

NDVI を活用した深層学習に基づく 斜面崩壊発生ポテンシャル評価の高度化

山下 文輝¹⁾・福丸 大智²⁾・江口 翔紀³⁾・大中 臨²⁾・赤松 良久²⁾

¹⁾山口大学工学部, ²⁾山口大学大学院創成科学研究科, ³⁾日本工営

1. はじめに

近年, 気候変動の影響により, 豪雨災害が激甚化している. これに伴い, 土砂災害の発生件数が増加傾向にあり, 中でも, 土石流の被害が多く報告されている. 土石流は, 斜面崩壊によって発生した土砂が水と土の混相流となり, 溪流沿いから扇状地にかけて非常に広い範囲に対して甚大な被害をもたらす. こうした被害を防止するために, 土石流発生時の斜面崩壊発生位置を広域で簡便に推定する手法が必要である. そこで, 江口ら¹⁾は, 素因 (地形, 水文環境など) のみを説明変数として, 斜面崩壊発生確率を予測する深層学習モデルを構築し, 山口県全域における土石流発生ポテンシャルを推定した. ただし, 本モデルでは衛星画像から目視で判読された平成 30 年 7 月豪雨の災害履歴を教師データとしているため, より広域への展開をするうえでは学習データの収集に多大な労力を要する. したがって, モデルの高度化や広域への適用をするためにも, 効率的かつより多くの土砂流下痕を教師データとして収集する必要がある.

本研究では, 正規化植生指数(NDVI : Normalized Difference Vegetation Index)を活用した土砂流下痕の抽出法を開発するとともに, 斜面崩壊発生ポテンシャル評価の高度化を試みた.

2. 方法

本研究では, 平成 30 年度 7 月豪雨の被災領域(図-1)を対象に, NDVI を活用した土砂流下痕の抽出と, そこから得られた源頭部の情報を教師データとする深層学習モデルを構築する. 本領域は江口ら¹⁾が対象とした領域と同様である. したがって, 構築したモデルを比較することで NDVI を活用することの有用性を検討する.

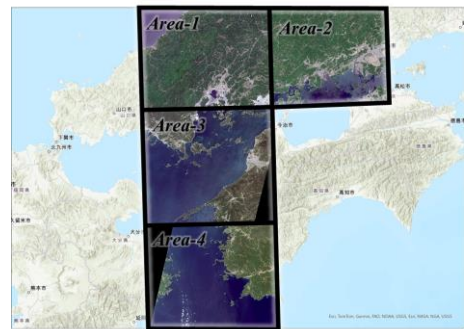


図-1 本研究の対象領域

2.1 NDVI を活用した土砂流下痕の抽出法の開発

本検討では, NDVI 画像のみから土砂流下痕を抽出する手法を提案する. 本検討では, European Space Agency(ESA)が運用する地球観測衛星 Sentinel-2 の衛星画像(10m メッシュ)を用いて, 豪雨前後の NDVI の差分を取ることで, 土砂流下痕を推定した. 式(1)に NDVI の定義式を示す.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

ここで、NIR と RED は、近赤外線バンドと可視域赤色バンドにおける反射率を表す。NDVI は、-1~+1 の値をとり、+1 に近いと植生の活性度が高いことを示し、土砂災害時に樹木等が流出すると-1 に近づく。本検討では、NDVI に差が生じた領域を土砂流下痕として抽出した。NDVI の差分の閾値に関しては、衛星画像の土砂流下痕をとらえられていることに加え、季節変動に伴う植生変化で NDVI に微量の差が生じることに起因した誤検出がないような値を試行錯誤的に選定し、本研究は 0.2 に設定した。また、小畑ら²⁾に従い、豪雨前の NDVI が 0.3 以下の田畑、都市になるような領域を予め除外した。ここで、本研究に使用した衛星画像の撮影期間を表-1 に示す。画像は、平成 30 年 7 月豪雨が発生した 2018 年 6 月 28 日から 2018 年 7 月 8 日を跨ぐことに加え、雲や撮影条件などによる影響を極力受けにくい災害前後の期間のものを選定した。

表-1 衛星画像の撮影期間

	撮影年月日	
	豪雨前	豪雨後
Area-1	2018/6/1	2019/5/22
Area-2	2018/5/24	2019/5/24
Area-3	2018/3/28	2019/3/8
Area-4	2018/3/10	2019/3/5

2.2 斜面崩壊発生ポテンシャル評価の高度化

本検討では、江口ら¹⁾が提案する深層学習モデルを基に、教師データを前節で抽出した土砂流下痕に置き換えることで、斜面崩壊発生ポテンシャル評価の高度化を行った。深層学習モデルの模式図を図-2 に示す。本モデルは、斜面崩壊確率を目的変数、地形勾配、累積流量、地被分類を説明変数とする階層型ニューラルネットワークモデルである。学習に必要なバッチサイズ、学習率およびエポック数は試行錯誤的に選定した。本モデルには、前章で抽出した土石流源頭部を崩壊地点、各崩壊地点から半径 100m 以上 250m 以内のランダムな 1 地点を非崩壊地点として教師データを与えた。ここで、100m 以上 250m 以内としたのは、国土交通省の XRAIN の分解能が 250m であり、同一の降雨条件と仮定できるためである。また、本検討では、崩壊および非崩壊を含めたすべてのデータセットのうち、90%を学習に用いて、残りの 10%を検証に用いた。

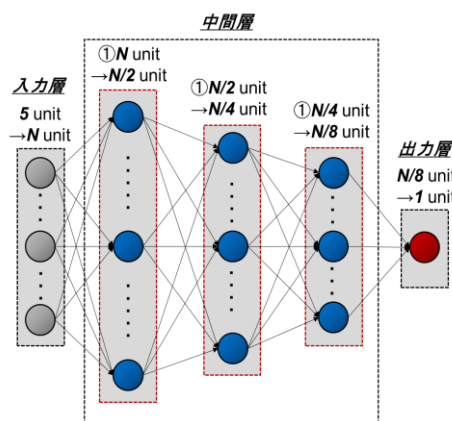


図-2 階層型ニューラルネットワークの模式図 (N は第 1 中間層のユニット数を示す。)

3. 結果・考察

3.1 NDVI を活用した土砂流下痕の抽出法の開発

土砂流下痕および源頭部の抽出結果を豪雨直後の衛星画像と共に図-3 に示す。豪雨直後の衛星画像と比較すると、土砂流下痕を概ね捉えることができている。図-3 の①に示すように災害履歴では抽出さ



図-3 NDVI に基づく土砂流下痕の抽出結果の一例

れていなかった土砂流下痕を本手法によって抽出することができている。これにより、災害履歴では2390箇所であったのに対し、本検討では3697箇所の土砂流下痕を抽出することができ、55%多く抽出することができた。また、図-3の②のように災害履歴では抽出されているが、本手法で抽出できなかった箇所があった。この領域のNDVIの差分値を確認すると、0.15付近をとっており、閾値である0.2を僅かに下回っていたためである。このような地点を抽出するためには、NDVIの閾値を下げるのが考えられるが、2.1でも述べたように閾値を下げると流下痕以外の箇所の誤検出が多くなる。今後は、土地利用や地形条件に応じた設定など、閾値の選定方法に工夫が必要である。

3.2 斜面崩壊発生ポテンシャルの高度化

本検討で構築したモデルによる斜面崩壊発生確率の予測結果の一例を図-4に示す。黒枠で示しているNDVIを基に抽出した土砂流下痕と比較すると、斜面崩壊が発生した箇所ではモデルによる斜面崩壊確率も0.7以上と大きくなっていることが確認された。また、NDVIによる抽出結果から実際は土砂侵食が確認されなかった箇所でも斜面崩壊確率が0.5以上であり、こうした箇所でも斜面崩壊発生リスクがあることが示された。また、モデルの精度を評価するために、全データに対する正しく予測した割合を示す正解率を算出した。その結果、正解率は0.674であった。一方で、江口ら³⁾が構築したモデルの正解率は0.651であり、わずかに精度が向上した。

ここで、両モデルにおける地形勾配・累積流量と崩壊/非崩壊の正解ラベルとモデルで予測した斜面崩壊発生ポテンシャルの関係を図-5に示す。本研究(図-5(a))における斜面崩壊発生ポテンシャルと正解ラベルを比較すると、地形勾配20~40°付近の崩壊が集中している点での斜面崩壊確率は1.0に近く、概ね正解ラベルと傾向が一致した。また、既往研究³⁾によって、斜面崩壊は地形勾配が15~35°の表層土砂が十分に存在する場所での発生率が高く、40°以上となる斜面では、表層土壌が岩盤をわずかに覆う程度しか存在していないため、発生率が低いことが示されている。江口ら³⁾(図-5(b))では、15°以上の地点で、斜面崩壊発生ポテンシャルが0.6付近の一定の値をとったのに対し、本研究(図-5(a))では、35°付近まで斜面崩壊発生ポテンシャルが徐々に高くなり、35°以上の範囲で徐々に低下している。

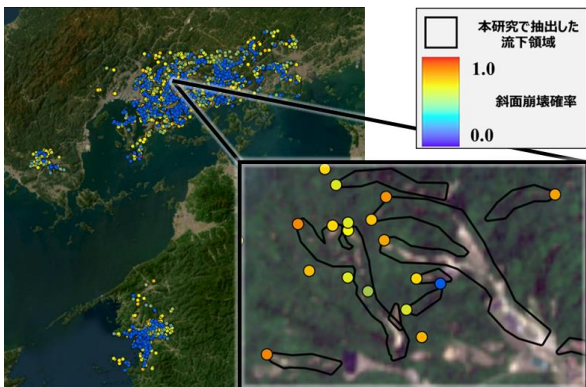


図-4 斜面崩壊発生確率の一例

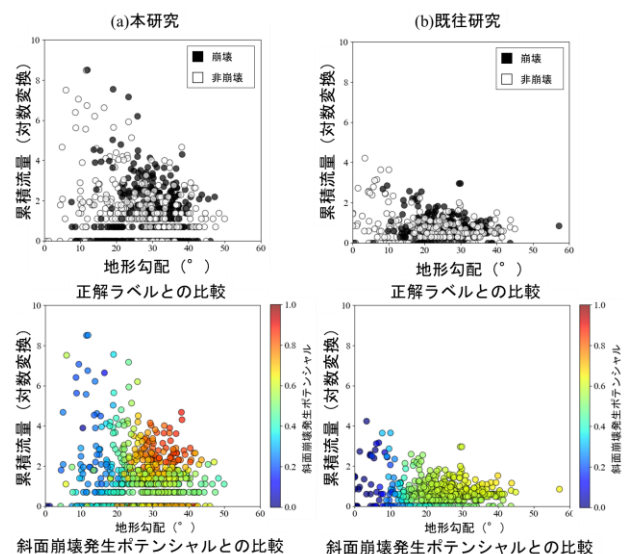


図-5 地形勾配・累積流量と正解ラベルおよび斜面崩壊発生ポテンシャルの比較

これは、既往研究³⁾の傾向と一致している。また、0~20°の範囲でも、正解ラベルで崩壊の地点で斜面崩壊発生ポテンシャルが0.5付近の値をとっており、地形勾配が小さい領域においても斜面崩壊発生ポテンシャルが高い地点を予測可能であることが分かる。

4. まとめ

本研究では、NDVIを活用した土砂流下痕を抽出する手法を開発するとともに、抽出結果を教師データとする深層学習モデルを構築し、斜面崩壊発生ポテンシャルを評価した。まず、本研究では災害履歴の抽出方法に比べて55%多くの地点を抽出でき、NDVIの活用により多くの土砂流下痕を抽出できることが示された。さらに、これらを教師データとした深層学習モデルを構築することで、江口らりと同等の精度で斜面崩壊発生ポテンシャル評価が可能であり、NDVIを活用することの有用性が示された。

参考文献

- 1) 江口 翔紀：機械学習を用いた土石流被災リスク評価手法の開発，山口大学大学院創成科学研究科修士論文(未刊行)，2024
- 2) 小畑 建太，岩男 弘毅：平成28年熊本地震に起因する斜面崩壊とASTERデータにおけるNDVI変化の関係，日本リモートセンシング学会誌，36巻4号p.417-420，2016.
- 3) 佐藤 丈晴：深層学習による近傍の地形的特性を考慮した土砂災害リスク評価，砂防学会誌，Vol. 74，No.2，p.3-12，2021.