

衛星画像と深層学習を活用した広域・多時期の斜面崩壊地分布図作成

筑波大学大学院 環境科学学位プログラム ○立川陽菜

筑波大学 生命環境系 奈佐原顕郎, 内田太郎

1. はじめに

斜面崩壊の発生範囲を正確に把握することは、防災・減災の観点から極めて重要である。特に、広範囲にわたる斜面崩壊地の分布図は、現象の理解や災害への備えを強化する上で不可欠である。しかし、現時点では日本全国などの広域における崩壊地分布図は十分に整備されているとは言い難い状況である。

近年では、機械学習や深層学習を用いた斜面崩壊地の自動判読手法が提案されており、従来の目視判読に比べて広域を効率的に処理できる可能性があるが、自動判読に関する既往の事例は災害直後の迅速な対応を目的としたものが多く¹など、広域的な崩壊地分布図の作成を意図した研究は少ない。また、既往の研究では特定のイベントに焦点を当てたモデルが多く²など、異なる地域やイベントに対しても適用できる汎用性の検証やが求められている。

また、広域の斜面崩壊地分布図を作成する上では、衛星画像の利用が効果的である³。加えて、近年では衛星画像の高頻度な観測が進んでおり、崩壊地分布図の時系列的な作成が可能となると考えられ、例えば年単位での崩壊分布図の更新が期待できる。

本研究では、このような背景を踏まえ、広域の崩壊地分布図を作成することを目的として、衛星画像と深層学習技術を活用することとした。高解像度衛星画像の PlanetScope を使用し、ピクセル単位で分類を行うセマンティックセグメンテーション手法の U-Net を適用して、広域に対応可能な崩壊地抽出手法の開発を試み、一定の精度での崩壊地抽出を目指す。

2. 手法

2.1 入力データの前処理

発生直後の崩壊範囲判読図と衛星画像が存在する6件の災害事例（平成29年九州北部豪雨、平成30年

北海道胆振地震、令和1年台風19号豪雨、令和3年7月豪雨、令和6年能登半島地震、令和6年能登半島豪雨）を選定し、モデルの学習と検証に使用した。

前述の6領域を対象に、特徴量画像の作成のために衛星画像（PlanetScope Level 3 地表面反射率）と数値標高データ³を、正解マスク画像の作成のために斜面崩壊範囲の判読図⁵を取得した（表1）。

その後、衛星画像と標高データをもとに、表2に示す特徴量をピクセルごとに算出した。これらの特徴量を正規化を行い、その後、各レイヤを一枚の画像に統合して特徴量画像を作成した。また、技術者による崩壊判読図をもとに、崩壊地および非崩壊地の情報を持つマスク画像を作成した。これらの特徴量画像とマスク画像は、解像度（3m）やピクセル位置を一致させたうえで、6地域ごとにセットした（図1）。

表1 使用した崩壊事例、衛星画像、航空測量データ

事例	崩壊範囲判読図	PlanetScope 撮像日
平成29年九州北部豪雨	研究室 ^{*1}	2017年8月22日
平成30年北海道胆振地震	国土地理院作成 ^{*2}	2018年10月20日
令和1年台風19号豪雨	研究室 ^{*1}	2019年10月16日
令和3年7月豪雨	国土地理院作成 ^{*2}	2021年7月19日
令和6年能登半島地震	国土地理院作成 ^{*2}	2024年3月11日
令和6年能登半島豪雨	国土地理院作成 ^{*2}	2024年10月14日

*1 国土技術政策総合研究所より

*2 国土地理院 防災・災害対応

表2 使用した特徴量

	特徴量	定義
衛星画像	RGB, NIR	PlanetScope Level 3 地表面反射率
	NDVI	$(\text{NIR}-\text{RED})/(\text{NIR}+\text{RED})$
	NDWI	$(\text{NIR}-\text{GREEN})/(\text{NIR}+\text{GREEN})$
	NDRI	$(\text{RED}-\text{BLUE})/(\text{RED}+\text{BLUE})$
	Brightness	$(\text{RED}+\text{GREEN}+\text{BLUE})/3$
地形データ	DEM	基盤地図情報（数値標高モデル） ^{*3}
	Slope	DEMをもとに計算

2.3 U-Net による学習と検証

深層学習モデルの選択においては、ピクセル単位での分類が可能であるセマンティックセグメンテーション手法、その中でも、スキップ接続の構造によりピクセル単位の分類精度の高い U-Net を使用した。

前節で作成した6地域の特徴量画像とマスク画像を128×128ピクセルのタイルに分割することで、モデル入力に適した形式にした。準備した6地域のうち、3地域を学習用、2地域を検証用、1地域をテスト用としてフォルダ分けをした(図2)。

学習する上では、非崩壊地が多く崩壊地が少ないデータの不均衡があったため、非崩壊地クラスのピクセルの削減や、損失関数にクラス重みを導入し、崩壊地と非崩壊地の学習の均衡を取るよう調整した。具体的には、崩壊地クラスに対しては高い重みを、非崩壊地クラスに対しては低い重みを設定した。また、適切な学習のため学習率や学習回数設定も行った。

検証には、学習したモデルを未学習の特徴量画像に適用し、モデルの成果を評価した。モデルは各ピクセルが崩壊地である確率を出力し、その後、設定された閾値以上の確率を持つピクセルを崩壊地と判断する。実際に崩壊地の部分が崩壊地として予測される割合や、非崩壊地の部分が誤って崩壊地として予測される割合などを評価指標として用いた。

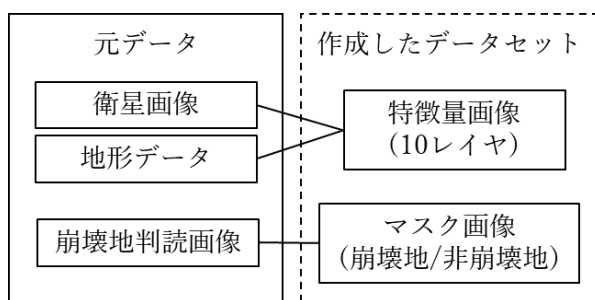


図1 特徴量画像とマスク画像の作成

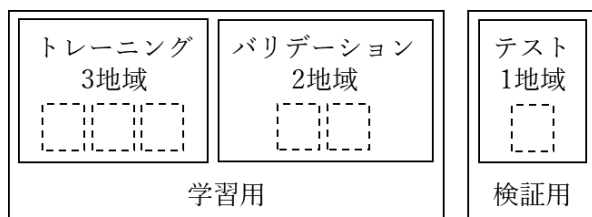


図2 データセットの準備

3. 結果・考察

概要投稿の時点では、学習したモデルを適用した結果、予測確率が nan となる領域が多く、正常な分類結果を得ることができていない。この問題は、モデルの設定やデータの前処理に起因する可能性が高い。具体的には、データの前処理、パラメータの設定、データの不均衡などが原因として考えられる。今後、これらの原因を特定し、データの前処理やモデル設定を見直し、再学習を実施する予定である。再学習後には、適切な評価指標を用いて結果の改善を確認し、安定した予測結果を得られるようにしていく。

4. まとめ

本研究では、広域の斜面崩壊地分布図を作成することを目的に、衛星画像と標高データを活用し、深層学習を用いた崩壊地の抽出手法を試行した。しかし、現時点では予測結果に問題があり、結果を正確に得ることができなかった。今後は、データの前処理方法やモデル設定の改善、学習の再実施を行い、広域かつ多時期に対応した斜面崩壊地分布図作成の実現を目指す。さらに、特徴量の選定や分類カテゴリの再検討を進め、実際の応用に向けた精度向上を図る。

謝辞 衛星画像の解析手法について、同研究室の水野優輝氏に多くの助言を頂いた。

参考文献 1) 秋田ら. NDVI 差分画像を用いた斜面変動範囲抽出手法の検討. 主要災害調査 第 60 号, p. 49-64 2022 2) 河村ら, UNet および UNet++を用いた空中写真からの土砂移動領域抽出の比較. 土木学会論文集, 2023, Vol. 79, No. 22 3) Jichao ら. Landslide detection based on pixel-level contrastive learning for semi-supervised semantic segmentation in wide areas. Landslides. 2025, Vol. 22, p.1087-1105 4) 基盤地図情報ダウンロードサービス https://fgd.gsi.go.jp/download/ref_dem.html 5) 国土地理院ウェブサイト 防災・災害対応 <https://www.gsi.go.jp/bousai.html>