

機械学習を用いた土石流氾濫域予測の可能性に関する検討

山口大学創成科学研究科 学生会員 ○江口 翔紀
山口大学創成科学研究科 教授 正会員 赤松 良久

1. はじめに

近年、土石流の被害が多く報告されている。例えば、平成 26 年 8 月 20 日広島県広島市では、局地的豪雨に伴い同時多発的に土石流が発生し、死者 74 名を伴う甚大な被害が発生した。このような土石流災害の対策には土石流氾濫域の予測が必要である。土石流の挙動を把握する手法として土石流シミュレーションが挙げられ、実災害を対象に多くの研究に活用されている¹⁾など。

土石流シミュレーションは実際に発生した土石流の流動・堆積過程を高精度で再現できるものの、境界条件やパラメータ設定に多くの労力を要し、計算負荷が大きいため、多くの時間を要する。一方で、菅原ら²⁾は、氾濫シミュレーション結果を教師データとした機械学習モデルを構築し、氾濫シミュレーション結果の洪水氾濫域を簡便かつ良好に再現できることを示している。当該手法は、数値シミュレーションに比べて計算コストが小さく、土石流災害にも有用である可能性がある。

そこで、本研究では山口県内の全 167 地点を対象として土石流シミュレーションを実施し、得られた結果を教師データとした機械学習モデルを構築し、土石流氾濫域を簡便に予測する手法について検討した。

2. 方法

2.1 土石流シミュレーション

はじめに、iRIC の Morpho2DH ソルバを用いて、山口県内の土石流警戒区域に指定されている全 167 地点を対象に、土石流シミュレーションを実施した。なお、地形データは 10m メッシュの DEM を 5m メッシュに内挿補間したものを用いて、植生や構造物などは考慮していない。計算条件は、本ソルバの技術報告書³⁾を参考にし、計算格子間隔は 2m とし、斜面崩壊面積は 5m×5m、深さ 0.3m で発生すると仮定し、1つの土石流警戒区域につき 1つの斜面崩壊位置を 0 字谷の遷急点周辺で設定した。最大浸食深さは土石流の挙動を見ながら 0.1m から 0.3m の間で設定し、河床材料の平均粒

表-1 機械学習で用いた地形指標

パラメータ名	定義
標高	土石流シミュレーションに用いた地形データ
地形勾配	地形データから算出した傾斜角
SPI	Stream-Power Index 地形湿潤指数
TWI	Topographic Wetness Index ストリームパワー指数
コスト距離(標高)	標高を重みとする 源頭部からのコスト距離
コスト距離(勾配)	地形勾配を重みとする 源頭部からのコスト距離
コスト距離(溪流)	地形勾配を重みとする 溪流からのコスト距離
相対標高	源頭部からの相対標高

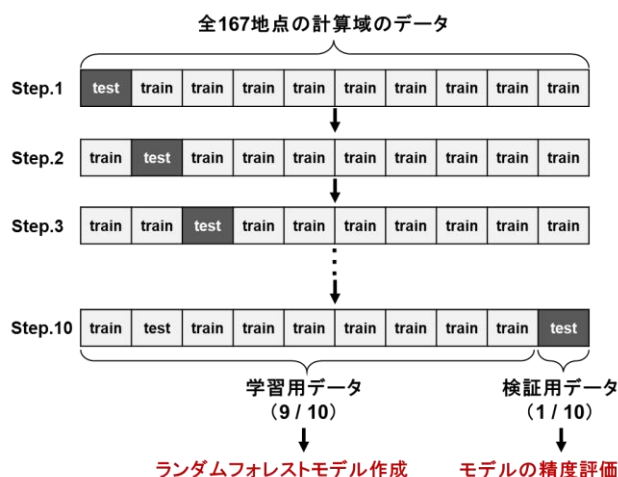


図-1 本研究でのクロスバリデーションの方法

径は 0.01m とした。

2.2 機械学習

次に、各計算域の計算格子点上で、土石流シミュレーションによる土石流の到達有無および ArcGIS Pro2.7.0 により算出した各地形指標(表-1)を抽出した。ここで、各地形特性については、既往研究⁴⁾を参考とした。以上のデータを教師データとし、Python の Scikit-Learn ライブラリにより、ランダムフォレストモデルを構築した。なお、図-1 に示すように 10 分割のクロスバリデーションを実施した。ここで、土石流が流出する点に重みを置くため、学習用データは、土石流が流出していない点の

表-2 検証に用いる混同行列

	実際は土石流が 到達する	実際は土石流が 到達しない
予測は土石流が 到達する	TP (真陽性)	FP (偽陽性)
予測は土石流 が到達しない	FN (偽陰性)	TN (真陰性)

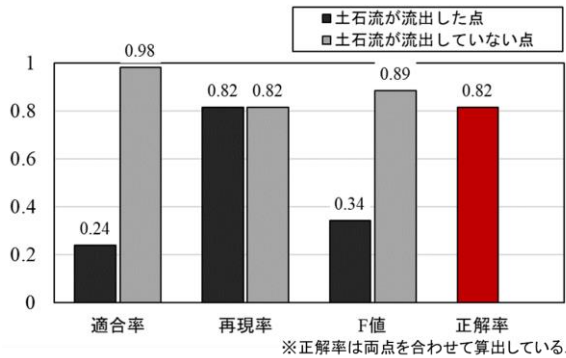


図-2 各評価指標による検証結果 (全 167 地点の平均値)

データ数を土石流が到達する点の 3 分の 1 の量にアンダーサンプリングした。また、得られた予測結果を、適合率(Precision), 再現率(Recall), F 値(F1_score), 正解率(Accuracy)で評価した。各指標を式(1)から (4)に示す。なお、各指標は表-2 に示す混同行列を基に算出した。

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (1)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2)$$

$$F1_{score} = \frac{2 \times Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (3)$$

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+FP+FN+TN} \quad (4)$$

3. 結果

全 167 地点での再現率, 適合率, F 値, 正解率による検証結果を図-2 に示す。図-2 より, 土石流が流出していない点においては, F 値が 0.90 付近と非常に高いが, 土石流が流出する点においては, 再現率が高い一方, 適合率が非常に低かった。また, 図-3 に土石流シミュレーション結果および本手法による予測結果における土石流氾濫面積の比較を示す。これより, 本モデルによる予測結果が土石流氾濫域を過大評価傾向であるため, 適合率が非常に低くなっていると考えられる。また, 図-2 より, 全体の正解率は 0.82 と比較的高いことから, 本モデルは土石流氾濫域をおおよそ再現できていると考えられる。また, 本検討で最も正解率が高かった地点における予測結果を図-4 に示す。この地点は, 土石流

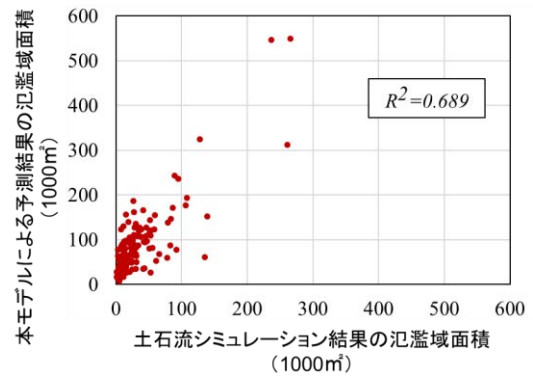


図-3 土石流氾濫面積の比較

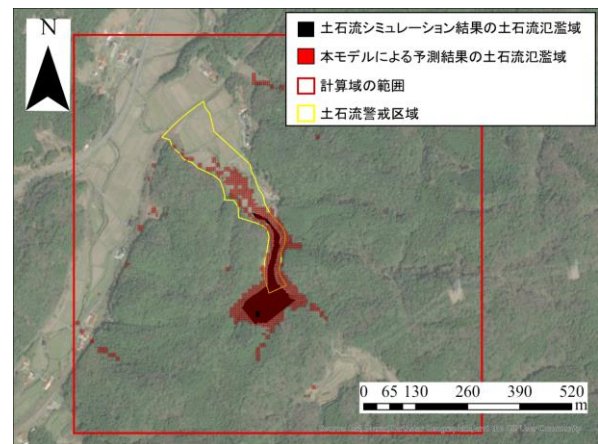


図-4 最も正解率が高かった地点 (正解率: 0.975)

シミュレーションにより土石流が溪流上で停止した地点であったが, 本手法による予測結果は, 過大評価傾向ではあるが源頭部で発生した土石流が溪流沿いを流下し, 溪流上で停止する挙動を再現できている。しかし, 計算域内に土石流が流出すると誤分類された点がまばらに存在しており, このような誤分類は全ての検証地点で見られた。以上より, 本手法は, 土石流氾濫域を過大評価傾向であり, 誤分類が見受けられたが, 土石流氾濫域をおおよそ再現できる可能性が示された。

4. 結論

本研究では土石流シミュレーション結果を教師データとした機械学習モデルを構築し, 土石流氾濫域を予測することを試みた。その結果, 本モデルは, 土石流氾濫域を過大に予測する傾向であるが, 全検証地点における平均正解率は 0.82 と高く, 土石流氾濫域をおおよそ再現することができる可能性が示された。

参考文献

- 1) 竹林ら, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.75, No.1, 362-369, 2019.
- 2) 菅原ら, 河川技術論文集, 第 28 巻, pp.43-48, 2022.
- 3) 田中春樹, OGI Technical Reports, Vol.74, pp.39-44, 2016.