

令和 5 年 6 月 7 日現在

機関番号：13901

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K20736

研究課題名（和文）革新的アプローチによる植生景観と土砂災害リスクの統合評価

研究課題名（英文）Assessment of vegetation and landslide hazard using innovative approaches

研究代表者

齋藤 仁（Saito, Hitoshi）

名古屋大学・環境学研究科・准教授

研究者番号：00709628

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：熊本県阿蘇山を対象に2012年豪雨と2016年熊本地震に伴う斜面崩壊地と崩壊跡地での植生回復を、現地調査、ドローンと人工衛星による高精細データで分析した。その結果、斜面崩壊地の地形的特徴と、崩壊跡地が約10～12年程度でもとの草原景観と同様な状態に回復することが明らかになった。さらに植生回復は地形条件により異なり、機械学習による分析の結果、特に西～北向き斜面で早い植生回復が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

斜面崩壊は、土砂災害を引き起こすとともに、主要な植生の攪乱要因である。また崩壊跡地での植生回復は、斜面の安定性や生態系を検討する上で重要である。本研究では、阿蘇山の草原での斜面崩壊地の特徴や、崩壊跡地が約10～12年程度でもとの草原景観に戻る結果、及び斜面の地形による回復状況の違いを示した。これらの結果は、阿蘇山で頻発する斜面崩壊の脆弱性評価や、斜面崩壊と草地景観との関係を検討する上で重要である。

研究成果の概要（英文）：Vegetation cover is an important factor in hillslope stability. The objective of this study is to explore topographic characteristics and vegetation recovery in rainfall-induced and coseismic landslide scars at the Aso volcano in Japan. We focus on the temporal changes and effect of topography on vegetation recovery using multitemporal satellite images from 2010 to 2020, and finer spatial resolution data from unmanned aerial vehicles. This study validates grass vegetation recovery using the normalized difference vegetation index (NDVI). The NDVI rapidly increases in landslide scars after the events. The results indicate that NDVI at both landslide scars will reach the same level as the pre-landslide grass vegetation within 12 years. The slope aspect direction determines the topographic effects of grass vegetation recovery. The north- to west-facing landslide scars seemed to experience rapid grass vegetation recovery.

研究分野：自然地理学

キーワード：斜面崩壊 土砂災害 草原 植生回復 ドローン 高精細地形情報 阿蘇山

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

日本の国土の約7割は山地であり、頻繁に土砂災害が発生する。特に近年、地球温暖化に伴い豪雨が極端化し、激甚化する土砂災害への対応が求められている。また山地の多くは植生に覆われており、植林地、山林資源の採取地、草地(放牧地)、観光地等、様々な形で利用されてきた。しかし、過疎化等の山間地の社会・経済変化に伴い、植生利用は過去数十年で大きく変化し、それに伴い植生の状態も大きく変化してきた。

植生の状態は、地形・地質条件と共に、土砂災害リスクに影響する。植生は、構成種、樹齢、被覆率等に応じて様々な状態があり、その状態が異なれば土砂災害リスクも変化することになる。また、土砂災害発生後は植生が回復し、再度人間が利用可能となる。現在のところ、植生の状態と土砂災害リスクとの関係の研究は多いが、崩壊発生後の植生回復までを捉えた研究は非常に少ない。国土の多くを占める山間地での土砂災害の軽減、さらには人口減少時代における適正な植生利用の検討のために、従来個別に研究されてきた植生と斜面崩壊発生との関係の統合的な新たな研究が求められている。本研究ではドローン観測や機械学習等の新たな技術を導入して、この課題に取り組む。

2. 研究の目的

本研究の目的は、これまで個別の分野で研究されてきた植生と斜面崩壊地を統合し、斜面崩壊の発生と地形・植生回復との関係を明らかにすることである。特に本研究では長期にわたるドローン観測と人工衛星リモートセンシングデータを組み合わせ、高頻度・高精細に斜面崩壊跡地での植生回復を追跡した。

3. 研究の方法

対象地域は、熊本県阿蘇山の仙酔峡(約1km²)である(図1)。阿蘇山周辺では、近年頻繁に土砂災害が発生した(例えば、1990年豪雨、2001年豪雨、2012年豪雨、2016年熊本地震)。本研究では、特に2012年豪雨と2016年熊本地震に伴う斜面崩壊地を対象とした。

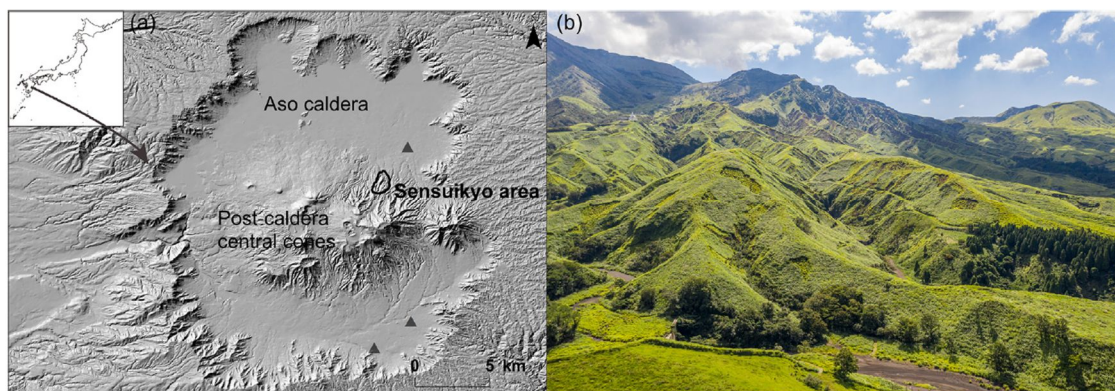


図1 対象地域の阿蘇山の仙酔峡 (Saito et al., 2022)

具体的に対象とした斜面崩壊地は、2012年豪雨起因(n=250)と2016年熊本地震起因(n=20)である。これらの斜面崩壊地は、ドローンと航空写真による空撮画像で特定した。また対象期間において、その他の誘因での斜面崩壊は発生していない。

斜面崩壊地の地形的特徴を分析するためにドローン空撮により空間解像度0.1mの地形データを取得した。そして斜面崩壊地の標高、傾斜、斜面方位、崩壊地面積、尾根・谷からの距離を計算した。

また斜面崩壊跡地での植生回復を追跡するために、2010年~2019年のRapidEye衛星画像(32時期、空間解像度5m)と2016年~2020年のPlanetScope衛星画像(34時期、空間解像度3m)を用いた。これらはレベル3B(地表反射率)プロダクトである。衛星画像から正規化植生指標(NDVI)を計算した。特に2012年豪雨(n=250)と2016年熊本地震(n=20)による斜面崩壊跡地と、崩壊非発生の草原(n=20)でのNDVIに着目した。次に、下記のNDVI ratio(式1)を計算し、NDVI ratioの時系列変化を追跡した。

$$NDVI\ ratio = (NDVI_{Is} / NDVI_{ctl}) \times 100 (\%) \quad (1)$$

ここで、 $NDVI_{Is}$ は斜面崩壊跡地でのNDVI、 $NDVI_{ctl}$ は崩壊非発生の草原のNDVIである。

4. 研究成果

2012年豪雨に伴う崩壊は、斜面中腹～下部に集中していた。一方で、2016年熊本地震に伴う斜面崩壊地は、2012年豪雨によって崩壊した比高の大きい斜面の上部のみに集中していた。つまり、過去の豪雨に伴う斜面崩壊の有無が、2016年熊本地震に伴う斜面崩壊の発生しやすさに与えた影響を解明した。

斜面崩壊跡地での NDVI、及び NDVI ratio の 2010 年～2020 年の時系列変化を図 2 に示す。NDVI は 植生のフェノロジーを反映した年変化がある(図 2a)。一方で、各年の最大 NDVI (図 2b) に着目すると、年による違いが認められるものの、崩壊発生前や崩壊非発生の草原では NDVI は約 0.8 程度で推移した。

一方で、斜面崩壊跡地では 2012 年豪雨と 2016 年熊本地震に伴う崩壊により、NDVI が減少した。具体的に、2012 年豪雨に伴う斜面崩壊跡地では、2012 年夏には NDVI が 0.6 となり、これは NDVI ratio の 73.7% に相当した。また 2016 年熊本地震に伴う斜面崩壊跡地では、2016 年夏には NDVI が 0.57 となり、これは NDVI ratio の 64.0% に相当した。崩壊跡地での植生の構成は、ススキを主体とする草本類が主であるが、一部木本類も見られた。

また斜面崩壊発生後の NDVI ratio は増加傾向が認められ、2020 年には、2012 年豪雨に伴う斜面崩壊跡地で 91.7%、2016 年豪雨に伴う斜面崩壊跡地で 81.8% まで急速に回復した。これらは、それぞれ 2.4%/年と 3.3%/年の上昇率となる。今後も同様の上昇が続いた場合、斜面崩壊跡地は約 10～12 年程度で元の草原と同様な NDVI への回復を示唆している。

同様な斜面崩壊地での植生の回復は国内外で検証されてきた。それらの研究では、斜面崩壊跡地での植生の回復は数十年の時間が必要である結果が示されている。一方で本研究では、阿蘇山での斜面崩壊跡地では、約 10～12 年の急速な植生の回復を明らかにした。

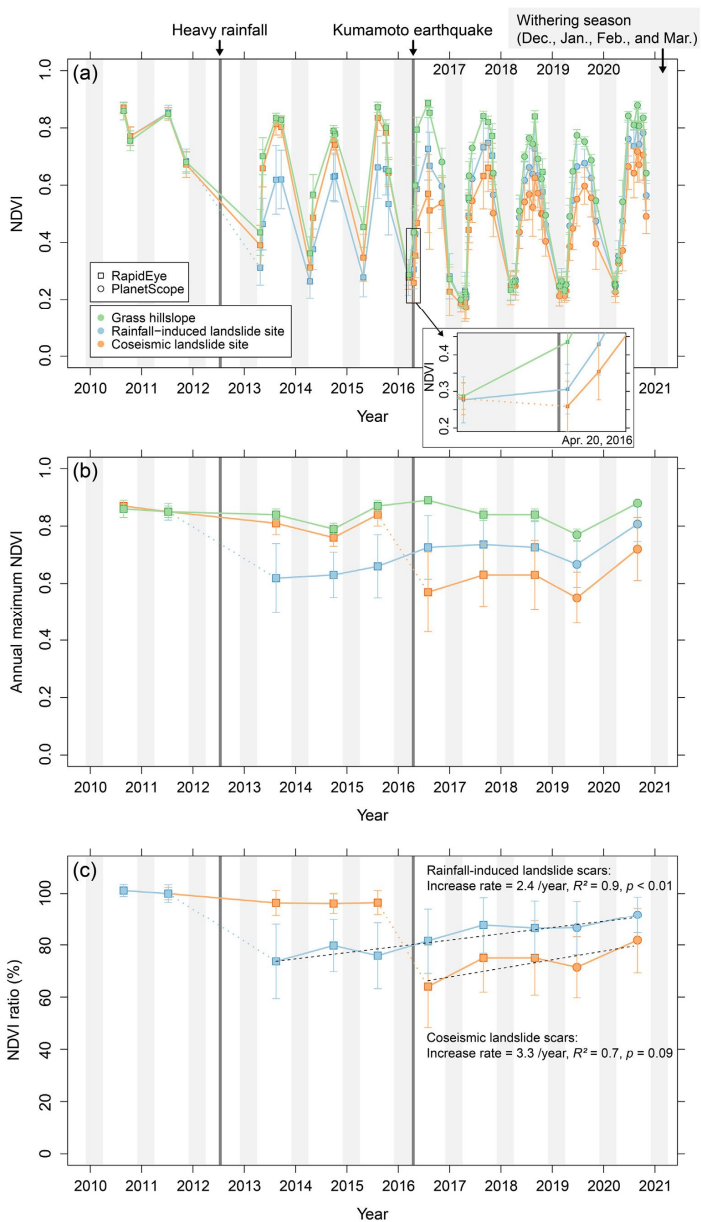


図 2 (a) NDVI、(b)年最大 NDVI、(c)NDVI ratio の 2010 年～2020 年の時系列変化。草地 (n=20、緑)、2012 年豪雨 (n=250、青) と 2016 年熊本地震 (n=20、オレンジ) に伴う斜面崩壊跡地での平均値と標準偏差 (Saito et al., 2022)。

さらに崩壊跡地での植生回復（2020年のNDVI ratio）と地形との関係を regression-tree model により検討した（図3）。その結果、2012年豪雨と2016年熊本地震に伴う斜面崩壊跡地のどちらにおいても、西～北向き斜面で、特に早い植生の回復が示された。この結果は、西～北向き斜面では相対的に土壌水分が多く、植生の回復に土壌水分が重要であることを示唆している。西～北向き斜面では、NDVI ratio が90%を超えており、特に早い植生の回復が明らかとなった。

本研究では、阿蘇山の草原での斜面崩壊地の地形的特徴や、崩壊跡地が約10～12年程度でもとの草原景観に戻る結果、及び斜面の地形による回復状況の違いを示した。これらの結果は、阿蘇山で頻発する斜面崩壊の脆弱性評価や、斜面崩壊と草地景観との関係を検討する上で重要である。

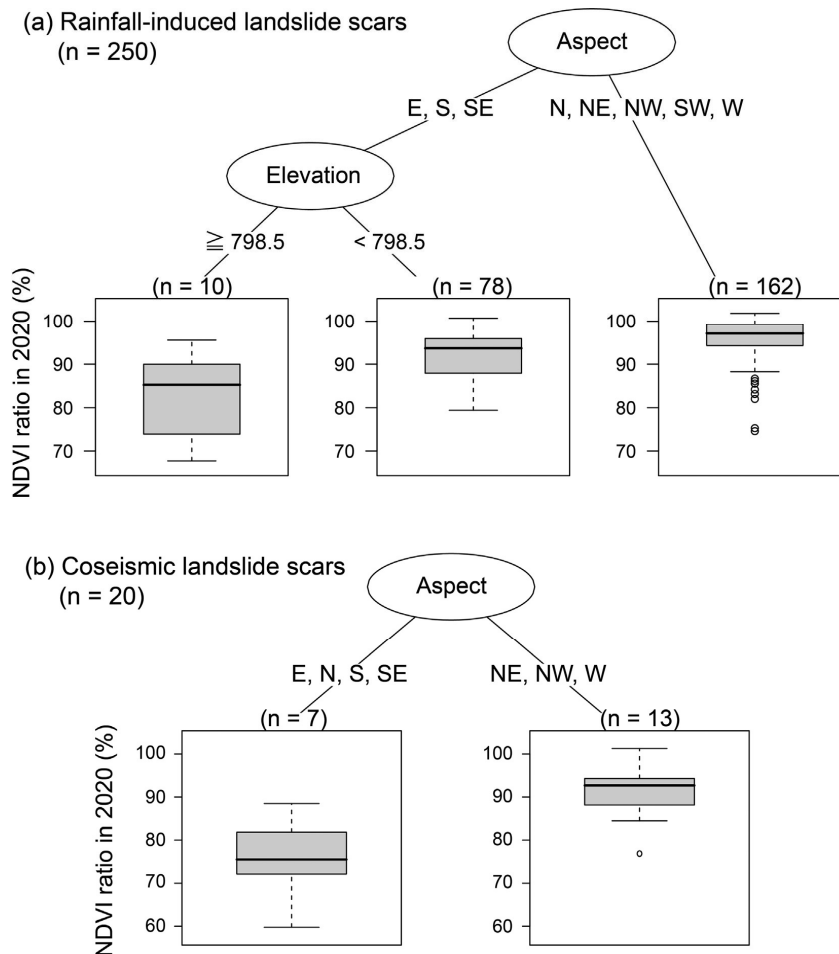


図3 2020年におけるNDVI ratioと地形量との関係を示すCARTアルゴリズムに基づくregression-tree model (Saito et al., 2022)。

<引用文献>

Saito, H., Uchiyama, S., Teshirogi, K. 2022. Rapid vegetation recovery at landslide scars detected by multitemporal high-resolution satellite imagery at Aso volcano, Japan. *Geomorphology* 398, 107989. (doi:10.1016/j.geomorph.2021.107989).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Saito, H., Uchiyama, S. and Teshirogi, K.	4. 巻 398
2. 論文標題 Rapid vegetation recovery at landslide scars detected by multitemporal high-resolution satellite imagery at Aso volcano, Japan.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Geomorphology	6. 最初と最後の頁 107989
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.geomorph.2021.107989	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 Yamaura Yuichi, Yamada Yusuke, Matsuura Toshiya, Tamai Koji, Taki Hisatomo, Sato Tamotsu, Hashimoto Shoji, Murakami Wataru, Toda Kenichiro, Saito Hitoshi, Nanko Kazuki, Ito Eriko, Takayama Norimasa, Tsuzuki Nobuyuki, Takahashi Masayoshi, Yamaki Kazushige, Sano Makoto	4. 巻 49
2. 論文標題 Modeling impacts of broad-scale plantation forestry on ecosystem services in the past 60 years and for the future	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ecosystem Services	6. 最初と最後の頁 101271 ~ 101271
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.ecoser.2021.101271	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4件（うち招待講演 1件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Saito, H., Uchiyama, S. and Teshirogi, K.
2. 発表標題 Rapid vegetation recovery at landslide scars detected by multitemporal high-definition data.
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2021（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 齋藤 仁・内山庄一郎・手代木功基
2. 発表標題 阿蘇山の崩壊跡地での急速な植生回復 - コンステレーション衛星画像の分析 -
3. 学会等名 東京大学空間情報科学研究センター研究発表大会（CSIS DAYS 2021）「全国共同利用研究発表大会」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Saito, H., Uchiyama, S., Hayakawa, Y.S. and Obanawa, H.
2. 発表標題 Detection of landslides and vegetation recovery from multitemporal UAV and satellite images.
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 手代木功基・齋藤 仁・内山庄一郎
2. 発表標題 阿蘇山の半自然草原における斜面崩壊が植生に与える影響
3. 学会等名 2022年日本地理学会秋季学術大会
4. 発表年 2022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	手代木 功基 (TESHIROGI Koki) (10635080)	金沢大学・人間社会研究域学校教育系・准教授 (34428)	
研究分担者	内山 庄一郎 (UCHIYAMA Shoichiro) (30507562)	国立研究開発法人防災科学技術研究所・マルチハザードリスク評価研究部門・特別研究員 (82102)	

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
---------	---------