

2011年台風12号にともなう豪雨による三重県宮川流域持山谷における岩盤崩壊と土石流

Rockslide and debris flow at Mochiyamadani, Miyagawa River, Mie Prefecture induced by heavy rain of the Typhoon No.1112

永田 秀尚^{1*}

NAGATA, Hidehisa^{1*}

¹ 有限会社風水土

¹ Fu Sui Do co. ltd.

2011年9月に日本に上陸した台風12号による豪雨は紀伊半島を中心に多数の斜面崩壊を引き起こした。これらのうち宮川流域持山谷での崩壊・土石流の事例を報告する。

崩壊は宮川本流との合流点から2km上流の尾根直下で発生した。概算される崩壊体積は、隣接する小崩壊を含めて約20万m³程度で、今回の豪雨によって発生した崩壊としては大きなものではない。発生域の地質は秩父帯に属する風化した砂岩で、構造的には流れ盤となるが、この構造の寄与は小さかったものと考えられる。この崩壊で特徴的なのは、崩壊から発生した土石流が、流送域の谷中に存在した2004年豪雨時の地すべりダムの堆積物を巻き込んだことである。これによって、移動土砂量は少なくとも1万m³のオーダーで増加した。流下した土石流は谷の砂防ダムや橋梁を破壊して宮川合流点に達し、一時的に本流をせき止めた。スーパーエレベーションの計測から、合流点上流での流速は18m/sに達したと推定される。

キーワード: 2011年台風12号, 宮川, 土砂再移動, 地すべりダム

Keywords: Typhoon No.1112, Miyagawa, sediment removal, landslide dam

2011年台風12号による紀伊半島での斜面崩壊の検証 - 降雨量と Normalized Soil Water Index に注目して - Validation of landslides caused by Typhoon No. 12, 2011 using Normalized Soil Water Index in the Kii Peninsula, Japan

齋藤 仁^{1*}, 松山 洋³

SAITO, Hitoshi^{1*}, Hiroshi MATSUYAMA³

¹ 東京大学 空間情報科学研究センター, ² 日本学術振興会特別研究員, ³ 首都大学東京 地理学教室

¹Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo, ²JSPS Research Fellow, ³Department of Geography, Tokyo Metropolitan University

2011年8月下旬から9月上旬にかけて日本列島に接近・上陸した台風12号は、紀伊半島において甚大な土砂災害をもたらした。特に奈良県南部の十津川村や五条市周辺では大規模な斜面崩壊が同時多発的に発生した。AMeDAS 上北山での最大72時間降雨量は1652.2 mmに達し、1976年の統計開始以来の国内観測記録を更新した(気象庁, 2011, 災害時気象速報)。このような降雨に起因した斜面崩壊を危険度評価する際には、まず斜面崩壊の発生と降雨量との関係を解析することが重要である。しかしながら台風12号による豪雨では、累積雨量や最大1時間降雨量の分布と斜面崩壊の分布がそれほどよく一致しなかった。そこで本研究は、Saito et al. (2010, SOLA) で提案された Normalized Soil Water Index (NSWI) を用いて、特に奈良県南部を対象として斜面崩壊の分布を検証した。NSWIは、土壌雨量指数(岡田ほか, 2001, 天気)を同一箇所の過去10年間の最大値で基準化したものである。つまりNSWI=1は、その場所において過去10年間で最も土砂災害が発生しやすく(岡田ほか, 2001)、NSWIが高いほど斜面崩壊が発生しやすい状況となる。

まず、台風12号による一連の降雨の累積雨量と最大1時間雨量を求めた。しかし、斜面崩壊が発生したグリッドと発生しなかったグリッドについて、累積雨量と最大1時間降雨量の分布をそれぞれWilcoxon検定にかけてみたところ、どちらにも有意な違いは認められなかった。その一方で、一連の降雨におけるNSWIの最大値と斜面崩壊の分布を比較したところ、NSWIが高いグリッドほど斜面崩壊が発生していた。また崩壊が発生したグリッドと発生しなかったグリッドにおけるNSWIの分布は、Wilcoxon検定において有意水準1%で差が認められた。紀伊半島は日本の中で最も降雨量が多い地域の一つである。このような地域では、累積雨量や最大1時間雨量といった降雨量の絶対値よりも、NSWIのような過去の記録と比較した相対値を用いることが斜面崩壊の評価に有用であることを、この結果は示唆していると言える。今後は、発生時刻も考慮した解析やより多くの事例での検証が必要である。

キーワード: 斜面崩壊, 2011年台風12号, 紀伊半島, NSWI, 累積雨量, 最大1時間雨量

Keywords: Landslide, Typhoon No. 12, 2011, Kii Peninsula, NSWI, Cumulative event rainfall, Maximum hourly rainfall intensity

深層崩壊発生と降雨

Deep catastrophic landslide occurrence and heavy rainfalls

内田 太郎^{1*}, 岡本 敦¹, 佐藤 匠¹, 水野正樹¹, 倉本和正²

UCHIDA, Taro^{1*}, Atsushi OKAMOTO¹, Takumi SATO¹, Masaki MIZUNO¹, Kazumasa KURAMOTO²

¹ 国土技術政策総合研究所, ² 中電技術コンサルタント株式会社

¹National Institute for Land and Infrastructure Management, ²Chuden Engineering Consultants Co., Ltd,

Deep catastrophic landslide triggered serious damages. So, early-warning systems, as well as construction of countermeasures, for deep catastrophic landslide are important tools for disaster risk reduction. For development early-warning systems, it is important to clarify a critical rainfall amounts for deep catastrophic landslide occurrence. We analyses characteristics of recent deep catastrophic landslide triggered rainfalls. Using AMeDAS dataset, we showed that the number of rainfall exceeded 600 mm/48 h was around 250 in Japan.

キーワード: 深層崩壊, 降雨量, アメダス

Keywords: deep catastrophic landslide, rainfall amount, AMeDAS

深層崩壊に起因する土石流の流下過程に関する数値計算 Numerical Simulation for Run-out Process of Debris Flow Triggered by Deep Catastrophic Landslides

西口 幸希^{1*}, 内田太郎², 山越隆雄¹, 石塚忠範¹, 里深好文³

NISHIGUCHI, Yuki^{1*}, UCHIDA Taro², YAMAKOSHI Takao¹, ISHIZUKA Tadanori¹, SATOFUKA Yoshifumi³

¹ 土木研究所, ² 国土技術政策総合研究所, ³ 立命館大学

¹Public Works Research Institute, ²NILIM, ³Ritsumeikan University

Deep catastrophic landslides have triggered large-scale debris flows that have had serious impacts on humans. Therefore, it is important to predict the run-out process of debris flows and to identify debris flow hazard areas. However, previous studies have shown that the commonly used debris flow numerical simulation models may not be applicable for debris flow triggered by deep catastrophic landslide.

Most models used to describe run-out process of stony debris flows assume that they consist of solid and fluid phases. Some researchers have suggested that the motion of fine sediment in large-scale debris flows is similar to that of the interstitial water, which means the fine sediment in large-scale debris flows might be considered to fluid phase rather than solid phase.

In this study, we tested the hypothesis for behaviors of fine sediment and developed a technique for simulation of deep catastrophic landslide-triggered debris flows. We developed new methods to evaluate key parameters to simulate deep catastrophic landslide-triggered debris flows, such as sediment concentration, fluid density, and representative particle diameter and modified the continuity equation for sediment.

To test our model, we conducted detailed field surveys of the past debris flows triggered by deep catastrophic landslides by using topographic data from LiDAR imagery, porosity measurements of soil and weathered bedrock and the grain size distributions of the debris flow sediments.

Using these new data and methods, we conducted numerical simulations of five recent debris flows occurred in Japan in the unified method which we developed. Although the volume of these landslides and travel distances of these debris flows were various, their simulated results reproduced well the observed erosional and depositional patterns if when the concept of fine sediment behaving like fluids was included in the numerical simulation. It showed that the proposed method for debris flow numerical simulation in this study could be applied to predict run-out process of deep catastrophic landslide-triggered debris flow.

キーワード: 土石流, 深層崩壊, 数値計算, 細粒土砂

Keywords: debris flow, deep catastrophic landslide, numerical simulation, fine sediment

岩石の風化程度および削剥前線に支配された表層崩壊発生場についての考察：白亜系和泉層群堆積岩の事例 Landslide Sites Controlled by the Denudation Front and Weathering Intensity: Shallow Landslides by Izumi Group

松澤 真^{1*}, 千木良 雅弘²

MATSUZAWA, Makoto^{1*}, CHIGIRA, Masahiro²

¹ パシフィックコンサルタンツ株式会社, ² 京都大学防災研究所

¹PACIFIC CONSULTANTS CO.LTD., ²Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

2004年の台風15号と21号の豪雨により、愛媛県新居浜市の白亜系和泉層群分布地域で、表層崩壊が多発した。本研究では、地質調査、崩壊地調査、および詳細地形解析を行い、これらの崩壊発生場の地質地形的特徴を明らかにした。

和泉層群は従来豪雨に対して崩壊しやすいとは考えられていなかった地質である。調査地は主に砂岩、泥岩、細礫岩の互層で構成され、これらの地層は、それぞれの岩石の量比などによって区分されるが、崩壊はこれらの地層に偏りなく発生していた。崩壊は、岩石の風化の程度と地形に規制されて発生していた。風化程度は、弱、中、強と3区分され、強風化岩上の土層の崩壊密度が220箇所/km²と最も高く、次に中風化岩上の土層の崩壊密度が同面積内に147箇所/km²であった。

航空レーザースキャナデータを用いた地形解析により、2004年の崩壊とそれ以前の崩壊地形および遷急線が検出できた。崩壊の頭部は地形図上で遷急線に沿って並んでおり、この遷急線は「削剥前線」とみなすことができる。

以上のことから、調査地域で集中豪雨による表層崩壊が多発する箇所は、強風化岩分布地域かつ削剥前線直上の斜面であることが分かった。斜面の安定性に関する定量的評価の詳細は、土層の物性も含めて別途報告する予定である。

和泉層群が深層まで風化しているか否かは地域によって異なるかも知れないが、それが同じ条件であれば、以上に述べたことは、新居浜だけでなく他の和泉層群分布域においても成り立つものと考えられる。

キーワード: 表層崩壊, 削剥前線, 和泉層群, 航空レーザースキャナ

Keywords: shallow landslide, denudation front, Izumi Group, airborne laser scanner

南アルプス・ドンドコ沢岩屑なだれ発生年代の高精度推定

Age determination of Dondokosawa Debris Avalanche Deposits in Southern Japanese Alps using dendro wiggle matching

苅谷 愛彦^{1*}

KARIYA, Yoshihiko^{1*}

¹ 専修大学

¹ Senshu University

【はじめに】 2011年度 JpGU 大会で、演者は南アルプス鳳凰山東麓の大規模岩屑なだれ堆積物（ドンドコ沢岩屑なだれ堆積物：DDAD, $1.9 \times 10^7 \text{ m}^3$ ）について報じた。DDAD はドンドコ沢（富士川水系小武川支流）源頭にあたる地蔵ヶ岳東面の標高 2300 m 付近の斜面を発生源として標高 1100 m の青木鉱泉付近まで約 3.6 km 流下した。DDAD はドンドコ沢に平行する大棚沢を堰きとめ、湖沼 - 氾濫原を出現させた。その湖沼 - 氾濫原堆積物は大量の樹幹を含む。DDAD 中や DDAD 直下から得た複数の ^{14}C 年代の重合状況に基づき、岩屑なだれの発生年代は 780 ~ 890 cal AD (cal AD = IntCal09) 頃と当初推定された。また誘因は歴史地震（841 年信濃地震等）や豪雨が想定された。しかし通常の ^{14}C 年 - 暦年較正法では 100 年程度の誤差があるため、岩屑なだれという突発事件と歴史記録とを対比させることは困難だった。この解決策の 1 つとして、材化石のウィグル・マッチング (WM) がある。WM は数十年分の年輪から一定年数の間隔で試料を複数採取し、それらの較正暦年を較正曲線と視覚的・定量的に比較して任意の年輪の枯死年代を高精度に求める手法である。本発表では、DDAD で生じた湖沼 - 氾濫原堆積物中の材化石に WM を適用し、岩屑なだれの発生年代を推定した結果を報告する。なお、本研究には科研費（2151004）、平成 23 年度専修大学研究助成（株）パレオラボ災害履歴研究助成を用い、高岡貞夫・伊藤 茂・中村賢太郎各氏の協力を得た。記して謝意を表す。

【方法】 湖沼 - 氾濫原堆積物に含まれる大径樹幹（試料名：DDK-D2）から、樹皮を含む無欠損の年輪約 90 枚を採取した。そして最外年輪（1 枚目）~ 5 枚目を一括分取した。以後 11 ~ 15 枚目、21 ~ 25 枚目 … 81 ~ 85 枚目まで、10 年間隔で 9 試料を得た。試料の AMS ^{14}C 年代測定は（株）パレオラボに依頼した。WM は、視覚的パターン合わせと OxCAL 4.1.7 + IntCal09 による定量解析の双方を演者が行った。

【結果】（1）最外部試料（DDK-D2-0）は $1174 \pm 18 \text{ BP}$ (BP = ^{14}C)、最内部試料（DDK-D2-80）は $1315 \pm 18 \text{ BP}$ だった。一方、これらの間の試料は不規則な年代配列を示した。これは初生 ^{14}C 濃度の変動等による（2）視覚的パターン合わせを試みた。正確に 10 年間隔で採取した DDK-D2-0 から DDK-D2-80 の ^{14}C 年代を、IntCal09 較正曲線をプロットした図上で定間隔に並べた。これを曲線の変動と最も合うよう試行錯誤的に調整した。その結果、最外部試料の年代は 785 ~ 790 AD 頃と推定された（3）OxCal で定量解析を行った。これは、個々の ^{14}C - 暦年較正值について得られた確率分布を最外部試料と当該試料の中心値の差だけずらして全て乗じることにより、最外部試料の確率分布を新たに計算して較正暦年の範囲を求めるものである。この結果、最外部試料の年代は 778 ~ 792 AD (2 sigma; 適合性のよい年代値のみで計算) と算出された。なお、本研究では年輪 5 枚を一括分取しており、OxCal で得られる計算値はそれらの平均である。このため DDK-D2 の 1 枚目の年輪の真の枯死年代は、較正年代より若干新しい可能性もある。しかしここでは DDK-D2 の枯死年代を上記の値とする（4）WM 前の DDK-D2-0 の年代は 777 ~ 895 AD・925 ~ 937 AD (2 sigma) だった。単一の測定値の暦年較正では約 160 年の誤差は不可避だったが、WM で約 15 年に収束させることができた。

【議論】（1）DDK-D2 が岩屑なだれの発生と同時に斜面から搬出され、天然ダム湖に漂着・堆積したとすれば、岩屑なだれは 778 ~ 792 AD に発生したことになる。この堆積過程が成り立たなかったとしても、岩屑なだれが 792AD 以前に発生したのは確かである（2）DDAD に関係した既往の ^{14}C 年代とそれらの較正年代は全て 778 ~ 792 AD に含まれる。DDK-D2 をはじめ、DDAD 中とその直下から得た木片はほぼ同時に枯死・堆積したとみることが可能である（3）778 ~ 792 AD に歴史地震の記録はない。一方、「続日本紀」には宝亀十年七月（ユリウス暦 779 年 9 月）に駿河国で大雨洪水が生じたとの記述がある。年代の符号性や、本地域が静岡県北部山地に隣接する点からみて、岩屑なだれの誘因はこの時の豪雨だった可能性がある。なお、DDK-D2 の最外年輪は晩材を伴う。岩屑なだれが 9 月に生じたとする推定は、DDK-D2 が夏以降枯死したことを示すこの観察事実と矛盾しない。

キーワード: 岩屑なだれ, ウィグル・マッチング, ^{14}C 年代, 高精度編年, 年輪

Keywords: debris avalanche, wiggle matching, ^{14}C age, high precision dating, tree ring

岐阜福井県境の冠山北西の稜線上凹地を埋積した堆積物の特徴と年代 Characteristics and ages of sediments accumulated in the ridge-top depression northwest of Mt. Kanmuriyama, Gifu, Japan

小嶋 智^{1*}, 丹羽 良太¹, 金田 平太郎², 永田 秀尚³, 池田 晃子⁴, 中村 俊夫⁴, 大谷 具幸¹

KOJIMA, Satoru^{1*}, NIWA, Ryota¹, KANEDA, Heitaro², NAGATA, Hidehisa³, Akiko Ikeda⁴, NAKAMURA, Toshio⁴, OHTANI, Tomoyuki¹

¹ 岐阜大学工学部, ² 千葉大学大学院理学研究科, ³ 有限会社風水士, ⁴ 名古屋大学年代測定総合研究センター

¹Dept. of Civil Eng., Gifu Univ., ²Faculty of Sci., Chiba Univ., ³Fusuido, ⁴Center for Chron. Res., Nagoya Univ.

岐阜福井県境稜線周辺には、2.5 万分の 1 縮尺の地形図や同程度の縮尺の空中写真では判読できない山体重力変形地形が多数存在することが、航空レーザ測量により作られた 1 m メッシュ DEM や高精細等高線図（国土交通省中部地方整備局越美山系砂防事務所提供）などから明らかにされてきた（小嶋ほか，2011）。それらのうちの一つである冠山北西の稜線上の凹地（標高 1,131 m）を埋めた堆積物を、ハンドオーガーパーリングにより掘削し、堆積物の特徴を観察するとともに、それに含まれるテフラや植物遺体の年代を測定し、凹地の形成過程を考察した。

凹地埋積堆積物は、下位から 1) 礫質橙色粘土、2) 淡黄色粘土、3) 暗灰色粘土・腐植土互層からなる。南北方向の稜線に直交する方向に 4 本のボーリング掘削を行ったところ、上記堆積物の厚さは、西から約 280 cm, 225 cm, 150 cm, 90 cm と西ほど厚くなることが明らかとなった。これは主として 3) の層が、西から約 245 cm, 220 cm, 110 cm, 70 cm と厚くなることによる。最も西側のコアの深度 148 cm の層準からは、厚さ約 3 cm のほぼ火山ガラスのみからなるテフラの純層が得られた。火山ガラスの屈折率は 1.510-1.513 に集中するので、アカホヤ火山灰（K-Ah, 7.3 ka）に対比される。同コアの深度 82 cm, 138 cm, 195 cm からは木片が得られ、その AMS 14C 年代は、それぞれ 1210+-25 BP (1234-1060 cal BP), 5320+-30 BP (6191-5996 cal BP), 6990+-30 BP (7931-7731 cal BP) であった。これらの年代値から、本コアの堆積物の平均堆積速度は約 0.25 mm/年となる。

以上の事実から、本凹地は稜線頂部が東方に円弧滑りを起こして形成されたものと推定される。この推定は、周辺の地形の特徴とも調和的である。礫質橙色粘土の直下には基盤の美濃帯砂岩があると推定され、平均堆積速度を外挿すれば、この滑りは 10,000 年前頃に開始したことになる。このことは、最終氷期後、気候が温暖湿潤となり、同時に山地の不安定性が増大したことを示唆する。

キーワード: 山体重力変形地形, 地すべり, 岐阜

Keywords: sagging geomorphology, landslide, Gifu

東北地方太平洋沖地震による地すべり性地表変動の SAR 干渉画像による観測 InSAR-image observation of landslide surface deformation triggered by the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake

佐藤 浩^{1*}, 岡谷 隆基¹, 山中 雅之¹, 鈴木 啓¹, 関口辰夫¹, 小荒井 衛¹, 宮原 伐折羅¹, 神谷 泉¹, 原 哲也², 八木 浩司³
SATO, Hiroshi^{1*}, OKATANI, Takaki¹, YAMANAKA, Masayuki¹, SUZUKI, Akira¹, Tatsuo Sekiguchi¹, KOARAI, Mamoru¹,
MIYAHARA, Basara¹, KAMIYA, Izumi¹, Tetsuya Hara², YAGI, Hiroshi³

¹ 国土地理院, ² エイ・イー・エス, ³ 山形大学

¹GSI of Japan, ²Advanced Engineering Service, ³Yamagata Univ.

合成開口レーダー (SAR: synthetic aperture radar) は, 人工衛星や航空機から地表に向けてマイクロ波を射出し, その反射波を観測して地表面の性状を把握する技術である. ALOS/PALSAR データを使った平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震 (M 9.0) の地殻変動に伴う SAR 干渉画像は国土地理院ホームページから公開されている. この画像では地殻変動とは別に局所的な変動を示す干渉縞が見られ, 村上ほか (2011) と同様に, 例えば岩手県栗原市南西部と福島県土湯温泉周辺で, 地震に伴う地すべり性地表変動を検出した可能性があるため報告する.

参考文献

村上亮・奥山哲・古屋正人・阿部隆博 (2011): ALOS(だいち)PALSAR による東北地方太平洋沖地震の地盤変動解析
山体崩壊の前兆把握への応用の検討, 日本火山学会 2011 年秋季大会講演予稿集, p. 55.

キーワード: 地すべり, 地震, 干渉 SAR, だいち, PALSAR

Keywords: landslide, earthquake, InSAR, ALOS, PALSAR

傾斜速度と変位速度の比較に基づく変形プロセスの推定と、地震前後の挙動 - 塩の川地すべり・土肥地すべりを例として -

Estimation of landslide deformation process based on comparison of inclination rate and displacement rate

宇都 忠和^{1*}, 千田容嗣¹, 武士俊也¹, 高梨俊行², 西條敦志³

UTO, Tadakazu^{1*}, Yoji Chida¹, Toshiya Takeshi¹, Toshiyuki Takanashi², Atushi Nishijyo³

¹ 独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ地すべりチーム, ² 川崎地質株式会社, ³ 曙ブレーキ工業株式会社

¹Landslide Research Team, Erosion and Sediment Control Research Group, Public Works Research Institute, ²Kawasaki Geological Engineering Co. Ltd., ³Akebono Brake Industry Co. Ltd.

地盤傾斜計による地すべりの移動観測は、これまで数多く実施されてきたが、得られた回転運動の速度を、変位速度と併せて定量的に比較した事例は少ない。土木研究所では、曙ブレーキ工業株式会社、川崎地質株式会社との共同研究により開発され（土木研究所ほか、2009）、「特殊な地すべり環境下で使用する観測装置の開発研究会」（共同研究の改名）での活動を通じて設置された、IT地盤傾斜計の観測結果の分析から、地すべりにおける地盤傾斜の観測データを活用する方法を検討している。その一事例として、宇都ほか（2011）では、塩の川地すべりにおいて、IT地盤傾斜計から得られた傾斜速度と、変位速度を比較することにより、回転運動を伴う新鮮な再活動地すべりの変形プロセスを推定した。初生時には急激な変位は顕著ではなく、並進すべりと回転すべりを複合して内部構造を残したまま、徐々に変形してきたと推定された。しかし、（1）より長い時間スケールでの地すべりの変形プロセスを推定するには、地震時の挙動を含めた分析が必要となること。（2）回転運動の卓越する、複数の地すべり事例での比較から検証が必要であること。といった課題が明らかになった。

そこで、本研究では、（1）塩の川地すべりにおける東北地方太平洋沖地震での地すべりの変形を分析すること、（2）土木研究所ほか（2009）で観測を実施した土肥地すべりのデータを塩の川地すべりと併せて再度分析し、幅広く使える活用方法を提案すること、の2点を実施した。

まず、東北地方太平洋沖地震前後の挙動については、地震時には明瞭な傾動が認められるものの、平常時の速度（塩の川地すべりの回転運動を代表していると推定されるIT-4において、年間 0.87° （3117秒））と比較して、1年前前後ないしはそれ以下の傾斜量にとどまった。また、主滑落崖背後に設置した1基を除いて、後方回転運動と前方回転運動の両方の挙動をする計器が認められているが、そのいずれについても、傾斜速度は小さくなっている。移動杭観測結果でも、同様の傾向が認められており（上図）塩の川地すべりは地震によって加速するよりも、むしろ一時的に鎮静化した可能性がある。今後融雪期の挙動を確認する必要があるが、現時点でこのメカニズムは不明であるが、粘質土で構成される沖見地すべりでも、中越地震において同様の挙動が指摘されており（中村、2011）再滑動型地すべりに共通する傾向である可能性がある。また、地震時の動きは、移動杭観測結果の分析からは、塩の川地すべりは概ね一体で変形したと考えられる。塩の川地すべりが発生したと推定されている1911年～1945年ごろ以降に起こった地震は、東北地方太平洋沖地震、宮城県沖地震等の数回にとどまっており、今回の2011年が最大の地震加速度と考えられる。したがって、地すべりの初生時を除いては、地震動が塩の川地すべりの変形を加速させた可能性は低いと推定された。

次に、幅約250mの風化岩地すべりである塩の川地すべりに加えて、幅約40mの崩積土地すべりで、傾斜速度も一桁前後速い、土肥地すべりにおいて、IT地盤傾斜計で得られた傾斜速度（土木研究所ほか、2009）と、滑落崖に設置した地盤伸縮計等による変位速度と比較解析し、評価を行った。地すべり地内での地盤傾斜計の後方回転運動による傾斜速度 x (rad/day) と、地すべり頭部に設置した地盤伸縮計ないしは移動杭の変位速度 y (m/day) との関係は、 $y=kx$ の相関関係が得られた。上記の相関関係が地表面での回転運動の半径 r_2 (m) により生じると仮定すると、土肥地すべりでは $r_2'=k=14.2\sim 18.0$ 、塩の川地すべりでは $r_2'=k=35.4\sim 42.2$ となる。地すべり形状から推定した回転運動の半径がそれぞれ $r_2=16$ 前後、 $r_2=36$ であり、 r_2' と概ね一致する結果が得られた。回転運動が卓越する地すべりでは、変位速度/傾斜速度の比較解析が、地すべりの変形機構説明に寄与することが示唆された。このような分析や、移動杭観測で得られるすべり面推定手法（石田ほか、2011など）を通じて、円弧状のすべり面を持つ地すべりの変形プロセスや、すべり面形状の推定精度の向上が期待される。

謝辞： 国土交通省東北地方整備局福島河川国道事務所には、移動杭観測等のデータのご提供をいただきました。

参考文献

（独）土木研究所、川崎地質（株）、曙ブレーキ工業（株）、坂田電機（株）、（株）共和電業：厳しい条件下での使用に耐える地すべり観測装置の開発 共同研究報告書、独立行政法人土木研究所、共同研究報告書 第393号、2009。

石田孝司、藤澤和範、藤平大、浅井健一、M.Constantin：地表の変位からすべり線形状を推定する手法と適用事例。土木技術資料、Vol.53, No.4, 2011.4。

強風時において土砂災害警戒避難システムに積算暖度法を用いた場合の問題点と改善方法

Improvements to the degree-hour method for the warning system for sediment-related disasters during strong winds

萩村 俊司^{1*}, 松浦純生²

HAGIMURA, Shunji^{1*}, Sumio MATSUURA²

¹ 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻, ² 京都大学大学院理学研究科

¹Division of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, Kyoto University, ²Graduate School of Science, Kyoto University

積雪地帯では、積雪層として地表面に一時的に貯留された降水が春の融雪期に融けることから、土砂災害の発生危険度が高まる。このため、融雪水量の予測が重要となり、融雪水量を推定する最も簡単な方法として積算暖度法を用いる方法が考えられる。ところが、土砂災害は融雪期にフェーン現象に伴い強い風が吹く場合や、積雪層に雨が降ることなどによってもたらされることが多い。しかし、積算暖度法は統計的に求めた融雪係数を用いるため、フェーン現象などの特異な気象条件下（強風時）での融雪水量を正確に予測できない可能性がある。そこで、本研究では暖温帯多雪地帯における観測データを用いて、強風時における顕熱輸送、潜熱輸送などのエネルギー量と融雪水量との関係を調べるとともに、積算暖度法で求めた融雪水量と比較し、積算暖度法の改善案を提案する。さらに、融雪水量に対する間隙水圧の応答特性を解析することで、土砂災害警戒避難システムに適用可能な最適なパラメータについて検討する。

キーワード: 土砂災害警戒避難システム, 融雪水, 積算暖度法, 強風

Keywords: warning and evacuation system for sediment-related disaster, meltwater, degree-hour method, strong wind

ALOS/PRISM 画像を用いたカラコルムフンザ川流域における河道閉塞を伴う大規模地すべり判読

Inventory mapping of gigantic landslides that might dam up the Hunza River using ALOS/PRISM images, Karakoram, Pakistan

八木 浩司^{1*}

YAGI, Hiroshi^{1*}

¹ 山形大学地域教育文化学部

¹ Fac. Education, Art and Sciences, Yamagata Univ.

山岳地域における直下型地震や集中豪雨で最も危惧される災害は、河道閉塞を伴う大規模山体崩壊である。この現象は単に発生箇所における村落の破壊にとどまらず、地すべりダム崩壊によって発生する土石流災害が、下流地域に広範で大きなダメージをもたらすものである。たとえば、パミール高原を中心とする中央アジアには地すべりダムが 100 以上現存し、それらの突然崩壊とそれに伴うカストロフィックな洪水災害が下流地域にとって大きな問題になっている (Strom, 2010)。2005 年に発生したパキスタン北部地震においてもヒマラヤ最西部で数千万立方メートル規模の巨大山体崩壊が発生し、崩壊物質が谷を閉塞し地すべりダムが出現した (八木・千木良, 2006)。そこでは数十メートル規模の巨岩を含む崩壊物質は一見安定に見えたが、2010 年 2 月に溢流水によって地すべりダム堤上部が決壊し土石流性の洪水が発生し下流域に大きな被害をもたらした。

カラコルム山脈でも大規模地すべりとそれによる河道閉塞が発生してきた。たとえば 2010 年 1 月初旬パキスタン北部、フンザ・アッタバードにおいて、フンザ川右岸斜面が基部幅 1000m、比高 1000m、斜面長 1500m の規模で地すべりによってすべり落ち、約 4000 万立方 m の移動土塊がフンザ川河谷をせき止めた。この突然出現した貯水量約 5 億トン地すべりダムは、上流 20km、1200ha にわたって峡谷を水没させ、唯一の中国との交通路であるカラコルム・ハイウェイを遮断し、観光で成り立つフンザ地域に多大な損失を与えている。さらに、この地すべりダムの突然崩壊が、下流側地域の大きな不安となっている。しかし、この大規模地すべりは、突然発生したものではなく最初の兆候から約 20 年間にわたって活動した後、2005 年のパキスタン北部地震を境として運動が加速し大崩壊に至ったものであることがその後の調査で明らかになった (八木ほか, 2010)。

この地域は、カラコルム山脈の中核部をフンザ川が穿入して形成した横谷の出口にあり、海拔 7000m 以上で連なる主稜線高度に対しフンザ川の谷底高度は 2300m 前後と谷壁斜面はきわめて急峻で、その平均傾斜 40 度以上である。本地すべり周辺の谷壁斜面を構成する基盤岩に発達するクラックなどの開口系の存在から、本地すべりは、急な谷壁が長期間にわたる重力性変形を経てすべり落ちた岩盤すべりと考えられる。従ってアッタバード地すべりに類似した現象が、フンザ川の河谷沿いに多数発生したことや、将来の発生が容易に予想される。事実、本地すべり下流側 2.5 キロの下流側で 1858 年にフンザ川左岸が崩壊し地すべりダムを形成した後、崩壊し下流側 150km にまで土石流災害をもたらせたことが報告されている (Hussain et al., 2010)。アッタバード地すべり発生前 (2009 年 9 月撮影) の ALOS/PRISM 画像判読でも、本地すべり発生斜面内に災害前から前兆的な斜面変位が起こっていたことが明らかにされた (八木ほか, 2010)。このため、フンザ川に沿った他の地点でも同様な危険性のある斜面があると考え、ALOS/PRISM 画像を用いて実体写真判読を行った。その結果、フンザ・カナバード周辺のフンザ川右岸側に谷底から基部での幅 3km、比高 1500m の旧期地すべり地形の移動体頭部に明瞭な線状凹地状の変位や、移動体末端にシワ状の変位が発生していることを発見した。演者はこの地すべりをカナバード地すべりと呼び以下用いる。カナバード地すべりでは、旧期地すべり移動体が堆積段丘堆積物を覆っている。この段丘堆積物は少なくとも河床から比高 200m 以上の厚さを持つことから氷期の堆積物と考えられる。この堆積物はその基部をフンザ川に常に浸食されている。従ってカナバード地すべりは、末端部基部の浸食と段丘堆積物を覆う地すべり堆積物の荷重で再活動していることが考えられる。カナバード地すべりの活動は、その規模から見て地すべり活動の進行によって河道閉塞をもたらす可能性が高いものと考えられ、地元 NPO でも注目してモニタリングを始めている。本発表では、過去に河道閉塞を起こした可能性のある大規模地すべりや、大規模地すべりに拡大の可能性のある山体変形の兆候を示すものを ALOS/PRISM 画像の実体判読から明らかにする。

キーワード: ALOS/PRISM 画像, 実体判読, カラコルム・フンザ川, 大規模地すべり, 河道閉塞

Keywords: ALOS/PRISM images, 3D interpretation, Hunza River, Karakoram, gigantic landslides, landslide dams

3.11 東北地方太平洋沖地震および4.11 誘発地震により福島県いわき市で発生した斜面変動分布

Distribution of Landslides Induced by Two Large-scale Earthquakes in 2011, in Iwaki City, Japan

佐藤 剛^{1*}, 八木 浩司², 林 一成³, 梅村 順⁴, 檜垣 大助⁵

SATO, Go^{1*}, YAGI, Hiroshi², Kazunori HAYASHI³, UMEMURA, Jun⁴, HIGAKI, Daisuke⁵

¹ 帝京平成大学, ² 山形大学, ³ 奥山ボーリング(株), ⁴ 日本大学, ⁵ 弘前大学

¹Teikyo Heisei University, ²Yamagata University, ³Okuyama Boring Co.,Ltd, ⁴Nihon University, ⁵Hirosaki University

Iwaki City located in the coastal area of Fukushima Prefecture experienced two large-scale earthquakes, the M9.0 Tohoku earthquake on March 11 and the M7.0 aftershock on April 11, 2011. In terms of the Japanese earthquake scale, both earthquakes experienced in this area registered in the lower 6 level. These earthquakes caused many landslides. We made a landslide distribution map using aerial photographs and Google Earth images and on the basis of the interpretation of these images using field survey data and clarify the characteristics of the landslide distribution.

The results of our study are summarized here.

1) The landslides can be classified into two types, namely, slide type and slope-failure type. The number of slide-type and slope-failure-type landslides are 52 and 1143, respectively.

2) The number of landslides induced by the April 11 aftershock alone accounts for 70% of all landslides.

3) The two surface active faults that caused the April 11 aftershock appeared on the western part of Iwaki City. The distribution of landslides was relatively concentrated around these faults.

4) Most of the slide-type landslides were triggered by the April 11 earthquake. These slides broke out at the convex slope. This is the characteristic difference between slide-type and rain-caused landslides.

キーワード: 地すべり, 崩壊, 東北地方太平洋沖地震, いわき市

Keywords: Landslide, 2011 Tohoku earthquake, Iwaki City

東北地方太平洋沖地震とその余震により茨城県北部の花崗岩山地に発生した斜面崩壊の特徴 Characteristics of earthquake-induced landslides in granitic mountains of Northern Ibaraki, Japan

八反地 剛^{1*}, 奥村 大輔²

HATTANJI, Tsuyoshi^{1*}, Daisuke Okumura²

¹ 筑波大学生命環境系, ² 筑波大学地球学類

¹Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, ²College of Geoscience, University of Tsukuba

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震とその余震により、茨城県北部の花崗岩山地において断続的に斜面崩壊が発生した。本震直後のGoogle Earthの画像および2011年5月から11月にかけて行われた現地調査により、41ヶ所の新たな表層崩壊や岩盤斜面の崖崩れを確認した。衛星画像や現地での聞き取りから、これらの新規崩壊のうち30ヶ所は3月11日の本震から4月11日の最大余震にかけて発生したと考えられ、残りが9月21日の台風による降雨と同日の余震によって発生したと考えられる。3月11日から4月11日までに発生したとみられる崩壊斜面の勾配は45°付近と60°前後の二つのピークを持っており、それぞれマサの表層崩壊と岩盤崩壊に対応した。さらに3月11日に発生したとみられる崩壊地の半数が南南西から西南西向きで発生した。高萩市君田の防災科研KiK-net観測点における地上の地震波の加速度の卓越方向には明瞭な偏りは見られなかったが、周期等の地震波特性が斜面崩壊の方位の偏りに影響した可能性がある。

キーワード: 東北地方太平洋沖地震, 斜面崩壊, 花崗岩山地, 茨城県

Keywords: The 2011 earthquake off the Pacific coast of Tohoku, landslide, granitic mountains, Ibaraki

多摩川上流・水根沢流域の重力変形地形

Features of gravitational rock deformation in Mizunesawa Basin, the upper reach of the Tama River, west Tokyo

澤部 孝一郎^{1*}, 苅谷 愛彦²

SAWABE, Koichiro^{1*}, KARIYA, Yoshihiko²

¹ 専修大学 大学院, ² 専修大学

¹ Graduate School, Senshu University, ² Senshu University

【目的・方法】近年、急峻な山地で生じる深層崩壊が注目されている。尾根や谷壁に現れる線状凹地や逆向き低崖（小崖）などの微・小地形と、露頭で確認される岩盤の重力変形現象は深層崩壊の前兆現象としてとらえられている。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。本研究では奥多摩湖左岸の水根沢流域（7 km²）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、微地形掘削、簡易測量等）を行った。

【調査地域】東京都西部の奥多摩地域では標高 1000 m 以上の山地が卓越する。水根沢流域は水根山（1620 m）、六ツ石山（1478 m）、倉戸山（1169 m）等のピークと、それらを結ぶ尾根に囲まれる。水根沢は水根山南面に源頭があり、小河内ダム（奥多摩湖）直下で多摩川本川に合流する。水根沢の谷底と周囲の尾根との最大比高は約 600 m である。水根沢主谷の主流向と流域の長軸は、いずれも北西 - 南東方向を示す。地質は四万十帯雲取山層の千枚岩質泥岩と砂岩および砂岩泥岩互層が卓越するが、塩基性火山岩と石英閃緑岩も狭小に露出する。堆積岩類の一般走向は N30° ~ 60° W で、北東へ 60° ~ 80° で傾斜する。この地質構造と主谷の方向との関係から、水根沢流域では主谷左岸が受け盤、同右岸が流れ盤の条件下にある。

【結果・考察】流域界をなす尾根の一带に線状凹地や逆向き低崖が発達する。それらは特に倉戸山、水根山、六ツ石山の周辺によくみられ、数条の凹地や低崖が平行して生じている例もある。尾根上の線状凹地は比高約 10 m 以下、全長約 450 m 以下のものが大半で、それらの伸び方向（N30° ~ 60° W）は尾根の走向に一致することが多い。これは基盤岩の一般走向ともほぼ一致する。また線状凹地や低崖が発達する尾根の下方にある主谷右岸の谷壁は、尾根直下から谷底に至るまで全体として緩い凸型（横断面・縦断面）を呈し、途中に数段の緩斜面や平坦面を伴うこともある。このような斜面の一部では 0 字谷が発達し、水系が最大傾斜方向に従順的でないといった特徴が認められる。また、こうした地形的特徴をもつ谷壁では、基盤岩の層理面が流域全体の傾向に反して西へ著しく傾斜している様子が確認され、トップリングの発生が推定される。一方、主谷左岸では谷壁の膨らみや岩盤変形は確認されていない。この主谷両岸にみられる地形・地質的差異は、流れ盤・受け盤の条件に制約された岩盤の重力変形によるものと考えられる。この他、線状凹地や低崖の発達過程を検討するため、倉戸山の線状凹地で深度約 2 m の簡易トレンチを掘削した。壁面には褐色森林土層とそれらに挟まれた 2 層以上の礫層が現れた。トレンチの近傍には線状凹地の縁辺をなす基盤岩の崖が露出しており、礫の供給源であった可能性が高い。ただし、礫の供給と凹地や崖の発達との関係は、現時点では判明していない。

以上のように、水根沢流域には岩盤の重力変形に伴う地形・地質現象が発達する。それらは他の堆積岩地域から報告されたものに類する。一方、水根沢の主谷谷底には崩壊物質に起因する堆積段丘面や河道閉塞地形、およびそれらの痕跡は認められない。本流域では岩盤の重力変形から発展した中・大規模な崩壊がほとんど発生しなかったのか、そのような崩壊は発生したものの時期が古いため崩壊物質が流域外へ搬出されてしまったのかは不明である。

キーワード: 線状凹地, 逆向き低崖, 岩盤クリープ, トップリング, 流れ盤・受け盤

Keywords: linear depression, anticarp, mass rock creep, toppling, dip slope vs. scarp slope

電気探査による重力性変形地形の破断面可視化の試み Subsurface fracture of sackung features quantified with electrical resistivity tomography

西井 稜子^{1*}, 池田 敦¹
NISHII, Ryoko^{1*}, IKEDA Atsushi¹

¹ 筑波大学

¹University of Tsukuba

Deep landslides often occur in mountain slopes which have sackung features resulting from deep-seated gravitational slope deformation. This study addressed the visualization of the internal structure below sackung features using electrical resistivity tomography, to evaluate development of shear zones below sackung features. From August to October 2012, two-dimensional DC resistivity surveys were performed on 12 sackung features consisting of sedimentary rocks which were located above 2600 m a.s.l. in the Japanese Alps (Mt. Chogatake, Mt. Ainodake, Mt. Senmaidake, Mt. Kamikouchi and Hyakkendaira). The setting of the electrodes followed the Wenner array, which was a 46.5 m long profile roughly perpendicular to the focused sackung feature in each line. Computed DC resistivity value ranged from 1 kohmm to 128 kohmm. Some sackung features had a subsurface layer of relatively low resistivity probably resulting from fractured and weathered rock mass. These layers were distributed at the position of shear zones inferred from the geological structure and topographical feature. Such a consistency suggests that the layers of lower resistivity correspond with the shear zones below sackung features. In contrast, the tomographical images of the other sackung features showed no distinct difference in resistivity following the feature. Difference in resistivity between sackung features is supposed to reflect development of shear zones.

キーワード: 重力性変形地形, 電気探査, 堆積岩類, 中部山岳域

Keywords: sackung feature, electrical resistivity tomography, sedimentary rocks, Japanese Alps

航空レーザー測量による岩盤クリープ斜面の抽出 Extraction of mass rock creep using airborne LiDAR

横山 修^{1*}, 内田 太郎², 山越 隆雄¹, 中野 陽子¹, 石塚 忠範¹

YOKOYAMA, Osamu^{1*}, UCHIDA, Taro², YAMAKOSHI, Takao¹, Youko Nakano¹, Tadanori Ishizuka¹

¹(独)土木研究所, ²国土技術政策総合研究所

¹Public Works Research Institutes, ²National Institute for Land and Infrastructure Management

崩壊面が岩盤にまでおよぶ深層崩壊は、岩盤クリープによって岩盤の変形が進んだ斜面（以下、岩盤クリープ斜面）で発生しやすいと考えられてきた。このことから、岩盤クリープ斜面の抽出が深層崩壊発生箇所の予測に有効である可能性がある。しかし、岩盤クリープは地すべりと比べて変動量が微小であるため、クリープ領域と周辺の岩盤との地形的差異も小さく、特徴的な表面地形が顕著にあらわれないことも多い。また、空中写真による地形判読は植生の影響も大きく、精度良く岩盤クリープ斜面を抽出することは困難であった。一方、近年、レーザー計測（以下、LiDAR）により、従来以上に地表面の詳細な地形情報が得られるようになった。岩盤クリープ斜面の地形的特徴を定量化することで、精度良く岩盤クリープ斜面を抽出できる可能性が考えられる。本研究では、LiDARデータを用いて、岩盤クリープ斜面とそうでない斜面（以下、非岩盤クリープ斜面）との違いを定量的に明らかにした上で、広域にわたって岩盤クリープ斜面を同一精度・基準で抽出できる手法について検討を行った。

一般的に、岩盤クリープ斜面は、(1) 斜面内に深い谷や沢がない、あるいは発達が少ない、(2) 斜面内に対をなす遷緩線、遷急線が分布する、(3) 両側の境界に小さな谷や小崩壊が形成されている、(4) 岩盤クリープ斜面境界付近より上方は、谷向きの急崖が存在する、といった地形的特徴が有する。本研究ではこれらの特徴を、地形解析スケール（ウィンドウサイズ）と斜面勾配、固有値比の関係により、定量化した。すなわち、岩盤クリープ斜面は、ウィンドウサイズが変わっても、斜面勾配の中間値は変化しなかった。一方、非岩盤クリープ斜面では、ウィンドウサイズが大きくなると斜面勾配の中間値は小さくなった。これは、岩盤クリープ斜面内に深い谷や沢がないといったためである。また、岩盤クリープ斜面の両側の境界付近の小さな谷や急崖はウィンドウサイズが2mや4mのときに明瞭に確認することができた。さらに、ウィンドウサイズが岩盤クリープ斜面の凹凸の出現間隔の2分の1から4分の1のとき、遷緩線、遷急線が等高線と平行に延びる低固有値比の帯として現れ、固有値比の中間値は最小となった。このような岩盤クリープ斜面の地形的特徴を利用すれば、精度の高い岩盤クリープ斜面の抽出が可能と考えられる。

キーワード: 航空レーザー測量, 岩盤クリープ, 深層崩壊, 斜面勾配, 固有値比

Keywords: LiDAR, mass rock creep, deep catastrophic landslide, slope gradient, eigenvalue ratio

奥穂高岳から西穂高岳に認められる深層重力斜面変形の内部構造 An internal structure of deep-seated gravitational slope deformation in the area from Mt. Okuhotaka to Mt. Nishihotaka

山崎 新太郎^{1*}

YAMASAKI, Shintaro^{1*}

¹ 北見工業大学

¹ Kitami Institute of Technology

深層斜面重力変形(以下, DSGSD と呼称する)は深層崩壊および地すべりに至る前駆現象であり, その形成プロセスは斜面災害発生メカニズムの本質である。しかしながら, 本邦には変形した岩盤にも豊富な植生, 厚い風化帯が覆っている場合が多く, 大規模な DSGSD の内部構造を観察できる機会は稀である。今回, 筆者は北アルプス奥穂高岳~西穂高岳の稜線に露出した大規模な DSGSD の内部構造を紹介する。現在, 筆者の野外調査は, 250 mm レンズを搭載したカメラと双眼鏡による遠方からの観察に限られ, 一日のみで終了しているため, 情報は多くはない。しかし, 穂高連峰周辺地域に関しては, 調査中, 登山中にその他の DSGSD の地形, 露頭について情報を持つ諸氏も多いと思われるため, 本発表をきっかけとしてさらなる情報を求めたい。

本発表で述べる西穂高岳と奥穂高岳の区間は痩せた稜線になっており, 稜線全域にほとんど風化を伴わない岩盤が露出する。これは, 我が国の山岳地域では稀な岩盤の稜線であり, この区間では頻りに崩落が発生しているためと思われる。この区間の稜線は, 2900 m~3190 m に位置し, 北西-南東に伸びる。南東から, 西穂高岳, 間ノ岳, 天狗岩, ジャンダルム, 奥穂高岳といった岩峰があり, 原山(1990, 地質調査所地域地質研究報告「上高地地域の地質」)では西穂高岳から間ノ岳の区間は溶結凝灰岩であり, それより北西側は閃緑斑岩から分布する。筆者の調査では, 不動域の溶結凝灰岩部分には北東南西走行で, 鉛直~80度北に傾斜する節理が発達する。閃緑斑岩は, 溶結凝灰岩部分に比較すれば節理の発達程度は弱い, その姿勢は溶結凝灰岩部分と大局類似する。DSGSD は間ノ岳周辺とジャンダルム周辺に発達しており, いずれもその内部構造が観察可能である。ジャンダルム付近では, ほぼ鉛直の節理が地表面付近で南東の岳沢に向かって折れ曲がっている褶曲構造が認められた。折れ曲がると同時に, 節理の傾斜が緩くなった岩盤から多数の岩石片が岩盤から分離していた。これは, 岩石片の分離を伴う flexural slip が生じているものと思われる。この結果, 山頂直下の斜面にも多数の浮石が形成されているのが認められた。間ノ岳付近では南東に伸びる尾根に谷(岳沢)に向かって, 鉛直の節理を含む岩盤が折れ曲がる構造を観察できた。この尾根には高さ 30 m 前後の山向き小崖が認められた。また, 間ノ岳の山頂付近は南東方向だけではなく北西方向にも褶曲が形成されて開裂していた。間ノ岳に認められる DSGSD の内部構造には同じく flexural slip により岩石片の空隙を伴う分離が生じている。そして, 特に折れ曲がり形成された褶曲の軸部には, 周囲より破砕が進んだ岩石片が多数生じて, 長さ約 30 m の面構造を形成しされていた。しかし, その面構造は途中で節理面と衝突して消失しているため, これは山体を連続的に横断する地すべりに至る中途段階を示していると思われる。

筆者が述べてきた露頭は, 連続的な計測により DSGSD の内部構造の変化が追跡できる可能性のある貴重な露頭でもあると思われる。穂高連峰は落石による山岳遭難が多発する地域でもある。以上に述べてきたように, 浮石, 落石発生の原因は, 単に節理性的な岩盤が露出しているだけではなく, DSGSD による変形が進行しているためと思われる。

キーワード: 深層斜面重力変形, 地すべり, 岩盤クリープ, 落石, 穂高連峰

Keywords: Deep-seated Gravitational Slope Deformation, landslide, mass rock creep, rock fall, Mt. Hotaka

太陽電池パネル駆動小型斜面崩壊監視システムの開発 Development of a new data acquisition system for landslides driven by solar cells

矢部 修平^{1*}, 服部 克巳¹, 大坪 大¹, 孫 尚卿²

YABE, Shuhei^{1*}, HATTORI, Katsumi¹, OTSUBO, Hiroshi¹, Sang Kyeong SOHN²

¹ 千葉大学大学院理学研究科, ² 日本ナショナルインスツルメンツ株式会社

¹Graduate school of science, Chiba University, ²National Instruments Japan Corporation

近年、集中豪雨の頻度が増加するにつれて、斜面崩壊の発生件数も増加する傾向にある。降雨に起因する斜面崩壊の過程を解明し、斜面の監視や崩壊時刻の発生を予測することは重要な課題である。そのため我々は斜面崩壊の早期予測システムの開発を目的とし、自然電位法 (Self Potential = SP) によるアプローチを試みている。これまでの室内実験の結果から、SP法を用いた地下水モニタリングが有望であることがわかりつつある。しかし室内実験は二次元的で、土層は均質なものをを用いているため、室内実験だけでは限界がある。そのため、自然電位観測のフィールド実験による検証が必要不可欠である。現在、インドネシア Pelabuhan Ratu の斜面崩壊地帯に自然電位観測点を設置し、観測を行っている。

しかし、インドネシアでは停電などによりデータの欠測がしばしば発生する。インドネシアの計測では計測システムに無停電電源装置が準備されているが、停電時間が長いためにシステムを維持することが十分にできないためである。そこでこの問題点を克服するために、商用電源を使用する汎用型 PC での集録にかわり、直流電源を用いたスタンドアロンで稼働するシステムを開発する必要がある。このシステムを実現するために、太陽電池パネル、バッテリー、直流電源で稼働する CPU とメモリを内蔵した集録装置を選定し、太陽電池パネルでバッテリーを充電させつつ、集録を行うシステムを作成した。

このシステムを千葉大学で試験設置したところ、約6か月間停止することなく稼働し続ける事が確認された。また、雨天を仮想して太陽電池の出力電圧を抑えて稼働試験を行ったところ、低い出力電圧でも約2週間稼働し続けることが確認された。これらの事から、この新しいシステムは従来の収録システムよりもより安定してデータを集録できると期待される。詳細は講演にて報告する。

斜面安定性に関わる降雨浸透特性の検討

Study of the infiltration characteristic of the rain to the slope for slope stability evaluation

田中 姿郎^{1*}, 末永 弘¹, 鈴木 浩一¹, 豊田 康嗣¹, 吉武 宏晃², 大石 博之³, 小早川 博亮¹, 澤田 昌孝¹

TANAKA, Shiro^{1*}, SUENAGA, Hiroshi¹, Koichi Suzuki¹, Yasushi Toyoda¹, Hiroaki Yoshitake², Hiroyuki Ohishi³, Hiroaki Kobayakawa¹, SAWADA, Masataka¹

¹ 電力中央研究所, ² 九州電力株式会社, ³ 西日本技術開発

¹CRIEPI, ²Kyushu Electric Power Co. Inc., ³West JEC, Inc.

斜面崩壊, 地すべりの発生要因の一つとして降雨による表層飽和や近接する河川の水位上昇に伴う斜面の末端侵食などがあげられる。本研究では降雨にともなう斜面安定性の評価からリスク評価を行うことを目的とし, 降雨による斜面内の水分量の変化を土壌水分量と電気探査により調査を行った。調査地域の地質は, 白亜系の砂岩・頁岩互層であり, 当該の斜面には主に頁岩が分布している。空中写真および地形図の判読結果から, 今後崩壊する可能性がある斜面が多数存在していると考えられる。広域の崩壊斜面調査(航空写真判読, 現地踏査, ボーリング調査等)から, 斜面崩壊の主な素因は, 急峻な斜面に厚く堆積する崩積土であったと考えられる。調査対象とした斜面においても, 基盤をなす頁岩層の上位に移動岩塊や崩壊堆積物が重なり, それらの境界付近において変位が計測されている。本発表では, 斜面に掘削したボーリング孔内での土壌水分量と電気探査による比抵抗分布(含水率)の変化の検討結果を紹介するとともに, 地質調査結果を基に作成した地質モデルに対し浸透流解析と安定解析を行い, 計測結果と比較検討した結果を報告する。

キーワード: 斜面崩壊, 土壌水分量, 電気探査, 浸透流解析

Keywords: slope failure, soil moisture, electric exploration, Seepage analysis

砂質斜面のせん断破壊に及ぼす地中水流の影響 The effect of subsurface hydrology on shear destruction of a sandy slope

宮平永一郎¹, 寺嶋 智巳^{2*}, 落合博貴³
E.Miyahira¹, TERAJIMA, Tomomi^{2*}, H.Ochiai³

¹ 京都大学大学院理学研究科, ² 京都大学防災研究所, ³ 森林総合研究所
¹Graduate school of Science, Kyoto Univ., ²DPRI, Kyoto Univ., ³For. and Forest Prod. Res. Inst.

To improve the accuracy of predictions of shallow landslide timing induced by rainfall, we focused on the mechanism of subsurface hydrology at an artificial sandy slope of 32° that was 9 m long, 1 m wide, and 0.7 m deep. We measured pore water pressures and volumetric water content occurring prior to shallow landslides in a flume experiment using the artificial slope with rainfall intensities of 80 mm/h. In addition, we evaluated changes in the internal stresses in the slope up to shallow landslide initiation (i.e., effective soil weight, apparent soil cohesion, and seepage force under saturated and unsaturated soil water condition). Then, based on the local safety factors in the landslide body obtained by the internal stresses, we tried to get quantitative information on the effect of the hydrological process on soil displacement and subsequent shallow landslide initiation.

We found that:

- 1) The timing of the directional change in subsurface flow to parallel the slope in the deep part of landslide body coincided closely with onset of soil displacement.
- 2) Changes in the local safety factors in the landslide body showed that the expansion of instable area at the up part of the landslide body resulted mainly from the appearance of buoyancy and subsequent decline of the apparent soil cohesion.
- 3) Changes in the local safety factors prior to the shallow landslide initiation showed that the down part of the landslide body had been holding the instable upslope.
- 4) Excess shear stress in the up part of landslide body, attributed to the changes in direction and magnitude of saturated and unsaturated subsurface flows, caused both the sudden increase in shear stress in the down part of the landslide body and subsequent whole slope instability, and simultaneously the shallow landslide was induced.
- 5) Seepage force was more important factor to cause the shallow landslide than the effect of buoyancy and consequent changes in the effective weight of soils. This implies that the changes in local safety factors combining the seepage force under saturated and unsaturated conditions provided the accuracy to predict the timing of shallow landslide initiation.

Therefore, the seepage force controlled by changes in direction and magnitude of saturated and unsaturated subsurface flows in slopes can be the important parameter of soil displacement and shallow landslide initiation.

キーワード: 浸透力, 流動方向, 余剰せん断応力, 降雨実験, 前兆現象
Keywords: Seepage force, Flow direction, Excess shear stress, Flume experiment, Precursor

台湾南部における乾燥、雨水浸透による泥岩斜面表面の侵食

The erosion processes of mudstone surface effected by drying and rain infiltrating cycle in southern Taiwan

中田 英二^{1*}, 樋口 衡平², 千木良 雅弘²

NAKATA, Eiji^{1*}, HIGUCHI, Kohei², CHIGIRA, Masahiro²

¹ 電力中央研究所, ² 京都大学防災研究所

¹CREIPI, ²DPRI

台湾南部には侵食速度が速く、利用価値が低く、構造物の建設も困難な泥岩が分布している。このため乾燥、水質が泥岩の侵食作用に与える影響を調査した。高温な気候により泥岩表層において深さ 10-20 cm 前後まで乾燥の影響を受けた泥岩が形成され、雨季における雨水の浸透により急速スレーキングを起こしていると考えられた。

調査地には鮮新世から更新世の泥岩が分布し、月世界と呼ばれるバットランドが形成されている。高さ 20 m 前後の斜面には塩分に富む泥岩が露出している。斜面表面は雨水により洗い出され、常に新鮮な泥岩が露出する。

侵食前の泥岩斜面表面では乾燥した厚さ 2 cm 前後のクラストが認められ、Na, Ca, Cl, SO₄ が濃集し、一部で石膏が晶出している。20 cm 深部ではイオン濃度は一旦減少し、さらに深部に増加する。イオン濃度が大きい場合、粒子間には引力、小さい場合は斥力が生じる。雨水の浸透は斥力を発生させる。

一旦乾燥した泥岩は収縮し、雨水の浸透を促し大量の雨水の浸透によりスレーキングが起こる。現地で蒸発量を計測した結果、斜面の乾燥は数日で厚さ 10cm 前後に及ぶ。特に乾燥の影響の及んでいる塩分濃度の低下した深さ 10-20 cm 前後に雨水が浸透すると泥岩はスレーキングを起こす。年単位の乾燥、湿潤の繰り返しが年間 20 cm 前後の侵食を形成させていると考えられる。

キーワード: 急速スレーキング, 台湾, 泥岩, 乾燥

Keywords: rapid slaking, Taiwan, mudstone, drying

H23年台風12号により滑動した地すべり・深層崩壊等のマスマーブメントの地形・風化特性

Terrain and weathering properties that determined mass movements such as landslides and deep-seated landslides

神原 規也^{1*}

KAMIHARA, Noriya^{1*}

¹ 株式会社 エイト日本技術開発

¹ EIGHT-JAPAN ENGINEERING CONSULTANTS Inc.

1. 山地の地形形成過程におけるマスマーブメントの重要性

デービスの示す地形輪廻の説は主に River Process (河川過程) すなわち表流水等による侵食下刻、側刻作用に基づくものを主体としている。しかし、山地の斜面の形態は表流水の浸食作用だけでは説明できない地形が広範囲にわたって形成されていることが近年のレーザープロファイラなどによる精密な地形形状の把握と地形解析から明らかになっている。山地侵食の最大の営力が多い場合河川による侵食作用であることは疑いを入れないが、山地の斜面の形成に当たってはさらに Slope Process (斜面過程) を考慮する必要がある。H23年の12号台風では約1億 m³の土砂が、明治22年の十津川災害の際には10億 m³の土砂が深層崩壊などの崩壊現象で発生したと試算されている。十津川から熊野川にかけて堆積する膨大な砂礫層は、深層崩壊などのような大規模な崩壊が繰り返されて堆積しているものではないかと考えられる。

2. マスマーブメントの傾斜特性

台風12号で発生した地すべり・深層崩壊、及びこれ以前にも発生している表層崩壊・岩盤崩壊などの事例も含め、発生域周辺一帯の傾斜特性(傾斜頻度分布と最頻値など)と基盤岩の風化特性の關係に焦点を当てて検討を行った。

3. 結論

今回いわゆる深層崩壊が発生した箇所は、さらに急傾斜であるにも関わらず未崩壊の「岩盤クリープ」斜面に比較して化学的風化が進行している点特徴的である。また北股の深層崩壊箇所の頭部尾根沿いには比較的規模の大きな二重山稜地形が形成されている。今回の深層崩壊箇所の少なくとも一部においては、化学的風化及び「岩盤クリープ」による地塊の移動変形に伴う分離・破砕化がかなり古くから進行していたと思われる。深層崩壊箇所は、羽田野の言う後氷期侵食前線となる遷急線のさらに上部に取り残されている山体が移動地塊の主体を占め、発生域の斜面傾斜角は周辺一帯の斜面傾斜角頻度分布の最頻値より緩い傾斜角を有していると考えられる。

キーワード: 斜面過程, マスマーブメント, 岩盤クリープ, 深層崩壊, 斜面傾斜角, 最頻値

Keywords: slope process, mass movemnts, rock creep, deep seated landslide, slope angles, mode

2011年3月12日長野県・新潟県県境付近の地震に伴う地盤災害の特徴 Characteristic of foundation disaster on the Nagano-Niigata border earthquake

中埜 貴元^{1*}, 小荒井 衛¹, 乙井 康成¹, 小林 知勝¹

NAKANNO, Takayuki^{1*}, Mamoru Koarai¹, Kosei Otoi¹, Tomokazu Kobayashi¹

¹ 国土地理院

¹GSI of Japan

2011年3月12日に長野県と新潟県の県境付近で発生した地震(M6.7)では,死者こそ出なかったものの,斜面崩壊や地盤変状,構造物被害等が多発した.それら被害をマッピングすると,大局的な分布に偏りがあるように見えたため,現地調査と写真判読,GIS解析等を併用して,主に斜面崩壊・地盤変状箇所と地形・地質,想定される活断層の位置との関係を検討するとともに,干渉合成開口レーダー(InSAR)で捉えられた干渉画像との関連を分析した.

その結果,地盤変状,斜面崩壊等の被害は,信濃川(千曲川)流域とその左岸の山間地域および志久見川西側の栄村山間地で多発していることがわかった.道路の変状・亀裂等の地盤変状のほとんどは,盛土等の重力性変状で説明可能であったが,一部,黒澤ほか(2011)が地表地震断層として報告している箇所や十日町市の大蔵寺高原キャンプ場の駐車場では,テクトニックな変動も示唆された.その他,津南町大井平地区から亀岡地区にかけての宮野原断層周辺では,活断層に沿って地すべりや盛土の重力性変状等の集中が見られた.これは,小荒井ほか(2012)でも報告しているように,近傍で大規模な地震が生じた際には,その活断層自体が能動的に活動していなくても,活断層近辺に斜面崩壊や地盤変状等が集中する傾向があることを示唆している.

以上の被害多発地域は,M6.7の本震とその約30分後に発生した最大余震(M5.9)も含めて,InSARで検出された干渉縞から想定される震源断層(逆断層)モデルの上盤側で,かつ地殻変動発生領域を示すSAR干渉縞の範囲に合致していた.これは,従来から指摘されている「逆断層の上盤側で被害が大きい」という現象と一致するとともに,InSARで捉えられるような地殻変動領域で被害が多く発生する可能性を示唆している.

キーワード: 長野県・新潟県県境付近の地震, 斜面崩壊, 地盤変状, InSAR, 活断層

Keywords: the Nagano-Niigata border Earthquake, slope collapse, ground deformation, InSAR, active fault