

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 ¹⁴C 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 ¹⁴C 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 ¹⁴C 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 = ¹⁴C)，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 ¹⁴C 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 ¹⁴C 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 ¹⁴C - 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 ¹⁴C 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, ¹⁴C 年代, 高精度編年, 年輪

Keywords: debris avalanche, wiggle matching, ¹⁴C 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り、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も、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解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.

