis, rologic tree, CRSP model

2011年東日本大震災の被災地企業アンケートデータから作成した産業の地震・津波 フラジリティ曲線 Seismic and tsunami fragility of industries, revealed by the 2011 Tohoku-oki earthquake

桑原 保人^{1*}; 長谷川 功¹; 吉見 雅行¹; 行谷 佑一¹; 堀川 晴央¹; 中井 未里¹; 増田 聡²
KUWAHARA, Yasuto^{1*}; HASEGAWA, Isao¹; YOSHIMI, Masayuki¹; NAMEGAYA, Yuichi¹; HORIKAWA, Haruo¹;
NAKAI, Misato¹; MASUDA, Satoru²

¹産総研 活断層・地震研究センター, ²東北大学大学院経済学研究科

¹AIST, GSJ, ²Graduate school of Economics and Management, Tohoku University.

今後の地震・津波災害を想定し、これに備えるため、東日本大震災の被災地企業アンケートデータから産業の地震・津波フラジリティ曲線を作成した。本アンケートは東北大学大学院経済学研究科・震災復興研究センターの地域産業復興調査研究プロジェクトの一環として行われたものであり、企業の被害データ数はおよそ7,000である。ここでは、事業所の揺れや津波による直接被害の程度（直接被害率）を表す指標を、(有形固定資産被害額) / (有形固定資産) で定義した。各事業所位置での計測震度は、産総研の QuiQuake システムの結果を利用した。津波浸水深については、2011年東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループの結果を利用し、実際の調査データを補間することによってデータの無い場所の値を推定した。これらのデータを用い、横軸に計測震度または津波浸水深、縦軸に事業所の直接被害率を取り、産業のフラジリティ曲線を得ることができた。曲線は、震度、浸水深の増加とともに被害率も高くなり傾向を示し、一般家屋で通常用いられるフラジリティ曲線と同様の傾向である。さらに、被害率の大きさを大・中・小・ゼロに区分し、各被害率区分の頻度と計測震度・浸水深の関係を調べたところ、この関係は二項分布に従う確率モデルでよく説明できることがわかった。二項分布を規定するパラメータは、各震度での直接被害率の平均値のみであり、非常に単純なモデルで被害率の分布が推定可能であることを示す。以上の結果は、今後の巨大地震による産業の被害想定に有効であり、また、実際の地震直後の被害推定にも利用できる。

キーワード: 地震, 津波, 産業, フラジリティカーブ, 2011年東日本大震災

Keywords: Seismic, Tsunami, fragility curve, industry, the 2011 Tohoku-oki earthquake

環太平洋地域で発生した巨大地震の震源域データの作成 Compiling the source area data of large earthquakes occurred in Pacific Rim

石川 有三^{1*}
ISHIKAWA, Yuzo^{1*}

¹ 石川 有三
¹ Y. Ishikawa

1. はじめに

地震活動の特性を調べる場合、まず震源分布を描くが、多くの場合震源の位置を一つのマークで示している。これは実際の震源断層が空間的広がりを持っているにもかかわらず、点であるかのように誤解させる表示法である。示される地震のマグニチュードによってマークの大きさを変えるが、地震の規模が大きくなると破壊域はマークで示された場所にとどまらず、数倍から数十倍の広がりを持つ場合がある。そのような場合は、マーク一つで示すと実際の被害地域やその付近のテクトニクスを理解する上でも不適切な表示になる。確かにいろんな機関で作られている震源カタログの震源情報はすべて点情報になっており、それを使って空間的広がりを示すことは出来ない。そこでここでは余震域を用いて震源断層の空間的広がりを表せるようにそのデータを作ってみた。

2. データの作成

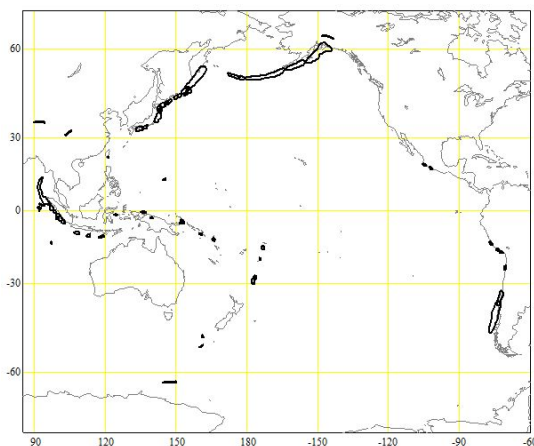
1960年代に世界標準地震計観測網が展開されてから、世界の震源分布特性が明瞭になってきたが、近年は、世界の地震観測網がさらに展開されより規模の小さな震源の位置も正確に求められるようになった。また、波形データから震源メカニズムだけでなく震源断層のモデルを推定できるように成り、震源を点では無く広がりを持った空間で捕らえられるようになってきた。そこで今回、国際地震センターと米国地質調査所の震源カタログ(PDE)を用いて余震分布から環太平洋地域で発生した巨大地震の震源域データを作成した。ただ、PDEは2009年からアジア、ヨーロッパ地域の震源検知能力が落ちているので注意する必要がある。

対象とした地震は、1970年以降のPDEカタログでマグニチュード8以上の深さ100km以下の環太平洋で発生した42個。それ以前は20世紀に発生した主なイベントを含めた。追加した主な地震は、1938年アラスカ地震、1944年東南海地震、1946年南海地震、1952年カムチャッカ地震、1957年アリューシャン(アンドレアノフ島)地震、1960年チリ地震、1964年アラスカ地震、1965年アリューシャン(ラット島)地震、1968年十勝沖地震である。

基本的に本震発生日から一ヶ月間の余震分布を囲むような領域を選んだ。また、一ヶ月以内の大余震が発生していた場合、メカニズムが異なり余震分布が空間的に離れていた場合は、その大余震は別の誘発された地震として扱い、余震域には含めなかった。

ここで作成した震源領域データは、産総研のサーバーで公開する予定である。

キーワード: 震源域データ, 巨大地震, 環太平洋
Keywords: source area, large earthquake, Pacific Rim



確率論的津波ハザード評価のための特性化断層モデル群の設定について A set of characterized earthquake fault models for the probabilistic tsunami hazard assessment in Japan

遠山 信彦^{1*}; 平田 賢治¹; 藤原 広行¹; 中村 洋光¹; 森川 信之¹; 長田 正樹¹; 松山 尚典²; 鬼頭 直²
TOYAMA, Nobuhiko^{1*}; HIRATA, Kenji¹; FUJIWARA, Hiroyuki¹; NAKAMURA, Hiromitsu¹; MORIKAWA, Nobuyuki¹;
OSADA, Masaki¹; MATSUYAMA, Hisanori²; KITO, Tadashi²

¹ 防災科学技術研究所, ² 応用地質株式会社
¹ NIED, ² OYO CORPORATION

日本全国を対象とした津波ハザード評価(藤原・他、2013、連合大会; 平田・他、2014、本大会)のうち、「確率論的津波ハザード評価」のための津波シミュレーションには、将来起こり得る全ての地震を対象とする各種不確かさを考慮した特性化断層モデル群が必要である。

ここでは、日本海溝周辺で発生する地震を対象とした特性化断層モデル群の設定例について津波波源設定の考え方とともに紹介する。

最初に、津波の発生原因としては地震以外にも火山、地すべりなどもあるが、当面は地震によるものを対象とし、かつ、日本列島への影響が大きい日本周辺で発生する地震による近地津波を対象とする。

次に、地震調査研究推進本部による「三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価(第二版)」(平成23年11月25日)を参考に、津波を伴う地震を①東北地方太平洋沖型地震、②最大クラスの地震、③その他の地震(複数の領域が連動するが、①②に含まれないもの)、④単独領域型地震(震源の長期評価がされているもの)、⑤津波地震、⑥プレート内の正断層地震、⑦震源不特定地震に分類する。海域の活断層については未解明の部分がが多く、同長期評価にも記載がないためここでは取り扱わず、将来考慮することとしている。②③及び⑦については想定しうる地震として漏れがないように追加したものである。また、⑥以外は同長期評価における評価対象領域を参考に、「全国1次地下構造モデル(暫定版)」における太平洋プレート上面に設定する。

個別の特性化断層モデルの設定に際しては、まず巨視的パラメータとして断層面積 S から地震モーメント M_0 を求める。 M_0 と S の関係式は、阿部による「日本付近に発生した津波の規模(1498年—2006年)」(<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/tsunamiMt.html>)に記載されている1498年—2006年に津波が観測された地震でかつ太平洋側で発生した地震について、主として佐藤編著(1989)「日本の地震断層パラメータ・ハンドブック」により断層モデルの情報を整理して経験的な関係式を求めている。なお、剛性率 μ は浅部で小さく深部では大きいという研究事例があるが、ここでは $5 \times 10^{10} (\text{N/m}^2)$ で深さに関わらず一様と仮定した。

さらに、断層モデルに微視的パラメータとして大すべり域、超大すべり域などすべり不均質を導入する。大すべり域、超大すべり域は、既往研究を基に得られた断層全体に対する一定の面積比で設定し、それぞれ平均すべり量の2倍、4倍(是永・他、2014、本大会)とする。大すべり域の配置は1つの震源断層に対して南北方向(海溝軸に平行)に北、中央、南の3通り、傾斜方向(海溝軸に垂直)に浅部、中央部、深部の3通り、合計9通りを基本とし、海溝軸沿いに大すべり域を設定する場合には、超大すべり域があるものも追加で設定する。但し、上の⑦震源不特定地震などは、想定する地震規模が小さいことから、「中央に平均すべりの2倍の大すべり域」の平均的なモデル一通りのみの場合を特性化断層モデル群として波源設定を行うものとする。

以上のようにして日本海溝周辺における特性化断層モデル群設定の結果、地震規模 $M_w 7.0$ から 9.4 までの地震について合計1800を超えるモデル数となる。現在、これらのモデル群について、個別に津波シミュレーションを実施し、地震の発生確率やそれに基づく沿岸での津波高さについての確率論的津波ハザードの評価などを検討しているところである。

本研究は、「日本全国を対象とした津波ハザード評価の取り組み」の一環として実施された

キーワード: 津波ハザード評価, 確率, 特性化断層モデル

Keywords: tsunami hazard assessment, probability, characterized earthquake fault model

日本全国を対象とした津波ハザード評価の取り組み Tsunami hazard assessment project in Japan

平田賢治^{1*}; 藤原広行¹; 中村洋光¹; 長田正樹¹; 大角恒雄¹; 森川信之¹; 河合伸一¹; 青井真¹; 山本直孝¹; 松山尚典²; 遠山信彦²; 鬼頭直²; 村嶋陽一³; 村田泰洋³; 井上拓也³; 斉藤龍³; 秋山伸一⁴; 是永眞理子⁴; 阿部雄太⁴; 橋本紀彦⁴

HIRATA, Kenji^{1*}; FUJIWARA, Hiroyuki¹; NAKAMURA, Hiromitsu¹; OSADA, Masaki¹; OHSUMI, Tsuneo¹; MORIKAWA, Nobuyuki¹; KAWAI, Shin'ichi¹; AOI, Shin¹; YAMAMOTO, Naotaka¹; MATSUYAMA, Hisanori²; TOYAMA, Nobuhiko²; KITO, Tadashi²; MURASHIMA, Yoichi³; MURATA, Yasuhiro³; INOUE, Takuya³; SAITO, Ryu³; AKIYAMA, Shi'ichi⁴; KORENAGA, Mariko⁴; ABE, Yuta⁴; HASHIMOTO, Norihiko⁴

¹ 防災科研, ² 応用地質, ³ 国際航業, ⁴ 伊藤忠テクノソリューションズ

¹NIED, ²OYO, ³KKC, ⁴CTC

津波対策を進める上で将来襲来し得る津波に関するハザード情報は必要不可欠な情報となる。平成23年東北地方太平洋沖地震によって東日本にもたらされた甚大な津波被害を踏まえ、防災科研は今後発生する可能性がある地震津波に対する事前の備え・対策に資することを目的とし、平成24年度から津波ハザード評価の研究開発への取り組みを開始した(藤原・他、2013、連合大会)。本取り組みは2通りの研究課題からなる; 1つ目は日本全国の海岸および陸上に影響を与える可能性があるすべての地震津波を考慮する「確率論的津波ハザード評価」の研究、2つ目は特定の地震を対象におこなうシナリオ型の津波予測の研究である。

「確率論的津波ハザード評価」として、(1) 全国を概観した確率論的津波ハザード評価と(2) 地域詳細版の確率論的津波ハザード評価の研究に着手している。全国を概観した確率論的津波ハザード評価の概要は以下のとおりである。

(i) 地震調査研究推進本部によって長期評価された地震とともに、「震源を予め特定しにくい地震」(地震調査委員会長期評価部会、2002) およびそれ以外の地震を含む、将来発生し得るすべての地震を対象とし、(ii) (i) のすべての地震津波に対してあらかじめ定められたルール(遠山・他、2014、本大会; 是永・他、2014、本大会) に基づき簡素化した「特性化断層モデル」群を設定し、(iii) それらの特性化断層モデル群を対象に、初期水位を計算(新たな計算方法を検討中、秋山・他、2014、本大会) し、最小50mメッシュサイズの陸上・海底地形データを用いて浅水理論に基づき多数の津波予測計算を実施、(iv) 津波予測計算結果の不確実性やすべり不均質の不確実性(阿部・他、2014、本大会) を考慮した確率論的手法を用いて、沿岸津波高を対象としたハザード評価をおこなう。現段階では、昨年度試作した日本海溝沿いの地震を対象とした確率論的津波ハザード評価の改訂作業と南海トラフの地震を対象とした確率論的津波ハザード評価を行うための特性化断層モデル群の検討を進めている。

地域詳細版の確率論的津波ハザード評価に関しては、最小10mメッシュサイズの陸上・海域地形データを用い、陸域の浸水確率、浸水開始時刻などを評価する手法を開発する(平田・他、2014、本大会)。地域詳細版の確率論的津波ハザード評価の結果は、カルテ形式などによる表示を採用し、地域毎の津波危険度が理解できるような表現方法を工夫する。その一環として、現在、浸水深に関するハザード曲線を計算し、確率論的な浸水深分布を評価する方法を検討中である(斉藤・他、2014、本大会)。

シナリオ型の津波予測研究においては、各地域で想定された最大クラスの地震津波が発生した場合の、沿岸津波高、浸水範囲・浸水深などを予測することを目指す。予測結果については、津波堆積物、歴史津波史料、観測記録などの既往記録との比較を通じ、設定したシナリオモデルの妥当性を検討する予定である。

これらの研究開発をおこなう上で、以下の作業が必要となる。(a) 日本全国を対象とした海域、沿岸部陸域の地形データ等の収集・整理と津波計算に必要な海域・沿岸陸域の地形メッシュデータの作成、(b) ハザード評価の信頼性の向上・改善および地域連携強化のため、自治体等の津波ハザードマップなどに関する情報を収集・整理(長田・他、2014、本大会)。

最終的には、このような津波ハザード評価に関する作業の方針、作業の流れ、具体的な作業方法を整理し、標準的な津波ハザード評価手法として取りまとめる。また、津波ハザード情報の利活用の方法について有識者による検討および、自治体防災関係者を対象にした調査などを行っており、多様な想定利用者の具体的な活用方法を広く調査し、ハザード情報や評価データの提供・公開方法についても検討を行っている(大角・他、2014、本大会)。

なお、本研究は地震調査研究推進本部津波評価部会での検討を支援する役目も担っている。

キーワード: 津波, ハザード評価, 確率, シナリオ型津波予測, ハザードマップ, 利活用

Keywords: tsunami, hazard assessment, probability, scenario-type tsunami forecast, hazard map, utilization

地震火山噴火リスク対策のための G-EVER 活動とアジア太平洋地域地震火山災害図プロジェクト G-EVER Earthquake and Volcanic Eruption Risk Management Activities and Asia-Pacific Region Hazard Mapping Project

宝田 晋治^{1*}; 石川 有三¹; Bandibas Joel¹; G-EVER 推進チーム¹
TAKARADA, Shinji^{1*}; ISHIKAWA, Yuzo¹; BANDIBAS, Joel¹; G-EVER, Promotion team¹

¹ 産総研

¹ Geological Survey of Japan, AIST

アジア太平洋地域は地震・津波・火山噴火の大規模自然災害のリスクが高い。一旦災害が発生すれば、高度に発達した国際経済社会では、被災国のみならず、国際的な問題に発展し得る。大規模自然災害への対策は人間の安全保障として、経済の持続的発展のためにも重要である。アジア太平洋地域の地震及び火山災害軽減、リスク対策は、現在各国でさまざまな活動が行われているが、各研究機関、関連組織の協力体制の確立、防災関連情報の共有化等が必要とされている。2012年より発足した G-EVER(アジア太平洋地域大規模地震・火山噴火リスクマネジメント) コンソーシアムでは、G-EVER1 協定に基づき、(1) アジア太平洋地域の協調、自然災害軽減の推進、(2) 災害時に役立つ各種災害情報の整備、共有、(3) G-EVER Hub サイトの構築、(4) データ交換、共有、分析のための国際標準化の推進、(5) 既存の VHub, IRDR, GEM, GVM, WOVOdat 等の各種プロジェクトとの連携、(6) "borderless world of science" の推進、世界基準ハザードマップの作成、(7) 研究者、ポスドク、学生等相互交流の推進、(8) 各種ワーキンググループの設立、個別のテーマ毎に横断的な活動の推進等を実施している。2013年10月19-20日に、仙台において、第2回 G-EVER 国際シンポジウム、第1回 IUGS・日本学術会議国際ワークショップを開催した。ここでは、15箇条からなる Sendai 合意を採択した (<http://g-ever.org/en/sendai/>)。2015年3月には、国連世界防災会議が仙台市で開催されポスト兵庫行動枠組みについて検討が行われる。G-EVER では外務省とも連携し、ワークショップ等の開催を計画している。現在、(1) 巨大地震のリスク評価、(2) 巨大噴火のリスク評価、(3) 次世代型火山災害予測システムの3つのワーキンググループと、アジア太平洋地域地震火山災害図プロジェクトが進行中である。

アジア太平洋地域地震火山災害図プロジェクトでは、アジア地域の地震関連情報(地震規模、震源位置、活断層分布、津波による被災域、犠牲者数等)及び火山関連情報(噴火の規模、火山の位置情報、大規模噴火の分布域、犠牲者数等)を CCOP 等関連国等と協力の上で収集整備、また未整備な地域のデータを国際的統一的基準で取りまとめ、「アジア太平洋地域地震火山ハザード情報システム」として Web 上で公開する計画である。さらに、ユネスコ、世界地質図委員会 (CGMW) の最新版の災害図として「東東南アジア地域地震火山災害図」の印刷物を平成28年に出版する予定である。過去の地震や火山噴火の規模、災害の規模ごとに地図上に表示する機能に加えて、地震、津波災害の分布、降下テフラ、火砕流堆積物等の火山噴出物の分布等を表示する機能など、災害履歴や災害予測情報の比較検討が容易にできるシステムを開発する。また、本システムは、GEM (Global Earthquake Model) による地盤情報等を考慮した地震災害評価システム、GVM (Global Volcano Model)、スミソニアン火山 DB、日本第四紀火山 DB を取り込んだ最新の地震火山ハザード情報システムとする予定である。本プロジェクトは、アジア地域の地質調査機関による CCOP(東東南アジア地球科学計画調整委員会)加盟国や、アメリカ、カナダ、中南米、ロシア、オーストラリア、ニュージーランド等の環太平洋の国々と協力の上、進めていく計画である。作成にあたっては、アジア各国との定期的なワークショップや技術講習会の開催、若手研究者の育成等を予定している。本プロジェクトの社会的効果として、(1) アジア地域各国、及び日本国内で、ハザードマップ作成、国レベルの防災プラン策定、適切な国土利用、自治体の地域防災計画に活用する、(2) 日本国内及びアジアに活動を展開する企業が立地選定等の意志決定や BCP 策定に活用でき、コンサル、保険業等の新たなビジネスチャンスが生まれる、(3) アジアでのインフラ整備、都市計画、設計支援に活用することなどが期待されている。

キーワード: 地震, 火山, リスク, ハザード, 災害図, アジア太平洋
Keywords: Earthquake, Volcano, Risk, Hazard, Hazard Map, Asia Pacific

Observing Schumann Resonance by demodulating High Frequency Waves Observing Schumann Resonance by demodulating High Frequency Waves

CAO, Bingxia^{1*}; ZHOU, Hongjuan¹
CAO, Bingxia^{1*}; ZHOU, Hongjuan¹

¹Harbin Institute of Technology at Weihai

¹Harbin Institute of Technology at Weihai

The limited dimensions of the Earth cause the waveguide between the surface of the Earth and the conductive ionosphere to act as a resonant cavity for electromagnetic waves in the ELF band so that Schumann Resonance (SR) occurs there. It has been suggested that SR may be used to monitor global temperature variations. SR has been used to study the lower ionosphere on Earth and suggested as one way to explore the lower ionosphere on celestial bodies. A new field of interest using SR is related to short-term earthquake prediction. The manmade noises in the ELF band was a problem for observing. A new way to observe SR based on cross-modulation in the low ionosphere is discussed.

The effect of cross-modulation was established by Yampolski et al. between SR and HF signals experimentally. The HF signals called Round-the-world signals (RWS) and large antenna arrays of the radio telescope UTR-2 were used. But the problem is whether the SR can be seen only with a simple antenna. If the answer is yes, we have a new measurement method for SR.

The HF-SR multiple mode nonlinear interaction theory is researched based on the basic theory model established. In the multiple interaction mode theory, the modulation depth is affected by electromagnetic wave phase in the nonlinear effect. Before the experiment, a lot of simulation experiments and theoretical research are carried out, including Schumann Resonance global distribution simulation and multi-mode interaction of HF-SR theory etc.. One simpler half wave cross dipole antenna is used to receive the time service signal of China called BPM. And in the demodulation spectrum of BPM, the first 4 order resonance peaks of the SR are obtained successfully, respectively on 7.5Hz, 14Hz, 20Hz and 26Hz.

The electric field distributions and phase variations of the first 3 order peaks of Schumann Resonance in the earth ionosphere cavity are obtained through a series of SR distributed simulation experiments. The result shows that in the same phase region, the phase of SR only depends on time. At the same time all the points have the same vibration phase. Two points have 180 degree difference phase after a phase mutation point.

The actual multi interaction mode effect between RWS and SR is uncertain. It may change with the propagation conditions. The modulation depth can not be increased significantly in the multiple interaction effects of HF wave and SR propagate around the globe. The main reason is the high frequency wave goes through the the phase jump points of Schumann Resonance. The final depth of modulation in the Yampolski experiment is about 0.7-3.5 times to the modulation depth of single interaction.

RWS goes through around the earth. But the modulation depth of of RWS and SR nonlinear effect is not significantly far greater than that of 1 jump value because of the path length growth.

Using the RWS signal, greater modulation than short reception, for example, 1 hop, can be obtained. But due to the SR wave distribution in the earth ionosphere cavity, the value is less than the direct summation of each modulation results. That is to say, high frequency electromagnetic wave propagates around the earth for nearly a circle. It is modulation result with SR dose not significantly increase compared with that of the obtained by ionospheric reflection arrive at the receiving station.

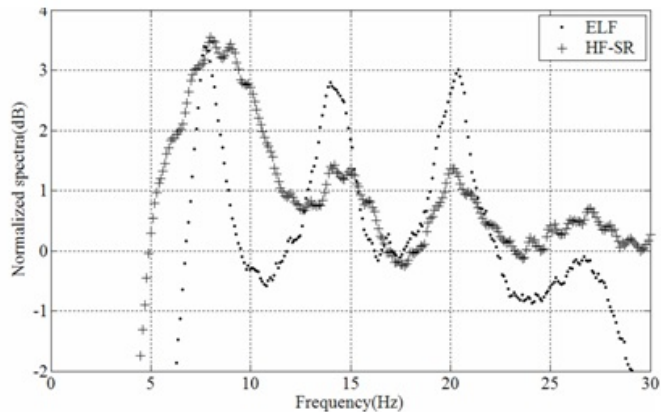
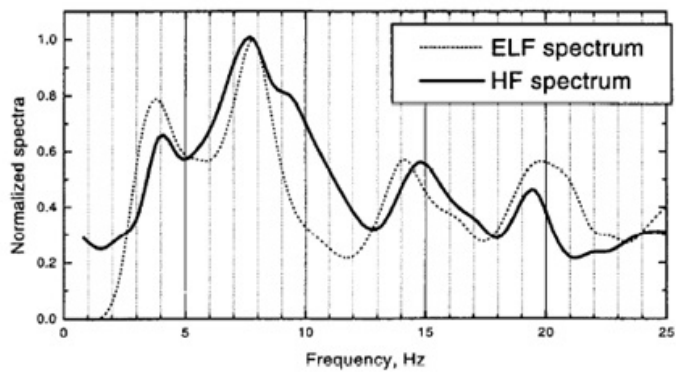
According to the new theory of HF-SR interaction, a receiving station was established. The system receives the BPM time service signals from the National Time Service Center in PuCheng, 1160 km away from the receiver. The carrier frequency is 10 MHz. By demodulating the BPM signal, the first 4 order peaks of SR are obtained. Maybe it is a new way for SR observing.

キーワード: earth ionosphere cavity, Schumann Resonance, nonlinear effect, high frequency wave
Keywords: earth ionosphere cavity, Schumann Resonance, nonlinear effect, high frequency wave

HDS28-06

会場:312

時間:5月1日 17:30-17:45



2011 年東北地方太平洋沖地震に伴う津波被害と低地における微地形の関係 Influence of microtopography in lowland to tsunami disaster of 2011 Tohoku Earthquake

五十里 和也^{1*}; 奈良間 千之²
IKARI, Kazuya^{1*}; NARAMA, Chiyuki²

¹ 新潟大学大学院自然科学研究科, ² 新潟大学理学部

¹Graduate School of Science & Technology, Niigata University, ²Faculty of Science, Niigata University

2011 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震 (M9.0) に伴って東日本に大津波が押し寄せ、特に岩手・宮城・福島 の 3 県で甚大な被害を出した。特に海沿いの低地では、津波から逃れるためには内陸に向かわざるを得ず、避難の途中で飲み込まれるケースが問題となった。その点では三陸地方のリアス式海岸は地形的な高台に恵まれているが、仙台平野のような低地は津波に対して極めて脆弱である。本研究では、低地の防災計画に役立つデータを提供するために、仙台平野の津波被害と低地の微地形が遡上に与える影響を分析し、その危険度を定める地形的要因についての評価をおこなった。

仙台平野には浜堤は 3 列あり、その発達には地域差がみられる。仙台地区では内陸側の浜堤は小さく、分布も不連続である。名取・岩沼地区における現成の浜堤の規模は 6m を超え、内陸側にも複数の浜堤が発達する。亘理・山元地区では現成の浜堤の規模は小さいが、内陸側には幅 500m わたって比高 1-2m の複数の浜堤が形成されている。なお海岸から 2-3km 内陸側には、盛土を中心とした比高約 5m の高速道路がある。

GIS Team of Niigata Univ. (2012) による家屋被害マップのポリゴンデータと、国土地理院提供の空中写真 (2011/3/12)・GoogleEarth の衛星画像 (2011/4/6, 2012/4/12) を用いて、浸水域内の家屋を 3 つのダメージカテゴリに分類した (①津波に跡形もなく流された家屋, ②津波後 1 年以内に解体された家屋, ③津波 1 年後も残存している家屋)。このうち、②は流出を免れたものの壊滅的なダメージを受けたため処分され、③は修復の可能性が残っていると判断した。また、電柱・防潮林・流木・侵食痕の方向をマニュアルでデジタルイズし、津波の侵入過程を再現した。特に、電柱と海岸林が倒れた方向は第 1 波の侵入方向を示し、流木と侵食痕の方向は第 2 波以降や引き波で流された方向も示すと判断した。

仙台平野の家屋被害について、11,601 棟の流出、4,845 棟の解体、13,845 棟の残存を確認した。海岸から 1km 圏内では家屋の 8 割以上が流出したことから、現成の浜堤や防潮林はこの大津波に対する減衰効果をほとんど持たなかったとみられる。一方、海岸から 1km より内陸側の微高地に立地する居住地の被害には地域差がみられた。特に浜堤がほとんどみられない仙台地区では、流木や瓦礫などの漂流物が海岸から 1-3km 地点まで流されており、家屋被害も内陸側までおよんでいた。ところが浜堤の規模が大きい名取・岩沼地区や、複数の浜堤がみられる亘理・山元地区では内陸側の家屋被害は比較的小さく、漂流物のほとんどが堤間低地に留まっていた。また津波の侵入方向をみると、海岸から 1km まで直進してきた津波が、内陸側では堤間低地の傾斜を下り降りる方向や、微地形の谷を駆け上がる方向に流れた痕跡がみられ、内陸側の後背湿地になだれ込んで進路が変わっていた地区もあった。また蛇行河川である阿武隈川では、攻撃斜面側の低地に逆流遡上する方向と、海岸の浜堤を乗り越える 2 方向から津波が侵入しており、滑走斜面側の居住地は浸水を免れていた。これらの結果から、浜堤の存在が漂流物の侵入を防ぎ、堤間低地や微地形の谷が津波の進路となり、わずかな凹地形が津波に対する遊水地の役割を果たしたことが、仙台平野における家屋被害の地域差を生み出したと考えられる。すなわち海岸から 1km より内陸側では、比高わずか 1-2m の微高地が家屋被害を軽減させたのである。

キーワード: 2011 年東北地方太平洋沖地震, 津波, 仙台平野, 低地, 微地形, 空中写真

Keywords: 2011 Tohoku Earthquake, tsunami, Sendai Plain, lowland, microtopography, aerial-photographs

インドネシア, リンジャニ火山の13世紀カルデラ形成噴火 Eruptive Sequence of Rinjani Caldera, 13th Century, Lombok, Indonesia

古川 竜太^{1*}; 高田 亮¹; Nasution A.²; Taufiqurrohman R.³
FURUKAWA, Ryuta^{1*}; TAKADA, Akira¹; NASUTION, Asnawir²; TAUFIQURROHMAN, Roni³

¹ 産業技術総合研究所地質調査総合センター, ²ITB, ³CVGHM

¹ Geological Survey of Japan, AIST, ²Institute Technology of Bandung, ³Center for Volcanology and Geological Hazard Mitigation

リンジャニ火山はインドネシア, ロンボク島北半分に配列する第四紀成層火山体群の中心にあり, 山頂西部にある径6x8kmのカルデラは13世紀の破局的噴火で形成された(Nasution et al., 2003; 高田ほか, 2003; Nasution et al., 2010; Lavigne et al., 2013). カルデラ形成に先立って, およそ2万年前から1万年前にかけてリンジャニ火山が標高3726m, 総体積100km³の成層火山体を建設した. およそ5000年前からは爆発的噴火を間欠的に起こし, 13世紀の破局的噴火に至った.

カルデラ形成噴火の推移は噴火堆積物から6フェイズに区分できる. 各フェイズ間に顕著な時間間隙を示す証拠は見つかっていない. フェイズ1の小規模な水蒸気噴火のあと, フェイズ2ではプリニー式噴火によって発泡の良い軽石を主体とする降下火砕物を西側の広い範囲に堆積させた. フェイズ2末期では粒径が細くなり, 異質岩片が増加する. フェイズ3では火砕流が発生し, 北麓で層厚10m以上の無層理塊状の軽石流堆積物を分布させた. 南西麓や遠方の地域には成層した火山灰流堆積物が広く分布する. 層厚数cm~50cmまで層厚が変化し, 地形的凹地では厚く堆積し, 下位の降下軽石層を削り込むことがある. 推定噴出源から50km近く離れた南西地域や, 海を隔てたギリ諸島にも堆積していることは, 高い噴煙柱から崩壊した希薄な火砕流堆積物であることを示唆する. フェイズ4はふたたびプリニー式噴火となる. 降下軽石堆積物は級化構造の繰り返しと細粒火山灰が挟在することから, フェイズ2に比べてプリニー式噴煙が不安定であったことを示唆する. フェイズ5では, ふたたび火砕流が発生し, 厚い無層理の軽石流堆積物が山麓を30km以上の範囲を覆って海岸線に到達した. 火砕流堆積物には花崗閃緑岩など地表に露出しない岩石が含まれる. フェイズ6ではプリニー式噴火が発生したが, フェイズ2と4に比べると規模は小さい.

噴火に関与したマグマはSiO₂=62.5-66wt.%, Na₂O+K₂O=7.5-8.7wt.%の粗面安山岩から粗面岩質である. フェイズ3から4にかけてより珪長質な軽石が増加する. フェイズ4のプリニー式噴煙が不安定で, フェイズ5で大規模な火道の浸食が起こったことを考慮すると, フェイズ4から大幅な火道の拡大あるいは新たな火道形成によって, それまで噴出していなかったマグマが吸い出された可能性がある. フェイズ6のプリニー式噴火は崩壊したカルデラ床によって閉塞された細い火道から起こったと考えると説明可能である.

南極およびグリーンランドの氷床試料では西暦1258?1259年相当の層準に硫酸酸性の強いスパイクがあることが以前から指摘されていた(Palais et al., 1992など). 氷床試料から抽出した火山ガラス片の主成分化学組成はこれまでメキシコのエルチヨン火山に対比されていたが, リンジャニカルデラ形成噴火の火山ガラス組成は, 両極地方の火山ガラス組成により近い. よってリンジャニカルデラの形成は1258?1259年頃である可能性がある. Lavigne et al., (2013)は同様の手法で噴火を対比して, 噴火時期は古文書から1257年とした. 両極地方の硫酸堆積量から計算されたSO₂放出量は200メガトンであり(Langway et al., 1988), 最近千年間で最大である. リンジャニカルデラ形成噴火が地球規模の気候変化に影響を与えた可能性が大きい.

キーワード: 火山, カルデラ, 火砕流, インドネシア, 火山灰, アイスコア

Keywords: volcano, caldera, pyroclastic flow, Indonesia, ash, icecore

上高地・奥又白谷で発生した完新世の岩石なだれ Holocene rock avalanche phenomena from the upper Okumatashirodani Basin, Kamikochi Valley, northern Japanese Alps

荻谷 愛彦^{1*}; 松四 雄騎²; 原山 智³; 松崎 浩之⁴

KARIYA, Yoshihiko^{1*}; MATSUSHI, Yuki²; HARAYAMA, Satoru³; MATSUZAKI, Hiroyuki⁴

¹ 専修大学, ² 京都大学, ³ 信州大学, ⁴ 東京大学

¹Senshu University, ²Kyoto University, ³Shinshu University, ⁴University of Tokyo

上高地・徳沢の新村橋付近では、梓川左岸の弁天沢沖積錐上にモレーンとされた岩屑丘が存在する。また梓川を挟んで弁天沢の対岸にある奥又白谷沖積錐上にも、モレーンや土流堆積地形とされた小リッジが分布する。本発表では、これらの岩屑丘や小リッジの地形・地質・年代を述べ、成因を再検討する。

調査範囲は、新村橋付近の梓川左岸（弁天沢）・同右岸（奥又白谷）である。弁天沢は長堀山西面を集水域とし、谷の出口に小沖積錐が発達する。集水域全体が美濃帯砂岩・泥岩からなる。奥又白谷は前穂高岳北尾根東面を集水域とし、谷の出口に大型沖積錐が発達する。集水域は溶結凝灰岩、文象斑岩及び花崗岩からなる。岩屑丘と小リッジの形成年代を知るため、弁天沢と奥又白谷の数地点で表層礫を採取し、石英粒子中の宇宙線生成核種を東京大学の加速器質量分析計で定量した。また新村橋付近の地下地質を推定するため、梓川河床で微動アレイ探査を行った。以上について、次の結果を得た。

(1) 弁天沢：高さ約 1-10 m の複数の岩屑丘が、沖積錐上に集合して突出する。岩屑丘は、主に溶結凝灰岩と文象斑岩の粗大礫からなる。砂岩・泥岩礫は確認されない。岩屑丘構成層では巨礫がジグソー・パズル状に破碎し、礫間の細粒充填物を欠く。B25 地点で採取した文象斑岩礫の年代は 6.0-7.9 ¹⁰Be ka だった。また微動アレイ探査では、深度 152 m に $V_s = 2800$ m/s 台の基盤相当層がみられ、同 5-31 m に $V_s = 480-540$ m/s のやや堅固な層が検出された。後者は岩屑丘をなす礫層と同一層の可能性もある。(2) 奥又白谷：奥又白谷沖積錐の中部に、比高 10 m 程度の小リッジが存在する。小リッジ上に長径 5 m 前後の、溶結凝灰岩と文象斑岩、花崗岩の巨礫が散在する。礫表面に割れ目が発達する。O5 地点で採取した花崗岩礫の年代は 0.8-1.1 ¹⁰Be ka だった。

これらの岩屑丘や小リッジは塚状・堤状の微・小地形からなり、ジグソー・クラックや割れ目を伴う淘汰不良の角礫層の存在で特徴づけられる。これらの特徴は大起伏山地や火山における岩石（岩屑）なだれの地形と堆積物に認められている。また構成礫が全て前穂高岳北尾根東面に露出する火成岩からなる点も特異で、物質の供給源や移送過程について示唆を与える。既往研究は岩屑丘や小リッジの成因として更新世の氷河作用に注目したが、堆積構造や礫種構成の点からは説明がむずかしい。両地形は、その分布位置や礫種、年代から判断して、奥又白谷上部斜面を発生域とする岩石なだれによると考えられる。弁天沢の東には堆積岩の重力変形が顕著な長堀山一蝶ヶ岳尾根が連なるが、梓川河床まで達する大規模な物質移動は穂高連峰側から生じていたことが判明した。年代の差異からみて、岩屑丘と小リッジは異なるイベントで形成されたと考えられる。ただし、いずれも完新世である。

(本研究には科研費 24300321 を使用した。現地調査では上高地自然史研究会の協力を得た。)

キーワード: 地すべり, 宇宙線生成核種編年, 飛騨山地

Keywords: landslide, in-situ terrestrial cosmogenic nuclide dating, Hida Mountains

北海道層雲峡の熔結凝灰岩谷壁で発生した2013年9月の岩盤崩壊 Rock failure of welded tuff in Souunky valley, Hokkaido, on September 2013

石丸 聡^{1*}; 田近 淳¹; 渡邊 達也¹; 石川 勲²; 志村 一夫³

ISHIMARU, Satoshi^{1*}; TAJIKA, Jun¹; WATANABE, Tatsuya¹; ISHIKAWA, Isao²; SHIMURA, Kazuo³

¹北海道立総合研究機構 地質研究所, ²北海道庁, ³シン技術コンサル

¹Geological Survey of Hokkaido, ²Hokkaido Government, ³Shin Engineering Consultants

2013年9月8日の午後4時半頃、北海道上川町層雲峡の“四の岩”付近の石狩川左岸谷壁で岩盤崩壊が発生した。当地区では国道39号が石狩川沿いを通るが、崩壊斜面からは石狩川を挟み対岸に位置しており、また距離も崩壊斜面下から約170m離れているため、幸いにも土砂は国道までは到達しなかった。しかしながら、崩壊土砂は石狩川の河道を一部埋積したために排水不良となり、その上流側約200mの範囲に湛水域が生じた。この岩盤崩壊は以下に述べるとおり、岩盤すべりを発端とし、斜面下では岩屑なだれのような挙動を示す高速流動の痕跡が認められる。

崩壊箇所の谷壁の地質は下位の古第三紀付加体日高層群の頁岩、上位の層雲峡熔結凝灰岩からなる。ここでは、層雲峡熔結凝灰岩は上下2つの岩相に分かれ、下部は強度の低い非熔結部、上部は柱状節理・板状節理の発達した熔結部からなる。層雲峡は、約3万年前に大雪山御鉢平カルデラ形成に伴い噴出した火砕流堆積物(層雲峡熔結凝灰岩)を石狩川が下刻してできた峡谷で、急崖斜面が発達する。崩壊発生箇所では、凝灰岩熔結部が比較的薄いため、斜面最上部の約30mのみが急崖となり、その下方の比高約150mは40度前後の斜面が発達する。空中写真判読によれば、40度前後の斜面には縦断方向に緩慢な凹凸の微地形が連続し、過去の崩壊による崖錐堆積物が斜面を覆っているように見える。この斜面下には石狩川に沿って、幅約300mの谷底平坦面が広がる。

斜面崩壊の浸食域と堆積域をあわせた範囲は、標高695m~505mの比高(H)190m、幅90~100m、奥行き(L)365mで、等価摩擦係数(H/L)は0.52となる。推定崩壊土砂量は、堆積域の地形形状から約33,000m³以上と見積もられた。崩壊範囲のうち斜面部の奥行きは220mで、斜面上部90mは層雲峡熔結凝灰岩が露出し、それより下方95mは崩壊土砂が斜面を覆う。土砂斜面の下部中央には、崩壊の最終段階に生じた比高45m、幅20mの土砂の円弧すべりの痕跡が見られる。この円弧すべりにより、崩壊土砂に覆われた過去の崖錐堆積物が一部露出する。周辺斜面の踏査によれば、崖錐堆積物の下には日高層群の頁岩が被覆されているものとみられる。なお、崩壊2日後の調査時には、崖錐堆積物に複数のパイピングホールが生じ、そこから湧水が流出してガリーが形成され、斜面に露出した崖錐堆積物は含水状態となっていた。

斜面下に崩れ落ちた土砂は谷底平坦面にロープ状に広がり、その中軸部では流動を示す複数列の弧状のリッジ&トラフ(比高1~2m)が半同心円状に並ぶ。平地に広がる崩壊土砂の範囲は奥行き130m、幅120mで、最大岩塊の径は7mに達する。岩塊の大多数は灰白色の凝灰岩非熔結部で、薄く赤味を帯びた斜面上部の凝灰岩熔結部の岩塊は主に中軸部のリッジ付近に散在する。日高層群の頁岩の岩塊は、ほとんど見ることができない。リッジの前面やトラフの間隙からは木片や有機物を含む表土起源と思われる堆積物と火山灰の混合物の搾り出しが見られる。これは、崩壊物質が流走した際に、移動体下底の土層(斜面下部~谷底平坦面の表土)が巻き込まれたものとみられ、岩屑なだれの流動層(基質相)のような役割を果たしたものとみられる。崩壊後にも見られた崖錐堆積物の含水状態は、崩壊以前の土層および崖錐堆積物でも同様であったものとみられ、これが流動層となった可能性がある。土砂が石狩川を越流した対岸では、樹木が崩壊源の方向に倒れていることから、堆積域先端部では移動体が樹木の足元を払うように高速で広がったものとみられる。等価摩擦係数に基づく推定式(Sceidegger1973)によれば、谷底平坦面に達した時点での移動体の速度は38m/sに達する。

斜面形状や地質構成から判断すると、崩壊は日高層群の頁岩と凝灰岩非熔結部の境界付近ですべりが発生し、その上方の岩体とともに滑落した“岩盤すべり”とみられる。日高層群の頁岩は水を通しにくく、その上にある凝灰岩非熔結部は水を通しやすいため、地下水は凝灰岩非熔結部の基底部に集まる。斜面下部の崖錐堆積物に見られる湧水も凝灰岩非熔結部から流出する地下水由来のものともみられる。層雲峡熔結凝灰岩の火砕流は約3万年前当時の谷壁斜面を構成する日高層群の頁岩の上を埋積したため、日高層群の頁岩と層雲峡熔結凝灰岩の境界(3万年前の谷壁斜面にあたる)は川に向かって傾斜しており、その上にある凝灰岩の構造も谷側に傾斜する。傾斜した地層境界部の上位に強度が低く地下水の集中しやすい非熔結部が、さらにその上に重い柱状節理・板状節理の熔結部があるという不安定な斜面で崩壊が発生した。なお、斜面最上部の柱状節理の発達する範囲では、露出した崩壊面に薄く苔が生えていることから、この部分は崩壊以前からすでに開口していたものとみられる。

キーワード: 岩盤崩壊, 熔結凝灰岩, 岩盤すべり, 岩屑なだれ

Keywords: rock failure, welded tuff, rock slide, debris avalanche

2011年台風12号豪雨による奈良県赤谷崩壊の地質素因 Geologic causes of Akatani rockslide induced by heavy rain with typhoon Talas (1112)

永田 秀尚^{1*}; 横山 俊治²; 井口 隆³; 加藤 弘徳⁴; 木村 克己⁵
NAGATA, Hidehisa^{1*}; YOKOYAMA, Shunji²; INOKUCHI, Takashi³; KATO, Hironori⁴; KIMURA, Katsumi⁵

¹ 有限会社風水土, ² 高知大, ³ 防災科研, ⁴ 荒谷建設コンサルタント, ⁵ 産総研
¹Fu Sui Do co. ltd., ²Kochi Univ., ³NIED, ⁴Aratani Civil Eng. Consultants, ⁵AIST

2011年8月末から9月にかけて日本に接近、上陸した台風12号は紀伊半島に記録的な豪雨をもたらし、奈良・和歌山・三重の各地で多数のランドスライドが発生した。その中でも最大規模のひとつである奈良県五條市の赤谷崩壊の地質素因について述べる。

赤谷崩壊は幅500m、長さ1100m、推定深さ80-100m、体積約1千万m³規模の岩盤すべりである。崩壊地は四万十帯美山コンプレックスの泥岩、砂岩からなる。崩壊にかかわる弱面としては層理面のほか、異なる時期に形成された断層面や節理面がある。層理面の姿勢は北に傾斜することが多いが一般に高角度で、ばらつきも大きい。一方、層理面に斜交する順序外スラストや、ユニット境界のスラストは層理面に比べて低角度で、斜面の傾斜に近いより緩い面構造を示す。崩壊のすべり面は単純な曲面となっておらず複雑な起伏を持つ。赤谷崩壊のすべり面は美山コンプレックス中のユニット境界をなすスラストのほか、全体的に斜面にほぼ平行となるさまざまな弱面の結合によって形成されたものと考えられ、層理面が流れ目となる単純なすべりが起きたわけではない。これは四万十帯の他の多くの崩壊でも同様である。

岐阜福井県境，冠山峠周辺の山体重力変形地形の発達史 Development history of sagging around Kanmuriyama Pass, Gifu-Fukui prefecture boundary

小嶋 智^{1*}; 丹羽 良太¹; 金田 平太郎²; 池田 晃子³; 中村 俊夫³; 大谷 具幸¹
KOJIMA, Satoru^{1*}; NIWA, Ryota¹; KANEDA, Heitaro²; IKEDA, Akiko³; NAKAMURA, Toshio³; OHTANI, Tomoyuki¹

¹ 岐阜大学工学部社会基盤工学科, ² 千葉大学大学院理学研究科地球科学コース, ³ 名古屋大学年代測定総合センター
¹Department of Civil Engineering, Gifu University, ²Department of Earth Sciences, Chiba University, ³Center for Chronological Research, Nagoya University

近年、二重山稜、山向小崖などの山体重力変形地形が、大規模深層崩壊の前兆現象として注目されている。また、航空レーザ測量により作られた高精細な地形図の解析により、日本の山岳地域には大小さまざまな規模の山体重力変形地形が、普遍的に存在することも明らかになりつつある。しかし、その形成年代や形成プロセスについてはほとんど明らかにされていない。本発表では、岐阜福井県境の冠山峠周辺に発達する山体重力変形地形の発達史について報告する。冠山峠東の稜線上にある二重山稜の間の凹地埋積堆積物の岩相、年代については昨年の本セッションで発表したの、今回は峠西方の斜面上の山向き小崖と山体斜面の間の凹地埋積堆積物の岩相、年代を報告する。

冠山峠西方約2 kmの岐阜福井県境稜線の南斜面には、斜面の走向にほぼ平行に延びる4列の山向小崖がある。これらの小崖と山体斜面の間の凹地を埋積した堆積物を、ハンドオーガーボーリングやピット掘削により解析した。どの凹地も、凹地埋積堆積物岩相はほぼ共通で、上位から1)腐植質泥層、2)暗灰色粘土層、3)明灰色粘土層、4)時に礫質となる橙色粘土層からなる。この層序は、冠山峠東方の二重山稜地形の間の凹地埋積堆積物ともほぼ共通している。上から1, 2, 3列目の凹地埋積堆積物からは、アカホヤ火山灰(K-Ah, 7.3 ka)が純層として、あるいは粘土試料中のピークとして確認できた。しかし、その層準は同じ岩相中ではなく、同じ時間面で比較すると、これらの山向小崖の堆積環境が若干異なっていたことが推定される。これらのテフラ年代や凹地埋積堆積物中の木片のAMS-¹⁴C年代から、下部の粘土層の平均堆積速度は0.07-0.08 mm/year程度であり、上位の腐植質泥層はそれよりも数倍速いことが示唆された。基盤深度を推定し、堆積速度を外挿すると、各凹地はいずれも数万年前に形成を開始したと推定される。

キーワード: 山体重力変形地形, 地すべり, 岐阜, 福井, 冠山
Keywords: sagging, landslide, Gifu, Fukui, Kanmuriyama

地すべり性斜面変動の前兆を干渉 SAR と航空レーザ測量で捉える Detection of pre movements of landslide or deep collapse using InSAR and LiDAR

小荒井 衛^{1*}; 中埜 貴元¹; 戸田 堅一郎²; 大丸 裕武³
KOARAI, Mamoru^{1*}; NAKANO, Takayuki¹; TODA, Kenichiro²; DAIMARU, Hiromu³

¹ 国土地理院, ² 長野県林業総合センター, ³ 森林総合研究所
¹GSI of Japan, ²Nagano Prefecture Forestry Reserch Center, ³Forestry and Forest Products Research Institute

深層崩壊や地すべり性斜面変動の前兆を干渉 SAR 技術で捉えようという取り組みがなされている。これまでに、山形県月山山麓の七五三掛地すべりでの検証(佐藤ほか, 2012)や秋田県東成瀬村の狼沢地すべりでの検証(岡谷ほか, 2012)などの結果がある。本研究では、深層崩壊の可能性のある斜面変動域を対象に、干渉 SAR と航空レーザを組み合わせたモニタリング手法の有効性を検証しようというものである。本研究は科学研究費補助金(研究課題番号: 22500994; 研究代表者: 大丸裕武)による。主な検証フィールドは、長野県と静岡県である。使用した干渉 SAR の画像は、地球観測衛星「だいち」(ALOS)の L バンド SAR である PALSAR のデータを使って国土地理院測地部宇宙測地課が干渉 SAR 解析を行ったもので、一部は Web 公開されている。

静岡県静岡市の口坂本地すべり付近では、2008 年秋と 2009 年秋に SAR 干渉画像で有意な変動が発生しており、2009 年は約 1 ヶ月半で電波照射方向(LOS(line of sight)方向)に 6~7cm 程度変動していた。2012 年 11 月の時点では、航空レーザ測量による DEM で確認可能な地形変化を示す地すべり変動は発生していなかった。2013 年 6 月の現地調査で倒木を伴う大きな地すべり変動が発生したのを確認しており、2012 年 11 月~2013 年 6 月の間に規模の大きな地すべり変動が発生したことがわかる。従って、2008 年と 2009 年の干渉 SAR で捉えられた変動は、大規模な地すべり変動の前兆の変動である可能性が高く、干渉 SAR によるモニタリングで地すべり変動の前兆を捉えることの有効性を示した(中埜ほか, 2013; 小荒井ほか, 2013)。

また、長野県松本市の坂巻温泉の西側では、既存崩壊地の背後において 2008 年から 2009 年にかけて干渉 SAR 画像で有意な変動が発生しており、約 1 年間で LOS 方向に 6~7cm 程度衛星から遠ざかる北東方向への変動または沈下があった(図 1)。この変動域前面の既存崩落地では、2011 年 9 月に大きな崩落が発生している。現地調査結果では、SAR で変動の見られる範囲の縁で滑落崖や道路の段差が認められ、林道が通行止めになっていた。崩落前の航空レーザデータでは、崩壊斜面の背後に線状凹地が確認できる。これらの線状凹地は現地調査でも確認されている。以上のことから、坂巻温泉では干渉 SAR や航空レーザ測量で地すべり変動の前兆が捉えられていた可能性が高い。

この他にも、干渉 SAR のアーカイブデータからは、長野県内で地すべり変動が検出されている可能性のある地域が幾つかある。天龍村虫川では、中段を走る林道の縦断勾配に変状があり、地すべりブロックの境界付近で 40cm 程度沈下していた。法止めブロック積には亀裂が多数あり、法狂いも見られた。地すべりブロックの冠頭部には幅 1 m 程度のクラックが存在していた。航空レーザデータによる曲率-傾斜立体図(curvature-slope 立体図; CS 立体図)(戸田ほか, 2013)では、滑落崖や小亀裂、舌状の高まりなど、地すべり特有の地形が確認できる。大鹿村小塩は、対策工の構造物に変状が認められた。こちら、航空レーザデータによる CS 立体図では、滑落崖や小亀裂、舌状の高まりなど、地すべり特有の地形が確認できる。長野県周辺の干渉 SAR アーカイブデータでは、北アルプス白馬岳北方の赤男山の東斜面や、八ヶ岳の天狗岳の東斜面で干渉 SAR による明瞭な変動が認められている。これらについては、今後の現地調査等により確認を進めていく予定である。これまでの調査結果は、干渉 SAR での変動域の抽出と、航空レーザによる微地形の抽出により、大規模地すべり変動のモニタリングが可能であることを示しており、今後この手法の有効性について検証を進めていきたい。

参考文献

- 岡谷隆基・佐藤浩・中埜貴元・小荒井衛(2012): ALOS/PALSAR 干渉画像による秋田県東成瀬地区地すべりのモニタリング, 写真測量とリモートセンシング, Vol.51, No.2, pp.95-102
- 小荒井衛・中埜貴元・佐藤浩・岡谷隆基・大丸裕武(2013): 干渉 SAR 技術による大規模斜面変動の前兆把握の可能性, 日本リモートセンシング学会第 55 回(平成 25 年度秋季)学術講演会論文集, 41-42.
- 佐藤浩・岡谷隆基・小荒井衛・鈴木啓・飛田幹男・矢来博司・関口辰夫(2012): SAR 干渉画像を用いた地すべり地表変動の検出について-山形県月山周辺を事例にして-, 日本地すべり学会誌, Vol.49, No.2, pp.61-67.
- 戸田堅一郎・大丸裕武・村上亘・小荒井衛・中埜貴元(2013): 航空レーザ測量データを用いた深層崩壊危険斜面の効率的な検出手法の検討, 中部森林学会 2013 大会発表要旨集, 24.
- 中埜貴元・小荒井衛・大丸裕武・三森利昭・岡田康彦・小川明穂(2013): SAR 干渉画像で捉えた静岡市口坂本地区の地すべりの前兆変動(速報), 日本地理学会 2013 年秋季学術大会発表要旨集, 92.

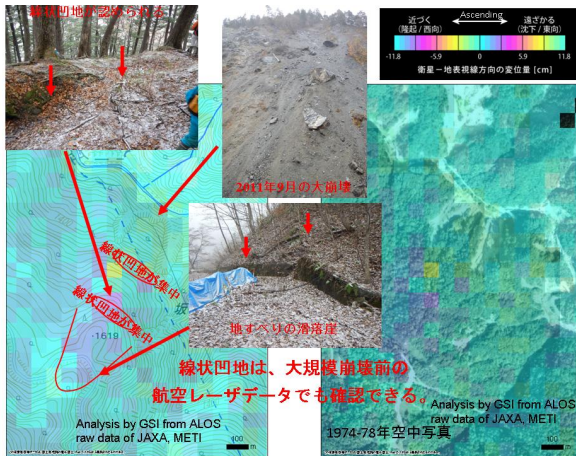
図 1 坂巻温泉西方の干渉 SAR 画像(2008/07/20-2009/09/07)と現地確認した斜面変状

HDS29-05

会場:415

時間:4月28日 12:00-12:15

キーワード: 深層崩壊, 地すべり性変動, 干渉 SAR, 航空レーザ測量, 長野県
Keywords: deep collapse, landslide, InSAR, LiDAR, Nagano Prefecture



深層崩壊発生場予測と危険度評価 Prediction and stability evaluation of potential sites of deep-seated catastrophic landslide

千木良 雅弘^{1*}; 坂島 俊彦²; 船山 淳²; 皆川 淳²; 渋谷 研一³

CHIGIRA, Masahiro^{1*}; SAKASHIMA, Toshihiko²; FUNAYAMA, Atsushi²; MINAGAWA, Jun²; SHIBUYA, Kenichi³

¹ 京都大学防災研究所, ² パシフィックコンサルタンツ株式会社, ³ 朝日航洋株式会社

¹ Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, ² Pacific Consultants Co. Ltd, ³ Aero Asahi Corporation

Chigira (2009) と Chigira et al (2013) は、西南日本外帯の付加体の破断層や混在岩における豪雨による深層崩壊の地質構造と地形とを分析し、深層崩壊の前兆として重力斜面変形が生じていることを明らかにした。そして、その地形的表現として、斜面上部に小崖が形成されていること、小崖が深層崩壊発生場所予測のカギになりうることを報告した。本発表では、さらに、整然層や片岩などの地層も加えて、深層崩壊発生場の予測と危険度評価方法について、地形的特徴と地質構造からとりまとめる。

広域から深層崩壊発生危険箇所を抽出するには、一般的な地質構造を念頭において、その構造的背景のもとに出現し得る重力斜面変形のパターンを考え、それらが深層崩壊に発達するか否かを判断する必要がある。

ここでは、まず、主たる重力斜面変形地形と地質体、地質構造、変形メカニズムを関係付け、さらに、斜面上部と斜面下部の状態とを加味して、従来の深層崩壊の実績に基づいて、深層崩壊発生危険度評価法を試みた。

不規則凹凸斜面：

これは、破断層や混在岩のように複雑な形態の不連続面が形成されている岩体に、萌芽的なすべり層が形成されつつある斜面に特徴的に形成される(2011年台風12号による崩壊)。この変形のみの場合深層崩壊が生じる危険性は低いが、変形領域内に連続的な眉形の小崖が形成されたり、斜面下部に崩壊が生じている場合には、崩壊の危険性が高い。小崖には高さ2m程度のものもある。

線状・皺状凹地：

山稜の片側に形成された線状凹地は、急傾斜する不連続面を持つ整然層やスレートに生じる曲げトッピングによって形成されることが多い。この変形自体は深層崩壊に至る可能性は低いが、連続的な谷向きの眉形小崖が形成され、また、下方斜面に崩壊が生じている場合には深層崩壊の発生危険性が高い。さらに、線状凹地が山稜にあり、その縁が斜面傾斜方向の谷に続いている場合にも、崩壊の危険性が高い。

但し、線状凹地が山稜の両側に対称に形成されている場合には、山体の側方拡大と山頂の陥没が示唆され、急激な崩壊の可能性は非常に低い。

大規模な滑落崖または山上凹地：

この地形の内部構造は、逆目盤の構造の場合には、地層の座屈変形の可能性が高く、その場合、強度の高い地層が連続していたり、座屈の程度が小さい場合には深層崩壊の危険性は低いが、それが進行したり、斜面下部が崩壊している場合には、深層崩壊の危険性が高い。

柎目盤の地層あるいは破断層や混在岩の場合には、すべり層が連続的になった地すべりである可能性が高い。地すべりの場合には、緩慢に移動は継続するものの深層崩壊の発生する危険性は低いが、下部が崩壊している場合には、深層崩壊の発生する危険性が高い。

引用文献：

Chigira, M., 2009. September 2005 rain-induced catastrophic rockslides on slopes affected by deep-seated gravitational deformations, Kyushu, southern Japan. . Engineering Geology, 108, 1-15.

Chigira, M., Tsou, C.-Y., Matsushi, Y., Hiraishi, N., Matsuzawa, M., 2013. Topographic precursors and geological structures of deep-seated catastrophic landslides caused by Typhoon Talas. Geomorphology, 201, 479-493.

キーワード: 深層崩壊, 重力斜面変形, 発生場所予測, 危険度評価

Keywords: deep-seated catastrophic landslide, gravitational slope deformation, site prediction, susceptibility evaluation

徳島県三好市西井川の斜面崩壊地におけるすべり面の電磁気学的同定 Estimation of the slip-surface of landslide using electromagnetic approaches at Nishi- ikawa, Japan

山崎 智寛^{1*}; 服部 克巳¹; 吉野 千恵¹; Han Peng¹; 金田 平太郎¹; 酒井 英男²; 塚田 訓子³; 寺嶋 智巳⁴; 末峯 章⁴
YMAZAKI, Tomohiro^{1*}; HATTORI, Katsumi¹; YOSHINO, Chie¹; HAN, Peng¹; KANEDA, Heitaro¹; SAKAI, Hideo²;
TSUKADA, Noriko³; TERAJIMA, Tomomi⁴; SUEMINE, Akira⁴

¹ 千葉大学大学院理学研究科, ² 富山大学大学院理工学教育部理学領域, ³ 富山大学理学部, ⁴ 京都大学防災研究所
¹Graduate school of science, Chiba University, ²Graduate School of Science and Engineering for Education (Science), Toyama
University, ³Faculty of Science, Toyama University, ⁴The Disaster Prevention Research Institute(DPRI), Kyoto University

斜面崩壊とは、降雨や地震動を主な原因として、斜面表層の土砂や岩石が地中のある面(すべり面)を境にして滑り落ちる現象である。近年、地球温暖化の影響と考えられる集中豪雨が増加するにあたって、斜面崩壊の発生件数も増加する傾向にある。したがって、斜面崩壊の挙動の調査は防災の観点から重要になってくる。

本研究では、斜面崩壊の挙動調査のために、岩石磁気学的側面からのすべり面の検証を行った。調査地は徳島県三好市池田町西井川の斜面崩壊地であり、先行研究では斜面崩壊セグメント推定のために電気探査とコアサンプリングを行った。このコアサンプル中には、すべり面らしき構造が認められた。これを検証するために、サンプルの帯磁率と残留磁化を測定した。その結果、帯磁率ではすべり面らしき構造付近に層状の異方性が確認された。これは斜面崩壊時におけるすべり面の発生機構と調和的である。また、残留磁化の測定では、すべり面らしき構造付近のサンプルが一定の配向を有することがわかった。これは、土壌水分が飽和した土塊中での磁性鉱物の振る舞いが関係していることが考えられる。これらの調査により、磁気学的な見地からのすべり面の同定に可能性が示された。しかし、これらの手法によるすべり方向の推定にはサンプルの採取手法を再検討する必要があることがわかった。詳細は講演時に述べる。

キーワード: 斜面崩壊, 帯磁率異方性, 残留磁化

Keywords: landslide, anisotropy in magnetic susceptibility, natural residual magnetization

ドンドコ沢岩石なだれ堰き止め湖沼堆積物から得た大径木の年輪年代：AD887 五畿七道地震の可能性 Dendrochronology of a fossil log from the dammed lake deposit by Dondokosawa rock avalanche, the Southern Japanese Alps

菊谷 愛彦^{1*}; 光谷 拓実²; 井上 公夫³
KARIYA, Yoshihiko^{1*}; MITSUTANI, Takumi²; INOUE, Kimio³

¹ 専修大学, ² 奈良文化財研究所, ³ 砂防フロンティア整備推進機構

¹Senshu University, ²Nara National Research Institute for Cultural Properties, ³Sabo Frontier Foundation

赤石山地・地蔵ヶ岳東麓のドンドコ沢には大規模岩石なだれ堆積物 (DRAD, $V=1.9 \times 10^7 \text{ m}^3$) が分布する。DRAD の発生年代は DRAD 中や同直下の材化石, 及び DRAD による堰き止め湖沼堆積物中 (DLD) の材化石を用いて AD780-870 とされた (菊谷 2012 地形)。また DLD 中の大径木化石に対する ¹⁴C-ウィグルマッチング暦年較正に基づき, 発生年代が AD778-793 に限局される可能性も後に指摘された (菊谷 2013 地すべり学会誌)。しかし DRAD の年代決定過程には不確定要素もあり, 引き続き精査が必要とされていた。本研究では, DLD 下部に含まれる大量の大径木化石のうち, 樹皮付きの 1 本を試料とし (DDK-A, ヒノキ), その枯死年代を年輪年代法で解析して DRAD との関連を検討した。なお, 年輪年代法が適用可能な大径木化石は DLD 中からのみ見いだされており, DRAD 中からは発見されていない。

DDK-A の計測年輪数は 226 層だった。それらの年輪パターンと長野県下のヒノキ材で作成した 2705 年分 (705BC-AD2000) の標準パターンとを照合した結果, DDK-A の年輪パターンは AD662-887 の区間でよく一致した。次に, 年輪パターンの照合度を検討 (光谷 1990 「年輪に歴史を読む」) した結果, $t=7.9$ を得た。通常, $t \geq 3.5$ であれば標準パターンとの高い同調性が認定される (危険率 0.1%)。また DDK-A の最外年輪の木材組織を顕微鏡観察したところ, AD887 の年輪の早材は AD886 の早材とほぼ同じ幅のものがすでに形成されていたが, 晩材はまだ不完全なままであることが確認された。これより, DDK-A は晩材形成の始まったところ (8 月下旬から 9 月初旬) に枯死したと判断された。以上を総合すると, DDK-A の枯死年代は AD887 秋口と結論づけられる。

「日本三代実録」・「扶桑略記」の記述や地質調査にもとづき, AD887 年 8 月 22 日 (仁和三年七月三十日) に南海一駿河トラフを震源域とする五畿七道地震により八ヶ岳東面で大規模岩屑なだれが発生したことが知られている (石橋 1999 地学雑, 井上ほか 2011 日本の天然ダムと対応)。この岩屑なだれ堆積物に埋没する大径木は, AD887 年秋口に枯死したことが年輪年代法により明らかにされている (光谷 2001 日本の美術 421)。なお, この岩屑なだれ堆積物中の大径木でも晩材様の組織が一部形成されているが, 完全には形成されていない状況であった。この形成状況は, DDK-A の形成状況と酷似している。

現在までに, DLD 中から発見された樹皮付きの大径木化石は DDK-A のみである。しかし DDK-A と同層準には大量の大径木化石が挟まれることから, ドンドコ沢においても DRAD に対応する斜面変動が AD887 五畿七道地震のために発生し, 大量の樹木が押し流されたのは確実とみられる。ただし, 既往の年代値 (解釈) を引き続き有効とすれば, ドンドコ沢では 8 世紀末から 9 世紀末にかけて複数の大規模崩壊が発生した可能性も否定できない。それらの誘因として, 五畿七道地震の他に, 1) AD762 美濃・飛騨・信濃地震, 2) AD779 駿河国豪雨, 3) AD841 信濃地震, 4) AD841 伊豆地震, 5) AD878 関東諸国地震などが想定される。一方, 分析試料の質や, IntCal を用いることによる暦年較正值の系統的ずれ (中村ほか 2013 月刊地球) など, DRAD の年代決定にはなお検討を要する問題が介在する。

(本研究には科研費 24300321 を使用した)

キーワード: 年輪年代学, 大規模地すべり, 五畿七道地震, 赤石山地

Keywords: dendrochronology, large landslide, Gokishichido earthquake, Akaiishi Range

南アルプスにおける過去40年の大規模崩壊の発生状況と土砂生産 Occurrence of large landslides in past 40 years and sediment supply in the southern Japanese Alps

西井 稜子^{1*}; 今泉 文寿²

NISHII, Ryoko^{1*}; IMAIZUMI, Fumitoshi²

¹ 筑波大学, ² 静岡大学

¹University of Tsukuba, ²Shizuoka University

Many large landslides are distributed in the southern Japanese Alps which consists of high relief and steep slopes. A lot of sediments deposited in dams suggest that sediments are produced actively in upper streams. To evaluate the sediment supply from landslides, this study addressed the mapping of landslides ($>10000 \text{ m}^2$) in Ooi River and Hayakawa River (total area is 862 km^2) using aerial photographs and orthophotographs in 1970s and 2000s (partly including 2010s). In addition, we computed the volume of sediment supply in several large landslides based on the difference between DEMs from LiDAR data in multiple shooting periods. One hundred eighty landslides were extracted from photographs in 2000s to 2010s. The comparison between the distribution maps of landslides in 1970s and 2000s indicated that an initial large landslide ($>100000 \text{ m}^2$) had not occurred since 1970s. In contrast, some landslides had enlarged gradually. Erosion rate computed from LiDAR data indicated the order of 10^{-1} to $10^{-2} \text{ m yr}^{-1}$. Such erosion rate suggests that the bare grounds after landslides are important as sediment supply area.

キーワード: 大規模崩壊地, 土砂生産, 空中写真, 地理情報システム, 南アルプス

Keywords: large landslide, sediment supply, aerial photograph, GIS, the Southern Japanese Alps

大規模崩壊で生じた赤石山脈・仙丈ヶ岳北麓の藪沢礫層：成因と年代の再検討 Cause and age of the Yabusawa Gravel in the northern foot of Mount Senjo, the Akaishi Range, Japan: a reappraisal

黒澤 兆^{1*}; 苅谷 愛彦²; 松四 雄騎³; 松崎 浩之⁴

KUROSAWA, Hiroshi^{1*}; KARIYA, Yoshihiko²; MATSUSHI, Yuki³; MATSUZAKI, Hiroyuki⁴

¹ 専修大学・院, ² 専修大学, ³ 京都大学, ⁴ 東京大学

¹ Graduate School of Senshu University, ² Senshu University, ³ Kyoto University, ⁴ University of Tokyo

赤石山脈北部の仙丈ヶ岳(標高 3033 m)には複数の圏谷が存在する。とくに、北面の藪沢圏谷から流下する藪沢沿いでは、約 100 m に達する層厚を持つ礫層が標高 1500-2000 m 付近の両岸において段丘状の地形をなす。式(1974 第四紀研究)は、この礫層を最終氷期の融水流や周水河作用に関係した河成堆積物と判断した。のちに、神澤・平川(2000 地理評)は、この礫層を再調査し、藪沢礫層と命名したうえで、山岳永久凍土の融解に関係した完新世初頭の崩壊堆積物($1.5 \times 10^7 \text{ m}^3$)とした。しかし藪沢礫層の成因・年代を決定づけるには詳細な記載や議論がまだ足りない。本研究では藪沢礫層の分布、地形・地質学的特徴、年代について多角的な検討を加えた。

調査対象地は、藪沢大滝と藪沢-赤河原合流点との間の藪沢両岸と、その周囲の山地斜面全域である。この範囲の約半分は四万十帯砂岩泥岩互層から、残りはホルンフェルスからなる。踏査や空中写真判読により地形学図を作成し、露頭記載を行った。また地表の砂岩礫に生じた宇宙線生成核種を東京大学の加速器で定量し、年代を算出した。

北沢峠の西北西約 0.6 km から西約 1 km の範囲では、礫層堆積面に不明瞭なハンモックや段状地形が生じていることが確認された。また同峠の北北西 0.6-1.2 km の範囲では、藪沢礫層が藪沢右岸の山腹斜面にのりあげるような分布を示すことが新たに判明した。藪沢礫層の下流側分布限界は旧丹溪山荘付近の藪沢左岸であることが改めて確認された。藪沢礫層はほぼ全量が角礫からなるが、淘汰は非常に悪く、露頭間で粒径変化が激しい。礫は砂岩・泥岩・ホルンフェルスが混合せず、露頭によっては単一の礫種しか認められないこともある。また基質支持・礫支持の双方が出現する。多くの地点では、礫にジグソークラックが発達する。一方、流水運搬・堆積を示唆する葉理や覆瓦構造は、礫層上面を薄く覆う土石流堆積物を除き全く認められない。従来、丹溪山荘直上の八丁坂付近に堅固な基盤岩が分布し、藪沢礫層の堆積に対して局地的基準面の効果を及ぼしたことも議論されたが、筆者らの観察では基盤岩は存在せず、全面が藪沢礫層からなることが判明した。目下、地下の状況が不明なため体積の再計算には至っていないが、藪沢礫層の面的・量的規模が従来説を上まわるのは確実である。なお、藪沢右岸の互いに離れた 3 地点で得た砂岩礫の年代は 10.3-8.4 ka, 10.0-8.1 ka, 9.4-7.6 ka (^{10}Be 尺度)であった。これらは従来の ^{14}C 年代と合致する。

以上の地形・地質的特徴からみて、藪沢礫層は単なる崩壊堆積物ではなく、岩盤内部にすべり面をもつ岩石なだれの性質を帯びた深層崩壊堆積物と判断される。年代の範囲からみて、崩壊は短期間で終始し、シングル・イベントだったことも考えられる。筆者らも、神澤・平川の主張を基本的に支持する。ただし、礫層の量的規模からみて、これほどの崩壊が岩盤深部まで形成されることのない山岳永久凍土の融解のみで生じるとは考えにくい。周辺の活断層やプレート収束による古地震、晩氷期から完新世初頭にかけての多雨化、岩盤の重力変形、物質移動のプロセス・破碎過程など、素因・誘因・運動にまたがる多面的な検討がさらに必要である。

(本研究には科研費 24300321 を使用した)

キーワード: 四万十帯, 岩石なだれ, 宇宙線生成核種, 完新世

Keywords: Shimanto group, Rock avalanche, Terrestrial cosmogenic nuclides, Holocene

関東山地南部・保之瀬天平における更新世後期以降の山体重力変形 Gravitational rock deformation since the late Pleistocene on the Hounose-dendeiro Ridge, the southern Kanto Mountains

澤部 孝一郎^{1*}; 荻谷 愛彦²; 清水 長正³
SAWABE, Koichiro^{1*}; KARIYA, Yoshihiko²; SHIMIZU, Chosei³

¹ 専修大学大学院, ² 専修大学, ³ 駒澤大学

¹ Graduate School, Senshu University, ² Senshu University, ³ Komazawa University

【目的・方法】近年、山体重力変形とそれによる地形（線状凹地、重力性低崖等）が、大規模崩壊の前兆現象としてとらえられている。重力変形の実態やその発達過程、関連した地形の特性を解明することは、山地地形学・山地防災学の双方に重要である。従来、これらの地形や変形現象の研究は堆積岩地域で主に行われてきたが、四万十帯に属する多摩川上流では皆無に等しかった。本研究では、多摩川上流地域（四万十帯）の保之瀬天平において、地形図の読図と空中写真判読にもとづき重力変形地形・変形現象を対象とした地形学図を作成し、踏査（露頭記載、簡易測量等）や試錐掘削（テフラと¹⁴C年代試料の採取）を行った。

【調査地域】多摩川上流地域では標高 1000 m 以上の山地が卓越する。保之瀬天平（1118 m）は、山梨県丹波山村の多摩川・後山川に挟まれて存在する東西性の幅広の稜線をさし、その頂部や側方の谷壁斜面に線状凹地や段状の地形が発達する。地質は四万十帯小河内層群倉掛層（砂岩、黒色頁岩及び砂岩頁岩互層）と同層群大成層（砂岩、砂岩頁岩互層及び砂岩頁岩互層）からなる。それらは北北西-西北西の一般走向をもち、北へ 60° -80° 傾く。

【結果・考察】保之瀬天平の稜線とその北東側の谷壁斜面には、稜線の走向と並行な線状凹地や、遷急線・遷緩線の組み合わせからなる段状地形が発達する。これは基盤岩の一般走向ともほぼ一致する。基盤岩の層理面・劈開面は N30° -70° W・60° -80° N と、N25° -75° W・45° -80° S の 2 群に大別される。前者は節理の少ない堅固な基盤岩で得られた。一方、後者は線状凹地や段状地形などの地形が発達する稜線下方の谷壁斜面で得られた。このような基盤岩では層理面・劈開面に沿った開口割れ目の発達や岩盤のトップリング（転倒）・バックリング（座屈）が起きている。この他、線状凹地や低崖の発達過程を検討するため、線状凹地の 2 地点（P1, P2）で試錐掘削した。P1 は 565 cm まで掘進した。0-66 cm はクロボク土層で、その下位の全層がローム質褐色土層だった。また、コアの全層にわたり土層の乱れや礫の混入がない。64 cm 付近から約 4.1-4.3 cal ka が得られ、153 cm 付近から始良 Tn テフラ（AT, 30 ka）が発見された。したがって、P1 では AT 降下期には堆積場としての凹地が準備されており、その後も滑落崖の成長を伴うような顕著な地形変化はなかったと考えられる。一方、P2 は 795 cm まで掘進した。0-162 cm がクロボク土層で、その下位の全層がローム質褐色土層だった。このうち、0-110 cm と 790 cm 以深で砂岩礫が挟まれ、625 cm 以深で地下水の浸潤を認めた。162 cm の土層から 9.5-9.8 cal ka が、176 cm の土層から 6.9-7.2 cal ka が得られた。また 325 cm から AT が、709 cm から御岳伊那テフラ（On-In, 93 ka）が発見された。このことから、P2 における堆積場の形成は古く、On-In 降下期には凹地が生じていたと推定される。つまり、最終氷期の初期までには重力変形の進行によって線状凹地が形成されていたが、その後は土層への礫の混入が再び始まる約 7 cal ka（¹⁴C年代とテフラ年代から計算した堆積速度に基づく P2 の 110 cm 深の年代）まで、地表付近の攪乱を起こすような顕著な地形変化は生じなかった。P2 付近では、線状凹地の形成にあずかる稜線部の正断層に沿って、山体の一部が完新世前半に再滑動した可能性がある。なお、線状凹地の埋積物から発見されたテフラとしては、紀伊山地における鬼界葛原とならび、本事例の On-In は日本でも古い部類にあたる。

（本研究は平成 25 年度とうきゅう環境財団の助成を受けた。（株）ジオアクトの安達 寛氏にはボーリング掘削に関する技術的助言をいただいた。）

キーワード: 四万十帯, 線状凹地, トップリング, バックリング, テフラ, 14C 年代
Keywords: Shimanto Group, Linear depression, Toppling, Buckling, Tephra, 14C age

重力性山体クリープ変形の限界領域を示す地形量としての起伏度, 山体釣鐘形状度,
山体歪み度
Relief, bell-shape and distortion indexes as critical topography of creep deformation due
to mountain gravity

八木 浩司^{1*}; 林 一成²; 今泉 文寿³; 佐藤 剛⁴; 檜垣 大助⁵
YAGI, Hiroshi^{1*}; HAYASHI, Kazunari²; IMAIZUMI, Fumitoshi³; SATO, Go⁴; HIGAKI, Daisuke⁵

¹ 山形大学地域教育文化学部, ² 奥山ボーリング株式会社, ³ 静岡大学農学部, ⁴ 帝京平成大学, ⁵ 弘前大学農学生命科学部
¹Fac. Art, Science & Education, Yamagata University, ²Okuyama Boring Co.,Ltd., ³Fac. Agriculture, Shizuoka University,
⁴Teikyo-Heisei University, ⁵Fac. Agriculture & Life Sciences, Hirosaki University

二重山稜逆向き小崖地形は、重力性山体変形の指標として注目されてきた。しかし山地稜線における重力性変形は氷期以降 3 万年前以前に始まり、数万年の時間スケールで徐々に発生している。静岡県安部川・大井川水系の分水稜線で行ったトレンチ調査では、AT 降下以前、K-Ah 降下以前および 5-600 年前に線状凹地の形成や拡大があったことが明らかになった。とは言え、二重山稜逆向き小崖地形が必ずしも大規模な山体崩壊にまで至っていない場合が多いようだ。本報告では、安政地震宝永地震で大規模な山体崩壊があった七面山、大谷崩れを含む高起伏山地において、起伏度や山体釣鐘形状度という示標を用いて、それら大規模崩壊の発生した周辺斜面の地形的特徴を明らかにした。その結果、二重山稜が発達する斜面でも起伏度や山体釣鐘形状が閾値に達していなければ大規模な山体崩壊は地震時にも発生しにくいことが予想された。また、小崖地形の総崖面長と斜面長の比から算出する山体の歪み度を計測することで崩壊予測を試みる。

キーワード: 重力性クリープ, 限界地形量, 起伏度, 山体釣鐘形状度, 山体歪み度, 大規模山体崩壊
Keywords: gravitational creep, critical topography, relief index, bell-shape index, distortion index, large scale landslide

御坂山地西部・四尾連湖の形成史と地すべり Development of Lake Shibire and its geomorphological relationship with landslides in Misaka Mountains, central Japan

鈴木 輝美^{1*}; 苅谷 愛彦²; 黒澤 兆¹
SUZUKI, Terumi^{1*}; KARIYA, Yoshihiko²; KUROSAWA, Hiroshi¹

¹ 専修大学・院, ² 専修大学

¹ Graduate School of Senshu Univ., ² Senshu Univ.

山梨県御坂山地西部の四尾連湖(湖面標高 890 m, 周囲 1.2 km, 最大水深 9.5 m)は, その成因や形成年代をめぐる諸説があったものの, 詳細な調査・議論はなされていなかった. 本研究では地形・地質調査に基づき, 四尾連湖の成因と形成年代を検討した.

四尾連湖とその周辺を対象に空中写真判読を行った結果, 湖の北側の大島山(標高 1117 m)山頂直下に横断長約 1.0 km・縦断長約 0.3 km の円弧状急崖(Cm)が確認された. また Cm の下方には東西方向に長軸をもつ横断長約 1.0 km・縦断長約 1.5 km の丘状地形(Bm)が見いだされた. Bm は Cm 側へ逆傾斜する. さらに, Cm の内側には Cm を彫りこむように発達した横断長約 0.1 km の 2 つの急崖(Cse, Csw)と, それらに対応する長径 0.1 km 前後の小規模なマウンド(Bse, Bsw)が認識された. 複数地点での露頭観察によって, Bm が厚い角礫層からなり, 礫にジグソー・クラック構造が発達することも確認された. 以上より, 滑落崖 Cm を発生域とする地すべり移動体 Bm が Cm 側へ逆傾斜し, それによって生じた閉塞凹地が湛水して四尾連湖が成立したと考えられる.

一方, 四尾連湖の東岸から南東に約 0.4 km 離れた小谷の谷壁において, 厚さ 9 m 以上の湖成層が新たに発見された. この露頭での湖成層下限標高は約 857 m である. この湖成層はラミナを伴うシルト層や砂礫層, 泥炭層からなり, 一部層準に多量の木片を含む. また同層上部には泡壁型火山ガラスからなる厚さ約 6 cm のテフラ層が介在する. 火山ガラスの屈折率は $n = 1.4970-1.5005$ であった. また火山ガラスの主成分化学組成 [いずれも規格化後 wt%; 規格化前トータル = 94.13] は, $\text{SiO}_2 = 77.97 \pm 0.23$ と高く, アルカリ元素にやや富み ($\text{Na}_2\text{O} = 3.53 \pm 0.13$, $\text{K}_2\text{O} = 3.45 \pm 0.11$), 苦鉄質成分は少なかった ($\text{FeO} = 1.26 \pm 0.07$, $\text{MgO} = 0.10 \pm 0.04$). これらより本テフラは始良丹沢(AT, 30 cal ka)に同定される. なお, 湖成層基底から得た木片は 46.7-45.0 cal ka であった(湖成層上限には年代資料が介在しない).

この湖成層は, 47-45 cal ka ごろ現在の四尾連湖の東に水域が現れ, AT 降下期を挟んで 15 ky 以上存続したことを示す. これに関連して次の古地理像が想定される. すなわち, 1) かつての四尾連湖は 1 つの湖盆からなり水域は現在より広がったが, 何らかの理由で東西 2 つ(以上)の湖盆に分割され, 東側のものは消滅した. 2) かつてこの付近には当初から 2 つ(以上)の水域が独立して存在していたが, 現在の四尾連湖を除き消滅した. このうち 1) については, 次のように考えられる. すなわち, 滑落崖 Cm を切る二次地すべりが発生して滑落崖 Cse・Csw が生じ, 対応する移動体 Bse・Bsw が下方に定置した. この結果, 移動体 Bm 上の閉塞凹地に存在した古四尾連湖は, Bse・Bsw により東西に分断された. その後, 西側の水域は現四尾連湖に継承され, 東側の水域は谷頭侵食や決壊により消滅した.

古地理像 1)・2) の検証や, 湖水面高度の変動復元などのためには, 範囲を広げた調査が必要である.

(本研究には科研費 24300321 を使用した)

キーワード: 地すべり, 湖成層, 始良丹沢テフラ, 14C 年代測定, 更新世後期

Keywords: landslide, lacustrine deposit, Aira-Tanzawa tephra, 14C dating, late Pleistocene

伊豆大島の噴火史からみた 2013 年 10 月 16 日の台風 26 号にともなうラハール災害 Geological implication of the lahar disaster by Typhoon Wipha on October 16, 2013 in Izu Oshima Volcano

小山 真人^{1*}; 鈴木 雄介²
KOYAMA, Masato^{1*}; SUZUKI, Yusuke²

¹ 静岡大学防災総合センター, ² 伊豆半島ジオパーク推進協議会
¹CIREN, Shizuoka University, ²Izu Peninsula Geopark Promotion Council

1. はじめに

伊豆大島火山では、カルデラ外にテフラを地層として残す中-大規模噴火が、過去 1500 年間に 24 回起きた (小山・早川, 1996, 地学雑誌)。テフラ間には 10-200 年程度の噴火休止期間を示す風成堆積物 (レス) が挟まれる。これらのテフラやレスとの層位関係を調べることによって、噴火以外の事件の年代や広がりも知ることができる。この手法を用いて、筆者らは 2013 年 10 月 16 日の台風 26 号の豪雨によってカルデラ西側で生じた斜面崩壊を調査し、さらには過去の類似事件の有無や頻度についても検討したので報告する。

2. 崩壊域の地質概要

斜面崩壊域とその周辺に分布する堆積物は、上位より (1) 地表直下のレス、(2) Y0.8 火山灰 (19 世紀前半)、(3) Y0.8/Y1.0 レス、(4) Y1.0 火山灰 (1777-79 年安永噴火)、(5) Y1.0/Y2.0 レス、(6) Y2.0 火山灰 (1684 年貞享噴火)、(7) Y2.0/Y3.0 レス、(8) Y3.0 火山灰 (16 世紀後半)、(9) Y3.0/Y4.0 レス、(10) Y4.0 火山灰 (15 世紀なかば)、(11) Y4.0/Y5.0 レス、(12) Y5.0 火山灰 (14 世紀前半)、(13) Y5.0/Y5.2 レス、(14) Y5.2 スコリア (14 世紀初頭) とそれともなう溶岩流 (元町溶岩)、である。なお、崩壊域北端の長沢沿いには、1986 年噴火の際に流下した LCI 溶岩流が分布する。

火山灰は主として灰色を呈し、砂サイズの粒子を多く含む。レスは褐色でシルト以下の粒子を多く含み、粘着質で水を通しにくい。20cm 以上の厚さをもつ Y1.0、Y2.0、Y4.0、Y5.2 はほぼどこにでも分布し、それに満たない Y0.8、Y3.0、Y5.0 は保存の良い場所でのみで見られる。Y5.2 スコリアはカルデラ西側斜面で生じた割れ目噴火の産物であり、火口周辺では北西-南東方向に伸びたスコリア丘を形づくる。元町溶岩は、このスコリア丘から流出し、元町周辺に流れ広がって海岸に達した。なお、浸食が進んだ谷ぞいには、Y5.2 スコリアと元町溶岩の下位に、さらに古い時代の火山灰、溶岩流、岩屑なだれ堆積物が露出する場所もある。

3. 斜面崩壊の層位とメカニズム

多くの崩壊面には Y1.0/Y2.0 または Y4.0/Y5.0 のレス上面が広く露出しており、それらの層位より上にある厚さ 1-1.5 m の火山灰/レス互層が薄くはがれるように落ちたことがわかる。おそらく透水性がよく大量の雨水を含んだ火山灰が、透水性の悪いレスの上面を境にして滑り落ちたのであろう。浸食の深い場所では、崩壊面に Y5.2 スコリアまたは元町溶岩上部のクリンカーが露出する部分もあるが、一般にスコリアやクリンカーの透水性は火山灰より良いため、そこが滑り面になったとは考えにくい。

4. 元町付近を襲った歴史時代のラハール

過去の類似災害の有無や様相を調査するため、谷沿いと海岸においてテフラ/レス互層中に挟まれるラハール堆積物を調べた。ラハール堆積物は、水流がつくった斜交葉理などの堆積構造をもつこと、シルト以下の粒子や礫・偽礫を多量に含むこと、下位層を削りこんでレンズ状に分布するなどの特徴によって容易に判別できる。

2013 年斜面崩壊の最大被災地となった神達地区には、Y0.8 火山灰と地表の間に火山岩礫を含む厚さ 1-2 m の泥質ラハール A が分布する。ラハール A は、被害記録の残る 1856 年または 1932 年の暴風雨 (立木, 1961, 『伊豆大島志考』) に対比できるかもしれない。なお、1958 年狩野川台風も元町周辺に「山津波」と呼ばれる土砂災害を起こしたが、土砂の氾濫域は主として大金沢・長沢の下流であり、神達地区は含まれていない (気象庁, 1958, 気象庁技術報告)。

神達地区の北に隣接する大金沢では、Y2.0 と Y4.0 の間の層位に泥質偽礫を多数含む厚さ数十 cm のラハール B が挟まれる。ラハール B は、その層位から考えて、下流の湯の浜海岸にあった下高洞集落を 16 世紀末に埋没させ、現在の元町台地への集落移転のきっかけを作った「びゃく」の伝承 (立木, 1961 前出; 井上, 2014, 月刊地理) に対比できるかもしれない。

大金沢と湯の浜海岸には、元町溶岩の直上に、Y5.2 スコリア丘起源とみられる赤色スコリアを多数含む厚さ 1-2 m のラハール C が分布する。

以上のことから、元町周辺で起きた流下物による地質災害を古い順にたどると、(1) 14 世紀初頭の元町溶岩、(2) その直後に起きたラハール C、(3) 16 世紀末の「びゃく」に相当するかもしれないラハール B、(4) 1856 年または 1932 年? に神達地区を襲ったラハール A、(5) 1958 年狩野川台風にもなうラハール、(6) 1986 年噴火の LCI 溶岩流、(7) 2013 年 10 月 16 日のラハール、の計 7 回となる。

キーワード: 伊豆大島, 火山, 噴火史, ラハール, 2013 年台風 26 号, 斜面崩壊

HDS29-P07

会場:3 階ポスター会場

時間:4 月 28 日 18:15-19:30

Keywords: Izu Oshima, volcano, eruptive history, lahar, Typhoon Wipha (2013), slope failure

2013 年 10 月に伊豆大島西側斜面で発生した表層崩壊と地形地質の関係 Preliminary report on the landslides, Oct. 2013, Izu-Oshima Volcanic island, central Japan: Shallow landslide, landforms

鈴木 毅彦^{1*}; 首都大学東京 2013 年台風 26 号伊豆大島災害調査グループ¹
SUZUKI, Takehiko^{1*}; TMU GROUP FOR, Izu-oshima typhoon wipha (1326) disaster¹

¹ 首都大学東京

¹Tokyo Metropolitan University

2013 年 10 月 16 日未明に発生した斜面崩壊はその分布から地形・地質との対応、とくに 14 世紀(西暦 1338 年?)に
流下した溶岩流の分布域と崩壊域がよく一致することが指摘されている(国土交通省ホームページなど)。すなわち崩壊
の発生と地形地質の間に因果関係が成り立つことを示唆する。理由として、比較的新しい時代の溶岩流の存在により、周
辺域に比べて地表直下の透水層となる降下火山灰層が数 m 以下と薄く、表層部が多量の降水により飽和状態になりやす
かったと考えられる。このような表層崩壊の発生と素因としての地形地質の関係を確認するため、12 月 7・8 日、1 月 4・6
日に崩壊が集中した先カルデラ火山新期山体(地質調査所 1998)西側斜面を御神火スカイライン沿いに、順次上から
崩壊と周辺の地形・地質の調査観察を実施した。

1) 崩壊開始地点は多くが御神火スカイライン道路下側に接した斜面であるが、数カ所ではスカイラインの道路上側か
ら崩壊が発生している。標高 440?450 m 付近では道路山側法面の上方から表層崩壊が発生している。遠方からの崩壊
地上端の断面観察によれば、崩壊部分は樹木の根が発達する表層土層のみであり、崩壊が元の斜面を薄く削ぐように発
生していることが分かる。

2) つづら折りになるスカイラインに挟まれた標高 450?330 m 斜面では、標高 440?450 m 付近同様に、崩壊が元の斜面
を薄く削ぐように発生している。このため、深部の地質は分かりにくい。

3) 標高 330 m 付近の道路沿いでは斜面構成物を確かめることができ、表層は 1 m 以上の火山灰層と土層の互層、そ
の下位は高温酸化したスパター集積層が存在する。スパターは部分的に堆積後の溶融によりアゲルチネート化しており、
直ぐ近傍に火口があったことを示唆する。その火口は 14 世紀溶岩流の可能性があり、その場合上を覆う火山灰層・土層
互層は最近 700 年間に形成されたもので、今回の崩壊の主体をなすものと考えられる。330 m 付近はスカイラインが分
断を受けた唯一の地点である。分断地点は谷筋に相当し、火山灰層だけでなくスパター集積層を含めて削り込まれ、下
位の溶岩流上面が露出している。

4) 標高 330 m 付近の分断地点から谷沿いに下った付近でも火山灰層スパター集積層が削り込まれた谷が認められ、細
長く溶岩流が露出した侵食谷が伸びる。このよう侵食谷は標高 250 m 付近では複数認められ、崩壊土砂通過域における
地形的な特徴を示す。なお侵食谷間の微高地では、火山灰層土層互層が残存しており、単純に溶岩流上位の未固結層
が面的に全て削剥されたのではない。

5) 今回、崩壊地域に周囲を囲まれながら崩壊から免れた地域が東西方向に複数認められ、尾根部に非崩壊域が存在す
るようみえる。現地では確かめたところ標高 320 m 付近は 14 世紀とみられる溶岩流が分布しないか、分布してもその側
方縁辺部である。とくに溶岩流が分布しない断面では、道路路面に少なくとも 3 枚の厚い降下スコリア層(西暦 838 年
以前に噴出年代をもつ可能性がある)が露出しており、崩壊箇所と明らかに地質が異なる。崩壊発生域が溶岩流分布域
であり、上位の降下火山灰層が数 m 以内の薄い地域で崩壊が選択的に発生した、という考えを裏づける事例になると思
われる。

まとめ 今回の調査で「崩壊域が溶岩流分布域であり、上位の降下火山灰層が数 m 以内の薄い地域で選択的に発生
した」という考えを概ね支持する成果が得られた。一方で予想以上に表層浅い部分のみが崩壊しており、溶岩流上の火
山灰層土層互層が残されている場所が崩壊土砂通過域において面的に広がる。今後は上記の噴出物の累重関係や分布
を把握し、それが崩壊とどの様な関係であったことをより精密に把握する必要がある。その結果が将来の類似した斜面
崩壊の予測予防に繋がると考えられる。

本調査は、首都大学東京伊豆大島災害調査グループの活動として実施したものである。

引用文献: 地質調査所 1998. 伊豆大島火山地質図. 国土交通省ホームページ 2014 年 1 月 15 日閲覧. http://www.mlit.go.jp/river/sabo/h25_typhoon26/izuoshimagaiyou131112.pdf

キーワード: 伊豆大島, 台風第 26 号 (Wipha), 表層崩壊, 降下テフラ累層, 溶岩流

Keywords: Izu-Oshima, Typhoon Wipha (1326), Shallow landslide, Fall-out tephra, Lava flow

2011 年台風 12 号豪雨による花崗斑岩の斜面崩壊—和歌山県那智勝浦町妙法山の事例—
Landslides of granite porphyry induced by Typhoon Talas 2011 around Mt. Myoho at Nachikatsuura, Wakayama, Japan

平田 康人^{1*}; 千木良 雅弘²
HIRATA, Yasuto^{1*}; CHIGIRA, Masahiro²

¹ 京都大学大学院理学研究科, ² 京都大学防災研究所地盤災害研究部門

¹Department of Geophysics, Graduate School of Science Kyoto University, ²Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

2011 年 9 月 2 日から 5 日にかけての台風 12 号の豪雨によって、紀伊半島南東部では多数の崩壊・土石流が生じた。我々は、崩壊地を 9 月 6 日から 8 日に撮影された縮尺 2 万分の 1 の空中写真から判読し、降雨量分布をレーダーアメダス解析雨量から求め、崩壊、雨量および地質を比較した。その結果、ほとんどの崩壊地が花崗斑岩の地域かつ 80 mm/h 以上の降雨強度の地域に生じていたことが分かった。さらに、崩壊の地質的・地形的な背景を明らかにするために、崩壊・土石流の被害が集中した和歌山県那智勝浦町の妙法山の野外調査を行った。

野外調査の結果、花崗斑岩の分布地内部とその縁辺部とで、崩壊が別の特徴を持つことが分かった。妙法山頂上付近には、花崗斑岩が分布し、それを取り巻く斜面の下部と下方の平坦地には、中新世の熊野層群の堆積岩が分布している。また、斜面は、妙法山頂上付近では緩傾斜で、周囲の遷急線から急傾斜となり、花崗斑岩と熊野層群との境界付近から下方では緩くなる。花崗斑岩は、緩傾斜の斜面表層で、特徴的に球状風化している。崩壊した土砂には、そのコラストンが大量に含まれていた。花崗斑岩分布地内の崩壊は、尾根の遷急線に滑落崖を持ち、花崗斑岩の風化物とその再堆積物の崩壊であった。花崗斑岩と熊野層群との境界付近の崩壊地では、熊野層群の頁岩が暗灰色に粘土化しており、その上に載る花崗斑岩のコラストンなどの崩積土層が崩壊していた。

妙法山周辺の崩壊の規模は 10^2 から 5×10^5 立方メートルで、2 万 5 千分の 1 地形図上での崩壊・土石流のプロットから、それらの等価摩擦係数は 0.20-0.46 であると見積もられた。これらの花崗斑岩の崩壊と土石流は、崩壊体積と等価摩擦係数の点で、1999 年 6 月の広島県集中豪雨で生じた風化花崗岩の崩壊に類似している。ただし、広島の場合、コラストンはほとんど形成されておらず、その崩壊もマサが崩壊して土砂流となったものであった。

キーワード: 地すべり, 台風 12 号, 花崗斑岩, 那智勝浦

Keywords: landslides, Typhoon Talas, granite porphyry, Nachi Katsuura

米軍空中写真を用いた 1944 年東南海地震による尾鷲市周辺の斜面崩壊の判読
Interpretation of landslides triggered by 1944 Tonankai earthquake around Owase City
using U.S. military aerial photos

佐藤 浩^{1*}
SATO, Hiroshi, P.^{1*}

¹ 日本地図センター
¹ Japan Map Center

1944 年 12 月 7 日に発生した東南海地震 (M7.9) の 3 日後に米軍が撮影した空中写真 (1/16,000) を判読したところ、三重県尾鷲市周辺で表層崩壊を判読した。その中には、東南海地震によって発生したものもあると考えられる。判読した結果を報告する。

キーワード: 地すべり, 斜面崩壊, 東南海, 地震, 米軍, 偵察
Keywords: landslide, slope failure, Tonankai, earthquake, U.S. military, reconnaissance

雪上滑走型地すべりにおける長距離運動の発生条件—実現象の観察と実験からの洞察 Long-traveling conditions for the rock-on-snow landslide: insights from the field and lab evidence

山崎 新太郎^{1*}; 川口 貴之¹; 中村 大¹; 山下 聡¹; 白川 龍生¹; ハスバートル²
YAMASAKI, Shintaro^{1*}; KAWAGUCHI, Takayuki¹; NAKAMURA, Dai¹; YAMASHITA, Satoshi¹; SHIRAKAWA, Tatsuo¹; HAS, Baator²

¹ 北見工業大学, ² アジア航測株式会社

¹ Kitami Institute of Technology, ² Asia Air Survey Co., Ltd.

2011年3月12日新潟県津南町を震源とするM6.6の長野県北部地震では、斜面が崩壊して発生した岩石が雪上を流下して非常に長距離流動した。筆者らはこれを雪上滑走型地すべりと名付け、詳しい検討を行っている。この現象は従来から知られているスラッシュ雪崩や地すべり、または通常の雪崩とは異なるものであり、豪雪地帯における地震防災の観点から重要な現象である。筆者らは、先の長野県北部地震時の調査から、雪と上方の地すべり物質の境界層を観察し、そこが一時的に液化した痕跡を発見した。このような、雪と岩石混合物の底層における液化は、世界各地の雪上または氷河上の岩屑なだれが発生した際にも指摘されているが、詳しく報告できたのは筆者らの研究が初めてであった。しかしながら、雪上地すべりや落石は必ずしも長距離流動するとは限らない。実際に観察される雪上を流下した落石または地すべり現象のほとんどの場合において、移動体は急斜面の途中で停止してしまう。この事実は、長距離現象に限られた条件で発生することを示している。本研究では、まず、再現が可能な小規模な現象においてどのような流下から停止にいたるプロセスがあるのか、まず小規模な土槽(斜面20度)を用いて多数の岩石を雪上に落下させた。そして、落石の材質(礫(2-1cm径)、小礫(0.5-1cm径)、粗粒砂(0.5-1mm))、斜面の材質(礫および雪、その温度履歴、雪硬さ模)などの実験環境を変えながら実施した。そして、実験結果を元に、再度、長野北部地震発生時の状況と比較を行った。

結果

実験条件を様々に変えながら、確かな結果としてたどり着いたのは以下の6項目である。

1. 岩石および岩石と雪の混合物は礫斜面に比べて雪面上をより遠方まで到達した。
2. 雪面上では、岩石および岩石と雪の混合物は、より硬い雪面ほど遠方まで到達した。
3. 雪面上では、岩石のみを落下させる時に比べて、岩石と雪の混合物は、より手前で停止した。
4. 雪面上では、岩石と雪の混合物において、雪を含む量が多くなればなるほど、より手前で停止した。
5. 雪面上では、岩石と雪の混合物に水を加えシャーベット状にしたものを落下させると、より手前で停止した。
6. 雪面上では、砂程度の粒径の岩石を落下させると、より大きな粒径の岩石にくらべて、より手前で停止した。

考察

雪に摩擦の低減効果があるのは1の結果から明らかである。2の現象は、氷河上で岩石が長距離流れるいくつかの例(2000年ロシアのKolka災害など)と一致しており、平滑かつ硬い雪はより小さな摩擦を持つためである。3、4の結果は、おそらく雪に自身が砕けることによって衝撃を緩和する効果があり、雪によって岩石同士の衝突を和らげているものと思われる。移動体内部で岩石同士の衝突が吸収されれば、移動体を前方へ動かす駆動力も小さくなる。5の結果は雪層が多孔質かつ吸水性材料であるために、吸引力が働いているためと思われる。岩石と雪層との間に水があれば、水を介在することで岩石が雪層に吸着される。6の結果は雪による衝撃緩和効果が小さい粒子ほど相対的に大きく働くためと思われる。つまり、大きな塊状の移動体ほどより滑りやすく、発生直後にバラバラになったものは滑りにくいことを示唆している。

現地での観察結果から、長野北部地震で発生した津南町辰ノ口の長距離流動現象では、上方では線状の滑走痕が確認されている。現地では実際に確認できていないが、これは硬い物性を雪が発揮しなければ形成され難く、雪が衝撃によって硬い物性を瞬時に雪が発揮した可能性がある。そして硬く透水性が低下した雪は上方に液化層を保持することができたのかもしれない。液化層が形成されれば、摩擦は極端に減少する。また、辰ノ口の長距離流動現象は、内部の攪乱が小さく、塊状体のまま移動したことが現地の観察から明らかになっている。これは移動体の前方では雪に衝突して急減速し後方からの岩石がそれを押すような形になり、塊状のまま雪をブルドーzingしていったことを示しており、大きな塊となった移動体は雪の衝撃緩和効果を見逃したのだろう。一方で長距離運動を起こさない雪上落石現象では、雪によって落石の衝撃が緩和され、さらに、バラバラになることでさらに衝撃緩和の程度が高まったために、通常の地面に落下する落石現象よりも手前で停止すると思われる。また、衝撃力も小さいために、雪をその衝撃で硬化させることも困難であったと思われる。長野北部地震で発生した辰ノ口の現象は規模としては小規模な落石現象に近いが、狭い谷の雪面上に集中して落下しており、雪に集中的な衝撃が加わった。この衝撃は雪の瞬間的な硬化と透水性の低下をもたらしたのかもしれない。このような硬化現象や透水性の低下は、地域的に異なる雪の物性に大きく依存している。もし

HDS29-P11

会場:3 階ポスター会場

時間:4 月 28 日 18:15-19:30

そうであるならば, この発生条件は地域に依存する可能性が高い.

キーワード: 地すべり, 雪, 地震, 雪崩, 岩屑なだれ

Keywords: landslide, snow, earthquake, avalanche, debris avalanche

斜面災害事例のデータベース化に向けた入力項目の定義 Definition of the database fields for landslide hazard database by NIED

内山 庄一郎^{1*}; 山田 隆二¹; 石川 晴和²; 鈴木 比奈子¹; 臼田 裕一郎¹
UCHIYAMA, Shoichiro^{1*}; YAMADA, Ryuji¹; ISHIKAWA, Haruna²; SUZUKI, Hinako¹; USUDA, Yuichiro¹

¹ 独立行政法人防災科学技術研究所, ² 株式会社アドバンテクノロジー

¹National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED), ²Advantech Technology Corporation

過去の災害履歴はその場所における現在の災害リスクに大きく関係しており、ハザード・リスク評価に必須の情報である。防災科学技術研究所では、歴史時代の自然災害事例を含む日本全国の網羅的な自然災害データベースを構築し、これらの情報を Web API で配信している。しかしながら、災害事例データベースは災害事例の索引的な存在であり、情報の詳細度に限度がある。そのため、特に社会的インパクトの大きい自然災害については、地震、火山、風水害、地盤、雪氷災害などの各自然災害種別に特化したデータベースで、その詳細情報を提供する必要がある。ここでは特に、斜面災害を対象としたデータベースについて議論する。

本稿では、斜面災害事例のデータベースを構築するにあたり、斜面変動現象とその調査概要の記述に必要なデータベース入力項目を検討した。斜面災害事例データベースでは、出典資料として学術文献、古文書、伝承、現地調査報告書等を用い、ここから斜面災害に関するイベントを抽出し、データベース化を図る。入力項目の検討は、次の3ステップで実施した。

最初に地盤工学会、砂防学会、日本地すべり学会、応用地質学会の2003年～2013年までの学会誌に掲載された全論文を概観し、斜面変動現象を記述する情報を断片的に抽出した。

次に、先に抽出した情報から、斜面変動現象を地形的、地質的、物理的に記述する際に必要な情報、および範囲や位置などの地理空間情報、崩壊履歴に関する情報についてとりまとめ、仮の入力項目を定義した。

第三のステップでは、学術論文から抽出した約200の斜面災害事例について入力を行い、設定した入力項目が斜面災害事例を十分に表現しうるかを検証した。

この結果、入力項目の大分類として次の8項目を設定した。1) 斜面災害の種類、2) 素因・誘因、3) 地質特性、4) 地形特性、5) 物理特性、6) 地理空間情報、7) 崩壊履歴 (年代測定)、8) 崩壊履歴 (文献等)。さらに小分類として、合計で約60項目を設定した。今後は、古文書や現地調査報告書などの多様な出典資料の入力によって項目検証を実施し、斜面災害事例データベースのフレームワークを完成させる。また、実際のデータベース構築を推進する。

キーワード: 斜面災害事例データベース, 入力項目, 定義

Keywords: landslide hazard database, database field, definition of fields

高知県黒耳海岸に露出する古第三系室戸層に見られる海底地すべり体 Submarine mass-transport deposits of the Paleogene Muroto Formation in the Kuromi coastal region, Kochi Prefecture

伊川 祐¹; 藤内 智士^{1*}; 柴田 伊廣²
IKAWA, Yu¹; TONAI, Satoshi^{1*}; SHIBATA, Tadahiro²

¹ 高知大学理学部, ² 室戸ジオパーク推進協議会
¹Faculty of Science, Kochi University, ²Muroto Geopark Promotion Committee

海底地すべりによる再移動堆積体の内部構造や周辺の堆積層との関係を明らかにするために、高知県室戸市黒耳（くろみ）海岸で2 km以上にわたって連続して露出する過去の再移動堆積体を含む地層について層序と地質構造を調べた。これらは、再移動堆積体ができる原因や過程を考える上で重要な情報となる。

調査した再移動堆積体を含む地層は、古第三紀四万十付加体の一部である上部始新統—下部漸新統の室戸層である。室戸層は黒耳海岸に露出する範囲での層厚がおよそ650 mであり、砂岩と泥岩との割合および変形の程度にもとづく6つの岩相からなる。それらの岩相は、泥岩層・泥岩優勢砂岩泥岩互層・等量砂岩泥岩互層・砂岩層・褶曲砂岩泥岩互層・乱雑層、である。堆積相・変形相・層序にもとづいて、これらの地層は深海チャネルおよびその周辺でできた堆積層と海底地すべりによる再移動堆積体であると考えた。

黒耳海岸に露出する室戸層の中には再移動堆積体が少なくとも2つ含まれており、そのうちの一方は厚さが270 mを超える。また、再移動堆積体に見られる数cmから数m規模の褶曲群の方向について、そのばらつき具合を調べた。その結果、ヒンジ線は周囲の層理面に対して平行な方向を中心として50度程度ばらついていることがわかった。一方で、褶曲軸面は層理面に対してさまざまな角度で斜交する方向のものがあり、一方向への集中はみられない。このような褶曲群の方向の分布は、これらの再移動堆積体が主に流動によって移動や変形をしたこと、さらに流動の一部は乱流状態であったことを示している。上記した黒耳海岸にみられる再移動堆積体の規模や変形構造から、プレート収束帯では大規模な海底地すべりが起こることがあり、それによってできた再移動堆積体が付加体の一部になっていると推察した。

キーワード: 海底地すべり体, 付加体, 四万十帯, 古第三紀

Keywords: submarine mass-transport deposit, accretionary complex, Shimanto belt, Paleogene

第二渥美海丘で見られた海底地すべりとその構造 Feature of slump and associated structure observed at Daini-Atsumi knoll, the gas production test site from gas-hydrate

鈴木 清史^{1*}; 高山 徳次郎¹; 真田 佳典²; 藤井 哲哉¹
SUZUKI, Kiyofumi^{1*}; TAKAYAMA, Tokujiro¹; SANADA, Yoshinori²; FUJII, Tetsuya¹

¹ 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構, ² 独立行政法人海洋研究開発機構
¹JOGMEC/TRC, ²Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

メタンハイドレートからのガス生産を実施した第一回海洋産出試験テストサイトである第二渥美海丘付近には、海底地すべりが何箇所かで見られる。これらは第二渥美海丘の隆起に伴い形成された構造と考えられ、その構造把握は重要であった。この第二渥美海丘で海洋産出試験前に実施された調査井掘削では、三次元地震探査により構造が把握された地すべり体の一つを貫通しており、地震探査で確認された構造を孔内検層と一部のコアから確認することができた。講演では、震探断面で見出された特徴と、検層やコア分析から把握された地すべり体の密度構造について紹介する。

謝辞

本研究は、メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム (MH21) によって実施された研究の一部である。発表を許可していただいた MH21・経済産業省に感謝の意を表します。

キーワード: スランプ, 三次元震探, LWD 検層, 過圧密, メタンハイドレート, 低インピーダンス
Keywords: Slump, 3D seismic profile, LWD, Over-consolidate, Gas hydrate, Low impedance

高メタンフラックス緩傾斜陸棚斜面におけるスランプ層の性質とその役割 Role of slump deposits in a high-methane-flux gentle continental slope

森田 澄人^{1*}
MORITA, Sumito^{1*}

¹ 産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門
¹ AIST-GREEN

A great number of submarine landslide deposits (slump deposits) are known to be buried in Pliocene and the upper formations in northern part of Sanrikuoki Basin (Morita et al., 2011). The slump deposits are mainly made up of imbricated thrust sheets of stacked sedimentary layers which were peeled off from ancient bottom surface. The slump deposits often show dimmed facies as an acoustic characteristic and have dewatering structure from the slip surface, and sometimes have gas chimney at the roof of the slump deposits. These indicate that the slump deposits are strongly related to natural gas in formation water. A key to grasp the nature of the slump deposits is likely in a comparison with a result of previous scientific drilling. Site C9001 is a drill site which was operated by D/V CHIKYU in this survey area (Higuchi et al., 2009). By the result of the expedition, the sedimentary basin is mostly composed of mud and few thin ash and sand layers. The sediments are normal and the parts judged as mass transport deposits (MTD) by visual core description are very limited even in the depth domain interpreted as slump deposits in seismic data. However, methane detected in head space gas and methane hydrate bearing sediments recovery were reported only in the slump deposits domain interpreted in the seismic data. Previous reports with respect to MTD indicate that MTDs generally have the nature as seal where the beds have higher shear strength and density due to compaction. Nevertheless, the nature of the slump deposits in the Sanrikuoki Basin is opposite to those of the other MTDs, and may indicate as if reservoir. The difference of the natures is maybe caused by the environment of very gentle continental slope where the slumping has repeated. There is a hint of it in the fact that slump deposits in the survey area avoided fatal collapse by sliding on the very gentle slope and basically formed the imbrication of block-supported structure.

キーワード: 海底地すべり, MTD, スランプ, 三陸沖堆積盆, ちきゅう, メタンハイドレート
Keywords: submarine landslide, mass transport deposits, slump, Sanrikuoki Basin, CHIKYU, methane hydrate

地震による海底地すべりでの地盤液状化による水膜現象の重要性 Liquefaction-induced water-film mechanism in submarine slide

國生 剛治^{1*}
KOKUSHO, Takaji^{1*}

¹ 國生 剛治
¹ Kokusho Takaji

砂からなる海底地盤の滑りのメカニズムの可能性のひとつとして、地震時液状化による水膜現象が挙げられる。傾斜地盤の地震時流動破壊については、地盤工学的に要素試験レベルでの土の非排水せん断強度との関連を明らかにする努力が払われてきた。

それらは、滑りが完全に非排水条件下で起きるとするものと、間隙水の移動による間隙の再配分を考慮するものとに二分される。飽和砂の非排水条件メカニズムを再現する非排水せん断力学試験を行うと、かなり低い相対密度 (D_r) の砂 (例えば新潟地震で大流動を起こした新潟市の $D_r=30\sim40\%$ の砂) についても、液状化した後に 20% 以上の大きなひずみが発生するとダイレイタンス効果により強度が回復する実験結果が得られ、緩い傾斜の斜面では大きな流動が起きないことになってしまった。また、流動はしばしば地震終了後に時間遅れをもって起きているが、非排水メカニズムではこれも説明できない。一方、地震後に斜面が時間遅れを持ってせん断破壊する原因として、完全な非排水条件ではなく間隙水の移動が関わっている可能性が推定されてきた。液状化層の上に低透水性層がある場合、排出された余剰水が直下に捕捉されて間隙の緩いゾーンと密なゾーンを生じる。つまり透水性の不均質性に起因して、液状化直後から余剰間隙水の局所的な移動により間隙の再配分が起き、それがせん断強度に大きな影響を与えることが考えられる。間隙再配分効果が発揮される程度は地盤中の透水性の不均質性の度合によって異なる。海底地盤において成層構造は見られ各層の透水係数は著しく変化していると考えられる。この観点から、低透水性の薄層やシームを挟んだ砂層が液状化した時に起きる現象を調べるために模型実験が行われた。透明アクリル円筒にシルトシームを挟み込んだ厚さ 2m ほどの飽和砂層を作製し、ハンマーの衝撃を加えて瞬時に全層を液状化させる。すると砂とシルトの透水係数の違いにより、下部の液状化層から排出された余剰間隙水がシーム直下に捕捉され、水の層 (水膜) が発生する。同様な水膜生成は粗砂の間に細砂層を挟んだ場合など色々な成層構造についても見られる。なおこれらの動画は参考文献に示す URL からダウンロードすることができる。水膜厚さと上部・下部砂層表面の沈下量は時間経過を辿り、砂層の厚さ・密度やシームの透水性などにより決まる時間の長さだけ水膜が存続することが分かる。この間の過剰間隙水圧は、初期には全層液状化状態の三角形分布から液状化の終息につれて下部から減少していき、水膜の生成によりシルト層内に過剰な動水勾配が生じる。この間、シームを通して水膜の水が上部砂層に浸透し、水膜が消滅するまでこの状態が継続する。実際の地盤において、このように水膜が形成されれば、地盤の安定性に大きな影響を与えることは当然予想される。厚さ 5mm 程度の円弧形状シルトシームを挟み込んだ 2 次元模型飽和砂斜面に、振動台により断面直交方向に正弦波振動を約 3 サイクル加えた実験によると、斜面流動の時刻歴をシームを挟まない均質斜面とシームを挟み込んだ斜面について、均質斜面では 0.34G の大きな入力加速度に対して斜面変形はほぼ振動中 (最初の 2 秒間) に限られる。それに対して、シーム挟み込み斜面では 0.18G の小さな入力に対して振動中はほとんど変形がないにも関わらず、振動終了後から 21 秒までに大きな流動変形が起きる。このときシームの直下には水膜の生成が確認できる。つまり、振動中に液状化した砂層の下部から余剰水が上昇し始め、シルトシームの直下でほぼ連続的な水膜が形成されるまで時間を経てから円弧に沿って流動が起きるのである。水膜が形成されると斜面からのせん断応力が伝達され難くなる。そのため、それ以深の地盤ではせん断ひずみとそれに伴うダイレイタンス効果による余剰水の間隙への吸収やせん断強度の回復は起きなくなり、水膜が継続的に存在できて側方流動がさらに起きやすくなると解釈できる。以上のように、水膜によって滑り面の摩擦抵抗が完全にゼロになることはないが、大幅な強度低下が起きる可能性が模型実験で示された。水膜現象は極めて緩勾配の海底においても地滑りを惹き起こすメカニズムとして、重要な働きをしていると考えられる。つまり、海底地すべりが長距離流動を起こす要因としては慣性力の直接的影響より液状化後の水膜現象による強度低下の方が重要であると言えよう。

キーワード: 地震時液状化, 水膜, 時間遅れ, 透水性
Keywords: seismic liquefaction, water film, time delay, permeability

デコルマ帯の発達様式から考察する海底地滑りの発生様式 Factors controlling submarine landslide occurrence: Lessons learned from plate-boundary decollement zones

氏家 恒太郎^{1*}
UJIE, Kohtaro^{1*}

¹ 筑波大学
¹ University of Tsukuba

海底斜面は基本的には安定である。しかし、海底地滑りがひとたび発生すると、海底に敷かれたケーブルなどのインフラストラクチャーを破壊し、時として津波を引き起こすことがある。これまで地滑り面にアクセスした例はほとんどなく、海底地滑りの発生様式は良く分かっていない。一方、過去 20 年間に渡りプレート境界先端部（デコルマ帯）の掘削が世界各地の沈み込み帯で行われてきた。ここではデコルマ帯掘削で明らかになった知見をレビューし、それを基に海底地滑りの発生様式を考察する。デコルマ帯の発達を規定する要因は、(1) スメクタイトに富む層準、(2) 間隙水圧が上昇した層準、(3) 続成作用によるセメンテーションを受けた地層と受けていない地層の境界、の3つに分けることができ、これらの要因が複数からみあっていることもある。これを海底地滑りの発生様式に適用するとすれば、以下のようになるであろう。地滑り面は、スメクタイトが濃集した層準に発達しやすいであろう。スメクタイトは火山灰の変質由来であることを考えれば、地滑り面の発達層準は火山活動の活発化とリンクしている可能性がある。一方、斜面堆積物における透水率のコントラストも地滑り面発達にとって重要であるかもしれない。例えば、透水性の悪い泥質堆積物の上に透水性の良い砂質層などが急速に堆積した場合や、メタンハイドレート由来の流体が透水性の悪い堆積物の下にトラップされた場合、過剰間隙水圧が発生し、地滑りを引き起こすきっかけとなることが考えられる。また、地温勾配が高いところでは、斜面堆積物中にセメンテーション境界が発達し、物性コントラストを形成することで、地滑りを引き起こしやすくすることが考えられる。

南海トラフ上部陸側斜面に発達する地すべり層の流動過程, IODP Expedition 333 Site C0018
Flow dynamics of Nankai Trough submarine landslide inferred from internal deformation using magnetic fabric

金松 敏也^{1*}; 川村 喜一郎²; 北村 有迅³; Novak Beth⁴; Strasser Michael⁵
KANAMATSU, Toshiya^{1*}; KAWAMURA, Kiichiro²; KITAMURA, Yujin³; NOVAK, Beth⁴; STRASSER, Michael⁵

¹ 海洋研究開発機構, ² 山口大学大学院理工学研究科, ³ 鹿児島大学大学院理工学研究科地球環境科学専攻, ⁴ Department of Geology Western Washington University, ⁵ Geological Institute, Seiss Federal Insitute of Technology ETH Zurich
¹ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ² Graduate School of Sciences and Engineers, Yamaguchi University, ³ Department of Earth and Environmental Sciences, Graduate School of Science and Engineering, Kagoshim, ⁴ Department of Geology Western Washington University, ⁵ Geological Institute, Seiss Federal Insitute of Technology ETH Zurich

IODP Expedition 333により、地震発生と海底地すべりとの関係を理解するため NanTroSLIDE project として、Site C0018において 314.2mbsf まで掘削をおこない 6 層の海底地すべり層 (MTD1?MTD6) が掘削された。127-189mbsf に最も厚い海底地すべり層があり (MTD6)、直上の広域テフラの噴出年代から、この地すべりはおよそ 100 万年前に起こったと推定される。この厚い地すべり層の上位では、比較的規模が小さな海底地すべり層と均質な粘土層が交互に堆積している。海底地すべり層で採取されたコアは著しく変形しており、海底地すべり滑動時の様々な変形構造が記録されていた。一連の地すべり層の下位 (189m 以深) では、タービダイト層が繰り返し堆積しており、海底地すべり発生時に堆積物の供給に劇的な変化が起こったことを示唆している。

各海底地すべり層の流動変形過程を特徴づけるため、帯磁率異方性による粒子配列の測定を行った。各層のその特性は均一でなく、各層の中で、異なるシーアアが発達し、流動から堆積するまでの過程を記録していると考えられる。多くの場合、地すべりユニットの上部は一部の岩相に無秩序層が認められるにもかかわらず、水平面に平行な磁気フォリエーションが認められ、下部にゆくほどシンプルシアアまたはピュアシアアによる異方性が増す。一方、最大の層厚をもつ MTD6 では、大きく褶曲を繰り返すような構造の粒子配列が認められる。古地磁気で復元可能なシーアアの方向を復元したところ、2 方向が得られ、これは地すべり層が供給された方向と考えられる。こういった地すべり流動の形態や供給方向の違いは、分岐断層を含む南海トラフ陸側斜面の発達過程が反映されていると考えられる。

キーワード: 海底地すべり, ナントロスライド, IODP, 南海トラフ
Keywords: submarine landslide, NanTroSLIDE, IODP, Nankai Trough

Potential tsunamigenic submarine landslides in active margins Potential tsunamigenic submarine landslides in active margins

川村 喜一郎^{1*}; Jan Sverre Laberg²; 金松 敏也³
KAWAMURA, Kiichiro^{1*}; JAN SVERRE, Laberg²; KANAMATSU, Toshiya³

¹Yamaguchi University, ²University of Tromsø, ³JAMSTEC
¹Yamaguchi University, ²University of Tromsø, ³JAMSTEC

A review of modern, historical and submarine landslides from the geological record shows that landslides in active continental margins can generate tsunamis. The tsunamis may damage coastal and seabed infrastructure and so represent an important element of marine geohazards research due to their potentially significant impacts on society. The primary trigger mechanism of tsunamis in this type of setting was thought to be earthquake activity; however, there are also a number of alternative hypotheses regarding the likely initiation mechanism including the generation of submarine landslides. In this paper, we briefly review the geological features and trigger mechanisms of tsunamigenic submarine landslides on active margins. Large tsunamigenic submarine landslides appear to occur mostly on margins characterized by non-accretion. These observations have implications for tsunami warning systems as the Japanese system does not consider the scenario of tsunami excitation by submarine landslides.

キーワード: tsunamigenic submarine landslide, tsunami earthquake, tectonic erosion, Japan trench, the 2011 Tohoku-Oki earthquake
Keywords: tsunamigenic submarine landslide, tsunami earthquake, tectonic erosion, Japan trench, the 2011 Tohoku-Oki earthquake

変形構造から推定される巨大海中土石流内部の応力および間隙水圧の変化：北海道
東部根室層群厚岸層の例
Temporal changes of internal stresses and pore pressures of a large-scale submarine debris flow

大坪 誠^{1*}; 成瀬 元²; 宮川 歩夢¹
OTSUBO, Makoto^{1*}; NARUSE, Hajime²; MIYAKAWA, Ayumu¹

¹ 産業技術総合研究所, ² 京都大学大学院

¹Geological Survey of Japan, AIST, ²Graduate School of Science, Kyoto University

Mass-transport deposits are major components of depositional systems in the deep sea environments. These deposits usually are composed of muddy chaotic deposits, and are expected to conduct as permeability seals over channel deposits. These mass transport deposits appear as transparent layers on seismic data and chaotic intervals in cores (e.g., Weimer, 1991). Regardless of their common occurrence and distinctive geometry, the dynamics of subaqueous mass transport processes (debris flows) are not well known. It is great difficult to observe directly a subaqueous debris flow.

Naruse and Otsubo (2011) documented quantitatively the internal structures of a mass-transport deposit in the Akkeshi Formation, from the middle part of the Cretaceous-Paleocene Nemuro Group, Japan. The paleostress analysis using meso-scale faults (Yamaji, 2000) of a large-scale mass-transport deposit revealed that the flow experienced two different stress fields: (1) a vertical uni-axial compressional stress field with the sigma1-axes oriented normal to the bedding surface (Phase I) and (2) horizontal tri-axial compressional stress fields with the sigma1-axes oriented parallel to paleocurrent direction (Phase II) (Naruse and Otsubo, 2011).

We examined the temporal changes of internal stresses and pore fluid pressures in a submarine mass transport from the relationships between the principal stresses axes and attitude of fault planes in the mass transports deposits in the Akkeshi Formation. We used 22 fault data and stresses of two Phases in a mass transport deposits. We attribute fault variations to the degree of fault overpressure acting on faults to estimate the pore fluid pressure ratio in the submarine mass-transport deposits. The theory can be explained using the Mohr circles. The inferred internal stresses results imply that the stress fields of Phase I are created by a radial spreading of the flow during its downcurrent movement, while the stress fields of Phase II result from compression during deposition on the basin plain (Naruse and Otsubo, 2011). The increase of pore fluid pressure ratio from Phases I to II represents that the pore fluid pressures have been recognized as playing an important role in the occurrence of the faults in Phase II. On the subdivided Phase II, pore fluid pressure ratio increases until Phase IIa and decreases after Phase IIb while sigma-hmax increases during Phase II.

References:

Naruse, H., and, Otsubo, M. (2011) Heterogeneity of Internal Structures in a Mass-transport Deposit, Upper Cretaceous to Paleocene Akkeshi Formation, Hokkaido Island, Northern Japan. SEPM Special Publication, 96, 279-290.

Weimer, P. (1991) Seismic facies, characteristics and variations in channel evolution, Mississippi Fan (Plio-Pleistocene), Gulf of Mexico, in Weimer, P., and Link, M.H., eds., Seismic Facies and Sedimentary Processes of Submarine Fans and Turbidite Systems, New York, Springer, 323-347.

Yamaji, A. (2000) The multiple inverse method: a new technique to separate stresses from heterogeneous fault-slip data. Journal of Structural Geology, 22, 441-452.

キーワード: 応力, 間隙水圧, 小断層, 地すべり, 土石流

Keywords: stress, pore pressure, meso-scale fault, mass-transport, debris flow, land slide

CCS ジオエンジニアリング：現時点で唯一妥当な温暖化防止ジオエンジニアリング
技術
CCS-geoengineering: the only one reasonable climate geoengineering technology at present

小出 仁^{1*}
KOIDE, Hitoshi^{1*}

¹ 温暖化防止地球システム
¹ Climate Change Geosystem

迫りつつある気候災害を軽減するためには、温暖化防止ジオエンジニアリングの実施は必須になっているといえる。一方で複雑な地球の気候システムを十分に理解できていない現状では、温暖化ジオエンジニアリングの大規模な実施には慎重でなければならない。しかし、化石燃料の大量燃焼により、人間は大気中のCO₂濃度を上昇させて、意図せずに大規模な気候ジオエンジニアリングを既に実施してしまっている。

広義の CCS ジオエンジニアリングは、CO₂回収・貯留、CO₂回収・CO₂-EOR/EGR、大気CO₂吸収・貯留、大気CO₂吸収・CO₂-EOR/EGR および地下微生物CO₂リサイクルを含む。CCS ジオエンジニアリングは人為的なCO₂排出を低減するか、大気中の余剰CO₂を吸収する。CCS ジオエンジニアリングは、自然なCO₂濃度に向けて大気を保全しようとするだけで、余分な副作用を避けられるので、唯一の天然安全なジオエンジニアリング技術である。

キーワード: ジオエンジニアリング, CCS, 大気, EOR, リサイクル, 温暖化
Keywords: geoengineering, CCS, atmosphere, EOR, recycling, global warming

スレシヨルド圧評価に対する計測方法の影響について The influence of measurement methods on evaluation of threshold pressures

亀谷 裕志¹; 小野 正樹^{1*}
KAMEYA, Hiroshi¹; ONO, Masaki^{1*}

¹ 応用地質株式会社

¹Oyo Corporation

温暖化ガス等の地中貯留のサイト選定段階において、遮蔽層のシール性能としてスレシヨルド圧力の評価が必要である。スレシヨルド圧力は、ガスを圧入した際に、遮蔽層に連続的なガスの流れが生じるための最低の圧力値を意味している。スレシヨルド圧力を評価するためには、圧入するガスの種類や原位置の応力、間隙水圧、温度条件などを厳密に再現した実験を行う場合と、これと対極的に間隙径分布などから表面張力等を介して毛管圧曲線を推定することにより簡易的に評価する場合もある。前者の方がより厳密なスレシヨルド圧力の評価が可能であるが、特殊な試験装置を使用することが制約となってくる。そのため、各種の手法を併用してそれらの精度を確認する試みが行われている。CO₂地中貯留では、①. 超臨界 CO₂を使用したスレシヨルド圧力試験、②. N₂ ガスを使用したスレシヨルド圧力試験、③. 水銀圧入試験から推定したスレシヨルド圧力、が対比される場合が多い。海外の事例でみると、使用した流体系の表面張力を考慮すれば一致しているとする場合もあれば、試料の不均質性や準備方法の違いにより、一致しなかったという報告もある。また、国内の研究事例はあるものの、その数はまだあまり多くはない。筆者らは国内外の泥岩、砂岩に対してこの3種類の試験を実施し、結果の差について検討を行った。

超臨界 CO₂ および N₂ ガスを使用した試験を比較すると、両者のスレシヨルド圧力の差は流体系の表面張力の違いで説明出来る場合が多い。ただし、やや年代の若い泥岩の場合は、試料の固結状態が弱く同じ試料で繰返し試験を行うことが難しいため、状態の違いにより結果の差が生じる場合がある。一方、水銀圧入試験から推定されるスレシヨルド圧力は N₂ ガスから求められる値とほぼ同等か、それ以下になる場合が多い。これらは試料の異方性や不均質性の影響、および試料準備段階で生じる乾燥収縮による影響が考えられる。

日本国内で、遮蔽層の候補となる堆積層はかならずしも厚い、均質な泥岩層ではなく、細かな互層状となる場合も多い。このような場合、限られた数量の厳密な試験だけでなく、精度は低くても多数の試験結果を併用して評価を行うことが必要になることが想定される。従って、本研究で実施した検討は今後実際の貯留地点を選定する際にも重要と考えられる。

キーワード: スレシヨルド圧力, 遮蔽層, シール能力
Keywords: threshold pressure, seal layer, sealing efficiency

微視的内部構造からみた砂岩試料における剪断面近傍の透水性評価 Evaluation of permeability fault related damage zone in sandstone from a viewpoint of microstructure

佐藤 稔^{1*}; 竹村 貴人²; 高橋 学³; 安間 了¹

SATO, Minoru^{1*}; TAKEMURA, Takato²; TAKAHASHI, Manabu³; ANMA, Ryo¹

¹ 筑波大学, ² 日本大学, ³ 産業技術総合研究所

¹Tsukuba University, ²Nihon University, ³National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

断層周辺に形成されるダメージゾーンでは、断層面に近づくにつれて破碎作用が強くなることが知られている。断層面および断層近傍のダメージゾーンは、地下環境中での流体の移動に大きな影響を及ぼすため、石油開発やCO₂貯留、メタンハイドレート開発などの地下環境利用プロジェクトにおいては重要な地質構造要素である。断層の透水性に関しては原位置および室内で透水試験が行われており、砂岩層中の膠結された断層や、ガウジやカタクレーサイトを挟在する断層の透水性は母岩よりも低下し(Zhang and Tullis, 1998)、周辺のダメージゾーンでは母岩亀裂を含まない試料(インタクト試料)よりも透水性が高くなること示されている(Fowles and Burley, 1994)。本研究では室内透水試験でダメージゾーンと初期状態の岩石の透水性を比較するとともに、水銀ポロシメーターを利用して空隙率や空隙径分布の変化から透水性について考察した。

試料は宮崎県日南市で採取した砂岩を使用した。採取した砂岩を直径90mm、高さ180mmの円柱形に整形して一面剪断試験を行い、断層試料を作成した。さらにダメージゾーンの試料として断層面直交方向に直径50mm、高さ25mmの円柱試料を整形し、有効拘束圧5MPa、10MPaの条件でトランジェントパルス法(Brace et al. 1968)で透水試験を行った。透水試験では岩石内および試験機内の貯留性を考慮した厳密解(Hsieh et al. 1981)を求めた。また、剪断面直交方向に断層から遠ざかるように0-10mm、10-20mm、20-30mm、30-40mmとそれぞれ10mmのキューブを作成し、水銀ポロシメーターを用いて空隙率および空隙径分布を測定した。破壊させていない初期状態の試料も同様の形状に整形して試験を行った。

透水試験の結果、初期状態の試料では有効拘束圧5MPaのとき透水係数は 9.49×10^{-9} m/s、10MPaのとき 2.52×10^{-9} m/sであった。一方ダメージゾーンの試料では有効拘束圧5MPaのときの透水係数は 1.41×10^{-8} m/s、10MPaのときは 2.70×10^{-9} m/sと、初期状態の試料よりも透水係数が大きいという結果が得られた。水銀ポロシメーターでは、初期状態の試料では空隙率が7.9%であり、空隙径分布では0.1 μm付近の空隙径が卓越していた。ダメージゾーンの試料の空隙率は5%前後で、剪断面からの距離と空隙率の間に明瞭な相関は見られなかったが、空隙径分布では剪断面に近づくほど、0.1 μm付近の空隙径が減少し、0.5から10 μmの比較的大きい空隙径が増加する傾向が見られた。初期状態のよりもダメージゾーンの空隙率は減少しているが、測定した試料の不均一性によるものの可能性もあるため、測定数を増やして考察する必要がある。一方で空隙率が比較的小さいのに関わらず、ダメージゾーンの試料のほうが透水係数は大きいという結果から、剪断により岩石内部に微小割れ目の形成されたことや、粒子が再配列して空隙構造が偏在化したと考えられる。

キーワード: 透水係数, 透水試験, 水銀ポロシメーター, 空隙系分布, せん断試験

Keywords: permeability, permeability test, mercury porosimetry, pore-size distribution, shear test

注水誘発地震について：堆積岩を用いる室内 AE 実験による洞察
Injection-induced seismicity: insights gained from laboratory AE study using sedimentary rocks

雷 興林^{1*}; 李 霞穎²; 李 琦²

LEI, Xinglin^{1*}; LI, Xiaying²; LI, Qi²

¹ 産業技術総合研究所, ² 中国科学院武汉岩土力学研究所

¹Geological Survey of Japan, AIST, Japan, ²Institute of Rock and Soil Mechanics, Chinese Academy of Science

Injection-induced seismicity associated with applications, in which fluids are intensively pressed into deep formations such as Enhanced Geothermal System (EGS), fracking shale gas, geological sequence of CO₂, have attracted growing attentions. Motivated by the desire to better understand the mechanism of damaging events so that they can be avoided or mitigated, we have started an integrated study on rock fracturing and fault reactivation in multiscales. In the present paper, we present some preliminary results of an ongoing experimental study utilizing acoustic emission technique in laboratory. Samples of typical sedimentary rocks collected from Sichuan basin, China, where a number of injection-induced seismic swarms with sizable earthquakes ranging up to M₄~5 have been observed in some gas/oil reservoirs. Since most injection-induced earthquakes are located in sedimentary formations of a wide range of lithology and depth, the fracturing behaviors of such rocks are thus important. In order to investigate the role of over pressured fluid in triggering fault instability, the authors carried out two rock fracture tests under tri-axial compression in laboratory. Detailed space-time distribution of acoustic emission due to microcracking was used to examine pre-failure damages and failure behaviors. Our experimental results demonstrate that dolomitic limestone, shale, and porous sandstone from the Sichuan basin show both brittle and ductile fracturing behaviors depending on a number of factors, including drainage condition and confining pressure.

キーワード: AE, 微小破壊, 岩石破壊, 注水誘発地震, 堆積岩

Keywords: Acoustic emission (AE), Microfracture, Rock fracture, Injection-induced earthquake, Sedimentary rocks

松代群発地震に関係した深部地下水の水質再構成：CO₂ 動的漏洩のナチュラル・アナログ研究でのシミュレーション条件整備
Geochemical reproduction of deep water related to Matsushiro earthquake swarm for TOUGH-FLAC simulation

奥山 康子^{1*}; 船津 貴弘¹; 藤井 孝志¹
OKUYAMA, Yasuko^{1*}; FUNATSU, Takahiro¹; FUJII, Takashi¹

¹ 産総研地圏資源環境研究部門

¹Institute for Geo-Resources and Environment, AIST

CO₂ 地中貯留では、貯留にともない地下の間隙流体圧が上昇することで、岩盤の動的応答（貯留層・キャップロックの変形による地表面隆起、微細な破断による微小地震の発生、既存の潜在断層の再活動など）が発生したり、これらが高じて貯留 CO₂ が漏洩することが懸念されている。このような動的現象を起こさない、貯留継続可能な地下流体圧の変化を予測する手法として注目されるのが、「岩石力学-流体流動連成シミュレーション」である。産総研ではアメリカ、ローレンス・バークレイ国立研究所が開発した TOUGH-FLAC (Rutqvist et al., 2002) を、軟岩岩盤を対象とするわが国の CO₂ 地中貯留に適用可能とする研究を行っている (Funatsu et al., 2012)。このシミュレーション研究では、CO₂ の地下流動と岩盤変位などのデータを必要とする。本研究ではこれらのデータとして、長野県松代地域で 1965-1967 年にかけて起きた「松代群発地震」とそれに伴う地盤隆起および CO₂ 質塩水湧出の観測データを用いている。研究手法としては、CO₂ 地中貯留の漏洩事象に対するナチュラル・アナログ研究と言える。

地中貯留に伴う地下での CO₂ の流動に対しては、貯留にかかる堆積岩層を満たす地層水の塩分が、CO₂ の溶解を通して影響するとされる。このため CO₂ 地中貯留のシミュレーションでは、初期条件として地質モデル内の水質流体の塩分濃度を与える必要がある。地層水の初期組成は、研究対象とする地域での深井戸の水質に基づき推定し、初期条件として与えることが出来る。加えて松代群発地震をナチュラル・アナログとする TOUGH-FLAC シミュレーションでは、岩盤（地質モデル）に動的変化を起こすために塩水と CO₂ をモデル内に圧入する。そこで、これらについて妥当な値を設定する必要がある。松代群発地震を対象とした先行研究 (Cappa et al., 2009) では、圧入塩水の塩分濃度を 5mg/l と設定している。しかし対象地域の坑井水の地球化学的研究からは、群発地震に関係した初源的深部水の塩分濃度ははるかに高かったと推定されている (鬼澤・塚原, 2001; 吉田ほか, 2002)。

われわれは、2010-2011 年にかけて行った松代地域の調査で、深層水の影響が認められる湧水・坑井水の試料を得た。それらの水質および酸素・水素同位体比には、先行研究と共通した特徴が認められた。坑井水の酸素・水素同位体比は、同位体比の小さな側で天水線と交差し、天水線よりも緩傾斜の別の線上に落ちる。このことは坑井水の酸素・水素同位体比が、天水と、それより重い安定同位体に富む水との混合により決まることを意味する。地球化学的特性から、松代地域の深部水はマグマ起源と考えられている。坑井水の安定同位体比が乗る線の延長には、Giggenbach(1992) が提唱した "andesitic water" の領域が存在する。そこで、初源的な水の酸素・水素同位体比が andesitic water の最小値にあると仮定し、現在得られる最も深い坑井水の同位体比から希釈率を見積もった。そのうえで、求めた希釈率とこの水の水質に基づき、初源的深部水の水質を求めた。得られた塩分濃度は、海水並みであった。同様に HCO₃ について推定した初期濃度から、松代シミュレーションで想定する温度・圧力条件では CO₂ 関連溶存種は過飽和であったと考えられる。

キーワード: CO₂ 地中貯留, 松代群発地震, ナチュラル・アナログ, 動的漏洩, TOUGH-FLAC, 塩分濃度

Keywords: CO₂ geological storage, Matsushiro earthquake swarm, natural analogue, dynamic leakage, TOUGH-FLAC, salinity

大規模CO₂地中貯留サイトにおける微小振動観測（その3） —なぜCranfieldサイトで微小振動が観測されていないのか？— Seismic monitoring at the commercial-scale CO₂ geological storage site, Cranfield, U.S (Part 3)

高岸 万紀子^{1*}; 橋本 励¹; 堀川 滋雄²; 楠瀬 勤一郎³; 薛 自求¹
TAKAGISHI, Makiko^{1*}; HASHIMOTO, Tsutomu¹; HORIKAWA, Shigeo²; KUSUNOSE, Kinichiro³; XUE, Ziqu¹

¹ 公益財団法人 地球環境産業技術研究機構, ² サンコーコンサルタント株式会社, ³ 独立行政法人 産業技術総合研究所
¹RITE, ²Suncoh Consultants Co., Ltd., ³AIST

CO₂ 地中貯留に起因する微小振動発生の可能性が議論されている。圧入によって生じる微小振動は、海外のCO₂ 圧入サイトによるモニタリング事例を踏まえてもマグニチュードが小さな無感のイベントであると報告されている。しかしながら、CCSの実施においては、特に世界有数の地震発生国である日本でCCS実施を考えた場合、安全性評価や社会的受容性の観点から圧入サイトにおける微小振動モニタリングが必須である。

RITEでは、米国のローレンス・バークレー国立研究所(LBNL)、テキサス大学地質研究所(BEG)連携して米国大規模CO₂ 圧入サイトで長期間に及ぶ微小振動観測を行い、CO₂ 圧入と微小振動発生との関係性について調査研究を行っている。この観測で得られる知見を用いて将来の国内のCCS実証試験や、CCSの実用化の段階に必要な微小振動観測手法について検討・構築することを目的としている。

観測サイトは米国ミシシッピ州のCranfield油田である。この油田ではCO₂-EORにより原油の増進回収を実施している。2008年から年間100万tの大規模CO₂ 圧入を実施しており、現在までに400万トン以上のCO₂ が深度約3.1kmに位置する白亜紀の砂岩層(孔隙率20~30%、浸透率10~200mD)に貯留されている。RITEではCranfield油田において微小振動観測網を構築し、2011年12月より連続観測を実施している。観測網は、半径約3kmの円周上6地点で深度100mに設置した3成分微小振動計から構成される。データ収録は24bitの分解能を有する速度計によってサンプリング周波数200Hzで実施されている。

観測開始から現在までに2年以上が経過しているが、Cranfieldサイトで微小振動は観測されていない。観測波形は観測開始以来コンピュータ処理と目視によって処理されているものの、トリガーされた波形は全て工事や車両の通行などによる人工ノイズ、落雷や突風などの気象の変化に伴うノイズ、自然地震に分類されている。

本報告では、この観測結果を踏まえて、なぜCranfieldサイトで微小振動が観測されなかったのかについて数値計算とサイトの圧力変動などの情報を元に考察を行う。まずは、我々が構築した観測網の検知能力を調べるために、本観測網で観測できる最小マグニチュードを推定した。具体的には、特定のマグニチュードを与えた場合の波形を合成し、その波形を観測網のノイズレベルと比較した。この結果、震源距離3.2km(水平距離1km、貯留層深度3.1km)において、鉛直方向でMw0.7以上、水平方向でMw0.4以上のマグニチュードを持つイベントが観測可能であることが明らかとなった。また、観測能力以上の微小振動がサイトで発生していない理由について、Cranfieldにおける過去の石油生産活動や既往の研究等を元に考察を行う。

謝辞：本研究は経済産業省委託事業「二酸化炭素回収貯蔵安全性評価技術開発事業」の一環として行われた。

キーワード: CO₂ 地中貯留, 微小振動観測, 流体圧入

Keywords: CO₂geological storage, Seismic monitoring, fluid injection

Bio-CCSに関する総合的なリスク評価の取り組み(2) Risk Assessment Study of Bio-CCS (2)

田中 敦子^{1*}; 坂本 靖英¹; 東野 晴行¹; 鈴木 昌弘¹; 加野 友紀¹; 眞弓 大介¹; 西 祐司¹; 中尾 信典¹
TANAKA, Atsuko^{1*}; SAKAMOTO, Yasuhide¹; HIGASHINO, Haruyuki¹; SUZUMURA, Masahiro¹; KANO, Yuki¹;
MAYUMI, Daisuke¹; YUJI, Nishi¹; NAKAO, Shinsuke¹

¹ (独) 産業技術総合研究所

¹National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

CO₂ 地中貯留 (CCS) の重要な候補サイトの一つとなっている枯渇油ガス田には未回収の原油が半分以上残されており、原位置微生物の機能を活用して原油をメタンに変換できれば、新たなエネルギー資源の創出が可能となる。近年、眞弓らは、油ガス貯留層内の微生物によるメタン生成能力が CO₂ 分圧の上昇によって活性化されることを見出した。これは CCS サイトにおける天然ガス資源の創成の可能性を示す発見と言える。

将来的に地下環境における微生物活動を考慮した新たな CCS 技術を確立するためには、メタン生産量や CO₂ 固定量の定量的な評価手法の確立が課題となる。本研究は、CCS と微生物機能を融合したエネルギー生産技術のアウトプットの定量的な評価を行い、新技術の適用性と効果を評価する微生物?地質統合モデルを開発するもので、次の2つのサブテーマによって実施している。

1) CCS と微生物機能の働きの微生物学的な解明

2) CCS と微生物機能の融合効果の便益の評価

本発表では、サブテーマ 2) の、CCS プロセスにおける地層モデルの挙動とメタン産出についてのリスク評価を含む便益の分析についての見当の途中経過を発表する。

キーワード: CO₂ 地中貯留, CCS, メタン細菌, フィージビリティスタディ, リスクアセスメント, メタンガス

Keywords: CO₂ Geological Storage, CCS, Methanogenesis, Feasibility study, Risk assessment, Methane gas

Horizontal wells placement optimization for CO₂ geological storage in confined aquifers subjected to brine recycling

Horizontal wells placement optimization for CO₂ geological storage in confined aquifers subjected to brine recycling

Vilcaez Javier^{1*} ; Li Hualong¹ ; Sato Kozo¹
VILCAEZ, Javier^{1*} ; LI, Hualong¹ ; SATO, Kozo¹

¹Graduate School of Engineering, The University of Tokyo

¹Graduate School of Engineering, The University of Tokyo

Geological storage of CO₂ has potential of mitigating CO₂ emissions into the atmosphere. CO₂ in geological formations can be trapped through solubility, residual, mineral, and structural trapping mechanisms. Of these trapping mechanisms structural trapping is likely to be the least secure because CO₂ accumulated at the cap-rock can potentially leak through pressure-induced fractures in the cap-rock.

In order to maximize the trapping of CO₂ and at the same time prevent the leakage of CO₂, placement of injection and production wells were optimized in a saline aquifer subjected to brine recycling under the constraint of a fixed maximum bottomhole pressure which corresponds to the breakthrough pressure of the cap-rock. Contrary to previous well placement optimization studies, in this study the target geological formation is a confined saline aquifer, permeability is heterogenous (10 - 100 md), and wells for CO₂ and brine injection are horizontal. TOUGH2-ECO2N and an iterative Latin hypercube sampling optimization method were employed for the multiphase flow and optimization calculations, respectively. Optimization variables included the locations of two CO₂ injection wells and one brine production well, as well as the injection rate of CO₂. The total volume of the geological model is 20 km × 20 km × 0.1 km which has 4 layers initially containing only brine at a temperature of 40 °C and pressure of 10 MPa at the top layer. Simulations were performed for 30 years of CO₂ injection at rates of 5 - 20 kg/s, and 10 years of brine production and/or recycling. The two injection wells for brine recycling were located above the two CO₂ injection wells.

Optimizations of wells placement were performed for two scenarios: 1) injection of CO₂ without brine recycling, and 2) injection of CO₂ with brine recycling. Our optimization results indicate that placing brine injection wells above CO₂ injection wells in conjunction with equal fractions of brine recycling and CO₂ injection to each well leads to highest amounts of dissolution and residual trapping of CO₂. The trapping of CO₂ was improved by 5.4% with brine recycling in comparison to the trapping of CO₂ obtained without recycling (13.26 Mt). Although CO₂ was confirmed to be produced along with brine from production wells located near the injection wells, placement of the production well has shown to have little to no affect on the trapping of CO₂ under the given conditions. With regard to the optimal placement of injection wells, 3 and 6 potential areas were clearly identified for scenario 1 and 2, respectively. It is theorized that heterogeneous permeability formations may have multiple local optima; however this is yet to be confirmed.

Keywords: CO₂ geological storage, Well placement, Brine recycling, Optimization

CO₂ マイクロバブル地中貯留岩盤とその溶解特性 Reservoir Rocks of CO₂ Micro-Bubble Storage (CMS) and its Dissolution Characteristics

鈴木 健一郎^{1*}; 三好 悟¹; 人見 尚¹; 奥澤 康一¹; 三井田 英明²; 結城 則行²

SUZUKI, Kenichirou^{1*}; MIYOSHI, Satoshi¹; HITOMI, Takashi¹; OKUZAWA, Koichi¹; MIIDA, Hideaki²; YUKI, Noriyuki²

¹ (株) 大林組, ² エンジニアリング協会

¹Obayashi Corporation, ²Engineering Advancement Association of Japan (ENAA)

CCS 技術による温室効果ガス削減のポートフォリオの1つに CO₂ マイクロバブル地中貯留 (CMS) システムが提案されている。CMS の基本は、CO₂ 溶解水を地下水と置換することである。マイクロバブル化した CO₂ は溶解すると安定で、残留バブルも浮力が極めて小さいため漏洩リスクも少ない。CO₂ 溶解水は弱酸性となるため、周辺の岩石鉱物と反応し、いわゆる中和化される。しかし岩盤の中和能力については完全に評価されていないのが現状である。

この研究では、石灰岩、砂岩、凝灰岩を用いてマイクロバブルによる CO₂ 溶解水を用いた溶解実験を実施し、溶解特性を調べた結果について報告する。大気圧下でのバッチ式溶解試験と通液式溶解試験を実施し、溶解速度、溶出イオンを調べ、国内の岩盤分布から中和化可能な貯留岩盤について議論した。

CO₂ 貯留層を模した条件下におけるドーソナイトの合成・溶解実験 Dawsonite synthesis/dissolution experiment under the relevant condition of CO₂ under- ground storage

高谷 雄太郎¹; 中村 謙太郎^{2*}; 加藤 泰浩¹
TAKAYA, Yutaro¹; NAKAMURA, Kentaro^{2*}; KATO, Yasuhiro¹

¹ 東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター, ² 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻

¹Frontier Research center for Energy and Resources (FR CER), Graduate School of Engineering, University of Tokyo, ²Department of Systems Innovation, Graduate School of Engineering, University of Tokyo

Geochemical trapping is a mechanism for defining the longer-term security of CO₂ underground storage. Especially, mineral trapping improves the storage security by the transformation reaction of injected CO₂ (liquid or supercritical phase) to carbonate minerals.

Recently, several studies based on the computer simulation predicted the formations of dawsonite (NaAlCO₃ (OH)₂) as an initial phase of mineral trapping and that dawsonite may play important role for the storage security in the early stage of CO₂ storage. However, it has not been reported the formation of dawsonite in the experiments under the relevant condition of the CO₂ underground storage to date and the problem "whether dawsonite will be formed in the CO₂ reservoir and will contribute the improvement of the CO₂ storage security" is still remaining.

In this study, therefore, we conduct the synthesis/dissolution experiments of dawsonite under the CO₂ reservoir condition and discuss the formation/preservation condition of dawsonite. We further discuss the possibility of dawsonite formation in the CO₂ reservoir based on our experimental results.

キーワード: CO₂ 地中貯留, 鉱物トラッピング, ドーソナイト

Keywords: CO₂ underground storage, mineral trapping, dawsonite

人工水和物シール層下への二酸化炭素貯蔵 Liquid carbon dioxide storage beneath man-made hydrate-seal layers

大隅 多加志^{1*}; 志田原 巧²
OHSUMI, Takashi^{1*}; SHIDAHARA, Takumi²

¹ 東海大学理学部, ² 株式会社ニュージェック
¹ School of Science, Tokai University, ² NEWJEC Inc.

1989年、水深1335m水温3.8℃の沖縄トラフ海底面で Sakai *et al.* (1990) が天然の二酸化炭素水和物 (CO₂ 水和物) を発見したことは、人為起源二酸化炭素の大気からの隔離法を模索しはじめていた当時の研究者たちに大きな刺激を与えた。日本列島の海岸から遠くない沖合は、とりわけ日本海側では約300m以深に「日本海固有水」があり、4.4 MPa以上10℃以下というCO₂水和物が分解しない安定条件にある。この条件に適する海底に対して海岸からの大偏距坑井で直接にアクセス可能な地点数も全国で十指にあまる(大隅, 2013)。Sakaiらの観察例の場合、CO₂水和物は海底面表層堆積物間隙中にも存在していると想定され、CO₂・nH₂Oの密度 ($n = 7 \sim 8$ で $\rho = 1.07 \sim 1.04 \text{ g cm}^{-3}$) が底層水密度より大きい場合、その厚さが薄くても、直下に存在するはずの液体二酸化炭素を主成分とする流体 ($\rho = 0.92 \text{ g cm}^{-3}$ と推算される) の漏出に対しての有効なバリアとして機能する。

Koide *et al.* (1997) は、海底下の堆積物や岩石の間隙中で生成する可能性のあるCO₂水和物は、下位の層準に存在する流体が間隙水や地層水よりも密度が低い場合、その上昇を妨げると指摘している。貯留CO₂が上方へ移行して水和物capを生成するとした。これをうけて、CO₂水和物で充填されたシール層を人為的に生成させることができるかの工学的検討例も多い。この際、高圧低温の安定条件でもCO₂水和物が海底面に露出していれば溶解を免れない。しかし、大隅(2012)は、CO₂水和物層上面から海底までに堆積層が厚さ1m程度もあれば、堆積物間隙水中のCO₂(aq)溶質移行は濃度拡散過程が律速となり、CO₂漏出流速が0.1 kg-CO₂ m⁻² y⁻¹以下に抑えられるとしている。

伊豆大島東岸は、沖合海底斜面が相模トラフに急激に落ち込んでいて、最短距離1.1kmの沖合に440mの等深線が迫っている。その水温は年間を通じて10℃を超えないため、CO₂水和物の安定領域が海底面に広く分布する。海底下の地質は数十万年前の「古い火山体」であり、現在の伊豆大島火山の火山活動と同様の特徴を持つとすれば、玄武岩溶岩/火山砕屑物の互層であろう。水平方向に透水性の高い層を選んで層内間隙にCO₂水和物を生成させてシール機能をもたせることができれば、より下位の地層内に液体CO₂を貯蔵することが可能となる。池川ら(2012)は、CO₂エマルジョン流体を地層内に圧入する方法を提案し、流路の閉塞を回避して坑井から地層内に遠方までCO₂を送り込めることを示している。この方法でシール層を作成できれば、この地点での二酸化炭素貯蔵の可能性は魅力的である(付図参照)。

海岸線に沿う方向5km×沖合方向1kmの矩形の範囲において、海底下の有効層厚200mについて有効孔隙率10%分の液体CO₂貯蔵量を考えればCO₂貯留ポテンシャル量は約1億トンとなる。

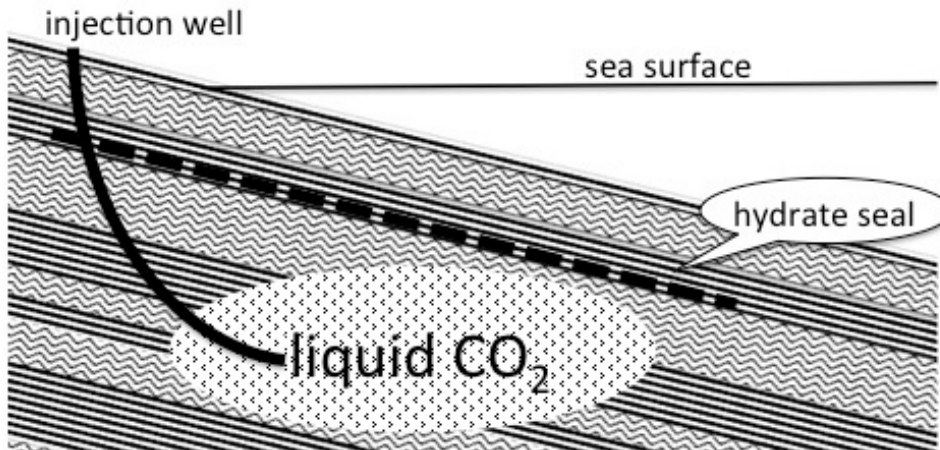
参考文献: 池川洋二郎ほか(2012) 電力中央研究所研究報告 N11024; Koide *et al.* (1997) *Energy* **22**(2/3) 279-283; 大隅多加志(2012) 二酸化炭素クラスレートの海底下埋設, 第23回海洋工学シンポジウム; 大隅多加志(2013) 日本火山学会講演予稿集(2013年度秋季大会) 152-154; Sakai *et al.* (1990) *Science* **248**, 1093-1096.

キーワード: 人工シール層, 二酸化炭素回収貯留, 水和物シール, 伊豆大島, 大偏距掘削, 二酸化炭素/水エマルジョン
Keywords: man-made seal layer, CCS, hydrate seal, Izu-Oshima Island, Extended Reach Drilling, CO₂-in-water emulsion

HRE31-11

会場:419

時間:5月2日 12:15-12:30



X線CT画像のビームハードニング偽像を抑制できるタングステン系造影剤の提案 Use of sodium polytungstate as an X-ray contrast agent to reduce beam hardening in hydrogeological experiments

中島 善人^{1*}
NAKASHIMA, Yoshito^{1*}

¹産総研
¹AIST

X線 computed tomography (CT) は、試料を非破壊でイメージングできるので (中島・中野, 2013)、室内実験のモニタリングツールとして地球科学で汎用されている。たとえば CO₂ 地中貯留や石油 EOR に関する室内実験では、コア試料の相対浸透率曲線の横軸 (流体置換率) や残留油 (あるいは残留ガス) 飽和度の高精度計測を目的として、多孔質なコア試料内部の複雑なダルシー流れを X線 CT を用いて可視化している。その際、高濃度のヨウ素造影剤を流体にドープするのが一般的であるが、ヨウ素を使うとビームハードニング偽像 (多色性 X線が原因で、均一試料にもかかわらず試料表面から内部に行くほど画像が暗くなる現象) が強くなり、定量的な CT 画像解析が困難になる危険がある。さまざまな造影剤を想定した CT 画像計算機シミュレーション研究 (Nakashima and Nakano, 2012; Nakashima and Nakano, 2014) は、ヨウ素より K 吸収端のエネルギーが大きい造影剤が優秀 (ビームハードニングを抑制するという意味で) であることを示唆している。そこで、今研究では、タングステンを含む造影剤 (ポリタングステン酸ナトリウム、Na₆H₂W₁₂O₄₀) を実験的に試してみた (Nakashima, 2013)。内径 56mm のプラスチック円筒容器に粒径約 200 ミクロンの豊浦標準砂を空隙率 39vol.% で充填し、その空隙をヨウ素系 (KI 9.16 wt%) とタングステン系 (Na₆H₂W₁₂O₄₀ 8.80 wt.%) の 2 種類の造影剤を含む水溶液で満たし、医療用 CT で二次元スライスを撮影した (加速電圧 130kV, 5mm slice thickness, ビームハードニング補正処理なし)。結果は、図 1 のとおり、タングステン系造影剤の方がビームハードニングを抑制していることが確認できた。ポリタングステン酸ナトリウムは、ヨウ素同様に重元素が陰イオンである (粘土鉱物表面に吸着されない) うえに、重元素化合物には珍しく比較的化学的に安定で人体に無害であり、重液としてすでに商品化されているので、ヨウ素よりビームハードニング偽像を抑制できる造影剤として今後期待できる。

謝辞:

医療用 CT 実験は、高知大学海洋コア総合研究センター共同利用研究 (13B034) のもとで海洋研究開発機構の協力により実施された。

参考文献:

- Nakashima, Y. and Nakano, T. (2012) *Analytical Sciences*, 28, 1133-1138. <http://dx.doi.org/10.2116/analsci.28.1133>
Nakashima, Y. (2013) *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 61, 347-351. <http://dx.doi.org/10.2478/johh-2013-0043>
中島善人・中野 司 (2013) *GSJ 地質ニュース*, vol.2, No.3, 86-90. https://www.gsj.jp/data/gcn/gsj_cn_vol2.no3.86-90.pdf
Nakashima, Y. and Nakano, T. (2014) *Journal of X-Ray Science and Technology*, 22, 91-103. <http://dx.doi.org/10.3233/XST-130411>

キーワード: ビームハードニング, X線CT, 造影剤, ダルシー流, 相対浸透率, 多相流

Keywords: beam hardening, contrast agent, Darcy flow, porous media, multi-phase flow, relative permeability

HRE31-P01

会場:3 階ポスター会場

時間:5 月 2 日 16:15-17:30

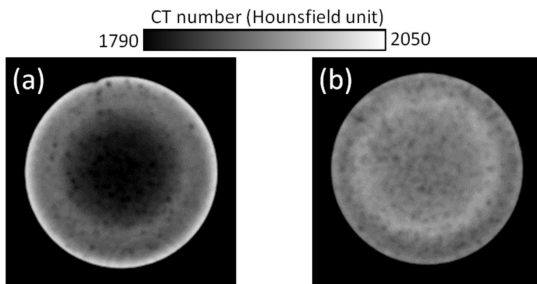


Fig. 1. Two-dimensional CT slices of homogeneous sand pack samples (diameter, 56 mm) saturated with a heavy-element-bearing fluid. Each image dimension is 210^2 voxels = 66^2 mm². The image for KI 9.16 wt.% (a) shows marked beam hardening compared with Na₆H₂W₁₂O₄₀ 8.80 wt.% (b). Numerous dark spots are small bubbles.

テキサス州ファンズワース CO₂-EOR サイトでの重力モニタリング Gravity monitoring at the Farnsworth CO₂-EOR site, TX

杉原 光彦^{1*}; 名和 一成¹; 相馬 宣和¹; 石戸 経士¹; 宮川 歩夢¹; 田中 明子¹; 西 祐司¹
SUGIHARA, Mituhiko^{1*}; NAWA, Kazunari¹; SOMA, Nobukazu¹; ISHIDO, Tsuneo¹; MIYAKAWA, Ayumu¹; TANAKA, Akiko¹; NISHI, Yuji¹

¹ 産総研

¹ AIST

基準点で絶対重力測定を行いつつ可搬型相対重力計で観測網を巡回測定することを繰り返すハイブリッド重力モニタリングはよく適用される。私たちは、ハイブリッド重力モニタリングに超伝導重力計による高感度重力連続測定を加えたスーパーハイブリッド重力モニタリングをテキサス州ファンズワース CO₂-EOR サイトで実施している。2014 年春に予定される CO₂ 圧入開始の前にベースライン測定を行ってきた。超伝導重力計 iGrav による連続測定は 2013 年 1 月から始め、一時中断後、2013 年 12 月から再開した。蓄積された連続観測記録は潮汐成分解析の際に平均的な気圧応答も評価した。さらに並行して実施している気象観測記録（気圧、降雨量、積雪量、土壌水分など）との比較によって、平均的な気圧応答の他に、局所的な気圧変化や地下水分布変化の影響を解析した。調査地域の地上部は灌漑システムに支えられた大規模農場があり、地下水の影響と灌漑による地下水のくみ上げと土壌水分の変化も質量変化に効くと予想される。そこで灌漑システムの稼働状況のモニターも実施して影響を見積もった。本研究は、経済産業省からの委託研究「平成 25 年度二酸化炭素回収・貯蔵安全性評価技術開発事業（弾性波探査を補完する CO₂ 挙動評価技術の開発）」の一部として実施した。

キーワード: ファンズワース, CO₂ 地中貯留, EOR, 重力モニタリング, 超伝導重力計

Keywords: Fansworth, CO₂-EOR, gravity monitoring, superconducting gravimeter

内水氾濫発生箇所における地形特性—簡易予測手法構築のための基礎的検討として

Analysis of topographical characteristics of flooded areas for constructing simple warning system of pluvial flooding

佐藤 李菜^{1*}; 小口 高²
SATO, Rina^{1*}; OGUCHI, Takashi²

¹ 東京大学大学院新領域創成科学研究科, ² 東京大学空間情報科学研究センター

¹Graduate School of Frontier Science, The University of Tokyo, ²CSIS, The University of Tokyo

Pluvial flooding is a major disaster in Japanese urban areas. Physical models are often used for assessing pluvial flood risk, but the models are complex. Therefore, this study aims to analyze topographical characteristics of flooded areas in the 23 wards of Tokyo as the basis for constructing a simple warning system. At first, we extracted four factors as topographical characteristics: depression depth, catchment volume, elevation difference and slope using a digital elevation model (DEM) for the whole study area, but there were some problems when the methods were simply applied to the DEM. Accordingly, we extracted the factors only for roads, and then compared the obtained values for flooded and non-flooded areas. According to t-test, there were significant differences between the two types of areas for all factors. However, similar values sometimes occur for these areas, indicating that not only topography but also rainfall and drainage systems should be analyzed in future work.

キーワード: 内水氾濫, 地形特性, 道路, DEM, GIS

Keywords: pluvial flooding, topographical characteristics, road, DEM, GIS

Effect of the definition of a single rainfall event on the rainfall threshold of mass movements
Effect of the definition of a single rainfall event on the rainfall threshold of mass movements

陳麒文^{1*}; 小口高¹
CHEN, Chiwen^{1*}; OGUCHI, Takashi¹

¹ 東京大学大学院 自然環境学専攻
¹Department of Natural Environment Studies, The University of Tokyo

This study analyzes mass movements caused by rainstorm and typhoon events in Taiwan during 2006 to 2012. Data for 263 mass movement events were collected from the reports of the Soil and Water Conservation Bureau of Taiwan, including 172 landslides and 107 debris flows caused by nine frontal rainstorm events and 15 typhoon events. After checking the location of each event, we compiled relevant rainfall data by interpolating data from the surrounding rain gauges. This approach is useful to analyze rainfall conditions for the events and discuss the mechanism of the rainfall-induced mass movements. This study uses two different definitions of a single rainfall event in relation to the triggering of mass movements. One is defined as a period from the time when hourly rainfall becomes greater than 4 mm to the time when the hourly rainfall becomes less than 4 mm for the next six consecutive hours. The other is defined as a period delimited by a non-rainfall period of more than 24 h. These two definitions gave significantly different results concerning the rainfall condition of mass movements. The first definition represents higher rainfall intensity, shorter duration and less cumulative rainfall. The second definition represents lower intensity, longer duration and more cumulative rainfall. We also used the rainfall intensity-duration (*I-D*) relationship from these two definitions to establish two *I-D* thresholds of mass movements in Taiwan. Comparing the thresholds from this study to those for Taiwan and Japan from previous studies, we found that the definition of a single rainfall event and the number of data are two important factors affecting the rainfall threshold of mass movements.

Keywords: mass movements, rainfall event, landslides, debris flows, I-D threshold

Implementation of Random Forest in landslide susceptibility study, a case study of the Tokamachi area, Niigata, Japan

Implementation of Random Forest in landslide susceptibility study, a case study of the Tokamachi area, Niigata, Japan

PAUDEL, Uttam^{1*} ; OGUCHI, Takashi²
PAUDEL, Uttam^{1*} ; OGUCHI, Takashi²

¹Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, ²Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo

¹Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, ²Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo

Random Forest (RF), a bagged trees ensemble, is widely appreciated for its superiority amongst classification algorithms and is popular in various fields of data mining. However, the application of RF in susceptibility analysis of landslide hazard remains very limited. This study highlights the results of such an attempt. The study area was selected on the basis of landslide density distribution. A density map of landslide distribution in Japan was prepared from the landslide inventory provided by the National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED). The Tokamachi area in Niigata Prefecture has a very high density of events and was thence selected for this study. Seven topographic factors (aspect, curvature, drainage density, elevation, plan curvature, profile curvature, and slope) derived from the 10 m DEM obtained by the Geospatial Information Authority of Japan (GSI) were used for the analysis. The classification data concern 9747 landslide events and 20685 randomly generated instances from the areas with no landslides. Unlike the values of a centroid used in many other studies, each landslide event in the classification data was represented by a mean of values of the respective factors in each landslide feature. Information gain for each factor was also evaluated and it was found that the profile curvature is the most effective factor in classifying landslides in the area, whereas elevation is the least effective. A 10-fold cross validation of the RF model with 200 trees resulted in an 'out of bag error' of 0.1443, an accuracy of 85.87%, and an ROC area of 0.926. These results suggest the suitability of RF in susceptibility analysis, the stability of which can be further strengthened with an increase of factors and the number of trees.

キーワード: Landslide susceptibility, GIS, Machine learning, Random Forest
Keywords: Landslide susceptibility, GIS, Machine learning, Random Forest

Viewshed analysis of the trails in SriPada mountain area in Sri Lanka Viewshed analysis of the trails in SriPada mountain area in Sri Lanka

SIRIWARDANA, Halgamage malinda^{1*}
SIRIWARDANA, Halgamage malinda^{1*}

¹University of Tsukuba

¹University of Tsukuba

Each year about 3 millions of people climb SriPada Mountain. The trail system around SriPada in the Peak Wilderness has been used over centuries in good harmony. According to local people, there used to be 18 trails to reach the top of SriPada Mountain. Some of those trails were rarely used and thus getting vanished over time. This research focuses on analyzing Viewshed and the flow of people along some of the trails.

カンボジア中央部の2000年代以降における森林減少要因の地理空間分析 Geospatial analysis of deforestation factors in central Cambodia after 2000s

松浦 俊也^{1*}; 宮本 麻子¹; 倉島 孝行¹; 佐野 真琴²; チャン ソファール³; パク チェリー³; レン チビン³
MATSUURA, Toshiya^{1*}; MIYAMOTO, Asako¹; KURASHIMA, Takayuki¹; SANO, Makoto²; CHANN, Sopha³; PAK,
Chealy³; LENG, Chivin³

¹ 森林総研, ² 林野庁, ³ カンボジア森林局

¹FFPRI, ²Forestry Agency, ³Forestry Administration Cambodia

Reducing emissions from deforestation and forest degradation; and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries (REDD-plus) have attracted interest in Southeast Asian countries where deforestation has been a serious issue. To estimate future deforestation, the REDD-plus requires analyses of trends in land cover changes and the effects of various factors including infrastructure development, national policies and natural environment such as topographic conditions. This study analyzed the spatial characteristics and important factors of recent deforestation by taking eastern Kompong Thom, central Cambodia as an example.

We used three periods (i.e., 2002, 2006, 2010) of forest cover maps produced by Cambodian Forestry Administration (FA) and an object-based image analysis map made from Landsat 8 imagery taken in January 2014. We examined three types of geographic factors, namely, (1) distances from roads, rivers/water bodies, settlements, and forest edges (2) terrain features, e.g., gradient and relative slope position generated from 90-m SRTM DEM, and (3) zoning categories such as forest concession, economic land concession (ELC), community forestry and protected forest, in order to clarify the trend and explanatory variables of deforestation. All the spatial data were converted into 90 m resolution raster. A generalized linear model (GLM) with logit link function (i.e., logistic regression) was then used to analyze the effect of each factor on deforestation.

Between 2002 and 2006, deforestation mainly occurred in canceled forest concessions. During the period 2006-2010, this trend of deforestation accelerated particularly in and around the newly designated ELCs for rubber plantation. After 2010, deforestation further increased due to the development of small-scale agriculture by local farmers in addition to the newly designated ELCs. Factors consistently selected during the study periods with negative effects were “ forest concession ” and “ distance from forest edge ” . These indicate that deforestation occurred more readily in the canceled forest concessions and closer to forest edges. The magnitude of the effect of “ distance from roads ” has become smaller, indicating that recent deforestation occurred more in the forest interior. Gradient had a negative effect, highlighting the difficulties in farming on slopes. Community forestry and the protected forest established by the FA from the late 2000s also had negative effects on deforestation, indicating that these zoning have their value for forest conservation.

キーワード: レッドプラス, 土地利用被覆変化, 一般化線形モデル, 地理情報システム

Keywords: REDD-plus, land use/cover change, generalized linear model, GIS

ENSEMBLE-CELLULAR AUTOMATA (CA) MODELS FOR IMPROVING FOREST COVER CHANGE SIMULATION ENSEMBLE-CELLULAR AUTOMATA (CA) MODELS FOR IMPROVING FOREST COVER CHANGE SIMULATION

KAMUSOKO, Courage^{1*}
KAMUSOKO, Courage^{1*}

¹Asia Air Survey Co., Ltd

¹Asia Air Survey Co., Ltd

Reliable spatial simulation models are a prerequisite for understanding temporal and spatial forest cover changes. However, spatial simulation models require accurate transition potential maps, which represent the probability of change from one forest cover class to another. Previous studies have shown that conventional methods such as logistic regression, weights-of-evidence and neural networks fail to adequately model forest cover transition potential. The objectives of this study are to: (1) evaluate the performance of adaboost (AB) and random forests (RF) algorithms for computing transition potential maps, and (2) simulate forest cover changes using the computed transition potential maps and cellular automata (CA) model. Our results show that adaboost-CA and random forest-CA models produced better simulation accuracy than logistic regression/ weights of evidence-CA models. These results provide valuable insights, which can be used to improve transition potential modeling and forest cover change simulation in complex landscapes.

キーワード: Adaboost, Random forests, Cellular automata, Transition potential, Forest cover changes

Keywords: Adaboost, Random forests, Cellular automata, Transition potential, Forest cover changes

FOSS4Gを活用した衛星利用と環境劣化評価のためのキャパシティビルディング Capacity building initiative for satellite data utilization for evaluation of environmental degradation using FOSS4G

岩崎 亘典^{1*}; 森 亮³; 平敷 兼貴³; 嘉山 陽一⁴; 古橋 大地⁵; 升本 眞二²; 米澤 豪²; 吉田 大介²; ラガワン ベンカテ ユ シュ²

IWASAKI, Nobusuke^{1*}; MORI, Toru³; HESHIKI, Kanetaka³; KAYAMA, Yoichi⁴; FURUHASHI, Taichi⁵; MASUMOTO, Shinji²; YONEZAWA, Go²; YOSHIDA, Daisuke²; RAGHAVAN, Venkatesh²

¹ (独) 農業環境技術研究所, ² 大阪市立大学, ³ (株) オークニー, ⁴ 朝日航洋 (株), ⁵ マップコンシェルジュ (株)

¹National Institute for Agro-Environmental Sciences, ²Osaka City University, ³Orkney Inc., ⁴Aero Asahi corp., ⁵MAPconciierge

Recently, satellite image data become more and more easily accessible. For example, NASA provide MODIS and LANDSAT data as Open Data. ESA will provide Sentinel data free and open access for any user. In addition, GIS data will also become accessible under the influence of the global trend of promoting Open Data. In such circumstance, a demands for utilizing satellite images and GIS also have been growing steadily and widely. But, it is still complicated to get original satellite data and how to deal with it for for the non-specialist, such as public employees.

Under such circumstances, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology in Japan (MEXT) has considered the plan of removing the barriers on satellite data usage. From 2009 to 2014, we have taken part in this project, and have strived to overcome this problem through the following three points.

1. Developing the Free & Open Source Software for Geospatial (FOSS4G) tools, such as GRASS, QGIS, GDAL/OGR and Proj.4.
2. Making tutorial about processing and analyzing the satellite data with FOSS4G tools.
3. Constructing the e-learning contents of satellite data usage and conducting outreach activity and capacity building in not only Japan but also developing countries.
(cf. <http://www.osgeo.jp/foss4g-mext>)

In first three years, main targets of our project were Japanese and novice user. We translate QGIS and GRASS GIS menu and manuals into Japanese and improve such FOSS4G tools to adapt Japanese data format and projection. Also, basic and advanced the tutorials for satellite data utilization were published as e-book and e-learning system including video tutorials.

The software and knowledge base have been rapidly improved by our works. These achievements are anticipated to expand base of satellite data users and to create a new utilization scene for space derived products. One of the effective results from this project was shown in actions against the Tohoku Earthquake in 2011. Many people could collaborate on that software base and offered ortho-image of Tohoku region (i.e. Iwasaki et al. 2011, GISA-Japan).

Based on previous result, we are started next project to develop an evaluation system for environmental degradation based on above GRASS and QGIS. In the project we use Global Map (<http://www.iscgm.org/cgi-bin/fswiki/wiki.cgi>) as a fundamental information for evaluating environment. The project had started from 2102 and focused on natural hazard and environmental degradation, especially in developing countries. We will report the status and progress of the project.

キーワード: FOSS4G, 衛星データ, キャパシティビルディング
Keywords: FOSS4G, Satellite data, Capacity building

中国・杭州市における自然観光資源の評価 Assessment of Natural Landscape Resources for Tourism Development in Hangzhou, China

趙文琪^{1*}
ZHAO, Wenqi^{1*}

¹ 筑波大学大学院
¹ University of Tsukuba

This study aims to establish criteria based on various factors and then provide comprehensive assessment to the value of main natural landscape resources in Hangzhou, China. Twenty-two attractions in Hangzhou are selected to be the research objects of this study. Also, eight factors are selected as the criteria of this study, which are general scientific value, rarity, aesthetic value, integrity, scale, popularity, transportation and hotels. The model of Analytic Hierarchy Process(AHP) is utilized in this study to determine the weights of the 8 factors.

In order to collect the root data for determining AHP weights, a questionnaire form was sent out to 12 experts. The other data for measuring the 8 factors are collected from the previous papers, census and reports, the websites and pamphlets of the attractions, Google earth, and also collected by questionnaire survey to the public and doing fieldwork. ArcGIS is a supplementary tool for making evaluation with spatial distribution, especially being used when measuring the factors of transportation and hotels. After evaluating the attractions with abstract scores, rank the scores of the 22 attractions and see the spatial distribution with the map.

Hangzhou's natural landscape resources are mainly categorized into volcanic rock, Karst landform, granite, scenery with hills and waters, waterfall scenery, lakes, wetland and rivers. As the result of the assessment, 9 of the 22 attractions comprehensively have high value, and 10 of them have medium value, and the left 3 have low value. Hangzhou is originally famous for the West Lake, however, after the research it is learnt that the west region of Lin'an city also has abundant natural landscape resources with remarkable value, where should be paid more attention in the future development and preservation. As the suggestion to the future, it is better to construct more nature preserves and Geoparks in Hangzhou.

Keywords: Hangzhou, tourism, natural landscape resources, AHP, evaluation

Tsunami Vertical Evacuation Sites: A Case Study of Shizuoka City Tsunami Vertical Evacuation Sites: A Case Study of Shizuoka City

VOULGARIS, Gerasimos^{1*}
VOULGARIS, Gerasimos^{1*}

¹University of Tsukuba, Graduate School of Life and Environmental Sciences

¹University of Tsukuba, Graduate School of Life and Environmental Sciences

The City of Shizuoka directly faces the Nankai Trough which has given two M8.1 earthquakes in modern history (1944 and 1946), which were tsunamigenic. After the great Tohoku earthquake the Japanese government updated its worst case scenario for a tsunami from the Nankai trough, which is expected to have a maximum run-up of 34m. This study aims to use GIS in order to locate vertical evacuation sites in the City of Shizuoka within the existing urban structure, and to assess their potential in supporting the population for immediate evacuation under an extreme 34m run-up tsunami event. This study is still in its initial phase, however, spatial analysis of the current designated evacuation locations in the city indicates that under extreme circumstances only a very small minority of sites would remain if such an extreme tsunami were to happen. Therefore, there is an apparent need to investigate for new evacuation sites that will be suitable even under a tsunami of great magnitude.

キーワード: Tsunami, Vertical Evacuation, Shizuoka City, GIS
Keywords: Tsunami, Vertical Evacuation, Shizuoka City, GIS

Spatial Analysis of Urban Accidents; A Case Study of Tehran,Iran Spatial Analysis of Urban Accidents; A Case Study of Tehran,Iran

Haji Mirza Aghasi Niloofar^{1*}
HAJI MIRZA AGHASI, Niloofar^{1*}

¹The University of Tsukuba. Spatial Information Science Division

¹The University of Tsukuba. Spatial Information Science Division

Road accidents may be seen as discrete promote events, localized in space and time. The most important objective of the study was to identify the spatial pattern of urban accidents in Tehran city in order to finding the causes and consequences as well as the temporal and spatial variation of accidents. Based on spatio-temporal data analysis method, this paper aims to analyse traffic accidents data in time and space. The spatial relationship between time of daily activities which generate trips and urban traffic accidents is examined and applied to Tehran for 2010~2011.

The research was based on different primary and secondary data sources, which include locations of accidents and many rich attribute such as date, reason, kind, etc. Questionnaires were distributed to 600 drivers in the study area in order to gather data about drivers' knowledge, beliefs, attitude and behaviours. GIS software was used in this study and different maps were made using GIS Arc view 10.2. Tehran urban accidents point by point data with different attributes was collected from Police Department of Islamic republic of Iran, Tehran. These rich accident data were used as source of information and data analysis. The study considered different factors in urban traffic accidents. These include environmental, human and cultural factors, etc. this study stated that the concentration of educational, commercial and cultural activities that make large number of urban trips and road usage and traffic volume in peak hour and road type are among the main causes of the urban accidents in Tehran city. The spatial distribution and variation of Tehran's urban accidents indicated those accident occurrences are highly concentrated along the residential, primary, and secondary roads as well as dense in highways and freeways. This study also shows the relations ship between the occurrences of accidents with peak hours of the day. Highways and freeways are the most dangerous road type in road type variation in Tehran city. And the key reason of accidents in these road types is high speed. High occurrences of urban accidents were caused by culture and behaviour of not only drivers but also all users of the roads. It has been recommended that the improvement of knowledge and culture by education through the public Medias and the rules for offenders must be reissue soon.

キーワード: GIS, Urban Traffic Accidents, Peak time, Road Type
Keywords: GIS, Urban Traffic Accidents, Peak time, Road Type

GIS と古写真を用いた 100 年間の地価形成要因の変動に関する研究 Historical changes in land price formation factors over 100 years in Kyoto, Japan: comparison of the land price distribu

青木 和人^{1*}; 武田 幸司²; 矢野 桂司³; 中谷 友樹³
AOKI, Kazuto^{1*}; TAKEDA, Koji²; YANO, Keiji³; NAKAYA, Tomoki³

¹立命館大学歴史都市防災研究所, ²株式会社パスコ, ³立命館大学

¹Research Center for Disaster Mitigation of Urban Cultural Heritage, Ritsumeikan University, ²PASCO CORPORATION,

³Ritsumeikan University

地価を形成する要因は、その時代の社会経済状況を示す指標である。そのため、現時点の地価を形成する要因については、これまで多くの研究が蓄積されてきた。

しかし、100年を単位とするような地価形成要因の変動を明らかにした研究は、ほとんどされてこなかった。その理由は、100年前の過去の地価を示すデジタルデータが存在しなかったためである。過去と現在の地価形成要因を比較して、その変動を示すことにより、社会経済状況の変化を示す研究が必要である。

2008年11月、立命館大の21世紀COEプログラム「京都アート・エンタテインメント創生研究」での研究成果を基に、1912年刊の「京都地籍図」が歴史GISデータベースとして復刻された。京都地籍図では100年前の地価分布を詳細に把握することができる。京都は100年間に戦争被害や大規模災害を受けておらず、かつ、街区の変化が行われていない。そのため、京都は大都市における100年間の地価形成要因の変化を検討できる唯一の都市である。

地価形成要因のうち、駅からの距離や道路幅員については、定量的な取得が容易である。しかし、繁華性などの地価形成要因は定量的取得が困難である。

本研究では、デジタル化された京都地籍図データにGISを用いて100年の地価分布の変化を定量的に示す。そして、100年前の土地の価格形成要因を理解するために、古写真を活用して、100年を単位とする繁華性などの地価形成要因の変動を明らかにすることを目的とする。

キーワード: 京都地籍図, 地価形成要因, 古写真

Keywords: Kyoto cadastral map, land price formation factor, old map

Spatio-Temporal Analysis of Bicycle Commuting Behavior in the Greater Tokyo Area Using a Micro-Scale Persontrip Database

Spatio-Temporal Analysis of Bicycle Commuting Behavior in the Greater Tokyo Area Using a Micro-Scale Persontrip Database

GREGER, Konstantin^{1*} ; MURAYAMA, Yuji¹
GREGER, Konstantin^{1*} ; MURAYAMA, Yuji¹

¹University of Tsukuba, Division of Spatial Information Science

¹University of Tsukuba, Division of Spatial Information Science

Compared to other nations, the share of motorized individual traffic in the daily commuting flows in Japan is rather low. Instead, the share of railway transportation is significantly higher. In addition, this generates feeding traffic from homes and workplaces to and from the stations, which is done mostly on foot or by bike. This holds especially true for highly urbanized areas, such as the Greater Tokyo Metropolitan Area with its 34 million inhabitants, which we use as a study area in this paper.

Here we investigate the role and structure of the use of bicycles in the course of commuting traffic. This paper provides a thorough spatio-temporal analysis of bicycle behavior, since we analyze how bicycles are used in the daily commutes, by whom, and where. We investigate how bicycles are integrated in the commuting process and what spatial factors determine the use of bicycles.

For this paper we employ a massive micro scale person trip database provided by the Center for Spatial Information Science at the University of Tokyo. It contains sociodemographic data about approximately 600,000 sample individuals, as well as information about the purpose of each of their trips, their chosen means of transportation (e.g. car, bus, bike, etc.) and their location in 1-minute steps over all 24 hours of one sample day.

As the scientific discourse about bicycle traffic in Japan is scarce, we hope to be able to contribute by this study and provide valuable insights into this important mode of transportation.

キーワード: bicycle, big data, commuting, gis, japan, tokyo

Keywords: bicycle, big data, commuting, gis, japan, tokyo

Geospatial analysis of land changes in the megacities of Southeast Asia Geospatial analysis of land changes in the megacities of Southeast Asia

ESTOQUE, Ronald¹ ; MURAYAMA, Yuji^{1*}
ESTOQUE, Ronald¹ ; MURAYAMA, Yuji^{1*}

¹Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Japan

¹Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Japan

The advancements of remote sensing and geographic information systems technologies enable us to monitor land changes at various spatial and temporal scales, and analyze the implications of such changes from different perspectives. This study assesses the spatiotemporal patterns of land changes in the megacities of Southeast Asia, namely Bangkok (Thailand), Jakarta (Indonesia) and Manila (the Philippines). The goal is to gain better understanding on the land transformation process in each megacity, which may be useful from the perspective of sustainable landscape and urban planning. Remote sensing data were used to develop land cover maps for the megacities across three epochs, i.e. t1-1990, t2-2000 and t3-2010. A hybrid classification method that integrates pixel-based and object-based techniques was employed in land cover classification. Transition matrices for the two time intervals (t1-t2 and t2-t3) were computed and geospatial tools and techniques were applied in order to reveal the spatiotemporal patterns of land changes in each megacity. The implications of the findings for future landscape and urban planning in relation to the sustainable development of the three megacities are explored.

キーワード: GIS, Remote sensing, Land change, Urbanization, Megacities, Southeast Asia
Keywords: GIS, Remote sensing, Land change, Urbanization, Megacities, Southeast Asia

Spatial analysis of archaeological sites and landforms in Kayseri, central Turkey using multiscale topographic data

Spatial analysis of archaeological sites and landforms in Kayseri, central Turkey using multiscale topographic data

早川 裕弐^{1*}; 小花和 宏之²; 鳴橋 竜太郎³; 吉田 英嗣⁴; 財城 真寿美⁵; 紺谷 亮一⁶; 須藤 寛史⁷; 小高 敬寛⁸; 山口 雄治⁹; Kulakoglu Fikri¹⁰

HAYAKAWA, Yuichi S.^{1*}; OBANAWA, Hiroyuki²; NARUHASHI, Ryutaro³; YOSHIDA, Hidetsugu⁴; ZAIKI, Masumi⁵; KONTANI, Ryoichi⁶; SUDO, Hiroshi⁷; ODAKA, Takahiro⁸; YAMAGUCHI, Yuji⁹; KULAKOGLU, Fikri¹⁰

¹ 東京大学空間情報科学研究センター, ² 千葉大学環境リモートセンシング研究センター, ³ 東京大学地震研究所, ⁴ 明治大学文学部, ⁵ 成蹊大学経済学部, ⁶ ノートルダム清心女子大学, ⁷ 岡山市立オリエント美術館, ⁸ 早稲田大学, ⁹ 岡山大学埋蔵文化財調査研究センター, ¹⁰ アンカラ大学

¹Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo, ²Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, ³Earthquake Research Institute, University of Tokyo, ⁴Department of Geography, Meiji University, ⁵Faculty of Economics, Seikei University, ⁶Notre Dame Seishin University, ⁷Okayama Orient Museum, ⁸Waseda University, ⁹Okayama University, ¹⁰Ankara University

Human habitat and cultural activities had been significantly influenced by natural environments including landforms in the prehistoric periods. Assessment of such relationships between palaeoenvironment and artificial remains is therefore crucial in understanding the historic development. Here we examine the nature-human interactive system in the ancient period of Kayseri region, central Anatolia Highland in Turkey, in terms of spatial analysis of the distribution of landforms and archaeological settlements, targeting mainly the period from B.C. 3000 to A.D.100. We perform geospatial analyses based on several topographic data including topographic maps, satellite-based remote sensing (10 m DEM derived from PRISM sensor images on ALOS), ground-based laser rangefinder measurement with global navigation satellite system (LRF + GNSS) and ground-based structure from motion multi-view stereo photogrammetry (SfM-MVS). The topographic data at different levels of scales provides both regional- and local-scale views of landform conditions, landform classifications, and detailed characteristics of settlements. Certain effects of gradual and sudden changes in palaeoenvironment on human activities are detected, and potential of natural disasters in the study area is also discussed.

Keywords: geoarchaeology, landform classification, digital elevation models, structure from motion

多時期の航空レーザ計測地形データを用いた数値地形画像マッチングによる地表変動量計測 Estimation of ground displacements by Geomorphic Image Analysis, using multi-temporal LiDAR DEM

向山 栄^{1*}; 本間 信一¹
MUKOYAMA, Sakae^{1*}; HOMMA, Shin'ichi¹

¹ 国際航業株式会社
¹ Kokusai Kogyo Co., Ltd.

演者らは先行研究において、2 時期の高解像度 DEM を用いて小規模な地表面の移動量を面的に 3 次元的にかつ簡易に定量計測する手法を開発し、地すべりや活断層による地表変位の計測に適用できることを示した (向山ほか, 2009, Mukoyama, 2011)。本研究では、その後 4 年間に、地震による地殻変動や液状化に伴う地表流動に適用した事例、さらに GPS 現地観測との比較結果を示し、実用的な手法として適用が可能であることを示す。

レーザ計測のような高密度点群地形計測を時系列的に行い、面的な領域の変位量を求める手法には、2 通りのアプローチがある。一つのアプローチは、小領域内の点群の座標値を用いた 3 次元マッチングを行う方法であり、ICP と呼ばれる。もう一つのアプローチは点群から作成したラスター型の地表面モデルを画像として扱い、画像マッチングを行う方法である。これらの手法の共通点は、変位に伴う検索ウィンドウ内の地形量の差異を最小にするような位置を検索領域内で探索するというアルゴリズムを用いることである。

演者らの開発した手法は、点群データから作成した地形量画像を用いて画像マッチングを行い、2 次元の変位量を求めた後、移動領域に対応する点群の鉛直変位量を算出して 3 次元変位量を求める手法である。演者らの手法は、画像マッチング手法として既存の PIV 手法を用いる。そして地形画像として傾斜量図を用いる。PIV は本来は流体の計測手法として開発されたものであるが、グレースケール化した傾斜量画像は、粒子がランダムに分布する画像と同様に、解析手法によく適合する。

本研究では、同じ手法を平成 23 年東北地方太平洋沖地震 (M9.0) で液状化が発生した地域に適用し、地表面変位の抽出を試みた。その結果、水平移動が 10cm~50cm 程度の一定の移動方向を持つ小領域がいくつか認められた。また場所によっては移動方向を連続的に変化させながら流動したと推定される領域も認められた。さらに海岸では、護岸の一部が海面にむけてはらみ出す傾向が認められる箇所があった。それぞれの移動領域の動きは、地下浅所における地盤の流動化を示唆していると考えられ、軟弱層の厚さや埋没谷などの地質構造を反映していると考えられる。

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴い、日本列島の東部は東側に大きく移動した。変位は牡鹿半島付近では約 5.3m、東京付近でも約 0.2m が観測されている。本研究では、東北日本のいくつかの地点において、地震発生前後の 2 時期の詳細地形計測モデルから算出した地形画像変位量と電子基準点などの既存の基準点の地震前後の計測結果を比較した。さらに 2008 年岩手宮城内陸地震による変位の事例も参照して、様々な変位量の帯域における 3D-GIV 解析結果を比較検証した。調査対象とした 10 地点の水平変位量は、約 0.2m~約 7m の範囲である。その結果、変位量の全帯域にわたる両者の一致度には高い相関が得られた。いずれの地点においても、3D-GIV 解析で計測した変位量と電子基準点等によって計測された変位量とは良く一致した。その較差はどの地点においても約 10 cm 程度以内であった。さらに、地すべり地において、複数時期のレーザ計測による地形画像変位量と継続的な GPS 観測結果とを比較検討した結果、観測期間の違いを考慮すれば、両者の計測値はよく一致した。

高密度点群計測地形データを用いた地形画像マッチングによる変位計測手法は、1/10 画素程度以上の変位量を抽出することができ、地すべりや地震時の地盤変位計測手法として実用的であると考えられる。

参考文献

向山 栄, 西村智博, 浅田典親 (2009) JpGU Meeting 2009 予稿集, Y167-004
Mukoyama, S. (2011) Journal of Mountain Science, Vol. 8, No. 2, pp. 239-245

キーワード: DEM, 航空機レーザ計測, DEM 差分解析, 画像マッチング解析
Keywords: DEM, LiDAR, DEMs of Difference, image matching analysis

SAR 干渉画像の 2.5 次元解析を用いた岩手・宮城内陸地震による地すべり性地表変動の検出
Landslide surface deformation detection by Iwate-Miyagi Nairiku earthquake using 2.5D analysis on SAR interferometry

佐藤 浩^{1*}; 宮原 伐折羅²
SATO, Hiroshi, P.^{1*}; MIYAHARA, Basara²

¹ 日本地図センター, ² 国土地理院
¹Japan Map Center, ²Geospatial Information Authority of Japan

筆者らは 2008 年岩手・宮城内陸地震による地すべり性地表変動を SAR 干渉画像を用いて把握して、既に発表した。本発表では、地すべり性地表変動を定量的に検出するために、栗駒山南東部を対象に、SAR 干渉画像の 2.5 次元解析（すなわち、北行軌道と南行軌道の観測結果を組み合わせた東西方向と上下方向の変動の検出）の結果を報告する。

キーワード: SAR, 干渉, 地震, 地すべり, 2.5 次元解析
Keywords: SAR, interferometry, earthquake, landslide, 2.5D analysis

Evaluation of topographic measurements using UAV- and ground-based SfM and TLS: A case study at a rocky coast bench
Evaluation of topographic measurements using UAV- and ground-based SfM and TLS: A case study at a rocky coast bench

早川 裕弍^{1*}; 小花和 宏之²; 齋藤 仁³
HAYAKAWA, Yuichi S.^{1*}; OBANAWA, Hiroyuki²; SAITO, Hitoshi³

¹Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo, ²Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, ³College of Economics, Kanto Gakuin University
¹Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo, ²Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, ³College of Economics, Kanto Gakuin University

Recent advances in measurement methodologies of high-resolution topographic data, including terrestrial laser scanning (TLS), structure from motion photogrammetry (SfM) on unmanned aerial vehicle (UAV) and ground-based SfM, enabled detailed investigations of land surface morphology in terms of morphometry and processes. Although such advanced methodologies are becoming widely applied in geomorphological studies, the nature of such data including error estimates needs to be carefully assessed when being applied in geomorphological researches. In this study we examine similarities and differences among three methods for the topographic data acquisition at a local scale (~100 m): UAV-SfM, ground-based SfM and TLS. The study site is a coastal bench at Aburatsubo in Miura Peninsula, central Japan, which suffers from intermittent uplift by large earthquakes such as the 1923 Kanto earthquake (M 7.9). UAV-based SfM was performed from higher altitude (ca. 30 m) to lower (ca. 10 m) using a quadcopter on which a digital camera with single-focus lens is mounted. We also used a digital camera mounted on a 4-m long pole for ground-based SfM. TLS measurement was carried out using a short-range scanner from 6 scan positions. Also, coordinates of three benchmarks on ground that are commonly used in all the methods were measured using global navigation satellite system (GNSS) capable of receiving dual radiowaves and post-processing based on carrier-phase correction with an accuracy of centimeters. The comparisons of the point clouds and digital elevation models (DEMs) obtained by three different methods indicate that 1) SfM-based data shows good accuracies in and around, but significant discrepancies outside of the benchmarks, 2) TLS sometimes give significant lack of data in shadow areas, and 3) data quality of SfM partly depends on the altitude of its platform (either UAV and pole). These characteristics we assessed will give insights into the selection of appropriate methodology for different purposes of geomorphological surveys.

Keywords: rocky coast, structure from motion, terrestrial laser scanning, point cloud, digital elevation model, accuracy

Comparative analysis of knickpoint extraction using semi-automatic and automatic methods

Comparative analysis of knickpoint extraction using semi-automatic and automatic methods

ZAHRA, Tuba^{1*} ; PAUDEL, Uttam¹ ; HAYAKAWA, Yuichi S.² ; OGUCHI, Takashi²
ZAHRA, Tuba^{1*} ; PAUDEL, Uttam¹ ; HAYAKAWA, Yuichi S.² ; OGUCHI, Takashi²

¹Graduate School of Frontier Science, The University of Tokyo, ²Center for Spatial Information Science

¹Graduate School of Frontier Science, The University of Tokyo, ²Center for Spatial Information Science

Extraction of knickpoints (or knickzones) from a DEM has gained immense significance in studies of fluvial erosion and/or slope failures because of their geomorphological significance. Previously, knickpoint extraction from a DEM included a vector-based semi-automatic, but somewhat tedious and time-consuming data processing because GIS and spreadsheet software were separately used. Raster-based Python scripting, developed in our study and deployed in the form of a toolset, can automate the processes making the extraction of knickpoints automatically, fast and user friendly. Both the methods are based on the assumption that the slope gradient along a bedrock river changes with change in measurement length and any locally steep segment of the riverbed may then be considered a knickpoint. The relative steepness index R_d or the rate of decrease of gradient along the measurement length is calculated by solving a linear regression equation, $G_d = ad + b$ where, G_d (m m^{-1}) is the stream gradient at a point and d (m) is the measure distance, while a and b are coefficients and $-a$ is regarded as R_d which means the rate of gradient decrease with increasing d . In the former method G_d is measured at the mid-point of a segment of variable length d along longitudinal stream profiles where; $G_d = (e_1 - e_2) / d$ where, e_1 and e_2 are elevations at both ends of the segment, thereby analyzing both the upstream and the downstream segments along a stream. The automated Python processing, however, follows a slightly different approach from the one previously used and thus requires a comparative analysis of the two prior to its future use. The methods differ in the calculation of the stream gradient G_d ; the former employs both the upstream and downstream elevations $d/2$ apart, whereas the latter uses the elevation at the point and d downstream. In this study, the Python toolset has been applied to a 10-m DEM of a mountainous region near Mount Ontake in the Northern Japanese Alps. The results were then compared and validated with the previous method. In order to study the fluvial characteristics of the knickpoints, analysis were confined only to the stream locations, the results of which provide insights into morphological developments of the watersheds.

キーワード: automatic extraction, DEM, knickpoints, Python

Keywords: automatic extraction, DEM, knickpoints, Python

SfM-MVS (Structure from Motion and multi-view stereo) 技術の地形計測への活用 Structure from motion and multiview stereo (SfM-MVS) in geomorphometry

内山 庄一郎^{1*}; 井上 公¹; 鈴木 比奈子¹
UCHIYAMA, Shoichiro^{1*}; INOUE, Hiroshi¹; SUZUKI, Hinako¹

¹ 独立行政法人防災科学技術研究所

¹National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED)

近年、Structure from Motion (SfM) と multi-view stereo (MVS) 技術を統合したソフトウェアが開発され、PC で簡易かつ低コストに三次元モデルの構築が可能となった。SfM、MVS とともに、コンピュータビジョンの分野で開発された技術である。SfM により複数の画像からカメラの位置を推定し、MVS により三次元モデルを生成する。計算ソースに用いる画像には、民生用のデジタルカメラ画像や、空中写真をスキャンしたデータを利用できる。さらに、三次元モデルの生成処理は、コンピュータがほぼ自動で計算する。これまでは、伝統的な空中三角測量や LiDAR により DEM を取得してきた。しかし、空中三角測量は高価なソフトウェアと熟練技術者が必要であり、LiDAR は高コストである。SfM-MVS を地形計測に活用するにあたり、計測精度の検証や正確な GCP の設置などの課題がある。しかし、多くの研究者によって、これらの課題に関する検討が進められている。したがって、ここでは 3 つの例を挙げて、SfM-MVS の利活用について議論する。

最初は、詳細な地形図の制作に関する事例である。2013 (平成 25) 年 10 月 16 日未明、東京都の伊豆大島の東斜面において、台風第 26 号による豪雨によって大規模な斜面崩壊が発生した。斜面変動地形の詳細な DEM を取得するため、UAV で垂直写真を撮影し、SfM-MVS によって DEM を生成した。この結果、0.5 m 間隔の等高線を持つ地形図を作成した。この地図は、国土院が公開する解像度 5 m の LiDAR データと比しても、非常に精細に地形の凹凸を再現できた。

次の事例では、動画から地形図を作成することを試みた。動画は静止画に比して画像一枚当たりの総画素数が少ない。4K 動画で約 800 万画素、HD 動画で約 200 万画素である。さらに広角レンズを用いた場合、レンズ歪み補正によって画像の周囲が切り取られるため、計算に利用できる画素はさらに少なくなる。また、静止画に比べて圧縮ノイズが多い傾向がある。試行の結果、動画からでも地形図が作成できることを示した。ただし、通常は静止画のインターバル撮影の方が良い結果が得られる。UAV は墜落のリスクがあるため、高価な機材の搭載は避けたい。動画による SfM-MVS 処理が現実的に可能であれば、インターバル撮影機能の無い安いカメラでも SfM-MVS に活用できる。また、古い動画データから地形情報を得られる可能性がある。

最後の事例では、空中写真のスキャンデータから DEM を得ることを目的とした。日本国内には 100 万枚を超える空中写真のアーカイブがある。したがって、空中写真から精度の良い DEM が得られれば、多時期比較や変化抽出が期待できる。使用した空中写真は一辺約 23 cm のアナログ写真をスキャンしたデータと、デジタル航空カメラで撮影したデータである。スキャンは専門の業者がスキャンを実施した。スキャンデータは約 1,270 dpi の解像度で、画像データ一枚当たりの総画素数は約 1.2 億画素である。デジタル航空カメラデータは、9,920 × 14,430 ピクセルの解像度を持つ。アナログ写真は 1978 年に撮影され、デジタル写真は 2012 年に撮影された。対象地は沖縄県西表島仲間川下流域、いずれもカラー写真である。これらを SfM-MVS で処理した。この結果、両方の時代の写真ともに地上解像度 0.3 m の DEM を得た。これらを比較したところ、2006 年、2007 年に襲来した台風による植生被害の様子が明らかになった。

これらの結果から SfM-MVS 技術により簡易で低コストに地形計測が実施可能であり、過去のアーカイブの活用も可能である。今後、急速に普及することが期待される。

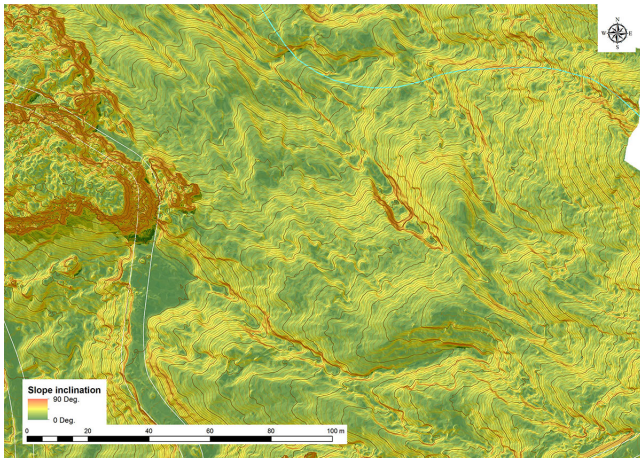
キーワード: SfM (Structure from Motion), MVS (multi-view stereo), 地形計測, 詳細地形図, 動画, 空中写真

Keywords: Structure from Motion (SfM), multi-view stereo (MVS), geomorphometry, topographic map, movie, aerial photograph

HTT08-P01

会場:3 階ポスター会場

時間:4 月 29 日 18:15-19:30



Terrestrial laser scanning approach on quantification of weathering depth of sandstone blocks in a coastal environment
Terrestrial laser scanning approach on quantification of weathering depth of sandstone blocks in a coastal environment

青木 久²; 早川 裕式^{1*}

AOKI, Hisashi²; HAYAKAWA, Yuichi S.^{1*}

¹Faculty of Business Administration, Daito Bunka University, ²Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo

¹Faculty of Business Administration, Daito Bunka University, ²Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo

Weathering in a coastal environment often causes degradation of artificial constructions if they are composed of weathering-prone materials including natural rocks and cements. Conservations of the vulnerability of such construction materials to weathering processes are thus important for their maintenance. Point to point, or cross-sectional measurements using scale bars have often been effective in describing the degree of weathering of such materials. However, accurate measurements of the amount of weathering in terms of areas and volumes have not often been performed due to the limitation in the measurement method for detailed, three-dimensional surface morphology. Here we demonstrate terrestrial laser scanning to describe three-dimensional surficial morphology of a weathered material: sandstone blocks used for masonry piers of bridge on a shore platform at Aoshima, Miyazaki in western Japan. The blocks have suffered from salt weathering above the sea level since the construction of the bridge in 1951. Weathering-induced depressions of sandstone blocks well develop in the spray zone. Our approach revealed sub-centimeter scale morphology of the block surfaces, as well as weathering depths and volumes of each block. Spatial distribution of the amount of weathering was also examined with regard to the sea level and the rock surface hardness. Continuous measurement of such detailed morphology will be necessary to clarify the contemporary rates of weathering therein.

Keywords: Weathering, Sandstone, TLS, Rock strength

ポータブルパーティクルカウンタを使った東広島市のPM2.5の簡易観測技術開発 Simple technique of PM2.5 measurement in Higashi-Hiroshima city using a portable particle counter

押目 あずさ^{1*}; 作野 裕司²

OSHIME, Azusa^{1*}; SAKUNO, Yuji²

¹ 広島大学大学院工学研究科, ² 広島大学

¹Graduate School of Engineering, Hiroshima University, ²Institute of Engineering, Hiroshima University

近年, PM2.5による越境環境汚染が懸念されている。そこで, 様々な測定・モニタリング方法の開発が求められている。広島県を例にとると, 本格的な常時測定を始めたのは2012年からであり, 県内にある39箇所の大気測定局のうちPM2.5を計測しているのは, 2013年5月末の時点で10箇所のみである。また人口が増加し続ける東広島市では測定局がないため, PM2.5の状況がわからないという問題があった。そこで本研究では, 比較的安価なポータブルパーティクルカウンタ(PPC)の値を元に, PM2.5を観測する技術について検討した。PPCからのPM2.5濃度推定を行うために, まず環境省大気汚染物質広域監視システムの観測所のひとつである井口小学校付近(北緯34.37268°, 東経132.38475°)においてPPC機器(KR-12A, RION社)を使って大気中に含まれる各粒径(直径0.3, 0.5, 0.7, 1.0, 2.0, 5.0 μm以上の各粒子数)を測定された。測定日は2013年5月25日, 6月8日, 6月22日, 8月3日で, 全11データセットである。測定した各粒径と粒子累積数(Cumulative Particle Number: CPN)の両対数プロットを作成し, 「2.5 μm以下の粒子数を内挿して求めた値(C2.5)」が計算された。なお使用したPPCは, 1回の測定で1Lの大気を吸引し, 790nmの半導体レーザーの散乱強度から各粒径のCPNが測定される原理である。一方, 東広島市のPM2.5の値を調べるために, 2013年3月から2014年4月まで計195日間(平日のみ), CPNを測定した。パーティクルカウンタカウント値「CPN」(全粒径のカウント値)と「実測PM2.5」の関係は, 相関係数0.94と極めて高かった。またPM2.5の測定限界と推定誤差はそれぞれ12.8 μg/m³, 4.1 μg/m³であった。現在我が国におけるPM2.5の環境基準は「1日平均で35 μg/m³」が設定されている。従って, 今回の方法による測定限界はこれらの基準値よりかなり低い値であるため, この簡易手法は少なくともPM2.5の注意喚起を行う方法として十分利用できると思われる。またこの観測方法を使って, 東広島市のPM2.5の時系列変化図を作成した結果, 東広島市で環境基準を超過する割合は, 約16%あった。また, 最もPM2.5を超過する割合が高い月は8月であった。

キーワード: PM2.5, 大気, モニタリング, パーティクルカウンタ

Keywords: PM2.5, atmosphere, monitoring, particle counter

茨城県におけるCO₂濃度を用いた緑地評価指標の検討 Examination of the green space index by using CO₂ concentration at ibaraki prefecture

石井 健太^{1*}; 今井 友桂子²; 神澤 雅典³; 桑原 祐史⁴
ISHII, Kenta^{1*}; IMAI, Yukako²; KANZAWA, Masanori³; KUWAHARA, Yuji⁴

¹茨城大学都市システム工学科, ²茨城大学大学院理工学研究科, ³株式会社ユーコム, ⁴茨城大学広域水圏センター
¹Department of Urban and Civil Engineering, Ibaraki University, ²Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University, ³U-DOM co., Ltd., ⁴Center for Water Environment Studies, Ibaraki University

The objective of this study is to propose the correction method and evaluation index of CO₂ concentration data which is observed in human living sphere, Ibaraki prefecture. Since, sensor drift arise in the process of long-term continuous duty, it is important to correction process by using standard reference gas. However, sensor drift time are different in each sensor and installation location, so, it is conducted the laboratory experiment and observation data analysis to grasp the action of CO₂ sensor. The results of this study were as follows: 1) It was proposed that the correction method for observation data which is combined linear transformation. 2) It was verified of the correction effect focused on the time variation and spatial distribution of CO₂ concentration.

Keywords: CO₂ concentration, fixed point observation, living environment sphere, the green space index

Landsat-8 TIRS データによる宍道湖・中海の水温分布推定 Estimation for water surface temperature distribution in Lake Shinji and Lake Nakaumi using Landsat-8 TIRS data

作野 裕司^{1*}
SAKUNO, Yuji^{1*}

¹ 広島大学大学院工学研究院
¹Institute of Engineering, Hiroshima University

島根県東部に位置する宍道湖・中海は、海水と淡水が入り混じる汽水環境にあって、シジミに代表される水産資源の豊富な水域である。ところが近年、アオコの大発生や水草の突発的拡大等の環境異変が発生し、そのメカニズムの解明のための様々なモニタリング手法が検討されている。衛星リモートセンシングは、有力なモニタリングツールとして期待されている。特に水温推定は最も基本的な物理量として重要である。一方、衛星リモートセンシングの分野においては2013年2月11日にLandsat-8と呼ばれる衛星センサがNASA/USGSによって打ち上げられた。このセンサは16日周期で観測を続けている。この衛星には、OLIと呼ばれる解像度30mの可視～中間赤外のマルチスペクトルセンサとともにTIRS (Thermal Infrared Sensor)と呼ばれる熱赤外センサ(解像度100m)が搭載されている。従来のLandsat-7と比較して高い量子化(12bit)と2バンド化が実現されているため、より高精度の水温分布推定が期待されている。そこで発表では、Landsat TIRS センサによる宍道湖・中海の実用的な表面水温推定式を開発するとともに、その精度について検証する。また、開発された推定式を使って、同湖の水温分布特性について考察された。使用した衛星データは2013年4月～2013年12月までの10シーンである。Landsat-8 OLI/TIRS Level1 データプロダクトをインターネットサイト「Earth Explorer」を介して無償配布でダウンロードされた。得られた衛星データから宍道湖・中海湖心におけるBand10 (10.6-11.2 μm)とBand11 (11.5-12.5 μm)の3×3画素の平均値を抽出し、それぞれ輝度温度(ここではBT10とBT11と呼ぶ)に変換した。一方、実測水温データは、国土交通省水温水質データベースに格納されている表面(水面下1m)の水温データが使われた。また実測水温と衛星水温との関係を表わすモデルとして、熱赤外域の2バンドを使って大気効果が軽減できるMCSST (Multi Channel Sea Surface Temperature, MC)法が採用された。MCSSTの開発には宍道湖・中海の湖心における19データセットが使われた。検証には、米子湾で取得された3データセットが使われた。また、水温推定精度は「実測水温-衛星推定水温」の残渣の平均(バイアス)と標準偏差(誤差)で表現される。TIRSバンド10、バンド11の単バンドを使用した場合の水温推定精度は、それぞれ[バイアス1.3℃, 誤差1.7℃], [バイアス0.9℃, 誤差2.4℃]であった。一方、MC法による水温推定精度は、[バイアス0℃, 誤差0.6℃]と計算された。米子湾において検証された3時期のデータの水温差は、平均1℃であった。TIRSセンサのNoise Equivalent Differential Temperature (NE Δ T), MCSST法を使った陸奥湾のNOAA AVHRRの推定精度が、それぞれ0.4K (= 0.4℃) (Irons et al, 2012), 約0.5 ± 0.2℃であることから、今回の結果は妥当な数値であると考えられる。また、従来のLandsatシリーズの熱赤外センサは1バンドだったため、Landsat-8の2バンド化は、少なくとも1℃以上の精度向上があったと判断される。Landsat-8は量子化も従来の8bitから12bitにグレードアップされたために、さらに大きな精度向上があったと推測される。開発されたMCSST式を使って宍道湖・中海の表面水温図が作成された。これらの図からこの期間における宍道湖の水温は年間を通じて、5～30℃の範囲で表面水温差は3～5℃程度であることが確認された。また、特に夏季において宍道湖西岸に位置する斐伊川や新建川の河口において、河川水の流入に起因する低水温パターンが観察された。

キーワード: 衛星, リモートセンシング, 水温, 湖
Keywords: satellite, remote sensing, water temperature, lake

Feasibility Study for the Estimation of the Chlorophyll-a Using ASTER Data in an Eutrophic Lake, Sri Lanka

Feasibility Study for the Estimation of the Chlorophyll-a Using ASTER Data in an Eutrophic Lake, Sri Lanka

DAHANAYAKA, D.d.g.l.^{1*} ; TONOOKA, Hideyuki¹ ; WIJEYARATNE, M.j.s.² ; MINATO, Atsushi¹ ; OZAWA, Satoru¹
DAHANAYAKA, D.d.g.l.^{1*} ; TONOOKA, Hideyuki¹ ; WIJEYARATNE, M.j.s.² ; MINATO, Atsushi¹ ; OZAWA, Satoru¹

¹Graduate School of Science & Engineering, Ibaraki University, ²Department of Zoology, University of Kelaniya

¹Graduate School of Science & Engineering, Ibaraki University, ²Department of Zoology, University of Kelaniya

The objective of this study is to evaluate the performance of the previously proposed band ratio approach in estimating Chl-a in Bolgoda Lake, Sri Lanka as a representative example of Case II waters. Lake is located at western province in an area with lot of industries and also with some agricultural activities. Considerable amount of industrial effluents are discharged into it. Illegal filling and also encroachment has occurred in the recent past. This study focused on to determine the trends in eutrophication via Chl-a changes during the recent past, make predictions and recommend mitigatory measures and suggest precautionary measures to restore the environment. From March to December 2013, water samples at 5 points of Lake were collected once per month parallel to ASTER overpass and Chl-a of each sample was measured using a laboratory spectrophotometer. Cloud-free ASTER scenes acquired over Lake under clear sky conditions were selected during 2000 to 2013 for Chl-a estimation and trend analysis. All the ASTER images were atmospherically corrected using FLAASH and in-situ Chl-a data on Lake were regressively analyzed with atmospherically corrected three ASTER VNIR band ratios such as B1/B2 of the same date. Finally, the regression equation of the band ratio with highest correlation (B1/B2; $R^2 = 0.78$) was used to develop algorithm for generation of 15-m resolution Chl-a distribution maps using atmospherically corrected time series satellite imageries in day by day basis. This method applied for ASTER band 1/2 ratio due to Chl-a is positively correlated with the green band reflectance and negatively correlated with the red band reflectance. Therefore, the reflectance ratio of green and red bands becomes a robust parameter to estimate the Chl-a content. According to the ASTER based Chl-a distribution maps it is clearly evident that eutrophication of the Bolgoda Lake has been gradually increased from 2005-2011. Further, results showed that there were significant eutrophic conditions throughout the year 2013 in several parts of the Lake and considerable spatial heterogeneity with higher concentrations being recorded water stagnant areas and in water adjacent to freshwater outlets. It is clear that Bolgoda Lake is apparently a disposal site of various discharges of factories in addition to poor drainage and sewage systems present in this area. Highly unplanned urbanization and absolutely lack of adequate waste disposal management facilities in industries close to Lake have resulted in pollution of water. If the present trend of waste disposal and unplanned urbanization continue, they would create enormous environmental problems in future. Results of the present study showed that information from satellite remote sensing can play a useful role in determining the changes in Chl-a related to eutrophication in Bolgoda Lake and in the development of time series Chl-a distribution maps. Such information is important for the future predictions, development and management of this area as well as in the conservation of biodiversity. Therefore we recommend incorporation with this technique for routine monitoring of water quality using multi satellite data such as ASTER in inland water bodies like Bolgoda Lake in the future.

キーワード: Chlorophyll-a, Remote Sensing, ASTER, Sri Lanka, Bolgoda Lake

Keywords: Chlorophyll-a, Remote Sensing, ASTER, Sri Lanka, Bolgoda Lake

地域資源の保全活用に向けた情報の可視化に関する研究 Study on the information visualization aimed at maintenance and utilization of local resources

石内 鉄平^{1*}
ISHIUCHI, Teppei^{1*}

¹ 明石工業高等専門学校都市システム工学科

¹ Akashi National College of Technology

近年、地域の担い手不足や地域に対して無関心な住民の増大、近隣の間関係の希薄化、地域への帰属意識の希薄化による地域の連帯感の喪失、モラルの低下などの問題が起きており、従来の行政主導型のコミュニティ政策だけでは、このような変化にきめ細かく対応することは困難となってきた。

本研究の対象地である明石市魚住町は、住民の半数以上が魚住町外からの転入者によって構成されているとともに、この地域は明石東部の既成市街地とは違い、里山の名残がある雑木林やため池、水路など豊かな田園環境が多く残る地域である。こうした地域において、今後、魚住町らしいまちづくりを進めていくためには、地域の様々な歴史・文化を掘り起こし理解した上で、現在の地域での生活を見つめることが重要である。それはまちで暮らす住民自身が、身近なまちの魅力を守り育てていくきっかけに繋がる。

また、ふるさとを形成するためには、地域資源を掘り起こし、まちの魅力を住民全員が共有し再確認する必要がある、お互いの価値観を共有することが第一歩である。そこで本研究では、魚住町に存在する地域資源を掘り起こし、位置情報を用いた可視化（マップ化）を行うことによって、貴重な地域資源の存在を後世にまで伝え、地域の魅力を住民が再認識することをまちづくりを行う上での1つの手法として提案する。

キーワード: 地域資源, ふるさと, GPS, 可視化

Keywords: local resources, hometown, GPS, visualization

合成開口レーダのコヒーレンス値に着目した土地被覆変化域抽出方法の検討 Examination of land cover change region presumption method by using coherence value

関根 大樹^{1*}; 結城 壮平²; 桑原 裕史³
SEKINE, Daiki^{1*}; YUKI, Sohei²; KUWAHARA, Yuji³

¹茨城大学工学部都市システム工学科, ²茨城大学大学院理工学研究科, ³広域水圏環境科学教育研究センター
¹Department of Urban and Civil Engineering, Ibaraki University, ²Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University, ³Center for Water Environment Studies, Ibaraki University

In recent years, many natural disasters have occurred because of abnormal climate. In a time like this, use of satellite data is advantageous to observation of the disaster region for a wide area. However, in order that photo sensor data may tend to be subject to the influence of atmospheric, synthetic opening data attracts attention. And, this research examined coherence data among the information generated from the Synthetic Aperture Radar data. The results of the research are as follows: 1)The coherence value of a vegetation region is low. This result is expressing that the growth environment of vegetation differs for every year. 2)The coherence value of a city area is high.

Keywords: land cover change, SAR, coherence value, land cover classification map, PALSAR

高速データ処理技術を活用した環境リモートセンシングデータ処理技術：気象レーダ・地球観測衛星・シミュレータ A Technique for High-performance Data Processing of Satellite Observation Data via NICT Science Cloud

村田 健史^{1*}; 笠井 康子¹; 佐藤 晋介¹; 石井 昌憲¹; 渡邊 英伸¹; 鶴川 健太郎²; 村永 和哉²; 鈴木 豊²; 山本 和憲¹; 建部 修見³; 田中 昌宏³; 木村 映善⁴
MURATA, Ken T.^{1*}; KASAI, Yasuko¹; SATO, Shinsuke¹; ISHII, Shoken¹; WATANABE, Hidenobu¹; UKAWA, Kentaro²; MURANAGA, Kazuya²; YUTAKA, Suzuki²; YAMAMOTO, Kazunori¹; TATEBE, Osamu³; TANAKA, Masahiro³; KIMURA, Eizen⁴

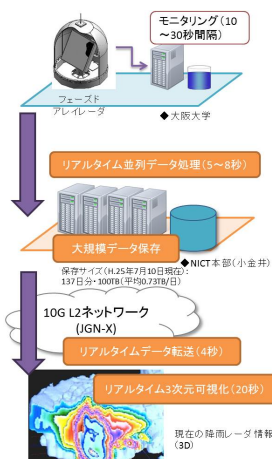
¹ 情報通信研究機構, ² 株式会社 セック, ³ 筑波大学, ⁴ 愛媛大学

¹Natl. Inst. of Info. and Communications Technology, ²Systems Engineering Consultants Co., LTD., ³University of Tsukuba, ⁴Ehime University

現在、多くの科学研究分野ではデータのほとんどがデジタル化され、その量および種類は大規模化の一途をたどっている。これからますます大規模化・複雑化するデータ指向型科学時代を踏まえて、ビッグデータ処理がより容易に、また一元的行うことができるクラウドシステムが求められている。

NICTサイエンスクラウドは、地球惑星科学を含む様々な科学研究データおよびソーシャルデータのためのクラウドシステムである。NICTサイエンスクラウドでは(1)データ伝送・データ収集機能、(2)データ保存・データ管理機能、(3)データ処理・データ可視化機能の3つの柱(機能)から構成されている。それぞれの機能についての基盤技術を開発するだけでなく、複数の基盤技術を組み合わせることでシステム化を行うことができる。システムを実際に科学研究に応用・適用することで、様々な分野でのビッグデータ科学・データインテンシブ科学が可能となる。

本発表では、今後、データサイズが大規模化し、またデータ構造や観測手法が複雑化すると予想される環境リモートセンシングデータを効率的に処理するための技法について議論する。特に、すでにシステム化および実利用が進んでいる気象観測データリアルタイム処理、地球観測衛星データの大規模高速処理、地球観測衛星搭載ライダーのためのシミュレーションの3つについて、現在までの成果を紹介する。



ツバル国を対象とした植栽工への応用を目的とした植生と地形特徴の調査
Investigation of geographical feature and vegetation using for planting plan of the coastal zone at Tuvalu

桑原 祐史^{1*}; 佐藤 大作²; 横木 裕宗³; 藤田 昌史⁴

KUWAHARA, Yuji^{1*}; SATO, Daisaku²; HIROMUNE, Yokoki³; FUJITA, Masafumi⁴

¹茨城大学 広域水圏環境科学教育研究センター, ²東京電機大学, ³茨城大学 工学部 都市システム工学科, ⁴茨城大学 工学部 都市システム工学科

¹Center for Water Environment Studies, Ibaraki University, ²Dept. of Architectural, Civil and Environmental Engineering, Tokyo Denki University, ³Dept. of Urban and Civil Engineering, Ibaraki University, ⁴Dept. of Urban and Civil Engineering, Ibaraki University

The objective of this study is to investigate the geographical feature of coastal vegetation growing in Funafuti Atoll, Tuvalu. In order to maintain the living environment of the South Pacific islands countries, sea-level rise is a serious problem. Thus, in this study, analyzed was the relation of land cover of shoreline area and hinterland by using aerial photograph (1984) and satellite image (2004). Then, geographical feature conditions of the coastal vegetation growing under natural condition were surveyed, and it was found that the coastal vegetation was growing in the altitude between 1.1m - 2.2m at Fongafale-island, Funafuti atoll.

衛星リモートセンシングによる中国内モンゴル自治区における植生変動とその要因解析 Factor analysis and vegetation change in China Inner Mongolia through Satellite Remote Sensing

布和 宝音^{1*}; 近藤 昭彦¹
BUHE, Baoyin^{1*}; KONDOH, Akihiko¹

¹ 千葉大学環境リモートセンシング研究センター, 千葉大学
¹ Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University

はじめに

20世紀50年代以来, 中国においては大規模の草原開墾を三四回にわかって行った. 特に1980年代以降は, 生産責任制および土地請負制などの投入により生産意欲を向上させ過放牧過耕作をもたらした. 中国では1990年代から持続可能な発展を目指し, 2000年以降は砂漠化・環境問題を重視するようになった. 2000年以降, 内モンゴル自治区では, 生態移民, 退耕還林還草, 新三牧などの環境保護政策が実施されているが, 一方で内モンゴル全域が西部大開発の対象地域となっている. よって, 2000年以降は社会経済的要因による土地被覆変化は大きいと考えられる. 近年の土地被覆変化を空間的に把握することが出来れば, 2000年以降実施された環境保護政策の成果を確認することが出来るし, また今後の政策に基本資料として使用されることが出来る. そこで本研究では中国内モンゴル自治区における1999年以降の植生変動とその要因解析を目的とする.

使用データ

- ・ SPOT VEGETATION (1999年~2012年)
- ・ 内モンゴル統計年鑑 (1999年~2012年)
- ・ 世界気象資料 (1999年~2012年)
- ・ ランドサットデータ TM, ETM

手法

10日コンポジットで作成されている SPOT VEGETATION の正規化植生指数 NDVI を用いて, ピクセル毎に一年36旬の最大 NDVI (NDVImax) と年間積算値 (NDVIsun) を計算し, Mann-Kendall rank statistic 法を用いて1999年から2012年間のトレンド検定を行った.トレンド解析結果の検証にはランドサットデータを用いた. また, 植生増減要因の検討には内モンゴル統計年鑑を用いた.

結果とまとめ

NDVImax と Σ NDVI のトレンドは概ね類似した分布となった. NDVI 増加地域は西のオルドス高原の東部, ホルチン南部地域, 東北の呼倫貝爾市の中部と東北部地域である. NDVI 減少地域は巴彥?爾市の烏拉特後旗と烏拉特中旗に多く分布していることがわかる.

中間分解能である SPOT/VEGETATION データによる広域植生変動トレンド解析の結果を検証するため, 比較的高分解能であるランドサットデータを用いた. ランドサット画像による解析結果はトレンド解析結果と一致した. よってトレンド解析の結果の信頼できると考えられる.

植生増減トレンドの要因解析では, 気候的要因と人間活動による要因の二つ要因を検討した. 気候的要因解析結果では, 内モンゴル地域の植生は温量指数と明瞭な相関が見られず, 年間降水量と正の相関が明瞭であったことから, 内モンゴル地域の植生は降水量に支配されていると考えられる. この結果は近藤 (2002) と Suzuki (2006) で示す結果と同じであった.

人間活動による要因解析では, 特にホルチン周辺地域での植生増加トレンドは耕地面積が増加, 灌漑面積も増加, また植林も活発であるなどの人間活動によるものであった. 呼倫貝爾地域の植生分布から見るとほか地域にない針葉樹, 湿地などがある. 一部の森林域では NDVIsun が増加傾向トレンドを示した, それは地球温暖化によって樹木の生育期間が伸びて植生増加トレンドを示したと考えられる. また, 湿地だった地域では植生活発となっている, 統計年鑑データからはこれらの地域では耕地面積が増加していることを確認できた. よって湿地が開発されている可能性が非常に高いと考えられる. オルドス高原の植生増加傾向は主に退耕還林還草などによる植林, 草原回復などが考えられる. オルドス高原の一部の地域では耕地面積が減少しているが, 灌漑面積がわずかながら増加傾向であるので, 灌漑設備が整備され灌漑面積が増加したことも要因であると考えられる. オルドス高原の東部のほうが植生増加傾向であるピクセルが多かったことは, 東部では西部より降水量が多いこと, 地形的に西部より低いため地下水が豊富であること, また東部中心に開発を進めている地域のあることで東部のほうが植生増加傾向が明瞭であったと考えられる.

植生減少傾向を示す地域は西の阿拉善盟の東部および巴彥?爾市北部の烏拉特後旗と烏拉特中旗に多く分布していることをわかった. その要因は沙漠化がこの解析期間の14年間で広がったことによるものと考えられる.

HTT32-09

会場:422

時間:5月2日 14:30-14:45

キーワード: 内モンゴル, 沙漠化, 植生変動, Mann-Kendall rank statistic 法, SPOT VEGETATION
Keywords: Inner Mongolia, Desertification, Vegetation change, Mann-Kendall rank statistic, SPOT VEGETATION

アムール川流域における河川氾濫の空間分析に関する研究 Study on the Spatial Analysis of River Flooding in the Amur River Basin

尤 欽^{1*}; 近藤 昭彦²; 原田 一平³
YOU, Qin^{1*}; KONDOH, Akihiko²; HARADA, Ippei³

¹ 千葉大学理学研究科, ² 千葉大学環境リモートセンシング研究センター, ³ 東京情報大学地理情報システム研究室
¹Graduate School of Science, Chiba University, ²Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, ³GIS Laboratory, Tokyo University of Information Sciences

アムール川は中国とロシアの国境線を流れている河川であり、オホーツク海に注ぐ。流域内に三つ平原がある、その中で中国著名な商品化食糧生産地三江平原及び松嫩平原を分布する。近年に、耕地を開拓するため、元々の土地被覆や、自然環境などを破壊し、洪水氾濫しやすくなることが懸念されている。一方、流域の幅が205万 km² となり、衛星観測には空間的に問題になる。特に雲がある場合に、水体を抽出する用のマイクロ波画像の価値が高いため、河川氾濫の分析は課題になる。本研究では、アムール川流域の氾濫状況を把握するため、1998年と2013年に氾濫した最大洪水災害に対して、高時間分解能衛星画像を使用して、水のスペクトル吸収特性を用いて、二年間の河川氾濫状況を抽出し、対比的に確認した。結果として、二回の氾濫源は違うことがわかった、アムール川の下流において、地勢の起伏が著しくない、氾濫する際に、排水しにくい、かつ、従来の湿地環境を破壊されたため、氾濫することを導いたこともわかった。

キーワード: 近赤外, MODIS, AVHRR, SRTM, スペクトル特性
Keywords: Near-infrared, MODIS, AVHRR, SRTM, Spectrum Character

時系列NDVIを用いた中山間地域の耕作放棄地判別のための特徴量抽出
A preliminary study on using MODIS NDVI time series for monitoring abandoned farmlands in mountainous areas

佐久間 東陽^{1*}; 島崎 彦人¹
SAKUMA, Asahi^{1*}; SHIMAZAKI, Hiroto¹

¹ 木更津工業高等専門学校

¹ Kisarazu National College of Technology

This study preliminary evaluated the feasibility of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) time series for monitoring abandoned farmlands in mountainous areas in Chiba prefecture. NDVI time series was derived from 8-day composite of MODIS Surface-Reflectance Product (MOD09) for the period from 2003 to 2013. The noise component in NDVI time series, which was induced mainly by cloud contamination and atmospheric variability, was reduced with the method based on Savitzky-Golay filter. The refined NDVI time series was then decomposed into trend, seasonal, and reminder components. A simple linear regression model was fitted to the trend component of each pixel, and model parameters (i.e., intercept and slope) estimated were considered to be candidate features to find the occurrence of abandoned farmlands in the pixel area. This idea was based on the assumption that (1) overall NDVI in mountainous areas would be higher than that in other areas because of relatively-dense vegetation; and that (2) NDVI in specific seasons would have differences between farmlands and abandoned farmlands due to the effect of cropping activity. Classification performance was measured with the area under the receiver operating characteristic (ROC) curve (AUC). The results showed that the model parameters were poor (AUC=0.6) in terms of classification performance. Further efforts are needed to evaluate the feasibility of NDVI time series for detecting abandoned farmlands in mountainous areas.

自然地理学分野における UAV を使った調査 Visual Surveillance of Natural Geography by means of UAV

長谷川 均^{1*}; 磯谷 達宏¹; 小野 勇¹
HASEGAWA, Hitoshi^{1*}; ISOGAI, Tatsuhiro¹; ONO, Isamu¹

¹ 国土館大学
¹ Kokushikan University

UAV は、自然地理学に大きな進歩をもたらす可能性がある。GPS 制御で飛行する自律型 UAV を用いれば、任意の時刻に、同一飛行ルートで繰り返し高解像空中写真を取得できる。この点において、環境計測や反復調査を必要とする分野で UAV を使用する大きなメリットがある。本研究では、UAV を使い高度 50~100m で撮影したサンゴ礁浅海域、マングローブ湿地、河川敷の植生、断層トレンチサイトの空中写真、フル HD 動画などの近接リモートセンシング画像を得た。

キーワード: UAV, 空中写真, 近接リモートセンシング
Keywords: UAV, High-resolution digital aerial Pjotograh, Proximal Remote Sensing Method

小型 UAV を用いた地理空間情報の取得手法の検討 The acquisition of geospatial information by small UAV

田中 圭^{1*}; 近藤 昭彦²

TANAKA, Kei^{1*}; KONDOH, Akihiko²

¹ 日本地図センター, ² 千葉大学環境リモートセンシング研究センター

¹Japan Map Center, ²Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University

近年、飛躍的に発達した GPS、ジャイロ・加速度センサといった MEMS デバイスが小型化および低価格化したことで、これらのセンサを搭載したマルチコプター（複数の回転翼を持つラジコンヘリ）が登場している。従来のラジコンヘリの操縦には高度な技術・知識を必要とし、非熟練者が飛行させることは困難であった。一方、マルチコプターは様々なセンサを用いてリアルタイムに飛行姿勢を修正することで、多少風が強い状態においても、常に安定した状態を保ちながら飛行することができるため、非熟練者でも上空からの高解像（空間分解能、時間分解能）の地理空間情報を容易に取得すること可能となってきた。

本発表では、災害や環境分野等で調査ツールとして今後活用されることが大いに期待できる UAV を用いて、写真計測（オルソ画像・DSM）、植生指標、気温分布といった地理空間情報の取得手法について検討を行った。

キーワード: UAV, 写真計測, DSM, オルソ画像, 植生指標, 気温分布

Keywords: UAV (Unmanned Aerial Vehicle), SfM (Structure from Motion), DSM, orthophoto, NDVI, temperature distribution

UAV の防災への応用と可能性 UAV application and possibility for disaster prevention.

齋藤 修^{1*}; 桑原 祐史¹
SAITOU, Osamu^{1*}; KUWAHARA, Yuji¹

¹ 茨城大学工学部防災セキュリティ教育研究センター

¹Center for Disaster Prevention and Security, IBARAKI University

東北地方太平洋沖地震が発生した 2011 年 3 月 11 日, 東日本各地を襲った津波の航空機映像は大災害の非情さを伝え土木技術者はもとより様々な分野の技術者や研究者にショックを与えたことは確かである。また, これほどリアルタイム映像が残った災害もまれである。これらの地震災害や, 近年の気候変動による極端気象が起こす自然災害時には迅速な現地状況把握が必要であるが, 道路や鉄道など交通手段の遮断により現地への移動が困難であることが多い, このため, 災害直後の初動の情報収集において, 簡便な手段によって現地の情報がリアルタイムに把握できる監視システムのニーズが高まっている。このような災害時の広域情報を取得するには衛星を利用した画像が有効である。また, リアルタイムで簡単に動画も収集できることから航空機の利用も有効である。このように災害地の監視には上空監視が有効である。しかし, 運用や管理に莫大な費用や大型の設備が必要であり, 手軽に利用できるものではない。今回, UAV を用いた災害時上空監視システムについてその可能性を検討した。

キーワード: UAV, センサーネットワーク, センサ, 防災

Keywords: UAV, sensor network, sensor, disaster prevention

小型無人ヘリコプターによる放射線の近接空中計測 Proximity air measurement of the radiation by unmanned small helicopter

梶原 康司^{1*}; 本多 嘉明¹
KAJIWARA, Koji^{1*}; HONDA, Yoshiaki¹

¹ 千葉大学環境リモートセンシング研究センター

¹Center for Environmental Remote Sensing, Chiba Univ.

東日本大震災に伴う福島第1原子力発電所事故により飛散した放射性物質の除染作業が、居住地域や耕作地等に対してされている。しかしながら森林域ではいまだに高い線量が計測されている。居住環境内に森林がある場合には建物の屋根や土壌のみの除染を行っても安全性を保証できるかどうかは疑問である。

本研究では、小型の無人ヘリコプターに取り付けたウィンチで計測対象までの距離を調節できるようにした放射線計測器を用い、樹冠に近接した位置から100m程度の高度までの空間線量を計測し、これまで困難であった森林における面的な線量計測が可能であることを示した。また、除染された場所であっても、近接して森林が存在する場合の空間線量が高度によって変化することを確認した。

キーワード: UAV, 放射線計測, 森林樹冠

Keywords: UAV, Radiation Measurement, Forest Canopy

SfM-MVSによる三次元モデリング Generating three-dimensional models by a software that unifies SfM and multiview stereo (MVS)

内山 庄一郎^{1*}
UCHIYAMA, Shoichiro^{1*}

¹ 独立行政法人防災科学技術研究所

¹ National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED)

近年、Structure from Motion (SfM) と multi-view stereo (MVS) 技術を統合したソフトウェアが開発され、PC で簡易かつ低コストに三次元モデルの構築が可能となった。SfM、MVS とともに、コンピュータビジョンの分野で開発された技術である。SfM により複数の画像からカメラの位置を推定し、MVS により三次元モデルを生成する。計算ソースに用いる画像には、民生用のデジタルカメラ画像や、空中写真をスキャンしたデータを利用できる。さらに、三次元モデルの生成処理は、コンピュータがほぼ自動で計算する。この技術に対し、これまでは伝統的な空中三角測量、あるいは LiDAR により数値表面モデル (DSM: Digital surface model) や数値標高モデル (DEM: Digital elevation model) を取得してきた。しかし、空中三角測量には高価なソフトウェアと熟練技術者が必要であり、LiDAR は高コストである。この SfM-MVS 技術に小型 UAV (small unmanned aerial vehicle) による画像取得を組み合わせることによって、活用可能性は大いに広がる。

本稿では、今後の活用が期待される SfM-MVS を利用するにあたり、当面は計測精度の検証や正確な GCP の設置などの課題があるが、多くの研究者がこれらに関して検討を行っている。したがって、本稿では SfM-MVS による三次元モデリングを成功させるための計算ソースである画像の取得手法と必要な品質、および効率的な計算を行うために必要なハードウェア性能について述べる。

キーワード: SfM (structure from motion), 三次元モデル, DSM (digital surface model), UAV (unmanned aerial vehicle), 地形計測, 画像取得

Keywords: structure from motion (SfM), three-dimensional model, digital surface model (DSM), unmanned aerial vehicle (UAV), geomorphometry, image acquisition for calculation

マルチコプター空撮調査の安全対策 Safety measures for multicopter aerial photo survey

井上 公^{1*}; 内山 庄一郎¹; 鈴木 比奈子¹
INOUE, Hiroshi^{1*}; UCHIYAMA, Shoichiro¹; SUZUKI, Hinako¹

¹ 防災科学技術研究所

¹National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention(NIED)

最近のマルチローター電動ラジコンヘリコプター（マルチコプター）の急速な性能向上と価格低下によって、誰もが簡単に低高度からの空撮調査を実施できるようになってきた。今後この技術は各種野外調査の一手法として急速に普及することが予想される。一方マルチコプターは様々な原因で墜落する可能性が常にある。我々もこれまでの空撮調査と試験飛行で何回かの墜落あるいは墜落寸前の事故を経験してきた。原因は手動操縦のミス、プロペラの脱落、予期せぬ強風、バッテリーの消耗といった比較的明瞭なものほか、GPSの受信不良や気圧高度計の誤差といった必ずしも明確でない原因によるものやそれらの組み合わせと思われる例もある。我々の飛行場所は主として非居住地であったため墜落事故も大事には至っていないが、機体および衝突した器物の破損状況から推察すると、もし相手が人間であったならば大きな怪我を負わせていた可能性が大きい。

これらに対して我々の講じている安全対策は、飛行ルートの吟味、プロペラガードの製作と装着（付図）、バッテリー容量と飛行時間の事前の把握、飛行中のバッテリー電圧の監視、日常のバッテリーの管理、機体の装着部品のチェック、飛行前のキャリブレーション、操縦者と助手との意思疎通の徹底、自動操縦の積極的活用、十分な手動操縦訓練等からなる安全運航手順の確立とその励行である。

今後マルチコプターの普及に伴い事故が多発するような事態になれば、社会に対して迷惑をかけるだけでなく、規制が強化されてせっかくの優れた技術を調査研究に活用できる機会も自ら閉ざすことになる。したがってマルチコプターの運用にあたっては考えられる安全対策を徹底して講じるとともに、利用者間で事故例や衝突実験の例を共有して危険性を広く認識するとともに事故の原因をひとつひとつ明らかにして対策を強化することが望まれる。事故防止策の基本としての航空法および電波法の遵守はいうまでもなく、また万一の事故で第三者に危害を与えてしまった場合の補償に備えての保険加入も必要不可欠である。



小型 UAV と SfM による断層変位地形の詳細マッピング - 根尾谷断層水鳥断層崖の事例

Mapping active faults by using small unmanned aerial vehicle and structure from motion: a case study on Midori fault

内山庄一郎^{1*}; 中田 高²; 井上 公¹; 熊原 康博²; 杉田 暁³; 後藤 秀昭²; 井筒 潤³; 福井 弘道³; 鈴木 比奈子¹; 谷口 薫⁴
UCHIYAMA, Shoichiro^{1*}; NAKATA, Takashi²; INOUE, Hiroshi¹; KUMAHARA, Yasuhiro²; SUGITA, Satoru³; GOTO, Hideaki²; IZUTSU, Jun³; FUKUI, Hiromichi³; SUZUKI, Hinako¹; TANIGUCHI, Kaoru⁴

¹ 独立行政法人防災科学技術研究所, ² 広島大学, ³ 中部大学, ⁴ 独立行政法人産業技術総合研究所

¹National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, ²Hiroshima University, ³Chubu University, ⁴National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

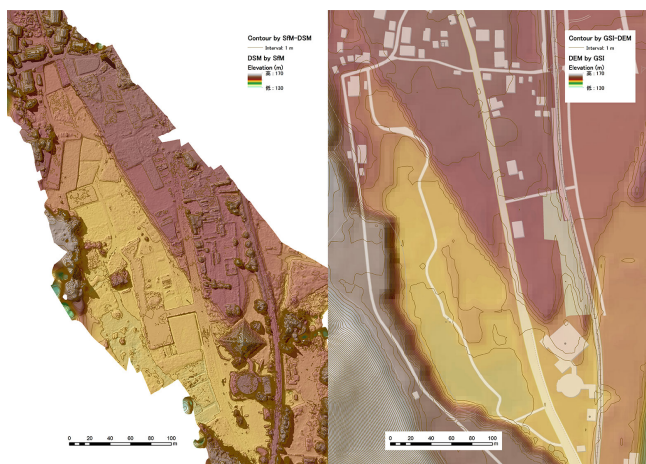
近年のラジコン技術の進歩によって、非軍事用の小型 UAV (sUAV: small Unmanned Aerial Vehicle) の操縦安定性の向上と低価格化が進み、自らが機材を操作して低空空撮を行うことが可能となりつつある。我々は、根尾谷断層水鳥地震断層崖周辺で電動マルチコプター Phantom を用いた低空空撮を行い、109 枚の画像を撮影した。さらに、これらの画像を基に SfM (Structure from Motion) による画像解析を行った。その結果、メッシュサイズ 0.09 m の DSM (Digital Surface Model) および地上解像度 0.03 m のオルソ画像を生成した。さらに、DSM から 1 m 間隔の等高線を生成し、精密な地形図を作成した。

小型 UAV と低空空撮画像を組み合わせた手法は、各種の地形研究や災害後の調査など多くの研究に活用が期待される。また、この手法は、地形図や空中写真の整備されていない発展途上国など海外調査にとっても強力な調査手段となろう。今後、十分な安全確保および関連法規を遵守した上で、変動変位地形にとどまらず、広く地形研究全般にわたって新たな研究手法として普及することを期待したい。

なお、本報告の一部は日本活断層学会 2013 年度秋季学術大会において発表した (中田ほか、2013)。

キーワード: Structure from Motion (SfM), Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Digital Surface Model (DSM), オルソ画像, 地形計測, 水鳥断層

Keywords: structure from motion (SfM), small unmanned aerial vehicle (sUAV), digital surface model (DSM), orthophoto, geomorphometry, midori fault scarp



1964年新潟地震の劣化した空中写真フィルムを用いた SfM によるオルソ画像の作成 Generating an orthophoto from SfM calculation with the low-quality air photographs taken in the 1964 Niigata earthquake

鈴木 比奈子^{1*}; 内山庄一郎¹
SUZUKI, Hinako^{1*}; UCHIYAMA, Shoichiro¹

¹ 独立行政法人 防災科学技術研究所

¹ National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED)

近年 SfM (Structure from Motion) などの画像処理をベースとした三次元形状復元技術を用いて、デスクトップ PC で空中写真からオルソ画像の作成が可能になった。防災科学技術研究所では、1964 (昭和 39) 年に発生した新潟地震の空中写真ロールフィルムを所蔵しており、これら画像から、液状化による噴砂や建物の倒壊などの被害状況を詳細に読み取ることができる。しかし、このフィルムは 50 年にわたる長期間の保存により劣化が著しい。フィルム全体がコンブ状に歪み、膜面剥がれが発生している。画像全体が不均一に伸縮しており、測量精度の低下が予想される。さらに、画質の粒状感が強く、画像のマッチングにも問題が生じる可能性がある。本稿では、劣化が進んだ古い資料に対する SfM 適用の可能性を検証するため、実際に劣化した空中写真画像を計算ソースとして用い、SfM によるオルソ画像の作成を試みた。

使用した空中写真は、1964 (昭和 39) 年 7 月 21 日撮影のカラー空中写真で、カメラは RC5a (No. 213)、焦点距離 152.12 mm、撮影高度は 1,520 m、撮影縮尺は 1:10,000 である。SfM 処理に使用した枚数は 3 コース 19 枚、撮影範囲は新潟市内の信濃川河口周辺である。空中写真ロールフィルムは写真測量用のスキャナーを保有する専門事業者にて 20 μ m (1,270 dpi) でスキャニングを依頼した。

SfM 処理の事前準備として、すべての空中写真について主点位置および画像一辺のサイズを同一にするため、以下の作業を行った。19 枚の空中写真は四隅の基準点からなる矩形が画像データの 4 辺と平行になるよう角度を補正した。さらに、画像の縦横の辺が 11,350 px \times 11,350 px となるよう切り出した。拡大・縮小は行っていない。切り出す際、空中写真の周囲の黒枠が入らないようにした。これらの処理には Adobe Photoshop CS6 を使用した。SfM では、これらの空中写真データを基に処理を行った。SfM ソフトウェアには Agisoft PhotoScan 1.0.1 を使用した。最初に写真位置の推定を行い、次に Reprojection error (再投影誤差) が 1.0 以上の点群データを削除した。構築された点群データに対し、GCP (Ground control point) を与え、オルソ画像を生成した。GCP は地理院地図 1974~1978 年撮影のカラー空中写真を参考とし、緯度、経度、標高値 (5 m レーザー) の情報を用いた。GCP は三次元モデル全体において 3 点 (写真の北部、南西部、南部の道路の交点) および 6 点 (先の 3 点に北西部、南部、南東部を加えたもの) の 2 通りを設定した。

このようにして SfM 処理によって生成したオルソ画像と地震直後の地盤災害等の現地調査図である「新潟地震地盤災害図 (西田ほか, 1964)」(縮尺 1:3,000) とをオーバーレイした結果、1:3,000 程度の縮尺であれば目立った位置ずれがなく、十分実用に耐えうるオルソ画像を得ることができた。オルソ画像の地上解像度は 0.2 m/px 程度であった。GCP の点数に関して、結論として 3 点で十分な精度を得ることができた。一方、6 点の GCP ではむしろ精度が低下した。GCP は、設置点数よりも、正確な位置に設置することの方が重要である。3 点の GCP は人工改変の少ないと思われる道路の交点を選出したことに対し、ここに追加した残り 3 点の GCP は敷地の角や新しく完成したバイパスに近い旧道の交点であった。新潟市内の信濃川周辺地域は、ほとんどの領域が標高 5 m 未満だが、後年の人為的な改変により標高値は大きく変動する。今回 GCP の標高値として採用したデータは地理院地図の標高値 (5 m レーザー) であり、1964 年の空中写真撮影時には存在しない構造物等に近接した地域の GCP は、かえって地図の精度を落とす結果となった。

以上の結果から、劣化した古い空中写真から、十分な精度をもったオルソ画像が得られることが明らかになった。また、それらの精度を上げるためには、必ずしも GCP を多く設定する必要はなく、撮影当時の地形にできるだけ近い地点を選定する必要がある。

キーワード: SfM, 劣化空中写真, 1964 年新潟地震, GCP, オルソ画像

Keywords: structure from motion (SfM), low quality aerial photograph, 1964 Niigata earthquake, ground control point (GCP), orthophoto

HTT33-P02

会場:3階ポスター会場

時間:5月2日 16:15-17:30



小型 UAV を用いた 2013 年ボホール地震断層の緊急調査 Mapping of the fault scarp formed during the 2013 Bohol earthquake by small UAV

中田 高^{1*}; 井上 公²; Cahulogan Mabee³; Rivera Danikko³; Lim Robjunelieaaa³; Pogay Cathy³
NAKATA, Takashi^{1*}; INOUE, Hiroshi²; CAHULOGAN, Mabee³; RIVERA, Danikko³; LIM, Robjunelieaaa³; POGAY,
Cathy³

¹ 広島大学 名誉教授, ² 防災科学技術研究所, ³ フィリピン火山地震研究所

¹Hiroshima University Professor Emeritus, ²NIED, ³PHIVOLCS

小型 UAV の活用で最も効果を発揮する事例として、大地震に伴って地表に出現する地震断層などの地変のマッピングのための低空空撮を挙げることができる。地震断層の調査は地震の特徴を明らかにするための基本的な調査であるが、地震後の本格的な空中写真撮影や空中や地表レーザー計測などの新たな調査手法による詳細かつ緻密なデータ入手にはいずれも高価な機器や多大な外注経費を伴うため、発展途上国における緊急性の高い調査では容易に取り組めるものではない。

本報告では、2013 年 10 月 15 日にフィリピン・ボホール島で発生した M7.2 (PHIVOLCS) の地震に伴って出現した地震断層を、UAV と SfM (Structure from Motion) ソフトを用いて解析した例を報告し、この手法の地形調査・活断層研究への活用の可能性を検討する。また、簡易ポールカメラを用いて、断層変位地形の詳細な観察事例も紹介する。本研究は、SATREPS (地球規模課題対応国際科学技術協力) の「フィリピン地震火山監視能力強化と防災情報の利活用推進」プロジェクト (研究代表者: 井上 公) の成果の一部である。

調査には、DJI 社製の小型 UAV・Phantom を使用した。電動 4 ローターを持つラジコンヘリで、長さ・幅約 35cm、重量約 650g、ペイロードは約 350g であり、カメラを搭載した場合、5 分以上の飛行が可能である。可搬性に優れ、機内持ち込み手荷物となり、海外調査にも携行可能である (但し現地国の電波法等の法令への適合の確認は必要)。この機体にインターバル撮影が可能なデジタルカメラ (Ricoh GR III) を搭載した。調査機材は全体で約 10 万円であった。

UAV で撮影した複数の画像を Agisoft 社の SfM 画像処理ソフト Photoscan SfM (Structure from Motion) を用いて、3D 画像を作成した。付属のソフトでカメラのレンズの歪補正を行い、現地地 GCP (コントロールポイント) を設定・測量し、DSM (Digital Surface Model) を作成した。さらに、GIS ソフトの Global Mapper (TM) を用いて、DSM から等高線図および地形断面図を行った。

ボホール地震では、震源域の北部において、北東-南西走向の東側隆起長さ約 5km の逆断層型地震断層が PHIVOLCS によって確認された。国土地理院は、合成開口レーダー (SAR) の解析にもとづいて、島の北西部に東北東-西南西の方向に最大変位量が 1m を超える長さ約 50km の帯状の地殻変動集中域があり、その北東部に約 2m の地震断層変位に対応する長さ約 5km の南側隆起の不連続を認めている (<http://www.gsi.go.jp/cais/topics-topic131108-index.html>)。また、南西側の Loon から Maribojoc にかけて海岸が約 1m 隆起したが、これと調和的な約 10km にわたる海岸線の海側への移動 (離水) が観察された。

UAV による地震断層の調査は、断層変位地形が明瞭に観察できる Anonang 村周辺の 2 か所において実施した。今世紀最大の台風 30 号 (フィリピン名: ヨランダ) が来襲した前日 (11 月 14 日) の 1 日のみの短時間の調査であったが、それぞれの場所で断層に沿った長さ約 300m の範囲の低空撮影と GCP の設定および計測を行った。その結果、断層線の位置・形状、断層変位量に関する詳細なデータを効率的に収集することができた。

また、インターバル撮影機能のついたカメラを、長さ約 5m のポールの先端に設置して逆断層先端部のおよそ 10mX10m 範囲の微細な変位地形の計測を試みた。その際、長さ 5m の測量ポールを地表において、Local GCP の設置に活用した。

この調査によって、本調査法が地形図や空中写真の整備されていない発展途上国などの海外調査に極めて有効なものであることが実証された。また、国内においても、突発災害などの緊急調査において、研究者が容易に活用できる効率的かつ強力な調査手段として期待される。

キーワード: ラジコンヘリ, 写真測量, 地震断層, 013 年ボホール地震

Keywords: UAV, SfM photogrammetry, earthquake fault, 2013 Bohol earthquake

マルチコプター空撮による 2013 年フィリピン・ボホール地震の建物被害調査 Multicopter Aerial Photo Survey of Building Damages by 2013 Bohol Earthquake in the Philippines

井上 公^{1*}; 花里 利一²; 今井 弘¹; メロサントス アーノルド³; アルコネス ポンチ³; ソリアノ カールビンセント³
INOUE, Hiroshi^{1*}; HANAZATO, Toshikazu²; IMAI, Hiroshi¹; MELOSANTOS, Arnold³; ALCONES, Ponzch³; SORIANO, Karl vincent³

¹ 防災科学技術研究所, ² 三重大学, ³ フィリピン火山地震研究所

¹National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention(NIED), ²Mie University, ³Philippine Institute for Volcanology and Seismology(PHIVOLCS)

マルチコプター空撮技術が低・中層の建物や構造物の地震被害記録に有用であることを示す。2013 年 10 月 15 日にフィリピン中部のボホール島で M7.2 の直下型地震が発生し、島の西部を中心に多数の建物が倒壊して 200 名を超える死者が発生した。フィリピン火山地震研究所による被害調査に基づく震度は震源に近い州都のタグビララン市でフィリピン震度階 VII (気象庁震度 VI 相当) であった。我々は地震発生から約 3 週間後に現地を訪れ、マルチコプターを用いて教会を中心に建物被害の空撮調査を行った。また同じくマルチコプターを用いて、表層に現れた地震断層と海岸隆起の写真測量調査 (中田・他: 本学会) およびチョコレートヒルと呼ばれる多数の特徴的な丘陵地形の地すべり被害調査を行った。

フィリピン各地には 16 世紀のスペイン統治時代に創建された石造の教会が多数存在するが、今回の地震ではボホール島西部各地に建つそれらの教会が特に大きな被害を受けた。同島南西部バクラヨン市の海岸に建つ現在のバクラヨン教会は 1727 年に建設されたフィリピン最古の教会として知られるが、その鐘楼の上半部と聖堂の前壁がほぼ完全に倒壊した。また南部のロボック市のロボック教会は隣接する博物館も含めて周囲の壁が下部を残して大きく倒壊した。南西部のマリボホック市のマリボホック教会や北西部クラリン市のクラリン教会はほぼ完全に倒壊した。今回の地震では教会の他、サグバヤン市庁舎やトゥビゴン市庁舎などの公共的建物の被害も大きく、特にコンクリート造の柱・梁に囲まれた組積造帳壁の崩落が目立った。

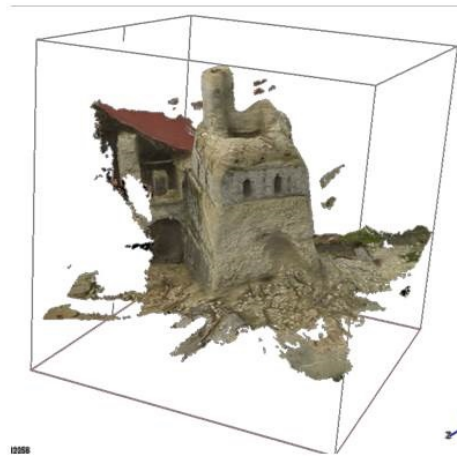
撮影機材はマルチコプターには小型で操縦も容易な DJI 社製 Phantom、カメラには軽量で高解像度の GoProHero 3 Black Edition を用いた。カメラを前方斜め下向きに取り付けた機体を GPS モードで手動操縦で飛行させた。撮影アングルの確認のためにリアルタイムで画像転送を行う FPV(FirstPerson'sView) システムの FatShark 社製 TeleporterV3 を用いた。撮影は 2 秒に 1 回のインターバルモードとし、被写体の周囲を飛行しながら連続撮影を行った。一回の飛行時間は安全を見て 5 分前後とした。周囲には顕著な被害がなく通常の生活が営まれている場合が多かったため、機体には万一の衝突時の衝撃吸収のためのプロペラガードを装着し、飛行には細心の注意を払った。幸い墜落事故の発生は一回もなかった。一般に地上からの手動操縦では機体の距離感がつかみにくいが、FPV システムを用いると撮影アングルを飛行中に確認できるのはもちろんのこと、被害調査のような被写体に接近する必要がある調査における衝突事故防止の手段として有用である。

図左にこうして撮影したバクラヨン教会の鐘楼の空撮写真の例を示す。地上からでは観察することのできない鐘楼の上部とその内部の破壊面を観察することができる。マルチコプターによる地震直後の空撮は建物の周囲への立ち入りが困難な場合でも被害の全容を容易にとらえることができ、災害概況を迅速に把握するツールとして極めて有用である。さらにこうして得られた約 50 枚の空撮写真を SfM(Structure from Motion) ソフトウェアの PhotoScan を用いて処理し、鐘楼の 3 次元モデルを再構築した (図右)。この手法により建物の破壊のモデリングと解析が可能となる。被災構造物の 3 次元モデルはデジタル災害遺構としての活用価値も大きい。従来から行われているレーザースキャナーによる 3 次元測量に比較してマルチコプター空撮と SfM による写真測量は簡便であり、3 次元プリンターで模型を作成すれば被災建物の修理計画や事前の耐震対策の検討作業等にも役立つことが期待される。

HTT33-P04

会場:3 階ポスター会場

時間:5 月 2 日 16:15-17:30



小型ヘリおよび UAV による植生・土地被覆図と空間線量率マップの作成 Production of vegetation/landcover and dose rate maps by small helicopter and UAV

近藤 昭彦^{1*}; 本多 嘉明¹; 梶原 康司¹; 野呂 直樹²; 高良 洋平²; 安藤 史識²; 藤森 雄大²; 野波 健蔵³; 山口 英俊⁴
KONDOH, Akihiko^{1*}; HONDA, Yoshiaki¹; KAJIWARA, Koji¹; NORO, Naoki²; TAKARA, Yohei²; ANDO, Fuminori²; FUJIMORI, Takahiro²; NONAMI, Kenzo³; YAMAGUCHI, Hidetoshi⁴

¹ 千葉大学環境リモートセンシング研究センター, ² エバ・ジャパン株式会社, ³ 千葉大学工学研究科, ⁴ SWR 株式会社
¹ Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, ² EBA JAPAN CO., LTD., ³ Graduate School of Engineering, Chiba University, ⁴ SWR CO., LTD.

原子力災害により放射能汚染を被った地域の環境回復、帰還、復興のために最も重要かつ最初に必要な情報は土地被覆現況図と放射能汚染マップである。この二つの地理情報に基づき、除染も含む放射能対策を策定する必要がある。千葉大学では東電福島第一原発の事故後、直ちに飯舘村、川俣町を中心に阿武隈山地の広範囲にわたる空間線量率分布の把握を試みた。その後、重点調査地域を川俣町山木屋地区(旧計画的避難区域)に設定し、空間線量率マップの作成を試みてきた。

その基本的な目標は航空機モニタリングや幹線道路沿いの走行サーベイでは明らかにすることができない里山流域単位の詳細な空間線量率マップを作成することである。山村における暮らしは里山における水・物質循環に依存しており、暮らしと関わりを持つ範囲が里山流域だからである。そこで、空間線量率計と GPS を同期させて、山林斜面を歩く歩行サーベイの手法を確立させ、山木屋地区北部の山地斜面で空間線量率の詳細な分布を計測した。

その結果、山木屋地区北部の山地斜面の空間線量率は、①高標高域で高い、②東電福島第一原発方向(東南方向)の斜面が高い、③常緑針葉樹林の空間線量率が高い、といった規則性も明らかになったが、空間的な不均質性も大きく、対象地域ごとに調査を行う必要性が生じてきた。

山林斜面の歩行サーベイは詳細な空間密度分布を得る効率的な手法であるが、現場ではクマザサや有刺木本のため歩行が困難な場所も多い。田畑においても避難実施後繁茂した雑草群落の中の歩行は困難を極める。そこで、飛行体による空間線量率の測定を試みた。

使用した飛行体は、①有人小型ヘリコプター: ロビンソン社 R44、②ガソリンエンジン搭載ラジコンヘリコプター: YAMAHA/RMAX、③電動マルチコプター: ミニサーベイヤ MS-06L、である。MS-06L は千葉大学野波研究室が開発した 6ローター、自律制御可能なマルチコプターであり、ペイロードは 5kg である。②、③はラジコンで制御する UAV(Unmanned Aerial Vehicle) である。

使用した計測機器は、①ビデオカメラ: 民生用デジタルビデオカメラ、②ハイパースペクトルカメラ: エバ・ジャパン製 NH-7、③空間線量率計測システム: ホットスポットファインダー HSF、である。HSF は HSF1(製造: SQR 株式会社、販売: ポニー工業株式会社)をベースとし、UAV 計測のために改良した機器である。改良点は装置の設置制約への対応と、ソフトウェアの変更(データ自動取得プログラム)である。

有人ヘリコプターにはビデオカメラ、ハイパースペクトルカメラを専用ジンバルを用いて据え付け、鉛直下方の撮影を行った。ハイパースペクトルカメラは静止画像撮影とプッシュブルーム方式による撮影を行い、高空間分解能オルソ空中写真の作成および土地被覆分類のためのハイパースペクトル画像の取得を行った。

2013 年 8 月から 11 月の間に、山木屋地区において実施したフィールドキャンペーンでは HSF を YAMAHA/RMAX と MS-06L に搭載し、様々な土地利用、土地被覆を対象にして空間線量率の測定を行った。YAMAHA/RMAX ではその積載能力を活かし、ウィンチに接続したケーブルに 2 個のシンチレータを 3m 間隔で搭載し、その間の空間線量率を計測することにより、高度に伴う空間線量率減衰の理論値からのずれを確認することが可能となった。YAMAHA/RMAX は空間線量率の三次元分布と、その場所による違いの計測、および森林の樹冠上の空間線量率の計測も行った。ミニサーベイヤはその機動性を活かして、広大な平地の連続測定、建物の屋根、河岸等における計測も行った。

有人ヘリコプターで取得したビデオ画像は 1 秒ごとに自動キャプチャーし、約 1000 シーンごとに写真計測ソフトウェアである Agisoft Photoscan を用いてモザイク処理、オルソフォト化を行った。今回は撮影に有人ヘリを用いたが、UAV による撮影画像の利用が可能である。ハイパースペクトルカメラによる画像は教師なし分類手法による判別により、樹種、屋根、道路等の材質、等を区分することが可能であることを確認した。

今回のキャンペーンにより、低コストかつオンデマンドによる地域の画像撮影、空間線量率計測が可能であることが明らかとなった。今後の課題は現場への実装である。引き続き、川俣町山木屋地区において地域と協働で計測を継続し、環境回復、帰還、復興の目的を共有した枠組みの中でリモートセンシングの役割を果たしていきたいと考えている。

キーワード: 原子力災害, 空間線量率計測, UAV, ハイパースペクトルカメラ, 山木屋地区, 福島

Keywords: nuclear disaster, dose rate measurement, UAV, hyperspectral camera, Yamakiya District, FUKUSHIMA

航空機搭載型測深 LiDAR による我が国太平洋沿岸浅海域の詳細海底地形調査結果
(平成 25 年度)
Airborne LiDAR bathymetry survey in Japanese Pacific coast in 2013

松永恒雄¹; 石黒 聡士^{1*}; 山野 博哉¹; 小熊 宏之¹

MATSUNAGA, Tsuneo¹; ISHIGURO, Satoshi^{1*}; YAMANO, Hiroya¹; OGUMA, Hiroyuki¹

¹ 国立環境研究所

¹National Institute for Environmental Studies

In 2013, Airborne lidar bathymetry survey in Japanese Pacific coast was planned and partially conducted at several selected-sites.

The objective of this survey is to acquire detailed bathymetry data in Japanese Pacific coast which are important for Tsunami simulation as well as monitoring of coastal environment and ecosystem heavily damaged by the Great East Japan Earthquake occurred in March 2011.

An airborne lidar bathymetry system, Fugro LADS Mk. III, was brought to Japan for the first time in October 2012. Data acquisition flights over several coastal areas in Hokkaido, Tohoku, Mie, and Tokushima were conducted in November and December, 2012, and remaining areas in Tohoku and Izu were conducted in September and October, 2013. Obtained data are currently being calibrated and evaluated.

In this presentation, the outline of the survey including instrument specifications, mapping areas, and the survey schedule as well as lidar data acquired will be presented.

キーワード: 航空機搭載型測深 LiDAR

Keywords: Airborne LiDAR

LIDAR データを用いた筑波大学構内自転車道の傾斜分析 Identification of sidewalk steepness from LIDAR data for Tsukuba University campus bicycle riders

村山 祐司¹; Lwin Koko¹; 周 軼飛^{1*}
MURAYAMA, Yuji¹; LWIN, Koko¹; ZHOU, Yifei^{1*}

¹ 筑波大学生命環境科学研究科

¹ Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

(1) Motivation

Bicycles are the most prominent travelling mode in many universities. Measurement of safety factors for sidewalk bicycle riders is essential for university authorities in order to concern public safety and to improve campus facility management information system. Information of sidewalk steepness is useful for daily bicycle riders inside the university campus in order to prevent unnecessary accidents while they are riding, especially at night.

(2) Data and Methods

In this study, we used very fine scale Light Detection And Ranging LIDAR data to identify the sidewalk steepness by integrating with Smart Field Data Collection System* and deliver the information through Campus Web-GIS.

(3) Results

Based on our study, LIDAR data are much promising to detect sidewalk steepness in open spaces. However, the accuracy was reduced in some areas where the sidewalk covered with trees and bridges. Intensive field investigations are required to correct them. We built a *Smart Field Data Collection System* to correct and modify the results by using Android smart phone application.

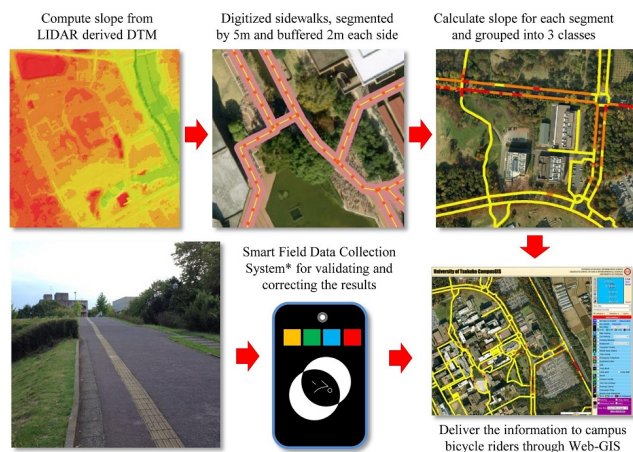
(4) Prospect

Identification of sidewalk steepness from LIDAR data is cost and time effective. Additional user friendly real-time Web-based GIS field data collection system to collect, store and modify the results by multiple users is a great benefit for data validating purposes.

(5) References

Yuji Murayama and Ko Ko Lwin, (2013). Smart Data Collection and Real-time Digital Cartography, IGU Kyoto Regional Conference 2013, August 4-9, Kyoto, Japan.

キーワード: ライダー, フィールドワーク, キャンパス GIS
Keywords: Lidar, fieldwork, campusGIS



自然保全地区のバッファ・ゾーン設定モデル The Buffer Zone Model of Natural Conservation Area

田中 一成^{1*}; 吉川 眞¹
TANKA, Kazunari^{1*}; YOSHIKAWA, Shin¹

¹ 大阪工業大学
¹Osaka Institute of Technology

1. Introduction

In the Kii mountainous region in the south Kinki area, there are preserved beautiful forest and river. However, the area faces problems of sustaining local industries as number of successors was declining due to the decrease of birthrate which is the major problem of Japanese society. Especially the decline of population and competitiveness of local industries are serious problems.

The 'Sacred Sites and Pilgrimage Routes in the Kii Mountain Range' are registered under the World Heritage Site in July 2004. This is the second example of linear type World Heritage Site. The first Site was the 'Camino de Santiago', which means the 'Way of St. James' in northern Spain.

The buffer zone of the 'Sacred Sites and Pilgrimage Routes in the Kii Mountain Range' is set as fifty meters from the center of the trails for both sides. This fifty meters' buffer zone was set without theory in terms of conservation of the environment around the World Heritage registered area.

The core area of the 'Camino de Santiago' is linear type as well. It connects cultural monuments, cathedrals and beautiful nature sites in Spain and in France. The buffer zones of the area was set for thirty meters from the center of the trails for both sides. However, if considering the visibility of the Pyrenees mountainous areas, wider area should be covered as buffer zone. As there are no standard criteria for the buffer zone setting that the study aims to develop GIS, which can determine the appropriate buffer zone.

2. Purpose of Report

In this report, we tried two studies; one was to survey the visibility of forest with plants laser measurement device. Secondly, the study achieved the method to describe the forest model in digital format. As for the further step, we will analyze the relationship between the result of the survey and the model. Based on the data we obtained, we will try to make a model to set buffer zone for conservation area.

3. Analysis

The analyzed area of this report is Koyasan Cyoichi-michi trail in the 'Sacred Sites and Pilgrimage Routes in the Kii Mountain Range' World Heritage Site. We surveyed several points using 3D laser scanner. The points were determined based on the pre-survey by photo and conventional measured. The points we surveyed differ such as vegetation and geographical conditions. The typical vegetation was the cluster of plants of cryptomeria. On an average within the seventeen meters there were many obstacles, which disturb visibility (24.7%).

We also analyzed to application of the survey results to a model plantation area for the comparison. The artificial plantation model is created from the typical trunks of trees with locations and even distances, which make the model to be quantitative.

We set the viewpoint surface every one meters. We estimated that the visible area and invisible area can be determined by setting lines between human visions and trees within. It showed the difference between visible area and invisible area. The percentage of the transitivity of visibility is calculated based on the above results.

The model is set based on periodical growth of plants. The previous study indicated that statistically cryptomeria of forty to sixty years old is majority of plantation. We calculated the distances of transitivity (an average distance) based on the visible-invisible analysis using GIS system. Finally, we verified the results (photographs) at the actual sites.

4. Conclusion

The study found out the possibility of the method that make the model of the buffer zone related with real space. The model we established in this study can expect statistically reliable results from simple survey method and objective data. The study will fine-tune results in applying the detailed data. Simultaneously, we aim to develop criteria based on the differences of the part of trees, as well as other natural environment.

キーワード: バッファ・ゾーン, 世界遺産, 紀伊山地の霊場と参詣道, GIS
Keywords: buffer zone, world heritage, Sacred Sites and Pilgrimage Routes in the Kii Mountain Range, GIS

GISを使った横浜市上空のSPM分布推定におけるバッファモデルの影響 Effects of the buffer models in the estimation of the spatial SPM distribution at the sky of the Yokohama city

山川 純次^{1*}
YAMAKAWA, Junji^{1*}

¹ 岡山大学大学院自然科学研究科
¹ Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

各地に位置する測候所で観測されたSPM濃度から、目的とする地域に関する連続した濃度分布を推定する場合、空間統計学の手法のひとつであるクリギング (Matheron, 1973) が用いられる。その際、推定値の分散を最小化するために補助マップを使用した普遍クリギング (universal kriging) が使用される。本研究では普遍クリギングによるSPM濃度分布推定に二種類の補助マップを使用した。ひとつはDEMに基づく地形マップで、もうひとつは海岸線からのバッファ距離に基づくバッファモデルから生成したバッファマップである。しかし分布を推定する領域が広域で陸上部と海上部を含み、さらに海上部での観測値が得られていない場合、推定したSPM分布の妥当性が使用したバッファモデルによって異なると考えられる。そこで幾つかのバッファモデルについて普遍クリギングを使ったSPM空間分布推定に与える影響を検討した。

本研究では、SPM濃度データは国立環境研究所によって公開されているデータを使用した。DEMデータは国土地理院によって公開されている基盤地図情報数値標高モデル (JPGIS-GML-DEM) からFGDVで抽出した。バッファモデルは地質調査所による20万分の1日本シームレス地質図から抽出した海岸線データを元にGISアプリケーションで作成した。全てのデータの投影法は日本測地系2000 (JGD2000) に変換し、地理空間計算において投影法の違いに起因する誤差の発生を最小限に抑えた。地理空間計算とその表現にはR言語とそのライブラリ、FOSS4GおよびGoogle earthを用いた。

本研究で用いたSPM濃度データ観測点は陸上部のみに存在し海上部には存在しない。また海上部はDEMにおいても標高がゼロである。このため普遍クリギングによる予測の分散が小さくても、バッファ距離が大きい海上部での予測は正確さが低いことを前提にして、得られた予測分布を扱う必要があると考えられる。

キーワード: GIS, クリギング, R言語, FOSS4G, Google earth, JPGIS-GML-DEM
Keywords: GIS, Kriging, R-Language, FOSS4G, Google earth, JPGIS-GML-DEM

鉄道サインに着目した屋内測位手法の検討 Investigation of indoor positioning technology focused on signboard in railway station

清水 智弘^{1*}; 吉川 眞²
SHIMIZU, Tomohiro^{1*}; YOSHIKAWA, Shin²

¹ 大阪工業大学 工学研究科, ² 大阪工業大学 工学部
¹Graduate School of Eng., OIT, ²Faculty of Eng., OIT

屋外での位置情報取得は、衛星測位システムの出現により非常に簡便なものとなった。また、平成22年の準天頂衛星初号機(愛称:みちびき)の打ち上げによってサブメートル級やセンチメートル級の高精度な測位が可能となった。今後さらに測位衛星の打ち上げによる日本版GPSの構築が予定されており、利用範囲や利用時間がより一層拡大されることが期待される。位置情報における簡便化、高精度化によって、位置情報を活用したさまざまなサービスが創出されてきている。その結果として、位置情報の重要性は近年ますます高まってきており、社会インフラとして欠くことのできないものになってきている。このような状況のもとで、次のステップとして、衛星測位の利用が困難な屋内における位置情報の取得が重要視されている。平成24年に策定された新たな「地理空間情報活用推進基本計画」の中でも、屋内測位技術を充実させ、屋外・屋内を区別せず測位できるシームレスな測位基盤の整備や位置情報サービスの展開に向けた取組みを推進すべきとしている。

本研究では、屋内環境として「鉄道駅」に着目した測位技術手法について検討する。鉄道駅では、アメニティ性の向上や移動の円滑化などが求められると同時に、高齢化にともなうユニバーサルデザイン化、人口減少社会にふさわしいコンパクトかつ機能性に優れた空間の創出などが求められていくようになった。そのような中で、近年、とくに大都市圏の鉄道駅において、商業施設や業務施設などの複合的な機能を備えたターミナルビル(駅ビル)の開発が進められ、その空間構造は複雑なものへと変化してきている。すなわち鉄道駅は、単なる交通結節「点」としてではなく、都市の顔として多様な利用者からより日常的かつ多彩なニーズに応じていくことが求められる複雑な「空間」へと変わってきたといえる。このような複雑さを増しているだけでなく、公共性の高い鉄道駅という屋内環境において位置情報を正確に推定することは、利用者にとって安全でやさしい空間を創出していくために重要であり、その効果は大きいと考える。

鉄道駅空間の中で「空間上の位置関係」を示す必要な情報伝達手段として「サインシステム」がある。サインシステムは、動線に沿って適所に配置され、移動する利用者への誘導・案内といった情報提供を視覚的に行っている。駅空間内での位置を推定するためには、これらサインシステムを活用することが効果的ではないかと考え、サインシステムを活用した屋内位置推定手法について検討した。とくに、直感的な情報伝達に優れている「ピクトグラム」に着目した。

本研究では、まず、屋内位置推定のために必要となるフロアマップとサインデータベースの構築を行った。サインの平面位置(x,y)だけでなく掲出高さ(z)といった3次元情報も撮影した写真を元に抽出し、データベースとして構築している。さらにサインのサイズ(幅×高さ)、向き、記載されているピクトグラムの種類と数量といったサインの内容についても構築している。

つぎに撮影された写真から屋内位置を推定することにした。具体的には、画像処理技術を用いて撮影された写真画像内からサインの内容(ピクトグラムの種類や数量)を抽出した。抽出されたサインの内容と構築したサインデータベースとマッチングさせることにより、フロアマップ上のどのサインを撮影したのかを特定することができる。

つぎのステップとして特定されたサインの「どの辺りにいるのか」といった「空間上の位置」を把握する必要がある。そのためにはサインに対してエリア範囲を設定する必要がある。本研究では、撮影された写真を利用することを想定している。そこで、「歩行中にサインの形状が視認できる、あるいはサイン内に記載されている内容が視認できる時に写真を撮影する」と仮定し、サインの形状ならびに内容(ピクトグラム)の有効視野範囲をエリア範囲として設定した。

さいごに、エリア内の「どの位置にいるのか」といった詳細な位置の推定が必要となる。そこで、撮影した写真から位置を推定するために立体写真測量技術を活用した位置推定を行った。この立体写真測量技術を適用させるためには、3点の既知座標が必要であるが、サインデータベースの格納されたサイン躯体4隅の3次元座標を活用することで位置推定を行った。

本研究では、撮影写真画像に着目して「撮影画像からのサイン抽出」、「エリア範囲の推定」、「ポイント位置の推定」を検討し、屋内測位手法として一定の成果が得られたと考えている。今後は、各手法の精度向上と自動化を進めていくのと同時に各手法を統合させ、汎用性の高いシステム化を目指していきたい。

キーワード: 駅空間, 鉄道サイン, 屋内測位, 画像処理

Keywords: railway station space, railway signboards, indoor positioning, image processing

非集計パーソントリップデータを Web-GIS でハンドリングする Handling non-aggregated person trip data with Web-GIS

村山 祐司^{1*}; ルウイン ココ¹; グレーガー コンスタンティン¹; エストケ ロナルド¹; 久保 堯史¹
MURAYAMA, Yuji^{1*}; LWIN, Koko¹; GREGER, Konstantin¹; ESTOQUE, Ronald¹; KUBO, Takafumi¹

¹ 村山祐司

¹ Yuji Murayama

空間的視点から見た人の動きを理解することは、都市交通や人文地理学、社会学など多くの分野において非常に重要である。幸いなことに、スマートフォンやカーナビゲーション、乗車カードといった地理空間情報の収集方法やデバイスが発達したことにより、今日の我々は大量のデータを収集・管理することができるようになった。しかし、こうした“ビッグデータ”を取扱うには膨大な計算と時間が必要となる。地理空間情報の操作や処理に関する知識が備わっている専門家はもとより、“ビッグデータ”は行政や企業、エンドユーザーにおいても活用の可能性がある。したがって、専門性にとらわれずに“ビッグデータ”から情報を引き出せるツールが必要だといえる。そこで、我々は“位置情報付きビッグデータ”の一つであるパーソントリップデータの分析及び視覚的に表現することができる Web-GIS の構築を行った。

キーワード: 地理情報システム, パーソントリップ, ビッグデータ, 空間解析, WebGIS, 可視化

Keywords: GIS, person trip, big data, spatial analysis, WebGIS, visualization

近代大阪の歩みと変遷景観 The Process of Growth and Cityscape Transition in Modern Osaka

西本 貴洋^{1*}; 吉川 眞²; 田中 一成²
NISHIMOTO, Takahiro^{1*}; YOSHIKAWA, Shin²; TANAKA, Kazunari²

¹ 株式会社ニュージェック, ² 大阪工業大学工学部
¹NEWJEC Inc., ²Faculty of Eng., OIT

現代日本における大都市の多くは明治期以降の近代化で目覚ましい成長を遂げた。とくに第二次大戦後の戦災復興や高度経済成長を経て、都市の空間構造は劇的に変化している。そのため、近代化の過程で築き上げられた往時の景観を現代都市空間においてうかがい知ることが困難となりつつある。このような背景のもと、都市基盤整備が沈静化した近年、わずかに現存する歴史環境を活用したまちづくりや観光事業が数多く展開されており、歴史に対する関心が少しずつ高まりをみせている。つまり、都市の資産として歴史環境を保全・復元することが今後ますます重要になるといえる。一方、高度情報化社会の真っ只中にある近年では空間情報技術も急速に普及し、GISの利用がより身近になっている。とくに、変遷分析のような長期的な時空間情報の処理を可能とすることから、歴史研究の分野においてGISが有効なツールとして活用されている。

研究の対象地となる大阪は江戸期より水辺を活用することで水都として栄えたが、今では関西圏の公共交通機関の結節点が集積し、高層ビルが林立する近代都市へと変化している。そこで、本研究ではGISやCAD/CGといった空間情報技術を活用することで、近代化をはじめ明治期以降の大阪の歴史の変遷を明らかにする。くわえて、近代化の過程で発生・消失した都市空間を再認識するとともに歴史環境として復元することを目指している。

都市変遷を把握するにあたって、その長期にわたる変化を効率良く整理することが必要となる。そこで、近代化の兆候が見られる明治中期、後期、大正期、昭和初期、戦後復興期、高度成長期の6期を本研究で用いることにした。これら地形図より市街地と湿地を読み取り、空間データを作成した。このデータと過去に作成された河川・鉄道データベースを用いることで都市変遷データベースを構築した。本データベースを用いて変遷を示した結果、現在、大阪市内で最大流域を誇る淀川は明治後期に形成された河川であることが把握できた。そして、明治初期から戦前までは梅田に堂島掘割が形成されており、現代とは異なる特徴的な空間が形成されていたことが考えられる。さらに、市街地に着目すると、梅田を中心とする旧淀川右岸地域はほか地域と比べてもいち早く市街化している。それと同時に、既成市街地内では近代化にともない頻繁に市街地の更新が起きており、旧淀川流域周辺では景観的にも変化が生じている可能性があるかと推測された。これらの結果から、本研究では梅田、旧淀川流域に着目し、3次元都市モデルを構築することで変遷景観シミュレーションを行うことにした。

都市モデルの構築にあたって、まず、地形モデルを作成した。作成範囲は先行研究の知見である大阪の最大視認距離を考慮した140km四方を参考に、数値地図250m(標高)と数値地図50m(標高)を併用して作成した。地物モデルは、CAD/CGにより代表的地物と町家モデルを作成している。なお、代表的地物として梅田では大阪駅、旧淀川流域では造幣局を選定し、史料をもとに詳細に復元した。シミュレーションを行った結果、近代化にともなう梅田と旧淀川流域の変遷景観を可視化させることができた。

本研究では空間情報技術を用いたことで近代化にともなう大阪の変遷を明らかにし、3次元景観シミュレーションによって近代化にともなう歴史の変遷を視覚化した。くわえて、大阪の歴史環境として3次元都市モデルを構築し、デジタルアーカイブとして復元した。今後の課題として、把握した大阪の変遷過程をアニメーションに展開し、表現力豊かな意思伝達ツールを構築することが必要である。また、歴史環境としてストックした3次元モデルの精度向上の必要性が挙げられる。

キーワード: 近代化, 変遷景観, 梅田, 旧淀川

Keywords: modernization, cityscape transition, Umeda, old-Yodo River

写真情報を用いた大名庭園の景観分析 Landscape analysis of daimyo garden using photograph information

大野 陽一^{1*}; 吉川 眞²; 田中 一成²
ONO, Yoichi^{1*}; YOSHIKAWA, Shin²; TANKA, Kazunari²

¹ 復建調査設計株式会社, ² 大阪工業大学

¹FUKKEN CO., LTD., ²Faculty of Engineering, Osaka Institute of Technology

わが国の人々は、古くからシークエンス景観に対して興味を感じてきた。室町時代の禅宗寺院や江戸時代の大名庭園に実例が存在している。一方、近年では情報技術、とりわけソーシャルメディアが目覚しく発展している。それにより、観光地で体験された景観が撮影され、私的な時空間情報として非構造化された状態でインターネット上に蓄積されている。そこで本研究では、インターネット上に蓄積している私的な時空間情報を活用し、大名庭園における景観現象を分析する。

具体的には、対象地で撮影された写真画像と時空間情報を取得し、GIS (Geographic Information System) を用いて時間・空間の両面に着目し分析を行う。まず、現在でも多くの観光客が訪れる大名庭園の中から研究対象地を選定する。つぎに、写真コミュニティサイトの一つである Flickr に着目し、それぞれの対象地で撮影された時空間情報を含む私的な写真情報を取得しデータベースを構築する。構築したデータベースを時間別や個人別などに分類し分析を行うことで、対象地を訪れた人々が実際に体験した景観現象の把握を行う。

数ある大名庭園のなかでも、借楽園、兼六園、後楽園は日本の代表的な庭園として日本三名園と称されている。くわえて栗林公園もこれに劣らず美しい庭園と記されている。さらにこの4庭園は、現在でも多くの観光客が訪れる観光名所として存在している。そこでまず、この4庭園を対象に、flickr API を用いて実際に現地を訪れた人びとが撮影した写真画像とそれに付随する時空間情報の収集を行った。なお今回は2006年1月1日から2012年12月31日の期間に撮影された写真情報を収集している。その結果、情報量の観点から兼六園を分析の対象地に選定した。

まず、写真画像データに含まれる Exif (Exchangeable image file format) 情報の活用を行う。このメタデータは、写真を撮影した際のカメラ本体の情報が取りまとめられており、絞り値や焦点距離などさまざまな情報が写真撮影位置とともに記録されている。つまり、撮影時の状況を記録した指標といえる。今回は数ある Exif 情報の中でも、焦点距離と撮影方向を用いて兼六園の視覚的特徴を把握する。

それぞれの位置情報をもとに、35mm フィルム換算焦点距離を GIS 上に展開した。それぞれのデータは、焦点距離の値ごとに色分けをして表示されている。これにより、庭園内の特徴を把握することができた。一つは、梅林周辺のように画角範囲が狭く、固定的な眺められ方が生じているエリアである。とくにここは梅林であることから、梅のつぼみや花を注視していることが予測される結果となった。二つ目は徽軒灯籠周辺である。ここでは、画角範囲が広く、複数の焦点距離を用いて写真撮影が行われていることが分かる。

つぎに、収集した写真画像に着目した分析を行う。一つの対象に対して、撮影位置は固定的ではなく、多様な分布を示す。そこで、分布指向性分析を行うことでそれぞれの視点場を把握する。分布指向性分析では、点群の分布をもとに標準偏差楕円を作成し中心傾向、分散、指向性傾向といった空間特性を把握することができる。今回分析に用いる点群は写真撮影位置であるため、分析により生成される標準偏差楕円を撮影視点場として考える。

まず、撮影対象ごとに写真を分類し、対象ごとに撮影視点場を作成した。その結果、庭園を巡るなかで複数の視点場が重なる場所(徽軒灯籠周辺など)が存在することが明らかになった。庭園を巡るシークエンスの中で、順番に対象を見ていくのではなく、地物が複雑に影響しながら視覚されていることが考えられる。また、個別に視点場と対象の関係性をみていくと、標準偏差楕円の形状と撮影対象との位置関係から、いくつかの特徴を見出した。そこで、分析結果をもとに撮影視点場を分類し、4つの異なる特徴を持つ視点場を把握した。これにより、視点場内で生じる微細な時間での景観現象をおおまかに把握することができ、またそれらはカメラワークの表現と類似していることを明らかにした。

本研究の結果、Exif 情報を用いて対象地の視覚的特徴を把握した。くわえて撮影対象ごとの視点場を把握し、視点場のモデル化を行うことができた。

キーワード: 大名庭園, 景観, 写真情報

Keywords: daimyo garden, landscape, photograph information

GIS と小地域統計を用いた農業の地域的パターンの研究
Spatial pattern of agriculture using GIS and small area statistics

森本 健弘^{1*}
MORIMOTO, Takehiro^{1*}

¹ 筑波大学
¹University of Tsukuba

The author used small area statistics of agriculture and composed grid square statistics to make spatial pattern of agriculture in the Kanto District of Japan using GIS. The grid square statistics is suitable for analyses in combination with other ready-made social and environmental grid-square statistics.

オーストラリア国勢調査「テーブルビルダー」を利用した社会地理分析 GIS analysis of Australian urban social geography by using Census Table Builder Data designated by ABS

堤 純^{1*}

TSUTSUMI, Jun^{1*}

¹ 筑波大学生命環境系

¹ Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

A body of literature about multi-cultural aspects in Australia can be found in the fields of international politics, international relations and Australian history as well as Australian geography. Diverse origins of immigrants had a great impact on the changing structure of metropolitan areas in Australia. Based on some previous studies, non-English speaking immigrants, e.g. Greek and Italian in the 1960s, tended to live in the suburbs located 10-15 km apart from the Melbourne metropolitan core. These suburban areas were relatively “ less convenient area ” in terms of public transportation, but newly developed area supported strongly by motorization. New university, huge industrial parks, distribution centres and relocated suburban offices have been established in these newly developed areas. Immigrants in 1960s could only find affordable houses in these “ new suburbs, ” resulted in the expansion of the metropolitan area.

After 1990s and later, Australian cities are strongly affected by a “ surge ” of immigrants from Asian countries. They tended to live in the existed Asian communities located at the peripheries of the metropolitan area, much farther than “ new suburbs. ” Footscray in the west, Glen Waverley in the east and Springvale in the southeastern suburbs are typical examples of those communities.

In this paper, I focused on the changing structure of Sydney and Melbourne metropolitan areas in terms of diverse origins of immigrants. A GIS-based mapping with “ table-builder data ” distributed by Australian Bureau of Statistics was used to identify the process. This paper not only provides a methodological innovation but also a new and practical contribution to urban-social process studies.

キーワード: GIS, オーストラリア, 都市, シドニー, メルボルン, 大都市圏

Keywords: GIS, Australia, Urban area, Sydney, Melbourne, metropolitan area

中国・陝北および隴東黄土高原における土地利用変化とその特徴 Land use change in the Loess Plateau of North-Shaanxi and East-Gansu Province, China

原 裕太^{1*}
HARA, Yuta^{1*}

¹ 京都大学大学院地球環境学舎
¹GSGES, Kyoto Univ.

中国西北部に位置し、黄河中流域の多くを占める黄土高原は、土壌侵食、砂漠化、両者にもなう経済的課題を抱えている。水食は農地の減少を招き（松永 2013）、生態系を破壊し、農・林・牧業に深刻な打撃を与えている（齊藤 2008a）。また、土砂の流入による黄河下流域の洪水危険性の増大や黄海沿岸の生態系への影響を生じさせている（福畠・谷口編 2008）。これらに対処すべく、1990 年代末以降、急傾斜地での農牧業を停止して樹木を植栽する退耕還林が開始された。しかし、モデル地区では良い成果が得られている一方、実質的効果の薄い地域も多い（齊藤 2008b）。これは、広大な黄土高原において、各地域の自然的・人文社会的背景が多様である（たとえば、黄 1955；E. Derbyshire and X. Meng 2000；高山・木村 2008；山中・安田 2008）ためにほかならず、解決のためには空間的視点が必要である。

2000 年以降、黄土高原ではいくつかの土地利用研究がなされてきた（たとえば、張ほか 2012；劉ほか 2012；朱ほか 2008）。これにより、退耕還林による緑化の進行を量的に示すことに成功した。一方で、対象地域は流域ごとに分かれ、比較時期も統一されていない。また、1980 年代以降の 2 つの年度を比較することに止まっている。それは上記に代表される研究の主眼が主として退耕還林の評価に置かれているためであり、黄土高原全域で地表面の変化がどう推移してきたのかは、定量的にはあまり明らかになっていない。

本研究では、リモートセンシング技術を用い、陝北・隴東地域全域を対象として、黄土高原における土地利用変化を明らかにするとともに、草地・森林変化を軸とした地域区分を試みた。使用した衛星画像は Landsat / MSS、TM である。各画像について最尤法による教師つき分類を行った後、ArcGIS を用いて論理和結合演算を行い分析した。

その結果、1. 子午嶺と黄龍山において森林の変化に相反する違いがあること、2. モウス (Mu Us) 沙地との隣接地域内で砂漠化の程度に複数の差があること、3. 黄土丘陵ガリ区内では 90 年代以降陝西省・甘肅省の行政界を境として砂漠化に相反する変化が明瞭に存在することを明らかにした。さらに、SRTM 等を用いて地域差に起因する第一ファクターを推定した。今後、これらの成果をメカニズム論へと移行させることによって、各地域においてネガティブな変化を構成する主要素を抽出し、土壌侵食、砂漠化の抑制へと繋げていくことが可能となる。

キーワード: 黄土高原, 土地利用変化, Landsat, ArcGIS
Keywords: the Loess Plateau, land use change, Landsat, ArcGIS

細密 LiDAR DEM データの平滑化処理の手法と効果について Miniature LiDAR DEM data smoothing techniques and effects

神原 規也^{1*}; 佐藤 丈晴²

KAMIHARA, Noriyo^{1*}; SATOU, Takeharu²

¹ 株式会社 エイト日本技術開発, ² 岡山理科大学 生物地球部

¹Eight-Japan Engineering Consultants Inc., ²Okayama University of Science, Faculty of Biosphere-Geosphere Science

昨年の JpGU 大会 H-DS27 セッションでは、「深層崩壊の発生場所予測のための小崖の抽出方法について」GIS 上で自動処理によることは難しく、画像化の助けを借りて人がマニュアルで行うことが実際的である、と報告されている。このような小崖を形成する遷急線や遷緩線や谷線・尾根線などの線状地形要素は、単位斜面の境界線という意義だけでなく、マスマーブメントの形成過程を解読するための主要な地形要素の一つである。LiDAR DEM から得られるラプラス関数図はこの地形境界線を広域にわたって高精度に抽出することを容易にしている。しかし細密な DEM データをそのまま用いた場合、地表面の微小な凹凸のノイズが求めようとする地形要素を埋没させることから、この地形要素抽出に適した DEM データ処理手法に関する検討を行った。

このノイズ除去を目的とした DEM データの平滑化処理は 5 グリッド以上の範囲で実施することによって小崖地形のような段差地形が鮮明に識別される。また平滑化範囲を拡大させるに伴い、斜面上のなだらかな尾根状地形や浅い陥没地形などのような波長の大きな凹凸の傾向が表現されてくる。しかし、1mDEM の平滑化なしでは一定の精度で可能であった段差地形量の定量的な評価は、平滑化範囲の拡大に伴い困難になる。ラプラス関数図は平滑化範囲が異なることによって、規模の異なる地形要素が抽出されるものであり、解析目的に応じた幾種類かの平滑化範囲を併用する手法が有効であると考えられる。

キーワード: LiDAR DEM, マスマーブメント, ラプラス関数, 遷急線

Keywords: LiDAR DEM, Mass Movement, Laplacian, Convex

加速器質量分析 (AMS) の過去 30 年の発展と将来展望 Review of development of AMS in the past 30 years and future perspective

中村 俊夫^{1*}
NAKAMURA, Toshio^{1*}

¹ 名古屋大学年代測定総合研究センター
¹Center for Chronological Research, Nagoya University

加速器質量分析 (Accelerator Mass Spectrometry; AMS) は、粒子イオンを静電的に加速する加速器、その質量を識別する質量分析装置、さらに入射粒子のエネルギーやエネルギー損失率から入射粒子の原子番号 (原子核の電荷) を決定する重イオン検出器を組み合わせて、天然に存在するごく微量の放射性同位体とその安定同位体を高感度かつ高精度に定量する測定法である。1980 年代に加速器質量分析 (AMS) による天然レベルのごく微量放射性同位体が、数 mg というごく微量の試料を用いて高感度で測定できるようになって、放射性同位体を用いる年代測定の応用の範囲が著しく拡大された。AMS を用いると、¹⁰Be (half life: 1.5×10^6 yr), ¹⁴C (5730 yr), ²⁶Al (7.1×10^5 yr), ³⁶Cl (3.0×10^5 yr), ⁴¹Ca (1.0×10^5 yr), ¹²⁹I (1.57×10^7 yr) などさまざまな宇宙線生成放射性同位体が、また、人工放射性同位体 ²³⁶U (2.35×10^7 yr), ²⁴⁰Pu (6563 yr) などが、対象とする元素の量で数ミリグラムを用いて測定できる。利用される加速器は、AMS 専用機としては加速電圧が 0.2MV~6MV のタンデム型の静電加速器 (バンデグラフ、またはコッククロフト・ワルトン式) がほとんどである。

年代測定においては、これらの宇宙線生成放射性同位体のうち放射性炭素 (¹⁴C) が最もよく用いられる。炭素は、生物に含まれる主要元素の一つであることから、生物起源のさまざまな考古学・地質学試料に含まれている。さらに、地球の大気中で宇宙線の作用で形成された ¹⁴C は酸化されて二酸化炭素 (¹⁴CO₂) となり、大気中に存在する他の二酸化炭素とよく混合して、¹⁴C 濃度が一定になったあと、生物体内に移行する。このため、炭素試料の ¹⁴C 初期濃度がほぼ一定であり、試料に残存している ¹⁴C 濃度と試料の年代との関係はほぼ指数関数で表される。一方、⁴¹Ca は、動物の骨などに含まれており、半減期も 10 万年と長いから、原人段階の骨化石の年代測定に利用できる可能性が高い。しかし、⁴¹Ca の検出は、それぞれの試料中の ⁴¹Ca の初期濃度が明白ではないため、また ¹⁴C の検出に比較してバックグラウンドイオンの除去が難しいため、年代測定への応用はまだ開発段階といえる。他方、¹⁰Be, ²⁶Al, ¹²⁹I は湖底・海底堆積物の堆積年代、露出した岩石や隕石の宇宙線照射年代推定、³⁶Cl は地下水の年齢の推定、²³⁶U や ²⁴⁴Th は海水の循環の研究などに利用される。

本報告では、AMS の発展の歴史、日本および世界における稼働状況を述べたあと、AMS の利用分野および将来の展望について紹介する。

キーワード: 加速器質量分析, 宇宙線生成核種, 放射性核種, 年代測定, イオン核種識別, イオン粒子計数

Keywords: accelerator mass spectrometry, cosmogenic nuclides, radionuclide, age measurement, ion nuclide separation, ion particle counting

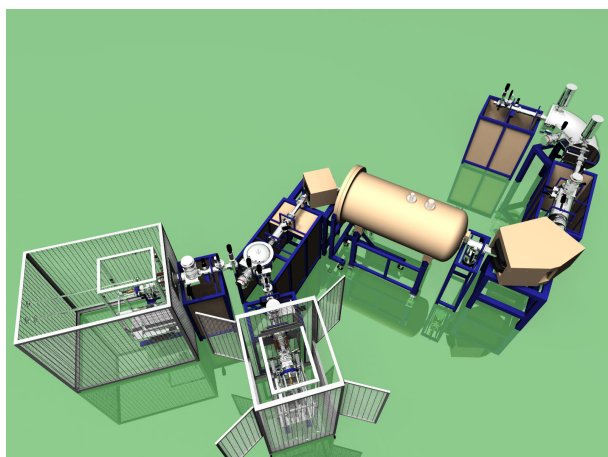
山形大学高感度加速器質量分析センターの現状 Present status of YU-AMS

門叶 冬樹^{1*}
TOKANAI, Fuyuki^{1*}

¹ 山形大学高感度加速器質量分析センター
¹Center for YU-AMS

Yamagata University (YU) installed an AMS (YU-AMS) system in the Kaminoyama Research Institute to meet the requirement of ¹⁴C AMS for microdosing and medical studies as well as that of radiocarbon dating in the same facility. An automated graphitization line was also installed in the same research institute for sample preparation. This AMS system is the first AMS system installed in a university in north Japan (Tohoku-Hokkaido region). The facility also provides radiocarbon dating for samples from other universities, institutes and public organizations. Currently, we are planning to install a second new ion source and an automated graphitization line until March in 2014. In this paper, we describe the status of the YU-AMS system.

キーワード: AMS, マイクロドーズ
Keywords: AMS, microdose



AMSにおけるレーザーを用いた同重体分離システムの開発 Development of isobar suppression system using Laser in Accelerator mass spectrometry

三宅 泰斗^{1*}; 松崎 浩之¹; 長谷川 秀一²
MIYAKE, Yasuto^{1*}; MATSUZAKI, Hiroyuki¹; HASEGAWA, Shuichi²

¹ 東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻, ² 東京大学大学院工学系研究科原子力専攻
¹Department of Nuclear Engineering and Management, School of Engineering, The University of Tokyo, ²Nuclear Professional School, The University of Tokyo

加速器質量分析 (Accelerator mass spectrometry, AMS) において目的核種と同重体核種を分離することは、測定精度やシステムのバックグラウンドを決める上で非常に重要な意味を持つ。AMS では従来、同重体の分離にガス充填型電磁石やガスカウンターなど、イオンと物質の相互作用を利用した装置が用いられてきた [1-2]。

1980 年代には加速器入射前にレーザーとイオンビームを相互作用させることにより同重体を分離する方法が試みられた [3]。この手法では、目的核種と同重体核種の電子親和力 (Electron Affinity, EA) の差を利用する。目的核種の方が同重体核種よりも EA が大きい場合、その中間のエネルギーをレーザー光によりイオンに与えれば、光脱離反応により同重体核種のみを選択的に中性原子化し、加速器に目的核種のみを入射させることができる。しかし、当時はパルスレーザーにより光反応を実現していたため、レーザー光がイオンビームと相互作用する時間が非常に短く、同重体の抑制が十分ではなかった。それ以降、この技術はまだ実用化に至っていない。

近年、レーザーの性能の発展や、イオンビームとの実質的な相互作用時間を延長する手法が考案され、AMS においてレーザーを用いた同重体イオンの分離システムの開発が進められている。例えば、ガスとの衝突によりイオンビームを減速させる反応チャンバーによりレーザー光とイオンビームとの相互作用時間を効果的に延長する方法が検討されている [4]。このシステムが実用化されれば、Cl-36 (EA=3.62eV) と S-36 (EA=2.08eV)、Ni-59 (EA=1.156eV) と Co-59 (EA=0.661eV) のような同重体核種より大きな電子親和力をもつ目的核種の測定において同重体干渉を軽減できる [4]。あるいは、目的核種と同重体核種の EA の関係が逆になっている核種でも、目的核種を分子イオンにすることで、EA が逆転し、光脱離により分離できるようにできる可能性も期待される。

レーザー光とイオンビームを効果的に相互作用させるには、反応チャンバーを含めたイオンビームのイオン光学系の最適化を行う必要がある。反応チャンバー設置位置としては加速器入射前の静電偏向器の後、入射電磁石の後などが考えられる。本研究では、レーザーによる同重体分離システムの導入に先立ち、実際のビームラインでレーザー光と相互作用させるためのイオン光学系や反応チャンバーの設置位置について検討を行った。

[1] H. Matsuzaki, Journal of the Vacuum Society of Japan, Volume 50, Issue 7, 467-474 (2008).

[2] T. Aze, H. Matsuzaki, H. Matsumura, H. Nagai, M. Fujimura, M. Noguchi, Y. Hongo. and Y. Yokoyama, Nucl. Instr. Meth. **B259**, 144-148 (2007).

[3] D. Berkovits, E.Boaretto, G. Hollos, W. Kutschera, R. Naaman, M. Paul, and Z. Vager, Nucl. Instr. Meth. **A281**, 663 (1989).

[4] Y. Liu, P. Andersson, J.R. Beene, O.Forstner, A. Galindo-Uribarri et al., Rev. Sci. Instr. **83**, 02A711 (2012).

キーワード: AMS, 同重体, レーザー, 光脱離
Keywords: AMS, isobar, laser, photodetachment

C14を含まない実験動物の開発 Development of C14-free laboratory animals.

小林 紘一^{1*}; パレオ・ラボ AMS 年代測定グループ¹
KOBAYASHI, Koichi^{1*}; AMS, Dating group¹

¹ 株式会社パレオ・ラボ
¹ Paleo Labo Co.,Ltd.

創薬研究の初期段階において、非常に高い放射能レベルの¹⁴Cで標識された薬物を実験用小動物に投与して、放射線測定により目的の薬物の生体内における動態を調べる実験が行われている。これに対して、実験動物の身体を構成する炭素の同位体比¹⁴C/¹²Cを下げる事ができれば¹⁴C標識薬物の放射能レベルをそれに応じて下げることが可能である。

自然界の動植物の身体を構成する炭素は、¹⁴C/¹²C \sim 10⁻¹²の割合で放射性同位体¹⁴Cを含む現代炭素でできている。これに対して化石燃料由来の炭素は、¹⁴Cが放射壊変により減少してほとんど無くなっていてdead carbon (DCと略称)と呼ばれる(¹⁴C/¹²C \ll 10⁻¹⁴; ¹⁴C-free carbon)。従って、DCの実験動物を使えば、目的とする薬物に付与する¹⁴Cの標識量を従来の現代炭素の動物を使う実験に比べて10万分の1程度以下に減らすことが出来、現代炭素のように低い放射能レベルの¹⁴C標識薬物による動態実験がAMS測定により可能となる。

これにより研究者の放射線障害の危険性が格段に減少し、また高価な標識化費用の削減効果は非常に大きい。更に、自然放射線レベルの薬物動態実験が可能となるので、薬用資源植物の探索、生薬や漢方薬の開発研究などへの応用が期待される。

本プロジェクトでは、DCの実験動物、特にDCマウスを飼育製造することを目的として、DCの餌を作る研究を約3年前に開始した。まだ研究途中であるが、ここでは今までの成果と最終目標の達成に向けての研究計画の概要を紹介する。

2010年10月、¹⁴Cを含まない生物栽培の実証データを得ることを目的に、簡便な実験を開始した。

¹⁴Cを含まない環境で生物を育てると必然的にDCの生物になることは明らかである。

アクリル製小型グローブボックス内の空気を、¹⁴Cを含まない人工空気(N₂, O₂ガス及びDCであることを確認した通常のCO₂ガス)に入れ替えて、LEDや蛍光灯による適量の光の照射下でブロッコリーなどの植物及び光合成微生物であるミドリムシの栽培、培養を試みた結果、¹⁴C濃度を現代炭素に比べて20%程度まで減少させることに成功(20 pMC: percent Modern Carbon, 80%のDC状態)した。(小林ほか、2011; Kobayashi et al., 2011)

ミドリムシ(ユーグレナ)は植物と動物の中間的微生物(数10 μ m程度)であり、動物の飼育に必要な栄養素をすべて持っていることと、光合成で繁殖するのでDC化が容易であるという理由から、DCの実験動物の餌として培養することにした。

その後、100%のDC化を妨げる様々な原因を探り、小型密閉容器にCO₂発生錠剤と化成肥料、麦飯石(花崗斑岩:ミネラル成分補給)と共にミドリムシを入れて密閉して培養するという簡便な方法により、約96%のDC濃度のミドリムシを製造することに成功した(小林ほか; 2012)。

また、ミドリムシやクロレラが実験動物の餌になり得ることの確認実験を行った。3匹のマウスにミドリムシ80%、クロレラ20%の混合粉末を錠剤にした市販の健康食品を与えて約3ヶ月間飼育した結果、通常の飼料を与えて飼育した3匹の対照群と比較して、少し体重が少ない以外に大きな差は見られず、健康に育つという結果を得た。

上記2件の研究結果は、DCマウスの実現の可能性が大きいことを示しており、次のステップに進むこととなった。

2013年8月、本研究を支援する助成金をいただき、DCマウスの実用化を目指して開発研究を開始した。

現在、容量1 m³の大型密閉培養装置を製造し、大規模化に伴う様々な問題点に対応して改良を加えながら、DCミドリムシの大量培養に取り組んでいる。

引用文献

小林ほか(2011) Production of ¹⁴C-free plants and animals ; Kobayashi, K. ほか(2011) Production of ¹⁴C-free plants and animals ; 小林ほか(2012) Production of dead carbon lives

キーワード: AMSによる薬物動態研究, C14を含まない生物, ユーグレナ
Keywords: Pharmacokinetics by AMS, C14-free lives, Euglena

暦年較正の高精度化に向けた AMS 法による南日本産樹木の ^{14}C 測定 ^{14}C measurement of the Southern Japanese tree by the AMS method for high-precision radiocarbon calibration

箱崎 真隆^{1*}; 中村 俊夫¹
HAKOZAKI, Masataka^{1*}; NAKAMURA, Toshio¹

¹ 名古屋大学年代測定総合研究センター
¹ Center for Chronological Research, Nagoya University

放射性炭素 (^{14}C) 年代法は、過去 5 万年間の堆積物や歴史試料の年代決定に大きく貢献している年代測定法である。しかし、 ^{14}C 年代は暦年代と一致しないため、年代既知試料の ^{14}C データからなる暦年較正データセットでの較正を必要とする。また、大気 ^{14}C 濃度には地域差 (regional ^{14}C offset) があるため (Hogg et al. 2002), 高精度な暦年較正のためには、地域ごとの暦年較正データセットを確立する必要がある。

名古屋大学年代測定総合研究センターでは、日本独自の暦年較正データセットを確立するため、南日本産樹木である屋久杉を用いて 1 年輪ごとの ^{14}C 測定を実施している。これまでの測定から、屋久杉は過去 2000 年間のさまざまな時代において、世界標準暦年較正データセット IntCal13 (Reimer et al. 2013) よりも古い ^{14}C 年代を示すことがわかっている (Nakamura et al. 2013)。今回は、紀元 5 世紀の屋久杉年輪試料を用いた ^{14}C 測定結果について報告する。

試料は、鹿児島県屋久島産のスギ (試料名: Yaku_A) である。この試料は、屋久杉標準年輪曲線 (木村 未発表) との年輪年代解析が行われており、年代既知である。試料の AD434-502 の年輪を 1 層ごとに切り分け、西暦年が偶数年の試料 35 点 (AD434, 436..., 502) について ^{14}C 測定を行った。測定には、名古屋大学タンデロン AMS2 号機を使用した。偶数年のみを測定したのは、先に全体傾向を把握するためであり、将来的には奇数年の年輪試料も測定する。

測定の結果、試料の ^{14}C 年代は、IntCal13 よりも平均 28 ± 22 年、最大 76 ± 21 年 (AD488) 古いことがわかった。試料の ^{14}C 年代は、IntCal13 および SHCal13 (南半球用暦年較正データセット; Hogg et al. 2013) のほぼ中間に位置した。

屋久島は夏季に熱帯収束帯の北端と接するため、定常的に ^{14}C 濃度の低い南半球大気が供給されやすいと考えられている (中村ほか 2012)。今回の測定結果は、紀元 5 世紀に日本近辺の大気中 ^{14}C 濃度が低下したことを示唆する。このことから、この時代は南半球からの大気供給が強まっていた可能性が考えられる。坂本ほか (2013) は、長野県宮田村産スギ埋没木 (年代既知) の ^{14}C 濃度測定から、紀元 5 世紀-6 世紀前半にかけて、IntCal よりも古い年代が得られたことを報告している。今回の結果は長野県産樹木の測定結果と調和するものであり、この時代は南半球大気の影響が中央日本まで及んでいた可能性が考えられる。今後は、紀元 6 世紀まで屋久杉試料の ^{14}C 測定を実施し、坂本ほか (2013) の結果と整合するかを検討する。

キーワード: ^{14}C 地域差, 樹木年輪, 南日本, 暦年較正, 屋久杉

Keywords: radiocarbon calibration, regional ^{14}C offset, Southern Japan, tree-ring, Yaku cedar

連続土壌堆積物中の津波イベント層のC-14年代測定と津波堆積物の地球化学分析 C-14 dating and geochemical analyses of the tsunami sediments in continuous soil deposits from Tohoku area, Japan

渡邊 隆広^{1*}; 細田 憲弘¹; 土屋 範芳¹; 中村 俊夫²; 山崎 慎一¹; 奈良 郁子¹

WATANABE, Takahiro^{1*}; HOSODA, Norihiro¹; TSUCHIYA, Noriyoshi¹; NAKAMURA, Toshio²; YAMASAKI, Shin-ichi¹; NARA, Fumiko¹

¹ 東北大学大学院環境科学研究科, ² 名古屋大学年代測定総合研究センター

¹Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, ²Center for Chronological Research, Nagoya University

Past tsunami sediments preserved in continuous soil and lake sediments are crucial and unique clues to reconstruct the past tsunami invasion area. Generally, the tsunami sediments originated from sea floor, sandy beach and/or coastal land soils containing gravels, sands, muds, shells and microfossils. In particular, muddy tsunami sediments should be found to detect the limit of tsunami invasion areas, because relative small particles move to more inland area with tsunami in comparison with sand deposits. Additionally, dating of tsunami sediments is indispensable to refer for historical disaster events. Therefore, we have to make age models of continuous soil deposits with tsunami sediments and new techniques for detection of invisible muddy tsunami sediment in strata. In this study, we performed the nine radiocarbon measurements of plant residues in continuous soil deposits as well as geochemical characteristics of tsunami sediments. 2m-continuous soil deposits were taken by the handy geoslicer (Fukkenn co. ltd.) from the Pacific coast of Tohoku area in northeast Japan. The samples were composed of cultivated surface soils, peaty clay, silt and sub-rounded medium sands. The sandy deposits were found between the peaty clay layers. To show the sedimentary ages of sandy deposits, plant residues were taken from the sandy and peaty clay layers in the continuous soil sediments. The plant residues were washed with ultra pure water using ultra sonic cleaner to remove soil particles containing relative old carbon. Then, the samples were treated sequentially with 1.2M-HCl, 1.2M-NaOH and 1.2M-HCl at 60 degrees of Celsius for 3 hours. After neutralization and freeze-drying, the samples were combusted in evacuated quartz tubes. Then, the purified carbon dioxide was reduced to graphite using Hydrogen gas with iron catalysts. Radiocarbon measurements were performed by the Tandem AMS system (Model-4130, HVEE) in Center for Chronological Research, Nagoya University. Total organic carbon contents of the plant residues were from 45.9 to 54.5 wt.% (50.4 wt.% in average) and stable carbon isotope ratios of the plant residues ranged between -26.7 and -30.1 permil (vs. PDB), which consist with those of modern terrestrial C3 plants. As a result of this study, part of the calibrated ages of plant residues taken from just above the sandy tsunami sediments was about 1000-1300 cal BP, and these ages were agreed well with those of the Jogan earthquake and tsunami in the Sendai plain.

Keywords: Radiocarbon dating, Tsunami deposits, Jogan tsunami, Geochemistry, EDXRF

HTT35-07

会場:311

時間:5月1日 10:30-10:45

アリューシャン列島, アダック島のテフラの AMS 炭素 14 年代 AMS radiocarbon dating of tephra layers on Adak Island, central Aleutian

奥野 充^{1*}; 中村 俊夫²
OKUNO, Mitsuru^{1*}; NAKAMURA, Toshio²

¹ 福岡大・理, ² 名古屋大・年代セ
¹Fac. Sci., Fukuoka Univ., ²CCR, Nagoya Univ.

アリューシャン列島の中央部に位置するアダック島には, 完新世テフラが分布している. これらのテフラが挟まる土壌層中の炭質物について, 放射性炭素 (^{14}C) 年代測定を行った. また, 一部の地点では, 砂丘砂層中にもテフラが挟まっている. 砂層は堆積速度が早く, 有機物の混入が少ないため, テフラの上下に見られる炭質物が汚染される可能性が低い. これらの微小な試料に対して AMS 法を適用することにより, 信頼できる年代を得ることができた. この講演では, それらの結果を報告する.

キーワード: アダック島, 完新世, テフラ, 放射性炭素年代
Keywords: Adak Island, Holocene, tephra, radiocarbon date

静岡県竜ヶ岩洞石筍の放射性炭素年代測定 Radiocarbon dating of stalagmites from the Ryugashi Cave, Shizuoka

加藤 ともみ¹; 南 雅代^{2*}; 堀川 恵司³; 中村 俊夫²
KATO, Tomomi¹; MINAMI, Masayo^{2*}; HORIKAWA, Keiji³; NAKAMURA, Toshio²

¹ 名古屋大学大学院環境学研究科, ² 名古屋大学年代測定総合研究センター, ³ 富山大学大学院理工学研究部
¹Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ²Center for Chronological Research, Nagoya University, ³Graduate School of Science and Engineering for Research, University of Toyama

Stalagmites are cave deposits precipitated from drip water. Drip water consists of carbon derived from soil CO₂, which has atmospheric ¹⁴C values in isotopic equilibrium with atmosphere, and carbonate-dissolved CO₂, which has ¹⁴C-free (dead) carbon through interaction with cave host bedrock. As a result, drip water contains a percentage of dead carbon, which will make the ¹⁴C ages of the stalagmite older. Therefore, a correction of the dead carbon fraction is needed for ¹⁴C dating of stalagmites. In recent years, young stalagmites of 10-20 ka have been ¹⁴C dated by comparing the ¹⁴C on samples of known calendar age with the tree ring record of atmospheric ¹⁴C during a period of overlap (Hoffmann *et al.*, 2010; Southon *et al.*, 2012). This procedure involves the implicit assumption that dead carbon fraction in stalagmite remained constant through its growth time. In this study, therefore, we examined dead carbon fraction in two stalagmites from the Ryugashi Cave in Hamamatsu, Shizuoka by investigating seasonal variation in ¹⁴C concentrations of drip water coupled with soil CO₂, atmospheric CO₂, and host limestone, in order to reveal possibility of accurate and precise ¹⁴C dating on stalagmite in Japan.

The drip water samples showed ¹⁴C of 1130 BP to 980 BP and $\delta^{13}\text{C}$ of -10.1 ‰ to -9.1 ‰, which are lower in fall and winter, and higher in spring and summer, and have the annual means of ¹⁴C of 1025±140 BP and $\delta^{13}\text{C}$ of -9.4±0.4 ‰. The RYGS12 stalagmite of 7 cm in length showed 945±30 BP at its top and 2150±40 BP at its bottom, and had a growth rate of about 60 μm/yr. The calibrated age of RYGS12 was estimated by comparing the ¹⁴C with the IntCal13 calibration curve, resulting that the stalagmite had a constant dead carbon fraction through its growth time and gives ¹⁴C ages of 1050 years older than the true age. The carbon isotopic fractionation between drip water and stalagmite was negligible. The results indicate that high-resolution ¹⁴C measurement can be performed on stalagmites in the Ryugashi Cave.

The RYGS12 sample showed rapid decrease of $\delta^{13}\text{C}$ from -8.3 ‰ to -11.8 ‰ at around AD1450. The decrease suggests an increase of soil input to the stalagmite, since soil CO₂ has low $\delta^{13}\text{C}$ of -22.0 ‰. It is reported that there was a great earthquake of magnitude 8.6 (Meio earthquake) accompanied by a catastrophic tsunami in this study area in AD1498. Therefore, the $\delta^{13}\text{C}$ decrease might be caused by the Meio earthquake. In the presentation, we will present ¹⁴C result on another stalagmite sample RYG08 of 30 cm in length.

キーワード: 石筍, 放射性炭素年代, 炭素同位体比, 酸素同位体比

Keywords: stalagmite, radiocarbon age, carbon isotope ratio, oxygen isotope ratio

名古屋における ^{14}C を用いた PM_{2.5} 中炭素の発生源解析 14C-based source apportionment of carbonaceous component in PM_{2.5} in Nagoya city

池盛 文数^{1*}; 山神 真紀子²; 本庄 浩司³; 中村 俊夫⁴

IKEMORI, Fumikazu^{1*}; YAMAGAMI, Makiko²; HONJYO, Koji³; NAKAMURA, Toshio⁴

¹ 名古屋大学大学院環境学研究科、名古屋市環境科学調査センター、² 名古屋市環境科学調査センター、³ 名古屋大学大学院環境学研究科、⁴ 名古屋大学年代測定総合研究センター

¹Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Nagoya City Institute for Environmental, ²Nagoya University, Nagoya City Institute for Environmental, ³Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ⁴Center for Chronological Research, Nagoya University

The measurement of radiocarbon (^{14}C) has been used to estimate the relative contributions of fossil and contemporary carbon sources in particulate matter throughout the world. In this study, we use ^{14}C to provide quantitative estimates of carbon origin sources in Nagoya in April 2003 to March 2004. pMC and OC/EC showed similar seasonal variations and high values (range 39.8 to 68.4, 1.0 to 2.0; average 53.4, 1.5, respectively) in May and early June, whereas the values of pMC stayed relatively low values (range 28.3 to 41.9, 0.7 to 1.2; average 34.2, 1.0, respectively) after middle June. To estimate the source region of high pMC values, backward air mass trajectories were calculated during the sampling period in April to June. The air mass appeared to have passed through eastern Siberia when the pMC values showed high values in May and early June which also showed high values of OC/EC ratio and OC concentrations. In 2003, many researchers reported the influence of large forest burning in Siberia. This large forest burning occurred in spring to summer. The smoke from this forest burning had reached to Korea, Japan, and North America. The influences from the Siberian forest fires had an important implication for air quality over East Asian region. We conclude that high pMC values measured in spring are originated from large forest fires in Siberia and transported long distance.

キーワード: 大気エアロゾル, PM_{2.5}, 放射性炭素

Keywords: atmospheric aerosol, PM_{2.5}, radiocarbon

WHP再観測によって明らかになった太平洋における核実験起源炭素 14 の十数年規模変動 Decadal change in bomb-produced radiocarbon in the Pacific Ocean revealed by WHP repeat hydrography

熊本 雄一郎^{1*}; 村田 昌彦¹; 河野 健¹
KUMAMOTO, Yuichiro^{1*}; MURATA, Akihiko¹; KAWANO, Takeshi¹

¹ 独立行政法人海洋研究開発機構

¹ Japan Agency for Marine-Earth Science Technology

核実験によって大気中に放出された炭素 14 (核実験起源炭素 14) が、どのように海洋に移行しているかを明らかにすることは、大気・海洋間の気体交換および海洋循環を研究するための有力な方法のひとつである。JAMSTEC は、2000 年代以降主に太平洋域において WHP(WOCE Hydrographic Program) の再観測を精力的に実施し、海水中炭素 14 濃度を分析してきた。それらを WHP 等の過去に観測されたデータと比較することで、太平洋における 1990 年代から 2000 年代にかけての十数年間の核実験起源炭素 14 の変動が明らかになった。2000 年代に得られた炭素 14 の観測結果を、主に 1990 年代の WHP の観測結果と比較した結果、以下のことが明らかになった。(1) 北太平洋亜寒帯域:鉛直分布、鉛直積算量ともに大きな変動なし、(2) 北太平洋東部亜熱帯域:深度約 500-m までは減少、500 から 1500-m 付近までは増加しており、鉛直積算量は大きな変化なし、(3) 北太平洋西部亜熱帯域:深度約 500-m までは減少、鉛直積算量は約 20 %減少、(4) 熱帯域:鉛直分布、鉛直積算量ともに大きな変動なし、(5) 南太平洋亜熱帯域:深度約 500-m までは減少、500 から 1500-m 付近までは増加しており、鉛直積算量は大きな変化なし。北太平洋東部亜熱帯は比較する 2000 年代のデータが少ないが、米国が実施した同海域における炭素 14 の再観測の結果からも、上記(2)と似たような結果が報告されている。南太平洋の亜寒帯域での再観測データがないため、太平洋全域における 1990 年代から 2000 年代にかけての炭素 14 のインベントリーの時間変化ははっきりしない。一方、北太平洋に限れば同西部亜熱帯における有意な減少によって、同海域のインベントリーは減少していることがわかった。この時間変動は、主に大気から海洋に移行した核実験由来炭素 14 の時間変動に起因するものと考えられる。海水中の炭素 14 の大部分は溶存無機炭素として海水中に存在するため、核実験起源炭素 14 は海洋表層(サーモクライン)循環によって運ばれる。一方で、大気中の核実験起源炭素 14 濃度は年々減少している。ソースである大気中濃度の減少シグナルが西部亜熱帯域で最も早く観測されたことは、同海域におけるサーモクライン循環の時間スケールが相対的に短いことを示唆している。また、北太平洋から失われた核実験起源炭素 14 は、インドネシア通過流によって北太平洋からインド洋への移行した可能性がある。なお本研究成果の一部は、(独)日本学術振興会科学研究費補助金 18310017、および日本原子力研究開発機構の施設共用制度(課題番号:2007A-F03, 2007B-F05, 2008A-F02, 2009A-F05, 2010A-F06, 2011A-F04)によって得られたものである。

キーワード: 核実験起源炭素 14, 太平洋, 海洋循環

Keywords: bomb-produced radiocarbon, Pacific Ocean, ocean circulation

放射性炭素を用いた温暖化に伴う森林土壌有機物の分解特性の解明 Study on property of soil organic matter decomposition by global warming using radio-carbon

荒巻 能史^{1*}; 梁 乃申¹; 寺本 宗正¹; 富田 綾子¹

ARAMAKI, Takafumi^{1*}; LIANG, Naishen¹; TERAMOTO, Munemasa¹; TOMITA, Ayako¹

¹ 国立環境研究所

¹ National Institute for Environmental Studies

温暖化による気温上昇に伴って土壌有機物分解が促進され、今後、大気中 CO₂ 濃度が予測値よりも更に増加する可能性が指摘されている。しかしながら、長期的な温暖化環境における土壌有機物の分解特性に関する情報は十分には得られていない。我々は、異なる森林タイプを持つ北海道から九州までの全国 6 カ所において、赤外線ヒーターを用いた人工的な温暖化操作実験を長年にわたって実施している。そこで、この実験土壌の有機炭素に含まれる ¹⁴C を鉛直的に測定することによって、温暖化に伴う微生物による有機物分解・CO₂ 放出速度などの情報を引き出すことを目的に研究を進めている。平成 23 年 12 月に、温暖化操作実験サイトのうち西日本のアラカシ優占林（広島大学敷地内、東広島市）において、温暖化区および対照区の土壌呼吸測定チャンバー内からそれぞれ 1 本ずつの土壌コアを採取した。これらを実験室に持ち帰り、深さ方向に 1cm 間隔に切り出した土壌試料を得た。1N 塩酸を加えて激しく振とうして一昼夜放置することで含有する無機成分を除去した後、これを炉乾して測定用試料とし、元素分析計によって有機炭素（POC）及び有機窒素（PON）の重量パーセントを測定した。試料のうち炭素量に換算して約 3mg に相当する試料を、酸化銅とともに真空中で燃焼して試料中の有機炭素を二酸化炭素ガス試料として抽出した。これを真空ガラス実験装置中で水素ガスを用いて還元して、炭素（グラファイト）試料を得た。独立行政法人日本原子力研究開発機構/青森研究開発センターの加速器質量分析装置（AMS）を用いて、グラファイト試料中の ¹⁴C/¹²C 比を計測した。測定データは、同時に測定した標準試料中の ¹⁴C/¹²C 比からのずれ分の千分率（ $\Delta^{14}\text{C}$ ）として表現した。なお、 $\Delta^{14}\text{C}$ の測定誤差は $\pm 4\%$ 以下であった。

POC と PON の鉛直分布は温暖化区および対照区ともに表層 3cm 程度までは高い濃度を示すが、その下層深さ 10cm 程度までに急激に減少し、深さ 15cm 以深では検出限界程度の低濃度となる傾向があった。深さ 15cm 以浅では POC、PON ともに対照区土壌の方が相対的に高い傾向を示していたが、深さ 5cm 付近では両区画に差違が認められない層が存在していた。この層を除くと、温暖化区土壌の濃度は、POC、PON ともに深度に関わらず対照区のおおよそ 70~80% 程度であり、温暖化操作に伴う微生物による有機物分解および CO₂ 放出がおおよそ深さ 15cm 程度まで及んでいることがうかがえる。POC 中の $\Delta^{14}\text{C}$ の鉛直分布は、対照区の $\Delta^{14}\text{C}$ が表層 10cm 程度まで 110~130% 程度ではほぼ同様であるのに対して、温暖化区では深さ 5cm を極大（約 220%）にした特異的な分布を示していた。表層 10cm 以浅の $\Delta^{14}\text{C}$ 鉛直分布に注目すると、3cm 以浅の POC > 15 wt% では温暖化区の $\Delta^{14}\text{C}$ が対照区に比べて小さいか同等、それ以深では温暖化区の $\Delta^{14}\text{C}$ が明らかに大きい値をとる。対照区が本サイトにおける土壌有機物中の $\Delta^{14}\text{C}$ の一般的な鉛直分布であるとすれば、表層 3cm 以浅では温暖化操作に伴って微生物が比較的“若い”、リターや細根などを由来とする有機炭素を分解した結果、見かけ上、温暖化区の $\Delta^{14}\text{C}$ が小さくなったと解釈することができる。この解釈に従えば、逆にそれ以深では“古い”、蓄積されてからの経過時間（滞留時間）の長い有機炭素を分解していることを示唆しているものと考えられる。

キーワード: 土壌炭素, 放射性炭素, 地球温暖化, 有機物分解, 森林土壌

Keywords: soil carbon, radiocarbon, global warming, organic matter decomposition, forest soil

最終退氷期から完新世初期にかけての南極氷床コア中の宇宙線生成核種 $^{36}\text{Cl}/^{10}\text{Be}$ 比 Cosmogenic $^{36}\text{Cl}/^{10}\text{Be}$ ratio in the Antarctic ice core during the last deglaciation and early Holocene

笹 公和^{1*}; 黒住 和奈¹; 末木 啓介¹; 高橋 努¹; 松四 雄騎²; 戸崎 裕貴³; 堀内 一穂⁴; 内田 智子⁵; 松崎 浩之⁶; 本山 秀明⁷

SASA, Kimikazu^{1*}; KUROSUMI, Kazuna¹; SUEKI, Keisuke¹; TAKAHASHI, Tsutomu¹; MATSUSHI, Yuki²; TOSAKI, Yuki³; HORIUCHI, Kazuho⁴; UCHIDA, Tomoko⁵; MATSUZAKI, Hiroyuki⁶; MOTOYAMA, Hideaki⁷

¹ 筑波大学, ² 京都大学, ³ 産業技術総合研究所, ⁴ 弘前大学, ⁵ 東北大学, ⁶ 東京大学, ⁷ 国立極地研究所

¹University of Tsukuba, ²Kyoto University, ³National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ⁴Hirosaki University, ⁵Tohoku University, ⁶The University of Tokyo, ⁷National Institute of Polar Research

宇宙線が地球大気に入射後、大気中に存在する N, O, Ar などの原子との核破砕反応によって宇宙線生成核種が生成され、氷床上に降下・堆積していく。代表的な宇宙線生成核種には、 ^{14}C (半減期: 5.73×10^3 yr), ^{10}Be (半減期: 1.36×10^6 yr), ^{36}Cl (半減期: 3.01×10^5 yr) などが存在する。本研究では、南極ドームふじ基地で掘削された氷床コアの切削片を用いて (Motoyama et al., 2007), 最終退氷期から完新世初期の気候変遷期から気候安定期にかけての ^{36}Cl について測定を行った。 ^{10}Be 以外に ^{36}Cl を測定することで、 $^{36}\text{Cl}/^{10}\text{Be}$ 比を用いた古い氷床コアに対する年代測定への適用について検討した。

本研究では、氷床コア中の 10.55 - 18.42 kyr b2k 間の ^{36}Cl の測定を行い、降下フラックスの復元を行った (Sasa et al., 2010)。その結果、 ^{36}Cl の濃度は、 $0.21 - 1.80 \times 10^4$ atoms g^{-1} の範囲となり、降下フラックスは、 $0.54 - 3.25 \times 10^4$ atoms $\text{cm}^{-2} \text{yr}^{-1}$ の範囲を示した。本研究と同じ氷床コアを用いて弘前大学の研究グループが測定した ^{10}Be と比較した結果、完新世初期の間では、 ^{36}Cl と ^{10}Be の変動は、ほぼ一致していた。また、11.22 - 11.37 kyr b2k の降下フラックスの増大は、1645 - 1715 C.E. のマウンダー極小期の宇宙線降下フラックスの変動と類似していたことから太陽活動の変動が原因であると考えられる。この降下フラックスの増大があったにもかかわらず、 $^{36}\text{Cl}/^{10}\text{Be}$ 比が 0.10 ± 0.01 と一定を示し、大気中の $^{36}\text{Cl}/^{10}\text{Be}$ 比の理論値である 0.11 とほぼ一致した。よって、 $^{36}\text{Cl}/^{10}\text{Be}$ 比を用いた放射年代測定の初期値として $^{36}\text{Cl}/^{10}\text{Be} = 0.10 \pm 0.01$ が利用可能であると確認できた。完新世以前では、 $^{36}\text{Cl}/^{10}\text{Be}$ 比が理論値の 0.11 よりも低くなった。完新世以前には、最終退氷期が存在する。最終退氷期は、極地からの氷山の流出が起こり、海水面の上昇などがあり、気候が安定していなかった期間であるため、ベリリウムと塩素の輸送過程が異なり、 $^{36}\text{Cl}/^{10}\text{Be}$ 比が理論値よりも低くなったと考えられる。したがって、 $^{36}\text{Cl}/^{10}\text{Be}$ 比は宇宙線変動とは独立し、大気循環の変動を反映しているとも考えられる。

キーワード: $^{36}\text{Cl}/^{10}\text{Be}$, 宇宙線生成核種, 加速器質量分析, 年代測定, 氷床コア

Keywords: $^{36}\text{Cl}/^{10}\text{Be}$, Cosmogenic nuclide, Accelerator Mass Spectrometry, Radiometric age determination, Ice core

1998 から 2008 年の大気中 Be-7, Be-10 濃度と太陽活動の関係 Correlation between the concentrations of cosmogenic Be-7, Be-10 in atmosphere and solar activities.

山形 武靖^{1*}; 榎崎 幸範²; 永井 尚生¹; 松崎 浩之³

YAMAGATA, Takeyasu^{1*}; NARAZAKI, Yukinori²; NAGAI, Hisao¹; MATSUZAKI, Hiroyuki³

¹ 日本大学文理学部, ² 福岡県保健環境研究所, ³ 東京大学大学院工学系研究科

¹Collage of Humanities and Sciences, Nihon University, ²Fukuoka Institute of Health and Environmental Science, ³School of Engineering, the University of Tokyo

【はじめに】大気中における ⁷Be ($T_{1/2}=53.3d$) と ¹⁰Be ($T_{1/2}=1.36 \times 10^6y$) の生成速度は大気の深さに対して指数関数的に減少しているため、成層圏で全体の 2/3 が、対流圏で 1/3 が生成している。生成速度は宇宙線強度に依存するため、太陽活動の 11 年周期とともに変動しているが、¹⁰Be/⁷Be 生成速度比はほぼ一定であると考えられる。生成後は酸化され、エアロゾルに吸着し移動する。エアロゾルの平均滞留時間が 1-2 年と ⁷Be の半減期より長い成層圏では ¹⁰Be が蓄積する一方であるのに対し、⁷Be は蓄積すると同時に壊変により減少するため成層圏の ⁷Be、¹⁰Be 濃度、¹⁰Be/⁷Be は高くなっている。北半球では春期に成層圏-対流圏の交換が起きるため、地表付近の ⁷Be、¹⁰Be 濃度、¹⁰Be/⁷Be が高くなる。大気中 ⁷Be 濃度の永年変動は宇宙線強度の変動の影響を受けているとされているが、成層圏-対流圏の交換速度が毎年変化している場合、宇宙線強度の変動と異なる変動パターンを示す可能性も考えられる。本研究では東京、八丈島、太宰府において 1998-2008 年まで ⁷Be、¹⁰Be 濃度の観測を行い、濃度と ¹⁰Be/⁷Be の変動と太陽活動の関係について考察を行った。

【実験】試料は福岡県太宰府市の福岡県環境保健環境研究所と八丈島の八丈島灯台、東京都世田谷区の日本大学においてハイボリュームエアサンプラーを用いてろ紙に回収したエアロゾルを用いた。回収した試料はまず γ 線スペクトロメトリーを行い ⁷Be ($E_{\gamma}=477.6 keV$) の定量を行った。測定後、ろ紙の 1/4 に Be 担体 0.5 mg を添加し分解液をろ過を行った。ろ液から陽イオン交換カラムを用いて Be を単離した。回収した Be を BeO として東京大学 MALT において ¹⁰Be-AMS を行った。

【結果】太宰府、八丈島、東京の大気中 ⁷Be、¹⁰Be 濃度はほぼ一致した。大気中 ⁷Be、¹⁰Be 濃度は毎年 3-6 月と 10-11 月に高く、7-8 月に低くなる季節変動を示した。¹⁰Be/⁷Be は 3-6 月に高くなる季節変動を示した。大気中 ⁷Be、¹⁰Be 濃度は強い季節変動を持つため、一年を成層圏からの影響がある年前半 (1-6 月) と無い年後半 (7-12 月) に分け平均し、太陽活動と比較すると、⁷Be 濃度は年前半、後半共に太陽活動と同様の変動パターンを示したが、¹⁰Be 濃度は年前半がほぼ一定で、年後半は太陽活動と同じ変動パターンを示した。¹⁰Be/⁷Be は年前半と後半で変動パターンが大きく異なり、年前半は太陽活動の 1-2 年遅れの変動パターンを示し、年後半はほぼ一定であった。

生成速度が宇宙線強度に比例して変化する 2 ボックスモデルを用いて大気中 ¹⁰Be/⁷Be を求め、観測した結果と比較した。その結果、エアロゾルの平均滞留時間は成層圏で 2 年、対流圏で 32 日であり、成層圏-対流圏の大気交換の時期と交換速度は毎年ほぼ一定で、2-6 月にその他の時期より約 3 倍になると算出できた。また生成速度は地表で観測された宇宙線強度の変動量に対し 4 倍 (± 40% 程度) 変動することがわかった。これは Masarik and Beer(1999) が見積もった変動量と同等であった。

キーワード: 加速器質量分析, 宇宙線生成核種, 大気, エアロゾル

Keywords: Accelerator mass spectrometry, Cosmogenic nuclide, atmosphere, aerosol

HTT35-13

会場:311

時間:5月1日 12:15-12:30

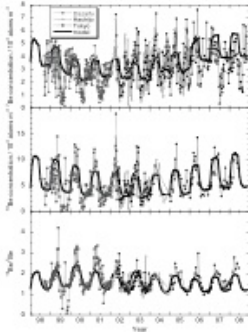


Fig. 1 The decadal variations of ${}^7\text{Be}$, ${}^{10}\text{Be}$ concentration and ${}^{10}\text{Be}/{}^7\text{Be}$ in the atmosphere in Dazaiifu, Hachijo-Island and Tokyo during 1998 to 2008.

福島事故以前における表層土壌中の放射性核種塩素 - 36 とヨウ素 - 129 の分布 Distributions of radionuclides Cl-36 and I-129 in surface soils before Fukushima accident

末木 啓介^{1*}; 北川 潤一²; 笹 公和¹; 高橋 努¹; 松村 万寿美¹; 木下 哲一³; 戸崎 裕貴⁴; 松四 雄騎⁵; 松崎 浩之⁶
SUEKI, Keisuke^{1*}; KITAGAWA, Jun-ichi²; SASA, Kimikazu¹; TAKAHASHI, Tsutomu¹; MATSUKURA, Masumi¹; KI-
NOSHITA, Norikazu³; TOSAKI, Yuki⁴; MATSUSHI, Yuki⁵; MATSUZAKI, Hiroyuki⁶

¹ 筑波大, ² 高エネルギー加速器研究機構, ³ 清水建設, ⁴ 産業技術総合研究所, ⁵ 京都大学, ⁶ 東京大学

¹University of Tsukuba, ²High energy accelerator research organization, ³Shimizu corporation, ⁴The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ⁵Kyoto University, ⁶The University of Tokyo

The long-lived radionuclides ³⁶Cl and ¹²⁹I are generated by the nuclear tests or interaction with cosmic rays. They have descended to ground or sea level surface, and they have remained ground surface afterward. We have measured amount of ³⁶Cl and ¹²⁹I by accelerator mass spectrometry (AMS) before nuclear accident at the Fukushima No. 1 nuclear power plant.

We have collected surface soil samples from the Sea of Japan to the Pacific Ocean at the equal-latitude cross-sectional areas (37° 20' N - 37° 30' N) in the south Tohoku, Japan. Inorganic chlorine in soil developed an improved leaching process that uses diluted HNO₃ as an extractant, activated carbon to remove organic matters without decomposition, and H₂O₂ to remove residual organic matters. After leaching from soils, the AgCl samples for AMS-target made from the obtained solutions at ordinary treatment. Isotopic ratios of ³⁶Cl/Cl were determined by AMS at Tandem Accelerator Complex, University of Tsukuba. Preparation of Iodine-129 target was following ordinary method. Isotopic ratios of ¹²⁹I/I were determined by accelerator mass spectrometry (AMS) at MALT, the University of Tokyo. Moreover, we determined ¹³⁷Cs concentrations by gamma spectroscopy and LOI (loss on ignition used by an electric furnace) which related to the amount of the organic matter in soil.

We obtained the distributions of radionuclides ³⁶Cl and ¹²⁹I in surface soils. The measured ³⁶Cl/Cl ratios of 34 surface soil samples which were about 0-10 cm in depth from 6 sites at the equal-latitude cross-sectional areas were between 0.1 x 10⁻¹³ and 4.1 x 10⁻¹³. It was shown that the ³⁶Cl/Cl ratios are lower at both sea sides. The concentrations of ¹²⁹I and ¹²⁹I/I ratios in surface soil (0-10 cm) at 28 points were determined to be 0.18 - 1.13 mBq/kg and 4.3 x 10⁻⁹ - 11.7 x 10⁻⁹, respectively.

The depth profiles of ³⁶Cl/Cl, ¹²⁹I and ¹³⁷Cs were examined that the difference of distribution. The concentrations are higher at close surface in each nuclide. The results of ³⁶Cl/Cl profiles in soil cores up to 1 m long suggested that bomb-produced ³⁶Cl remains in uppermost sections, typically for ~20 cm deep, in undisturbed soil layers. The observed close correlation between organic matter content and ³⁶Cl/Cl ratio implies that presence of biological activity contributes the retention of fallout ³⁶Cl in the surface zone. The concentration of ¹²⁹I is shown the highest in uppermost surface. It is thought that the influence of global fallout has been received until now. In both nuclides, a constant amount exists in deeper than 30 cm. The concentrations of ¹³⁷Cs are not detection in deeper than 40 cm. It is showed that ¹³⁷Cs was lower mobility in soils. Therefore, the sampling soils were not a disturbance.

キーワード: 加速器質量分析, 塩素 - 36, ヨウ素 - 129, 土壌

Keywords: AMS, Cl-36, I-129, soil

日本原子力研究開発機構東濃地科学センター JAEA-AMS-TONO における加速器質量分析装置を用いた地球科学研究
Geoscience studies using by AMS at JAEA-AMS-TONO in the Tono Geoscience Center of the Japan Atomic Energy Agency

國分 陽子^{1*}; 松原 章浩¹; 花木 達美¹; 安江 健一²; 梅田 浩司²
KOKUBU, Yoko^{1*}; MATSUBARA, Akihiro¹; HANAKI, Tatsumi¹; YASUE, Ken-ichi²; UMEDA, Koji²

¹ 日本原子力研究開発機構 東濃地科学センター, ² 日本原子力研究開発機構 地層処分研究開発部門
¹Tono Geoscience Center, Japan Atomic Energy Agency, ²Geological Isolation Research and Department Directorate

JAEA-AMS-TONO は、1997 年に日本原子力研究開発機構 東濃地科学センターに設置された。当 AMS は、5MV タンデム型ペレトロン加速器を有し、¹⁴C、¹⁰Be 及び ²⁶Al 測定を行い、高レベル放射性廃棄物の地層処分に関わる地質環境の安定性研究などに利用している。また、¹⁴C 及び ¹⁰Be 測定は、機構で行う施設供用制度のもと、地球科学や環境科学、考古学などの分野で大学や他の研究機関の方にも利用していただいている。

以下に、当 AMS を使った地球科学研究での放射性炭素 (¹⁴C) 年代測定について紹介する。安江らは、¹⁴C 年代を用いた黒色土の層序対比と断層変位基準について検討している (本大会で発表予定)。岐阜県阿寺断層のトレンチから採取した黒色土の ¹⁴C 年代を調べ、土壌の年代は深い方から 4000 年から 2000 年であり、土壌はほぼ一定の速度で堆積していることを示した。また、今泉ら (2006) は、秋田県横手盆地東縁断層地帯の千屋断層において ¹⁴C 年代を用いて断層の活動時期を推定した。土壌の年代は 1000~1300 年を示し、千屋断層は 1896 年に起こった陸羽地震によって生じたことを明らかにした。佐々木ら (2006) は、内陸の気候変動について調べ、岐阜県大湫盆地から採取した花粉と堆積物の ¹⁴C 年代から、一万年 BP 前から温暖期が始まっていることを示した。

平成 25 年度より ¹⁰Be のルーチン測定を開始し、宇宙線生成核種である ¹⁰Be の深度分布を用いた花崗岩地帯の長期的な侵食速度の推定に関わる研究を産業技術総合研究所とともに開始した。また、近年 ²⁶Al のルーチン測定に向け、装置調整や試験測定を行っている。整備は順調に進んでおり、近年中のルーチン測定化を目指している。今後、岩体の露出年代や堆積速度、火山砕屑物の評価等に ¹⁰Be 及び ²⁶Al 測定を利用していく予定である。

キーワード: 加速器質量分析, 年代測定, C-14, Be-10, Al-26
Keywords: AMS, Dating, C-14, Be-10, Al-26

ABOX-SC法を用いた炭化物の¹⁴C年代測定 Radiocarbon dating of charcoal by the ABOX-SC method

富山 慎二^{1*}; 南 雅代²; 中村 俊夫²
TOMIYAMA, Shinji^{1*}; MINAMI, Masayo²; NAKAMURA, Toshio²

¹名古屋大学大学院 環境学研究科, ²名古屋大学 年代測定総合研究センター

¹Department of Earth and Environmental Sciences, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya Uni, ²Center for Chronological Research, Nagoya University

Charcoal is one of the most important samples for radiocarbon dating. It is necessary to remove contaminants from charcoal sample to obtain the reliable date. ABA (acid-base-acid) method is usually used for chemical pretreatment of charcoal: First, a sample is treated with HCl to remove carbonate contaminant. Next, the sample is treated with NaOH to remove organic contaminants derived from soil during burial. After then, the sample is treated with HCl again to remove absorbed atmospheric carbon dioxide during NaOH treatment. The residue is combusted with CuO at 850°C and graphitized to be ¹⁴C-dated.

However, the ABA treatment often cannot completely remove contaminants from poorly-preserved and/or old charcoals (>about 30 ka). Bird et al. (1999) showed that the ABOX-SC (acid-base-oxidation stepped combustion) method removes organic contaminants more efficiently than the ABA treatment. The age of the charcoal sample treated with the ABOX-SC was reported to be older than that of the charcoal sample treated with the ABA (Brock et al., 2010).

The ABOX-SC method consists of 3 step chemical pretreatments: HCl and NaOH treatments followed by K₂Cr₂O₇-H₂SO₄ treatment in a sealed tube at 60°C for 20 hr (Brock et al., 2010). The mixed solution of K₂Cr₂O₇ and H₂SO₄ removes organic contaminants effectively from charcoal samples, and can extract carbon fraction of oxidation resistant elemental carbon, OREC, which is resistant to oxidation and is less affected by contamination during burial (Bird et al., 1999). After the ABOX chemical treatment, the OREC is heated at 630°C with CuO for 2 hr to remove atmospheric CO₂ contaminants adsorbed during sample treatment and contaminants remained after the ABOX treatment. Finally, the residue of OREC is oxidized completely into CO₂ at 850°C for 1 hr, and the CO₂ is graphitized to be ¹⁴C-dated.

In this study, we apply the ABOX-SC method to some charcoal samples of known age to measure ¹⁴C ages. The charcoal samples, which were excavated from Tang-e Sikan cave in Arsanjan city, Iran, have been dated at about 40 ka and 26 ka by the ABA method, and are considered to be attributed to Upper Paleolithic period. In this study, we confirm the age difference of Paleolithic charcoal samples by the two pretreatment methods of ABA and ABOX-SC.

Keywords: Radiocarbon, Charcoal, ABOX-SC method

日本産樹木年輪の AMS 炭素 14 年代測定による較正曲線の作成 AMS radiocarbon dating of Japanese tree rings for regional calibration curve

坂本 稔^{1*}; 尾崎 大真²; 今村 峯雄¹
SAKAMOTO, Minoru^{1*}; OZAKI, Hiromasa²; IMAMURA, Mineo¹

¹ 国立歴史民俗博物館／総合研究大学院大学, ² 東京大学総合研究博物館

¹National Museum of Japanese History / The Graduate School for Advanced Studies, ²The University Museum, The University of Tokyo

炭素 14 年代を暦上の実際の年代に修正するには、年輪年代法などで実年代の判明した樹木年輪の炭素 14 年代をもとにした「較正曲線」が用いられる。先に公開された北半球用の較正曲線「IntCal13」は主に北半球高緯度地域の樹木年輪の測定結果に基づいているが、太陽活動の 11 年周期を相殺するため、また炭素 14 年代測定に必要な試料量を確保するためにも多くは 10 年単位の年輪が測定されている。AMS による炭素 14 年代測定 (AMS-¹⁴C 法) は 1mg 以下の炭素量でも測定が可能なことから、1 年単位の樹木年輪などより詳細な測定に応用できる。近年は測定精度が向上し、これまで較正曲線の誤差に隠されてきた炭素 14 濃度における北半球内の不均質性が次第に明らかになりつつある。日本版較正曲線の作成を目指して、これまで継続されてきた AMS による日本産樹木の炭素 14 年代の測定結果を紹介する。

キーワード: 炭素 14 年代法, 樹木年輪, 較正年代, 大気成分, 地域効果

Keywords: radiocarbon dating, tree ring, calibrated age, atmospheric inventory, regional effect

長崎県鷹島沖海底泥土中から引き上げられたされた元寇関連資料の 14C 年代測定 Radiocarbon dating of archeological remains related with the 13th century Mongol Invasion to Japan

中村 俊夫^{1*}
NAKAMURA, Toshio^{1*}

¹ 名古屋大学年代測定総合研究センター
¹ Center for Chronological Research, Nagoya University

2011年10月24日の夕刊で、鎌倉時代に来襲した元寇の沈没船とみられる船体が長崎県松浦市の鷹島沖で見つかった事が大々的に報道された。元寇の際に使われた船とされる木材などが過去に見つかったが、今回は船の構造がわかる状態で発見されており、元寇船復元の研究が大いに進むことが期待されている。

著者らは、2006年5月10?11日と長崎県松浦市鷹島町の松浦市立鷹島歴史民俗資料館および鷹島埋蔵文化財センターを訪問し、既に鷹島周辺の海底から採取され保存されていた元寇関連資料を分取させて頂いた。この調査は、科学研究費補助金基盤研究(B)「海底遺跡出土遺物の調査・分析・保存に関する基礎的研究」を遂行するうえで企画したものである。海底から採取された考古学・文化財科学における遺物が正しく元寇に関連するものであることを年代測定から確かめるために、採取した試料について、名古屋大学年代測定総合研究センター所有のタンデトロン加速器質量分析計による放射性炭素年代測定を行った。

その後、2011年に発見された沈没船の調査が進み、鷹島沖合の水深20?25mの海底において、約1mに砂泥に埋まって見つかった沈没船の船体の竜骨(キール)の調査において採取されたさまざまな遺物の中から、貝殻類を分析研究に提供頂けることになった。採取された貝殻には、浅海底の何処かに以前生息していたものであり沈没船と何の関わりも持たないものが多いが、一方では、航行使用中の船の船底に付着して生育する船体汚損種の貝も含まれている。そこで、提供して頂いた貝殻の14C年代測定を行った。これらの結果をここに報告する。

キーワード: AMS 14C 年代測定, 歴史資料, 沈没船遺物, 元寇, 船体汚損貝

Keywords: AMS 14C dating, historical remains, remains from submerged wrecks, Mongol invasion, shell of hull-fouling species

南九州，肝属低地の泥炭層の AMS 放射性炭素年代 AMS radiocarbon dating of peaty layers in Kimotsuki lowland, southern Kyushu

藤木 利之¹; 奥野 充^{1*}; 中村 俊夫²; 森脇 広³

FUJIKI, Toshiyuki¹; OKUNO, Mitsuru^{1*}; NAKAMURA, Toshio²; MORIWAKI, Hiroshi³

¹ 福岡大・国際噴火史情報研究所, ² 名古屋大・年代測定センター, ³ 鹿児島大・法文学部

¹ ACRIFIS-EHAI, Fukuoka Univ., ² CCR, Nagoya Univ., ³ Fac. Law, Econ. Human., Kagoshima Univ.

南九州の肝属低地には、中期完新世以降の泥炭層が堆積しており、その放射性炭素 (¹⁴C) 年代を使ったウイグルマッピングが適用可能である。また、泥炭層には開聞岳、桜島および霧島火山から飛来した複数のテフラが挟在しており、これらを用いて、¹⁴C 年代の再現性を検証することができる。一方、それらによってのテフラの年代を正確に決定することができる。このポスター発表では、ここで得られたコア試料についての ¹⁴C 年代を示し、これらから決定した各テフラの年代を報告する。

キーワード: 肝属低地, 泥炭層, テフラ, 放射性炭素年代

Keywords: Kimotsuki lowland, peaty layer, tephra, radiocarbon date

韓国沿岸の完新統中の貝と植物の放射性炭素年代値の差異 Offset in radiocarbon ages between shell and plant pairs in the Holocene sediments around the Korea

中西 利典^{1*}; ホン ワン¹; ソン キソク¹; ソン キルホ¹; 中島 礼²
NAKANISHI, Toshimichi^{1*}; HONG, Wan¹; SUNG, Kisuk¹; SUNG, Kilho¹; NAKASHIMA, Rei²

¹KIGAM, ²産総研

¹KIGAM, ²AIST

2009 年以降, 韓国地質資源研究院において韓国沿岸の放射性炭素海洋貯留効果を評価するための研究プロジェクトが実施されてきた。採取年代が特定されている西暦 1950 年以前の海洋試料が少ないので, この地域の放射性炭素海洋貯留効果の評価は難しかった。そこで, 61 本の堆積物コア試料を打撃式ボーリングコア採取器によって 52 地点から 1m 毎に採取した。採取地点は Daum や Google といったウェブサイトの空中写真の判読によって選定され, 1918-1926 年に作成された 1/50000 の地形図や古い空中写真も参考にされた。それぞれのコア試料の長さは最大で 5m であり, すべての試料の全長は 132m である。岩相や貝の群集組成の解析結果によって, 同じ層準に含まれている貝と植物片が選定された。これらの試料は物理的と化学的に繰り返し洗浄され, KIGAM の自動グラフィット化装置によって還元され, KIGAM の AMS システムによって放射性炭素年代値が測定された。この発表では韓国沿岸の放射性炭素海洋リザーバー効果の時空間的な多様性について報告します。

キーワード: 放射性炭素年代測定, 海洋貯留効果, 沿岸堆積物, 韓国

Keywords: Radiocarbon dating, Marine reservoir effect, Coastal sediments, Korea

南極湖沼群における湖底生物群集の生長速度推定 Estimation for the growth rate of benthic biotic communities in Antarctic lakes

田邊 優貴子^{1*}; 内田 雅己²; 近藤 美由紀³; 内田 昌男³
TANABE, Yukiko^{1*}; UCHIDA, Masaki²; KONDO, Miyuki³; UCHIDA, Masao³

¹ 早稲田大学 高等研究所, ² 国立極地研究所, ³ 国立環境研究所

¹Waseda Institute for Advanced Study, Waseda University, ²National Institute of Polar Research, ³National Institute for Environmental Studies

Antarctica is an ice continent. It has one of the most extreme environments for life in the world. There are very little ice-free regions with life in it, so these regions are sometimes called polar oasis within the polar desert. The ice-free regions are scattered along the coastal regions and around mountainous peaks (Nunataks) in continental Antarctica or concentrated in Antarctic Peninsula in maritime Antarctica. The biota is simple due to lack of remarkable organisms at the top of food webs, and primary producers such as cyanobacteria, algae, lichens, mosses, heterotrophic microorganisms and metazoans dominate the sparse communities. A remarkable diversity of lakes exists in Antarctica, ranging from hypersaline with nearly 10 times the conductivity of seawater, to brackish and freshwater, sub-glacial, permanently ice-covered and seasonally ice-covered lakes. These lakes are unproductive with typical photosynthetic levels of 0.5 — 30 $\mu\text{g-C/L/day}$ from phytoplankton. Phytoplankton cannot bloom and hardly survives in the water column during the best light-available summer around the Syowa region. This results from low annual levels of photosynthetically active radiation and ice cover that attenuate light into the water column or photo-inhibit photosynthetic systems due to continuous low temperatures and the lack of any significant input of inorganic nutrients. Despite such severe situations, one of the most productive ecosystems in continental Antarctica is found in freshwater lakes, where benthic microbes form thick mats, and aquatic mosses can flourish on the lakebeds of the Syowa region. These lakes were exposed by glacial retreat after the Last Glacial Maximum. The benthic mats consist of almost organisms, dominantly cyanobacteria, algae, and mosses in the lakes, because there are a little inorganic particles and organic matters inflow to the lakes from the water catchment, and as pointed out above, almost no phytoplankton in the water column. This negligible level of any sedimentation and turbulence situation is specific to Antarctica, which is suitable to estimate the growth rate of benthic biotic communities in fine-scale. We collected sediment cores from 17 freshwater lakes in Sôya Coast on the south area of Syowa station, continental Antarctica during January-February in 2009 — 2010. The core samples were vertically sliced in each 1 cm as soon as possible after sampling in the field hut, and transported to Japan at -20 °C. Then, we analyzed the samples by using an AMS (accelerator mass spectrometry), and estimated the growth rate of the benthic biotic mats in each Antarctic lake.

キーワード: 湖底堆積物, 加速器質量分析, 湖沼, 南極, 成長速度
Keywords: sediment, AMS, lakes, Antarctic, growth rate

林地化に伴う黒色土壌有機物動態 Black SOM dynamics during reforestation of Japanese grassland

飯村 康夫^{1*}; 内田 昌男²; 近藤 美由紀²
IIMURA, Yasuo^{1*}; UCHIDA, Masao²; KONDO, Miyuki²

¹ 滋賀県立大学環境科学部, ² 国立環境研究所

¹School of Environmental Science, The University of Shiga Prefecture, ²National Institute for Environmental Studies (NIES)

The dynamics of the polyaromatic structures of black humic acids (HAs), which are presumably derived from charred materials, are of significant interest for the global carbon cycle. However, the details of those dynamics are not yet well understood. We investigated differences in the degree of darkness (A600/C values), isotopic ratios ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, and $\Delta^{14}\text{C}$ values), and ^{13}C NMR spectra of size-separated black HAs extracted from Japanese volcanic ash soils in order to estimate the variations in the polyaromatic structures of black HAs during ca. 100 years of natural reforestation of Japanese pampas grassland. For several hundred years, all the study sites were managed similarly as grassland by burning. Subsequently, their management differed: at site G (*Miscanthus sinensis*: C4 plant), maintenance as of the time of this study was still performed by mowing, while at sites P (*Pinus densiflora*: C3 plant) and Q (*Quercus crispula*: C3 plant), maintenance was discontinued ca. 30 and 100 years ago, respectively. Thus, the sites range from grassland (site G) to coniferous forest (site P) to broad-leaved forest (site Q). For all HA size fractions at all sites, we found that $\delta^{13}\text{C}$ values correlate positively with $\delta^{15}\text{N}$ values, although the gradients are much lower for fractions of small to medium molecular size than for fractions of medium to large molecular size (denoted as lower-size and higher-size fractions, respectively). Overall, for the lower-size fractions, the contribution ratio of C4-plant-derived carbon shows a significant positive correlation with A600/C values and a negative correlation with $\Delta^{14}\text{C}$ values, and their aromatic characteristics are greater than those of higher-size fractions within the same black HA. Furthermore, the relative proportion of lower-size fractions decreases with reforestation, especially from site P to Q. The $\delta^{13}\text{C}$ values for all size fractions are similar for sites G and P, but are relatively low for site Q. The aryl C contents of the lower-size fractions are lower and the O-alkyl C contents and the aliphaticity (alkyl C:O-alkyl ratio) are clearly higher for sites P and Q than for site G. These results strongly suggest that stimulation of HA biodegradation might be achievable by continuous input of new plant litter during reforestation, even for lower-size HA polyaromatic structures, despite the fact that lower-size HAs biodegrade more slowly than higher-size HAs.

キーワード: 土地利用, 林地化, 土壌有機物, ^{14}C

Keywords: land use, reforestation, soil organic matter, ^{14}C

放射性炭素同位体を用いた冷温帯落葉広葉樹林における土壌有機炭素蓄積能の評価
Potential sink of soil organic carbon in a Japanese cool-temperate forest based on bomb
radiocarbon based residence time

近藤 美由紀^{1*}; 内田 昌男¹; 大塚 俊之²; 村山 昌平⁴; 白戸 康人³; 柴田 康行¹
KONDO, Miyuki^{1*}; UCHIDA, Masao¹; OHTSUKA, Toshiyuki²; MURAYAMA, Shohei⁴; SHIRATO, Yasuhito³; SHIBATA,
Yasuyuki¹

¹ 国立環境研究所, ² 岐阜大学, ³ 農業環境技術研究所, ⁴ 産業技術総合研究所
¹National Institute for Environmental Studies, ²Gifu University, ³National Institute for Agro-Environmental Studies, ⁴Environmental
Management Technology

Functional roles of SOC pool for carbon dynamic remains almost unknown. In this study, residence time (RT) based on carbon and radiocarbon (¹⁴C) inventories, was investigated in a Japanese temperate forest (Takayama) under Asian Monsoon climate, and the potential of soil carbon sequestration were also investigated. Soil organic matter was divided to two fractions as low density humified material (LOM) and high density mineral-associated material (HOM). Our results were thoroughly compared with those in a temperate forest (Harvard forest) conducted using a similar approach [Gaudinski et al., 2002]. The LOM was the major part of the SOC (76%) and its contribution was higher even in the deep layer. ¹⁴C contents of LOM in surface layer were similar to those of atmospheric CO₂ and roots, whereas those in deep layer are significantly low (¹⁴C < -200 per mil) as well as HOM fractions, although LOM fraction seems to consist of labile carbon. RTs for low density fractions as derived from their radiocarbon content are 53 ± 330 yrs BP in surface layer and 1760 ± 2780 years BP. Storage of SOC in our site was larger, irrespective of depths and differed considerably from that in Harvard forest. We also measured soil ¹⁴CO₂ profile to determine the rate of CO₂ production from heterotrophic respiration of two SOM fractions. The ¹⁴C values of soil CO₂ profile was constant down to 75 cm depth, which were close to those of atmospheric CO₂ and fine roots, suggesting that most of soil CO₂ is derived from recent photosynthetic fixed C. These results indicate that this forest might be higher sequestering soil carbon as low density fractions semi-permanently, which is also concerned about instability of near future climate change.

化合物群レベル放射性炭素同位体分析 (CCSRA) と分子組成解析を用いたインドコルカタ運河堆積物中 PAHs の起源識別 Source diagnosis of PAHs using compound class specific ^{14}C analysis and Monte Carlo source apportionment at Kolkata canal

熊田 英峰^{1*}; 内田 昌男²; 近藤 美由紀²; 柴田 康行²; Saha Mahua³; 高田 秀重³
KUMATA, Hidetoshi^{1*}; UCHIDA, Masao²; KONDO, Miyuki²; SHIBATA, Yasuyuki²; SAHA, Mahua³; TAKADA, Hideshige³

¹ 東京薬科大学生命科学部, ² 国立環境研究所, ³ 東京農工大学農学部
¹Tokyo Univ Pharm Life Sci, ²NIES, ³Tokyo Univ Agri Technol

多環芳香族炭化水素 (PAHs) はその有害性から主要な大気汚染物質として注目されている。その排出を制御するために起源の定量的識別が求められている。近年、分取キャピラリー GC (PCGC) と加速器質量分析計 (AMS) を用いた極微量スケール放射性炭素同位体測定を組み合わせたにより、環境試料中の個別の有機化合物または化合物群について放射性炭素年代を測定できるようになった。例えば Kanke ら¹ や Kumata ら² は、この化合物レベル放射性炭素同位体測定 (CSRA) を堆積物やエアロゾル試料中の PAHs に適用し、化石炭素と現代炭素の寄与を識別することに成功している。しかし、堆積物試料など石油燃焼と石炭燃焼など異なる種類の化石燃料の寄与が想定されるケースでは、CSRA のみでの起源推定には不十分であった。

本研究では、インド第 3 の都市コルカタ (人口約 1500 万人) 市内の運河から高濃度の PAHs で汚染された堆積物を採取し、PAHs の化合物群レベル放射性炭素同位体測定 (CCSRA) によってバイオマス/化石炭素の起源を識別したほか、メチル化 PAHs/PAHs 比、石油起源マーカー物質であるホパン、PAHs の異性体比のモンテカルロシミュレーションによる 3 エンドメンバーモデルでの解析を併用した複合的なアプローチによって、PAHs の汚染源を解析した。

これまでの調査から、コルカタ市内運河の Σ 14-parental-PAHs 濃度は $15.9 \pm 11.6 \mu\text{g/g}$ ($n=12$) と、他の熱帯アジア地域 8 カ国都市域の沿岸堆積物中 PAHs の濃度範囲 ($0.21 \pm 0.17 \mu\text{g/g}$ (マレーシア $n=17$) $\sim 1.76 \pm 1.53 \mu\text{g/g}$ (カンボジア $n=4$)) と比べ、極端に高いことが分かっている³。

PAHs 生成温度指標であるメチル化 PAHs/PAHs 比が 0.47 ± 0.24 と低いことから、燃焼由来の PAHs の影響が強いと考えられた。

コルカタでの燃焼起源は、自動車排ガス、レンガ製造での石炭燃焼、家庭用調理ストーブでの薪、石炭燃焼があげられる。C30-hopane/ Σ PAHs 比 (0.09 ± 0.05) も含めた分子組成解析から、このうちガソリン車排ガスと家庭用調理ストーブでの石炭燃焼については、影響は限定的と判断できた。

コルカタ運河堆積物から精製した Σ 178 (フェナントレン+アントラセン)、 Σ 202 (フルオランテン+ピレン)、 \square HMW (分子量 228 以上のペアレント PAHs の合計) の放射性炭素同位体比 ($p\text{MC} \pm \sigma$) は、それぞれ 10.6 ± 0.1 , 5.9 ± 0.4 , 7.6 ± 0.5 (KKNC)、 8.4 ± 0.5 , 8.3 ± 0.4 , 8.5 ± 0.3 (KKSC) であり、化石炭素由来の PAHs が卓越した。2000 年 (試料採取から 6 年前) の大気中 CO_2 と化石炭素をエンドメンバーとした同位体マスバランス計算から、 Σ 178、 Σ 202、 Σ HMW-PAH へのバイオマス燃焼の寄与率はそれぞれ 9.8, 5.5, 7.0 % (KKNC)、7.8, 7.7, 7.9 % (KKSC) と試算された (Fig)。化石燃料燃焼に由来する残りの 90-94% の PAHs を、石炭燃焼 (レンガ製造) とディーゼル排ガスの 2 種類の混合によるものと仮定し、MPy/Py 比を用いて計算すると、石炭燃焼 (レンガ製造) とディーゼル排ガスの寄与率はそれぞれ 60~65%、29~33% と試算された。文献に報告されている石油、石炭、バイオマスの各種燃料の燃焼由来 PAHs の分子量 202 (フルオランテンとピレン)、276 (インデノ [123-cd] ピレンとベンゾ [ghi] ペリレン) の異性体比をエンドメンバーとして用いたモンテカルロシミュレーション⁴ でも、石油、石炭燃焼由来 PAHs の寄与率はそれぞれ 11%, 50% (KKNC)、13%, 56% (KKSC) と、化石炭素起源 PAHs の大部分が石炭燃焼によることを示した。

1. Kanke H. et al., *Nucl. Instrum. Meth. B*, **2004**, 223-224 (August), 545-554
2. Kumata H. et al., *Environ. Sci. Technol.*, **2006**, 40 (11) 3474-3480
3. Saha M. et al., *Mar. Pollut. Bull.*, **2009**, 58 (2), 189-200
4. Sheesley R.J. et al., *Atmos. Environ.*, **2011**, 45(23), 3874-3881

キーワード: 化合物群レベル ^{14}C 測定, PAHs, モンテカルロシミュレーション, 分子組成解析, 起源識別

Keywords: compound class specific radio carbon analysis, PAHs, monte carlo simulation, molecular fingerprinting, source apportionment

ヒト歯牙エナメル質中 ^{14}C を用いた人体年齢の精密推定 Accurate age estimation using ^{14}C in human teeth enamel.

國田 圭佑^{1*}; 中村 俊夫²

KUNITA, Keisuke^{1*}; NAKAMURA, Toshio²

¹名古屋大学大学院環境学研究科, ²名古屋大学年代測定総合研究センター

¹Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ²Center for Chronological Research, Nagoya University

Radiocarbon (^{14}C) concentration in the atmosphere showed a stable value until 1955. However, as a result of the nuclear bomb testing, modern ^{14}C concentration in the atmosphere dramatically increased during late 1950s and early 1960s. These bomb-produced ^{14}C is then oxidized to form CO_2 , and incorporated into plants by photosynthesis. Then, by eating plants or animals fed by these plants, the ^{14}C concentration in human body reflects the ^{14}C value of atmospheric CO_2 at a certain time. Recent studies insisted that these ^{14}C can play important role for forensic analysis, especially age estimation using ^{14}C in human teeth enamel.

Teeth enamel is such a harder part of the human body that they are hardly destroyed by a natural process. And, the most important is, there is no turnover of enamel after its formation has completed. Although there are previous works which estimate the birth year of individuals by using ^{14}C concentration in enamel, their samples are teeth from Swedish, Scottish and American people, and study areas are mainly at high latitudes of the northern hemisphere. The precision of age estimation using teeth enamel is determined by enamel formation time of teeth and atmospheric ^{14}C concentration in a certain area at a certain year. It is known that teeth formation time of Japanese is different from that of Caucasian. It has been found that ^{14}C concentration in the atmosphere indicates 5 different zones according to different peak ^{14}C concentration of the nuclear bomb testing. These zones are named NH zone1, NH zone2, NH zone3, SH zone3 and SH zone1-2 from north to south. The boundary between NH zone1 and NH zone2 is Ferrel cell - Hadley cell boundary. It is nearly located at 35 °N. So it means that previous works mainly focused on NH zone1 samples, not NH zone2 samples. One of NH zone2 samples, teeth enamels of Japanese have not studied sufficiently. The aim of this study is to clarify whether age estimation using teeth enamels of Japanese can determine the precise year of birth of individuals and to discuss the mechanism of carbon fixation of enamels or other parts of the teeth.

7 of 44 collected tooth samples have been analyzed. They are 5 third molars and 2 second molars. The year of birth of each individual is 1943, 1946, 1951, 1951, 1951 for third molars, and 1933 and 1959 for second molars. In order to get the estimated year of birth, a model age for enamel completion of Japanese was subtracted from the year given by the ^{14}C analysis of samples. The result shows that age estimation using teeth of Japanese gives precise age determination. Needless to say, taking account of the degree of individual variation and possibility of differences in local environment or in diet is important, however, this result seems to be uninfluenced by those effects. Larger number of, more and more various parts of teeth (for example, first molars, anteriors, such as early-completed teeth.) have to be analyzed.

To determine whether an individual is born before or after the peak of atmospheric ^{14}C concentration (in 1964, in NH zone2), root of teeth have to be analyzed. Since root completion age is some years after enamel completion age, it can be easily found that the sample age is whether rising or falling part of the atmospheric ^{14}C curve. We now are preparing for analysis of ^{14}C of root dentine collagen and root inorganic matter. Their results will give more compelling data, now discover what is waiting for you!!

キーワード: ヒト歯牙, エナメル質, ^{14}C , 法医学, 核実験, 年齢推定

Keywords: human tooth, enamel, ^{14}C , forensic science, nuclear bomb testing, age estimation

波照間島と落石岬における大気中二酸化炭素の放射性炭素同位体比観測 Observations of atmospheric radiocarbon in carbon dioxide at Hateruma Island and Cape Ochi-ishi, Japan

寺尾 有希夫^{1*}; 向井 人史¹
TERAO, Yukio^{1*}; MUKAI, Hitoshi¹

¹ 国立環境研究所 地球環境研究センター

¹Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies

Atmospheric radiocarbon in carbon dioxide ($^{14}\text{CO}_2$) is a powerful tracer for understanding of carbon cycles, e.g. oceanic and biospheric CO_2 exchanges and CO_2 emissions from fossil fuel combustion. Observation sites for radiocarbon concentrations, $\Delta^{14}\text{C}$, are not many enough to evaluate the global and regional carbon flux. We present an analysis of trends, interannual variability (IAV) and seasonal cycle of $^{14}\text{CO}_2$ in background air from July 2004 to December 2012 at two NIES/CGER monitoring stations; Hateruma Island (HAT; latitude 24.06N, longitude 123.81E) and Cape Ochi-ishi (COI; latitude 43.16N, longitude 145.50E). The air samples were collected in 2 L Pyrex glass flasks. The sampling frequency was monthly. CO_2 was extracted from the whole air at NIES and CO_2 samples were converted to graphite and analyzed ratios of $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ by accelerator mass spectrometry (AMS, National Electrostatics Corp., 1.5SDH) at Paleo Labo Co., Ltd., Japan. Analytical precision in $\Delta^{14}\text{C}$ determined from statistical uncertainty (number of ^{14}C counts) was $\pm 1.7\text{-}2.0\text{‰}$ for most samples. The repeatability of measurements using modern reference air was $\pm 1.9\text{‰}$. A decreasing trend in $\Delta^{14}\text{C}$ was -5‰ yr^{-1} in average but large IAV was observed at both stations: large decreases in 2007-2008 and in 2010-2011 (-8 to -9‰ yr^{-1}) and almost zero decrease in 2009. We also observed clear seasonal cycle of $\Delta^{14}\text{C}$. The peak-to-peak amplitudes in the seasonal cycle determined from the smooth curve fits were 7‰ at both stations and the maximum of $\Delta^{14}\text{C}$ appeared in July and the minimum in January at HAT, and the maximum in September and the minimum in May at COI. The differences in phase of $\Delta^{14}\text{C}$ seasonal cycle between HAT and COI suggested that the atmospheric $\Delta^{14}\text{C}$ at COI was influenced by CO_2 emitted from terrestrial biosphere.

放射性炭素同位体を用いた沖縄辺戸岬、福江島におけるPM_{2.5}エアロゾルの起源推定
Radiocarbon based source apportioning of PM_{2.5} carbonaceous aerosols at Cape Hedo, Okinawa and Fukue island, Japan

内田 昌男¹; 近藤 美由紀^{1*}; 兼保 直樹²; 新垣 雄光³; 半田 大士³; 熊田 英峰⁴
UCHIDA, Masao¹; KONDO, Miyuki^{1*}; KANEYASU, Naoki²; ARAKAKI, Takemitsu³; HANDA, Daishi³; KUMATA, Hidetoshi⁴

¹ 国立環境研究所, ² 産業技術総合研究所, ³ 琉球大学, ⁴ 東京薬科大学

¹National Institute for Environmental Studies, ²National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ³University of Ryukyus, ⁴Tokyo University of Pharmacy and Life Sciences

Radiocarbon (¹⁴C) analysis of the carbonaceous aerosol allows an apportionment of fossil and non-fossil sources of air-borne particulate matter (PM). A chemical separation of total carbon (TC) into its sub-fractions organic carbon (OC) and elemental carbon (EC) refines this powerful technique, as OC and EC originate from different sources and undergo different processes in the atmosphere. Although ¹⁴C analysis of TC, EC and OC has recently gained increasing attention, Nowadays gigantic brownish haze from various burning and combustion processes is also blanketing India and surrounding land and oceans during the winter season. In China and surrounding countries, same kind of atmospheric pollution are widely observed and occurred as well. Additionally this soot-laden Brown Cloud is affecting South and East Asian climate as much or more than carbon dioxide and cause hundreds of thousands of premature deaths annually, yet its sources have been poorly understood. In this study, we investigated the contribution of continent derived aerosol to Japan. Aerosol samples with diameter of 2.5µm were collected at Fukue island, one of Goto islands and at the Cape Hedo is located at the northern end of Okinawa Island. The ¹⁴C contents of EC of PM_{2.5} aerosols collected from October, 2009 and May, 2010 including the Kosa event in Cape Hedo and Fukue were measured. The ¹⁴C content represents in the unit of pMC. Results of EC-¹⁴C in both sites were 25-30pMC in Cape Hedo and 18-44pMC in Fukue, respectively. These results mean that relative apportionments of biomass burning and fossil fuel were 25-30% and 18-44% in Cape Hedo and 25-35% and 65-75% in Fukue, respectively. The observed variations of pMC in Cape Hedo during February and March were relatively smaller than those of Fukue, which was more than 20%. According to back trajectory analysis in this duration, because ca. 70% of air mass in both sites was derived from the continent. The aerosols particulate matter to be transferred to Cape Hedo from continent would be relatively smaller than those to Fukue. Our data of EC-¹⁴C obtained during the Kosa event showed the relatively higher contribution of biomass burning sources in Fukue although these interpretation need to consider variation of the magnitude and concentration of EC in both sites. In further study we need to investigate details of the source of EC during this period.

Keywords: Radiocarbon, PM_{2.5}, aerosol, source apportioning

蔵王山の火山湖と温泉における $^{129}\text{I} / ^{127}\text{I}$ を用いた火山活動モニタリングの試み Study on monitoring of volcanic activity using $^{129}\text{I} / ^{127}\text{I}$ ratios in crater lake and hot spring at Zao volcano

松中 哲也^{1*}; 笹 公和¹; 末木 啓介¹; 柴山 尚大¹; 高橋 努¹; 松村 万寿美¹; 佐藤 志彦¹; 松崎 浩之²; 後藤 章夫³; 渡邊 隆広³; 土屋 範芳³; 平野 伸夫³; 木崎 彰久³

MATSUNAKA, Tetsuya^{1*}; SASA, Kimikazu¹; SUEKI, Keisuke¹; SHIBAYAMA, Nao¹; TAKAHASHI, Tsutomu¹; MATSUMURA, Masumi¹; SATOU, Yukihiro¹; MATSUZAKI, Hiroyuki²; GOTO, Akio³; WATANABE, Takahiro³; TSUCHIYA, Noriyoshi³; HIRANO, Nobuo³; KIZAKI, Akihisa³

¹ 筑波大学, ² 東京大学, ³ 東北大学

¹University of Tsukuba, ²The University of Tokyo, ³Tohoku University

Volcanic tremors and mountain gradient changes have been detected at Zao volcano in Miyagi and Yamagata since January 2013, volcanic activity began to intensify although Zao volcano will not erupt immediately^[1]. Since the water quality of crater lake are correlating with volcanism changes^{[2][3]}, basic water quality of crater lake and hot spring at Zao volcano have been studied by the group of Tohoku University from September 2013. As a part of this project, we are trying to monitor the volcanic activity using $^{129}\text{I} / ^{127}\text{I}$ ratios (atomic ratio of radioiodine and stable iodine) in crater lake and hot spring of Zao volcano.

Natural ^{129}I (half-life: 15.7 million year) are produced by nuclear spallation reaction of ^{129}Xe with cosmic ray in the atmosphere and spontaneous fission of ^{238}U in the geological layer. In the ocean, steady-state $^{129}\text{I} / ^{127}\text{I}$ ratio of the seawater is estimated to be 1.5×10^{-12} ^[4]. Sunken iodine by the ocean plate having lower $^{129}\text{I} / ^{127}\text{I}$ ratio (older ^{129}I age) compared to the steady-state ratio of seawater, are supplied to the atmosphere mainly via magmatic activity. In general, $^{129}\text{I} / ^{127}\text{I}$ ratio in hot spring water and brine water are used as indicator of origin and behavior of iodine in the water^{[5][6]}. $^{129}\text{I} / ^{127}\text{I}$ ratio of hydrothermal at Zao volcano are considered to become lower by the supply of chronologically-old iodine in terms of global iodine cycle.

In September 2013, water samples of 2 L were collected from the surface of crater lake (Okama, diameter: 350 m, maximum depth: 35 m) located at 1,560 m in elevation and hot spring (Kamoshika Hot Spring) located at 1,230 m in elevation in the eastern side of Zao volcano. Water temperature and pH were measured on site. After water samples were filtered by 0.2 μm filter, $^{129}\text{I} / ^{127}\text{I}$ ratio were measured for the isotopic diluted water samples by adding carrier (^{127}I standard) at MALT, The University of Tokyo. ^{127}I concentrations were measured by ICP-MS, and original $^{129}\text{I} / ^{127}\text{I}$ ratio of water samples were estimated.

Water temperature and pH were 10.2 °C and 3.3 at Okama; 40.0 °C and 3.3 - 4.0 at Kamoshika Hot Spring. $^{129}\text{I} / ^{127}\text{I}$ ratios of Okama and Kamoshika Hot Spring were respectively, estimated to be $(1.5 \pm 0.4) \times 10^{-9}$ and $(0.78 \pm 0.2) \times 10^{-9}$, 500 - 1000 times higher than the steady-state ratio of sea water (1.5×10^{-12})^[4]. Since $^{129}\text{I} / ^{127}\text{I}$ ratio of anthropogenic metric water were over 9.0×10^{-12} ^[7], surface water of Okama and Kamoshika Hot Spring water were very likely to be strong affected by the meteoric water including anthropogenic ^{129}I . For the monitoring of volcanic activity using $^{129}\text{I} / ^{127}\text{I}$ ratio, it is necessary to decide the site as few anthropogenic ^{129}I as possible through the measuring of $^{129}\text{I} / ^{127}\text{I}$ ratio of the Okama bottom water and some hot spring around Zao volcano. Continuous water quality survey of 1 - 2 times for Okama and 1 time per 1 - 2 months for hot springs are planned from June to November of this year.

[1] Japan Meteorological Agency (2013) Monthly Volcanic Activity Report.

[2] Ohba et al. (2000) Journal of Volcanology and Geothermal Research, 97, 329-346.

[3] Ohba et al. (2008) Journal of Volcanology and Geothermal Research, 178, 131-144.

[4] Moran et al. (1998) Chemical Geology, 152, 193-203.

[5] Snyder and Fehn (2002) Geochimica et Cosmochimica Acta, 66, 3827-3838.

[6] Muramatsu et al. (2001) Earth and Planetary Science Letter, 192, 583-593.

[7] Tomaru et al. (2007) Applied Geochemistry, 22, 676-691.

キーワード: 蔵王山, 火山活動, 火山湖, 温泉, $^{129}\text{I} / ^{127}\text{I}$, 加速器質量分析

Keywords: Zao volcano, volcanic activity, crater lake, hot spring, $^{129}\text{I} / ^{127}\text{I}$, AMS

福島第一原子力発電所起源 I-129 の逐次抽出法による土壌中の分布調査 Speciation analysis of the Fukushima accident derived I-129 in the soil using sequential extraction method

本多 真紀^{1*}; 松崎 浩之²; 斉藤 拓巳³; 永井 尚生⁴
HONDA, Maki^{1*}; MATSUZAKI, Hiroyuki²; SAITOU, Takumi³; NAGAI, Hisao⁴

¹ 日本大学大学院総合基礎科学研究科相関理化学専攻, ² 東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻, ³ 東京大学大学院工学系研究科原子力専攻, ⁴ 日本大学文理学部

¹Graduate School of Integrated Basic Sciences, Nihon University, ²Department of Nuclear Engineering and Management, School of Engineering, The University of Tokyo, ³Nuclear Professional School, School of Engineering, The University of Tokyo, ⁴College of Humanities and Sciences, Nihon University

In previous study, we investigated the depth profile of the accident derived ¹²⁹I ($T_{1/2} = 1.57 \times 10^7$ y) and downward migration speed in soils of near field of Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant (FDNPP), including crop fields and man-made fields. ¹²⁹I in soil was measured by AMS and stable iodine (¹²⁷I) was measured by ICP-MS at MALT (Micro Analysis Laboratory, Tandem accelerator), The University of Tokyo. It was found that ¹²⁹I was concentrated near surface but distributed deeper compared with ¹³⁷Cs ($T_{1/2} = 30$ y). From the estimation of relaxation length using depth profiles, the FDNPP derived ¹²⁹I move 0.6 cm/y downward and ¹³⁷Cs 0.3 cm/y for it. It was also found that ¹²⁹I seems to move downward more quickly than ¹³⁷Cs.

To investigate the adsorption mechanism and the elemental process of migration of the accident derived ¹²⁹I in soil, it is important to know what kind of component the ¹²⁹I combines with.

Recent studies on the X-ray absorption fine structure (XAFS), especially near edge structure (XANES), reported that the stable iodine (¹²⁷I) in soil existed as an organic component^[1]. However, it had not yet been proved that it was also the case with the accident derived ¹²⁹I because it had been incorporated in the soil system only recently and the abundance of ¹²⁹I in soil was more than 8 orders of magnitude smaller than sub-ppm level stable iodine (¹²⁷I).

In this study a progressive sequential extraction method including the dialysis was newly developed to obtain only the iodine sticking to the soil organic component. The advantage of sequential extraction over other method is that stable iodine can be quantified by direct analysis of the fraction and ¹²⁹I can be quantified by AMS method of the fraction added with carrier. The fraction of the organic component for ¹²⁷I and ¹²⁹I can be evaluated respectively by comparing with the other fraction and/or with the total concentration obtained by the bulk analysis (e.g. by the pyrohydrolysis).

Repeatability is 20% for the water soluble, oxides and organic fraction, 10% for Exchangeable fraction and 50% Residue (mainly minerals).

The results show that 60% of the total ¹²⁹I are associated with oxides and 30% associated with organic matter in crop field soil. The former, the oxides bond iodine, it takes a form of iodate (IO_3^-) absorbed in amorphous oxides, especially goethite or delta- MnO_2 . They are formation of monodentate mononuclear outer-sphere species and bidentate, binuclear inner-sphere species^[2]. The latter iodine are linked to organic carbon directly by a covalent bond.

[1] Y. S. Shimamoto et al., 2011, *Environ. Sci. Technol.*, **45**, pp2086-2092

[2] T. Nagata et al., 2010, *Geochim. Cosmochim. Acta.*, **74**, pp6000-6013

結晶質岩におけるボーリング調査の進展に伴う亀裂の分布特性に関するデータの変遷 Relationship between progress of borehole investigations and the geometric data of fractures at the crystalline rocks

石橋 正祐紀^{1*}; 笹尾 英嗣¹; 中畠 誠門²; 渥美 博行²; 尾上 博則¹; 三枝 博光¹; 川端 淳一²; 升元 一彦²; 瀬野 昭治²; 岩野 圭太²

ISHIBASHI, Masayuki^{1*}; SASAO, Eiji¹; NAKAJIMA, Makoto²; ATSUMI, Hiroyuki²; ONOE, Hironori¹; SAEGUSA, Hiromitsu¹; KAWABATA, Junichi²; MASUMOTO, Kazuhiko²; SENO, Shoji²; IWANO, Keita²

¹ 日本原子力研究開発機構, ² 鹿島建設 株式会社 技術研究所 岩盤・地下水グループ

¹Japan Atomic Energy Agency, ²Kajima Corporation Technical Research Institute Rock Mechanics and Hydrogeology Group

高レベル放射性廃棄物の地層処分や LPG の地下備蓄など、地下空間の利用にあたっては、割れ目や断層などの地下水の流動経路となる地質構造の把握が重要であり、特に結晶質岩のような亀裂性媒体では、亀裂の分布特性を明らかにする必要がある。地下深部における結晶質岩中の亀裂の分布は主にボーリング調査で把握されるが、亀裂の走向傾斜とボーリング孔との交差角に起因する遭遇率の違いより、ボーリング調査で取得した情報に基づく評価には過不足が生じることが考えられる。亀裂の分布特性を精度よく把握するためには、ボーリングの調査量を増やすことが考えられるが、必要な調査量や調査手順と言った調査の最適化のための方法論は十分に確立されているとは言えない。そこで、本研究では、100m 立方領域でのボーリング調査の進展に伴う亀裂の分布特性に関する情報量の変化について検討した。

本研究では、瑞浪超深地層研究所の深度 300m の水平坑道に分布する土岐花崗岩を対象に亀裂ネットワークモデル (DFN モデル) を構築し、モデルに仮想ボーリング孔を掘削した際の単位長さあたりの亀裂数 (以下、 P_{10}) に着目した。DFN モデルは、100m 立方の空間を対象に、亀裂の長さはべき乗分布、亀裂方位分布は Fisher 分布、亀裂の空間分布はポアソン分布を仮定した。構築した DFN モデルの P_{10} (以下、 $P_{10_{DFN}}$) は、1.58 本/m (このうち、NW 走向高角度傾斜の亀裂 (卓越方位は $N29^{\circ} W87^{\circ} E$) は 1.34 本/m, NE 走向高角度傾斜の亀裂 (卓越方位は $N43^{\circ} E88^{\circ} W$) は 0.12 本/m, 中~低角度の亀裂 (卓越方位は $N25^{\circ} E8^{\circ} E$) は 0.12 本/m), べき乗数は 4.0 である。仮想ボーリング孔は、DFN モデル中央部を通過するように、EW, NS, 鉛直の各方向に 5 本 (各 100m) を配置した。

仮想ボーリング孔と交差した亀裂の P_{10} (以下、 $P_{10_{BH}}$) の平均は、EW 方向の水平孔 (以下、EW 孔) で 1.87 本/m (1.18~1.95 本/m), NS 方向の水平孔 (以下、NS 孔) で 1.13 本/m (0.91~1.24 本/m), 鉛直方向の孔 (以下、鉛直孔) で 0.78 本/m (0.73~0.83 本/m) であった。 $P_{10_{BH}}$ と $P_{10_{DFN}}$ とを比較すると、EW 孔で 0.29 本/m, NS 孔で 0.45 本/m, 鉛直孔で 0.8 本/m の差が認められ、鉛直孔で最も大きな相違となった。亀裂の卓越方位ごとにもみると、鉛直孔では中~低角度の亀裂群については $P_{10_{BH}}$ が $P_{10_{DFN}}$ よりも大きく、NW 走向高角度傾斜の亀裂群については $P_{10_{DFN}}$ よりも小さい。すなわち、鉛直孔で遭遇しやすい中~低角度の亀裂群が過大に評価され、DFN モデル中で最も卓越する NW 走向高角度傾斜の亀裂群は過小評価されており、亀裂方位ごとに取得される情報の偏りが確認された。そのため、亀裂群との遭遇率が等しくなると考えられる亀裂の卓越方位の法線ベクトルの平均方向を掘削方向とした仮想ボーリング孔 (以下、法線平均孔) について検討した。その結果、法線平均孔での $P_{10_{BH}}$ の平均は 1.45 本/m (1.34~1.67 本/m) で、 $P_{10_{DFN}}$ との差が 0.13 本/m となり、EW 孔, NS 孔および鉛直孔およびそれぞれで得られた $P_{10_{BH}}$ の和の平均よりも $P_{10_{DFN}}$ に近い値が得られた。すなわち、亀裂の方向分布を考慮せずに掘削されたボーリング孔で得られる P_{10} の平均を用いても、取得されたデータの偏りを補正することは困難であると考えられる。

次に、仮想ボーリング孔の掘削方位ごとの調査量と $P_{10_{BH}}$ の変化について検討した。その結果、全方向の仮想ボーリング孔において、約 100m~200m 分 (仮想ボーリングで 1~2 本) 掘削した段階で $P_{10_{BH}}$ が安定する傾向が認められた。また、安定した際の $P_{10_{BH}}$ は、各方向の 5 本の仮想ボーリングで得られた $P_{10_{BH}}$ の平均に概ね等しい。このことから、同一方向の調査量を増やしても、ある調査量に達した時点で、得られる情報の変化は小さくなり、その値は同一方向の調査で得られる情報の限界を示していると考えられる。以上のことから、坑道から 100m 立法領域の調査を想定すると、亀裂の空間分布が一樣な場を対象とする場合は、総掘進長を約 100m 以上とし、掘削方向は亀裂との遭遇率が均一となる方向 (亀裂の卓越方位の法線ベクトルの平均方向) を選択することが有効と考えられる。

本研究の結果、亀裂の分布特性に関するデータを取得するためには、亀裂の卓越方位との遭遇率を考慮した調査計画を立案し、調査の進展とデータの関係から調査量の十分性を考慮することが重要であることが示唆された。すなわち、亀裂分布が一樣と想定できる場においては、既存情報などから把握された亀裂の卓越方向に基づいて掘削方向を決定し、最初のボーリング調査の結果から得られた亀裂の卓越方位分布から、再度掘削方向を検討することが有効と考えられる。

キーワード: ボーリング調査, DFN モデル, 調査方法, 亀裂密度

Keywords: Borehole investigation, DFN model, Methodology, Fracture intensity

割れ目間隔を利用した割れ目帯区分の試み—岐阜県南東部に分布する土岐花崗岩を例として— Characterization of the fracture zone on the basis of fracture spacing, case study at the Toki granite, central Japan

笹尾 英嗣^{1*}; 石橋 正祐紀¹
SASAO, Eiji^{1*}; ISHIBASHI, Masayuki¹

¹ 日本原子力研究開発機構地層処分研究開発部門
¹ Japan Atomic Energy Agency

高レベル放射性廃棄物の地層処分においては、割れ目や断層などの地下水の流動経路となる地質構造の把握が重要であり、結晶質岩においては、割れ目の数や分布特性に関する情報の取得が必要である。

日本原子力研究開発機構では、岐阜県南東部に分布する土岐花崗岩を対象として掘進長 500m 以上の深層ボーリング調査を行ってきた。この結果、土岐花崗岩の割れ目は上部で多く、下部で少ないことから、割れ目頻度に基づいた地質構造区分を行ってきた(三枝ほか, 2007)。しかし、岩体スケールでは、深度方向の割れ目頻度の変化が不明瞭な場合があり、また水平方向の割れ目頻度の変化も認められる。

割れ目を評価する上では、割れ目の分布特性に基づいて割れ目帯を区分し、割れ目帯ごとにモデル化が行われる。割れ目の分布特性としての割れ目頻度は、一般にある長さあたりの割れ目本数で表される。しかし、この本数はある区間の平均値であるため、割れ目分布の不均質性を考慮した割れ目帯区分には向かない面もある。そこで、本研究では、ボアホールカメラで把握した割れ目の交差深度から割れ目間隔を求め、それに基づいた割れ目帯区分の可能性を検討した。

割れ目の情報は、一般にはボアホールカメラによって、交差深度および走向・傾斜が取得される。対象としたボーリングは 15 孔、花崗岩の掘進長約 12,000m 分で、割れ目本数は約 32,800 本である。本研究では、ボーリング孔ごと、および全ボーリング孔の割れ目間隔の累積頻度曲線を作成し、50 パーセント値と 90 パーセント値に基づいた検討を行った。その結果、全ボーリング孔で観察された割れ目では、50 パーセント値と 90 パーセント値の間隔は 0.2m と 0.8m であった。つまり、土岐花崗岩全体で見ると、地表から深度 1000m 程度までの領域においては、1m 以下の間隔で割れ目が非常に多く発達しているといえる。

ところで、割れ目の成因について、低角度傾斜(傾斜角が平面から 30° 以下のもの)の割れ目とその他の割れ目で異なる可能性が指摘されている(笹尾・石橋, 2013)。特に、低角度傾斜の割れ目は、花崗岩が地表に露出した際の除荷によって形成されたと考えられており、岩体上部に集中している可能性がある(笹尾・石橋, 2013)。そこで、次に、低角度傾斜割れ目とその他(傾斜角が 30° を超す割れ目; 以下、中~高角度傾斜割れ目と呼ぶ)に分けて検討した。15 孔で認められた全割れ目のうち、低角度傾斜割れ目の間隔の 50 パーセント値と 90 パーセント値は 0.3m と 2.2m であるのに対して、中~高角度傾斜割れ目では 0.2m と 1.1m であった。このことから、土岐花崗岩では中~高角度傾斜が特に密集して発達していることがわかる。なお、割れ目本数は、低角度傾斜割れ目が 10,156 本、中~高角度傾斜割れ目が 22,618 本であった。

次に、ボーリング孔ごとに、割れ目本数と間隔の関係および割れ目分布の地域性について検討した。ここでは、岩体北西部に位置し、割れ目本数が最も少ない DH-3 号孔、岩体北東部に位置し、割れ目本数が中程度の DH-10 号孔、および岩体南部に位置し、割れ目本数が最も多い MIU-3 号孔について述べる。各ボーリング孔における割れ目本数、および間隔の累積頻度の 50 パーセント値と 90 パーセント値は以下の通りであった。

DH-3 号孔(掘進長 1011.4m)

全割れ目; 471 本, 0.3m, 1.8m
低角度傾斜割れ目; 84 本, 0.9m, 10.9m
中~高角度傾斜割れ目; 387 本, 0.4m, 2.3m

DH-10 号孔(掘進長 1012.3m)

全割れ目; 1,998 本, 0.2m, 1.3m
低角度傾斜割れ目; 448 本, 0.5m, 7.2m
中~高角度傾斜割れ目; 1,550 本, 0.2m, 1.6m

MIU-3 号孔(掘進長 1014m, うち花崗岩の掘進長 926m)

全割れ目; 3,764 本, 0.2m, 0.6m
低角度傾斜割れ目; 1,455 本, 0.2m, 1.4m
中~高角度傾斜割れ目; 2,309 本, 0.2m, 0.9m

この検討から、割れ目間隔は 1m 以下のものが全体の半数を占めるものの、全体としては割れ目本数が多いほど割れ目

HCG36-02

会場:411

時間:4月29日 15:30-15:45

間隔が小さいことがわかる。このことから、割れ目の多くは狭い範囲に密集して分布していることが示唆される。特に、中～高角度傾斜割れ目では、割れ目本数に関わらず、50パーセントイル値に大きな違いがないことから、割れ目帯の識別や岩体スケールでの割れ目帯の分布を把握するためには、数十 cm 以下の間隔で割れ目が発達する割れ目密集部の有無を把握し、その分布に基づいて割れ目帯を区分していくことが考えられる。

今後は、割れ目間隔の深度方向および水平方向の変化と、割れ目密集部の抽出方法を検討し、割れ目密集部の分布に基づく割れ目帯の区分について具体的に示していくことが課題として挙げられる。

三枝ほか (2007) 日本原子力研究開発機構研究開発報告書類, JAEA-Research 2007-043.
笹尾・石橋 (2013) 日本地質学会第 120 年学術大会講演要旨, p.195.

キーワード: 割れ目帯, 割れ目間隔, 土岐花崗岩

Keywords: fracture zone, fracture spacing, Toki granite

現実的ニアフィールドプロセスの検討 Examination of realistic conceptual model of near-field process in HLW repository

吉田 英一^{1*}; 小島 圭二²; 大西 有三³; 朽山 修⁴; 西垣 誠⁵; 登坂 博行⁶; 杉原 弘造⁷; 尾方 伸久⁷
YOSHIDA, Hidekazu^{1*}; KOJIMA, Keiji²; OONISHI, Yuzo³; TOCHIYAMA, Osamu⁴; NISHIGAKI, Makoto⁵; TOSAKA,
Hiroyuki⁶; SUGIHARA, Kozo⁷; OGATA, Nobuhisa⁷

¹名古屋大学, ²地圏空間研究所, ³関西大学, ⁴原子力安全研究協会, ⁵岡山大学, ⁶東京大学, ⁷日本原子力研究開発機構
¹Nagoya University, ²Geospace Labo, ³Kansai University, ⁴Nuclear Safety Research Association, ⁵Okayama University, ⁶University
of Tokyo, ⁷Japan Atomic Energy Agency

地層処分におけるニアフィールド (NF) 環境 (ここでは、安全評価上のスケールとして処分場および、その周辺の約 100 メートル程度を想定した範囲として扱っている) では、様々な現象が連鎖的に、かつ相互的に関連・干渉し合いながら進行することが共通の認識となっている。しかしながら、これまでの安全評価においては、ニアフィールドにおける諸現象およびそれらの複合反応については、その重要性を理解し検討はなされているものの、地下環境の原位置に関する知見に限りがあったことなどから、日本の地下環境に関する現実的な知見を十分に反映したコンセプトであるのかどうかも含め、変動帯地下環境における適切な概念モデルであるのかの検討がなされた状況にはない。

これらの背景のもと、2000 年以降の知見を俯瞰しつつ、とくに深地層の研究施設における原位置の知見を反映させ、日本の変動帯地質環境における、より現実的なニアフィールドプロセスを抽出すると共にニアフィールドコンセプトを構築し、将来の地層処分事業に対してより効率よく応用し得るものにするを目的として検討を進めている。

本発表では、これまでの検討内容から日本の地下環境 (とくに結晶質岩系において) として、おおよそ現実的に想定される水みち等の構造モデルや、工学的技術 (とくにグラウチング) について、その考え方と課題について報告する。

キーワード: 地層処分, ニアフィールドプロセス

Keywords: Geological Disposal of Radioactive Waste, Near filed processes

放射性廃棄物地層処分に対する超長期の安全評価への反映を目的とした風化帯に関する情報の整理 An approach to establish information basis of Weathered zone for the Safety Assessment to HLW Disposal over long-term.

注連本 英典^{1*}; 若杉 圭一郎²; 柴田 雅博²; 山口 正秋²
SHIMEMOTO, Hidenori^{1*}; WAKASUGI, Keiichiro²; SHIBATA, Masahiro²; YAMAGUCHI, Masaaki²

¹ 日本原子力研究開発機構 *現所属:三菱マテリアルテクノ株式会社, ² 日本原子力研究開発機構
¹Japan Atomic Energy Agency (*Present position: Mitsubishi Materials Techno Corporation), ²Japan Atomic Energy Agency

1. はじめに

放射性廃棄物の安全評価では、超長期の地質環境条件の変遷を考慮する必要がある。継続的な隆起・侵食作用によって長期間のうちに処分場が地表に近接するようなシナリオに対しては、地下浅部の環境に基づいて核種移行の評価を行う必要がある。一般に、地下深部は還元環境で遅い地下水流速が期待されるのに対し、地下浅部では風化作用により酸化的環境が形成され、水理特性、化学条件等について地下深部とは異なることが考えられる。そこで、本研究では、超長期の地層処分システムの安全評価における環境条件の設定に資するため、既存文献の調査により、風化帯についての情報の整理を行った。

2. 手法

本研究では、風化帯に関する情報を文献調査により収集し、下記の項目について整理を行った。調査は「風化」をキーワードとするインターネット検索を行い、公開論文、学会講演資料等を収集した。調査で着目した点は、核種移行評価モデルを構築するための前提となる場の状態設定に資する観点から、以下のとおりである。

- ①風化帯の厚さ
- ②風化帯の地形との関係
- ③風化帯の地質環境条件(水理、化学環境条件(特に酸化還元条件)等)

また、これらが、岩種、地形、あるいは履歴などによって分類が可能でそれぞれに異なる特徴を持つかについても、検討を試みた。

3. 調査結果

①: 本集計における風化帯の厚さは、最大 150m に及ぶ。10m ごとの頻度分布では、母集団が少ないものの(N=37)、60m までの範囲に 33 箇所が含まれている。80~100m に見られる 3 箇所は花崗岩の事例で、温暖~冷温の湿潤な気候下で形成された風化と地殻変動に伴う岩盤の破碎作用が風化に関係するものがある(木宮,1975; 稲井・黒田,1968)。140~150m の事例はカルデラ内の溶岩や火砕流堆積物(火山岩類)で、長期間継続した常温風化と熱水変質等の高温酸化によるもの(横田ほか,2003)と考えられている。

堆積岩では、赤石山地の褶曲作用を受けた砂岩や頁岩において風化殻の厚さが 100m に及んでいる報告もある(徳山(1986)、具体的な場所不明のため本集計には含まれない)。

②: 風化帯と地形との関係を検討した結果、互いが平行(調和的)、風化帯が地形に無関係に水平、地形に斜行、地形に対し不規則、の4パターンに類型化した。各パターンの形成因子は、風化プロセス、隆起・侵食による影響、気候、岩種などであり、パターンにより形成因子の組み合わせや、個々の形成因子が及ぼす影響の度合いが異なる。

例えば、“地形に無関係に水平”は深層風化に強く依存し、風化帯形成時の気候、その後の穏やかな隆起・侵食、などが主な形成因子である。なお深層風化は、地形的には小起伏面あるいは準平原であることが多いとされる(木宮, 1981)。

③: 風化帯内部の地質環境条件は、地層岩石の引張強度や空隙率などの物性について比較的情報が得られる反面、酸化還元電位や透水性についての情報は限られている。

千木良(1988)は第四系泥岩の風化において、黄鉄鉱の溶解などにより pH が低下する溶解帯の上部が酸化帯であり、酸化フロントが地下水面付近にあることを報告するとともに、酸化フロント等と風化の進行との関係について推論している。

大山ほか(2009)は、六カ所サイトの試験空洞周辺の軽石凝灰岩や凝灰岩中の酸化還元電位を原位置で計測し、酸化帯(褐色部)で+400~+600mV、還元帯(灰色部)で+200mV 以下の値を報告した。

泥岩や泥質片岩の風化帯透水性は、透水係数等の直接的な情報が極めて少ないが、間隙率について報告事例がある(千木良,1988; 山崎・千木良,2008)。泥岩の例(千木良,1988)では、酸化帯で最も大きな値を示した後、溶解帯との境界下

HCG36-04

会場:411

時間:4月29日 16:15-16:30

部から減少して、新鮮岩帯で収束する傾向を示す。

花崗岩の風化帯透水性についても直接的な情報は少ないが、空隙率は風化部から地表に向かい漸移的に変化(増加)する傾向が報告されている(鈴木,1977)。

花崗岩の地下水質が地表から地下に向かい弱酸性から弱アルカリ性に変化する傾向は、既知(金井ほか,1998;JNC,1999)のとおりであるが、風化帯との対応は確認できなかった。

4. まとめおよび課題

わが国の風化帯の特徴や履歴、地形との関係について、関連する文献の調査を通じて、風化帯の厚さを整理すると共に、風化帯と地形との関係を類型化した。また、類型化したパターンと、風化帯の履歴(風化プロセスやその隆起・侵食や地形変化との関係)、風化帯の形成条件(気候、地下水に関する条件、岩種など)、現れる特徴(地形、風化帯の拡がり)等の関係について、表形式での整理を検討した。

本検討は、地層処分の安全評価に必要となる風化帯の状態設定のための基盤情報の整備を目的としているが、今後は現在の風化帯の情報に加えて、長期の時間変遷による風化帯の形状や地質環境条件の変化についての継続的な調査と、時間軸を考慮した条件変化のパターンの検討が必要である。

キーワード: 地層処分, 超長期, 安全評価, 風化帯, 地形, 地質環境条件

Keywords: HLW, Long-term, Safety Assessment, Weathered Zone, Landform, Geological Environmental Conditions

ヘリウム同位体比を考慮したベイズ統計学による未知の活断層の評価 A Bayesian approach to assess the probability of concealed active faults existing using helium isotope ratios

マーティンアンドリュース^{1*}; 石丸 恒存²; 梅田 浩司²; 浅森 浩一²
MARTIN, Andrew^{1*}; ISHIMARU, Tsuneari²; UMEDA, Koji²; ASAMORI, Koichi²

¹ スイス放射性廃棄物管理共同組合, ² 日本原子力研究開発機構 東濃地科学センター
¹NAGRA, ²Tono Geoscience Center, JAEA

放射性廃棄物の地層処分サイトの選定や原子力施設の安全性評価などを念頭に、我が国においては地質環境の長期安定性に関する研究など多くの研究開発が進められてきているが、その中で活断層の時空分布を理解することは特に重要と考える。この場合、地表部に破断が及んでいなかったり地形に痕跡の残らない活断層（いわゆる「未知の活断層」）の存在をどのように考慮するかということが課題である。

一般に火山地域の地下水中に検出される高 He-3/He-4 比は、非火山地域の地下水にも検出される場合がある。非火山地域の高 He-3/He-4 比は断層等を移行経路としたマントル物質の脱ガスが原因であると考えられている（例えば Kennedy et al., 1997）。鳥取県西部地域を対象とした研究（Umeda and Ninomiya, 2009）では、He-3/He-4 比の分布が 2000 年鳥取県西部地震（Mw 6.8）の震源断層（地震以前は活断層として認定されていなかった）の存在を示す間接的な証拠となりうる可能性を示した。

本発表では、この仮説を定量的に表現するため、He-3/He-4 比をベイズ法によって組み込んだ推論モデルの開発について紹介する。ベイズ法の枠組みにおいて、まず最初に研究対象地域のテクトニックセッティングに基づく先験的前提（a priori assumption）を設定する。既知の活断層のトレースは、同じ距離間隔をもったセグメントに区分されている。未知の活断層セグメントは、既知の活断層セグメントの分布からそれほど離れていないということを今回の先験的前提としている。さらに、既知の活断層からの距離が近いほど対象地域での「未知の活断層」の存在確率は大きくなると仮定する。そして、既知の活断層セグメント分布を中心としてカーネル関数（kernel functions）を用いて（Martin et al., 2003）、未知の活断層の存在について二次元の事前（a priori）確率分布を計算する。その際、未知の活断層セグメントの存在確率が離間距離に応じてゼロにならないように、保守的にコーシー確率密度関数（PDF）を選択している。

次の段階では Martin et al. (2004, 2012) による手法を適用して、コルモゴロフ・スミルノフ検定（Kolmogorov-Smirnov statistical tests）に基づいて He-3/He-4 比の分布を「Likelihood 関数」と呼ばれている PDF の中に再配置する。そして、ベイズの定理を用いて、事前確率分布と Likelihood 関数を組み合わせることで事後（a posteriori）確率分布を計算する。

2000 年鳥取県西部地震が起こる以前のデータを使って計算した事後確率分布では、未知の活断層の存在確率が震源域において増加していることが示された。言い換えれば、鳥取県西部地域を対象に計算した事後確率分布は、活断層がマントル起源の希ガスの移行経路となっているという仮説を裏付けるものとも言えるだろう。

発表では、今回の手法を用いて他のデータ（例えば重力・地殻の歪み速度など）を組み込む可能性についても議論する。

引用文献

- Kennedy et al. (1997), Mantle fluids in the San Andreas fault system, California, *Science*, 278, 1278-1281.
Martin et al. (2003) *Acta Geophys.* 51, 271-289
Martin et al. (2004) *J. Geophys. Res.*, 109, B10208, doi:10.1029/2004JB003201.
Umeda, K. and Ninomiya, A. (2009) *Geochem. Geophys. Geosys.*, 10, Q08010, doi:10.1029/2009GC002501.
Martin A. J., Umeda K. and Ishimaru T. (2012) *InTech Pub.*, doi:10.5772/51859

キーワード: 活断層, ベイズ法, ヘリウム同位体比
Keywords: Active fault, Bayesian, Helium isotope ratio

南九州の剪断帯の深部比抵抗構造と地下水中のヘリウム同位体比 An active shear zone, southwest Japan: electromagnetic geophysics and noble gas geochemistry

梅田 浩司^{1*}; 浅森 浩一¹; 幕内 歩¹; 小堀 和雄¹
UMEDA, Koji^{1*}; ASAMORI, Koichi¹; MAKUUCHI, Ayumu¹; KOBORI, Kazuo¹

¹ 日本原子力研究開発機構
¹ Japan Atomic Energy Agency

宮崎市南部から霧島火山群を経て鹿児島県北西部に至る地域は、1961年吉松地震 (M=5.5)、1968年えびの地震 (M=6.1)、1994年大口地震 (M=5.7)、1997年鹿児島県北西部地震 (M=6.5, 6.3) 等、東-西~西北西-東南東方向の高角左横ずれを示す地震列が存在する (角田・後藤, 2002)。また、GPSデータの解析等によって推定されている北緯 32° の東西に延びる剪断帯もこの地震列に相当する。これらの剪断帯が生じた原因としては、沖縄トラフの拡大に伴うマントル上昇流による地殻の引きずり (Takayama and Yoshida, 2007) や九州・パラオ海嶺の沈み込み (Wallace et al., 2009) 等のモデルが提唱されているが、この地域には活断層の存在を含む明瞭な変動地形が認められないことから、剪断帯を伴う地殻変動は地質学的に極めて新しい時代に開始したものと考えられる。

筆者らは霧島火山群の西側の剪断帯 (1997年鹿児島県北西部震源域) の地殻~上部マントル構造を把握するため、地磁気・地電流観測による三次元比抵抗構造解析を行った。その結果、地下 10 km 以深から上部マントルに達する東西方向に延びる低比抵抗帯が存在し、その周辺 (高比抵抗帯との境界部) に上記の地震が発生していることが明らかになった。また、この低比抵抗帯は、白亜紀の四万十層群や中新世の紫尾山花崗閃緑岩の地域に位置するが、ここで採取した地下水の溶存ガスや遊離ガスに含まれるヘリウム同位体比 ($^3\text{He}/^4\text{He}$ 比) は、大気の 4 倍以上の値を示す。このことは、低比抵抗帯は地殻内に侵入したマントル起源の流体によって生じたものであることを示唆する。新しい剪断帯の形成に代表されるこの地域のネオテクトニクスは、マントル起源の流体や霧島火山群のマグマ活動 (約 30 万年前以降) によって生じた地殻の不均質性が関与している可能性がある。

キーワード: 1997 鹿児島県北西部地震, 剪断帯, 比抵抗構造, ヘリウム同位体

Keywords: 1997 Kagoshima earthquake doublet, active shear zone, magnetotelluric sounding, helium isotope

東京電力福島第一原子力発電所事故により放出された放射性セシウムの移動現象を規定する主要因について－福島県の山地森林の例－
Predominant process for transport of radiocaesium released by the TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident

新里 忠史^{1*}; 石井 康雄¹; 阿部 寛信¹; 渡辺 貴善¹; 佐々木 祥人¹
NIIZATO, Tadafumi^{1*}; ISHII, Yasuo¹; ABE, Hironobu¹; WATANABE, Takayoshi¹; SASAKI, Yoshito¹

¹ 日本原子力研究開発機構福島環境安全センター

¹Fukushima Environmental Safety Center, Japan Atomic Energy Agency

東京電力福島第一原子力発電所から放出された放射性セシウムは住民被ばくの主要因となる放射性核種であることから、その環境動態に関する理解は福島環境回復における基盤情報を提供する。現時点における放射性セシウムの主な供給源は、除染活動がまだ試験段階にある山地森林の分布域である。このため、山地森林から流出する放射性セシウムの移動現象と移動フラックス及び化学形態に関する知見は、山地森林から河川を経て海域に至る放射性セシウムの環境動態を考慮した被ばく線量評価において極めて重要な位置を占める。

本報告では、福島県の阿武隈山地に分布する山地森林において、放射性セシウムの移動現象を規定する主要因について議論する。調査地点は福島県東部の阿武隈山地において、植生、地形及び土壌種の異なる4か所を設定した。土壌試料は、山地の尾根、斜面及び谷底面において、土壌サンプラー及びスクレーパープレートにてそれぞれ40 cm及び20 cm深度まで採取した。調査地点では、表面流と土砂流亡をモニタリングするための40-60 m²面積を有する観測プロットを併せて設置した。土壌試料の分析の結果、森林土壌の極表層部における放射性セシウムの濃度は森林内の地形要素に関連しており、谷底といった堆積域で高く、山地斜面といった侵食域で低い傾向にあった。加えて、土壌粒子や植物片といった表面流出に含まれる固相の放射性セシウム濃度は、表面流出の液相と比較して1~2桁高い傾向にあった。

そのため、福島県の山地森林における放射性セシウムの移動現象を規定する主要因は、山地斜面における土砂の引きはがしを伴う表面流出と考えられ、山地森林における放射性セシウムの移動現象を検討する際には、対象地域における気象、植生、地形、及び土壌条件といった自然地理、地形及び地質学的要素に関する情報を総合的に捉える必要がある。

キーワード: 放射性セシウム, 環境動態, 山地森林, 原子力事故, 福島

Keywords: radiocaesium, environmental dynamics, mountain forest, nuclear accident, Fukushima

高速増殖原型炉もんじゅ敷地内破碎帯等の追加地質調査の現況について Current State of the additional geological surveys of crush zones at the fast breeder prototype reactor "Monju" site

石丸 恒存^{1*}; 島田 耕史¹; 佐々木 亮道¹; 田中 遊雲¹; 宮崎 真之¹; 安江 健一¹; 丹羽 正和¹; 末岡 茂¹; 梅田 浩司¹; 池田 真輝典¹

ISHIMARU, Tsuneari^{1*}; SHIMADA, Koji¹; SASAKI, Akimichi¹; TANAKA, Yukumo¹; MIYAZAKI, Masashi¹; YASUE, Ken-ichi¹; NIWA, Masakazu¹; SUEOKA, Shigeru¹; UMEDA, Koji¹; IKEDA, Makinori¹

¹ (独) 日本原子力研究開発機構

¹ Japan Atomic Energy Agency (JAEA)

経緯: (独) 日本原子力研究開発機構の高速増殖原型炉もんじゅ (以下、「もんじゅ」) においては、平成 25 年 4 月 30 日に敷地内破碎帯の追加地質調査の報告書を取りまとめて、原子力規制委員会 (以下、「規制委員会」) に提出した。6 月 13 日には規制委員会の有識者事前会合が開催され、当機構は提出した報告書の要点について説明を行い、7 月 17 日-18 日、26 日-27 日の 2 回に分けて有識者による現地調査が行われ、8 月 26 日に第 1 回評価会合が開催された。評価会合での議論を踏まえ、9 月 25 日には規制委員会より更なる追加調査計画の策定の指示が発出され、当機構は 10 月 3 日に調査計画書を規制委員会に提出した。その後、当機構は 11 月 29 日に 11 月中旬までに得られた成果を「1 次とりまとめ報告」として規制委員会に提出し、平成 26 年 3 月中目途に「全体とりまとめ報告」を提出することとした。

追加調査の概要: 平成 25 年 9 月 25 日の規制委員会からの指示事項は、①もんじゅ敷地内断層の活動性を把握するため、剥ぎ取り調査地点の基盤岩中の断層において、変位マーカーの有無や形成年代の把握及び破碎帯内物質を対象とした年代測定等を実施すること、②もんじゅ敷地近傍の L-2 リニアメント及びその延長部等の評価についてデータ拡充を行うため、破碎帯の分布・性状、被覆層との関係及び被覆層の堆積年代 (14C 年代測定や火山灰分析等) の調査を実施すること、③活断層である白木-丹生断層周辺及び L-2 リニアメント延長等における海域の地質構造・活動性を把握するため、周辺海域における海上音波探査及び沿岸部における地形・地質調査等を実施すること、の大きく 3 点である。この指示事項を受ける形で調査計画を策定し、剥ぎ取り調査範囲を拡充しての追加調査や山地/段丘境界における詳細な地形・地質調査、沿岸海域での海上音波探査等を追加で実施した。

追加調査結果の概要: もんじゅ敷地のある敦賀半島北部の基盤岩類は白亜紀後期~古代三紀の江若 (こうじゃく) 花崗岩より構成される。敷地内破碎帯の性状調査では、原子炉建物基礎岩盤部で最長の α 破碎帯北方延長方向において、剥ぎ取り調査の範囲を拡充し、2 系統 (α 系、 β 系と呼ぶ) の複数の破碎帯の切断関係や変位量を把握し、 β 系よりも α 系が相対的に新しい構造であることを確認した。 α 系破碎帯は左横ずれセンスの幅数 cm の粘土脈で、幅は不規則に変化し粘土細脈が網目状に入っている。また、 α 系破碎帯により変位を被る玄武岩岩脈の K-Ar 年代は約 19Ma であった。この他、花崗岩や破碎帯内物質のジルコンやアパタイトを対象に FT 法や U-Pb 法による年代測定を実施し、花崗岩と破碎帯の熱史を検討した。これまでの調査結果からは、平成 25 年 4 月末のとりまとめ報告の結果と同様に、敷地内破碎帯が活動的であることを示す証拠は乏しく、これら破碎帯は、花崗岩が削剥により浅部に到達する以前に深部の熱水環境下で形成された小規模な古い地質構造である可能性が高い。山地/段丘境界における地形・地質調査では、境界付近に沿った走向の破碎帯は確認されず、花崗岩を覆う堆積層の火山灰分析と 14C 年代測定から、一部の露頭で約 4~5 万年前の堆積物の分布が確認できた。沿岸海域での海上音波探査では、平成 25 年 12 月に海底地形調査と合わせて実施し、データの解析を進めている。なお、既存の音波探査記録の各種データ処理を行った結果、既往検討結果の修正を要するような新たな情報は認められなかった。

今後の予定: 「全体とりまとめ報告」の提出以降も、敷地内の地質・地盤に係る情報蓄積やこれまでの調査結果の信頼性を更に高めるため、自主的な調査を継続する。また、上載地層法が適用できない断層破碎帯の活動性の評価手法等に関する基礎的研究を継続する。

キーワード: 高速増殖原型炉もんじゅ, 破碎帯調査, 江若花崗岩, 原子力規制委員会

Keywords: fast breeder reactor Monju, survey of crush zone, Kojyaku granite, Nuclear Regulation Authority

高速増殖原型炉もんじゅ敷地周辺の直線的な地形等に関する調査 The linearity of geographical features and a planation surface along the seashore around the fast breeder reactor Monju

佐々木 亮道^{1*}; 安江 健一¹; 島田 耕史¹; 立石 良²; 石丸 恒存¹; 田中 遊雲¹
SASAKI, Akimichi^{1*}; YASUE, Ken-ichi¹; SHIMADA, Koji¹; TATEISHI, Ryo²; ISHIMARU, Tsuneari¹; TANAKA, Yukumo¹

¹ (独) 日本原子力研究開発機構, ² 応用地質株式会社

¹ Japan Atomic Energy Agency, ² OYO Corporation

高速増殖原型炉もんじゅ (以下、もんじゅ) においては、原子炉建物近傍の敷地内破砕帯調査のほかに、段丘編年やリニアメントの成因検討等、敷地周辺の地形に着目した調査も行ってきた。本発表では、もんじゅ敷地周辺の直線的な地形や海岸沿いの平坦面を対象とした地形・地質調査の結果を報告する。

1. 直線的な山地/段丘境界に関する調査・検討

もんじゅ敷地の南方に存在する、NW~NNW方向の線状地形 (L-2 リニアメント, 耐震バックチェック時に判読) は、JAEAによる地形・地質調査の結果等から、組織地形である可能性が高いと評価されている。この線状地形の北方の山地/段丘境界はNW方向で直線的である。この境界の活断層の可能性について、原子力規制委員会の有識者会合において意見があり、これを受けて、詳細な地形・地質調査を行った。

地形調査: 山地/段丘境界付近において、地形判読、現地調査、測量データの解析等を行った。調査地域では、山地斜面が直接海に臨み、現河床と段丘面の勾配は比較的急である。そのため、人工改変前の地形図からは、河川が大きく蛇行することなくゆるく湾曲した侵食地形を作っていること、山地/段丘境界も同様にゆるく湾曲していることが読み取れる。また、建設前の地形図には山地/段丘境界付近に分離小丘状の地形が表現されているが、航空レーザ測量及び踏査ではそのような地形は顕著に認められないことから、地形図作成当時の判読誤差等が影響して表現されている可能性がある。

地質調査: 山地/段丘境界付近において、破砕帯の有無や節理の発達様式に着目して露頭調査と堆積層の年代測定を行った。その結果、発達する節理は主としてNW方向 (山地/段丘境界の発達方向) 及びNE方向であり、比較的堅硬な花崗岩も分布していることが明らかとなった。また、山地/段丘境界付近には一部の露頭で破砕帯が確認されたが、山地/段丘境界の方向と同方向に連続する破砕帯は確認されなかった。破砕帯が確認された山地/段丘境界北西端付近の露頭では、破砕帯を覆う約4~5万年前以降の被覆層に変位は確認されなかった。

以上の地形・地質調査の結果、山地/段丘境界の直線性が断層変位に起因する証拠は確認されなかった。

2. 直線的な海岸線と海岸沿いの平坦面に関する調査・検討

もんじゅ敷地周辺では、大局的にみるとNE方向の直線的な海岸線が発達する。また、海岸沿いの一部に定高性のある地形 (平坦面) が認められる。このような地形の成因と平坦面が他にも分布するのかどうかについて、地形・地質調査を行った。

地形調査: 地形判読を行うとともに、航空レーザ測量データから作成したDEMを利用して等高線図や地形断面図を作成した。その結果、標高5m付近に分布する平坦面 (幅約10m、長さ約20m) の1か所を除き、比較的平坦な面として認識できるような地形は判読されなかった。

地質調査: 節理の発達に着目した露頭調査と、離水を示唆する痕跡の探索を行った。その結果、海岸線と節理の発達方向 (NE方向) が調和的であることを確認した。また、離水を示唆する生物遺骸は確認されなかった。

キーワード: 高速増殖炉もんじゅ, 破砕帯調査, リニアメント

Keywords: fast breeder reactor Monju, survey of crush zone, lineament

破碎帯の新旧評価について—高速増殖原型炉もんじゅ敷地の花崗岩体の事例— On the turn determination of crush zone activity, a lesson from granitic basement rock holding the fast breeder reactor

島田 耕史^{1*}; 立石 良²; 石丸 恒存¹; 佐々木 亮道¹; 田中 遊雲¹; 宮崎 真之¹; 安江 健一¹; 丹羽 正和¹; 末岡 茂¹; 梅田 浩司¹; 池田 真輝典¹

SHIMADA, Koji^{1*}; TATEISHI, Ryo²; ISHIMARU, Tsuneari¹; SASAKI, Akimichi¹; TANAKA, Yukumo¹; MIYAZAKI, Masashi¹; YASUE, Ken-ichi¹; NIWA, Masakazu¹; SUEOKA, Shigeru¹; UMEDA, Koji¹; IKEDA, Makinori¹

¹ 日本原子力研究開発機構, ² 応用地質株式会社

¹ Japan Atomic Energy Agency, ² OYO Co.

原子炉施設の耐震安全性評価や放射性廃棄物の地層処分に際して岩盤中の破碎帯の活動性評価は重要な課題であり、その実施に当たっては活動性評価対象の妥当性が担保されるべきである。すなわち、破碎帯の新旧評価により、活動時期を評価すべき対象を絞り込むことが必要と考えられる。ここでは破碎帯とその他の地質体及び破碎帯同士の新旧評価の考え方を整理し、高速増殖原型炉もんじゅ（以下、「もんじゅ」）敷地における花崗岩（江若花崗岩；ジルコンU-Pb法による年代は $68.5 \pm 0.7\text{Ma}$ ）の破碎帯調査をその適用事例として示す。

1. 破碎帯とその他の地質体による新旧評価：

(1. 1) 上載地層による新旧評価；基盤岩中の破碎帯を覆う変位変形を受けていない上載地層の年代特定により、破碎帯の活動がその年代よりも古いことが示される。離れた破碎帯同士の新旧関係は、年代の同じ地層に対する影響の与え方の差異があった場合に評価できる。トレンチ調査（及び火山灰分析）によれば、敷地近傍の活断層である白木-丹生断層はA T火山灰層を含む上載層を切って繰り返し活動している。一方、もんじゅ建設時の敷地内破碎帯トレンチ調査によれば敷地内破碎帯はA T火山灰層を含む上載層を切っていない。これらから、最新活動は敷地内破碎帯の方が白木-丹生断層よりも古いことと、約3万年前以降の白木-丹生断層の活動時に敷地内の当該破碎帯が動かなかったことが示されている。

(1. 2) 岩脈・鉍物脈・粘土脈による新旧評価；破碎帯を横切る岩脈・鉍物脈・粘土脈が破碎帯による変位変形を受けていない時、破碎帯の最新活動はこれらの構造形成よりも古いことが示され、これらの構造の年代が与えられれば破碎帯の最新活動年代を評価することができる。もんじゅ敷地内の剥ぎ取り調査では、約19Maの玄武岩岩脈を切る α -3破碎帯、 α -4破碎帯が確認されており、最新活動年代は岩脈形成よりも後である。

2. 破碎帯同士の関係による新旧評価：

破碎帯同士の切断関係により、切られた方は切った方よりも古い。共役の関係が変位センスから示唆された場合には同時期の形成が考慮されるが、最終的に切っている方が最新活動によるものであろう。共役関係は、Griffith-Coulomb破壊基準、Maximum Effective Moment 破壊基準⁽¹⁾により判断される。切っている構造が高温高圧下での形成を示す場合、過去、地下深部で形成されたことを示すので、切られた構造が変質による脆弱化、粘土化を被っている、古い地質構造と評価できる。もんじゅ敷地内の剥ぎ取り調査では、顕著な粘土脈を伴う β 破碎帯と、これを切る α -3系破碎帯があり、挟角 $50\sim 55^\circ$ で共役的に発達している。また、 α -3系の破碎帯は花崗岩の黒雲母の引きずりと珪長質部の引き伸ばしによるP-Y-R₁面形成を伴う面状カタクレーサイトや石英脈の引きずり褶曲が肉眼で認められ、延性的な変形であり、比較的高温高圧下における構造発達を示唆する。

以上から、玄武岩を切り、 β 破碎帯を切る α -3系の破碎帯が、活動時期を評価すべき対象として絞り込まれており、会場では検討結果を示す。

(1) Zheng et al., 2004, Journal of Structural Geology, 26, 271-285.

キーワード: 高速増殖原型炉もんじゅ, 破碎帯調査, 江若花崗岩

Keywords: fast breeder reactor Monju, survey of crush zone, Kojaku granite

1999年台湾集集地震に伴う地下水位変化の深さによる依存性 Depth-dependent coseismic groundwater level changes by seismic ground motion of the 1999 Chi-Chi earthquake, Taiwan

比嘉 万友美^{1*}; 中村 衛²; 小泉 尚嗣³; 頼 文基⁴
HIGA, Mayumi^{1*}; NAKAMURA, Mamoru²; KOIZUMI, Naoji³; LAI, Wen-chi⁴

¹ 琉球大学大学院理工学研究科, ² 琉球大学理学部, ³ 産業技術総合研究所地質調査総合センター, ⁴ 台湾成功大学防災センター

¹ Faculty of Science and Graduate School of Engineering and Science, University of the Ryukyus, ² Faculty of Science, University of the Ryukyus, ³ Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ⁴ Disaster Prevention Research Center, National Cheng Kung University, Taiwan

地震時に地下水位や水圧が変動する現象がこれまで数多く報告されてきた (Montgomery and Manga, 2003; 小泉, 2013)。地震時地下水位変動の要因として、静的体積歪変化および地殻変動 (動的体積歪変化や透水性変化・液状化等) が考えられている (Lee *et al.*, 2002; Lai *et al.*, 2004; Wang *et al.*, 2001)。静的体積歪変化は地震時水位変化との対応が良い場合が多く報告されていることから (例えば、小泉, 2013)、地震時水位変化の主要因の1つであると考えられている。しかし、静的体積歪変化と水位変化が対応しないことも多い。この場合は、地震動の影響が大きいとされる場合が多い (例えば、小泉, 2013)、その詳細は明らかになっていない。

集集地震 (Mw7.6) は1999年9月21日午前1時47分 (現地時刻) に台湾中部で発生した。内陸直下で起こる地震としては最大級のものであったことに加え、断層周辺には高密度の強震動観測網 (Lee *et al.*, 1999) と地下水資源管理用の観測井戸が多数展開されていたため (小泉, 2011)、良好な地震波形データとともに多数の地震時の地下水位変化のデータが震源域近傍で得られている。

集集地震での地下水位変化に関して、Wang *et al.* (2003) では震源域近くの沖積平野部分の比較的浅い地下水において、液状化の観点から地下水位変化量と加速度応答スペクトルおよび速度応答スペクトルとの間に強い相関関係があることを示している。しかし、彼らの研究では多くの井戸をまとめて解析し地震動にのみ注目する一方、帯水層毎の特徴や透水性の影響等について、必ずしも十分検討されてはいない。液状化は、地震動だけで決まるものではなく、地下水の水文地質的条件 (不圧か被圧といった帯水層の性質や透水性等) にも左右されるため、後者についても十分な検討が必要と考えられる。

そこで、我々は水文地質条件が同じと考えられる帯水層毎に地震時の地下水位変化を調べた。不圧帯水層である最も浅い帯水層1とその下の被圧帯水層である帯水層2の地下水を対象とし、異なる性質があるのか調査した。これらの井戸では、水位上昇した井戸 (84本) と低下した井戸 (14本) の両方がみられたが、水位低下に関しては地下水位変化のメカニズムが異なると考えられるため、本研究では沖積平野部分の水位上昇した井戸のデータのみを使用した。また、通常のスペクトルに比べて応答スペクトルは地盤への影響を読み取ることができるため、地震波の応答スペクトルと地下水位変化量との関係を調べた。その際、異なる周波数の応答スペクトルに対する地下水位変化をみるため、高周波側 (1Hz) と低周波側 (0.1Hz) に分けて計算した。元となる加速度地震波形のデータから、加速度応答スペクトル・速度応答スペクトル・変位応答スペクトルを上下動成分・水平動成分・3成分合成のそれぞれで計算している。帯水層ごとに応答スペクトルと水位変化量との相関係数を出したところ、帯水層によって応答する周波数帯が異なるという結果が得られた。不圧帯水層と考えられる帯水層1では高周波側 (1Hz) において水位変化と応答スペクトルとの相関が良かったが、被圧と考えられる帯水層2では低周波 (0.1Hz) において相関が良くなった。また、両帯水層に共通して透水係数と水位変化量は強い正の相関が見られた。

キーワード: 地下水位変化, 1999年台湾集集地震, 地震動

Keywords: Groundwater level changes, The 1999 Chi-Chi earthquake, Taiwan, Seismic ground motion

幌延深地層研究計画の350m調査坑道における断層と水みちの産状 Occurrence of faults and water conducting features at 350m gallery of the Horonobe URL project

早野 明^{1*}; 松岡 稔幸¹; 石井 英一¹
HAYANO, Akira^{1*}; MATSUOKA, Toshiyuki¹; ISHII, Eiichi¹

¹ 独立行政法人日本原子力研究開発機構
¹ Japan Atomic Energy Agency

1. はじめに

日本原子力研究開発機構は、幌延深地層研究計画において堆積岩を対象とした水理地質構造の調査評価技術の開発を行っている。2014年1月までに深度350mに総延長約740mの水平な調査坑道（以下、350m調査坑道）が掘削された。本発表では、地上からの調査に基づく水みちになりうる地質構造の分布の予測を踏まえ、350m調査坑道において行われた坑道壁面の地質観察の結果に基づいて断層や節理などの地質構造の特徴を示す。

2. 地上からの調査に基づく350m調査坑道の水みちに関連する断層の分布の予測

これまでに行った地上からの調査により構築された地質構造モデルに基づく、350m調査坑道には新第三紀の珪質泥岩を主体とする稚内層が分布する。また、350m調査坑道は北北西方向の背斜構造の西翼部に位置し、層理面の方向は、北西走向で40度程度南西に傾斜する。350m調査坑道には、地質図スケールの大規模な断層は分布せず、確率論的に取り扱われる小断層として、層理面に高角な横ずれが卓越する断層（以下、高角断層）と層理面にほぼ平行な縦ずれが卓越する断層（以下、層面断層）が分布する。250m調査坑道などの過去の観察結果から、高角断層は、雁行状に配列したスプレークラックを伴い、それにより連結して主要な水みちとなる小断層帯を形成する概念モデルが示されている。一方、層面断層が水みちとして機能している可能性は低いと考えられている。それらの既存情報を踏まえて、350m調査坑道の湧水箇所を予測するため、近傍の地上からのボーリング孔において実測された高角断層の方向と、その断層幅から推定した断層の大きさに基づき高角断層の分布を推定した。その結果、北東-南西走向または東-西走向を有する19条の高角断層が抽出され、そのうち、6条が350m調査坑道と交差すると推定された。特に、最も規模の大きい高角断層（以下、F1断層）は、北東-南西走向を有し、350m調査坑道の領域の中央部を通過して北東側の坑道を横断すると推定された。

3. 坑道壁面の地質観察結果に基づく350m調査坑道に分布する断層の特徴

350m調査坑道における地質観察では、いくつかの高角断層が観察された。これらの位置や方向は、地上からの調査に基づく予測結果とおおよそ整合的である。また、少なくとも7条の連続性の良い層面断層が観察された。ほとんどの場合、高角断層は層面断層を変位させている。F1断層は、予測の通り350m調査坑道の南西側から中央部付近にかけて観察された。一方、350m調査坑道の北東側では、F1断層は観察されず、層面断層の一つである最大30cm程度の幅の断層角礫ないし断層粘土を介する断層（以下、S1断層）が観察された。350m調査坑道では、掘削前にグラウト工を実施したため、本来の湧水状況を観察することはできないが、予測の通り、ほとんどの高角断層近傍において湧水が認められた。特に、層面断層との交差部近傍では比較的湧水が多い傾向が認められた。一方、層面断層であるS1断層近傍の北東側の坑道においても大量の湧水が発生し、追加のグラウト工を行っている。350m調査坑道の地質調査の結果、掘削前に注入されたグラウト材は、断層岩を介する断層そのものよりむしろ断層近傍に発達する節理に浸透する傾向がみられ、S1断層近傍の産状も同様である。このことから、断層そのものよりむしろその近傍で発達する節理がより主要な水みちとして寄与している可能性が示唆される。

4. 今後の課題

350m調査坑道の掘削時に実施された坑道壁面地質観察のデータは、地上からの調査に基づく水理地質構造モデルの妥当性確認に用いられる。また、地下施設建設における実施設計の妥当性確認のための基礎データとしても活用できる。今後、詳細なスケールでのモデル化を行う際には、断層近傍で発達する節理の水みちへの寄与を考慮し、さらには高角断層と層面断層の関係を踏まえた概念モデルの更新が重要となる。

キーワード: 水理地質構造モデル, 断層, 水みち

Keywords: Hydrogeological model, Fault, Water-conducting feature

土岐花崗岩体における透水性変化と亀裂構造および変質作用との関係性 Permeability variation in Toki granite and its relationships with crack structure and alteration processes

久保 大樹^{1*}; 松田 典大¹; 柏谷 公希¹; 小池 克明¹
KUBO, Taiki^{1*}; MATSUDA, Norihiro¹; KASHIWAYA, Kouki¹; KOIKE, Katsuaki¹

¹ 京都大学大学院工学研究科
¹ Kyoto University

高レベル放射性廃棄物の地層処分を行う際には、地下処分施設を配置する岩体の詳細な物理的・化学的特性を把握することが不可欠となる。特に、流体の流動経路となる岩体中の高透水性ゾーンの抽出は重要な課題である。本研究では、岩体の透水性の空間的な変化と、それを支配する主な因子を明らかにするため、土岐花崗岩のボーリングコアを試料として浸透率測定を行った。ボーリングコアから円盤状供試体および薄片を作製し、画像解析による亀裂の定量化を行った。さらに、肉眼的に変質程度が異なるボーリングコアを試料として、蛍光 X 線分析 (XRF) を行い、化学組成から推定される岩石の変質程度と浸透率の関係について検討した。

まず、花崗岩体中の深度範囲 1 km にわたる透水性変化を明らかにするため、窒素ガス圧入式パーミアメーターを用いた浸透率測定を行った。試料は日本原子力研究開発機構 (JAEA) によって東濃地域 (岐阜県瑞浪市) で掘削されたボーリングコアである。深度範囲 100~1000 m から 25 m 間隔で計 40 個以上の花崗岩コアを採取し、浸透率を測定した。特に浸透率の高い試料では、コアの外周部で 16 方位の浸透率を測定し、異方性の有無について検討した。

ボーリングコアの浸透率は、変質帯や断層帯のボーリングコアで大きい傾向が認められた。これら劣化部では岩石中の空隙や亀裂が増加し、浸透率測定においてガスが流動するパスが形成されるためと考えられる。また、断層帯付近における浸透率は東西方向で大きいことが明らかとなった。浸透率が大きい方向は断層の走向と調和的であり、浸透率の異方性を形成する要因として断層運動に伴う亀裂の発達が推定された。

次に、亀裂と浸透率の関係を明確にするため、画像解析により亀裂特性を定量化し浸透率と比較した。試料は JAEA の MIZ-1 号孔で採取された花崗岩コアである。本コアは、コア軸と斜交する割れ目により分断されており、割れ目からの距離が異なるコア軸に垂直な 6 つの面で 16 方位の浸透率測定を実施した。その上で、亀裂部分に蛍光樹脂を含浸させた円盤状供試体を作製し、蛍光スキャナでメソクラック解析用画像を取得した。さらに、円盤状供試体から薄片を作製し、実体顕微鏡を用いてマイクロクラック解析用画像を取得した。これらの画像から亀裂を抽出し、交差している亀裂は交差点で分割した上で亀裂の長さや方位を求めた。

各測定位置における浸透率の平均値は、割れ目に近いほど大きいことが明らかとなった。また、メソクラックで認められた配向性は、浸透率が大きい方位と調和的であった。さらに、解析画像におけるマイクロクラックの累計長さや浸透率の間には正の相関が確認された。以上から、亀裂が浸透率の異方性を支配しており、マイクロクラックは浸透率の大きさを規定する重要な因子であることが示唆された。

また、変質プロセスと花崗岩の浸透率との関係について検討するため、肉眼的に性状の異なるボーリングコアを対象に蛍光 X 線分析 (XRF) を行い、化学組成から推定される岩石の変質状態と浸透率の関係について考察した。XRF から、Ca 濃度と浸透率に概ね正の相関が存在することが確認された。既往の研究により、土岐花崗岩については、(1) 黒雲母の緑泥石化、(2) 斜長石のイライト化、(3) 方解石の沈殿という熱水変質プロセスが考えられている (Nishimoto and Yoshida, 2010)。斜長石のイライト化の過程で Ca の沈殿が生じるため、Ca 濃度が比較的高い変質帯や割れ目帯は熱水変質が顕著に進んだことが示唆された。すなわち、変質帯と割れ目帯は高透水性であり、過去に熱水の流動経路として機能したものと考えられた。一方、断層帯の試料は高い浸透率を示すが、Ca 濃度は比較的低いことが明らかとなった。その理由として、破碎の進行に伴い浸透率が増大するが、不透水性の断層ガウジが形成されることで、流体の移動に伴う Ca の付加が生じにくいことが考えられる。

以上から、岩体内においては、亀裂面周辺の微小亀裂が集中する領域や変質帯なども、地下水流動経路として機能する可能性が考えられた。より高精度な地下水理構造の推定を行うためには、こうした高透水性領域の分布を把握する必要がある。

謝辞：解析のためのデータをはじめ、解析方法と結果に関して種々ご教示・討議いただいた (独) 日本原子力研究開発機構の研究者諸氏に深甚の謝意を表したい。

引用文献

Nishimoto, S., Yoshida, H. (2010): Hydrothermal alteration of deep fractured granite: Effects of dissolution and precipitation, *Lithos*, vol. 115, pp. 153-162.

HCG36-P05

会場:3 階ポスター会場

時間:4 月 29 日 18:15-19:30

キーワード: 亀裂構造, 浸透率, マイクロクラック, 変質帯, 地下水理構造, 土岐花崗岩

Keywords: fracture system, permeability, microcrack, altered zone, hydrogeological structure, Toki granite

地中レーダにより推定した森林土壌の分布と放射性セシウムの深度分布の関連性 The relation between imaging of soil structure with GPR and depth profile of radioactive cesium

渡辺 貴善^{1*}; 三田地 勝昭¹; 阿部 寛信¹; 新里 忠史¹
WATANABE, Takayoshi^{1*}; MITACHI, Katsuaki¹; ABE, Hironobu¹; NIIZATO, Tadafumi¹

¹ 日本原子力研究開発機構
¹ Japan Atomic Energy Agency

東京電力福島第一原子力発電所事故により放出された放射性セシウムは、山林や市街地に降下した。市街地では環境省・地方自治体により除染活動により空間線量率の低減が進められている。これに対して、生活圏から離れた森林においては除染に関わる試験が行われている段階である。未除染の森林域から隣接した生活圏に放射性セシウムが移動することにより、生活圏での空間線量率の空間分布や時間的な変化を引き起こす可能性が考えられる。日本原子力研究開発機構では「福島長期環境動態研究プロジェクト」(以下、F-TRACE プロジェクト)を2012年11月に開始し、現時点における放射性セシウムの分布状況とともに、森林域から流出する放射性セシウムが生活圏や河川、河口域へと移動する状況を明らかにし、それらを踏まえた放射性セシウムの空間的及び時間的な変化に係る将来予測と移動抑制対策の提案を目的とした研究を行っている。

現時点において放射性セシウムの主な供給源である森林域では、放射性セシウムは雨水の浸透に伴い土壌中を深度方向へ移動するだけでなく、落ち葉や土壌に付着し表面流により森林内を水平方向に移動すると考えられる。これらの移動現象は気象条件、植生、地形及び土壌条件により異なることが予想される。そのため、F-TRACE プロジェクトの森林調査では、それら条件が異なる川内村下川内地区(常緑針葉樹林、褐色森林土)と川俣町山木屋地区(落葉広葉樹林、真砂土及び褐色森林土)を調査地点に選定し、2012年12月から植生や土壌断面、空間線量率等の現地調査、採取した落ち葉と土壌に含まれる放射性セシウムの分析を進めている。本論では、放射性セシウムの移動現象に係る諸条件のうち森林内の土壌分布について、地中レーダ探査、貫入式土壌硬度計データ及び現地での土壌断面調査から推定される結果とともに、深度方向における放射性セシウム分布との関連性について報告する。

地中レーダ探査は、10 MHz から 1 GHz 程度の電磁波を送信アンテナから地中に向けて放射し、地下で反射した電磁波を地上の受信アンテナで検出することにより、地下浅部の構造、すなわち土壌分布を推定する手法である(物理探査学会, 1999)。地下に放射された電磁波は、導電率や誘電率等の電気特性が異なる境界、具体的には地下の空洞、埋設物、亀裂、土壌・地層境界の上面及び地下水面などで強い反射を示す。このため、土壌ごとに構成鉱物や間隙率、水分量等の物質移動に係る諸特性が異なれば、本探査によりそれらの地下での分布を検出することができると期待される。特に、周波数の高い送信アンテナを使用した場合には、地下深部の情報は得られないが、地下浅部の詳細な情報を得ることができる。

本研究では、土壌分布の概要を把握するために 100 MHz のアンテナを使用し、空洞等の地下浅部の構造を把握するために 500 MHz のアンテナを使用し地中レーダ探査を行った。森林内の土壌分布は、大まかには尾根や谷、斜面などの地形に依存することが知られている(塚本, 1992 など)。このため本探査では、森林内の谷地形に沿う測線および等高線に沿う測線を設定した。土壌硬度計による貫入試験及び土壌採取で成形された土壌断面の調査は、地中レーダ探査の測線に沿って実施した。

文献

物理探査学会編, 1999, 物理探査ハンドブック, 東京.
塚本良則, 1992, 森林水文学, p.319, 文永堂出版, 東京.

キーワード: 地中レーダ, 放射性セシウムの深度分布, F-TRACE プロジェクト
Keywords: ground penetrating radar, depth profile of radioactive cesium, F-TRACE project

ベントナイトのメチレンブルー吸着量測定法の現状と改良 Current situation and improvement of methylene blue adsorption testing method for bentonite

堀内 悠^{1*}; 三好 陽子¹; 高木 哲一¹
HORIUCHI, Yu^{1*}; MIYOSHI, Youko¹; TAKAGI, Tetsuichi¹

¹ 産業技術総合研究所
¹ Geological Survey of Japan

1. はじめに

ベントナイトのメチレンブルー吸着量測定法は、従来日本ベントナイト工業会による JBAS107-77 および JBAS107-91 などが用いられているが、現行の測定法にはあいまいな部分が多く、測定者の経験や判断に頼るところの大きい試験法であるため、主にベントナイトを扱う各企業内での基準に従い品質管理の目安とする目的で使用されてきた。しかし、現在、廃棄物処分場等の安全性の確保が求められる分野でベントナイトの需要が増えてきたことなどから、公に示すことのできる正確な測定が求められている。本研究では従来の測定法に代り、再現性のある新たな測定法を提案することを目標とし、現状の調査を行った。

2. 調査結果

2013 年秋から 2014 年 1 月末現在までに、ベントナイトを扱う一般企業等 13 社に対してメチレンブルー吸着量測定法の現状を取材し、現在行っている測定法の詳細についてアンケートを行った。アンケートの結果、現在メチレンブルー吸着量測定を行っている企業が 10 社、そのうち JBAS の手法に則った手法での測定は 8 社で行われていた。また、比色法など、JBAS で規定されていない独自の手法を用いている企業は、JBAS の手法との複合手法を行っている 2 社を含め 4 社であった。従来法の JBAS にしたがった測定では、試薬の作成、試料の乾燥時間および終点の判定方法などの点で、企業によるばらつきと工夫がみられた。また、比色法等の手法を行っている理由として、終点を数値で判断できる・短時間で測定ができるといったことが挙げられた。

3. 考察

試験方法でばらつきや工夫がみられた部分は、従来法で規定のあいまいであった点・手間のかかる点に多くみられ、各企業が試験法のあいまいさを回避するとともに迅速な手法を検討したことがうかがわれた。しかし、試験法の改善を行って以来 20 年ほど経つこともあり、工夫の経緯については不明な企業も多い。このことから、従来法を改善し新たな試験法を提案するよい機会であると考えられる。また、各企業にみられる独自の工夫は、最大限に時間と費用を節約する内容のものが多く、消耗品の使用を抑えると同時に、一秒でも時間短縮し効率化しようとする傾向がみられた。

4. 結論と課題

本研究で提案を目指す測定法は、従来法のあいまいさをなくすこととともに費用のかからない迅速な手法であることが求められる。また同時に、廃棄物処分等で安全性の確保が求められる場合でも十分な精度が得られるような試験法である必要がある。今後、メチレンブルーが吸着平衡に至る時間や、ベントナイトの産地による分散・吸着特性の違いなどを検討する予定である。

キーワード: ベントナイト
Keywords: bentonite

湖沼に残された津波堆積物の形成過程と空間分布：水槽実験による検討
The sedimentary process and distribution of tsunami deposits in coastal lakes: a flume experiment

山口 直文^{1*}; 関口 智寛²
YAMAGUCHI, Naofumi^{1*}; SEKIGUCHI, Tomohiro²

¹茨城大学広域水圏環境科学教育研究センター, ²筑波大学アイソトープ環境動態研究センター

¹Center for Water Environment Studies, Ibaraki University, ²Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba

A series of flume experiments were performed to examine the sedimentary process and distribution of tsunami deposits in coastal lakes. In the experimental program, a fixed slope of 1/20 and terrestrial area including a pool as a coastal lake were installed, and tsunami-like solitary wave was generated. The tsunami flow transported sediments from a sand bed placed on the slope, and deposited them on the terrestrial area. When the tsunami flow irrupted into the pool, hydraulic jump was occurred. In the area where the hydraulic jump made turbulence, little sediment deposited. Thus, the distribution of the tsunami deposits in the pool did not always show the thinning-landward trend in the present experimental series. The dependence of the amount of sediments on magnitude of tsunami waves was more pronounced in the pool than the land area.

キーワード: 津波堆積物, 水槽実験

Keywords: tsunami deposit, flume experiment, coastal lake

海域の洪水・斜面崩壊堆積物にみられる陸源有機炭素率の層位変化パターン Variations of terrigenous organic carbon content in flood and slope failure sediments

大村 亜希子^{1*}; 池原 研²; 片山 肇²; 宇佐見 和子²; 入野 智久³; 加 三千宣⁴; 芦 寿一郎⁵
OMURA, Akiko^{1*}; IKEHARA, Ken²; KATAYAMA, Hajime²; USAMI, Kazuko²; IRINO, Tomohisa³; KUWAE, Michinobu⁴
; ASHI, Juichiro⁵

¹ 学振 RPD, 東京大学, ² 産業技術総合研究所, ³ 北海道大学, ⁴ 愛媛大学, ⁵ 東京大学

¹JSPS Research Fellow, Univ.Tokyo, ²IGG, AIST, ³Hokkaido Univ., ⁴Ehime Univ., ⁵Univ. Tokyo

海域のタービダイトを利用して過去の自然災害の履歴を知るためには、形成要因が明らかな堆積物の特徴を知ることが重要である。本発表では、特定の地震・洪水に対比可能な堆積物を対象に、含まれる有機炭素の安定同位体比から有機炭素に占める陸源の割合を算出した。この結果、洪水と斜面崩壊起源のタービダイトに特徴的な層位変化を認められたので紹介する。

熊野川沖合の新宮海底谷沖斜面から採取された KH-11-9-FB12 および FB14 には、コア最上部に砂粒を含む赤褐色の酸化層が認められ、2011 年 9 月の台風 12 号の紀伊半島への接近に伴う洪水起源と考えられている (Ikehara et al., 2012)。これらのコアには中・下部にもタービダイトが認められ、137-Cs と 210-Pb による堆積年代にもとづいてそれぞれ 1959 年伊勢湾台風と 1889 年十津川水害によると考えられている (Ikehara et al., 2012)。これらの洪水起源堆積物に含まれる陸源有機炭素の割合は、タービダイト泥では約 20-80 % 以上であり、同じコアの半遠洋性泥では約 25-30 % 程度であることと比較すると高い。木片が密集するタービダイト基底部では特に高い値を示すが、明瞭な砂層を伴わないタービダイト泥では反対に下部の割合が比較的低い。また、タービダイト泥ではその割合がほぼ一定であり層位変化が認められない。

日高地方沙流川沖陸棚の凹地内から 2007 年に採取されたコア 104A および 95A には、2003 年 8 月に北海道東部を通過した台風 10 号に伴う洪水堆積物が認められた。洪水直後に陸棚上に広く分布していた洪水堆積物の多くは、その後波浪の影響を受けて移動したが、凹地内は保存に適した環境であった (片山ほか, 2007)。タービダイトの層厚は 17-23cm であるが、いずれも砂質部が薄く泥質部が厚い。有機炭素に占める陸源の割合は、95A では約 70-80 % 以上であり、層位変化が認められない。通常時の陸棚堆積物では約 40 % であることと比較すると高い。104A では約 70-90 % 以上であり、タービダイト砂層とタービダイト泥の下部の方が陸源の割合が低い。タービダイト泥の中・上部の方が陸源の割合は高く、顕著な層位変化がない。

海域の洪水堆積物に陸源の有機炭素が多く含まれることは、それらの供給源が陸上河川にあることから容易に予想される。タービダイト基底部に木片が密集する場合にはその層準で陸源の割合は高い。しかし、タービダイト基底-下部の方が上部よりも陸源の割合が低い特徴が紀伊半島沖深海底堆積物と日高沖陸棚堆積物に認められた。これは、混濁流が海底面に堆積していた通常時の堆積物 (半遠洋性泥) を浸食し堆積したことを示すと考えられる。またタービダイト泥では、最上部に上位の半遠洋性泥との混合によると見られる低下が認められる以外には顕著な層位変化が認められないことも、両地域で共通している。これは洪水時の陸上河川から海域への陸源物質の供給が洪水のピーク時だけでなくその後も継続したことによると考えられる。

一方、別府湾南西部から採取されたコア BP09-6 には、1596 年の慶長豊後地震により形成されたタービダイトが認められている (Kuwaie et al., 2013)。タービダイト砂層は薄く、タービダイト泥が厚い。イベント層準では通常時の泥層よりも数-25% 程度陸源有機炭素の割合が高い。この結果から、地震の際に湾奥部に流入する大野川・大分川河口に発達するデルタ斜面が崩壊し、陸源有機炭素に富む堆積物が通常時に海底を覆っていた海洋起源の有機炭素を多く含む堆積物とともに斜面を流下しタービダイトを形成したと考えられる。タービダイト基底からタービダイト泥の上部まで連続的に陸源の寄与が減少する層位変化は、日高沖と紀伊半島沖の洪水堆積物に認められた特徴とは異なる。上方への陸源有機炭素の減少は、これらの堆積物が一度の崩壊による一過性の混濁流によって形成されたことを示すと考えられる。

以上の結果は、陸源有機炭素の割合の層位変化パターンがタービダイトを形成した混濁流の違いを反映していることを示唆する。堆積物から過去の自然災害を特定する際には、通常時の堆積物に対する陸源の寄与率の違いとともに、それらの層位変化のパターンも重要な情報となるかもしれない。

文献

Ikehara, K. et al., 2012, Unique 210-Pb and 137-Cs profiles in marine sediment cores containing recent event deposits off Kumano and Sanriku Japan. *2012 Annual Meeting of Geological Society of America*.

片山 肇ほか, 2007, 北海道日高沖陸棚上における 2003 年洪水後の表層堆積物分布. 地質調査所研究報告, 58, 189-190.

Kuwaie, M. et al., 2013, Stratigraphy and wiggle-matching-based age-depth model of late Holocene marine sediments in Beppu Bay, southwest Japan. *Journal of Asian Earth Science*, 69, 133-148.

キーワード: タービダイト泥, 半遠洋性泥, 有機炭素, 自然災害

HCG37-02

会場:421

時間:4月30日 14:30-14:45

Keywords: turbidite mud, hemipelagites, organic carbon, natural disasters

強い風化条件下での珪長質深成岩を起源とする石英砂とカオリナイト質泥の形成 Quartzose sand and kaolinite-dominated mud derived from felsic plutonic rocks in intense weathering condition

吉田 孝紀^{1*}; 葉田野 希¹; 森 沙織¹; 入江 志織²; 足立 佳子³
YOSHIDA, Kohki^{1*}; HATANO, Nozomi¹; MORI, Saori¹; IRIE, Shiori²; ADACHI, Yoshiko³

¹ 信州大学理学部, ² 国際石油開発帝石, ³ 新潟大学超域学術院

¹Shinshu University, ²Inpex Cooperation, ³Center for Transdisciplinary Research, Niigata University

In the Upper Miocene - Early Pliocene time, Japanese island had a warm and subtropical climate. The mineralogical and chemical compositions of sand and mud of the Upper Miocene Tokiguchi Porcelain Clay and the Early Pliocene in the Kobiwako Group were examined for sedimentary petrography and geochemistry to clarify the influence of the warm climatic condition on sediment composition. Both sediments are considered to have been produced from felsic crystalline basement provenance. These sediments are characterized by the deposition in warm and humid climate on the basis of plant and diatom fossils.

The humid tropical climate produced quartz rich sand and kaolinite rich mud. The Upper Miocene sediments indicate that mafic silicates and feldspars were destroyed so that the sand ranges from arkoses with plagioclase rich sand to subarkoses with dominant of K-feldspar. The Upper Miocene mud show kaolinitic clay mineral composition and aluminous chemical composition. In contrast, the Pliocene sand is arkosic to litharenitic with abundant of feldspars and accessory minerals. In the Pliocene mud, an increase in the relative abundance of smectite accompanies the breakdown of volcanic fragments and volcanic glass is detected.

The intense weathering, rare earth elements (REE) are concentrated in mud. The Miocene sand shows the REE concentration less than one of PAAS level, whereas the Miocene mud display similar level of concentration in PAAS. In many samples, the REE concentration is mostly by biotite and zircon evidenced by HREE concentration.

The intense weathering condition, such as high temperature with humidity, affects the sand and mud compositions with selective destruction of minerals and newly formation of clay minerals. The relative increase of HREE, which is mainly housed in durable minerals, and mineral assemblage of sand and mud probably provide quantitative estimation of weathering degree for the sediments derived from felsic plutonic rocks.

キーワード: 中新世, 砂組成, 泥組成, 希土類元素組成, 風化

Keywords: Miocene, sand composition, mud composition, REE composition, weathering

YD13-G2 堆積物コアの自然ガンマ線スペクトルから見た最近の揚子江デルタの堆積環境

Depositional environment of the recent Yangtze Delta sediment deduced from the natural gamma-ray spectroscopy of YD13-G2

入野 智久^{1*}; 王 可¹; 齋藤 京太²; 多田 隆治²; 鈴木 克明²; 久保木 結²; 杉崎 彩子²; Zheng Hongbo³
IRINO, Tomohisa^{1*}; WANG, Ke¹; SAITO, Keita²; TADA, Ryuji²; SUZUKI, Yoshiaki²; KUBOKI, Yui²; SUGISAKI, Saiko²
; ZHENG, Hongbo³

¹ 北海道大学, ² 東京大学, ³ 南京師範大学

¹Hokkaido University, ²University of Tokyo, ³Nanjing Normal University

The Yangtze River has transported approximately 500 mt/yr of sediments which formed a well-developed tide-dominated delta on its mouth during the Holocene high-stand. Sediment transport is dominant in rainy summer season or during flooding events, and the 40% is deposited in the estuary and the remaining sediments are transported offshore by tide forming a submerged delta or re-transported southward during stormy winter season. Due to these seasonally contrasted and event driven feature of sedimentation, spatial distribution of the accretion and erosion of the delta body is highly heterogeneous.

The Holocene subaqueous delta sediment has been also used as good sediment archives of the history of the Yangtze discharge and flooding due to its high sedimentation rate and good coverage of the Late Holocene. We also performed drilling of the delta sediment and collected two ~30 m drilling cores and four gravity cores in order to reconstruct the flooding history and the associated change in the detrital provenance. The drilled site (YD-13) is located on clayey bottom with the water depth of 40 m. The top 10 m of the sediment core consists of homogeneous clay with rare sand patches, which could be formed during the Holocene high stand. One of the gravity core (YD13-G2) recovers the 140 cm of surface sediments, and we decided to examine the natural gamma-ray spectrum and stacking pattern of this gravity core at 1 cm resolution in order to stationarity of sedimentation.

Since Cs-137 was not detected from the YD13-G2 sediment, even the surface material was judged to be older than 1950. Pb-210 is detected from the top 50 cm interval, which suggests the near-surface sediments were deposited during these ~100 yrs. However, the vertical profile of Pb-210 shows highly variable from zero to 25 Bq/kg with zigzag shape, which suggests repeated intercalation of old materials. Th-234 / K-40 and Ac-228 / K-40 ratios varies consistently suggesting some varieties in the provenance or grain size. Further examination is necessary to resolve potential event sedimentation and the apparent age of the related sediments.

キーワード: 揚子江デルタ, 堆積環境, 自然ガンマ線スペクトル

Keywords: Yangtze Delta, Depositional environment, natural gamma-ray spectroscopy

Provenance changes of Yangtze Delta core sediments and their implications for precipitation changes during the Holocene

Provenance changes of Yangtze Delta core sediments and their implications for precipitation changes during the Holocene

王可^{1*}; 多田隆治²; 入野智久¹; ZHENG Hongbo³; 杉崎彩子²; 斎藤京太²; 久保木結²
WANG, Ke^{1*}; TADA, Ryuji²; IRINO, Tomohisa¹; ZHENG, Hongbo³; SUGISAKI, Saiko²; SAITO, Keita²; KUBOKI, Yui²

¹北海道大学, ²東京大学, ³Nanjing Normal Univ.

¹Hokkaido Univ., ²Univ. of Tokyo, ³Nanjing Normal Univ.

Understanding the complex evolution of the natural environment in response to changes in climatic boundary conditions is a major challenge. Changes in frequency and magnitude of flooding of the Yangtze in association with the variations in East Asian Summer Monsoon (EASM) precipitation during the Holocene is one of such examples. The Yangtze River catchment is particularly sensitive to periodic flooding and droughts caused by temporal and spatial variations in the seasonal precipitation regime.

As a joint research project with Nanjing Normal University, we conducted Yangtze Delta drilling to reconstruct temporal and spatial changes in precipitation within the Yangtze River drainage during the Holocene. Core YD13-1 (31°02' 59.9250" N, 122°50'00.2538" E) was recovered from Yangtze subaqueous delta at a water depth of 37 m, its penetration depth is 39.5 m, and probably covering the entire Holocene. The project focus on decadal/centennial-scale variability of river discharge and its provenance in the lower Yangtze reaches, deltaic system and East China Sea (ECS). It includes the study of the reconstruction of the flood history, the variability of fresh-water input and redistribution of Yangtze-derived sediments and Holocene floodplain development in these areas.

A new tool that use of electron spin resonance (ESR) signal intensity of the E1' center and the crystallinity index (CI) of quartz is introduced to characterize the provenance of the Yangtze River Delta sediments, which were derived from various parts of the Yangtze River drainage, and its temporal changes that should have reflected the spatio-temporal changes in precipitation and flooding. The result will contribute to a more accurate understanding of the changes in spatial precipitation pattern associated with rapid climatic changes, of evolution of the lower Yangtze river-delta-shelf system, and of the environmental and climatic conditions under which the process took place. Our previous research result from the mudbelt core in ECS suggests possible scenarios for the response of the Yangtze catchment to the changes in monsoon intensity and extreme events. New analytical result of the provenance proxy for core sediments from Yangtze River Delta will be presented and possible scenario will be discussed.

石英の ESR 信号強度と結晶化度に基づく揚子江流出堆積物の混合比推定 Estimating mixing ratio of the sediments from tributaries in the sediments from Yangtze River mouth

齋藤 京太^{1*}; 多田 隆治¹; Zheng Hongbo²; 入野 智久³; Chao Luo⁴; Mengying He⁴; Wang Ke³; 鈴木 克明¹
SAITO, Keita^{1*}; TADA, Ryuji¹; ZHENG, Hongbo²; IRINO, Tomohisa³; CHAO, Luo⁴; MENGying, He⁴; WANG, Ke³; SUZUKI, Yoshiaki¹

¹ 東京大・理・地惑, ²Nanjing Normal University, ³ 北大・地球環境科学, ⁴Nanjing University

¹EPS, Univ. of Tokyo, ²Nanjing Normal University, ³Hokkaido University, ⁴Nanjing University

中国を流れる揚子江は全長 6300km, 流域面積は約 200 万キロ平方メートルにおよぶ東アジア最大の河川である。流域の雨季は夏季モンスーンの発達に伴う前線によりもたらされ, 前線が流域のどこで停滞するかにより降水域が変化する。従って, 夏季モンスーン降水の長期的な挙動を明らかにするには, 1 地点での降水の時系列変動だけではなく, 空間分布の変動も知る必要がある。

気象観測記録以前の降水量の時空変動を復元するには, 古気候記録を用いることとなる。揚子江においては流出する堆積物の 95%以上は懸濁粒子であり, 流域の降水量と水流出量, 水流出量と堆積物流出量の間には, それぞれ正の相関がある。そこで, 河口部における堆積物の供給源変化は降雨地域の変動を反映し, 堆積物中の碎屑物の供給源とその変動の復元から, 流域内での降水分布とその変動が推定できると期待される。そして, そのためには供給源を推定する指標が必要となる。

本研究では, 揚子江流域における過去の降水分布の時間・空間変動を石英の ESR 信号強度を用いて復元するための基礎として, 1) おもな支流から流出する石英粒子の ESR 信号強度を分析して, それが流域の基盤岩の年代を反映することを確認する。そしてその結果を基に, 2) これらの値が現在の本流における懸濁物の混合を説明しうることを検証した上で, 3) 特定の支流域での増水を仮定し, どの程度の規模の増水であれば河口における ESR 値の変化として検出可能であるか, 堆積物の収支計算の方法も含めて議論する。

揚子江の主要な支流から採取した堆積物を分析した結果, 石英の ESR 信号強度により各支流に由来する碎屑物粒子が区別され, 流域の基盤年代から推定される ESR 値と整合的であることが示された。

この結果を基に, 支流の ESR 値を端成分とし, 各支流から本流への碎屑物流入量を元に河口部の堆積物における ESR 値を推定したところ, 実際に本流の堆積物を分析して得られた値と整合的な結果が得られた。よって石英の ESR 信号強度は堆積物の混合比を推定するための指標として用いられることが示された。

次に, 上流部または中流部の特定の支流での堆積物流出量の増加を仮定して河口部の ESR 値を計算し, 河口における ESR 値の変化として検出しうる増水の規模を推定した。その結果, 平常時の 5 倍に相当する懸濁物が上流部あるいは中流部から流出した場合, 河口部で採取される懸濁物の ESR 値の変化としてその供給源の検出が可能であると考えられる。

揚子江流域における化学風化と懸濁物フラックスの流域別評価 Evaluation of chemical weathering and sediment flux for several drainages within the Yangtze River basin

久保木 結^{1*}; Luo Chao³; 多田 隆治¹; 齋藤 京太¹; Zheng Hongbo²; 入野 智久⁴; HE Mengying³; 王 可⁴; 鈴木 克明¹
KUBOKI, Yui^{1*}; LUO, Chao³; TADA, Ryuji¹; SAITO, Keita¹; ZHENG, Hongbo²; IRINO, Tomohisa⁴; HE, Mengying³;
WANG, Ke⁴; SUZUKI, Yoshiaki¹

¹ 東大・理・地惑, ² 南京師範大学, ³ 南京大学, ⁴ 北大・地球環境

¹Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, ²Nanjing Normal University, ³Nanjing University,

⁴Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University

化学風化は、物理侵食と密接に関わりつつ、地形形成を駆動する。また珪酸塩鉱物の化学風化は、約10万年より長いタイムスケールでの炭素循環において、大気中の二酸化炭素を固定する役割を果たしている。従って、化学風化とその制御要因を定量的に評価することで、地形形成における化学風化の役割や長いタイムスケールにおける炭素循環の制御要因を理解することが可能になる。化学風化の制御要因についての研究は、鉱物の溶解・風化実験に基づく理論式の導出や、河川水、懸濁物、堆積物の鉱物・化学組成の観測結果に基づく経験式の導出、またそれらの結果を統合的に説明するためのモデル計算など、様々な手法により様々な時間・空間スケールで行われている。これまでに個別の河川流域についての風化率や侵食率の経験式の導出がなされてきているものの、それらの結果をより一般化するためには、風化・侵食プロセスを物理・化学的に考慮した上で経験式を導出する必要がある。また、こうして明らかにした風化・侵食過程とその制御要因に基づいて過去の化学風化・侵食過程を評価するためには、風化・侵食の最終生成物である堆積物からこうした情報を取り出す方法を確立する必要がある。

このことを見据え、本研究では、中国・揚子江を例に、現行の風化・侵食過程とその制御要因の把握を目的として、試料の採取と分析を行った。揚子江はアジア最長の大河川で、その河川水・碎屑物フラックスは共に世界有数であり、表層の物質循環に及ぼす影響は多大である。加えて、流域には数多くの水文点や気象観測点などが設置されているため、長年観測データが蓄積されている。

2011年夏にこの流域内の複数の地点において採取された河川水と懸濁物および河床堆積物試料を用いて、溶存物質と懸濁物、堆積物の鉱物・主要元素組成分析を行った。この結果と河川水流量および溶存物質・懸濁物濃度から、元素ごとのフラックスを溶存物質と懸濁物の両方について算出し、流域ごとに化学風化と物理侵食の寄与を求めた。さらに、これらの比をとることで、削剥過程に占める化学風化の寄与率を見積もった。その結果、化学風化率は概ね上流から下流に向かい増加するものの、上流の侵食域中では削剥に占める化学風化寄与率が最大になった。また、下流の堆積域中では Poyang Lake との合流後に溶存炭酸塩濃度が一旦低下するがその下流で再び急増している。今回の発表では、こうした特徴に着目しつつ、流域別に風化・侵食プロセスを議論する予定である。

調査困難箇所のための水底調査法の開発と海底・湖底地すべりの調査 Underwater topographic survey for inaccessible water areas, and its applications to submarine and sublake landslides

山崎 新太郎^{1*}
YAMASAKI, Shintaro^{1*}

¹ 北見工業大学
¹ Kitami Institute of Technology

地すべりや火山、活断層など災害と関連する地形は湖底や海底にも存在する。これらの地上から不可視の地形を把握することは将来的な災害の可能性を考える上でも重要である。一方で、水底の地形は従来、高価で重量のある装置でしか詳細に調査することができなかったために、その導入が困難であった。しかしながら、近年、飛躍的に高性能化した安価で小型の魚群探知機を利用して、浅海域から数百メートルにおよぶ海底までの地形調査が可能になりつつある。このような装置をゴムボートなどの小型船に搭載すれば、座礁の危険性のためにこれまで調査が極めて困難であった0.5 m~2 m程度の浅い水域や沿岸域でも調査が可能であるため、浅海域では従来機以上の汎用性があると言えよう。また、音響反射強度を面的に把握するサイドスキャンソナーに相当する装置を用いれば、底質や構造物などの存在も判定可能である(山崎ほか, 2013)。筆者らはこの方法を用いて、これまでに調査がほとんどなされていなかった、湖や海岸の浅海域の湖底や海底地すべり地形の調査に乗り出している。本発表では、筆者らの調査例と共に、その有用性について紹介する。一つは、北海道の屈斜路湖の調査であり、屈斜路湖では、長さ1 kmにおよぶ湖底地すべりや重力性の陥没地形を発見した。また、1923年の関東大震災で発生し、海中にその一部が没した根府川地すべりの調査を行い、地すべりによって流された海中遺構の分布やその形状を正確に把握することに成功した。特に、屈斜路湖では1923年にM6.0程度の規模の地震(屈斜路地震)に伴って津波が発生しており、この湖底地すべりと津波との関係も議論がされ始めている。

最近では、日本各地の大縮尺の海図が整備されてきており、その等深線図には多数の箇所に陥没や小規模な高まりといった地形的異常が存在する。これらの多くは、海底もしくは湖底の地すべり等によって形成された可能性がある。筆者らの海底・湖底地すべりの調査は、いずれも既往海図において地形的異常箇所に注目し、以上の装置によって精密に調査して明らかになったものである。つまり、これまで考えられているよりも、浅海域や湖沼では、高頻度に海底・湖底地すべりが発生している可能性があり、一部は地震とともに発生して局所的な津波を発生させた可能性がある。水域調査装置の導入が容易になったことで、これらの海底・湖底地すべり調査を一気に進めることができる可能性がある。

文献

山崎新太郎・原口強・伊藤陽司(2013) レジャー用魚群探知機を利用した水底地形調査 応用地質 54(5), 204-208, 2013

キーワード: 魚群探知機, 海底地すべり, 湖底地すべり, 浅深測量, サイドスキャンソナー

Keywords: fish finder, submarine landslide, underwater landslide, bathymetric survey, side-scan sonar

光ファイバーケーブルを用いた海底面変動および土砂輸送のモニタリングシステムの開発 Development of a monitoring system of bathymetric change and related sediment transport using optic fiber cables

吉河 秀郎^{1*}; 阪口 秀¹; 芥川 真一²; 町島 祐一³; 趙 越³
YOSHIKAWA, Shuro^{1*}; SAKAGUCHI, Hide¹; AKUTAGAWA, Shinichi²; MACHIJIMA, Yuichi³; YUE, Zhao³

¹ 海洋研究開発機構, ² 神戸大学, ³ 株式会社レーザック
¹JAMSTEC, ²Kobe University, ³LAZOC Inc.

A development of monitoring system is important for understanding more detailed process of the bathymetric change and sediment transport. At the nearshore zone, to monitor the nearshore features such as sand ripple migration, and the sediment suspension processes, optical back-scatter sensors (Downing et al., 1981), rotary sidescan sonar system (Traykovski et al., 1999), and sand ripple profiler (Masselink et al., 2007) were developed and used. Those systems can provide the very high-resolution morphological change and transportation, but not suitable for investigation of large-scale sediment erosion and deposition generated by high-energy waves in the surf zone. Where change in water depth is large (e.g. more than 1 m) in short span, the systems will be destroyed, lost, or submerged.

In the present study, we developed a new instrumentation for the monitoring of bathymetric change and related sediment transport in the high-energy shallow marine environment using optic fiber cables. The system consists mainly of four components: (1) an array of optical sediment sensors (OSSs); (2) a support structure (steel pipes); (3) an electronics unit that transmit and receive the LED through the optic fiber cables; and (4) a digital data acquisition system. The OSSs are mounted in a vertical steel pipe, 2 m long; and the spacing between the sensors is 10 cm. The steel pipe with OSSs was embedded to the seafloor at two places beneath a pier (427 m long) of Hazaki Oceanographical Research Station (HORS) owned by the Port and Airport Research Institute (PARI) at Sudahama Coast facing the Pacific Ocean, Japan. Both the electronics unit and the data acquisition system were installed in an observation room on the pier. In addition, those points of measurement are aligned perpendicular to the coastline in water depth approx. 4-5 m. Since active sediment transport that creates and deforms the longshore bar have been observed in this area (e.g., Kuriyama, 2010), detailed process of change in the cross section will be acquired by the present systems. In this presentation, we will show the system and data, and discuss those availability and future plan.

Acknowledgment: We would like to thank Dr. Satoshi Nakamura and Mr. Masayuki Banno belonging to the PARI for understanding and support of using the HORS, and MIKUNIYA Construction Co., Ltd. for installation work of the pipes. We wish to express our deep gratitude to the above-mentioned individuals and organizations.

Keywords: monitoring system, bathymetric change, sediment transport, optic fiber cable

海底における津波発生メカニズムと津波記録プロセス New insight of tsunami excitation mechanism and its recordable evidence in deep-sea

川村 喜一郎^{1*}
KAWAMURA, Kiichiro^{1*}

¹ 山口大学大学院
¹ Yamaguchi University

東日本大震災は、我々に対して、多くの「津波」の知見をもたらしている。多くの知見を防災に役立てることは、地球科学の使命であり、それは今までの研究の積み重ねに対する挑戦であるかもしれない。この発表では、海底での津波発生メカニズムと海底での津波記録プロセスについて考えたい。

津波発生メカニズムの事情

従来の津波発生メカニズムは、弾性反発仮説で説明されていることが多い。つまりこうだ。まず、震源において岩盤が破壊され、次に、その破壊が断層に沿って伝播し、次に、その伝播の海底面付近に到達し、海底面を変形させる。最後に、海底地盤が変動することによって、海水が動き、その動きが海面に伝わることによって、津波が発生する。気象庁のウェブサイトにそのように説明されている。

しかし、東日本大震災では、弾性反発仮説で説明できるものとそうでなさそうなものがある。Satake et al. (2013; BSSA) では、仙台沖の北緯 38 度の従来の津波波源域の他に、宮古沖の北緯 40 度にも津波波源を設定することによって、太平洋沿岸に到達した津波を説明した。北緯 40 度の波源は本震 3.5~4.0 分後に海底地盤が変動したとしている。この北緯 40 度の波源は Ichihara et al. (2013; EPSL) の電磁気調査からも指摘されており、また、1896 年明治三陸地震津波の震源付近に位置し、三陸海底崖の南端でもある。多くのシロウリガイコロニーが 6500m 以深から見つかっており、それらには雁行配列するものも見つかっている (Ogawa et al., 1992; Geology)。現在も活発な活断層が示唆され、それらは横ずれ成分を含んでいるかもしれない。さらに、多くの陸側傾斜の正断層と考えられる反射面が見られ、巨大な海底地すべりが指摘されている (von Huene et al., 1989 など)。この「海底地すべり」という言葉は、本震以後の副次的な海底地盤変動を連想させ、Satake et al. (2013) の解析結果をうまく説明できるのかもしれない。

以上のことから、現段階では、津波発生メカニズムが弾性反発仮説のみで説明できるか否かの検証はできないと思われる。ただし、忘れてはならないこととして、地震のラプチャによる弾性反発のみが津波を生む訳ではない、ということがある。地震が予知できたからと言って、必ずしも津波が予知できる訳ではない、ということでもある。津波の規模も発生場所もタイミングももしかしたら地震とは独立したプロセスである可能性も現段階において否定できないのである。

津波記録プロセスの事情

津波は、深海底に地層として記録された (Arai et al., 2013; Geology)。これは仙台沖に展開されていた地震計・津波計の解析によって得られた堆積学の新しい知見である。一方で、より北の三陸沖や八戸沖の深海底にはそういった痕跡が明瞭に残されているわけではない。今後の綿密な調査により、深海底に堆積した津波起源の堆積層の分布域が明らかになり、それにより、過去に保存された深海底の津波堆積層の分布域から、津波規模を推測するための足がかりが得られるのかもしれない。そのために、池原 (2011; 堆積学研究) で指摘されるように、その保存過程は最重要研究課題だろうと思われる。

津波堆積作用との因果関係はまだないが、原発事故によって拡散された放射性同位体が春のプランクトンブルームによって海底に急速沈降し、固定されたことが Oguri et al. (2013; Scientific Reports) で指摘されている。R/V SONNE による堆積物コアからは、CCD 以深の深海底から石灰質ナノの濃集層が数枚見つかっている。上記 2 例は、未だ未解明の点が多いが、原発事故や津波による陸源物質の拡散により、海洋表層環境が変化し、それによって生物の生産性が変動することは考えられることであり、地震や津波イベントを地層記録として残す可能性があるだろう。

キーワード: 日本海溝, 東日本大震災, 津波, 地震, 堆積物, 潜水船
Keywords: Japan trench, 2011 Tohoku-Oki earthquake, Tsunami, Earthquake, Sediments, Submersible

細粒タービダイトの堆積と保存 Deposition and preservation of fine-grained turbidites around the Japanese islands

池原 研^{1*}; 宇佐見 和子¹; 西田 尚央¹
IKEHARA, Ken^{1*}; USAMI, Kazuko¹; NISHIDA, Naohisa¹

¹ 産業技術総合研究所地質情報研究部門
¹ Geological Survey of Japan, AIST

日本周辺海域における浅海から深海底に認められる地震起源、津波起源、洪水起源の細粒タービダイトの堆積構造について紹介し、その堆積過程について議論する。また、付随する海底地すべり起源の堆積物についても考察する。三陸沖での3年間の経年変化から、細粒タービダイトの保存ポテンシャルについて検討し、地層として残されやすい場について検討する。

キーワード: タービダイト, 地震, 津波, 経年変化, 堆積構造, 堆積過程

Keywords: turbidite, earthquake, tsunami, preservation potential, sedimentary structure, depositional process

現・潮間帯堆積物と 1703 年・1923 年関東地震で隆起した段丘堆積物の比較——微地形分類の重要性—— Comparison between the Tidal Zone Deposits and the Terrace Deposits Emerged in the 1703 and 1923 Kanto Earthquakes

金 幸隆^{1*}; 萬年 一剛¹; 捧 一夫²; 熊木 洋太³; 松島 義章⁴

KIM, Haeng yoong^{1*}; MANNEN, Kazutaka¹; SASAGE, Kazuo²; KUMAKI, Yohta³; MATSUHIMA, Yoshiaki⁴

¹ 神奈川県温泉地学研究所, ² パスコ, ³ 専修大学, ⁴ 神奈川県立生命の星・地球館

¹Hot Springs Reserch Institute of Kanagwa Prefecture, ²PASCO, ³Senshu University, ⁴Kangawa Prefecture Museum of Natural History

関東地震の震源域では、隆起海岸が発達しており、関東地震の履歴について研究がなされている。その研究の多くは、主として房総半島を対象としており、同じように重要な三浦半島では、関東地震の履歴と上下変動量の情報は 1703 年および 1923 年の 2 つの地震に限られている。古地震の発生履歴を解明するためには、堆積物を調べる必要がある。

三浦半島では更新世海成段丘を開析する沖積谷の中に、完新世の海成・河成の堆積層が分布し、その堆積面が隆起・陸化して形成された海成段丘が分布する。こうした堆積物を伴う段丘は、古地震の年代および上下変動量を解明する上で重要であると判断される。

本研究は、半島南部の毘沙門湾沿いの沖積谷の中に分布する段丘を分類し、ボーリング調査を行った。堆積物の分析から、段丘の形成過程を解釈し、古地震との関係について検討する。段丘堆積物の堆積環境を理解するために、現世の干潟の側線上 11 地点で堆積物を 2.5~5.4 kg 採取し、粒度分析を実施した。現干潟と段丘の堆積物について、比較を行う。これらの結果、以下のことが明らかとなった。

1. 1946 年米軍撮影の縮尺 4 万分の 1 の空中写真の判読と 1921 年測量の縮尺 1/25,000 の地形図の読図より、海成段丘および河成段丘を詳細に分類した。平均潮位から海拔 10 m までの間に、海成段丘が 7 段分布している。ここでは、段丘面を低位より高位の順に L1 面から L7 面とよぶ。

2. 段丘面は海岸線にほぼ平行に分布するほか、おぼれ谷状に内陸に入り込む形態を呈し、おぼれ谷を埋めた海成・河成の堆積面が陸化したものであり、また、その堆積面と連続する岩石海岸の侵食面からなると判読した。また 1946 年の海岸線は、現在の海岸線とほぼ同じ位置に分布しているが、1921 年の地形図に描かれた海岸線は内陸側に最大約 20 m ほど前進している。これは 1923 年の関東地震の隆起によって、毘沙門湾奥の海底が陸化し、海が相対的に海退したものと判断する。以上のように、空中写真判読と地形図読図に基づく、L 1 面は 1923 年の地震の隆起で陸化した段丘面である。なお 1921 年の地形図の海岸線の位置は、1946 年の写真で判読された L1 面と L2 面の境界線にほぼ一致している。

3. 開発が進み、沖積谷の中は耕作土が埋められている。そこで、毘沙門湾の西奥に分布する沖積谷とその支谷で、深さ 2~5 m のボーリング調査を 9 地点で実施した (4 地点については、2 ヶ月前に掘削したばかりである)。その結果、耕作土は厚さ 1~2 m あり、その下からウミナ Batillaria multiformis、真牡蠣 Crassostrea gigas どの貝化石を含む砂礫層や有機質の砂泥層が堆積している。こうした潮間帯の貝化石のほか、木片や貝殻片が含まれ、泥の量も多いことから、これらの貝片砂礫層・貝片砂泥層は毘沙門湾の入り江の湾奥に堆積した干潟の堆積物であると判断する。川の流出口付近とそこから 180 m 上流に分布する L1 面および下流部の支谷で認められた L3 面の調査地点では、干潟層の上に河成の砂礫層が堆積している。こうした段丘堆積物の層相は、現在の干潟の堆積物のそれとかなりよく相似している。

4. 海成層の堆積面から、L 1 面は M.S.L.+0.8 m~1.3 m、L2 面は M.S.L.+1.5 m~2.1 m、L3 面は M.S.L.+3.7 m に分布する。これらの段丘面が地震性隆起によって生じたものであれば、段丘面の高度はおよそ関東地震の隆起量と地震間の沈降量の累積合算値を示す。陸地測量部 (1926) の三等三角点の改測に基づく、毘沙門湾の周辺の隆起量は約 1.2~1.3 m であるため、標高 2.1 m の段丘面が 1923 年の地震で段化・陸化したのではなく、1923 年のひとつ前の地震で陸化した可能もある。また L 1 面および L2 面の堆積面の高度は、岩礁に付着するカンザシゴカイの化石の高度から推定された 1923 年と 1703 年の隆起量 [西畑・他 1988; 宍倉・越後、2001] ととも、ほぼ一致する。

5. 毘沙門湾は沖積谷の河口に形成された入り江であり、同湾の湾奥には小さな河口干潟が形成され、干潟には沖積谷から (小川) が流れ込む。砂や礫は、小川から運搬されたと判断される。砂や泥は、潮汐に伴った海の流れによって、干潟の堆積面の上を往復し、堆積した。そのため、干潟の堆積物は、雑多な堆積物からなると判断される。大礫は M.S.L.+0.8~-0.05 に認められ、低潮線側では認められない。中礫 (小) の量は M.S.L.-0.3~-0.4 m よりも低潮線側では急激に減少する。平均潮位線よりも低潮線側では、泥・中粒砂の細粒物の量が急激に増えていた。さらに、段丘堆積物との関係を検討していく。

キーワード: 関東地震, 古地震履歴, 沖積谷, 段丘堆積物, 干潟堆積物, 三浦半島

HCG37-P01

会場:3 階ポスター会場

時間:4 月 30 日 18:15-19:30

Keywords: Kanto Earthquake, Paleo-earthquake Record, Terrace Deposits, Tidal-flat Deposits

新第三系中新統陸成層における堆積盆地内の古土壌を用いた河川地形の復元 The paleosols and topography of sedimentary basin relationships in the upper Miocene Clay deposit, central Japan

葉田野 希^{1*}; 吉田 孝紀²

HATANO, Nozomi^{1*}; YOSHIDA, Kohki²

¹ 信州大学大学院理工学系研究科, ² 信州大学理学部地質科学教室

¹Division of Science and Technology, Graduate School of Shinshu University, ²Department of Geology, Faculty of Science, Shinshu University

堆積盆地における河川地形の古環境復元には、チャンネルやレヴィー、クレバススプレイなどの堆積物記録が利用され、碎屑物の浸食・運搬・沈積過程が検討される。しかし、このような堆積物記録には、非常に狭い範囲かつ短期間の水理環境しか保存されていない。なぜなら、陸成層の堆積盆地では、碎屑物がチャンネル内部や湖沼などの限られた地域で短期間のうちに堆積するのに対し、浸食や古地表面での風化が広い河川地形内で長期間進行しているためである。古土壌には、このような風化環境の様々な記録が保存されており、特に堆積物供給量や排水条件がそれらの形成に反映される(Kraus, 1999)。したがって、古土壌は、堆積盆地内における詳細な古環境復元に有用なツールといえる。そこで、本研究では、新第三系中新統の陸成層である土岐口陶土層を対象とし、堆積相解析と古土壌学的視点から小堆積盆地内の地形・風化環境を検討した。

調査地点は、岐阜県多治見市の菱屋鉱山と同県土岐市の中山鉱山である。両鉱山に分布する新第三系は、土岐口陶土層堆積時の基底高度分布図(陶土研, 1999)によると、同堆積盆地内で堆積していたと考えられる。また、菱屋鉱山は堆積盆地の縁辺部、中山鉱山は堆積盆地の中央部に相当する。堆積相解析の結果、盆地縁辺部には、砂質河川、低粘性のデブリーフロー堆積物などの粗粒な堆積物が卓越する。盆地中央部には、そのような粗粒な堆積物は分布せず、粘土からなる湖性の堆積物が卓越し、約2m厚の基質の少ない沼沢地性の亜炭層が堆積している。古土壌層は、盆地の縁辺部でも中央部でも20枚前後に達する。ただし、盆地縁辺部では、古土壌層を密に挟むのに対し、盆地中央部では間欠的に挟むという層序学的な分布密度の違いが認められる。また、盆地縁辺部では、赤褐色の土色を呈する比較的酸化的な土壌環境を示す古土壌層位のタイプが認められるのに対し、盆地中央部では、シデライトノジュールを産し青灰色の土色を呈する比較的還元的な土壌環境を示すタイプが認められる。また、最もよく発達した古土壌層には、太さ50cmの樹幹化石や長さ150cmの根化石が産出し、層厚100cmで明瞭に土層分化した古土壌層位が発達することから、灌木林が茂っていたことが予想される。これら良く発達した古土壌層は、盆地縁辺部でも中央部でも、湖の堆積物に挟まれる形で発達する。したがって、明瞭な古土壌層位は、盆地内の位置に関わらず湖が干上がった後に形成され、その後氾濫原での粗粒な碎屑物の供給がなされないまま、湖での堆積が進行したと考えられる。

本研究の結果より、盆地縁辺部で粗粒なチャンネル堆積物やデブリーフロー堆積物が認められ、盆地中央部で粗粒な堆積物が少なく細粒な湖沼性堆積物が卓越するという堆積相の違いが認められる。これらは、盆地縁辺部から盆地中央部へと、碎屑物の供給源から堆積場が遠ざかっていることを反映していると考えられる。また、盆地縁辺部と盆地中央部での古土壌層の層序学的な分布密度の差違は、粒度の違いによってもたらされる排水条件の違いを反映していると考えられる。また、盆地縁辺部と中央部に共通して、湖での堆積が進行する期間とそれらが干上がり灌木林が茂る期間の、水理条件が大幅に異なる期間が繰り返される。この水理条件の変動は、土岐口陶土層の堆積盆地全域での環境変動に関連し、土石流が頻繁に発生したことによる水流のせき止めによって引き起こされたものと考えられる。

文献

Kraus, M.J., 1999. *Earth-Science Reviews*, 47, 41-70.

陶土団体研究グループ, 1999. *地球科学*, 53, 291-306.

キーワード: 古土壌, 中新統, 陸域環境, 土岐口陶土層, 堆積相解析

Keywords: paleosols, Miocene, terrestrial environment, Tokiguchi Porcelain Clay Formation, sedimentary facies analysis

画像を用いた年縞堆積物の時系列化手法の一例 Applications of a method to detect varved sediments

佐々木 華¹; 石原 与四郎^{1*}; 齋藤 めぐみ²; 小松原 純子³
SASAKI, Hana¹; ISHIHARA, Yoshiro^{1*}; SAITO-KATO, Megumi²; KOMATSUBARA, Junko³

¹ 福岡大学理学部, ² 国立科学博物館, ³ 産業技術総合研究所
¹Fukuoka University, ²National Museum of Nature and Science, ³Geological Survey of Japan / AIST

湖成堆積物からは、高解像度の古環境記録が得られることが明らかになっている。特に年縞堆積物は、年単位での記録が得られることから古くから多くの解析が行われてきた。年単位での情報を得るためには、少なくとも一年ごとの境界を見出し、たとえば層厚やその中に含まれる微化石などを解析する必要がある。また、年代軸を決定する上でこれらの認定や計測は可能な限り客観的な方法が望ましい。

このような年縞の境界の認定・計測方法には、たとえば、(1) 目視による測定、(2) 画像を利用した測定がある。このうち、(2) には、写真画像、軟 X 線画像、元素マッピング画像等を用いることができ、更に数値化においては (A) しきい値を用いる方法、(B) Wavelet 解析を用いる方法、(C) 波形処理を行う方法等がある。目視による測定は、人為的な誤差や判定基準の難しさがある一方、画像を利用した方法でも特に境界の認定に関わる様々な問題が指摘されている。たとえば、しきい値を用いる方法ではどの層準でも一定の基準を用いることができないこと、Wavelet 解析では分解能が十分で無いこと、波形処理ではノイズに弱いこと、等である。

本研究では、縞状堆積物の葉理境界を認定する手法として、以下のような手順を試みた。すなわち、(1) 画像の平滑化、(2) 画像濃淡 (たとえば明度) の傾斜面の認定、(3) 画像濃淡の振幅の中間値の取得、(4) (2)、(3) の組み合わせで境界の認定を行う、である。その結果、目視で認定した葉理境界と近い認定がなされた上、葉理内部の情報 (たとえばある葉理内の軟 X 線透過率) も得ることができた。これらの境界を読むことで年縞の時系列を得ることができ、年縞を用いた多くの周期性の解析では単に層厚の時系列を検討した例が多いが、本研究の手法を用いることで洪水堆積物の自動認定や迅速な時系列化が可能となる。

キーワード: 年縞, 画像解析, 時系列, 軟 X 線, 珪藻土

Keywords: varved sediments, image analysis, time-series, soft-X ray, diatomite

岡山県中期更新統蒜山原層の湖成縞状珪藻土の年縞に認められる周期性と洪水・崩壊イベント Depositional cycle and flood and slope-failure events in an 8,000-yr varve of Pleistocene Hiruzenbara Formation, Japan

佐々木 華^{1*}; 石原 与四郎¹; 齋藤 めぐみ²; 成瀬 元³
SASAKI, Hana^{1*}; ISHIHARA, Yoshiro¹; SAITO-KATO, Megumi²; NARUSE, Hajime³

¹ 福岡大学理学部, ² 国立科学博物館, ³ 京都大学理学部
¹Fukuoka University, ²National Museum of Nature and Science, ³Kyoto University

年縞堆積物から過去の環境変動を抽出する試みは、時代や場所を問わず、多くの例がある。岡山県真庭市蒜山原高原に分布する蒜山原層は、中期更新統の湖成層で、ほとんどが純粋な珪藻土からなる年縞堆積物を含む。この年縞堆積物からは、太陽活動の周期に対応する年縞層厚の変化が得られている上(石原・宮田, 1999)、洪水・崩壊のイベント堆積物が多く挟まれることも明らかになっている。本研究では、蒜山原層の縞状珪藻土を対象として、年縞が明瞭な層準ほぼすべてに対して画像解析を用いた年縞の時系列化手法を適用し、約8000年の年縞層厚、葉理の明度、葉理内の明度の分散の時系列を得た。また、洪水堆積物・崩壊堆積物の認定も行い、これらの挟在頻度を明らかにした。そしてそれぞれ時系列解析を行った。

得られた年縞層厚の時系列には、大局的には1000年~2000年の長期的な変動が認められた。年縞のうちの淡緑色部は、上位にゆくにしたがって明瞭な層厚を増加させる。一方、これらの時系列に対してFFTやWavelet解析による周波数解析を行った結果、8~12年、20年前後、30~35年の周期が卓越することが明らかになった。これらの周期は、石原・宮田(1999)やMasuda et al. (2004)でも得られている。得られた周期のうち、8~12年、20年前後年はしばしば太陽活動の周期に、35年は湖面変動の周期に対応するという報告が多い。しかしながら、いずれの周期も安定して存在しないという点は、年縞を顕微鏡で計測した石原・宮田(1999)やMasuda et al. (2004)と同様である。

年縞堆積物に挟在する洪水堆積物は、8000年間で約147層が認定された。これらは高頻度の部分と低頻度の部分があるのが見てとれ、それらは全層準で数回繰り返す。平均層厚は2mm程度と薄い。一方、崩壊堆積物は、全層準で33層得られた。これらは解析層準の上部と最下部は低頻度で、下部は高頻度であるが、洪水堆積物のような頻度の増減の繰り返しは無い。平均層厚は5.5mm程度である。

洪水堆積物が高頻度に挟在する時、年縞の平均層厚が薄い傾向のある層準、もしくは局所的に平均層厚が厚くなる層準が数カ所認められる。また、挟在頻度の少ない検討層準上部は年縞の平均層厚が厚い。これは洪水の発生頻度もしくはその時の気候条件が珪藻の生産量(葉理の厚さ)に影響を与えていた可能性を示唆する。また、洪水堆積物が高頻度に挟在する時、前述の周期性は認められなくなることがある。崩壊堆積物の挟在頻度は、年縞堆積物の層厚や明度やその周期性との関係は明瞭ではなく、湖底斜面の崩壊は湖の成長・発達に関わるローカルな現象の反映である可能性を示唆する。

キーワード: 縞状珪藻土, 年縞, 画像解析, 洪水堆積物, 崩壊堆積物, 太陽活動

Keywords: Banded diatomite, Varve, Image analysis, flood deposit, slope-failure deposit, Solar activity

宮崎平野南部, 島山地域における 1662 年寛文日向灘地震による沈降と堆積環境の変化 Subsidence and a change of depositional environment by the 1662 Hyuganada earthquake in southern Miyazaki Plain

生田 正文^{1*}; 佐藤 善輝¹; 丹羽 正和¹; 鎌滝 孝信²; 黒澤 英樹³; 高取 亮一⁴
IKUTA, Masafumi^{1*}; SATO, Yoshiki¹; NIWA, Masakazu¹; KAMATAKI, Takanobu²; KUROSAWA, Hideki³; TAKATORI, Ryoichi⁴

¹ 日本原子力研究開発機構, ² 秋田大学, ³ 応用地質株式会社, ⁴ 株式会社地圏総合コンサルタント
¹Japan Atomic Energy Agency, ²Akita University, ³OYO Corporation, ⁴Chi-ken Sogo Consultants Co.,Ltd.

宮崎平野は, これまでに日向灘や南海トラフで発生した巨大地震によって繰り返し被害を受けてきた. このうち, 日向灘では M7 クラスの地震が 1909 年から 1984 年までの間に 6 回発生した地震活動が活発な領域であり, 1968 年日向灘地震 (M7.5) では津波が宮崎平野にも到達した. 1909 年以前にも, 寛文日向灘地震 (1662 年, M7.5~7.8) や明和日向灘地震 (1769 年, M7.5~8), 明治 32 年の日向灘地震 (1899 年, M7.1) などによる被害記録が残されている (宇佐美ほか, 2013). 他方, 宝永南海地震 (1707 年, M8.6) や昭和南海地震 (1946 年, M8.0) などの南海トラフを震源とする地震でも, 津波が到達している (宇佐美ほか, 2013). 近年, 南海トラフの巨大地震モデル検討会 (2012) によって最大クラスの地震・津波想定で震源断層域に新たに日向灘を含めるモデルが示されるなど注目が集まっているが, 日向灘を震源とする巨大地震については, その影響範囲や規模などに関する研究事例が少なく, 未解明な点が多く残されている.

日向灘で発生した最大規模の地震である 1662 年寛文日向灘地震では, 文書記録から大きな被害や地変が起きたと推定されている (羽鳥, 1985). 宮崎平野南部の大淀川や加江田川の河口付近では高さ 4~5 m の津波が到達し, 地盤が約 1 m 沈降したと見積もられている. 加江田川河口部に位置する島山地域では, この時発生した地盤の沈下によって入江が形成され, 地震から 27 年後に作成された『元禄二年日向国那珂郡南方村絵図』にもその様子が描かれている. その後, 入江は河川から供給される土砂によって埋積され (木花郷土誌編集委員会, 1980), 享保年間 (1716~1735 年) の干拓を経て, 現在は水田となっている (宮崎市史編纂委員会, 1978). このように, 文書記録や絵図からは島山地域において地震に伴う急激な地形や堆積環境の変化が生じたかと想定されるが, これまでに地質学的データからその実態を検証した事例はなかった.

そこで本研究では, 島山地域を対象として人力打込み式採土器およびボーリングによる地質調査を行うとともに, 採取したコア試料を用いて微化石や化学成分について分析を行い, 沈降域周辺の堆積環境の復元を試みた. 島山地域の浅層部堆積物は大きく 4 層に区分される (下位から順に A~D 層と呼ぶ). A 層は火山軽石に富む砂~シルト層で, 炭質物の挟在する灰色シルト及び細~中粒砂の互層からなる. 内陸側の掘削地点では, シルト層中に層厚約 1~15 cm の白色火山軽石層を複数枚挟在する. B 層は保存のよい巻貝や貝殻片を多く含む泥~砂層で, 灰色~灰茶色シルトの互層からなる. B 層は標高-1.5 m 付近で A 層を覆って堆積する. 基底付近の層厚約 15~40 cm は生物擾乱の発達する黒~濃灰色を呈する泥質な細粒砂層で, 砂の偽礫や 1 mm 以下の貝の破片, 火山岩片を含む. また, 海側の地点では植物片や炭質物を多く含む傾向がある. C 層は標高-0.5~0 m 付近の灰色シルト~砂層で, シルト層を主体として細~中粒砂や炭化植物片が濃集する層を複数枚挟在する. D 層は標高 0 m 付近~地表までの堆積物で, 表層約 20 cm の人為的な耕作土層とその下位のシルト~細粒砂層からなる.

珪藻分析の結果, A 層では淡水性付着性種の *Cymbella turgidula* や *Gomphonema parvulum* を多産し, やがて珪藻化石をほとんど産出しなくなるのに対して, B 層では *Cocconeis scutellum* や *Thalassionema nitzschioides* などの汽水~海水生種が優占的に産出する. また, 堆積物の吸着水分析では, B 層基底を境として, K, Ca, Na, Mg および SO_4^{2-} など海水中に多く含まれる成分の濃度が急激に増加している. さらに, 堆積物の粒度や貝化石の有無などにも B 層基底を境として差異が認められた. 以上の分析結果は, B 層基底標高を境として, 淡水湿地から干潟・内湾へと堆積環境が急激に変化したことを示唆する.

得られた年代測定値から見積もった堆積年代の暦年較正值は, 沈降以前の淡水環境の堆積物 (A 層) が AD1445~1595 年頃, 沈降によって生じた入江を埋積した海水~汽水環境の堆積物 (B 層) が AD1549~1771 年頃, その上位のシルト~砂からなる汽水~海水環境の堆積物 (C 層) が AD1651~1771 年頃となる. この結果は, B 層基底標高を境とする堆積環境の変化が 1662 年寛文日向灘地震に伴う地殻変動に対応するものであることを示す.

これらの結果をもとに, 本講演では, 地震の沈降による堆積環境の変遷について, これまでの研究で明らかになったことを速報として紹介する.

キーワード: 日向灘地震, 宮崎平野, 堆積環境

Keywords: Hyuganada earthquake, Miyazaki Plain, depositional environment

閉鎖生態系におけるシステム維持のための導入生物と物質循環
Selected organisms for systems of life-support in closed bio-ecosystem, and the chemical circulation

富田一横谷 香織^{1*}
TOMITA-YOKOTANI, Kaori^{1*}

¹筑波大学
¹University of Tsukuba

地球上に生育する多種多様な全ての生物は、長い年月の地球進化の過程の中で、相互に影響を受けあい進化し、生存に重要な機能を獲得し、維持・完成させ、また新たに進化・変化してきた。宇宙や深海・あるいは砂漠などの過酷環境を想定して、人為的閉鎖生態系の設計を試みる時、限られた種数の生物自身のシステムや環境応答現象および相互作用の変化や代謝と更に大気を含む物質循環の詳細な情報蓄積は、今後の発展に重要となる。必要な要素について各生物システムを考慮して考察する機会は重要である。今回、具体的導入生物種について、具体的提案と閉鎖生態系内における物質循環についての構想を考察する。

キーワード: 閉鎖生態系, 物質循環
Keywords: chemical circulation, closed bio-ecosystems

閉鎖生態系に有用な要素としての *Nostoc* sp. HK-01 の乾熱耐性 Dry heat tolerance of the dry colony in *Nostoc* sp. HK-01 for useful usage in closed bio-ecosystems

木村 駿太^{1*}; 加藤 浩²; 佐藤 誠吾¹; 富田—横谷 香織¹
KIMURA, Shunta^{1*}; KATOHI, Hiroshi²; SATO, Seigo¹; TOMITA-YOKOTANI, Kaori¹

¹ 筑波大学, ² 三重大学

¹University of Tsukuba, ²Mie University

人工的な閉鎖生態系を設計する際、理想的な環境条件だけでなく変動する環境条件においても保持できる、汎用性が高い生態系を構築する事が望ましいと考えられる。このとき導入生物に要求されるひとつの要素として、乾燥および幅広い温度に対する耐性が考えられる。*Nostoc* sp. HK-01 は陸棲のラン藻(シアノバクテリア)の一種である。光合成能および窒素固定能をもち、食糧としても有用であることから、宇宙をはじめとした閉鎖生態系における物質循環に利用できると考えられている。また、閉鎖生態系への導入時に予測されるそれぞれの耐性に関する研究が必要である。そこで、宇宙環境を想定した耐性の検証のひとつとして、*Nostoc* sp. HK-01 の乾燥した藻体の乾熱(100℃, 10h)に対する耐性が証明されたが、そのしくみの詳細はまだ明らかになっていない。本発表は、乾燥、低温、NaCl および重粒子線など各種耐性への関与が報告されている細胞外多糖(EPS; Extracellular polysaccharides)に焦点を絞る。EPSが乾燥条件下において乾熱耐性を高める可能性について生長生理レベルで検証し、考察する。

キーワード: 物質循環, 閉鎖生態系, ラン藻, 乾熱耐性, 細胞外多糖, *Nostoc* sp. HK-01

Keywords: bio-chemical circulation, closed bio-ecosystem, cyanobacteria, dry heat tolerance, extracellular polysaccharides, *Nostoc* sp. HK-01

陸生ラン藻の有効利用 Utilization of the terrestrial cyanobacteria

加藤 浩^{1*}; 横島 美香²; 木村 駿太²; 古川 純²; 富田-横谷 香織²; 山口 裕司³; 竹中 裕行³
KATO, Hiroshi^{1*}; YOKOSHIMA, Mika²; KIMURA, Shunnta²; FURUKAWA, Jun²; TOMITA-YOKOTANI, Kaori²; YAMAGUCHI, Yuji³; TAKENAKA, Hiroyuki³

¹ 三重大学, ² 筑波大学, ³ マイクロアルジェコーポレーション株式会社

¹Mie University, ²University of Tsukuba, ³MicroAlgae Corporation

耐乾燥性を持つ陸生ラン藻の光合成と窒素固定能を利用した環境改善を目的とした応用を可能にするために、強い耐乾燥性と窒素固定能を持つ陸生ラン藻 *Nostoc commune* の単離を進め、無菌化した。これは研究が進められている *Nostoc (Anabaena) sp. PCC 7120* の類縁株であり、細胞外多糖を多く含むことから、遺伝子解析だけでなく植物栽培に必要な根の成長、窒素源の供給だけでなく、無菌化されているので食品等様々な応用が期待される。植物に必要とされる窒素の供給源としてラン藻マットを使用することが可能かを検討する目的で、ラン藻マットでの植物栽培研究を進め、成長阻害が起きないことを確認したが、十分な成果を得るには複数の植物による栽培実験、陸生ラン藻の大量培養系が必要であり、複数の植物での結果についても報告する予定である。また、放射性物質吸収についての可能性も検討する予定である。

キーワード: 乾燥, 陸生ラン藻, バイオレメディエーション, 農業, 除染

Keywords: desiccation, terrestrial cyanobacteria, bioremediation, agriculture, decontamination

閉鎖生態系内導入生物として選択される食材の調理後の機能性評価 Evaluation of functional components in selected organisms as food after cooking in closed bio-ecosystem

木村 靖子^{1*}; 加藤 浩²; 千田 ゆかり³; 新津 史恵³; 佐藤 誠吾³; 富田一横谷 香織³
KIMURA, Yasuko^{1*}; KATOH, Hiroshi²; CHIDA, Yukari³; NITSU, Fumie³; SATO, Seigo³; TOMITA-YOKOTANI, Kaori³

¹ 十文字学園女子大学, ² 三重大学, ³ 筑波大学

¹Jumonji University, ²Mie University, ³University of Tsukuba

過酷環境を地上生物が生き抜くとき、閉鎖系生態システム研究への依存は大きい。一般的に、人が生きていくために栄養として要求する要素はすでによく知られているが、過酷な閉鎖環境で必要となる栄養素をどのような形で十分に摂取するかについての提案は、得られる素材をどのように選択するかやその調理法により変化する。ここで、例として、我々が宇宙環境で繁殖可能な高宇宙環境耐性のラン藻の食料化と、導入生物のひとつとして利用価値が高いと考えられる樹木の食料としての利用研究の可能性を検証する。過酷な環境条件で栽培可能なラン藻類や炭素固定能の高い樹木の可食部域を効率よく食料化できれば、今後予想される地球規模の食糧問題に対して、有効な対策となり得る。

キーワード: ラン藻, 樹木, 食品, 閉鎖生態系

Keywords: Cyanobacteria, tree plant, food, closed bio-ecosystem

有人宇宙探査のための閉鎖系生命維持システムの研究 Study of Closed Life Support System for Manned Space Exploration

桜井 誠人^{1*}
SAKURAI, Masato^{1*}

¹ 宇宙航空研究開発機構
¹JAXA

JAXA では「人間が、より長く、遠くに滞在するために乗り越えなくてはならない技術」を見極め、進展させることにより我が国の存在感を国際的な宇宙開発協力の中で発揮できることを目指している。現在運用中の国際宇宙ステーション (ISS) は 2020 年までは運用が延長される。宇宙船内における空気再生および水再生は日本の得意とする環境技術を駆使できるので優先順位の高い開発課題となっている。

キャビンエアーの CO₂ は、メンブレンドライヤーを用いて湿度低減した後、吸着塔に導入される。吸着塔ではゼオライト 5A によって CO₂ のみが選択的に吸着され温度スイングによって吸着脱着が行われる。1 人分の CO₂ が処理できるよう 90L/min にて 4000ppm の CO₂ を入力し、一日に 1kg の CO₂ を除去できるように設計した。宇宙船内の CO₂ 濃度は 4000-7000ppm 程度である。水電解の反応は非常にシンプルである。しかしながら、微小重力環境場で水電解する場合、気液分離などの補器が必要となる。そこで JAXA が製作に取り組んでいるのが、カソード側で水を循環させる水電解システムである。膜のアノード側で発生した O₂ は多量の水に晒されることがないので、発生後の気液分離は不要となると考えられている。

水電解後は H₂ と循環水が混相流となっている。JAXA では、膜による分離手法を現在検討している。水電解セルで発生した H₂ は、混相流となり膜式気液分離器へと送られる。膜式気液分離器は疎水膜と親水膜とを向い合せて配置し、疎水膜から H₂、親水膜から水が流れ出る事で、H₂ ガスと水を分離する仕組みとなっている。システム全体の評価は重力方向テストスタンドを用いて行う。

将来の有人宇宙活動を支える循環型空気再生システムの構築を目指し、JAXA ではシステムの簡素化に資する新しい水電解方式の採用等、様々な要素技術の高度化に取り組んでいる。今後、各要素技術およびインターフェイスの高度化により、宇宙実証に向けたシステム構築に臨む計画である。

キーワード: 生命維持技術, 有人宇宙探査, 空気再生, 微小重力, 閉鎖環境, 水電解

Keywords: Life Support System, Manned Space Exploration, Air Re-vitalization, Microgravity, Closed System, Water Electrolysis

人体と酸素 Human body and oxygen

清水 強^{1*}
SHIMIZU, Tsuyoshi^{1*}

¹ 諏訪マタニティークリニック附属清水宇宙生理学研究所
¹ Shimizu Institute of Space Physiology, Suwa Maternity Clinic Hospital

著者らは難治性不妊症の女性患者に石原が開発した軽度高気圧高濃度酸素カプセル装置を用い、組織への酸素拡散能を高めて酸素供給をし易くすると、ある程度の妊娠出産効果の得られるという結果を最近得た。この結果は、通常当然と考えている人体での組織細胞での酸素の必要性を改めて認識させるものであった。宇宙環境への人類の進出にとって、微小重力や放射線、その他諸々の環境因子の人体への影響は強い関心も呼び、研究が精力的に行われて来ているが、何よりも適切な酸素供給の行われることが人類の宇宙進出にとっては最も必要であり、全ての活動の基礎となるものであることを我々は改めて認識する必要がある。本発表では、当たり前のような事柄ではあるが人体にとっての酸素の存在意義とその必要性をまとめてみることによって、将来の宇宙での人類の活動を考える参考としたい。

キーワード: 酸素, 人体, 宇宙環境
Keywords: oxygen, human body, space environment

ヤクシマカワゴロモに影響を与える付着藻類繁茂の原因解明 Growth of *Hydrobryum puncticulatum* (Yakushimakawagoromo) may be blocked by the increase of *Melosira varians* in Isso River

北渕 浩之^{1*}; 永淵 修¹; 中澤 曆¹; 横田 久里子²; 手塚 賢至³; 鮎川 和康⁴; 田辺 雅博⁵
KITABUCHI, Hiroyuki^{1*}; NAGAFUCHI, Osamu¹; NAKAZAWA, Koyomi¹; YOKOTA, Kuriko²; TETUKA, Kenshi³; AYUKAWA, Kazuyasu⁴; TANABE, Masahiro⁵

¹ 滋賀県立大学, ² 豊橋技術科学大学, ³ ヤクタネゴヨウ調査隊, ⁴ 環境システム株式会社, ⁵ 日科機バイオス株式会社
¹The University of Shiga Prefecture, ²Toyohashi University of Technology, ³Yakutane-goyou Research Group, ⁴Environmental System Co., Ltd, ⁵Nikkaki Bios Co., Ltd

Hydrobryum puncticulatum (*Yakushimakawagoromo*), the national monument and endangered species are making their habitat only in Isso river of Yakushima. For the first time in our observation, the bloom of *Melosira varians* which is periphyton of diatom was observed to be covered over the *H.puncticulatum* from 2011. This impact for the *H.puncticulatum* is a serious concern. The purpose of this study is to clarify the cause of bloom of *M.varians*. We examined the annual variability of dissolved nutrient concentration which was most accessible to *M.varians*. As a result, there was no increase in concentration of NO₃-N, SiO₂-Si from 2009 to 2013. In addition, PO₄-P was much lower concentration (0.003±0.001 mg/l). Therefore, we assumed that there was no relationship between the bloom of *M.varians* and dissolved nutrient concentration in Isso river. Meanwhile, the floating mud which was deposited in the bottom of the river has been continued during dry-spell. Tachibana et al (1986) reported that an algae can intake the suspended nutrient same as dissolved nutrient. It suggests that the *M.varians* and *H.puncticulatum* can take suspended nutrient.

キーワード: ヤクシマカワゴロモ, 付着藻類, 屋久島, 栄養塩
Keywords: *Hydrobryum puncticulatum*, periphyton, Yakushima, nutrient

環境微生物の増殖に与える磁場の影響の解析 Environmental response in bacteria to an applied magnetic field

阿部 誠^{1*}; 山名 昌男²; 安部 智子²
ABE, Makoto^{1*}; YAMANA, Masao²; ABE, Tomoko²

¹ 東京電機大学大学院理工学研究科, ² 東京電機大学理工学部

¹Graduate School of Science and Engineering, Graduate School of Tokyo Denki University, ²School of Science and Engineering, Tokyo Denki University

地球上に存在する生物は、地球及び太陽から発生する磁場に曝されてきた。発生する磁場(地磁気)の強さは両極地で約 60 μ テスラ、赤道で約 30 μ テスラと言われている。さまざまな磁場が存在する宇宙空間で人為的閉鎖生態系の設計を試みる時、異なった磁場環境が細胞にどのような影響を与えるかを理解しておくことは重要である。例えばバクテリアでは、転写を制御するシグマ因子の発現が高磁場環境下で増加することが大腸菌で報告されている。

本研究では、環境中の微生物の増殖に対する磁場の影響に注目した。人為的に作った高磁場に土壌中の微生物を曝して培養を行い、高磁場に曝した場合に地磁気下より多く増殖する微生物を単離し、解析した。

[方法・結果]

大学敷地内から採取した土を様々な液体培地に数グラム添加し、集積培養を行った。その際、ネオジム磁石(約 0.3 テスラ)をフラスコ底面と周辺部に設置した。数日間培養した後、平板培地でコロニーを観察し、数種類の菌株を単離した。

単離した菌株を数種類の培地を用いて印加磁場(約 0.3 テスラ)と地磁気下(対照群約 50 μ テスラ)で 30 $^{\circ}$ C で振とう培養し、培養液の濁度を測定することにより菌体数の増加を比較した。地磁気下培養と比較して、磁場を印加した培養で数種類の菌株において濁度に差が見られ、いくつかの菌株で再現性のある培養結果が得られた。その中で最も磁場印加培養により増殖が促進された菌株を NM2 株と命名した。16S rRNA 遺伝子領域の DNA 塩基配列を解析した結果、NM2 は *Bacillus* 属の近縁種であることがわかった。磁場の影響による細胞内タンパク質の生成量の変化を調べるため、培養菌体からタンパク質を抽出して SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動に供し、比較した。

キーワード: 磁場, 細菌, 成長曲線

Keywords: Magnetic field, Bacteria, Growth curve

ガンマ線耐性を有する陸棲ラン藻 *Nostoc* sp. HK-01 の宇宙環境利用の可能性 Useful utilization in closed bio-ecosystems of *Nostoc* sp. HK-01 having the tolerance of gamma-ray

味岡 令子^{1*}; 木村 駿太¹; 加藤 浩²; 佐藤 誠吾¹; 富田一横谷 香織¹
AJIOKA, Reiko^{1*}; KIMURA, Shunta¹; KATO, Hiroshi²; SATO, Seigo¹; TOMITA-YOKOTANI, Kaori¹

¹ 筑波大学, ² 三重大学

¹University of Tsukuba, ²Mie University

宇宙環境における閉鎖生態系内導入生物として、光合成生物は、酸素と二酸化炭素の循環や食料としての利用など、閉鎖環境内で多様な貢献の可能性が期待できる。乾燥耐性を指標として単離された、光合成生物の陸棲ラン藻 *Nostoc* sp. HK-01 は、導入生物候補種のひとつとして、宇宙環境を想定したいくつかの耐性実験がすでになされている。ラン藻は、オゾン層のない原始大気環境で約 28 億年前に誕生し、大気の酸化に多大な影響を及ぼしたとされる。当時に生育が可能であることから、多量の電離放射線に耐性を有すると考えられる。乾燥耐性とガンマ線耐性は相関関係が示唆されていることから、高い乾燥耐性を有する当ラン藻が、ガンマ線耐性を具備している可能性がある。当株のガンマ線に対する耐性について詳細に検証されるならば、宇宙環境における極めて初期の導入生物として、高い貢献が期待できる。本研究は、宇宙環境における初期閉鎖生態系導入生物として、*Nostoc* sp. HK-01 のガンマ線耐性とその後の生育について検証し、閉鎖生態系における利用の可能性を考察した。

キーワード: 閉鎖生態系, ラン藻, ガンマ線耐性, *Nostoc* sp. HK-01, 光合成生物

Keywords: closed bio-system, cyanobacteria, gamma-ray tolerance, *Nostoc* sp. HK-01, photosynthetic organism