

航空レーザ計測データより導出される樹高・樹木密度と斜面崩壊との関係 Relationship between slope failures and height and density of trees brought by LIDAR data

岡谷 隆基^{1*}, 乙井 康成¹, 中埜 貴元¹, 小荒井 衛¹
 Takaki Okatani^{1*}, Otoi Kosei¹, Takayuki Nakano¹, Mamoru Koarai¹

¹ 国土地理院
¹ GSI of Japan

斜面崩壊等、災害が発生する場所については、地形や地質のほか、土地被覆が関連していることが示唆されている。例えば、樹木の根が斜面崩壊防止機能を持つこと（阿部、1998 など）や、森林伐採後の斜面や、管理がなされていない森林では災害が起こりやすいことが過去の研究等において指摘されている。

航空レーザ（LIDAR）計測は、レーザを地表に発射して戻ってくるまでの時間から航空機と地表との間の距離を求める測量手法であり、植生があるところでは、樹高や植生の疎密度なども把握できる特性を有している。近年このLIDAR計測による詳細な地表面データの蓄積が進んでいる。

これまで新潟県出雲崎地区を対象とした解析により、LIDAR計測データから樹高にあたる指標は適切に導出が可能であり、樹木密度についてもスギ植林地など条件によっては本数や胸高断面積和などの関連指標が導出できることを示した（岡谷ほか、2012）。

これを踏まえ、本研究では樹高や樹木密度と斜面崩壊の起こりやすさについて、その対応関係の分析を行った。先の新潟県出雲崎地区の事例では、同じ森林でも樹高が大きいほど斜面崩壊が起こりにくいことが示唆されている（図）。図は30m四方のセルにおいて航空レーザ計測データから導かれたセル内最大樹高・傾斜度と当該セル内で崩壊した部分の面積率との対応を示しており、崩壊面積率が5%以下のものを水色、20%以上のものを桃色で示している。表で横線の入った部分は当てはまるセルが10個未満であったことを示す。

今般、広島県庄原地区など他の斜面崩壊発生箇所においてもデータ収集等を実施した。庄原地区の事例では航空レーザ計測データと崩壊直後の空中写真を用い、樹高が比較的大きいところは崩壊があまり発生しないことを予察的に確認している。

これらを踏まえ、樹高や樹木密度と斜面崩壊の起こりやすさの関係について報告を行う。

参考文献：

阿部和時 1998．樹木根系の斜面崩壊防止機能．森林科学 22: 23-29．

岡谷隆基・乙井康成・中埜貴元・小荒井衛 2012．新潟県出雲崎地区における航空レーザ測量データと樹高・樹木密度との対応．日本写真測量学会平成 24 年度秋季学術講演会発表論文集: 35-38．

キーワード: 航空レーザ測量データ, 樹高・樹木密度, 斜面崩壊
 Keywords: LIDAR Data, Height and Density of Trees, slope failures

30mメッシュセルごとの傾斜量(度)(H16)

最大樹高区分ごとの崩壊セル含有率↓

全体		最大樹高区分ごとの崩壊セル含有率↓										
30mメッシュセル毎の最大樹高(m)	傾斜量(度)	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-	セル含有率
0-5	0.4%	7.8%	10.5%	-	-	-	-	-	-	-	-	2.1%
5-10	0.8%	7.6%	14.1%	19.0%	-	-	41.7%	-	-	-	-	8.2%
10-15	0.9%	1.7%	6.2%	16.2%	23.5%	33.8%	51.3%	26.3%	-	-	-	12.1%
15-20	2.1%	3.3%	4.6%	11.8%	13.0%	22.3%	24.7%	22.7%	31.0%	-	-	11.8%
20-25	2.2%	2.3%	4.8%	6.0%	10.6%	12.5%	18.0%	13.7%	15.6%	-	-	9.8%
25-30	0.0%	2.0%	3.6%	6.8%	8.9%	11.8%	14.3%	15.0%	8.3%	-	-	10.1%
30-35	-	0.0%	4.9%	6.3%	9.0%	12.1%	11.1%	16.3%	16.3%	-	-	10.3%
35-	-	-	12.5%	6.1%	12.1%	8.6%	16.3%	10.3%	-	-	-	11.2%

※最大樹高は30mグリッドに225(15×15)個ある2mグリッドのDSM-DTM差分のうち、最大となるものを採用

航空レーザー測量DEMを用いた斜面分割区分の自動化 Automated Delineation of Slope Unit using Airborne LiDAR derived Digital Elevation Models

武澤 永純¹, 松澤 真¹, 石塚 忠範¹, 龍見 栄臣^{2*}, 竹村 文², 大野 亮一²

Nagazumi TAKEZAWA¹, Makoto MATSUZAWA¹, Tadanori ISHIZUKA¹, Hidetomo TATSUMI^{2*}, Fumi TAKEMURA², Ryoichi OHNO²

¹(独)土木研究所, ²国土防災技術株式会社

¹Public Works Research Institutes, ²JAPAN CONSERVATION ENGINEERS & CO.LTD

航空レーザー測量により取得される地形データは、1mDEM (Digital Elevation Model) など詳細かつ高精度の情報を有しており、斜面崩壊等の危険度評価においても、その有用性を発揮すると考えられる。斜面の危険度評価は流域単位で行われることが多いが、個別の評価単位は流域内の斜面となる。したがって、客観的な方法で流域を斜面に分割・区分する方法が必要だが、従来、斜面区分は手動で行われることが多い。これまで、斜面区分の方法を手順化したものとして、周ら (2004) の研究がある。本研究では、周らの手法に基づき航空レーザーにより取得されたDEMデータを対象に、客観的かつ一律な方法で斜面区分を行う方法を検討する。

対象流域は山口県防府市の剣川流域であり、平成 21 年に取得された航空レーザー測量成果による 1mDEM を利用した。はじめに 1mDEM の局所的な凹凸の影響を回避するため、接峰面法により凹凸を埋める作業を実施した。作業にはいくつかのパラメータ値が存在する。接峰面法によりDEMを埋め戻すためのウィンドウサイズ 5 パターン、繰り返し回数 3 パターン、集水面積下限値 5 パターンを用意し、斜面区分の検討パターンを計 75 パターン設定した。これらパラメータの感度分析により、もっとも妥当な斜面区分方法を検討した。

キーワード: 航空レーザー測量, DEM, 斜面区分, 自動分割, 斜面崩壊

Keywords: Airborne LiDAR, digital elevation model, slope unit, automated delineation, slope failure

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 Extracting small scarps to predict potential sites of deep-seated landslides

千木良 雅弘^{1*}, ツォウ・チンイン¹, 横山隆三², 白沢道生², 千葉達朗³, 船越和也³, 櫻井由起子⁴

Masahiro Chigira^{1*}, Tsou ChingYing¹, Ryuzo Yokoyama², Michio Shirasawa², Tatsuro Chiba³, Kazuya Funakoshi³, Yukiko Sakurai⁴

¹ 京都大学防災研究所, ² 横山空間情報研究所, ³ アジア航測株式会社, ⁴ 朝日航洋株式会社

¹ Disaster Prevention Research Institute Kyoto University, ² Yokoyama Geo-Spatial Information Laboratory Co. Ltd., ³ Asia Air Survey Co. Ltd., ⁴ Aero Asahi Corporation

2011年台風12号(タラス)は、紀伊山地で多数の深層崩壊を発生させた。それらの内、10か所については国土交通省と奈良県によって発生前の航空レーザー計測が実施されており、これらの発生前の微地形解析が可能であった。このような深層崩壊の例は従来ほとんどない。微地形の分析によって、深層崩壊のいずれもが、上方に凸を向けた盾状平面形の小崖を上部に伴っていたことが明らかになった。つまり、これらの小崖を検出することが深層崩壊の発生場所予測の大きなカギになることが明らかになった。これらの小崖は、空中写真で判読することは容易でないものが大部分である。

本発表では、詳細DEMの複数種類の画像化処理を行い、前兆的な小崖の抽出可能性の比較結果を報告する。対象としたのは、奈良県五條市大塔地区の深層崩壊3か所(清水、赤谷、長殿)である。作成・検討したのは、傾斜イメージ図、横山空間情報研究所が作成した立体斜度図、アジア航測が作成した赤色立体図、および地表曲率図である。

小崖の傾斜は、35度から43度で、その傾斜方向水平長さは7mから57mである。傾斜が45度に近いため、水平方向長さと比高とは似た数値である。ただし、これらの小崖は周囲の斜面とは傾斜の変化によって認識されるものであり、サイズが大きいから認定しやすいというものでもない。清水は、崩壊発生前の最上部に1つの小崖が形成されていたが、赤谷と長殿では複数の小崖が形成されていた。上記の画像を並べて比較検討した結果、小崖を判読するうえでは大きな違いはなかったが、傾斜図と赤色立体図では、しばしば小崖の傾斜方向が山向きか谷向きかを見分けることが難しかった。立体斜度図はこの難点はないが、観察するために立体視用メガネを必要とするため、それ自体に判読結果を書き込んだりすることができないため、GIS上で他の画像と組み合わせて使用することが難しいという難点があった。小崖の抽出は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。画像化が適切にできれば、この作業は比較的容易である。

キーワード: 深層崩壊, 航空レーザー計測, 山体重力変形

Keywords: Deep-seated landslide, Air-borne laser altimetry, Gravitational slope deformation

奥多摩湖南岸・三頭山北西面の大規模地すべり Large landslide in the northwestern face of Mount Mitou, west Tokyo

苅谷 愛彦^{1*}, 清水長正², 澤部 孝一郎³, 目代 邦康⁴, 佐藤 剛⁵
Yoshihiko Kariya^{1*}, SHIMIZU, Chousei², Koichiro Sawabe³, Kuniyasu Mokudai⁴, Go Sato⁵

¹ 専修大学, ² 駒澤大学, ³ 専修大学大学院, ⁴ 自然保護助成基金, ⁵ 帝京平成大学

¹Senshu University, ²Komazawa University, ³Graduate School of Senshu University, ⁴Pronatura Japan, ⁵Teikyo Heisei University

奥多摩湖周辺の多摩川上流域には、堆積岩類からなる急峻な山地が分布する。同地域は岩盤の重力変形や大規模地すべりの発生に適う条件下にあると考えられる。本研究では、三頭山北西面の大規模地すべりについて地形・地質特性を明らかにした。

三頭山北西面の玉川流域にはジグソー・クラックが発達し、地表に流れ山を伴う角礫層（推定体積： $2 \times 10^6 \text{m}^3$ ）が分布する。本層は、主分布域の南方にある凹型急斜面を発生域とする大規模地すべり堆積物である。また本層は玉川を埋積し、堰き止め性の狭小な湖沼・氾濫原を出現させたと考えられる。その発生年代は湖沼・氾濫原堆積物の¹⁴C年代から1292 - 1399 cal AD以前と推定される。一方、これより新しい年代を示す木片も角礫層に含まれることから、同地の地すべりは2回以上発生した可能性がある。地元（山梨県小菅村）での聞き取り調査から、地すべり性堰き止め湖沼の破堤（または二次地すべり）と、それによる土石流の発生を喩えた伝説の存在も明らかになった。

岐阜福井県境，能郷白山花崗閃緑岩分布域における山体重力変形地形と地質構造の関係

Relationships between sagging geomorphologies and geological structure of Nogo-hakusan Granodiorite along the Gifu-Fukui

岩本 直也^{1*}, 小嶋 智¹, 金田 平太郎², 大谷 具幸¹

Naoya Iwamoto^{1*}, Satoru Kojima¹, Heitaro Kaneda², Tomoyuki Ohtani¹

¹ 岐阜大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻, ² 千葉大学

¹Department of Civil Engineering Gifu University, ²Department of Earth Sciences Chiba University

急峻な地形を持つ日本においては、地すべりが多数発生しており、その影響範囲が生活圏に及んだ場合、甚大な被害をもたらす。そのため、地すべりの素因や前兆現象を把握することは、地すべりの発生予測や災害対策において非常に重要である。地すべりの前兆現象の一つに、山体重力変形があるが、その形成過程と斜面崩壊との関係は未だ不明な点が多い。そこで本研究は、火成岩地域に発達する山体重力変形地形と地質構造を調べ、山体重力変形地形の形成過程と斜面崩壊との関係を明らかにすることを目的とする。

本研究の調査地域である岐阜・福井県境に位置する能郷白山の周辺には、能郷白山花崗閃緑岩が分布しており、山体重力変形地形が多数存在している。越美砂防事務所及び福井河川国道事務所より提供して頂いた1 mメッシュのDEMデータをもとに、等高線間隔が1 mの等高線図を作成し、それを用いて山体重力変形地形の抽出を行った。また、花崗閃緑岩体内部に発達する節理系や小断層について野外調査を行った。これらの結果、調査範囲より189箇所の山体重力変形地形が抽出され、能郷白山花崗閃緑岩体にはNE-SW走向、NNW-SSE走向の節理系が発達していることが明らかとなった。両者の比較により、山体重力変形地形の方位の集中方向と、節理系が集中する走向がほぼ平行であることがわかった。また、節理の走向と尾根の方向がほぼ直交する場合は、山体重力変形地形の発達が悪いことも確認できた。したがって、山体重力変形地形は節理面の走向と斜面の方向に規制されて発達すると考えられる。また、山体重力変形地形は稜線及び尾根の頂部に広がる平坦面やそれに連なる緩斜面に発達し、特に、後氷期開析前線付近では山体重力変形地形の発達密度が高いことが明らかとなった。これより、「斜面崩壊により上部が不安定化し、山体重力変形地形が形成され、再び斜面崩壊が発生する」という一連のプロセスが推測され、山体重力変形地形と斜面崩壊は密接な関係を有すると考えられる。

キーワード: 山体重力変形地形, 能郷白山, 地すべり, 節理

Keywords: sagging, Mt.Nogohakusan, landslide, joint

宇宙線生成核種を用いた烏帽子岳周辺における重力性変形地形の発達プロセスの復元

Reconstruction of processes of gravitational slope deformation around Mt. Eboshi using terrestrial cosmogenic nuclide

西井 稜子^{1*}, 松四雄騎², 松崎浩之³

Ryoko Nishii^{1*}, MATSUSHI, Yuki², MATSUZAKI, Hiroyuki³

¹筑波大学, ²京都大学, ³東京大学

¹University of Tsukuba, ²Kyoto University, ³The University of Tokyo

A number of linear depressions are widely distributed around Mt. Eboshi, Northern Japanese Alps. This study addressed the reconstruction of formation processes of gravitational slope deformation using terrestrial cosmogenic nuclide. The rock samples for exposure dating were taken from three scarp faces, which are estimated as slip planes related to gravitational slope deformation, corresponding to three linear depressions; two depressions are located at the upper part of the slope and the other is at the middle part of the slope. The concentration of cosmogenic nuclide (¹⁰Be) at the two scarp faces at the upper slope was higher than that at the middle slope. Assuming that initial nuclide concentration is zero and no shielding by seasonal snow cover, we estimated minimum exposure ages of these scarp faces. The minimum exposure ages of upper two scarps were estimated as 2.9 ka and 1.2 ka, while it was calculated to be 0.9 ka for the middle one. These data suggest that slope deformation had advanced downward in Holocene.

キーワード: 宇宙線生成核種, 完新世, 花崗岩類, 北アルプス

Keywords: Terrestrial cosmogenic nuclide, Holocene, granitic rocks, Northern Japanese Alps

シームレス地すべり地形 GIS データの作成 Preparation of seamless landslide GIS data

内山 庄一郎^{1*}, 土志田 正二¹
Shoichiro Uchiyama^{1*}, Shoji Doshida¹

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

防災科学技術研究所において 1982 年から 32 年間続く 1:50,000 地すべり地形分布図の作成は、2013 年度をもって完結する。2013 年 3 月現在までに空中写真判読によって抽出した全国の地すべり地形の総数は 37 万箇所を超える。判読を終えた全ての地すべり地形は、5 万分の 1 縮尺の分布図として刊行するだけでなく、地すべり地形 GIS データとして作成し、地理空間情報の提供と OGC プロトコルによるデータ配信を行っている。2012 年度の中ごろから、地すべり地形 GIS データの大規模な修正作業に着手した。修正作業の主な対象は、1) 印刷図の境界にまたがる地すべり地形が複数に分割される問題、2) 2005 年以前のデータ入力精度が悪い問題、3) 属性データに異常値が存在する問題である。データ修正は、入力技術者が手作業で実施した。1 万箇所を超えるデータの修正・編集を実施し、地すべり地形が分割される問題は著しく改善された。この結果、日本全国のシームレスな地すべり地形 GIS データを作成した。この成果は、地すべり地形分布図データベース Web サイトにて、日本全国一括データとして公開している。修正作業は現在も継続しており、月に一回程度、修正結果を反映したデータのアップデートを行っている。2013 年度中に、位置および形状の精度を高め、信頼性の高い完全なシームレスデータを完成させる。

キーワード: 地すべり地形 GIS データ, シームレス化, 大規模修正, データ公開

Keywords: Landslide GIS data, Seamless data, Major revise, Data release

徳島県三好市池田町西井川の斜面崩壊地帯における電気探査に関する研究 The research in regarding with electrical resistivity tomography at landslide area in Nishi- ikawa, Tokushima, Japan

山崎 智寛^{1*}

Tomohiro Yamazaki^{1*}

¹ 千葉大学大学院理学研究科, ² 京都大学防災研究所

¹Graduation Science of Chiba University, ²Disaster Prevention Research Institute 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。我々は自然電位観測に基づく降雨によって発生する斜面崩壊監視手法の開発を行っている。

これまでに降雨による斜面崩壊の室内実験により水文学的、地盤工学的、電磁気学的に以下のことが分かっている。(1)飽和域の拡大、(2)地下水流の鉛直方向から斜面に沿う方向への変化、(3)主崩壊 2-30 分前に土層変位は顕著になること、(4)飽和と低自然電位の対応がよいこと、(5)主崩壊 2-30 分前に遷移的な自然電位信号が発生することである。これらの事項は実斜面によって検証されねばならない。土中の水の挙動を観測するために間隙水圧計を用いるが、この手法は地下の水利システムを乱す。これに対して、自然電位法は地表面付近に電極を設置するので、その恐れはない。本研究では、自然電位法による実斜面崩壊監視のための予備調査として、電気探査を用いた比抵抗分布によるすべり面の推定とポアホール探査によるその推定の検証を行う。

予備調査地は徳島県三好市池田町西井川の斜面崩壊地で、京都大学防災研究所によって伸長計などの斜面監視センサーが設置されている。この斜面で電気探査を実施した。測線は斜面崩壊方向に 2 本、それを横切る方向に 4 本の合計 6 本設けた。各測線は電極間隔 1m で電気探査を行っているが、斜面崩壊方向と横切る方向のそれぞれ 1 本ずつについては電極間隔 2m でも電気探査で実施した。得られたデータから 2 次元比抵抗断面図および疑似的な 3 次元断面図を作成した結果、電気探査を行った地域の中心の地下 3m 以浅に低比抵抗領域があると推定された。電気探査の結果を検証するために、測線上の 2 か所でポアホール探査をおこなったところ、不透水層となる粘土質の層が確認され、電気探査によって推定された低比抵抗領域の境界と調和的であった。従って、この境界をすべり面とすると、比抵抗断面図に最大深度を約 3m とする斜面崩壊セグメントを記入すると、地表の小さな段差と一致することもわかった。以上のことから、今回の比抵抗法による電気探査を用いた斜面崩壊地のすべり面およびセグメントの推定は妥当であるといえる。次のステップとして自然電位による地下水動態監視のための実斜面監視システムを本斜面に構築する。詳細は講演時に発表する。

NMR diffusometry による粘土中の間隙水の異方的拡散の計測 Measurement of the anisotropic pore water diffusion in clay samples by NMR diffusometry

中島 善人^{1*}
Yoshito Nakashima^{1*}

¹産総研

¹AIST

粘土は、地すべりなどの地質災害に深く関係する重要な鉱物である。粘土鉱物は、扁平な粒子形状のせいで配向し、地層中ではさまざまな輸送物性が強い異方性を示すので、粘土試料の異方性の計測は重要である。プロトン核磁気共鳴 (NMR) をもちいた diffusometry は、3次元かつ非破壊・非侵襲で粘土試料の拡散異方性を計測する手法として有望である。今回は、おもに計算機シミュレーションの視点 (Nakashima et al., 2008) で、NMR による粘土試料中の間隙水の自己拡散係数テンソルの計測可能性を予察的に考察した結果 (Fig. 1) を発表する。

参考文献: Nakashima et al. (2008) Water Resources Research, vol. 44. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2008WR006853/pdf>

キーワード: 粘土, 核磁気共鳴, 計算機シミュレーション, 空隙構造, 異方性, 拡散係数テンソル
Keywords: clay, nuclear magnetic resonance, computer simulation, pore structure, anisotropy, diffusion tensor

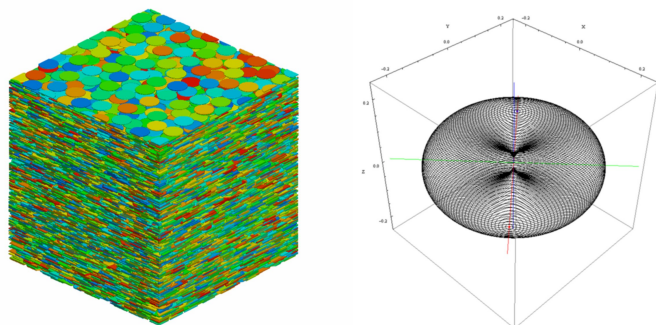


Fig. 1 Left: synthetic image of a sediment of completely parallel clay platelets (porosity 47 vol%). Right: corresponding direction-dependent normalized self-diffusivity of pore water as a wireframe shell having a constriction (not convex ellipsoid).

深層崩壊はなぜ加速するのか：すべりに伴う動的摩擦過程の推定 Why does a landslide accelerate? - Estimation of dynamic friction process associated with the sliding -

山田 真澄^{1*}, 熊谷 博之², 松四 雄騎¹, 松澤 孝紀³
Masumi Yamada^{1*}, Hiroyuki Kumagai², Yuki Matsushi¹, Takanori Matsuzawa³

¹ 京都大学防災研究所, ² 名古屋大学, ³ 防災科学技術研究所
¹DPRI, Kyoto University, ²Nagoya University, ³NIED

Assessing and managing the risks posed by deep-seated catastrophic landslides requires a quantitative understanding of the dynamics of sliding rock masses. Previously, landslide motion has been inferred qualitatively from topographic changes caused by the event, and occasionally from eyewitness reports. However, these conventional approaches are unable to evaluate source processes and dynamic parameters.

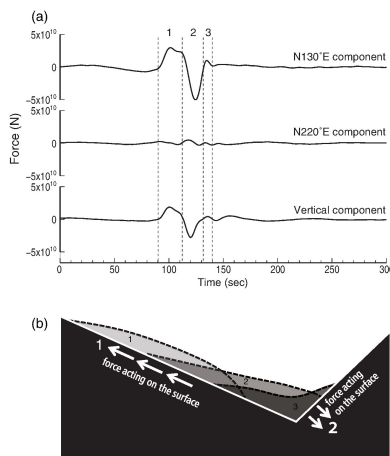
In this study, we apply a different approach for reconstructing the dynamic landslide processes using ground shaking data recorded away from the landslide. The deep-seated catastrophic landslide sequence induced by heavy rainfall in 2011 in the Kii Peninsula, Japan, was the first instance in which 1) seismic signals radiated by landslides were recorded by densely distributed near-source seismometers, and 2) the precise volume of the landslide material was able to be measured by comparing pre- and post-landslide topographic data obtained using airborne laser scanning. We performed a source inversion with the long-period seismic records of one of the largest events, and from this obtained a force history of the landslide.

Here we reveal the dynamic processes of the landslide: smooth initiation of sliding, acceleration accompanied by a substantial decrease in frictional force, and deceleration due to collision. Of particular importance is the determination of the dynamic friction during the landslide. The coefficient of friction is estimated to be 0.56 at the beginning of the event and drops to 0.38 for most of the sliding. The change in the frictional level on the sliding surface may be due to liquefaction or breaking of rough patches, and contributes to the extended propagation of the large landslide. The approach demonstrated here offers an innovative method for understanding the sliding processes associated with catastrophic landslides, enabling us to simulate the motion of such events.

Figure caption: Dynamic process of the Akatani landslide. (a) Estimated single-force source time functions for the two horizontal components (sliding direction and its perpendicular direction) and the vertical component. (b) Schematic diagram of the mass sliding model. The numbers correspond to the three stages indicated in (a).

キーワード: 地すべり, 深層崩壊, 地震波形, 動摩擦係数

Keywords: landslide, deep-seated landslide, seismic data, coefficient of dynamic friction



表層崩壊発生危険度評価手法を活用した溪流単位における斜面侵食形態の評価 The evaluation of denudation form in the mountain streams, use of the analyze shallow landslide susceptibility

松澤 真^{1*}, 武澤 永純¹, 山越 隆雄¹, 石塚忠範¹, 龍見 栄臣², 竹村 文²

Makoto Matsuzawa^{1*}, Nagazumi Takezawa¹, Takao Yamakoshi¹, Tadanori Ishiduka¹, Hidetomo TATSUMI², Fumi Takemura²

¹(独) 土木研究所, ² 国土防災技術(株)

¹Public Works Research Institutes, ²JAPAN CONSERVATION ENGINEERS & CO.,LTD

豪雨時に丘陵地で発生する土石流災害の多くは、山腹斜面で発生した表層崩壊の崩壊土砂が流動化することにより発生すると考えられており、豪雨時における土石流発生箇所を予測するには、山腹斜面での崩壊箇所を特定することが必須であると言える。また、膨大かつ広域に広がる土石流危険箇所の危険度を効率的に評価するためには、計測が容易なパラメータを用いて広域の土石流危険箇所を評価する手法の構築が必要である。

このような背景の中、土木研究所(内田ほか,2009)では、必要なパラメータ数は従来の物理モデルに比べて少ないものの比較的簡易に精度良く表層崩壊の発生場所を予測出来る手法(C-SLIDER法)を提案した。C-SLIDER法は、パラメータが比較的同様な地域(地質、地形、気象条件など)に適用できるとしているが、実際の土石流発生箇所を対象としてC-SLIDER法の適用性について検証した事例は少なく、適用可能な地域の実態は明らかになっていない。

そこで、本研究では、2009年7月の集中豪雨により表層崩壊が多発し、その崩壊土砂により土石流災害が発生した山口県防府市を対象として、C-SLIDER法による危険度評価および現地踏査を実施し、C-SLIDER法の適用性について検証を行った。具体的には、斜面の削剥程度に注目し溪流を分割し、その溪流単位においてC-SLIDER法による解析結果と実際の崩壊発生箇所との妥当性について検討を行い、C-SLIDER法の適用性について検証を行った。なお、対象とした地域には、花崗岩類が分布する。

その結果、斜面の削剥があまり進行しておらず比較的土層が厚く分布する地域はC-SLIDER法による解析結果と実際の崩壊発生箇所との妥当性が高いこと、つまり、C-SLIDER法による危険度評価が適用できることが分かった。一方、斜面の削剥が進行し土層が薄いところでは妥当性が低いこと、つまり、C-SLIDER法による危険度評価が適用できないことが分かった。

キーワード: 土石流, 表層崩壊, C-SLIDER法, 斜面侵食形態

Keywords: debris flow, Shallow landslide, C-SLIDER method, Slope form of denudation grade

平成23年東北地方太平洋沖地震・福島県浜通り地震による常磐海岸における海食崖の崩壊

Sea cliff landslides caused by the 2011 Tohoku earthquake and the 2011 Fukushima-Hamadori earthquake in the Joban coast

黒澤 兆^{1*}, 苅谷 愛彦²

Hiroshi Kurosawa^{1*}, Yoshihiko Kariya²

¹ 専修大学大学院, ² 専修大学

¹ Graduate School of Senshu University, ² Senshu University

2011年東北地方太平洋沖地震と福島県浜通りの地震に伴い、東日本の海食崖で崩壊が多数生じた。本研究では、常磐海岸（茨城県日立市 - 福島県相馬市）で発生した177箇所の海食崖の崩壊について、それらの比高や体積などを空中写真と踏査により計測した。そして崩壊地の形態・分布と地質、および地震動・地震加速度との関連を検討した。

崩壊地は発生域の違いにより（1）海食崖上部の未固結層が崩壊しているが、下部の岩盤は崩壊していないタイプ（タイプ1, $n = 89$ ）と（2）海食崖を構成する未固結層や岩盤が全て崩壊しているタイプ（タイプ2, $n = 79$ ）とに二分された。また写真解像度等の問題で発生域を特定できないものが少数あった（ $n = 9$ ）。移動体体積の平均値は、タイプ1では $2.2 \times 10^3 \text{ m}^3$ 、同2では $7.6 \times 10^3 \text{ m}^3$ であった。また両タイプ以外のものには 10^5 m^3 に近い移動体体積をもつものがあつた。

全崩壊地を対象に地理的分布を検討した。タイプ1は主に常磐海岸南部と北部の茨城県日立市や高萩市、福島県南相馬市周辺に多かった。同2は常磐海岸中部の茨城県北茨城市と福島県双葉町の間で多くみられた。また地質との関係は以下のとおりであった。タイプ1は海成砂層（海食崖上部）と砂岩・泥岩（同下部）の分布域でめだち、同2は珪藻質泥岩と砂岩・礫岩・泥岩・頁岩の分布域で卓越していた。このことから、海食崖を構成する地質の差異が崩壊のタイプを規定していると考えられる。また崩壊地の分布と地震動・地震加速度との関係を見ると、3月11日に4 Gal以上の地震加速度が生じたとみられる地域（茨城県日立市、福島県双葉郡双葉町・富岡町）で崩壊が集中していた。

寒候期に緩慢に活動する地すべりのすべり面強度に及ぼす温度効果の検証 Effect of temperature on shear strength of slip surface clay taken from a slow-moving landslide activated in cold season

柴崎 達也^{1*}, 山崎 孝成¹, 松浦 純生²

Tatsuya Shibasaki^{1*}, Takanari Yamasaki¹, Sumio Matsuura²

¹ 国土防災技術株式会社, ² 京都大学防災研究所

¹Japan Conservation Engineers & Co., Ltd., ²Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

日本国内では、第三紀堆積岩地帯や火山活動のある熱水変質地帯など、膨潤性粘土鉱物（スメクタイト）が分布する地質で地すべりが頻繁に発生している。膨潤性粘土鉱物のスメクタイトは非常に小さな残留せん断抵抗角（低摩擦係数）を示すことから、スメクタイトに富む粘土をすべり面とする地すべりは、非常に緩い傾斜の斜面でも安定を損ないやすい。また、このような地すべりは、0.01~0.1mm/min 前後の移動速度を記録する観測例が統計的に多く、一般的に緩慢な移動を繰り返している。加えて、寒候期に活発化する地すべりの動態観測によると、多様な運動パターンを示すことも明らかとなっている。晩秋期や積雪初期から移動を開始するものや、厳冬期に移動を開始するもの、融雪期に移動するものがある。厳冬期に地すべり活動が鎮静化する事例もあり、このような地すべりの多様な運動パターンを規定する要因については不明な点も多い。筆者は、浅い小規模な地すべりほど晩秋から積雪初期に移動を開始する実態に着目し、間隙水圧の変動以外に、季節的な地温変動が、斜面安定に影響を与えている可能性に疑問を持つに至った。これまで、リングせん断試験機を用いて様々な土の残留強度の温度依存性を検証した実験を行い、スメクタイトに富む粘土のせん断強度が温度に依存する特性を明らかにしてきた（柴崎・山崎, 2010）。本研究では、寒候期に活発化する地すべりの機構を検討することを目的に、すべり面強度の温度依存性に関する追加の検証実験を行った。

新潟県上越地方の新第三紀層の地すべり地から不攪乱採取したすべり面試料を用い、すべり面強度の温度依存特性を直接的に検証した。X線回折分析により、すべり面粘土を構成する主要粘土鉱物がスメクタイトであることを確認した。深度4.5mからボーリングコアで採取した鏡肌状のすべり面を含む試験供試体を用い、一面せん断試験を行った。試験時の垂直応力は現地の有効土被圧を考慮して50kN/m²とし、せん断速度は0.005mm/minとした。試験供試体を収めた水槽に水を満たし、外部の温度管理した水槽から水を循環して、14~27℃の範囲で供試体の温度を変化させた。その結果、供試体の温度を低下させると、せん断強度の有意な低下が認められた。柴崎・山崎（2010）が報告したリングせん断試験の実験結果とも調和的で、一連の実験結果は、すべり面の温度環境の変化がすべり面強度を低下させ、地すべりの発生誘因となる可能性を示唆している。

キーワード: 緩慢性地すべり, 膨潤性粘土鉱物, スメクタイト, 残留強度, 温度依存性, 寒候期

Keywords: slow-moving landslide, swelling clay mineral, smectite, residual strength, temperature dependency, cold season

温暖化進行に伴う気候変動による土砂災害の発生危険度の変動

Changes in the risk of sediment-related disasters under climate change due to global warming

中町 聡^{1*}, 松浦純生², 岡本 隆³

Satoshi Nakamachi^{1*}, Sumio MATSUURA², Takashi OKAMOTO³

¹ 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻, ² 京都大学防災研究所, ³ (独) 森林総合研究所

¹Division of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, Kyoto University, ²Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, ³Forestry and Forest Products Research Institute, Forestry Agency

積雪地域では降雨だけでなく、融雪水が斜面基盤に浸透することで土砂災害が発生する。このため、多量の融雪水が斜面基盤に供給される3月～5月の融雪期間に土砂災害の発生危険度が高まる。さらに、日周期の融雪水に加え、強風などの極端気象現象発生時にも多量の融雪水が供給されるため、土砂災害が発生する機会が多い。

これまでの研究成果によると、過去20年間における日本の降水量や気温などの変動幅が徐々に大きくなっていると言われている。特に積雪地域では、冬期間の気温や降水量の変動の影響を大きく受けると考えられる。そのため、温暖化進行に伴う気候変動により、将来の積雪地域における土砂災害の発生時期や発生場所、さらに種類や規模も大きく変化することが予測される。

しかし、山間地での気象観測所が少ないことから、冬期間の積雪環境の変動や極端気象現象による融雪水量は十分に検討されていない。このため、暖温帯多雪地帯の山間地で観測された林野庁及び気象庁で得られたデータをもとに、将来の気候変動の外挿精度を高めるため、過去25年間の気温や降水、積雪深などの長期変動傾向を明らかにするとともに、極端気象現象の発生確率について検討する。

キーワード: 土砂災害, 地球温暖化, 極端気象現象

Keywords: sediment-related disaster, global warming, extreme weather event

滋賀県東部，姉川流域における完新世せき止め湖堆積物の分布，年代とその変形 Distribution, ages, and deformation of the Holocene dammed-up-lake sediments along the Ane River, central Japan

羽馬 一希^{1*}, 金田 平太郎¹

Kazuki Haba^{1*}, Heitaro Kaneda¹

¹ 千葉大学大学院理学研究科地球科学コース

¹Department of Earth Sciences, Chiba University

滋賀県東部，姉川中流域では，過去に伊吹山の大規模斜面崩壊によるせき止め湖が形成されていたことが知られている（伊吹町史編さん委員会，1992など）。小嶋ほか（2006）は，このせき止め湖堆積物の年代測定の結果から，3～4万年前頃に存在したものを古期せき止め湖，5000年前頃に存在したものを新期せき止め湖と呼び，また，新期せき止め湖堆積物中に年稿の存在を指摘しているが，これらのせき止め湖の正確な形成・消滅時期やそれらの誘因については明らかになっていない。本研究では，これらのうち，新期せき止め湖を対象とした地形・地質調査，測量調査及び簡易ボーリング掘削調査を実施した。

姉川の現河床沿いには，ところどころに新期せき止め湖堆積物が露出するが，今回，このうち2ヶ所の現河床において簡易ボーリング調査を実施した。その結果，河床からそれぞれ深度約4.0mおよび6.8mまでの新期せき止め湖堆積物が得られた。ボーリング試料中から得られた微小植物片・葉片および周辺露頭から得られた葉片・木片の放射性炭素年代を総合して考えると，新期せき止め湖の形成年代は5500年前頃と考えられる。一方，消滅時期に関しては，新期せき止め湖堆積物上半部の大半は侵食されて現在直接確認できないため，正確な年代は不明である。ただし，これまでに得られている年代値から，少なくとも約4500年前以降であると考えられ，新期せき止め湖は少なくとも1000年間持続したと推定される。1000年以上もの長期間，せき止め湖が持続していた要因としては，せき止め土塊の規模が大きいために考えられるが，加えて，固結の早く進行する石灰岩角礫層がせき止め土塊を構成していることも関係している可能性がある。実際，現河床付近に見られる完全に礫岩化した石灰岩角礫層中の木片からは約200～500年前という非常に若い年代が得られた。

一方，今回，新期せき止め湖堆積物には，最大20°に達する大きな傾動とともに，一部には活断層によると考えられる変位が認められることが判明した。傾動については圧密の影響も含んでいると考えられるが，本研究地域は左横ずれ活断層である鍛冶屋断層と関ヶ原断層のステップ部に位置することから，これらの変形と活断層との関係が注目される。

キーワード: 姉川, 大規模斜面崩壊, せき止め湖, 活断層, 圧密

Keywords: Ane River, large-scale slope failure, dammed-up lake, active fault, compaction