

令和 5 年 6 月 17 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K01156

研究課題名(和文) 湿潤変動帯における大規模崩壊地の土砂生産プロセスの解明

研究課題名(英文) Processes of sediment production from large landslides in humid and tectonically active mountains

研究代表者

西井 稜子(Nishii, Ryoko)

新潟大学・災害・復興科学研究所・准教授

研究者番号：00596116

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：湿潤変動帯において、大規模崩壊発生後の崩壊地からの継続的かつ活発な土砂生産が普遍的な現象なのかを明らかにするため、南アルプス早川流域を対象に、大規模崩壊地の時空間的な分布とその土砂生産プロセスを調査した。

2時期の航空レーザー測量データや旧版地形図を用いた地形解析から、既存の大規模崩壊地からの土砂生産量の寄与度が大きいことが明らかになった。また、七面山崩れを対象に、現地での重点的測量・観測等に基づき、土砂生産の実態を議論した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

湿潤変動帯の大起伏山地において、既存の大規模崩壊地からの継続的な土砂生産の寄与度とその重要性については必ずしも十分に評価されていなかった。本研究によって、既存の大規模崩壊地は流域の主要な土砂生産源であることが明らかになった。大規模崩壊地での土砂生産の実態解明は、山地の土砂生産システムのさらなる理解に貢献するとともに、流域の適切な砂防計画・対策を行う上で重要な知見となることが期待できる。

研究成果の概要(英文)：To clarify persistent sediment supply from large landslide scars after the original events, we examined spatial distribution and sediment supply processes of large landslides in Hayakawa River basin, southern Japanese Alps. Geomorphological analysis using airborne LiDAR data in 2009 and 2015 and maps in 1910s revealed spatial distribution and volume lost of large landslides. Persistent type of landslides has more impact on sediment supply into Hayakawa River basin than new landslides. In addition, we discussed dynamics of sediment supply based on on-site meteorological monitoring and UAV surveys in Shichimensan-kuzure.

研究分野：地形学

キーワード：湿潤変動帯 大規模崩壊地 土砂生産 航空レーザー測量 ドローン測量 重力性変形地形

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

土砂物質循環の出発点である山地斜面からの土砂生産量(土砂供給量)の増減は、下流域での洪水頻度や河川構造物の維持管理、水資源の利用などに多大な影響を及ぼすため、流域全体の治水を考える上でその実態を把握することは重要である。とくに、湿潤変動帯に位置する日本列島では、世界的にも山地斜面の削剥速度が高いことが、ダム堆砂観測データや宇宙線生成核種年代測定によって明らかにされている(e.g. Yoshikawa, 1974; Matsushi and Matsuzaki, 2010)。そのような高い削剥速度を維持するための土砂生産プロセスについて、これまで、ニュージーランドやヒマラヤのような大起伏山地では、大規模崩壊発生時の土砂生産による寄与が大きいことが指摘されており(Hovius et al., 1997.; Larsen and Montgomery, 2012)、大規模崩壊発生時の土砂生産については、多くの定量的調査が実施されてきている。一方、大規模崩壊によって生じた裸地斜面からその後生じる土砂に関しては、技術的に課題があったためか、これまでほとんど着目されていなかった。

しかし、大規模崩壊は発生時だけでなく、その後も継続的に土砂を生産し続ける場合があることが確認されている。近年、国内では、高精度の数値標高モデル(DEM)を取得できる航空レーザ測量が同一地域において複数回実施されており、それら複数時期のDEMデータを用いて、継続的な土砂生産速度を評価できる研究環境が整いつつある。そのような背景において、研究代表者らは、現在も年間約4mmの高い隆起速度を示す南アルプスの大規模崩壊地の1つ「赤崩」を対象に、複数時期の航空レーザ測量データを用いて、過去12年間の土砂生産量を算出し、年平均削剥速度が0.3mであること、総土砂生産量は約100万 m^3 に達し新規の崩壊地形成に匹敵する量であったことを明らかにした(Nishii et al., 2018)。この成果から、崩壊地形成後の継続的な土砂生産は無視できるものではなく、流域の主要な土砂生産源である可能性が考えられる。ただし、他の大規模崩壊地においても、「赤崩」のような継続的かつ活発な土砂生産が生じているのか、どの程度普遍性を持った現象なのかは明らかになっていない。

2. 研究の目的

以上の研究背景を踏まえ、湿潤変動帯において、大規模崩壊発生後の崩壊地からの継続的かつ活発な土砂生産が普遍的な現象なのかを明らかにするため、南アルプス早川流域を対象に、大規模崩壊地の時空間的な分布とその土砂生産量およびそのプロセスを調査した。とくに、以下の点に着目した。

- (1) 高い削剥速度を有する大規模崩壊地の空間分布と地形的特徴
- (2) 大規模崩壊地での重点的観測による土砂生産プロセス

3. 研究の方法

- (1) 高い削剥速度を有する大規模崩壊地の空間分布と地形的特徴

富士川水系早川流域(約500 km^2)を対象に、2015年撮影のオルソ画像を用いて、大規模崩壊地($\geq 10^4 m^2$)を抽出し、大規模崩壊地の空間分布を調査した。そして、崩壊地の形成時期に着目し、2009~2015年に形成されたものを「新期崩壊地」、2009年以前から存在しているものを「既存(継続)崩壊地」に分類し、2時期(2009, 2015年)の航空レーザ測量データの標高差解析を行い、土砂生産量や侵食速度を算出した。また、対象期間(2009~2015年)における確率雨量を計算し、新期崩壊の誘因となった豪雨イベントの規模を推定した。

- (2) 大規模崩壊地での重点的観測による土砂生産プロセス

(1)の調査から明らかになった現在も活発な土砂生産が生じている大規模崩壊地「七面山崩れ」を重点的な現地測量・観測の対象とした(図1)。2019年秋から気象測器(雨量計、気温計、地温計、積雪深計)と土砂生産を把握するための定点カメラを設置し、観測を実施した。大規模崩壊地における主な土砂生産プロセスとして、無積雪期における地表面侵食や崩壊による土砂生産と積雪・融雪期における凍結融解作用に伴う土砂生産が想定される。そこで、季節周期による土砂生産の実態を明らかにするため、2019年から春・秋を中心に、高精度無人航空機による写真測量やLiDAR測量を計12回実施した。また、崩壊地内の地温・植生分布等を評価するため、熱赤外、マルチスペクトルといった異なるセンサを搭載した無人航空機による計測も行った。



図1 観測対象の七面山崩れ

4. 研究成果

対象流域には、81の大規模崩壊地が分布しており、そのうち2時期(2009, 2015年)の航空レーザ測量データが揃う57箇所を解析対象とした。対象期間における崩壊地からの総土砂生産量は約 $4.4 \times 10^6 m^3$ に達し、そのうち新規崩壊地が2割、既存(継続)崩壊地が8割を占めており、既存の大規模崩壊地からの土砂生産量の寄与度が大きいことが明らかになった。新規崩壊の誘因となった豪雨イベントを推定するために確率雨量を計算したところ、この期間(2009~

2015年)の最大再現期間は72時間雨量の55年という値が算出された。したがって、この程度の豪雨イベント期間であれば、新規の大規模崩壊に由来する土砂生産よりも、継続崩壊地からの土砂生産のほうが、流域への土砂供給の寄与が大きいことが示された。また、3つの既存大規模崩壊地は、1910年以降、1.5~2.9倍の面積拡大を示し、過去100年にわたって活発な土砂生産が継続していることが推定された。

重点観測を実施した七面山崩れは、崩壊地縁に設置した地表面温度計の観測結果から、主に11~4月の期間に凍結融解が発生しており、東~南向きの観測点では厳冬期でも日周期の凍結融解が卓越する一方、北向きの地点では日周期の凍結融解に加えて、年周期の凍結も顕著に発生することが明らかになった。また、無人航空機による面的計測からも、斜面方位によって、積雪環境や地表面温度が大きく異なっていることが示された。また、複数時期の写真測量やLiDAR計測によって、崩壊地縁における岩盤侵食や崖錐や崩落物の堆積・侵食などの変化が明らかになった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Imaizumi, F., Ikeda, A., Yamamoto, K., Ohsaka, O.	4. 巻 9
2. 論文標題 Temporal changes in the debris flow threshold under the effects of ground freezing and sediment storage on Mt. Fuji	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Earth Surface Dynamics	6. 最初と最後の頁 1381-1398
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5194/esurf-9-1381-2021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 小花和宏之・早川裕弐・坂上清一	4. 巻 37 (2)
2. 論文標題 RTK-UAV 測量において3次元モデルのDomingを低減する方法 - GCP を使用せずにcmレベルの精度を実現する撮影・データ処理 -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 システム農学	6. 最初と最後の頁 29-38
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14962/jass.37.2_29	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Imaizumi Fumitoshi, Trappmann Daniel, Matsuoka Norikazu, Ballesteros C?novas Juan Antonio, Yasue Koh, Stoffel Markus	4. 巻 371
2. 論文標題 Interpreting rockfall activity on an outcrop?talus slope system in the southern Japanese Alps using an integrated survey approach	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geomorphology	6. 最初と最後の頁 107456 ~ 107456
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.geomorph.2020.107456	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Imaizumi Fumitoshi, Masui Takeshi, Yokota Yushi, Tsunetaka Haruka, Hayakawa Yuichi S., Hotta Norifumi	4. 巻 339
2. 論文標題 Initiation and runout characteristics of debris flow surges in Ohya landslide scar, Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geomorphology	6. 最初と最後の頁 58 ~ 69
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.geomorph.2019.04.026	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 西井綾子、今泉文寿、早川裕弐
2. 発表標題 南アルプスにおける大規模崩壊地からの継続的な土砂生産の重要性
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2022 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Imaizumi, F., Yamamoto, R., Ikeda, A.
2. 発表標題 Runout characteristics of debris flow under effects of ground freezing on Mt. Fuji
3. 学会等名 Japan Geoscience Union 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 早川裕弐・齋藤 仁・小倉拓郎
2. 発表標題 多次元高精細地表情報 (MHESD) の地球科学・歴史考古学における高度利活用
3. 学会等名 JHPCN学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点第14回シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大屋俊祐、今泉文寿、堀田紀文、經隆悠、早川裕弐
2. 発表標題 大谷崩における土石流の流動形態と間隙水圧の関係
3. 学会等名 令和3年度砂防学会研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高山翔揮、今泉文寿、里深好文
2. 発表標題 不飽和河床上における土石流の発生・発達過程に関する実験的研究
3. 学会等名 令和3年度砂防学会研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今泉文寿、山本蓮、池田敦、逢坂興宏、柏原佳明、西村直記
2. 発表標題 富士山大沢川における土砂流出形態と侵食堆積特性の関係
3. 学会等名 令和3年度砂防学会研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大屋俊祐、今泉文寿、逢坂興宏、早川裕弐、経隆悠、堀田紀文
2. 発表標題 渓床堆積物の堆積状況と降雨条件が土石流段波の流動形態に及ぼす影響
3. 学会等名 2020年度砂防学会研究発表会概要集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 早川裕弐・今泉文寿・堀田紀文・西井稜子
2. 発表標題 高精細地形情報を用いた山岳斜面 プロセスの地形学的研究
3. 学会等名 Japan Geoscience Union - American Geophysical Union Joint Meeting 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西井稜子, 今泉文寿
2. 発表標題 LiDAR データを用いた大規模崩壊地群における土砂生産の把握
3. 学会等名 日本地形学連合2019 年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加瀬篤実, 今泉文寿, 逢坂興宏, 西井稜子, 横山修, 千木良雅弘
2. 発表標題 干渉SAR解析を用いた大規模崩壊地周辺における重力変形の抽出
3. 学会等名 2019年度砂防学会研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 今泉文寿, 早川裕弐, 経隆悠, 堀田 紀文
2. 発表標題 山岳砂礫堆積域における土石流の発生流下特性
3. 学会等名 Japan Geoscience Union 2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hayakawa, Y.S., Kusumoto, S., Ogura, T.
2. 発表標題 Spatial distribution of land surface displacements in the crater of Tateyama Midagahara Volcano using high-definition topographic data
3. 学会等名 Japan Geoscience Union International Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hayakawa, Y.S., Ogura, T., Tamura, Y., Oguchi, C.T., Shimizu, K.
2. 発表標題 TLS measurement data and 3D printing of an artificial cave for geotechnical and educational applications
3. 学会等名 Japan Geoscience Union International Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	今泉 文寿 (Imaizumi Fumitoshi) (80378918)	静岡大学・農学部・教授 (13801)	
研究分担者	早川 裕弐 (Hayakawa Yuichi) (70549443)	北海道大学・地球環境科学研究所・准教授 (10101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------