

## 湖沼堆積物情報から推定する長周期水文地形環境の変動

### Long-term hydrogeomorphological changes inferred from lacustrine sediment information

\*柏谷 健二<sup>1</sup>

\*Kenji Kashiwaya<sup>1</sup>

1. 金沢大学環日本海域環境研究センター

1. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University

The Lake Biwa sedimentary records (200-m core and 1400-m core) cover the last 4 Myr, but detailed information is limited in the upper part of the sediment (250 m; ca. 450 ka). The information of the Lake Baikal sedimentary records used here for comparison is limited during the past 780 kyr although the records obtained until now cover the last 10 Myr. It is already reported that long and short Milankovitch cycles are printed in the lacustrine records of the two lake-catchment systems. Lacustrine information should be interpreted through geo-environmental settings. In this presentation Lake Baikal and Lake Biwa sedimentary information will be discussed in the viewpoint of long-term hydro-geomorphological fluctuation with geo-environmental settings. The sedimentary items used for discussion are grain size (sediment and mineral), organic content, bi-SiO<sub>2</sub> content, HCl-soluble content, and mineral content of both lacustrine sediments for the past 450 kyr and 780 kyr, respectively. Common and different trends for the both systems will be discussed.

キーワード：長周期水文地形環境変動、湖沼堆積物、湖沼一流域系

Keywords: long-term hydrogeomorphological changes, lacustrine sediments, lake-catchment system

## 実験地形の発達における砂山の透水性の影響について

### Effects of permeability on the development of experimental landform

\*大内 俊二<sup>1</sup>

\*Shunji Ouchi<sup>1</sup>

1. 中央大学理工学部

1. Faculty of Science and Engineering, Chuo University

降雨侵食と隆起による実験侵食地形の発達を規定する基本的な要素が隆起速度と降雨強度であることは明らかであるが、砂山の性質(この一連の実験においては主に透水性)が重要であることも確かである。今回は、実験地形の発達とそれに砂山の性質(透水性)が与える影響について考察する。特に、以下に示した、隆起速度が同じ0.36mm/hである、runs26, 27, 32, 38の4回の実験結果について報告する。

run	permeability	precipitation	width of deposition area
26	$2.57 \times 10^{-4}$ cm/s	40-50 mm/h	100 mm
27	$3.23 \times 10^{-4}$ cm/s	80-90 mm/h	100 mm
32	$1.84 \times 10^{-4}$ cm/s	80-90 mm/h	200 mm
38	$1.53 \times 10^{-3}$ cm/s	80-90 mm/h	200 mm

霧状の人工降雨の下で平坦な面から四角い砂山(60x60cm)が隆起して行くと、隆起域の縁辺から流水による侵食が始まり、そこから谷系が発達する。隆起によって高度が増すとともに谷の侵食が進み、隆起速度が非常に小さな場合を除いて、斜面が発達し斜面崩壊が起こるようになる。このころになると流路は安定して崩壊によって生産された物質が通過する道筋となり、流水による排出は速やかに起こる。大規模な斜面崩壊は周期的に集中して起こる傾向を見せ、崩壊集中期の高度低下とそれまでの隆起に伴う上昇が繰り返されるようになって、実験山地地形の平均高度はある高度の周辺を上下するような変化を見せる。その高度は、極端に隆起速度が大きな場合を除いて、隆起速度によって決まるようである。

砂山の透水性や強度は、使用する材料(細砂とカオリナイトの重量比10:1の混合物)が同じであれば、締固めの程度によって異なると考えられる。締固めの程度を密度で表現すると、締固めが強く密度が高くなると透水係数が小さくなる傾向は明らかであるが、密度とせん断強度(水で飽和した状態での)との関係はあまりはっきりしない。少なくとも今回報告する実験の範囲においては、締固めの程度によって透水性は変化するが強度はそれほど変わらないと考えてよいだろう。今回報告するrunの中で、堆積域幅がそれぞれ同じであるrun26とrun27では降雨量が、run32とrun38では透水性が異なる。しかし、それぞれの組み合わせの中での実験地形発達の違いには共通点がみられる。run27とrun32では比較的平坦で比高が小さく、尖った小丘が点在するような地形が発達するのに対してrun26とrun38では比高が大きな一塊の山体が形成される傾向があった。run26ではrun27と比べて降雨量が少なく、run38はrun32と比べて透水性が大きいという違いがある。浸み込む速度(透水性)によって表面流出量が異なるとすると、透水係数の大きなrun38では表面流出量が小さくなるはずで、降雨量の少ないrun26と同様の特征となると考えられる。降雨量(mm/h)の値を透水係数(cm/s)に合わせ、透水係数の値を砂山に浸み込む速度として降雨量から差し引いたものを表面流出量と考えれば、表面流出量は、run26とrun38でそれぞれ $8.4-11.4 \times 10^{-4}$  (cm/s)と $6.4-9.7 \times 10^{-4}$  (cm/s)、run27とrun32で $2.0-2.3 \times 10^{-3}$  (cm/s)と $1.9-2.3 \times 10^{-3}$  (cm/s)となる。run26とrun38、run27とrun32でそれぞれ表面流出量がほぼ同じであり、前者のペアが後者より一桁大きい。表面流出が大きいと流水による侵食の働きが強くなり、谷の伸延や拡幅が速く進行すると考えられる。run27とrun32の地形はその結果であろう。run26とrun38では表面流出が比較的少ないために谷の発達が悪く、大きな山体と斜面崩壊が目立つようになったのではないだろうか。砂山のせん断強度については、今回はその違いも実験地形発達に与える影響もはっきりさせることができなかった。しかし、他のrunを含めた一連の実験経過の観察から、斜面崩壊の様式を決定する重要な要因であることが推測されている。今後の課題として検討したい。

キーワード：侵食実験地形の発達、隆起、透水性、せん断強度、表面流出、斜面崩壊

Keywords: development of experimental erosion landform, uplift, permeability, shear strength, surface runoff, slope failure

## 粗視化数理模型を用いた砂丘分布

### Distribution of Sand Dunes with a Cellular Model

\*勝木 厚成<sup>1</sup>

\*Atsunari Katsuki<sup>1</sup>

1. 日本大学

1. Nihon University

Sand dunes are found in many places such as deserts, the sea bottom and the surface of Mars. Most fascinated dune is barchan, which is crescent dune. We reproduced many barchans in numerical simulations and investigate the dynamics. The motion of sand grains is realized by two processes: saltation and avalanche. Saltation is the transportation process of sand grains by flow. We reproduced a lot of barchans in numerical field by above model. Barchan releases sand from tips of two horns. The downwind barchan can capture the sand stream. Also, barchans sometimes collide each other. These direct and indirect interaction forms complex barchan fields. The size distribution of a few thousand of barchans is fitted by lognormal distribution well. This indicated that the small barchans exist around the large ones and the large barchans are around small barchans. The average size of barchans increase as the amount of supplied sand do.

キーワード：砂丘、サイズ分布

Keywords: sand dune, size distribution

# 梓川上流，上高地における2011年以降の降雨，水位変動，地形変化の関係

## Relationships between rainfall, water level fluctuation and landform change of riverbed since 2011 in Kamikochi region, the upper Azusa River, central Japan

\*島津 弘<sup>1</sup>

\*Hiroshi Shimazu<sup>1</sup>

1. 立正大学地球環境科学部地理学科

1. Department of Geography, Faculty of Geo-Environmental Science, Rissho University

本研究の目的は上高地の梓川上流における河道の地形変化プロセスを降雨，水位変動との関係から検討することにある。方法は，継続観察地設け，毎年夏季に詳細な測量に基づき地形分布を記載するとともに，インターバル撮影カメラを用いて継続観察地を撮影し，洪水時の水位変化と洪水前後の地形変化を記録した。降雨はAMeDAS上高地観測所のデータを使用した。あわせて，秋季に横断測量を実施した。本研究の解析では，カメラを設置した2011年7月3日以降を対象とする。結果は以下の通り。この期間で大きな地形変化が見られたのは，2013年6月16日で，このときには日降水量166mmを記録した。消雪後，梅雨明け前までの期間で，日降水量100mm以上を記録したのは，この1回だけであった。この期間においては，日降水量50mm程度であっても，大きな水位上昇がみられた。一方，秋季に日降水量100mm以上を記録した日がみられたが，水位上昇は小さく，地形変化は起こらなかった。2016年には梅雨期間中の6月25日に86.5mmの日降水量があり，夏季の8月30日にもほぼ同じ85.5mmの日降水量を記録した。前者の時には70cm程度の水位上昇が見られて河道の1/3程度が水没したが，後者では水位上昇は50cm程度で，中州も水没しなかった。前者の時にはわずかに側方侵食が起こった。

今までの観察では，日降水量が100mmを大きく上回ったときに，幅の広い河道がほぼ満水状態となり，流路の位置が大きく変化した。既存の流路が埋積されて浅くなったり，細くなったりすると同時に，新たな深く，幅の大きな流路が形成された。このとき，河道の側方移動は生じなかった。一方，梅雨期間中に80mm程度の日降水量の降雨の時には，稼働の一部が水没する程度の水位上昇が生じ，流路がわずかに側方侵食を行い，流路幅が拡大した。梅雨明け前の数十mm程度の日降水量の時には，地形変化が生じる程の水位上昇は起こらなかった。梅雨明け後の降雨の場合，かなり日降水量が多い場合でも，水位上昇は限定的であった。

キーワード：河川地形、地形変化、側方侵食、降雨、水位変動、上高地

Keywords: fluvial geomorphology, landform change, lateral erosion, rainfall, water level fluctuation, Kamikochi

## 表層崩壊を引き起こす降雨条件の推定 -伊豆大島三原山における水文観測から-

### The estimation of a rainfall index triggering landslides based on hydrological observations at Mt. Mihara, Izu-oshima Island, Japan.

\*竹田 尚史<sup>1</sup>、八反地 剛<sup>2</sup>、松四 雄騎<sup>3</sup>、寺嶋 智巳<sup>3</sup>

\*Naofumi Takeda<sup>1</sup>, Tsuyoshi Hattanji<sup>2</sup>, Yuki Matsushi<sup>3</sup>, Tomomi Terajima<sup>3</sup>

1. 日本工営株式会社、2. 筑波大学 生命環境系、3. 京都大学防災研究所

1. Nippon Koei Co., Ltd, 2. University of Tsukuba, 3. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

伊豆大島では2013年10月16日、台風26号に伴う豪雨によって多数の表層崩壊が発生した。豪雨による表層崩壊は、土層内の飽和側方流による間隙水圧の上昇により引き起こされることが知られており、現地観測に基づき表層崩壊発生場の雨水浸透過程を明らかにすることは、その発生を予測する上で重要である。そこで本研究では、伊豆大島の表層崩壊地周辺において、土層中の圧力水頭を観測し、雨水浸透過程を明らかにした。さらにその結果に基づき、表層崩壊の発生条件を検討した。崩壊地周辺では、地表から深さ2.5 mまでがテフラ・レスの互層により構成され、表層崩壊のすべり面はY1.0層と呼ばれるテフラ層であった。滑落崖におけるテフラ層は約70%が砂の粒径に相当する土粒子によって構成され、飽和透水係数は $10^{-3}$  cm/sオーダーであった。一方、レス層は約50%がシルト・粘土の粒径に相当する土粒子によって構成され、飽和透水係数は $10^{-4}$  cm/sオーダー以下であった。総雨量100 mm程度の降雨時、透水性が低いレス層内やその直上のテフラ層内において、飽和帯が発生した。

降雨時の圧力水頭最大値と降雨指標である実効雨量の関係を調べたところ、圧力水頭の上昇に対しては4時間半減期の実効雨量が圧力水頭の上昇に最も影響することが判明した。この結果と斜面安定解析から、対象の崩壊地では4時間半減期実効雨量で165 mm相当の降雨があった場合、斜面が不安定になると推定された。また、過去の災害履歴と降雨のデータから、4時間半減期実効雨量で217~253 mmの降雨があった場合、表層崩壊が発生すると推定された。2013年災害時の表層崩壊発生時刻の降水量は、4時間半減期実効雨量で250 mmを上回っており、斜面が不安定になるような高い間隙水圧が生じたと推察される。

キーワード：テフラ、レス、互層、飽和透水係数、飽和側方流、実効雨量

Keywords: tephra, loess, alternation, hydraulic conductivity, subsurface storm flow, antecedent precipitation index

## 異なる基盤岩の斜面で発生する表層崩壊に関与する土層の性質の鉛直方向の変化と降雨浸透過程

### Vertical changes of soil properties and infiltration process for occurrence of shallow landslides in hillslopes with different bedrocks

\*渡壁 卓磨<sup>1</sup>、松四 雄騎<sup>2</sup>、千木良 雅弘<sup>2</sup>

\*Takuma Watakabe<sup>1</sup>, Yuki Matsushi<sup>2</sup>, Masahiro Chigira<sup>2</sup>

1. 京都大学理学研究科、2. 京都大学防災研究所

1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

広島市北部の花崗岩と接触変成岩を基盤とする山地斜面で発生する表層崩壊を対象に、土層の物理的・力学的・水理学的な性質の深度方向の変化を詳細に分析し、また降雨浸透過程の違いを明らかにした。その結果、風化生成物である土層の粒径の違いが、透水性や力学的強度および降雨浸透過程に強く影響を及ぼしていることがわかった。花崗岩の土層は主に砂や礫からなる。土層と土層直下の強く風化した基盤岩との間には透水性の大きな差異はなく、いずれも $10^{-3}$ – $10^{-2}$  cm/secとなった。接触変成岩の斜面はシルトや粘土の多い粘着質の土層で構成され、その透水係数は $10^{-2}$ – $10^{-6}$  cm/secで深部ほど減少した。飽和状態におけるせん断抵抗角は花崗岩の土層で相対的に大きく、粘着力は接触変成岩の土層で相対的に大きくなった。透水性の良い花崗岩の斜面では降水が浸透するときの圧力水頭の応答が速やかであるのに対して、透水性の悪い接触変成岩の土層深部ではより遅れて応答が始まった。無限長斜面の安定解析により、花崗岩斜面で発生した多くの崩壊地は正水圧の発生を考えない場合の臨界線の近傍にある。一方で、接触変成岩では崩壊の発生には正水圧が必要となる。以上の結果は、地質ごとに崩壊発生を規定する要因が異なることを示している。

キーワード：花崗岩、ホルンフェルス、表層崩壊、2014年広島豪雨災害

Keywords: Granite, Hornfels, Shallow landslides, 2014 Hiroshima landslide Disaster

## 表層崩壊が水路頭の移動に及ぼす影響—広島県広島市および山口県防府市の事例—

### Effect of shallow landslides on migration of channel heads: Case studies in Hiroshima City and Hofu City, western Japan

\*八反地 剛<sup>1</sup>、児玉 龍哉<sup>2</sup>、高橋 大地<sup>2</sup>、土志田 正二<sup>3</sup>、田中 靖<sup>4</sup>、古市 剛久<sup>5</sup>

\*Tsuyoshi Hattanji<sup>1</sup>, Ryuya Kodama<sup>2</sup>, Daichi Takahashi<sup>2</sup>, Shoji Doshida<sup>3</sup>, Yasushi Tanaka<sup>4</sup>, Takahisa Furuichi<sup>5</sup>

1. 筑波大学生命環境系、2. 筑波大学地球学類、3. 消防庁消防研究センター、4. 駒澤大学文学部、5. 北海道大学大学院農学研究院

1. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 2. College of Geoscience, University of Tsukuba, 3. National Research Institute of Fire and Disaster, 4. Faculty of Letters Komazawa University, 5. Graduate School of Agriculture, Hokkaido University

広島県広島市安佐南区および山口県防府市では、近年豪雨に伴って表層崩壊が多発した。これらの地域において豪雨前後の1 m解像度のDEMを用いた地形解析と現地調査を行い、豪雨による水路頭（channel heads）の時間的变化を検討した。両地域において、豪雨後に伴う水路頭の上流側への移動や新しい水路頭の形成を確認した。豪雨前の水路頭では集水面積と斜面勾配との間に相関関係がみられなかった。一方、豪雨後に表層崩壊を伴って新しく形成された水路頭では、集水面積が小さくなるほど斜面勾配が大きくなるという強い負の相関関係がみられた。豪雨に伴う水路の形成には、地形的集水性の効果が発揮されると考えられる。一方、豪雨前に存在していた水路頭の多くは、地下水の流出が生じている湧水点と近接して存在していた。崩壊が発生しなかった水路頭の上方には谷頭凹地があり、さらに上方では過去のイベントによる崩壊跡が確認された。湧水を伴う水路頭の下流側では地表流による侵食により水路が継続的に維持されるが、湧水より上方では水路が堆積物により埋められることが推測される。

キーワード：丘陵斜面、谷頭凹地、微地形、湧水

Keywords: hillslope, head hollow, micro-landforms, spring

## A new approach for marine terrace extraction using DEM

\*小森 純希<sup>1</sup>、穴倉 正展<sup>2</sup>、安藤 亮輔<sup>1</sup>

\*Junki Komori<sup>1</sup>, Masanobu Shishikura<sup>2</sup>, Ryosuke Ando<sup>1</sup>

1. 東京大学、2. 産業技術総合研究所

1. The University of Tokyo, 2. National Institute of Advanced Science and Technology

房総半島南部に形成されている離水海岸段丘を対象として、DEMを用いた段丘地形検出の新たな手法を考案した。

離水海岸段丘は、波浪の浸食によって汀線直下に形成された平坦な海食台が、地震性隆起や気候変動による海水準低下などの相対的海面低下を受けて陸上に残存した地形である。例えば、今回の調査対象地域である房総半島南部の海岸段丘は、相模トラフで発生するプレート境界地震による隆起の痕跡と考えられている。このような海岸段丘を利用して、その地域の古地震発生履歴や海水準変動を調査する研究が広く行われてきたが、そのためには段丘の高度や形成年代を把握する必要があった。

従来の海岸段丘の検出は、初期には航空写真判読や現地調査によって行われてきた。しかしながら、現地調査は時間がかかるため分量のデータが得られず、航空写真判読は読み取りに技術が必要であるうえ、過去の変動履歴の解析に必要な高度データが得られないという欠点があった。近年ではDEMを用いて、斜度や曲率のような地形パラメータから数値的に段丘地形を検出する手法も実行されている。Scott and Pinter (2003)は、段丘面と段丘崖との間の地形傾斜の値の差に着目して、傾斜値や起伏値がある閾値未満の領域を抽出するという手法を用いた。しかし、この手法は、なだらかで各段丘面が十分分離している地域では有効であったが、今回対象としている房総半島南部のような狭小な段丘群では、段丘面同士を分類する能力が弱くなった。

そこで、本研究では、DEMを用いた新たな段丘地形検出手法として、標高投影イメージング(elevation view imaging)を考案した。これは、段丘地域を海岸線と垂直に短冊状に分割した各区画内で、地表面高度に対する地形パラメータの値をプロットし、その結果を横方向に並べて表示することで、段丘地形の垂直投影による可視化を試みたものである。この手法は、離水段丘地形はその形成過程から、水平方向、もしくは緩傾斜に同様な形状、すなわちある種の地形パラメータが連続しているはずであることに着目している。

今回解析を行った地域は、房総半島南東部に位置する浸食海岸地形が卓越する岩石海岸である。本地域には、1703年元禄関東地震(M8.2)と過去の同規模の地震発生時に隆起したと考えられている4段の離水海岸段丘が形成されている。使用したデータセットはLiDARにより取得した0.5mメッシュDTMである。イメージングに用いる地形パラメータとして、横山ほか(1999)による開度に基づく値を採用した。このパラメータを用いて標高投影イメージングを作成すると、段丘崖地形に対応する高度にほぼ水平にピークが連続し、段丘地形の標高を可視的に検出することに成功した。

今回対象とした地域は、茅根・吉川(1984)によって現地測量による旧汀線の高度が求められている。この値と本研究の結果を比較するとその高度はほぼ一致した。標高投影イメージングは、(1)航空写真判読よりも判別が容易で、(2)ほぼ水平方向に連続した直線として可視化されるという客観的な検出基準が得られ、(3)従来のDEMを用いた検出手法では困難であった複雑で狭小な段丘地形にも適用でき、(4)段丘形成メカニズムを解析するうえで重要な標高データが付随的に入手できる、という特徴がある。

### 参考文献

Scott, A.T., Pinter, N., 2003. Extraction of coastal terraces and shoreline-angle elevations from digital terrain models, Santa Cruz and Anacapa Islands, California. *Phys Geogr* 24, 271-294.

横山隆三, 白沢道生, 菊池祐, 1999. 開度による地形特徴の表示. *写真測量とリモートセンシング*, 4, 26-34.

茅根創, 吉川虎雄, 1986. 房総半島南東岸における現成・離水浸食海岸地形の比較研究. *地理学評論 Ser. A* 59, 18-36.

キーワード : DEM、海岸段丘、関東地震

Keywords: DEM, marine terrace, Kanto earthquake

## 琉球列島南部，宮古諸島と八重山諸島に襲来した津波営力の差異－海岸段丘上の津波石を用いた検討－

### A study on regional difference in historical tsunami energy, southern Ryukyu Islands, Japan

\*青木 久<sup>1</sup>、岸野 浩大<sup>1</sup>、早川 裕弼<sup>2</sup>、前門 晃<sup>3</sup>

\*Hisashi Aoki<sup>1</sup>, Koudai Kishino<sup>1</sup>, Yuichi S. Hayakawa<sup>2</sup>, Akira Maekado<sup>3</sup>

1. 東京学芸大学、2. 東京大学、3. 琉球大学

1. Tokyo Gakugei University, 2. The University of Tokyo, 3. University of the Ryukyus

津波石とは、津波により陸上に打ち上げられた岩塊のことである。先行研究によると、宮古島や石垣島をはじめとする琉球列島南部の島々には、過去の複数の津波によって石灰岩からなる巨礫、すなわち津波石が打ち上げられていることが報告されている。本研究では、津波によって陸上に打ち上げられた津波石のうち、海崖を乗り越えて海岸段丘上に定置している津波石に焦点をあてて野外調査を行い、過去に琉球列島南部、宮古諸島と八重山諸島に襲来した津波営力の違いについて考察を行うことを目的とする。

本研究では、宮古諸島に属する宮古島・下地島、八重山諸島に属する石垣島・黒島の4島を調査対象地域として選び、宮古島東平安名崎海岸、下地島西海岸、石垣島大浜・真栄里海岸、黒島南海岸において、津波石の調査が実施された。これらの海岸では琉球石灰岩からなる海崖をもつ海岸段丘が発達し、段丘上や崖の基部、サンゴ礁上に大小様々な津波石が分布する。各海岸の背後には、岩塊が供給されうる丘陵などの高台が存在しないため、段丘上の岩塊は津波によって崖を乗り越えた可能性が高いと判断し、本研究では3 m以上の長径をもつ巨礫を津波石とみなした。津波石の重量 ( $W$ ) と海崖の高さ ( $H$ ) に関する以下のような調査・分析を行った。 $W$ を求めるため、津波石の体積 ( $V$ ) と密度 ( $\rho$ ) の推定を行った ( $W = \rho gV$ ,  $g$ は重力加速度)。  $V$ は津波石の長径と中径と短径の計測および高精細地形測量 (TLSおよびSfM測量) による3D解析を併用し求められた。 $\rho$ は弾性波速度の計測値から推定された。 $H$ はレーザー距離計を用いて計測された。

津波石は、宮古島では $H=17$  mの段丘上に14個、下地島では $H=10$  mの段丘上に1個、石垣島では $H=3$  mの段丘上に4個、黒島では $H=3\sim 4$  mの段丘上に6個、計25個が確認された。段丘上の津波石が津波によって崖下から運搬されたと仮定すると、 $W \cdot H$ は津波石の鉛直方向の移動にかかった仕事を示すことから、津波石を崖上に運搬するのに必要な津波営力 (運動エネルギー) の指標となる。さらに各島の $W \cdot H$ の最大値は、各島における過去最大の津波を示すと考え、それらの値を比較してみると、その大小関係は下地島 $\geq$ 宮古島 $>$ 石垣島 $>$ 黒島となった。この結果は、過去に宮古諸島に八重山諸島よりも大きな津波が襲来したことを示唆し、石垣島周辺で最も大きい津波が襲来したとされる1771年の明和津波とは異なっている。

キーワード：津波、津波石、海崖の高さ、海岸段丘、琉球列島

Keywords: Tsunami, Tsunami boulder, Sea cliff height, Marine terrace, Ryukyu Islands

# アナグリフ地形判読にもとづく日本列島の大陸棚の海底地形学図の作成 Geomorphological mapping of the continental shelf around the Japanese Islands based on the interpretation of submarine anaglyph images

\*小松 哲也<sup>1</sup>、泉田 温人<sup>2</sup>、岡 岳宏<sup>2</sup>、高橋 尚志<sup>2</sup>、野村 勝弘<sup>1</sup>、安江 健一<sup>1</sup>、須貝 俊彦<sup>2</sup>

\*Tetsuya Komatsu<sup>1</sup>, Atsuto Izumida<sup>2</sup>, Takahiro Oka<sup>2</sup>, Takayuki Takahashi<sup>2</sup>, Katsuhiko Nomura<sup>1</sup>, Ken-ichi Yasue<sup>1</sup>, Toshihiko Sugai<sup>2</sup>

1. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構、2. 東京大学大学院新領域創成科学研究科

1. Japan Atomic Energy Agency, 2. Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

地層処分技術の信頼性向上に向けた課題の一つが、沿岸部付近における隆起・侵食に係る調査・評価技術の高度化である。この課題を検討するためには、陸上だけでなく、氷期に広く陸化する大陸棚において地殻変動や侵食の指標となる地形の分布やその特徴を把握する必要がある。そのための基礎資料には、1/100万スケールの日本第四紀地図（日本第四紀学会編、1987）以上に詳細な空間スケールで日本列島周辺の大陸棚の広がりとその地形的特徴を示した地形区分図が必要である。そこで本研究では、海底地形デジタルデータ（M7000シリーズ）から作成したアナグリフ画像の判読を行い、大陸棚の中地形スケールの形態的特徴に着目した海底地形学図を作成した。

海底地形学図には、大陸棚の広がりを規定する大陸棚外縁、大陸棚上の明瞭な傾斜変換線、海底谷、海底段丘面の分布等を示した。地形的特徴から推定される大陸棚外縁については、日本第四紀地図（日本第四紀学会編、1987）とは異なり、大陸棚と大陸斜面の境界付近に位置する明瞭な遷急線の中で、最も海側に連なるものとした。海底谷については大陸棚を開析するものとそれ以外のものとに区分した。また、大陸棚外縁と海底谷についてはGIS表示できるよう、シェープファイル化した。

海底地形学図を俯瞰することにより、(1) 大陸棚の広がりや大陸棚外縁の深さの地域差、(2) 大陸棚の広がりが海底谷の谷頭部や地すべり滑落崖の頂部が連なる開析前線によって決められている場があること、(3) 海底段丘面の発達に係る地域差、といった大陸棚の地形的特徴に係る基礎情報を読み取ることが可能となった。今後の課題としては、海底地形学図に海底活断層、陸棚谷、潮流地形といった地形の判読結果を盛り込むこと、既存研究に示された陸域の海成段丘や活断層の分布を取り込み陸域と海域をシームレスに繋ぐ地形学図を作成すること、などが挙げられる。

本報告は経済産業省資源エネルギー庁委託事業「平成28年度地層処分技術調査等事業（沿岸部処分システム高度化開発）」の成果の一部である。

## 引用文献

日本第四紀学会編 (1987) 日本第四紀地図, 東大出版会.

キーワード：地層処分技術、海底地形、大陸棚、アナグリフ、地形学図、日本列島

Keywords: geological disposal technology, seafloor landform, continental shelf, anaglyph, geomorphological map, Japanese Islands

## 2007年能登半島地震震源域の地殻変動量を用いた河川浸食による地形指標の評価

### Evaluation of the geomorphic indices using the crustal movement of the 2007 Noto Hanto earthquake, north-central Japan

\*山口 弘幸<sup>1,2</sup>、楠本 成寿<sup>3</sup>

\*Hiroyuki Yamaguchi<sup>1,2</sup>, Shigekazu Kusumoto<sup>3</sup>

1. 富山大学大学院理工学教育部、2. ナチュラルコンサルタント株式会社、3. 富山大学大学院理工学研究部

1. Graduate School of Science and Engineering for Education, University of Toyama, 2. Natural Consultant Co., Ltd., 3. Graduate School of Science and Engineering for Research, University of Toyama

河川浸食による地形指標は、地殻変動を広く素早く認識するための基礎的なツールとして発展してきた。近年では、実際の地殻変動と高い相関関係があることが報告されている。しかしながら、日本国内に分布する活断層の活動性の検討において、河川侵食による地形指標を適応した事例は少ない。また、内陸に分布する活断層の活動性については、トレンチ調査等によって詳細なデータが得られているが、沿岸部に分布する活断層に対する活動性の検討には、海成段丘面の旧汀線高度などの限定的な情報のみになる場合が多い。そこで、本研究では、断層活動に伴う隆起運動が明らかにされている2007年能登半島地震の震源域で地形解析を行い、地殻変動との比較を行った。

2007年能登半島地震は、能登半島北西岸の沿岸地域を震源として発生した $M_{JMA}$  6.9の地震である。この地震による陸域の地殻変動については、航空レーザ計測結果や衛星SARデータ等から明らかにされており、北高南低の隆起傾向を示す。また、航空レーザ計測による鉛直変動様式と海成段丘面の旧汀線高度の分布様式は調和的であり、本地域は少なくとも後期更新世以降の断層活動による継続的な隆起が生じている。

本研究では、Smf, Vf, SL, Af, Bsの5つの地形指標を用いた。Smfは山麓沿いの平野-山地境界 (mountain front) の湾入距離とmountain frontの直線距離の比で表され、隆起的な地域ほど湾入の程度は悪くSmf値は小さな値を示す。Vfとは谷底幅と尾根-谷底間の標高差の比で表され、隆起的な地域ほどV字形の断面形状を示し、Vf値は小さくなる。SLは河川勾配と河川距離の積で表され、活構造の分布域では大きな値を示す。Afは流域の傾きを表す指標で、全流域面積に対する右岸側の流域面積の比で計算される。Bsは流域の形状を表す指標で、流域の縦軸と横軸の比で計算され、活動的な地域ほど縦長 (値が大きくなる) で低活動域ほど円形を示す。解析には国土地理院公表の5-m DEMを使用した。

震源域に分布する流域のうち、50個の流域を用いて解析を行った。その結果、SmfとVfの分布様式は全体的に北側で値が小さく、南側で大きくなる傾向が見られる。SLについても、同様に北側が高く南側が低い傾向はあるが、SmfとVfよりもばらつきの程度は大きい。Af, Bsについては、上記のような北高南低の傾向は見られなかった。また、これらの指標と旧汀線高度との相関をとると、最も高い相関を示す指標はSLで、相関係数 $r$ は0.56、Smfで $r = 0.34$ 、Vfで $r = 0.21$ となり、いずれも高い相関を示さない。そこで、河口付近の地形情報や谷頭位置の状況、下刻する位置の地形等の基礎的な地形情報を加味し、各指標値でグループ分けを行った。その結果、Smfは河口付近に海食崖を伴う場合に旧汀線高度と高い相関を認められた ( $r = 0.9$ )。Vfについては、河口付近の形状に加えて、計測箇所の尾根を同時代に設定する事で、旧汀線高度分布と高い相関が認められる。SLについては、河川の最大標高と非常に高い相関があり、谷頭部に分布する段丘面から細分する事で、旧汀線高度の分布様式と同様の傾向が見られる。

以上のように、沿岸部における地殻変動に対する地形解析を行う際には、海岸浸食の影響を考慮し、流域内の時代設定を十分注意した上で、それぞれの指標から得られた数値を対比する事が重要である。

キーワード：地形解析、河川浸食、地殻変動、2007年能登半島地震

Keywords: morphometric analysis, river erosion, crustal movement, 2007 Noto Hanto earthquake



## 宮城県鳴瀬川水系における支流域の地質と河床形態との関係

### Relationship between geology and riverbed form in the tributary river basins of the Naruse River, Miyagi Prefecture, northeastern Japan

\*移川 恵理<sup>1</sup>

\*utsushikawa eri<sup>1</sup>

1. 宮城教育大学

1. Miyagi university of education

山地河川流域における地質と河床形態との関係を検討するため、宮城県鳴瀬川水系に属する根古川・小野川を対象に、約250～500m間隔で計18か所の調査地点を設定し、現河床堆積物と河床形態の調査を行った。

根古川流域では、上流部に固結度の高い第四紀安山岩類が、中下流部には新第三系の半固結凝灰岩・堆積岩が分布する。一方、小野川では、流域全体が新第三系の堆積岩・凝灰岩で占められる。なお、凝灰岩中には、安山岩礫も含まれている。河床形態については、根古川は主に礫河床が占めるのに対し、小野川では特に上流部で基盤河床が多く、下流部は礫河床が優占する。現河床堆積物のうち、礫については、根古川では、いずれの調査地点でも礫径が大きく淘汰の悪い安山岩礫が多い。円磨度は総じて低い。小野川では、礫径は小さく淘汰が良い。円磨度は下流方向に急速に増す。マトリックスについては、根古川では細礫の割合が比較的高いが、下流部になり堆積岩の礫が増加すると、砂の割合が高くなる。小野川では、砂の割合が比較的高く、地点間で粒度組成が類似している。

両河川における、このような河床形態および現河床堆積物の特徴の違いについて、岩質の観点から考察した。根古川に多く分布する安山岩類の河床礫は、摩耗されにくく礫径が大きいため、掃流力が大きい区間であっても礫が運搬されにくく河床に堆積し、礫のみで構成される砂礫堆が形成され、河床形態はほとんどが礫河床、河床勾配が急な地点では礫段河床になると考えられる。

一方で、小野川の河床礫は、摩耗されやすく、礫が運搬される過程で砂を盛んに生産するため、礫の間隙を砂が埋める砂礫堆が形成される。河床形態は、粒径の小さい礫と、それらが摩耗されて生産された細粒物質が、河床に堆積せずに容易に下流へと運搬されるため、基盤河床が多くなる。また、下流方向に礫河床が増加することは、河床勾配が緩くなること、比較的礫径の大きい安山岩類が河床に増加することで、堆積の場になりやすいためと考えられる。

キーワード：山地河川、河床形態、河床堆積物、岩質、宮城県鳴瀬川

Keywords: Mountain river, Riverbed form, Riverbed sediment, Lithology, The Naruse river, Miyagi prefecture

# 日本列島における小規模扇状地の扇面面積と集水域面積の関係

## Relationship between fan area and catchment area for small fans in Japan

\*高場 智博<sup>1</sup>、吉田 英嗣<sup>2</sup>

\*Tomohiro Takaba<sup>1</sup>, Hidetsugu Yoshida<sup>2</sup>

1. 明治大学大学院文学研究科地理学専攻、2. 明治大学文学部

1. Department of Geography, Graduate School of Arts and Letters, Meiji University, 2. Department of Geography, Meiji University

湿潤変動帯におかれる日本列島には多くの扇状地が分布する。このうち河川掃流プロセスによって形成されるとされる大規模な扇状地は、齊藤(1982)、齊藤(1988)やSaito and Oguchi(2005)などによってその分布や地形発達を網羅的に解明されている。しかし、土石流が主に形成する小規模な扇状地については、依然として検討の余地がある。そこで本研究では、日本の小規模扇状地を対象として、それらの扇面面積( $A_f$ )と集水域面積( $A_d$ )との関係を示し( $A_d = cA_f^n$ )、係数 $c$ および $n$ の大小と幾つかの地形条件との関連から、小規模扇状地の発達条件を探った。対象とするのは日本全国15地域の503扇状地で、扇面面積が最大で約7 km<sup>2</sup>、多くが2 km<sup>2</sup>未満であり、扇面の侵食が著しいものは除外した。それら扇状地と集水域の範囲は航空写真判読によって定め、QGISを用いてマッピングしたのち面積を算出した。とくに地形条件に着目して $A_d/A_f$ の関係を見出した結果、次のことがわかった。

### 1) 堆積プロセス(掃流および土石流)

$c$ 値に大きな違いはみられなかったが(掃流：0.26, 土石流：0.30),  $n$ 値が掃流よりも土石流が大きくなった(掃流：0.66, 土石流：0.87)。これは甲府盆地の例(中山・高木, 1987)と同様の傾向である。土石流の場合、土砂が谷口よりも下流に運ばれやすいため、 $A_f$ が増加しやすいと考えられる。

### 2) 山麓の活断層の有無

$n$ 値に違いはみられなかったが(有：0.84, 無：0.80),  $c$ 値には違いが認められた(有：0.30, 無：0.09)。地震動によって集水域が荒廃すれば、土砂供給のポテンシャルが増加すると考えられ、このことを示していると解釈可能である。

### 3) 最終氷期中の周氷河環境の有無

周氷河環境は、 $c$ 値および $n$ 値を大きく違わせるほどには影響しないと考えられる。

### 4) 集水域の地質

深成岩、堆積岩、変成岩の順に、 $c$ 値と $n$ 値の双方が大きい。これは米国南西部で報告されている関係(Hooke 1968, Lecce 1991)と同様の傾向である。

キーワード：小規模扇状地、 $A_d/A_f$ 、堆積プロセス、活断層、集水域地質

Keywords: Small Fans,  $A_d/A_f$ , Depositional Process, Active Faults, Catchment Geology

# 関東地方，荒川狭窄部における最終氷期の本流河床高度に関する再検討 Reexamination of the mainstream riverbed height during the Last Glacial period at the narrow pass of the Ara River, connecting Chichibu Basin and Kanto Plain, central Japan

\*高橋 尚志<sup>1</sup>、須貝 俊彦<sup>1</sup>

\*Takayuki Takahashi<sup>1</sup>, Toshihiko Sugai<sup>1</sup>

1. 東京大学大学院新領域創成科学研究科

1. Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

氷期に堆積段丘が形成された東北～中部日本の河川上流域では，一般に急勾配の支流が頻繁に合流する．そのため，氷期～間氷期の気候変動に伴う本流の河床縦断面形変化を復元するには，支流による土砂供給の影響を評価する必要がある．高橋・須貝（2016）は，多摩川上流域に分布する最終氷期の堆積段丘面の成因を再検討し，堆積段丘面がToe-cut terrace（支流的扇状地が本流の側方侵食によって段丘化した地形面: Larson et al., 2015）であり，堆積段丘面の高度は，最終氷期の本流の河床高度よりも7～23 m高いことを示した．多摩川と同様に，東北～中部日本の諸河川においてもToe-cut terraceを認定し，本流の河床高度の変化を再検討する必要がある．

荒川は，秩父山地に端を発し，秩父盆地を貫流した後，皆野～寄居区間の狭窄部を経て関東平野へ流出し，扇状地を形成している．荒川流域に発達する河成段丘面群については，柳田ほか（1982），吉永・宮寺（1986）などの研究があり，氷期～間氷期サイクルに伴う本流の河床高度変化が明らかにされているが，支流の合流による影響は十分には検討されていない．特に，皆野～寄居区間の狭窄部は，秩父盆地と下流の扇状地における段丘面の連続性や相互関係，流域全体の縦断面形変化の理解に不可欠でありながら，最終氷期中の本流の河床高度について，支流合流の影響を踏まえた情報が得られているとはいいがたい．本報告では，荒川狭窄部（皆野～寄居区間）に分布する河成段丘面について，支流的堆積物による影響を踏まえ詳細な地形面区分を行ない，一部の段丘面がToe-cut terraceである可能性，および最終氷期中の本流の河床高度変化について再検討する必要があることを指摘する．

吉永・宮寺（1986）によると，荒川狭窄部に分布する河成段丘面は，高位から親鼻（Ob）面，影森（Km）面，大野原（On）面に区分される．Ob面は層厚10 m以上の赤色風化した礫層を，Km面は層厚約30 mの未風化の礫層を伴うことから，Ob面およびKm面は堆積段丘面，On面は薄い礫層を持つことから，侵食段丘面であると考えられている．Ob面およびKm面は，主に支流合流点付近に分布する．両段丘面は緩斜面状の地形面を呈し，Ob面は200～70 %程度，Km面は80～40 %程度の勾配で本流方向に傾斜する．また，Ob面およびKm面は，明瞭な段丘崖によって下位の段丘と隔てられる．これらの地形学的特徴から，Ob面およびKm面はToe-cut terraceであり，最終氷期中の本流の河床面を示す地形面ではない可能性が示唆される．

Ob面およびKm面を河谷横断方向における勾配を保ったまま本流方向へと延長することで，Ob面およびKm面形成期の本流の河床高度を推定することが可能である．これによって得られるOb面およびKm面形成期の本流の河床縦断面形は，上流に向かってOn面のそれに収斂すると考えられる．柳田ほか（1982）は，Ob面およびKm面が上流に向かってOn面に収斂することを示し，また，Ob面およびKm面は，寄居より下流の扇状地における櫛引面（MIS 5c～5a）および寄居面（MIS 3）にそれぞれ相当するとして，海水準低下に伴う下流域の下刻が上流へと波及したと考えた．これに対し，吉永・宮寺（1986）は，Ob面は赤色風化した礫を含むことから，Km面と区別され，Ob面の縦断面形はOn面のそれに収斂しないものと考えた．Ob面およびKm面が最終氷期に形成されたToe-cut terraceであり，最終氷期中の本流河床高度がより低位置に見直され，上流に向かってOn面に収斂するとすれば，柳田ほか（1982）の考えと調和的である．

本発表では，段丘堆積物の編年や，本流性・支流的の識別に基づく堆積段丘構成層中の本流性堆積物の上限高度の認定を行い，荒川狭窄部における最終氷期中の本流の河床高度変化や各段丘面の縦断面形の収斂関係に関して検討した結果を報告する予定である．

## 引用文献

Larson et al. (2015) *Progress in Physical Geography* 39, 417-439.

高橋・須貝 (2016) 日本地理学会発表要旨集, 89, 280.

柳田ほか (1982) 駒沢大学大学院地理学研究, 12, 3-13.

吉永・宮寺 (1986) 第四紀研究, 25(3), 187-201.

キーワード：河成段丘、荒川、河床縦断面形、最終氷期、支流、Toe-cut terrace

Keywords: fluvial terrace, Ara River, river profile, Last Glacial, tributary, Toe-cut terrace

## 丘陵地谷頭部にみられる炭焼き由来の人工微細地形－宮城県大松沢丘陵の例－

### Human-disturbed topography formed by past charcoal production in valley-head hollows in the Ohmatsuzawa Hills, Sendai, northeastern Japan

\*西城 潔<sup>1</sup>、古市 剛久<sup>2</sup>

\*KIYOSHI SAIJO<sup>1</sup>, Takahisa Furuichi<sup>2</sup>

1. 宮城教育大学、2. 北海道大学

1. Miyagi University of Education, 2. Graduate School of Agriculture, Hokkaido University

燃料革命以前、主に里山として利用されてきた日本の丘陵地では、炭焼きが広く行われてきた。その痕跡は、炭焼きが衰退して50年以上経過する現在でも、炭窯跡という人工微細地形として残存している場合がある。こうした炭焼き由来の微細地形（以下、炭焼き地形）は、里山（丘陵地）の自然環境と炭焼きとの関係を示す重要な指標となることが期待される。本発表では、宮城県の大松沢丘陵の谷頭部を事例地域に、炭焼き地形の規模や周辺の土層断面の観察から、炭焼きという人為作用が、地形変化や表層物質の移動に及ぼした影響について考察を試みる。調査対象地は、同丘陵に作られた森林公園内の2つの谷頭部である。両谷頭部とも、谷頭凹地と上部谷壁斜面との境界付近に、炭窯跡などの炭焼き地形が認められる。その分布範囲は広く見積もっても50m<sup>2</sup>程度であり、谷頭部を構成する谷頭凹地などの自然地形の面積に比べて1桁以上小さい。また自然地形が谷底部から頂部斜面まで20m以上の比高を有するのに対し、炭焼き地形の作る起伏は2m以下である。さらに炭焼き地形を横断する地形断面上で土層断面を観察した結果、炭焼き地形上では腐植（A）層が未発達であるものの、その下方に位置する土層断面には10数cm厚のA層がみられ、その中に顕著な無機物や炭片の混入は確認できなかった。かつて丘陵地で行われていた炭焼きでは、一定程度の地形改変や周辺斜面での樹木伐採といった人為的インパクトがみられたはずであるが、その結果、自然地形としての特徴が大きく損なわれる、土砂流出が活発化するなどの影響はほとんどみられなかったと推定できる。

キーワード：炭焼き、人工地形、谷頭部、丘陵

Keywords: charcoal production, artificial topography, valley head, hill

## DEM-based Comparative analysis of terrain with gullies on Mars and in Svalbard.

\*李 在庸<sup>1</sup>、小口 高<sup>2</sup>

\*Jaeyong Lee<sup>1</sup>, Takashi Oguchi<sup>2</sup>

1. 東京大学大学院新領域創成科学研究科自然環境学専攻、2. 東京大学空間情報科学研究センター

1. Department of Environmental Studies, Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, 2. Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo

Recently some researchers confirmed the existence of ice and underground water on Mars. Gullies are terrain features that are considered to have been generated by liquids. On Earth, gullies are formed by water, but concerning those on Mars, there is no sufficient evidence of water flow. In some areas on Mars, seasonal streaks called Recurring Slope Lineae (RSL) can be clearly observed in summer but disappear in winter. In addition, some water on Mars was found to be saline very recently, but there are many questions about the origin of water. The issue of water on Mars is important for future possible settlement or terraforming. A related issue is that in areas where gullies and RSL are found, ice such as glaciers exist or existed. Therefore, production of these landforms might be related to glaciers or rock glaciers. In order to address this hypothesis, this paper analyzes the development process of the gullies distributed in Svalbard on Earth, and compares gullies on Mars and Earth.

キーワード：ガリー、火星、スバルバル島、氷河

Keywords: Gully, Mars, Svalbard, Glacier