

光学衛星画像と航空レーザ測量データを用いた
平成 30 年北海道胆振東部地震による崩壊地の空間分布解析
Spatial Distribution Analysis of Landslides Triggered by the 2018 Hokkaido Eastern Iburi
Earthquake by Using Optical Satellite Imagery and Airborne LiDAR Data

○木村 誇・王功輝・土井一生・石丸聡・小安浩理・古谷元・渡部直喜・蔡飛・内村太郎
○Takashi KIMURA, Gonghui WANG, Issei DOI, Satoshi ISHIMARU, Hiromichi KOYASU, Gen FURUYA,
Naoki WATANABE, Fei CAI, Taro UCHIMURA

This study examined the spatial distribution pattern of 7522 landslides induced by the 2018 Mw 6.6 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake to clarify major controlling factors of the landslide density. An automated classification was adopted to a set of optical satellite imagery acquired by SPOT-6 on September 11, 2018, in the study site of about 580 km². Classification results were compared with a landslide inventory map created based on Airborne LiDAR data and existing tephra isopach maps. Results showed that landslides slipped at the base of Eniwa-a tephra (En-a) layer were characterized by its whitish color, and the distribution of this type of landslides was limited to a narrower range than expected from the isopach map of En-a tephra.

1. はじめに

2018年9月6日に北海道胆振東部地方で発生したMj 6.7 (Mw 6.6)の地震により、夕張山地南部の丘陵地で多数の斜面崩壊が発生した。その大半が地表を覆う降下火砕物を主体とする未固結土層の崩壊であった。一方で崩壊のすべり面が形成された層準としては、樽前山を給源とする樽前dテフラ (Ta-d; 9 ka) と恵庭岳を給源とする恵庭aテフラ (En-a; 19-21 ka) の2つがあったことが報告されている。これらの降下軽石は噴出年代や降下した範囲が異なるため、斜面上での層厚分布も異なっており、それぞれの層をすべり面とした崩壊地の分布を制約したことが予想される。

滑落崖などの露頭面において、Ta-dは大部分が赤褐色～橙色を呈するのに対し、En-aは全体に黄褐色～淡黄色を呈する。こうした色調の違いは遠望からも明瞭に識別できる。本研究では、すべり面が形成された降下軽石層の色調の違いに着目し、地震発生直後に撮影された光学衛星画像の画像解析によってすべり面の異なる崩壊地の判別を試みた。得られた判別結果を既存のアイソパックマップや地形図と重ね、崩壊地の分布を制約した要因について考察した。

2. 解析対象地域と解析方法

地震による斜面崩壊が集中した地域を含む約

580 km²の範囲を本研究の解析対象地域に設定した。画像解析には2018年9月11日0:42にSPOT-6で撮影された衛星画像を用いた。SPOT-6にはパナクロマティックセンサー (0.455～0.745 μm、1.5 m分解能) とマルチスペクトル4バンドセンサー (青: 0.455～0.525 μm、緑: 0.530～0.590 μm、赤: 0.625～0.695 μm、近赤外: 0.760～0.890 μm、6 m分解能) の2つの光学センサーが搭載されており、各センサーで観測された電磁波の反射 (および放射) 強度を0～4095 (12bit) 階調で表示したパナクロマティック画像とマルチスペクトル画像が生成される。

まず、これら2つの画像を用いてピクセル単位の分類を行った。分類にはArcGISに実装された画像分類ツールの1つであるISOクラスタの教師なし分類を使用した。このツールは事前情報 (学習サンプル) なしで画像を任意の数のクラスに分割し、クラスタリング (グループ化) することができる。

得られたクラスおよびクラスタの空間分布を衛星画像のトゥルーカラー画像 (マルチスペクトル画像の青、緑、赤の3波長帯の反射強度を合成した実写に近い色調の画像) と比較して崩壊地 (崩壊発生源および土砂の移送堆積域) に該当するクラスタを特定した。また、地震後 (2018年9月11～21日) の航空レーザ測量データから判読され

た崩壊地のポリゴンデータと比較することで画像分類による検出精度を調べた。

3. 結果と考察

ISO クラスターの教師なし分類によって画像を15クラスに分割し、クラスタリングした結果を図-1に示す。クラスターとしては大きく5群(A~E群)に分類された。また、これより下位のクラスターとしてB、C、D群がそれぞれ2つのサブクラスターに分類された。トゥルーカラー画像と比較すると、A群とC群が林地に、B群が水田などの耕作地に、D群が崩壊地などの裸地に、E群が水域に概ね該当することがわかった。

D群の領域には植生被覆のない耕作地や土採り場が含まれていたものの、林地との分離はよくできており、崩壊地の検出に有効であることが確かめられた。航空レーザ測量データから判読された崩壊地 51.28 km²のうちD群に分類された領域は27.96 km² (面積割合で約55%)であった。

D群の4クラス(2、3、5、12)について、各波長帯の反射強度を比較すると、近赤外域を除く可視光域の波長帯の反射強度はいずれも2と12のサブクラスターが高くなっており、3と5のサブクラスターより明度の高い(白色に近い)特徴をもつことがわかった。

2と12のサブクラスターは解析対象地域の北西側の崩壊発生源で多く検出された。これまでの報告や筆者らの現地調査では、En-aをすべり面にもつ崩壊地は北西側の支安平川流域や頗美宇川流域で発生していたこと、現地露頭面の観察においてもEn-a(2.5Y 7/6)がTa-d(7.5YR 5/8)より明度の高い色調であることを総合すると、2と12のサブクラスターを指標にすべり面の異なる崩壊地が判別できるのではないかと考えられる。

個々の崩壊発生源ポリゴンについて各クラスターの面積割合を計算すると、D群の領域の面積割合が10%以上あった5729箇所発生源のうち、2と12のサブクラスターの面積割合が10%以上となる崩壊発生源が1253箇所含まれていた。これらをEn-aにすべり面をもつ崩壊地(En-a群)とみなして分類した結果を図-2に示す。En-a群が特に集中していた支安平川流域と頗美宇川流域の上流部(瑞穂ダム周辺)はアイソパックマップで1m以上の層厚が予想される領域であり、軽石が降下した範囲、現地調査のそれぞれと調和的な結果であった。支安平川流域や頗美宇川流域の上流

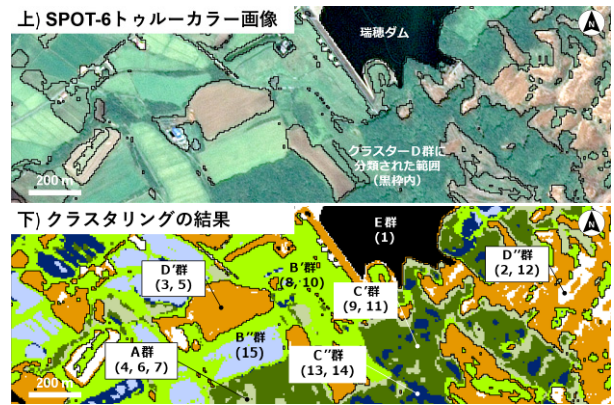


図-1 画像分類によるクラスタリングの結果。

瑞穂ダム周辺の拡大図を例示。下図にはサブクラスターまでを示した。

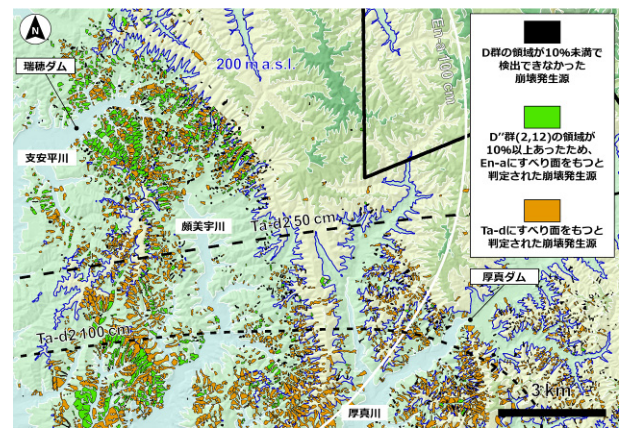


図-2 崩壊地の判別結果とアイソパックマップとの比較。

瑞穂ダムおよび厚真ダム周辺の拡大図を例示。図中の等層厚線は町田・新井(2003)、古川・中川(2010)に基づく。

部はTa-dの分布軸からは外れるため、地表を覆う降下火砕物層はEn-aなどの更新世テフラが主体となる。これらの地域の崩壊地分布に注目すると、海拔200m付近を境に崩壊地が急減していた。これは、海拔200m以上の標高にある斜面では降下火砕物層がほとんど削剥されてしまっていたためだと考えられ、夕張山地周辺の地形発達史を明らかにする上でも重要な知見といえる。

謝辞

本研究は科研費17H03303、18K19952、ならびに京都大学防災研究所2019年度拠点研究(特別推進)(代表:王功輝)によって行われた。防災科学技術研究所の若月強氏には地震後の光学衛星画像の取得に協力いただいた。北海道庁水産林務部治山課には地震後の航空レーザ測量データ等を提供いただいた。