

SAR干渉画像を用いた口坂本地すべりにおける地表変動の抽出

Detection of the ground surface deformation by InSAR analysis at Kuchisakamoto landslide

*西口 尚希¹、今泉 文寿²

*Takaki Nishiguchi¹, Fumitoshi Imaizumi²

1.静岡大学大学院、2.静岡大学農学部

1.Graduate School,Shizuoka University, 2.Faculty of Agriculture,Shizuoka University

干渉SARは地すべりや地盤沈下のような小スケールの地表変動を観測することのできる技術である。しかし、干渉SARは比較的新しい技術であり、観測精度に影響を及ぼす要因が十分に特定されていない。そこで本研究では、静岡県口坂本地すべりを対象としてALOSおよびALOS2による観測結果からSAR干渉画像を作成し、現地で定期的に計測されているGPS測量結果と比較することにより干渉SARによる地表変動抽出精度の検証を行った。またSAR観測時の垂直基線長や観測間隔、観測モードなどの観測条件と観測精度の関係も検討した。さらに解析したすべてのSAR干渉画像から精度よく地表変動を抽出できているものを選択し、スタッキング法を用いることで年平均移動速度を算出した。

SAR干渉画像から得られた地表変動量とGPS観測による地表変動量との残差を求めたところ、ALOSでは97ペアの干渉画像のうち17ペア、ALOS2では6ペアの干渉画像のうち4ペアがそれぞれ残差 ± 20 mm以内であり、高精度に変動をとらえていた。また残差の絶対値が20 mmを超えたものについてその原因を検討したところ、1. 観測時の垂直基線長が長い場合、2. 観測間隔が長い場合、3. 観測モードが異なる場合、4. GPSで観測された実際の斜面変動量が大きい場合に誤差が大きくなることが分かった。1, 2に関してはコヒーレンス値の低下、3に関しては解析過程における帯域変換によるノイズの影響、4に関しては位相アンラッピングエラーがそれぞれ原因であると考えられる。スタッキング法を用いて年平均移動速度図を作成したところ全体として変動がみられる地すべりブロックの内部に局所的に大きな変動を呈する局所ブロックの存在を確認した。

キーワード：地すべり、干渉SAR

Keywords: landslide, InSAR

一定垂直倍率立体地形解析図を用いた地すべり地形判読の試み

Topographical interpretation of landslides using a constant vertical exaggeration stereoscopic map

*佐藤 剛¹、横山 隆三²、土志田 正二³、田殿 武雄⁴、白澤 道生²

*Go Sato¹, Ryuzo Yokoyama², Shoji Doshida³, Takeo Tadono⁴, Michio Shirasawa²

1. 帝京平成大学環境情報学研究科、2. 横山空間情報研究所、3. 消防庁消防研究センター、4. 宇宙航空研究開発機構

1. Graduate School of Environmental Information, Teikyo Heisei University, 2. Yokoyama Geo-Spatial Information Laboratory Co., Ltd, 3. National Research Institute of Fire and Disaster, 4. Japan Aerospace Exploration Agency

This study introduces the method for interpreting landslide topographies with a constant vertical exaggeration stereoscopic (CVES) map. The map created by using digital elevation model (DEM) data shows 3D images of landforms as an anaglyph. We created two types of CVES maps by using the light detection and ranging (LiDAR) digital terrain model (DTM) and the Advanced Land Observing Satellite (ALOS) World 3D (AW3D) digital surface model (DSM) data (observation data from the Japanese satellite ALOS-Daichi) around Mt. Ebiradake in Northern Japanese Alps. We then compared these maps with a landslide distribution map created using air-photo interpretation. As a result, we could clearly identify scarps, which were formed on the landslide body due to secondary landslide activity and were several meters high on the CVES map created using LiDAR DEM data with 5 m resolution. A number of scarps identified on the CVES map were difficult to interpret using the air-photo technique. The CVES map provides very helpful data for creating high-resolution landslide distribution maps. In contrast, it was difficult to detect those scarps on the CVES map that were created from AW3D DSM data with 5 m resolution. However, we could identify landslides more than 200 m width and scarps more than 10-20 m high on the landslide body. The AW3D data cover the entire world, so the CVES map created by using AW3D DSM is useful for areas where LiDAR data and / or air-photos are unavailable for generating landslide distribution maps.

キーワード：一定垂直倍率立体地形解析図、地形判読、簸岳地すべり

Keywords: constant vertical exaggeration stereoscopic map, topographical interpretation, Ebiradake landslide

巨摩山地・櫛形山東麓における更新世後期の地すべり性古湖沼

Late Pleistocene paleolakes formed by landslide activities on the eastern foot of Mt. Kushigata, the Koma Mountains, central Japan

*太田 凌嘉¹、苅谷 愛彦²

*Ryoga Ohta¹, Yoshihiko Kariya²

1.専修大学・学部生、2.専修大学

1.Undergraduate at Senshu University, 2.Senshu University

甲府盆地西方の櫛形山（2052 m）は、南部フォッサマグナの新第三系（主に巨摩層群の火山岩・泥岩）からなる巨摩山地の最高点である。櫛形山と、甲府盆地の最低地点との水平距離は約16 kmで、比高は約1.5 kmに達するため櫛形山東面では急斜面が卓越する。しかし標高950 m以下では段丘状の緩斜面が広がり、南アルプス市高尾から富士川町岩下にかけて、南北走向を示す長さ約5 kmの地溝状凹地が発達する。この凹地の一部を人工湛水させたものが北伊奈ヶ湖や南伊奈ヶ湖である。この凹地の一部には、少なくとも最終間氷期から最終氷期初頭にかけて湖沼が存在していた。湖沼の成立・消滅には櫛形山東面の大規模な地すべりが関与していた可能性がある。

凹地北部の高尾では、標高840 m前後にシルト質の湖成堆積物が分布する。また同地の標高855 m付近には土石流堆積物が分布し、厚さ1.0 m前後の白色軽石層を挟む。高尾の南の立沼と北伊奈ヶ湖の中間地点では、標高840–865 m前後にシルトと砂礫からなる厚い湖成堆積物が分布し、そのうち標高860 m付近に高尾と同じ厚さ0.5 m前後の白色軽石層を挟む。さらに、立沼の標高880 m前後にもシルト質・泥炭質の湖成堆積物が分布し、同じ白色軽石層を挟む。層厚や鉱物組成、火山ガラス及び角閃石の屈折率特性から、これらの軽石層は全て御岳第1（On-Pm1；95 ka）に同定される。

清水ら（2001；防災科研地すべり図）や長谷川ら（2014；応用地質学会講演論集）が指摘するように、櫛形山周辺には地すべり地が卓越する。筆者らも空中写真やLiDAR-DEM段彩傾斜量図・陰影図の判読及び現地踏査を行い、清水ら（2001）が認識した以上に多くの地すべり地と岩盤の重力変形域を櫛形山一帯で確認した。それにもとづくと、高尾や立沼は複数の巨大地すべり移動体の上に位置し、これらの移動体は二次地すべりにより随所で開析されている。これらの点から、上記の湖成堆積物は巨大地すべり移動体の凹地や平坦面が湛水して生じたと考えられる。ただし、湖成堆積物の高度が標高840 m前後と同880 m前後に二分する事実は、元来一連だった湖成堆積物が後の斜面変動で高度分化を起こした可能性のほか、高度の異なる複数の湖沼が当初から同時に成立していたことも想起させる。高尾、立沼及び北伊奈ヶ湖－立沼中間地点の3地点は、いずれも異なる地すべり移動体上にあるからである。一方、古湖沼は二次地すべりや谷頭侵食による解体、後背斜面からの岩屑供給による埋積で完全に消滅した。ただし、その時期について具体的な資料はまだない。なお、櫛形山東面山腹に直線的な凹地が連続することと、同地では現在も含めて地すべり活動が活発だったことの間には何らかの地質学的関係があると思われるが、この点は検討中である。

キーワード：テフロクロノロジー、御岳第一テフラ、湖成堆積物、岩盤重力変形

Keywords: Tephrochronology, On-Pm1 tephra, lacustrine sediments, deep-seated gravitational slope deformation

決定木を用いた木曾山脈における線状凹地の分布特性の解析

Analysis of distribution of linear depressions based on decision-tree model in Kiso Mountain Range, central Japan

*遠藤 涼¹、須貝 俊彦¹

*Ryo Endo¹, Toshihiko Sugai¹

1.東京大学

1.The University of Tokyo

山体重力変形地形の分布特性を地形発達史の観点から広域的に解析した研究は少ない。本発表では、線状凹地と（１）凹地を発達させる地形変化（氷食、河川の下刻、崩壊）、および（２）地形条件（起伏量、勾配など）との関係を明らかにすることを目的とする。対象地域は、木曾山脈の木曾駒ヶ岳を含む花崗閃緑岩（産業技術総合研究所地質情報総合センター（編）、2015）地域である。

1970年代に撮影された、縮尺15,000分の1の国土地理院のカラー空中写真の判読を元に、線状凹地・氷河地形・周氷河平滑斜面を認定した。氷河地形は青木（2000）を、周氷河平滑斜面は柳町・小泉（1988）をそれぞれ参考にした。崩壊地形の認定は、防災科学技術研究所の地すべり地形分布図データベースの地すべり移動体を採用した。ArcGIS10.2.2を用いて、国土地理院の基盤地図情報数値標高モデル（10mDEM）を元に水系を作成した。水系次数が4以上の谷を主谷とし、主谷に流入する3次谷が形成する小流域を単位流域に設定した。単位流域数は105である。単位流域ごとに水系解析・地形解析を行ったのち、WEKA 3.6.13（Hall et al., 2009）を用いて決定木により線状凹地の分布特性を解析した。決定木解析に用いる説明変数は、各単位流域における、水系次数ごとの河道数・平均河道長・平均河道勾配・平均河道比高・水系密度、河道の分岐比・勾配比・谷長比・密度比、最高標高・最低標高・起伏量・流路長・勾配・水系密度・面積・傾斜方向（東西）・傾斜方向（南北）、最終氷期における氷河の有無、ヤンガードリアス期における氷河の有無、地すべり移動体の有無、周氷河平滑斜面の有無、とした。被説明変数として、単位流域内における線状凹地密度 $0.5 \text{ [km/km}^2\text{]}$ を閾値として、単位流域群を2つのグループに分類したものをを用いた。

決定木解析の結果、線状凹地の分布のしやすさを説明する要素は、地すべり移動体が存在すること、または3次谷の勾配がおよそ 30° 以上であることが示唆された。

キーワード：決定木、線状凹地、木曾山脈、山体重力変形、地形解析

Keywords: Decision-tree, Linear depressions, Kiso Mountain Range, Mountain gravitational deformation, Geomorphological analysis

同一流域における異なる時期の深層崩壊面積の頻度分布

Frequency distribution of the deep-seated rapid landslide area in different events in the same region

*中野 真帆¹、西口 幸希¹、内田 太郎²、田中 健貴²

*NAKANO Maho¹, Yuki NISHIGUCHI¹, Taro Uchida², Yasutaka TANAKA²

1. (株) 建設技術研究所、2. 国土技術政策総合研究所

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

深層崩壊は土石流や、天然ダム形成・決壊を引き起こし、下流に被害を及ぼすことがある。深層崩壊の被害を軽減するためには、ある地域でどの程度の規模の深層崩壊が発生するのかを予測する必要がある。

そこで、本研究では、深層崩壊の規模は地形・地質条件の影響を受けると考え、「ある地域で発生する深層崩壊の規模は、同地域で過去に起こったものと同程度になる可能性が高い」という仮説を、山梨県富士川流域および奈良県十津川流域を対象に検証した。まず空中写真判読による深層崩壊跡地の判読図をベースに、既往の文献や複数時期の空中写真を用いて、各深層崩壊の発生時期を推定した。その上で、異なる3時期に発生した深層崩壊の崩壊面積の頻度分布を求め、その関係性についての検討を行った。また、L P データを元に傾斜量区分図を作成し、岩盤クリープの判読を行い、岩盤クリープの面積と頻度の関係もあわせて検討した。

その結果、富士川流域では、1982年の崩壊地はその他全時期の時期に比べてやや小さい崩壊の頻度が高いものの、1948年とその他の時期は比較的類似した頻度分布を示した。十津川流域では、1911年時点全崩壊地と2011年に発生した崩壊面積の頻度分布を比較すると、両者は概ね同様の傾向であった。

また、富士川・十津川両地域ともに、富士川の1982年以外の崩壊地と岩盤クリープの規模の頻度分布は、概ね一致した。この結果は、岩盤クリープが深層崩壊に至る前兆的な地盤の変形であるとするこれまでの研究とあわせて考えると、岩盤の緩みの段階から地質、地形等に規制され、深層崩壊規模がある程度決まっている可能性が示唆され、「深層崩壊発生誘因に拠らず、深層崩壊の規模は地形・地質条件の影響を受ける」とした仮定を支持するものであると考えられる。

以上のことは、ある地域で今後発生する深層崩壊の規模は、同一流域で過去に発生した崩壊規模からある程度、推定可能であること示唆している。

キーワード：深層崩壊、崩壊面積、岩盤クリープ、L P データ、空中写真

Keywords: deep seated rapid landslide, landslide area, rock creep, LiDAR data, aerial photograph

斜面崩壊発生に土層内の水みち・封入空気が及ぼす影響に関する実験

Experiment for effects of preferential flow and entrapped air on slope failure

*田中 健貴¹、内田 太郎¹、桜井 亘¹、長井 斎²、笹山 隆²、戸館 光²

*Yasutaka TANAKA¹, Tarou Uchida¹, Wataru Sakurai¹, Hitoshi Nagai², Takashi Sasayama², Hikaru Todate²

1.国土技術政策総合研究所、2.株式会社建設技術研究所

1.National Institute for Land and Infrastructure management, 2.CTI Engineering Co., Ltd,

降雨のピーク時刻付近に斜面崩壊の発生が集中するメカニズム、崩壊土砂が急速に流下するプロセスについては、様々な研究が行われてきたが、依然として定説を得るに至っていない。これまでの斜面崩壊発生箇所の調査結果によると斜面崩壊発生箇所において、パイプ状の孔隙（以下、水みち）が見られることが報告されており、水みちによる選択的な水流が降雨ピーク時付近の急激な安全率の低下に寄与している可能性が示唆されている。具体的には、水みちによる選択的な水の流れにより土層内の間隙水圧の局所的な高まりが斜面崩壊の発生に影響を与えていることを指摘されてきた。また他の可能性としては、土層内の封入空気により生じる土層内に過剰な間隙圧が降雨ピーク時付近の急激な安全率の低下に寄与している可能性も指摘されてきた。

以上を踏まえ、土層内に水みちが存在する場合に選択的な水流や土層内の封入空気が斜面崩壊に与える影響について人工斜面模型を用いた実験により検討した。実験は図に示す模型を用いて実施し、人工土層内には塩化ビニル樹脂で作成した人工的な水みちを設置した。なお水みちには2cm間隔で孔径4mmの穴を開け、土層には20cm間隔でマンメータを設置した。給水は斜面の上流端からのみ給水を行うケース、上流端からの給水および人工降雨装置から降雨を与えるケースの2つの方法を用いた。斜面土層の上流端は仕切られ給水槽に接続しており、上流端の給水槽は一定の水位を保てるようにした。さらに、水みちの上流端は別のタンクに直接接続し、水みち上流端の水位を制御できるようにした。実験は順次、土層への水供給用の給水槽の水位を上げ、崩壊発生の条件・発生状況を観察した。

また、本研究では土層内の封入空気が地表面から抜けにくくするために、珪砂を土層表面に敷いたケースについても実験を行った。さらに、水みちにバルブを取り付けることで閉塞できる構造とし、給水途中で水みちが閉塞したケースを想定し、水みちのバルブを閉めるケースも実験に加えた。

キーワード：斜面崩壊、水みち、間隙水圧

Keywords: slope failure, soil pipe, pore water pressure

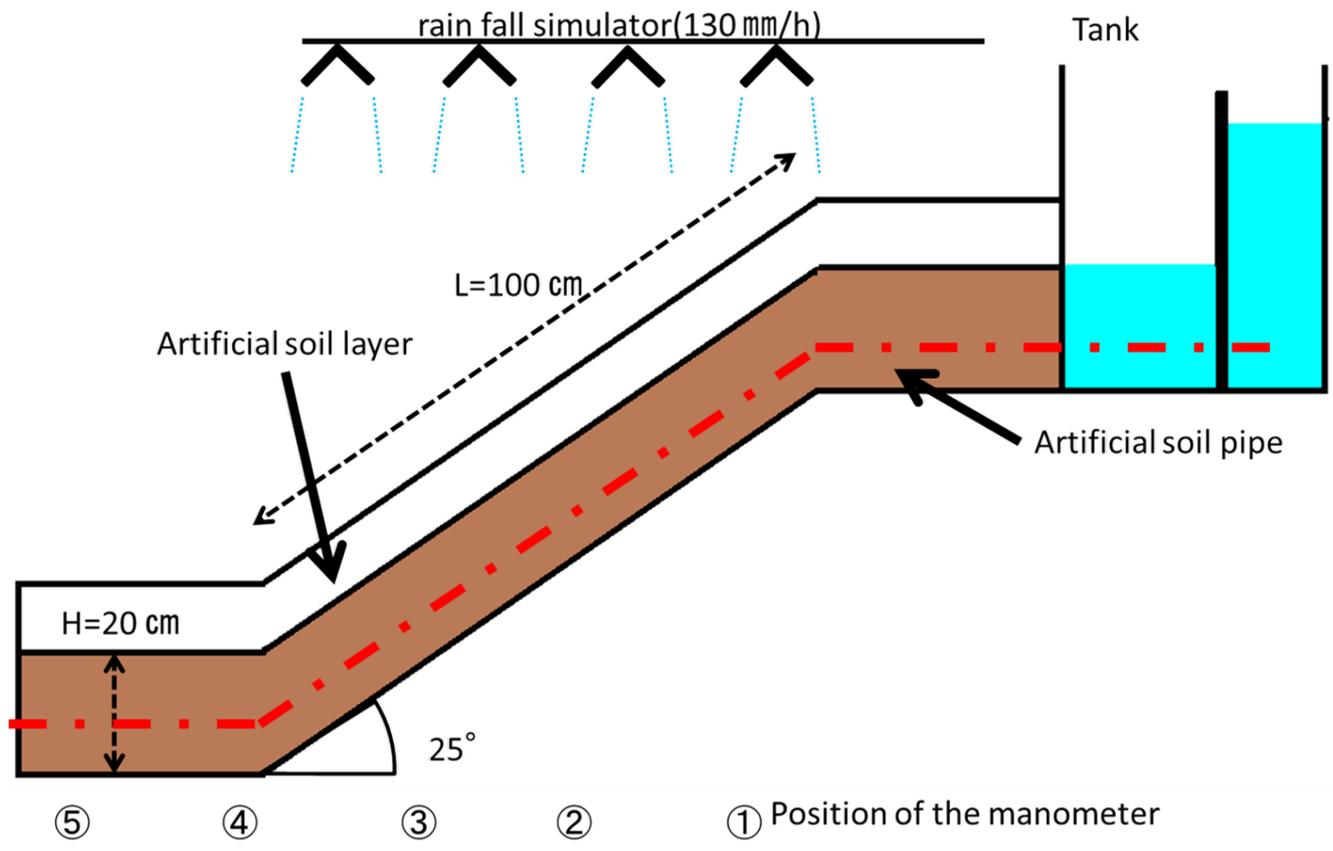


Figure experimental equipment

地震の最大加速度が斜面崩壊発生危険度に及ぼす影響検討

Study on the peak ground acceleration effect on the seismic landslide

*松田 昌之¹、桜井 亘²、内田 太郎²、田中 健貴²、高山 陶子¹*Masayuki Matsuda¹, Wataru Sakurai², Taro Uchida², Yasutaka TANAKA², Toko Takayama¹

1. アジア航測株式会社、2. 国土技術政策総合研究所

1. Asia Air Survey Co., Ltd., 2. National Institute for Land and Infrastructure Management

平成7年兵庫県南部地震以降、各地で多発する地震による山腹斜面の崩壊危険度を評価するため、斜面勾配、平均曲率、地盤の最大加速度から地震時斜面崩壊危険度評価式の検討が進められてきた。その結果、兵庫県南部地震では、地形条件が同じ場合、最大加速度の増加にともない崩壊面積率が直線的に増加する傾向が確認され、これに基づく地震時斜面崩壊危険度評価式が提案・活用されてきている。

一方で、平成16年新潟県中越地震や平成20年岩手・宮城内陸地震等、平成7年兵庫県南部地震よりも格段に大きい地震動が観測され、深層崩壊など大規模な崩壊が多発している。その結果、最大加速度が非常に大きい領域では、兵庫県南部地震で確認された最大加速度と斜面崩壊面積率の関係を外挿するような関係とは異なる可能性が考えられた。そこで、本研究では、最大加速度が非常に大きい領域も含め、最大加速度と斜面崩壊の発生確率、崩壊規模の関係について明らかにすることを試みた。

本研究では、2004年の新潟県中越地震の強震域の約700km²を対象に、地震の最大加速度と崩壊の関係性について整理を行った。整理に際しては、判読により把握された崩壊地データより崩壊地位置を把握するとともに、地震前のDEMデータ（10mメッシュ）から斜面勾配等の地形条件を整理した。研究対象範囲について地震の最大加速度を100gal間隔で区分したうえで、斜面勾配5°毎に崩壊面積率を集計した。

この結果から、いずれの最大加速度区分においても、斜面勾配（*Slope*）と崩壊面積率（*P*）の関係は、式1で表すことが可能で、傾き（*a*）は地震の最大加速度区分によらず、おおむね一定（0.1程度）であった。さらに回帰式の切片の値は、地震の最大加速度が大きくなるほど増加する傾向がみられた。

$$\ln(P) = axSlope + b \quad \dots \text{式1}$$

ここで、切片**b**は地震の最大加速度の関数となりうる。

さらに、大規模崩壊として崩壊面積1ha以上の崩壊地に着目して、大規模崩壊と斜面勾配・斜面の凹凸（平均曲率）・地震の最大加速度等の関係を整理した。斜面勾配ごとに斜面崩壊発生の下限の最大加速度について整理したところ、同じ斜面勾配のとき、崩壊面積1ha以上の崩壊については、1ha以下の崩壊に比べて、最大地盤加速度が100~250gal大きいこと、崩壊面積1ha以上の崩壊の中でも凹型斜面よりも凸型斜面のほうが、下限の最大加速度が20~60gal小さいことがわかった。

キーワード：斜面崩壊、地震最大加速度、斜面勾配、地震

Keywords: Landslide, Peak ground Acceleration, Slope gradient, Earthquake