

## 機械学習を用いた広域斜面崩壊危険度評価

九州大学大学院 学生会員 ○坂本 達彦 正会員 笠間 清伸 古川 全太郎

## 1. はじめに

九州地方では、地理的な条件から台風の上陸率が高く、地球温暖化などの気象環境の変化から局所的に集中豪雨が発生しており、土砂災害が頻発する状況にある。平成 29 年 7 月九州北部豪雨では、福岡県朝倉市、東峰村および大分県日田市を中心とする広域的な土砂災害が発生した。今後このような災害を軽減するためには、災害関係情報を迅速かつ効率的に活用することが極めて重要である<sup>1)~7)</sup>。本文では、広域かつ高精度に崩壊斜面を検知する手法を見出すため、気象レーダー情報や地盤情報データベースなどの地形・地質・降雨の空間情報を GIS 上で統合し、機械学習を用いて斜面崩壊の発生時間と位置を推定できるシステムを開発し、平成 29 年 7 月九州北部豪雨に適用した。本文では機械学習として、決定木、ランダムフォレスト、勾配ブースティング決定木および XG ブーストを用い、適中率、適合率、再現率、F 値およびスレットスコアと呼ばれる指標を使用してシステムの精度評価を行い、予測結果に対する入力データの重要度を分析した。

## 2. 広域斜面崩壊危険度予測システム

本文の対象地域は、平成 29 年 7 月九州北部豪雨で被災した福岡県朝倉市の北緯 33°25'7"東経 130°44'27"から北緯 33°20'59"東経 130°52'29"で囲まれる東西 12.3km、南北 7.3km 領域である。この地域の地形を 10m×10m のメッシュ状に分割し、メッシュごとの標高、傾斜、表層地質、集水面積、土壌雨量指数、平成 29 年 7 月 5 日の 0:00~7 月 6 日 0:00 の間の最大 10 分間雨量、最大 30 分間雨量、最大 1 時間雨量、最大 1.5 時間雨量、最大 3 時間雨量、最大 6 時間雨量、最大 12 時間雨量および総雨量を入力データとした。70%のデータをランダムに抽出し、メッシュごとの崩壊の有無を予測する機械学習モデルを作成し、残り 30%のデータで精度評価を行った。機械学習の手法は、決定木、ランダムフォレスト、勾配ブースティングおよび XG ブーストを用いた。

本文で用いた決定木、ランダムフォレスト、勾配ブースティング決定木および XG ブーストを簡単に説明する。決定木は条件分岐を繰り返すことでサンプルを分類する機械学習の手法であり、入力データの寄与度を表す重要度を分析することができる。ランダムフォレスト、勾配ブースティング決定木および XG ブーストは、決定木という機械学習モデルを複数組み合わせることでより強力な機械学習モデルを構築する手法である。ランダムフォレストは少しずつ異なる決定木を複数合わせ平均することで分類の精度を高める手法である。勾配ブースティング決定木は、一つ前に作成した決定木の予測値に新しい決定木の予測値を加え目的関数との誤差を修正することで分類の精度を高めるブースティングを用いた手法である。XG ブーストは勾配ブースティング決定木の一つであり、目的関数との誤差を小さくすることで、より高い精度で分類を行うことができるとされている<sup>8)</sup>。

危険度評価手法の精度を評価するために、適中率、適合率、再現率、F 値およびスレットスコアという指標を用いた。それぞれ次の(1)~(5)の式で定義される。ここで、 $n_1$ は解析と実際の崩壊が合致した斜面面積、 $n_2$ は解析で未崩壊と判定されたが実際には崩壊した斜面面積、 $n_3$ は解析で崩壊と判定され実際には崩壊しなかった斜面面積、 $n_4$ は解析と実際の崩壊が合致しなかった斜面面積である。

$$\text{適中率} = \frac{n_1 + n_4}{n_1 + n_2 + n_3 + n_4} \quad (1), \quad \text{適合率} = \frac{n_1}{n_1 + n_3} \quad (2), \quad \text{再現率} = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \quad (3),$$

$$\text{F 値} = 2 \times \frac{\text{適合率} \times \text{再現率}}{\text{適合率} + \text{再現率}} \quad (4), \quad \text{スレットスコア} = \frac{n_1}{n_1 + n_2 + n_3} \quad (5)$$

3. 結果と考察

表-1 に機械学習の手法ごとの予測精度を示す。適中率が最も大きい手法はランダムフォレストとなり、値は 0.9673 となった。適合率が最も大きい手法は勾配ブースティング決定木となり、その値は 0.6243 となった。再現率、F 値およびスレットスコアが最も大きい手法は XG ブーストとなり、値はそれぞれ 0.2471、0.3097 および 0.1832 となった。どの手法でも適中率が大きい理由は  $n_4$  の値が大きくなるためであると考えられる。このことから、適中率のみを用いてこのシステムの精度評価を行うことは難しいと考えられる。再現率、F 値およびスレットスコアにおいて、決定木の結果がランダムフォレストや勾配ブースティング決定木の結果よりも大きくなった。これは過度に機械学習を行うことで分類の精度が低くなる過剰適合が発生したと考えられる。

表-1 手法ごとの予測精度

危険度予測手法	適中率	適合率	再現率	F 値	スレットスコア
決定木	0.9577	0.3260	0.2384	0.2754	0.1597
ランダムフォレスト	0.9673	0.5507	0.1697	0.2594	0.1490
勾配ブースティング決定木	0.9670	0.6243	0.0496	0.0919	0.0481
XG ブースト	0.9629	0.4148	0.2471	0.3097	0.1832

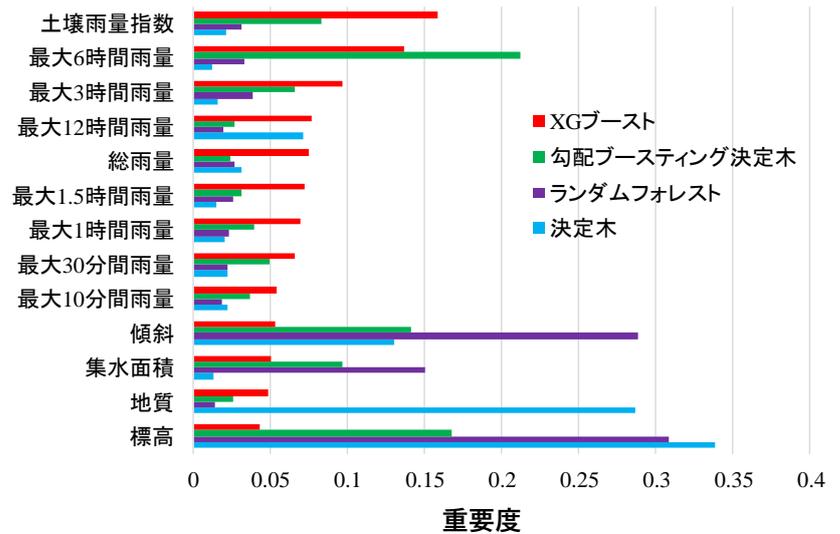


図-1 手法ごとの重要度

図-1 に各手法で得られた入力定数の重要度を示す。決定木では、標高、地質、傾斜の重要度が大きくなった。ランダムフォレストでは、標高、傾斜、集水面積の重要度が大きくなった。勾配ブースティング決定木では、最大 6 時間雨量、標高、傾斜の重要度が大きくなった。XG ブーストでは、土壌雨量指数、最大 6 時間雨量の重要度が大きくなった。このことからブースティングを用いた機械学習を行うと雨量データの重要度が大きくなることがわかる。

このことからブースティングを用いた機械学習を行うと雨量データの重要度が大きくなることがわかる。

4. まとめ

機械学習を用いて広域斜面崩壊危険度評価手法を構築し、福岡県朝倉市の崩壊斜面を対象に適中率、適合率、再現率、F 値およびスレットスコアを用いて精度検証を行った。再現率、F 値およびスレットスコアの 3 つの精度評価指標で XG ブーストが最も大きい値をとった。特徴量の重要度は、ランダムフォレストでは標高、傾斜といった地形データが大きくなり、XG ブーストでは土壌雨量指数、最大 6 時間雨量といった雨量データが大きくなった。

謝辞：本研究は JSPS 科研費 JP19H00812 と JP20H00266 の助成を受けたものです。

参考文献, HP 等

1) 北爪ら：広域を対象とした豪雨時土砂流出の危険度評価, 日本地すべり学会第 59 回研究発表講演集, pp. 96-97. 2020.  
 2) Kitazume et al. : Numerical simulation of debris flows after ash fall at Mt. Fuji, © Springer Nature Switzerland AG 2021, B. Tiwari et al. (eds.), Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk, ICL Contribution to Landslide Disaster Risk Reduction, pp. 281-292, 2021. 3) 沖村ら：豪雨による土砂災害を対象としたリアルタイムハザードシステムの構築, 砂防学会誌 63 巻 6 号, pp. 4-12, 2010. 4) 上野：表層崩壊の危険度評価, 日本地すべり学会第 59 回研究発表講演集, 2020. 5) 吉川ら：SAR を利用した法面変状の把握(その 1), 第 54 回地盤工学研究発表会講演集, pp. 1065-1066, 2019. 6) Zhu et al. : Simultaneous analysis of slope instabilities on a small catchment-scale using coupled surface and subsurface flows, Engineering Geology, 275: 105750, 2020. 7) Zhu et al. : Early warning system for rainfall and snowmelt induced slope failure in seasonally cold regions, Soils and Foundations, 61(1): 198-217, 2021. 8) Tianqi Chen, Carlos Guestrin: XGBoost: A Scalable Tree Boosting System, arXiv.org Cornell University, 2016