

上高地・奥又白谷で発生した完新世の岩石なだれ Holocene rock avalanche phenomena from the upper Okumatashirodani Basin, Kamikochi Valley, northern Japanese Alps

荻谷 愛彦^{1*}; 松四 雄騎²; 原山 智³; 松崎 浩之⁴

KARIYA, Yoshihiko^{1*}; MATSUSHI, Yuki²; HARAYAMA, Satoru³; MATSUZAKI, Hiroyuki⁴

¹ 専修大学, ² 京都大学, ³ 信州大学, ⁴ 東京大学

¹Senshu University, ²Kyoto University, ³Shinshu University, ⁴University of Tokyo

上高地・徳沢の新村橋付近では、梓川左岸の弁天沢沖積錐上にモレーンとされた岩屑丘が存在する。また梓川を挟んで弁天沢の対岸にある奥又白谷沖積錐上にも、モレーンや土流堆積地形とされた小リッジが分布する。本発表では、これらの岩屑丘や小リッジの地形・地質・年代を述べ、成因を再検討する。

調査範囲は、新村橋付近の梓川左岸（弁天沢）・同右岸（奥又白谷）である。弁天沢は長堀山西面を集水域とし、谷の出口に小沖積錐が発達する。集水域全体が美濃帯砂岩・泥岩からなる。奥又白谷は前穂高岳北尾根東面を集水域とし、谷の出口に大型沖積錐が発達する。集水域は溶結凝灰岩、文象斑岩及び花崗岩からなる。岩屑丘と小リッジの形成年代を知るため、弁天沢と奥又白谷の数地点で表層礫を採取し、石英粒子中の宇宙線生成核種を東京大学の加速器質量分析計で定量した。また新村橋付近の地下地質を推定するため、梓川河床で微動アレイ探査を行った。以上について、次の結果を得た。

(1) 弁天沢：高さ約 1-10 m の複数の岩屑丘が、沖積錐上に集合して突出する。岩屑丘は、主に溶結凝灰岩と文象斑岩の粗大礫からなる。砂岩・泥岩礫は確認されない。岩屑丘構成層では巨礫がジグソー・パズル状に破碎し、礫間の細粒充填物を欠く。B25 地点で採取した文象斑岩礫の年代は 6.0-7.9 ¹⁰Be ka だった。また微動アレイ探査では、深度 152 m に $V_s = 2800$ m/s 台の基盤相当層がみられ、同 5-31 m に $V_s = 480-540$ m/s のやや堅固な層が検出された。後者は岩屑丘をなす礫層と同一層の可能性がある。(2) 奥又白谷：奥又白谷沖積錐の中部に、比高 10 m 程度の小リッジが存在する。小リッジ上に長径 5 m 前後の、溶結凝灰岩と文象斑岩、花崗岩の巨礫が散在する。礫表面に割れ目が発達する。O5 地点で採取した花崗岩礫の年代は 0.8-1.1 ¹⁰Be ka だった。

これらの岩屑丘や小リッジは塚状・堤状の微・小地形からなり、ジグソー・クラックや割れ目を伴う淘汰不良の角礫層の存在で特徴づけられる。これらの特徴は大起伏山地や火山における岩石（岩屑）なだれの地形と堆積物に認められている。また構成礫が全て前穂高岳北尾根東面に露出する火成岩からなる点も特異で、物質の供給源や移送過程について示唆を与える。既往研究は岩屑丘や小リッジの成因として更新世の氷河作用に注目したが、堆積構造や礫種構成の点からは説明がむずかしい。両地形は、その分布位置や礫種、年代から判断して、奥又白谷上部斜面を発生域とする岩石なだれによると考えられる。弁天沢の東には堆積岩の重力変形が顕著な長堀山一蝶ヶ岳尾根が連なるが、梓川河床まで達する大規模な物質移動は穂高連峰側から生じていたことが判明した。年代の差異からみて、岩屑丘と小リッジは異なるイベントで形成されたと考えられる。ただし、いずれも完新世である。

(本研究には科研費 24300321 を使用した。現地調査では上高地自然史研究会の協力を得た。)

キーワード: 地すべり, 宇宙線生成核種編年, 飛騨山地

Keywords: landslide, in-situ terrestrial cosmogenic nuclide dating, Hida Mountains

北海道層雲峡の熔結凝灰岩谷壁で発生した2013年9月の岩盤崩壊 Rock failure of welded tuff in Souunky valley, Hokkaido, on September 2013

石丸 聡^{1*}; 田近 淳¹; 渡邊 達也¹; 石川 勲²; 志村 一夫³

ISHIMARU, Satoshi^{1*}; TAJIKA, Jun¹; WATANABE, Tatsuya¹; ISHIKAWA, Isao²; SHIMURA, Kazuo³

¹北海道立総合研究機構 地質研究所, ²北海道庁, ³シン技術コンサル

¹Geological Survey of Hokkaido, ²Hokkaido Government, ³Shin Engineering Consultants

2013年9月8日の午後4時半頃、北海道上川町層雲峡の“四の岩”付近の石狩川左岸谷壁で岩盤崩壊が発生した。当地区では国道39号が石狩川沿いを通るが、崩壊斜面からは石狩川を挟み対岸に位置しており、また距離も崩壊斜面下から約170m離れているため、幸いにも土砂は国道までは到達しなかった。しかしながら、崩壊土砂は石狩川の河道を一部埋積したために排水不良となり、その上流側約200mの範囲に湛水域が生じた。この岩盤崩壊は以下に述べるとおり、岩盤すべりを発端とし、斜面下では岩屑なだれのような挙動を示す高速流動の痕跡が認められる。

崩壊箇所の谷壁の地質は下位の古第三紀付加体日高層群の頁岩、上位の層雲峡熔結凝灰岩からなる。ここでは、層雲峡熔結凝灰岩は上下2つの岩相に分かれ、下部は強度の低い非熔結部、上部は柱状節理・板状節理の発達した熔結部からなる。層雲峡は、約3万年前に大雪山御鉢平カルデラ形成に伴い噴出した火砕流堆積物(層雲峡熔結凝灰岩)を石狩川が下刻してできた峡谷で、急崖斜面が発達する。崩壊発生箇所では、凝灰岩熔結部が比較的薄いため、斜面最上部の約30mのみが急崖となり、その下方の比高約150mは40度前後の斜面が発達する。空中写真判読によれば、40度前後の斜面には縦断方向に緩慢な凹凸の微地形が連続し、過去の崩壊による崖錐堆積物が斜面を覆っているように見える。この斜面下には石狩川に沿って、幅約300mの谷底平坦面が広がる。

斜面崩壊の浸食域と堆積域をあわせた範囲は、標高695m~505mの比高(H)190m、幅90~100m、奥行き(L)365mで、等価摩擦係数(H/L)は0.52となる。推定崩壊土砂量は、堆積域の地形形状から約33,000m³以上と見積もられた。崩壊範囲のうち斜面部の奥行きは220mで、斜面上部90mは層雲峡熔結凝灰岩が露出し、それより下方95mは崩壊土砂が斜面を覆う。土砂斜面の下部中央には、崩壊の最終段階に生じた比高45m、幅20mの土砂の円弧すべりの痕跡が見られる。この円弧すべりにより、崩壊土砂に覆われた過去の崖錐堆積物が一部露出する。周辺斜面の踏査によれば、崖錐堆積物の下には日高層群の頁岩が被覆されているものとみられる。なお、崩壊2日後の調査時には、崖錐堆積物に複数のパイピングホールが生じ、そこから湧水が流出してガリーが形成され、斜面に露出した崖錐堆積物は含水状態となっていた。

斜面下に崩れ落ちた土砂は谷底平坦面にロープ状に広がり、その中軸部では流動を示す複数列の弧状のリッジ&トラフ(比高1~2m)が半同心円状に並ぶ。平地に広がる崩壊土砂の範囲は奥行き130m、幅120mで、最大岩塊の径は7mに達する。岩塊の大多数は灰白色の凝灰岩非熔結部で、薄く赤味を帯びた斜面上部の凝灰岩熔結部の岩塊は主に中軸部のリッジ付近に散在する。日高層群の頁岩の岩塊は、ほとんど見ることができない。リッジの前面やトラフの間からは木片や有機物を含む表土起源と思われる堆積物と火山灰の混合物の搾り出しが見られる。これは、崩壊物質が流走した際に、移動体下底の土層(斜面下部~谷底平坦面の表土)が巻き込まれたものとみられ、岩屑なだれの流動層(基質相)のような役割を果たしたものとみられる。崩壊後にも見られた崖錐堆積物の含水状態は、崩壊以前の土層および崖錐堆積物でも同様であったものとみられ、これが流動層となった可能性がある。土砂が石狩川を越流した対岸では、樹木が崩壊源の方向に倒れていることから、堆積域先端部では移動体が樹木の足元を払うように高速で広がったものとみられる。等価摩擦係数に基づく推定式(Sceidegger1973)によれば、谷底平坦面に達した時点での移動体の速度は38m/sに達する。

斜面形状や地質構成から判断すると、崩壊は日高層群の頁岩と凝灰岩非熔結部の境界付近ですべりが発生し、その上方の岩体とともに滑落した“岩盤すべり”とみられる。日高層群の頁岩は水を通しにくく、その上にある凝灰岩非熔結部は水を通しやすいため、地下水は凝灰岩非熔結部の基底部に集まる。斜面下部の崖錐堆積物に見られる湧水も凝灰岩非熔結部から流出する地下水由来のものともみられる。層雲峡熔結凝灰岩の火砕流は約3万年前当時の谷壁斜面を構成する日高層群の頁岩の上を埋積したため、日高層群の頁岩と層雲峡熔結凝灰岩の境界(3万年前の谷壁斜面にあたる)は川に向かって傾斜しており、その上にある凝灰岩の構造も谷側に傾斜する。傾斜した地層境界部の上位に強度が低く地下水の集中しやすい非熔結部が、さらにその上に重い柱状節理・板状節理の熔結部があるという不安定な斜面で崩壊が発生した。なお、斜面最上部の柱状節理の発達する範囲では、露出した崩壊面に薄く苔が生えていることから、この部分は崩壊以前からすでに開口していたものとみられる。

キーワード: 岩盤崩壊, 熔結凝灰岩, 岩盤すべり, 岩屑なだれ

Keywords: rock failure, welded tuff, rock slide, debris avalanche

2011年台風12号豪雨による奈良県赤谷崩壊の地質素因 Geologic causes of Akatani rockslide induced by heavy rain with typhoon Talas (1112)

永田 秀尚^{1*}; 横山 俊治²; 井口 隆³; 加藤 弘徳⁴; 木村 克己⁵

NAGATA, Hidehisa^{1*}; YOKOYAMA, Shunji²; INOKUCHI, Takashi³; KATO, Hironori⁴; KIMURA, Katsumi⁵

¹ 有限会社風水士, ² 高知大, ³ 防災科研, ⁴ 荒谷建設コンサルタント, ⁵ 産総研

¹Fu Sui Do co. ltd., ²Kochi Univ., ³NIED, ⁴Aratani Civil Eng. Consultants, ⁵AIST

2011年8月末から9月にかけて日本に接近、上陸した台風12号は紀伊半島に記録的な豪雨をもたらし、奈良・和歌山・三重の各地で多数のランドスライドが発生した。その中でも最大規模のひとつである奈良県五條市の赤谷崩壊の地質素因について述べる。

赤谷崩壊は幅500m、長さ1100m、推定深さ80-100m、体積約1千万m³規模の岩盤すべりである。崩壊地は四万十帯美山コンプレックスの泥岩、砂岩からなる。崩壊にかかわる弱面としては層理面のほか、異なる時期に形成された断層面や節理面がある。層理面の姿勢は北に傾斜することが多いが一般に高角度で、ばらつきも大きい。一方、層理面に斜交する順序外スラストや、ユニット境界のスラストは層理面に比べて低角度で、斜面の傾斜に近いより緩い面構造を示す。崩壊のすべり面は単純な曲面となっておらず複雑な起伏を持つ。赤谷崩壊のすべり面は美山コンプレックス中のユニット境界をなすスラストのほか、全体的に斜面にほぼ平行となるさまざまな弱面の結合によって形成されたものと考えられ、層理面が流れ目となる単純なすべりが起きたわけではない。これは四万十帯の他の多くの崩壊でも同様である。

岐阜福井県境，冠山峠周辺の山体重力変形地形の発達史 Development history of sagging around Kanmuriyama Pass, Gifu-Fukui prefecture boundary

小嶋 智^{1*}; 丹羽 良太¹; 金田 平太郎²; 池田 晃子³; 中村 俊夫³; 大谷 具幸¹
KOJIMA, Satoru^{1*}; NIWA, Ryota¹; KANEDA, Heitaro²; IKEDA, Akiko³; NAKAMURA, Toshio³; OHTANI, Tomoyuki¹

¹ 岐阜大学工学部社会基盤工学科, ² 千葉大学大学院理学研究科地球科学コース, ³ 名古屋大学年代測定総合センター
¹Department of Civil Engineering, Gifu University, ²Department of Earth Sciences, Chiba University, ³Center for Chronological Research, Nagoya University

近年、二重山稜、山向小崖などの山体重力変形地形が、大規模深層崩壊の前兆現象として注目されている。また、航空レーザ測量により作られた高精細な地形図の解析により、日本の山岳地域には大小さまざまな規模の山体重力変形地形が、普遍的に存在することも明らかになりつつある。しかし、その形成年代や形成プロセスについてはほとんど明らかにされていない。本発表では、岐阜福井県境の冠山峠周辺に発達する山体重力変形地形の発達史について報告する。冠山峠東の稜線上にある二重山稜の間の凹地埋積堆積物の岩相、年代については昨年の本セッションで発表したの、今回は峠西方の斜面上の山向き小崖と山体斜面の間の凹地埋積堆積物の岩相、年代を報告する。

冠山峠西方約2 kmの岐阜福井県境稜線の南斜面には、斜面の走向にほぼ平行に延びる4列の山向小崖がある。これらの小崖と山体斜面の間の凹地を埋積した堆積物を、ハンドオーガーボーリングやピット掘削により解析した。どの凹地も、凹地埋積堆積物岩相はほぼ共通で、上位から1)腐植質泥層、2)暗灰色粘土層、3)明灰色粘土層、4)時に礫質となる橙色粘土層からなる。この層序は、冠山峠東方の二重山稜地形の間の凹地埋積堆積物ともほぼ共通している。上から1, 2, 3列目の凹地埋積堆積物からは、アカホヤ火山灰(K-Ah, 7.3 ka)が純層として、あるいは粘土試料中のピークとして確認できた。しかし、その層準は同じ岩相中ではなく、同じ時間面で比較すると、これらの山向小崖の堆積環境が若干異なっていたことが推定される。これらのテフラ年代や凹地埋積堆積物中の木片のAMS-¹⁴C年代から、下部の粘土層の平均堆積速度は0.07-0.08 mm/year程度であり、上位の腐植質泥層はそれよりも数倍速いことが示唆された。基盤深度を推定し、堆積速度を外挿すると、各凹地はいずれも数万年前に形成を開始したと推定される。

キーワード: 山体重力変形地形, 地すべり, 岐阜, 福井, 冠山
Keywords: sagging, landslide, Gifu, Fukui, Kanmuriyama

地すべり性斜面変動の前兆を干渉 SAR と航空レーザ測量で捉える Detection of pre movements of landslide or deep collapse using InSAR and LiDAR

小荒井 衛^{1*}; 中埜 貴元¹; 戸田 堅一郎²; 大丸 裕武³
KOARAI, Mamoru^{1*}; NAKANO, Takayuki¹; TODA, Kenichiro²; DAIMARU, Hiromu³

¹ 国土地理院, ² 長野県林業総合センター, ³ 森林総合研究所
¹GSI of Japan, ²Nagano Prefecture Forestry Reserch Center, ³Forestry and Forest Products Research Institute

深層崩壊や地すべり性斜面変動の前兆を干渉 SAR 技術で捉えようという取り組みがなされている。これまでに、山形県月山山麓の七五三掛地すべりでの検証(佐藤ほか, 2012)や秋田県東成瀬村の狼沢地すべりでの検証(岡谷ほか, 2012)などの結果がある。本研究では、深層崩壊の可能性のある斜面変動域を対象に、干渉 SAR と航空レーザを組み合わせたモニタリング手法の有効性を検証しようというものである。本研究は科学研究費補助金(研究課題番号: 22500994; 研究代表者: 大丸裕武)による。主な検証フィールドは、長野県と静岡県である。使用した干渉 SAR の画像は、地球観測衛星「だいち」(ALOS)の L バンド SAR である PALSAR のデータを使って国土地理院測地部宇宙測地課が干渉 SAR 解析を行ったもので、一部は Web 公開されている。

静岡県静岡市の口坂本地すべり付近では、2008 年秋と 2009 年秋に SAR 干渉画像で有意な変動が発生しており、2009 年は約 1 ヶ月半で電波照射方向(LOS(line of sight)方向)に 6~7cm 程度変動していた。2012 年 11 月の時点では、航空レーザ測量による DEM で確認可能な地形変化を示す地すべり変動は発生していなかった。2013 年 6 月の現地調査で倒木を伴う大きな地すべり変動が発生したのを確認しており、2012 年 11 月~2013 年 6 月の間に規模の大きな地すべり変動が発生したことがわかる。従って、2008 年と 2009 年の干渉 SAR で捉えられた変動は、大規模な地すべり変動の前兆の変動である可能性が高く、干渉 SAR によるモニタリングで地すべり変動の前兆を捉えることの有効性を示した(中埜ほか, 2013; 小荒井ほか, 2013)。

また、長野県松本市の坂巻温泉の西側では、既存崩壊地の背後において 2008 年から 2009 年にかけて干渉 SAR 画像で有意な変動が発生しており、約 1 年間で LOS 方向に 6~7cm 程度衛星から遠ざかる北東方向への変動または沈下があった(図 1)。この変動域前面の既存崩落地では、2011 年 9 月に大きな崩落が発生している。現地調査結果では、SAR で変動の見られる範囲の縁で滑落崖や道路の段差が認められ、林道が通行止めになっていた。崩落前の航空レーザデータでは、崩壊斜面の背後に線状凹地が確認できる。これらの線状凹地は現地調査でも確認されている。以上のことから、坂巻温泉では干渉 SAR や航空レーザ測量で地すべり変動の前兆が捉えられていた可能性が高い。

この他にも、干渉 SAR のアーカイブデータからは、長野県内で地すべり変動が検出されている可能性のある地域が幾つかある。天龍村虫川では、中段を走る林道の縦断勾配に変状があり、地すべりブロックの境界付近で 40cm 程度沈下していた。法止めブロック積には亀裂が多数あり、法狂いも見られた。地すべりブロックの冠頭部には幅 1 m 程度のクラックが存在していた。航空レーザデータによる曲率-傾斜立体図(curvature-slope 立体図; CS 立体図)(戸田ほか, 2013)では、滑落崖や小亀裂、舌状の高まりなど、地すべり特有の地形が確認できる。大鹿村小塩は、対策工の構造物に変状が認められた。こちら、航空レーザデータによる CS 立体図では、滑落崖や小亀裂、舌状の高まりなど、地すべり特有の地形が確認できる。長野県周辺の干渉 SAR アーカイブデータでは、北アルプス白馬岳北方の赤男山の東斜面や、八ヶ岳の天狗岳の東斜面で干渉 SAR による明瞭な変動が認められている。これらについては、今後の現地調査等により確認を進めていく予定である。これまでの調査結果は、干渉 SAR での変動域の抽出と、航空レーザによる微地形の抽出により、大規模地すべり変動のモニタリングが可能であることを示しており、今後この手法の有効性について検証を進めていきたい。

参考文献

- 岡谷隆基・佐藤浩・中埜貴元・小荒井衛(2012): ALOS/PALSAR 干渉画像による秋田県東成瀬地区地すべりのモニタリング, 写真測量とリモートセンシング, Vol.51, No.2, pp.95-102
小荒井衛・中埜貴元・佐藤浩・岡谷隆基・大丸裕武(2013): 干渉 SAR 技術による大規模斜面変動の前兆把握の可能性, 日本リモートセンシング学会第 55 回(平成 25 年度秋季)学術講演会論文集, 41-42.
佐藤浩・岡谷隆基・小荒井衛・鈴木啓・飛田幹男・矢来博司・関口辰夫(2012): SAR 干渉画像を用いた地すべり地表変動の検出について-山形県月山周辺を事例にして-, 日本地すべり学会誌, Vol.49, No.2, pp.61-67.
戸田堅一郎・大丸裕武・村上亘・小荒井衛・中埜貴元(2013): 航空レーザ測量データを用いた深層崩壊危険斜面の効率的な検出手法の検討, 中部森林学会 2013 大会発表要旨集, 24.
中埜貴元・小荒井衛・大丸裕武・三森利昭・岡田康彦・小川明穂(2013): SAR 干渉画像で捉えた静岡市口坂本地区の地すべりの前兆変動(速報), 日本地理学会 2013 年秋季学術大会発表要旨集, 92.

図 1 坂巻温泉西方の干渉 SAR 画像(2008/07/20-2009/09/07)と現地確認した斜面変状

深層崩壊発生場予測と危険度評価 Prediction and stability evaluation of potential sites of deep-seated catastrophic landslide

千木良 雅弘^{1*}; 坂島 俊彦²; 船山 淳²; 皆川 淳²; 渋谷 研一³

CHIGIRA, Masahiro^{1*}; SAKASHIMA, Toshihiko²; FUNAYAMA, Atsushi²; MINAGAWA, Jun²; SHIBUYA, Kenichi³

¹ 京都大学防災研究所, ² パシフィックコンサルタンツ株式会社, ³ 朝日航洋株式会社

¹ Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, ² Pacific Consultants Co. Ltd, ³ Aero Asahi Corporation

Chigira (2009) と Chigira et al (2013) は、西南日本外帯の付加体の破断層や混在岩における豪雨による深層崩壊の地質構造と地形とを分析し、深層崩壊の前兆として重力斜面変形が生じていることを明らかにした。そして、その地形的表現として、斜面上部に小崖が形成されていること、小崖が深層崩壊発生場所予測のカギになりうることを報告した。本発表では、さらに、整然層や片岩などの地層も加えて、深層崩壊発生場の予測と危険度評価方法について、地形的特徴と地質構造からとりまとめる。

広域から深層崩壊発生危険箇所を抽出するには、一般的な地質構造を念頭において、その構造的背景のもとに出現し得る重力斜面変形のパターンを考え、それらが深層崩壊に発達するか否かを判断する必要がある。

ここでは、まず、主たる重力斜面変形地形と地質体、地質構造、変形メカニズムを関係付け、さらに、斜面上部と斜面下部の状態とを加味して、従来の深層崩壊の実績に基づいて、深層崩壊発生危険度評価法を試みた。

不規則凹凸斜面：

これは、破断層や混在岩のように複雑な形態の不連続面が形成されている岩体に、萌芽的なすべり層が形成されつつある斜面に特徴的に形成される(2011年台風12号による崩壊)。この変形のみの場合深層崩壊が生じる危険性は低いが、変形領域内に連続的な眉形の小崖が形成されたり、斜面下部に崩壊が生じている場合には、崩壊の危険性が高い。小崖には高さ2m程度のものもある。

線状・皺状凹地：

山稜の片側に形成された線状凹地は、急傾斜する不連続面を持つ整然層やスレートに生じる曲げトッピングによって形成されることが多い。この変形自体は深層崩壊に至る可能性は低いが、連続的な谷向きの眉形小崖が形成され、また、下方斜面に崩壊が生じている場合には深層崩壊の発生危険性が高い。さらに、線状凹地が山稜にあり、その縁が斜面傾斜方向の谷に続いている場合にも、崩壊の危険性が高い。

但し、線状凹地が山稜の両側に対称に形成されている場合には、山体の側方拡大と山頂の陥没が示唆され、急激な崩壊の可能性は非常に低い。

大規模な滑落崖または山上凹地：

この地形の内部構造は、逆目盤の構造の場合には、地層の座屈変形の可能性が高く、その場合、強度の高い地層が連続していたり、座屈の程度が小さい場合には深層崩壊の危険性は低いが、それが進行したり、斜面下部が崩壊している場合には、深層崩壊の危険性が高い。

柵目盤の地層あるいは破断層や混在岩の場合には、すべり層が連続的になった地すべりである可能性が高い。地すべりの場合には、緩慢に移動は継続するものの深層崩壊の発生する危険性は低いが、下部が崩壊している場合には、深層崩壊の発生する危険性が高い。

引用文献：

Chigira, M., 2009. September 2005 rain-induced catastrophic rockslides on slopes affected by deep-seated gravitational deformations, Kyushu, southern Japan. . Engineering Geology, 108, 1-15.

Chigira, M., Tsou, C.-Y., Matsushi, Y., Hiraishi, N., Matsuzawa, M., 2013. Topographic precursors and geological structures of deep-seated catastrophic landslides caused by Typhoon Talas. Geomorphology, 201, 479-493.

キーワード: 深層崩壊, 重力斜面変形, 発生場所予測, 危険度評価

Keywords: deep-seated catastrophic landslide, gravitational slope deformation, site prediction, susceptibility evaluation

徳島県三好市西井川の斜面崩壊地におけるすべり面の電磁気学的同定 Estimation of the slip-surface of landslide using electromagnetic approaches at Nishi- ikawa, Japan

山崎 智寛^{1*}; 服部 克巳¹; 吉野 千恵¹; Han Peng¹; 金田 平太郎¹; 酒井 英男²; 塚田 訓子³; 寺嶋 智巳⁴; 末峯 章⁴
YMAZAKI, Tomohiro^{1*}; HATTORI, Katsumi¹; YOSHINO, Chie¹; HAN, Peng¹; KANEDA, Heitaro¹; SAKAI, Hideo²;
TSUKADA, Noriko³; TERAJIMA, Tomomi⁴; SUEMINE, Akira⁴

¹ 千葉大学大学院理学研究科, ² 富山大学大学院理工学教育部理学領域, ³ 富山大学理学部, ⁴ 京都大学防災研究所
¹Graduate school of science, Chiba University, ²Graduate School of Science and Engineering for Education (Science), Toyama
University, ³Faculty of Science, Toyama University, ⁴The Disaster Prevention Research Institute(DPRI), 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。したがって、斜面崩壊の挙動の調査は防災の観点から重要になってくる。

本研究では、斜面崩壊の挙動調査のために、岩石磁気学的側面からのすべり面の検証を行った。調査地は徳島県三好市池田町西井川の斜面崩壊地であり、先行研究では斜面崩壊セグメント推定のために電気探査とコアサンプリングを行った。このコアサンプル中には、すべり面らしき構造が認められた。これを検証するために、サンプルの帯磁率と残留磁化を測定した。その結果、帯磁率ではすべり面らしき構造付近に層状の異方性が確認された。これは斜面崩壊時におけるすべり面の発生機構と調和的である。また、残留磁化の測定では、すべり面らしき構造付近のサンプルが一定の配向を有することがわかった。これは、土壌水分が飽和した土塊中での磁性鉱物の振る舞いが関係していることが考えられる。これらの調査により、磁気学的な見地からのすべり面の同定に可能性が示された。しかし、これらの手法によるすべり方向の推定にはサンプルの採取手法を再検討する必要があることがわかった。詳細は講演時に述べる。

キーワード: 斜面崩壊, 帯磁率異方性, 残留磁化

Keywords: landslide, anisotropy in magnetic susceptibility, natural residual magnetization

ドンドコ沢岩石なだれ堰き止め湖沼堆積物から得た大径木の年輪年代：AD887 五畿七道地震の可能性 Dendrochronology of a fossil log from the dammed lake deposit by Dondokosawa rock avalanche, the Southern Japanese Alps

菊谷 愛彦^{1*}; 光谷 拓実²; 井上 公夫³
KARIYA, Yoshihiko^{1*}; MITSUTANI, Takumi²; INOUE, Kimio³

¹ 専修大学, ² 奈良文化財研究所, ³ 砂防フロンティア整備推進機構

¹Senshu University, ²Nara National Research Institute for Cultural Properties, ³Sabo Frontier Foundation

赤石山地・地蔵ヶ岳東麓のドンドコ沢には大規模岩石なだれ堆積物 (DRAD, $V=1.9 \times 10^7 \text{ m}^3$) が分布する。DRAD の発生年代は DRAD 中や同直下の材化石, 及び DRAD による堰き止め湖沼堆積物中 (DLD) の材化石を用いて AD780-870 とされた (菊谷 2012 地形)。また DLD 中の大径木化石に対する ¹⁴C-ウィグルマッチング暦年較正に基づき, 発生年代が AD778-793 に限局される可能性も後に指摘された (菊谷 2013 地すべり学会誌)。しかし DRAD の年代決定過程には不確定要素もあり, 引き続き精査が必要とされていた。本研究では, DLD 下部に含まれる大量の大径木化石のうち, 樹皮付きの 1 本を試料とし (DDK-A, ヒノキ), その枯死年代を年輪年代法で解析して DRAD との関連を検討した。なお, 年輪年代法が適用可能な大径木化石は DLD 中からのみ見いだされており, DRAD 中からは発見されていない。

DDK-A の計測年輪数は 226 層だった。それらの年輪パターンと長野県下のヒノキ材で作成した 2705 年分 (705BC-AD2000) の標準パターンとを照合した結果, DDK-A の年輪パターンは AD662-887 の区間でよく一致した。次に, 年輪パターンの照合度を検討 (光谷 1990 「年輪に歴史を読む」) した結果, $t=7.9$ を得た。通常, $t \geq 3.5$ であれば標準パターンとの高い同調性が認定される (危険率 0.1%)。また DDK-A の最外年輪の木材組織を顕微鏡観察したところ, AD887 の年輪の早材は AD886 の早材とほぼ同じ幅のものがすでに形成されていたが, 晩材はまだ不完全なままであることが確認された。これより, DDK-A は晩材形成の始まったところ (8 月下旬から 9 月初旬) に枯死したと判断された。以上を総合すると, DDK-A の枯死年代は AD887 秋口と結論づけられる。

「日本三代実録」・「扶桑略記」の記述や地質調査にもとづき, AD887 年 8 月 22 日 (仁和三年七月三十日) に南海一駿河トラフを震源域とする五畿七道地震により八ヶ岳東面で大規模岩屑なだれが発生したことが知られている (石橋 1999 地学雑誌, 井上ほか 2011 日本の天然ダムと対応)。この岩屑なだれ堆積物に埋没する大径木は, AD887 年秋口に枯死したことが年輪年代法により明らかにされている (光谷 2001 日本の美術 421)。なお, この岩屑なだれ堆積物中の大径木でも晩材様の組織が一部形成されているが, 完全には形成されていない状況であった。この形成状況は, DDK-A の形成状況と酷似している。

現在までに, DLD 中から発見された樹皮付きの大径木化石は DDK-A のみである。しかし DDK-A と同層準には大量の大径木化石が挟まれることから, ドンドコ沢においても DRAD に対応する斜面変動が AD887 五畿七道地震のために発生し, 大量の樹木が押し流されたのは確実とみられる。ただし, 既往の年代値 (解釈) を引き続き有効とすれば, ドンドコ沢では 8 世紀末から 9 世紀末にかけて複数の大規模崩壊が発生した可能性も否定できない。それらの誘因として, 五畿七道地震の他に, 1) AD762 美濃・飛騨・信濃地震, 2) AD779 駿河国豪雨, 3) AD841 信濃地震, 4) AD841 伊豆地震, 5) AD878 関東諸国地震などが想定される。一方, 分析試料の質や, IntCal を用いることによる暦年較正值の系統的ずれ (中村ほか 2013 月刊地球) など, DRAD の年代決定にはなお検討を要する問題が介在する。

(本研究には科研費 24300321 を使用した)

キーワード: 年輪年代学, 大規模地すべり, 五畿七道地震, 赤石山地

Keywords: dendrochronology, large landslide, Gokishichido earthquake, Akaiishi Range

南アルプスにおける過去40年の大規模崩壊の発生状況と土砂生産 Occurrence of large landslides in past 40 years and sediment supply in the southern Japanese Alps

西井 稜子^{1*}; 今泉 文寿²

NISHII, Ryoko^{1*}; IMAIZUMI, Fumitoshi²

¹ 筑波大学, ² 静岡大学

¹University of Tsukuba, ²Shizuoka University

Many large landslides are distributed in the southern Japanese Alps which consists of high relief and steep slopes. A lot of sediments deposited in dams suggest that sediments are produced actively in upper streams. To evaluate the sediment supply from landslides, this study addressed the mapping of landslides ($>10000 \text{ m}^2$) in Ooi River and Hayakawa River (total area is 862 km^2) using aerial photographs and orthophotographs in 1970s and 2000s (partly including 2010s). In addition, we computed the volume of sediment supply in several large landslides based on the difference between DEMs from LiDAR data in multiple shooting periods. One hundred eighty landslides were extracted from photographs in 2000s to 2010s. The comparison between the distribution maps of landslides in 1970s and 2000s indicated that an initial large landslide ($>100000 \text{ m}^2$) had not occurred since 1970s. In contrast, some landslides had enlarged gradually. Erosion rate computed from LiDAR data indicated the order of 10^{-1} to $10^{-2} \text{ m yr}^{-1}$. Such erosion rate suggests that the bare grounds after landslides are important as sediment supply area.

キーワード: 大規模崩壊地, 土砂生産, 空中写真, 地理情報システム, 南アルプス

Keywords: large landslide, sediment supply, aerial photograph, GIS, the Southern Japanese Alps

大規模崩壊で生じた赤石山脈・仙丈ヶ岳北麓の藪沢礫層：成因と年代の再検討 Cause and age of the Yabusawa Gravel in the northern foot of Mount Senjo, the Akaishi Range, Japan: a reappraisal

黒澤 兆^{1*}; 苅谷 愛彦²; 松四 雄騎³; 松崎 浩之⁴

KUROSAWA, Hiroshi^{1*}; KARIYA, Yoshihiko²; MATSUSHI, Yuki³; MATSUZAKI, Hiroyuki⁴

¹ 専修大学・院, ² 専修大学, ³ 京都大学, ⁴ 東京大学

¹Graduate School of Senshu University, ²Senshu University, ³Kyoto University, ⁴University of Tokyo

赤石山脈北部の仙丈ヶ岳(標高 3033 m)には複数の圏谷が存在する。とくに、北面の藪沢圏谷から流下する藪沢沿いでは、約 100 m に達する層厚を持つ礫層が標高 1500-2000 m 付近の両岸において段丘状の地形をなす。式(1974 第四紀研究)は、この礫層を最終氷期の融水流や周水河作用に関係した河成堆積物と判断した。のちに、神澤・平川(2000 地理評)は、この礫層を再調査し、藪沢礫層と命名したうえで、山岳永久凍土の融解に関係した完新世初頭の崩壊堆積物($1.5 \times 10^7 \text{ m}^3$)とした。しかし藪沢礫層の成因・年代を決定づけるには詳細な記載や議論がまだ足りない。本研究では藪沢礫層の分布、地形・地質学的特徴、年代について多角的な検討を加えた。

調査対象地は、藪沢大滝と藪沢-赤河原合流点との間の藪沢両岸と、その周囲の山地斜面全域である。この範囲の約半分は四万十帯砂岩泥岩互層から、残りはホルンフェルスからなる。踏査や空中写真判読により地形学図を作成し、露頭記載を行った。また地表の砂岩礫に生じた宇宙線生成核種を東京大学の加速器で定量し、年代を算出した。

北沢峠の西北西約 0.6 km から西約 1 km の範囲では、礫層堆積面に不明瞭なハンモックや段状地形が生じていることが確認された。また同峠の北北西 0.6-1.2 km の範囲では、藪沢礫層が藪沢右岸の山腹斜面にのりあげるような分布を示すことが新たに判明した。藪沢礫層の下流側分布限界は旧丹溪山荘付近の藪沢左岸であることが改めて確認された。藪沢礫層はほぼ全量が角礫からなるが、淘汰は非常に悪く、露頭間で粒径変化が激しい。礫は砂岩・泥岩・ホルンフェルスが混合せず、露頭によっては単一の礫種しか認められないこともある。また基質支持・礫支持の双方が出現する。多くの地点では、礫にジグソークラックが発達する。一方、流水運搬・堆積を示唆する葉理や覆瓦構造は、礫層上面を薄く覆う土石流堆積物を除き全く認められない。従来、丹溪山荘直上の八丁坂付近に堅固な基盤岩が分布し、藪沢礫層の堆積に対して局地的基準面の効果を及ぼしたことも議論されたが、筆者らの観察では基盤岩は存在せず、全面が藪沢礫層からなることが判明した。目下、地下の状況が不明なため体積の再計算には至っていないが、藪沢礫層の面的・量的規模が従来説を上まわるのは確実である。なお、藪沢右岸の互いに離れた 3 地点で得た砂岩礫の年代は 10.3-8.4 ka, 10.0-8.1 ka, 9.4-7.6 ka (^{10}Be 尺度)であった。これらは従来の ^{14}C 年代と合致する。

以上の地形・地質的特徴からみて、藪沢礫層は単なる崩壊堆積物ではなく、岩盤内部にすべり面をもつ岩石なだれの性質を帯びた深層崩壊堆積物と判断される。年代の範囲からみて、崩壊は短期間で終始し、シングル・イベントだったことも考えられる。筆者らも、神澤・平川の主張を基本的に支持する。ただし、礫層の量的規模からみて、これほどの崩壊が岩盤深部まで形成されることのない山岳永久凍土の融解のみで生じるとは考えにくい。周辺の活断層やプレート収束による古地震、晩氷期から完新世初頭にかけての多雨化、岩盤の重力変形、物質移動のプロセス・破碎過程など、素因・誘因・運動にまたがる多面的な検討がさらに必要である。

(本研究には科研費 24300321 を使用した)

キーワード: 四万十帯, 岩石なだれ, 宇宙線生成核種, 完新世

Keywords: Shimanto group, Rock avalanche, Terrestrial cosmogenic nuclides, Holocene

関東山地南部・保之瀬天平における更新世後期以降の山体重力変形 Gravitational rock deformation since the late Pleistocene on the Hounose-dendeiro Ridge, the southern Kanto Mountains

澤部 孝一郎^{1*}; 荻谷 愛彦²; 清水 長正³
SAWABE, Koichiro^{1*}; KARIYA, Yoshihiko²; SHIMIZU, Chosei³

¹ 専修大学大学院, ² 専修大学, ³ 駒澤大学

¹ Graduate School, Senshu University, ² Senshu University, ³ Komazawa University

【目的・方法】近年、山体重力変形とそれによる地形（線状凹地、重力性低崖等）が、大規模崩壊の前兆現象としてとらえられている。重力変形の実態やその発達過程、関連した地形の特性を解明することは、山地地形学・山地防災学の双方に重要である。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、多摩川上流地域（四万十帯）の保之瀬天平において、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、簡易測量等）や試錐掘削（テフラと¹⁴C年代試料の採取）を行った。

【調査地域】多摩川上流地域では標高1000 m以上の山地が卓越する。保之瀬天平（1118 m）は、山梨県丹波山村の多摩川・後山川に挟まれて存在する東西性の幅広の稜線をさし、その頂部や側方の谷壁斜面に線状凹地や段状の地形が発達する。地質は四万十帯小河内層群倉掛層（砂岩、黒色頁岩及び砂岩頁岩互層）と同層群大成層（砂岩、砂岩頁岩互層及び砂岩頁岩互層）からなる。それらは北北西-西北西の一般走向をもち、北へ60°-80°傾く。

【結果・考察】保之瀬天平の稜線とその北東側の谷壁斜面には、稜線の走向と並行な線状凹地や、遷急線・遷緩線の組み合わせからなる段状地形が発達する。これは基盤岩の一般走向ともほぼ一致する。基盤岩の層理面・劈開面はN30°-70°W・60°-80°Nと、N25°-75°W・45°-80°Sの2群に大別される。前者は節理の少ない堅固な基盤岩で得られた。一方、後者は線状凹地や段状地形などの地形が発達する稜線下方の谷壁斜面で得られた。このような基盤岩では層理面・劈開面に沿った開口割れ目の発達や岩盤のトップリング（転倒）・バックリング（座屈）が起きている。この他、線状凹地や低崖の発達過程を検討するため、線状凹地の2地点（P1, P2）で試錐掘削した。P1は565 cmまで掘進した。0-66 cmはクロボク土層で、その下位の全層がローム質褐色土層だった。また、コアの全層にわたり土層の乱れや礫の混入がない。64 cm付近から約4.1-4.3 cal kaが得られ、153 cm付近から始良 Tn テフラ（AT, 30 ka）が発見された。したがって、P1ではAT降下期には堆積場としての凹地が準備されており、その後も滑落崖の成長を伴うような顕著な地形変化はなかったと考えられる。一方、P2は795 cmまで掘進した。0-162 cmがクロボク土層で、その下位の全層がローム質褐色土層だった。このうち、0-110 cmと790 cm以深で砂岩礫が挟まれ、625 cm以深で地下水の浸潤を認めた。162 cmの土層から9.5-9.8 cal kaが、176 cmの土層から6.9-7.2 cal kaが得られた。また325 cmからATが、709 cmから御岳伊那テフラ（On-In, 93 ka）が発見された。このことから、P2における堆積場の形成は古く、On-In降下期には凹地が生じていたと推定される。つまり、最終氷期の初期までには重力変形の進行によって線状凹地が形成されていたが、その後は土層への礫の混入が再び始まる約7 cal ka（¹⁴C年代とテフラ年代から計算した堆積速度に基づくP2の110 cm深の年代）まで、地表付近の攪乱を起こすような顕著な地形変化は生じなかった。P2付近では、線状凹地の形成にあずかる稜線部の正断層に沿って、山体の一部が完新世前半に再滑動した可能性がある。なお、線状凹地の埋積物から発見されたテフラとしては、紀伊山地における鬼界葛原とならび、本事例のOn-Inは日本でも古い部類にあたる。

（本研究は平成25年度とうきゅう環境財団の助成を受けた。（株）ジオアクトの安達 寛氏にはボーリング掘削に関する技術的助言をいただいた。）

キーワード: 四万十帯, 線状凹地, トップリング, バックリング, テフラ, 14C年代
Keywords: Shimanto Group, Linear depression, Toppling, Buckling, Tephra, 14C age

重力性山体クリープ変形の限界領域を示す地形量としての起伏度, 山体釣鐘形状度,
山体歪み度
Relief, bell-shape and distortion indexes as critical topography of creep deformation due
to mountain gravity

八木 浩司^{1*}; 林 一成²; 今泉 文寿³; 佐藤 剛⁴; 檜垣 大助⁵
YAGI, Hiroshi^{1*}; HAYASHI, Kazunari²; IMAIZUMI, Fumitoshi³; SATO, Go⁴; HIGAKI, Daisuke⁵

¹ 山形大学地域教育文化学部, ² 奥山ボーリング株式会社, ³ 静岡大学農学部, ⁴ 帝京平成大学, ⁵ 弘前大学農学生命科学部
¹Fac. Art, Science & Education, Yamagata University, ²Okuyama Boring Co.,Ltd., ³Fac. Agriculture, Shizuoka University,
⁴Teikyo-Heisei University, ⁵Fac. Agriculture & Life Sciences, Hirosaki University

二重山稜逆向き小崖地形は, 重力性山体変形の指標として注目されてきた. しかし山地稜線における重力性変形は氷期以降 3 万年前以前に始まり, 数万年の時間スケールで徐々に発生している. 静岡県安部川・大井川水系の分水稜線で行ったトレンチ調査では, AT 降下以前, K-Ah 降下以前および 5-600 年前に線状凹地の形成や拡大があったことが明らかになった. とは言え, 二重山稜逆向き小崖地形が必ずしも大規模な山体崩壊にまで至っていない場合が多いようだ. 本報告では, 安政地震宝永地震で大規模な山体崩壊があった七面山, 大谷崩れを含む高起伏山地において, 起伏度や山体釣鐘形状度という示標を用いて, それら大規模崩壊の発生した周辺斜面の地形的特徴を明らかにした. その結果, 二重山稜が発達する斜面でも起伏度や山体釣鐘形状が閾値に達していなければ大規模な山体崩壊は地震時にも発生しにくいことが予想された. また, 小崖地形の総崖面長と斜面長の日から算出する山体の歪み度を計測することで崩壊予測を試みる.

キーワード: 重力性クリープ, 限界地形量, 起伏度, 山体釣鐘形状度, 山体歪み度, 大規模山体崩壊
Keywords: gravitational creep, critical topography, relief index, bell-shape index, distortion index, large scale landslide

御坂山地西部・四尾連湖の形成史と地すべり Development of Lake Shibire and its geomorphological relationship with landslides in Misaka Mountains, central Japan

鈴木 輝美^{1*}; 苅谷 愛彦²; 黒澤 兆¹
SUZUKI, Terumi^{1*}; KARIYA, Yoshihiko²; KUROSAWA, Hiroshi¹

¹ 専修大学・院, ² 専修大学

¹ Graduate School of Senshu Univ., ² Senshu Univ.

山梨県御坂山地西部の四尾連湖(湖面標高 890 m, 周囲 1.2 km, 最大水深 9.5 m)は, その成因や形成年代をめぐる諸説があったものの, 詳細な調査・議論はなされていなかった. 本研究では地形・地質調査に基づき, 四尾連湖の成因と形成年代を検討した.

四尾連湖とその周辺を対象に空中写真判読を行った結果, 湖の北側の大島山(標高 1117 m)山頂直下に横断長約 1.0 km・縦断長約 0.3 km の円弧状急崖(Cm)が確認された. また Cm の下方には東西方向に長軸をもつ横断長約 1.0 km・縦断長約 1.5 km の丘状地形(Bm)が見いだされた. Bm は Cm 側へ逆傾斜する. さらに, Cm の内側には Cm を彫りこむように発達した横断長約 0.1 km の 2 つの急崖(Cse, Csw)と, それらに対応する長径 0.1 km 前後の小規模なマウンド(Bse, Bsw)が認識された. 複数地点での露頭観察によって, Bm が厚い角礫層からなり, 礫にジグソー・クラック構造が発達することも確認された. 以上より, 滑落崖 Cm を発生域とする地すべり移動体 Bm が Cm 側へ逆傾斜し, それによって生じた閉塞凹地が湛水して四尾連湖が成立したと考えられる.

一方, 四尾連湖の東岸から南東に約 0.4 km 離れた小谷の谷壁において, 厚さ 9 m 以上の湖成層が新たに発見された. この露頭での湖成層下限標高は約 857 m である. この湖成層はラミナを伴うシルト層や砂礫層, 泥炭層からなり, 一部層準に多量の木片を含む. また同層上部には泡壁型火山ガラスからなる厚さ約 6 cm のテフラ層が介在する. 火山ガラスの屈折率は $n = 1.4970-1.5005$ であった. また火山ガラスの主成分化学組成 [いずれも規格化後 wt%; 規格化前トータル = 94.13] は, $\text{SiO}_2 = 77.97 \pm 0.23$ と高く, アルカリ元素にやや富み ($\text{Na}_2\text{O} = 3.53 \pm 0.13$, $\text{K}_2\text{O} = 3.45 \pm 0.11$), 苦鉄質成分は少なかった ($\text{FeO} = 1.26 \pm 0.07$, $\text{MgO} = 0.10 \pm 0.04$). これらより本テフラは始良丹沢(AT, 30 cal ka)に同定される. なお, 湖成層基底から得た木片は 46.7-45.0 cal ka であった(湖成層上限には年代資料が介在しない).

この湖成層は, 47-45 cal ka ごろ現在の四尾連湖の東に水域が現れ, AT 降下期を挟んで 15 ky 以上存続したことを示す. これに関連して次の古地理像が想定される. すなわち, 1) かつての四尾連湖は 1 つの湖盆からなり水域は現在より広がったが, 何らかの理由で東西 2 つ(以上)の湖盆に分割され, 東側のものは消滅した. 2) かつてこの付近には当初から 2 つ(以上)の水域が独立して存在していたが, 現在の四尾連湖を除き消滅した. このうち 1) については, 次のように考えられる. すなわち, 滑落崖 Cm を切る二次地すべりが発生して滑落崖 Cse・Csw が生じ, 対応する移動体 Bse・Bsw が下方に定置した. この結果, 移動体 Bm 上の閉塞凹地に存在した古四尾連湖は, Bse・Bsw により東西に分断された. その後, 西側の水域は現四尾連湖に継承され, 東側の水域は谷頭侵食や決壊により消滅した.

古地理像 1)・2) の検証や, 湖水面高度の変動復元などのためには, 範囲を広げた調査が必要である.

(本研究には科研費 24300321 を使用した)

キーワード: 地すべり, 湖成層, 始良丹沢テフラ, 14C 年代測定, 更新世後期

Keywords: landslide, lacustrine deposit, Aira-Tanzawa tephra, 14C dating, late Pleistocene

伊豆大島の噴火史からみた 2013 年 10 月 16 日の台風 26 号にともなうラハール災害 Geological implication of the lahar disaster by Typhoon Wipha on October 16, 2013 in Izu Oshima Volcano

小山 真人^{1*}; 鈴木 雄介²
KOYAMA, Masato^{1*}; SUZUKI, Yusuke²

¹ 静岡大学防災総合センター, ² 伊豆半島ジオパーク推進協議会
¹CIREN, Shizuoka University, ²Izu Peninsula Geopark Promotion Council

1. はじめに

伊豆大島火山では、カルデラ外にテフラを地層として残す中-大規模噴火が、過去 1500 年間に 24 回起きた (小山・早川, 1996, 地学雑誌)。テフラ間には 10-200 年程度の噴火休止期間を示す風成堆積物 (レス) が挟まれる。これらのテフラやレスとの層位関係を調べることによって、噴火以外の事件の年代や広がりも知ることができる。この手法を用いて、筆者らは 2013 年 10 月 16 日の台風 26 号の豪雨によってカルデラ西側で生じた斜面崩壊を調査し、さらには過去の類似事件の有無や頻度についても検討したので報告する。

2. 崩壊域の地質概要

斜面崩壊域とその周辺に分布する堆積物は、上位より (1) 地表直下のレス、(2) Y0.8 火山灰 (19 世紀前半)、(3) Y0.8/Y1.0 レス、(4) Y1.0 火山灰 (1777-79 年安永噴火)、(5) Y1.0/Y2.0 レス、(6) Y2.0 火山灰 (1684 年貞享噴火)、(7) Y2.0/Y3.0 レス、(8) Y3.0 火山灰 (16 世紀後半)、(9) Y3.0/Y4.0 レス、(10) Y4.0 火山灰 (15 世紀なかば)、(11) Y4.0/Y5.0 レス、(12) Y5.0 火山灰 (14 世紀前半)、(13) Y5.0/Y5.2 レス、(14) Y5.2 スコリア (14 世紀初頭) とそれともなう溶岩流 (元町溶岩)、である。なお、崩壊域北端の長沢沿いには、1986 年噴火の際に流下した LCI 溶岩流が分布する。

火山灰は主として灰色を呈し、砂サイズの粒子を多く含む。レスは褐色でシルト以下の粒子を多く含み、粘着質で水を通しにくい。20cm 以上の厚さをもつ Y1.0、Y2.0、Y4.0、Y5.2 はほぼどこにでも分布し、それに満たない Y0.8、Y3.0、Y5.0 は保存の良い場所でのみで見られる。Y5.2 スコリアはカルデラ西側斜面で生じた割れ目噴火の産物であり、火口周辺では北西-南東方向に伸びたスコリア丘を形づくる。元町溶岩は、このスコリア丘から流出し、元町周辺に流れ広がって海岸に達した。なお、浸食が進んだ谷ぞいには、Y5.2 スコリアと元町溶岩の下位に、さらに古い時代の火山灰、溶岩流、岩屑なだれ堆積物が露出する場所もある。

3. 斜面崩壊の層位とメカニズム

多くの崩壊面には Y1.0/Y2.0 または Y4.0/Y5.0 のレス上面が広く露出しており、それらの層位より上にある厚さ 1-1.5 m の火山灰/レス互層が薄くはがれるように落ちたことがわかる。おそらく透水性がよく大量の雨水を含んだ火山灰が、透水性の悪いレスの上面を境にして滑り落ちたのであろう。浸食の深い場所では、崩壊面に Y5.2 スコリアまたは元町溶岩上部のクリンカーが露出する部分もあるが、一般にスコリアやクリンカーの透水性は火山灰より良いため、そこが滑り面になったとは考えにくい。

4. 元町付近を襲った歴史時代のラハール

過去の類似災害の有無や様相を調査するため、谷沿いと海岸においてテフラ/レス互層中に挟まれるラハール堆積物を調べた。ラハール堆積物は、水流がつくった斜交葉理などの堆積構造をもつこと、シルト以下の粒子や礫・偽礫を多量に含むこと、下位層を削りこんでレンズ状に分布するなどの特徴によって容易に判別できる。

2013 年斜面崩壊の最大被災地となった神達地区には、Y0.8 火山灰と地表の間に火山岩礫を含む厚さ 1-2 m の泥質ラハール A が分布する。ラハール A は、被害記録の残る 1856 年または 1932 年の暴風雨 (立木, 1961, 『伊豆大島志考』) に対比できるかもしれない。なお、1958 年狩野川台風も元町周辺に「山津波」と呼ばれる土砂災害を起こしたが、土砂の氾濫域は主として大金沢・長沢の下流であり、神達地区は含まれていない (気象庁, 1958, 気象庁技術報告)。

神達地区の北に隣接する大金沢では、Y2.0 と Y4.0 の間の層位に泥質偽礫を多数含む厚さ数十 cm のラハール B が挟まれる。ラハール B は、その層位から考えて、下流の湯の浜海岸にあった下高洞集落を 16 世紀末に埋没させ、現在の元町台地への集落移転のきっかけを作った「びゃく」の伝承 (立木, 1961 前出; 井上, 2014, 月刊地理) に対比できるかもしれない。

大金沢と湯の浜海岸には、元町溶岩の直上に、Y5.2 スコリア丘起源とみられる赤色スコリアを多数含む厚さ 1-2 m のラハール C が分布する。

以上のことから、元町周辺で起きた流下物による地質災害を古い順にたどると、(1) 14 世紀初頭の元町溶岩、(2) その直後に起きたラハール C、(3) 16 世紀末の「びゃく」に相当するかもしれないラハール B、(4) 1856 年または 1932 年? に神達地区を襲ったラハール A、(5) 1958 年狩野川台風にもなうラハール、(6) 1986 年噴火の LCI 溶岩流、(7) 2013 年 10 月 16 日のラハール、の計 7 回となる。

キーワード: 伊豆大島, 火山, 噴火史, ラハール, 2013 年台風 26 号, 斜面崩壊

HDS29-P07

会場:3 階ポスター会場

時間:4 月 28 日 18:15-19:30

Keywords: Izu Oshima, volcano, eruptive history, lahar, Typhoon Wipha (2013), slope failure

2013 年 10 月に伊豆大島西側斜面で発生した表層崩壊と地形地質の関係 Preliminary report on the landslides, Oct. 2013, Izu-Oshima Volcanic island, central Japan: Shallow landslide, landforms

鈴木 毅彦^{1*}; 首都大学東京 2013 年台風 26 号伊豆大島災害調査グループ¹
SUZUKI, Takehiko^{1*}; TMU GROUP FOR, Izu-oshima typhoon wipha (1326) disaster¹

¹ 首都大学東京

¹Tokyo Metropolitan University

2013 年 10 月 16 日未明に発生した斜面崩壊はその分布から地形・地質との対応、とくに 14 世紀(西暦 1338 年?)に流下した溶岩流の分布域と崩壊域がよく一致することが指摘されている(国土交通省ホームページなど)。すなわち崩壊の発生と地形地質の間に因果関係が成り立つことを示唆する。理由として、比較的新しい時代の溶岩流の存在により、周辺域に比べて地表直下の透水層となる降下火山灰層が数 m 以下と薄く、表層部が多量の降水により飽和状態になりやすかったと考えられる。このような表層崩壊の発生と素因としての地形地質の関係を確認するため、12 月 7・8 日、1 月 4・6 日に崩壊が集中した先カルデラ火山新期山体(地質調査所 1998)西側斜面を御神火スカイライン沿いに、順次上から崩壊と周辺の地形・地質の調査観察を実施した。

1) 崩壊開始地点は多くが御神火スカイライン道路下側に接した斜面であるが、数カ所ではスカイラインの道路上側からも崩壊が発生している。標高 440?450 m 付近では道路山側法面の上方から表層崩壊が発生している。遠方からの崩壊地上端の断面観察によれば、崩壊部分は樹木の根が発達する表層土層のみであり、崩壊が元の斜面を薄く削ぐように発生していることが分かる。

2) つづら折りになるスカイラインに挟まれた標高 450?330 m 斜面では、標高 440?450 m 付近同様に、崩壊が元の斜面を薄く削ぐように発生している。このため、深部の地質は分かりにくい。

3) 標高 330 m 付近の道路沿いでは斜面構成物を確かめることができ、表層は 1 m 以上の火山灰層と土層の互層、その下位は高温酸化したスパター集積層が存在する。スパターは部分的に堆積後の溶融によりアゲルチネート化しており、直ぐ近傍に火口があったことを示唆する。その火口は 14 世紀溶岩流の可能性があり、その場合上を覆う火山灰層・土層互層は最近 700 年間に形成されたもので、今回の崩壊の主体をなすものと考えられる。330 m 付近はスカイラインが分断を受けた唯一の地点である。分断地点は谷筋に相当し、火山灰層だけでなくスパター集積層を含めて削り込まれ、下位の溶岩流上面が露出している。

4) 標高 330 m 付近の分断地点から谷沿いに下った付近でも火山灰層スパター集積層が削り込まれた谷が認められ、細長く溶岩流が露出した侵食谷が伸びる。このよう侵食谷は標高 250 m 付近では複数認められ、崩壊土砂通過域における地形的な特徴を示す。なお侵食谷間の微高地では、火山灰層土層互層が残存しており、単純に溶岩流上位の未固結層が面的に全て削剥されたのではない。

5) 今回、崩壊地域に周囲を囲まれながら崩壊から免れた地域が東西方向に複数認められ、尾根部に非崩壊域が存在するように見える。現地では確かめたところ標高 320 m 付近は 14 世紀とみられる溶岩流が分布しないか、分布してもその側方縁辺部である。とくに溶岩流が分布しない断面では、道路路面に少なくとも 3 枚の厚い降下スコリア層(西暦 838 年以前に噴出年代をもつ可能性がある)が露出しており、崩壊箇所と明らかに地質が異なる。崩壊発生域が溶岩流分布域であり、上位の降下火山灰層が数 m 以内の薄い地域で崩壊が選択的に発生した、という考えを裏づける事例になると思われる。

まとめ 今回の調査で「崩壊域が溶岩流分布域であり、上位の降下火山灰層が数 m 以内の薄い地域で選択的に発生した」という考えを概ね支持する成果が得られた。一方で予想以上に表層浅い部分のみが崩壊しており、溶岩流上の火山灰層土層互層が残されている場所が崩壊土砂通過域において面的に広がる。今後は上記の噴出物の累重関係や分布を把握し、それが崩壊とどの様な関係であったことをより精密に把握する必要がある。その結果が将来の類似した斜面崩壊の予測予防に繋がると考えられる。

本調査は、首都大学東京伊豆大島災害調査グループの活動として実施したものである。

引用文献: 地質調査所 1998. 伊豆大島火山地質図. 国土交通省ホームページ 2014 年 1 月 15 日閲覧. http://www.mlit.go.jp/river/sabo/h25_typhoon26/izuoshimagaiyou131112.pdf

キーワード: 伊豆大島, 台風第 26 号 (Wipha), 表層崩壊, 降下テフラ累層, 溶岩流

Keywords: Izu-Oshima, Typhoon Wipha (1326), Shallow landslide, Fall-out tephra, Lava flow

2011 年台風 12 号豪雨による花崗斑岩の斜面崩壊—和歌山県那智勝浦町妙法山の事例—
Landslides of granite porphyry induced by Typhoon Talas 2011 around Mt. Myoho at Nachikatsuura, Wakayama, Japan

平田 康人^{1*}; 千木良 雅弘²
HIRATA, Yasuto^{1*}; CHIGIRA, Masahiro²

¹ 京都大学大学院理学研究科, ² 京都大学防災研究所地盤災害研究部門

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

2011 年 9 月 2 日から 5 日にかけての台風 12 号の豪雨によって、紀伊半島南東部では多数の崩壊・土石流が生じた。我々は、崩壊地を 9 月 6 日から 8 日に撮影された縮尺 2 万分の 1 の空中写真から判読し、降雨量分布をレーダーアメダス解析雨量から求め、崩壊、雨量および地質を比較した。その結果、ほとんどの崩壊地が花崗斑岩の地域かつ 80 mm/h 以上の降雨強度の地域に生じていたことが分かった。さらに、崩壊の地質的・地形的な背景を明らかにするために、崩壊・土石流の被害が集中した和歌山県那智勝浦町の妙法山の野外調査を行った。

野外調査の結果、花崗斑岩の分布地内部とその縁辺部とで、崩壊が別の特徴を持つことが分かった。妙法山頂上付近には、花崗斑岩が分布し、それを取り巻く斜面の下部と下方の平坦地には、中新世の熊野層群の堆積岩が分布している。また、斜面は、妙法山頂上付近では緩傾斜で、周囲の遷急線から急傾斜となり、花崗斑岩と熊野層群との境界付近から下方では緩くなる。花崗斑岩は、緩傾斜の斜面表層で、特徴的に球状風化している。崩壊した土砂には、そのコラストンが大量に含まれていた。花崗斑岩分布地内の崩壊は、尾根の遷急線に滑落崖を持ち、花崗斑岩の風化物とその再堆積物の崩壊であった。花崗斑岩と熊野層群との境界付近の崩壊地では、熊野層群の頁岩が暗灰色に粘土化しており、その上に載る花崗斑岩のコラストンなどの崩積土層が崩壊していた。

妙法山周辺の崩壊の規模は 10^2 から 5×10^5 立方メートルで、2 万 5 千分の 1 地形図上での崩壊・土石流のプロットから、それらの等価摩擦係数は 0.20-0.46 であると見積もられた。これらの花崗斑岩の崩壊と土石流は、崩壊体積と等価摩擦係数の点で、1999 年 6 月の広島県集中豪雨で生じた風化花崗岩の崩壊に類似している。ただし、広島の場合、コラストンはほとんど形成されておらず、その崩壊もマサが崩壊して土砂流となったものであった。

キーワード: 地すべり, 台風 12 号, 花崗斑岩, 那智勝浦

Keywords: landslides, Typhoon Talas, granite porphyry, Nachi Katsuura

米軍空中写真を用いた 1944 年東南海地震による尾鷲市周辺の斜面崩壊の判読
Interpretation of landslides triggered by 1944 Tonankai earthquake around Owase City
using U.S. military aerial photos

佐藤 浩^{1*}
SATO, Hiroshi, P.^{1*}

¹ 日本地図センター
¹ Japan Map Center

1944 年 12 月 7 日に発生した東南海地震 (M7.9) の 3 日後に米軍が撮影した空中写真 (1/16,000) を判読したところ、三重県尾鷲市周辺で表層崩壊を判読した。その中には、東南海地震によって発生したものもあると考えられる。判読した結果を報告する。

キーワード: 地すべり, 斜面崩壊, 東南海, 地震, 米軍, 偵察
Keywords: landslide, slope failure, Tonankai, earthquake, U.S. military, reconnaissance

雪上滑走型地すべりにおける長距離運動の発生条件—実現象の観察と実験からの洞察 Long-traveling conditions for the rock-on-snow landslide: insights from the field and lab evidence

山崎 新太郎^{1*}; 川口 貴之¹; 中村 大¹; 山下 聡¹; 白川 龍生¹; ハスバートル²
YAMASAKI, Shintaro^{1*}; KAWAGUCHI, Takayuki¹; NAKAMURA, Dai¹; YAMASHITA, Satoshi¹; SHIRAKAWA, Tatsuo¹; HAS, Baator²

¹ 北見工業大学, ² アジア航測株式会社

¹Kitami Institute of Technology, ²Asia Air Survey Co., Ltd.

2011 年 3 月 12 日新潟県津南町を震源とする M6.6 の長野県北部地震では、斜面が崩壊して発生した岩石が雪上を流下して非常に長距離流動した。筆者らはこれを雪上滑走型地すべりと名付け、詳しい検討を行っている。この現象は従来から知られているスラッシュ雪崩や地すべり、または通常の雪崩とは異なるものであり、豪雪地帯における地震防災の観点から重要な現象である。筆者らは、先の長野県北部地震時の調査から、雪と上方の地すべり物質の境界層を観察し、そこが一時的に液化した痕跡を発見した。このような、雪と岩石混合物の底層における液化は、世界各地の雪上または氷河上の岩屑なだれが発生した際にも指摘されているが、詳しく報告できたのは筆者らの研究が初めてであった。しかしながら、雪上地すべりや落石は必ずしも長距離流動するとは限らない。実際に観察される雪上を流下した落石または地すべり現象のほとんどの場合において、移動体は急斜面の途中で停止してしまう。この事実は、長距離現象に限られた条件で発生することを示している。本研究では、まず、再現が可能な小規模な現象においてどのような流下から停止にいたるプロセスがあるのか、まず小規模な土槽(斜面 20 度)を用いて多数の岩石を雪上に落下させた。そして、落石の材質(礫(2-1 cm 径)、小礫(0.5-1 cm 径)、粗粒砂(0.5-1 mm))、斜面の材質(礫および雪、その温度履歴、雪硬さ模)などの実験環境を変えながら実施した。そして、実験結果を元に、再度、長野北部地震発生時の状況と比較を行った。

結果

実験条件を様々に変えながら、確かな結果としてたどり着いたのは以下の 6 項目である。

1. 岩石および岩石と雪の混合物は礫斜面に比べて雪面上をより遠方まで到達した。
2. 雪面上では、岩石および岩石と雪の混合物は、より硬い雪面ほど遠方まで到達した。
3. 雪面上では、岩石のみを落下させる時に比べて、岩石と雪の混合物は、より手前で停止した。
4. 雪面上では、岩石と雪の混合物において、雪を含む量が多くなればなるほど、より手前で停止した。
5. 雪面上では、岩石と雪の混合物に水を加えシャーベット状にしたものを落下させると、より手前で停止した。
6. 雪面上では、砂程度の粒径の岩石を落下させると、より大きな粒径の岩石にくらべて、より手前で停止した。

考察

雪に摩擦の低減効果があるのは 1 の結果から明らかである。2 の現象は、氷河上で岩石が長距離流れるいくつかの例(2000 年ロシアの Kolka 災害など)と一致しており、平滑かつ硬い雪はより小さな摩擦を持つためである。3、4 の結果は、おそらく雪に自身が砕けることによって衝撃を緩和する効果があり、雪によって岩石同士の衝突を和らげているものと思われる。移動体内部で岩石同士の衝突が吸収されれば、移動体を前方へ動かす駆動力も小さくなる。5 の結果は雪層が多孔質かつ吸水性材料であるために、吸引力が働いているためと思われる。岩石と雪層との間に水があれば、水を介在することで岩石が雪層に吸着される。6 の結果は雪による衝撃緩和効果が小さい粒子ほど相対的に大きく働くためと思われる。つまり、大きな塊状の移動体ほどより滑りやすく、発生直後にバラバラになったものは滑りにくいことを示唆している。

現地での観察結果から、長野北部地震で発生した津南町辰ノ口の長距離流動現象では、上方では線状の滑走痕が確認されている。現地では実際に確認できていないが、これは硬い物性を雪が発揮しなければ形成され難く、雪が衝撃によって硬い物性を瞬時に雪が発揮した可能性がある。そして硬く透水性が低下した雪は上方に液化層を保持することができたのかもしれない。液化層が形成されれば、摩擦は極端に減少する。また、辰ノ口の長距離流動現象は、内部の攪乱が小さく、塊状体のまま移動したことが現地の観察から明らかになっている。これは移動体の前方では雪に衝突して急減速し後方からの岩石がそれを押すような形になり、塊状のまま雪をブルドーzingしていったことを示しており、大きな塊となった移動体は雪の衝撃緩和効果を見逃したのだらう。一方で長距離運動を起こさない雪上落石現象では、雪によって落石の衝撃が緩和され、さらに、バラバラになることでさらに衝撃緩和の程度が高まったために、通常の地面に落下する落石現象よりも手前で停止すると思われる。また、衝撃力も小さいために、雪をその衝撃で硬化させることも困難であったと思われる。長野北部地震で発生した辰ノ口の現象は規模としては小規模な落石現象に近いが、狭い谷の雪面上に集中して落下しており、雪に集中的な衝撃が加わった。この衝撃は雪の瞬間的な硬化と透水性の低下をもたらしたのかもしれない。このような硬化現象や透水性の低下は、地域的に異なる雪の物性に大きく依存している。もし

HDS29-P11

会場:3 階ポスター会場

時間:4 月 28 日 18:15-19:30

そうであるならば, この発生条件は地域に依存する可能性が高い.

キーワード: 地すべり, 雪, 地震, 雪崩, 岩屑なだれ

Keywords: landslide, snow, earthquake, avalanche, debris avalanche

斜面災害事例のデータベース化に向けた入力項目の定義 Definition of the database fields for landslide hazard database by NIED

内山 庄一郎^{1*}; 山田 隆二¹; 石川 晴和²; 鈴木 比奈子¹; 臼田 裕一郎¹
UCHIYAMA, Shoichiro^{1*}; YAMADA, Ryuji¹; ISHIKAWA, Haruna²; SUZUKI, Hinako¹; USUDA, Yuichiro¹

¹ 独立行政法人防災科学技術研究所, ² 株式会社アドバンテクノロジー

¹National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED), ²Advantech Technology Corporation

過去の災害履歴はその場所における現在の災害リスクに大きく関係しており、ハザード・リスク評価に必須の情報である。防災科学技術研究所では、歴史時代の自然災害事例を含む日本全国の網羅的な自然災害データベースを構築し、これらの情報を Web API で配信している。しかしながら、災害事例データベースは災害事例の索引的な存在であり、情報の詳細度に限度がある。そのため、特に社会的インパクトの大きい自然災害については、地震、火山、風水害、地盤、雪氷災害などの各自然災害種別に特化したデータベースで、その詳細情報を提供する必要がある。ここでは特に、斜面災害を対象としたデータベースについて議論する。

本稿では、斜面災害事例のデータベースを構築するにあたり、斜面変動現象とその調査概要の記述に必要なデータベース入力項目を検討した。斜面災害事例データベースでは、出典資料として学術文献、古文書、伝承、現地調査報告書等を用い、ここから斜面災害に関するイベントを抽出し、データベース化を図る。入力項目の検討は、次の3ステップで実施した。

最初に地盤工学会、砂防学会、日本地すべり学会、応用地質学会の2003年～2013年までの学会誌に掲載された全論文を概観し、斜面変動現象を記述している情報を断片的に抽出した。

次に、先に抽出した情報から、斜面変動現象を地形的、地質的、物理的に記述する際に必要な情報、および範囲や位置などの地理空間情報、崩壊履歴に関する情報についてとりまとめ、仮の入力項目を定義した。

第三のステップでは、学術論文から抽出した約200の斜面災害事例について入力を行い、設定した入力項目が斜面災害事例を十分に表現しているかを検証した。

この結果、入力項目の大分類として次の8項目を設定した。1) 斜面災害の種類、2) 素因・誘因、3) 地質特性、4) 地形特性、5) 物理特性、6) 地理空間情報、7) 崩壊履歴(年代測定)、8) 崩壊履歴(文献等)。さらに小分類として、合計で約60項目を設定した。今後は、古文書や現地調査報告書などの多様な出典資料の入力によって項目検証を実施し、斜面災害事例データベースのフレームワークを完成させる。また、実際のデータベース構築を推進する。

キーワード: 斜面災害事例データベース, 入力項目, 定義

Keywords: landslide hazard database, database field, definition of fields