

機械学習を用いた小規模河川の氾濫域推定

九州大学 学生会員 ○下田 彩乃 九州大学大学院 正会員 三谷 泰浩
 九州大学大学院 正会員 谷口 寿俊 九州大学大学院 正会員 本田 博之
 九州大学大学院 学生会員 菅原 巧 九州大学大学院 学生会員 堀 真輝也

1. はじめに

近年、豪雨の激甚化による水害によって多くの人的被害が発生している。水害による人的被害を軽減するためには、ハザード対策に加えて、浸水範囲の予測情報など避難に資する情報の提供といったソフト対策が重要である。しかし、浸水範囲を予測するための洪水氾濫解析では、境界条件やパラメータの設定、キャリブレーションなどの調整が河川ごとに必要であり、モデル構築に多大な労力を要するため、日本全国の河川で洪水氾濫の予測情報を提供することは困難である。このような課題を解決するために、菅原ら¹⁾は複数の大規模河川を対象として、氾濫域の地形データと浸水深の関係性について機械学習を用いたモデルを構築し、氾濫域を推定する手法を検討したが、このモデルによる小規模河川への適用性は明らかになっていない。また、小規模河川では川幅等の情報がないだけでなく、氾濫流量のデータが観測されていないことが多いため、大規模河川と比較して氾濫解析が困難とされている。そこで、本研究では、氾濫開始地点や氾濫流量を算出したうえで、機械学習を用いた氾濫域推定モデルを構築し、小規模河川への適用性を検討する。

2. 小規模河川の氾濫域推定モデルの構築

2.1 対象地域

本研究では、利根川水系永野川、および利根川支流の旗川・秋山川・思川・黒川・姿川の流域（栃木県栃木市）を対象とする。対象地域では、2019年台風19号により市街地区間で5ヶ所の堤防の決壊が発生するなど、甚大な被害が発生した。

2.2 氾濫域推定に必要なデータの作成

小規模河川では川幅や氾濫流量など氾濫解析に必要なデータが入手できないため、RRIモデル²⁾を用いて必要なデータを算出する。RRIモデルに入力する雨量は2019年10月の台風19号の雨量データを用い、川幅は山田ら³⁾の河道断面推定法を参照し、算出する。また、氾濫開始地点および氾濫流量は、洪水浸水想定区域図マニュアル⁴⁾に従って算出する。図1に対象河川および算

出した氾濫開始地点を示す。氾濫開始地点は永野川で3地点、利根川支流の5河川で17地点となっている。

2.3 浸水データの作成

機械学習を用いた氾濫域推定モデルを作成するためには、浸水の時系列変化の過程を含んだ洪水氾濫の教師データが必要となるため、平面二次元不定流解析を用いて浸水範囲および浸水深のデータを作成する。各地点における浸水範囲および浸水深のデータは2.2節で算出した氾濫開始地点20箇所にそれぞれの氾濫流量を与え、1時間間隔で最大浸水範囲を示す時間までを対象とする。また、小規模河川では、大規模河川と比較して、浸水範囲が狭いことが多いことから、50×50mメッシュでは浸水範囲を正確に表現できないため、10×10mメッシュで浸水データを作成する。

2.4 モデル構築の概要

本研究では、機械学習の手法として重要な説明変数の抽出が可能なランダムフォレストを用いる。氾濫域推定モデルは大規模河川である永野川で1つ、利根川支流の5河川で1つの2つのモデルを構築する。また、地形指標は菅原ら¹⁾が用いた表1に示す説明変数を用いる。



図1 対象の河川と氾濫開始地点

表1 説明変数

地形指標	その他
標高, 傾斜角, 曲率, SPI ⁵⁾ , TWI ⁵⁾ , TRI ⁵⁾ , 土地利用, 氾濫開始地点を基準とした相対標高, 河川からの距離, 氾濫開始地点からの距離, 傾斜角を重みとしたコスト距離	累積氾濫流量

2. 5 学習方法とモデルの評価方法

作成した教師データのうち7割を学習用データ, 残りの3割を精度検証用データとして無作為に抽出する。構築した氾濫域推定モデルの推定精度は, RMSE と R² 値により評価する。また, これらの指標はモデルの構築と予測を5回繰り返し, 算出した値の平均を用いる。

3. 氾濫域推定モデルの推定結果

表2に永野川および利根川支流の5河川における氾濫域推定モデルの推定精度を, 図2にBP11013およびBP10284周辺の氾濫推定結果の時間推移を示す。既往研究と同様に, 大規模河川である永野川における氾濫域推定モデルの推定精度は高いことがわかる。利根川支流の5河川においては, RMSEが0.090m, R²値が0.842となり, 永野川と比較しても良好な推定結果が得られた。また, 両モデルともに浸水範囲および浸水深が各時間で概ね一致していることから, 小規模河川においても氾濫解析の結果と氾濫域の地形データとの関係性を学習することで, 氾濫域推定が可能であると考えられる。

次に, 図3に上位5つの説明変数の寄与率を示す。全12つの説明変数のうち, 上位5つの説明変数以外の寄与率は全て5%程度であった。本研究の対象地域のように平坦な土地が広がる地域では, 氾濫開始地点からの距離が最も重要な説明変数となることがわかる。また, 永野川のモデルでは氾濫開始地点からの距離・標高・傾斜角を重みとしたコスト距離の3つの説明変数の寄与率が10%以上となり, 氾濫域推定の際に重要な要素となる。一方で, 利根川支流の5河川のモデルでは, 上記の3つの指標の他に, 河川からの距離と累積氾濫流量を加えた計5つの説明変数の寄与率が10%以上となり, 小規模河川では氾濫域推定の際に寄与する説明変数が異なることが明らかになった。

4. 結論

本研究では, 小規模河川においてランダムフォレストを用いた氾濫域推定モデルを構築し, その推定精度や説明変数の寄与率について検討した。その結果, 本モデルは小規模河川においても適用可能であった。また, 大規模河川である永野川と小規模河川である利根川流域の5河川では, 氾濫域推定の際に重要となる説明変数やその数が異なることが明らかになった。

表2 推定精度

	RMSE[m]	R ² 値
永野川	0.145	0.802
利根川支流の5河川	0.090	0.842

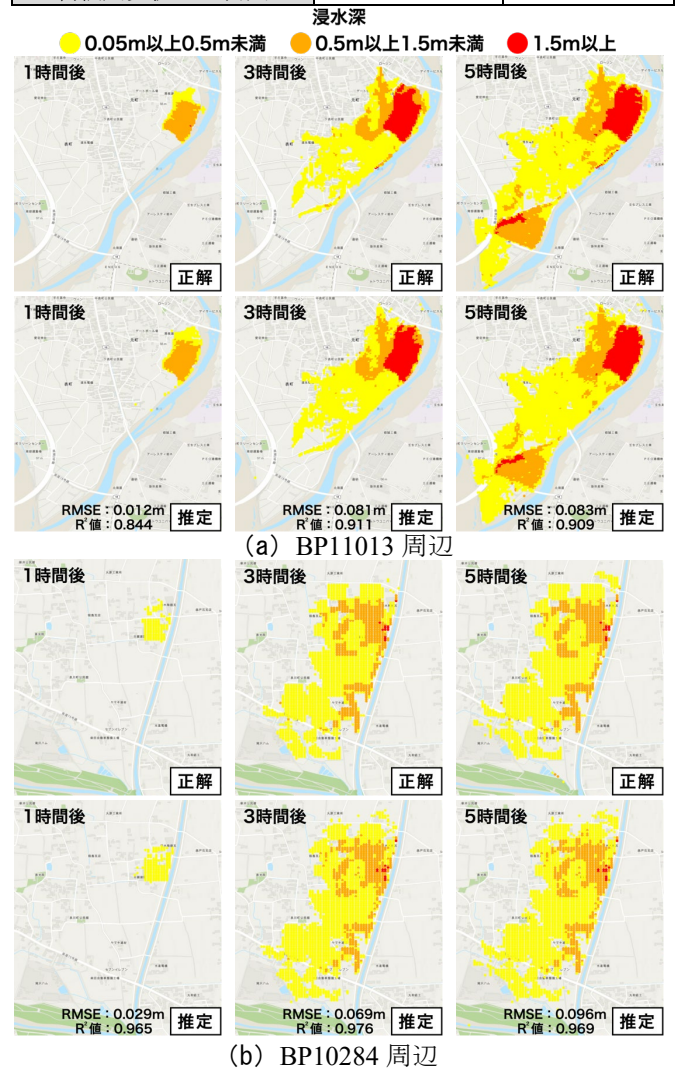


図2 BP11013 および BP10284 周辺の氾濫推定結果

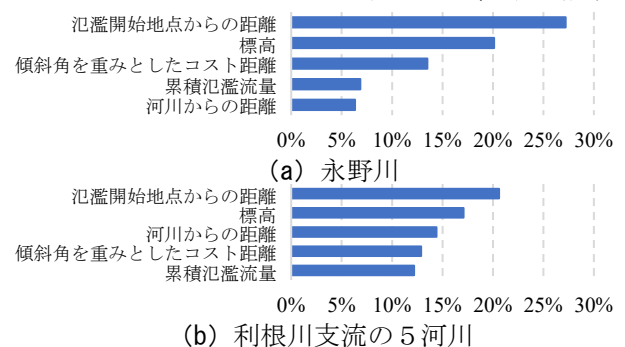


図3 説明変数の寄与率

(参考文献)

- 1) 菅原巧, 三谷泰浩, 谷口寿俊, 本田博之, 堀真輝也, 岩本みさ, 佐藤辰郎: 機械学習を用いた氾濫域推定モデルの地域間比較に関する研究, 河川技術論文集, 第28巻, pp.43-48, 2022.
- 2) 佐山敬洋, 岩見洋一: 降雨流出氾濫(RRI)モデルの開発と応用, 土木技術資料, 56-6, pp.18-21, 2014.
- 3) 山田真史, 富樫冨佳, 佐山洋敬: 分布型降雨流出氾濫モデルに適用する中小河川の河道断面推定法, 河川技術論文集, 第26巻, pp.211-216, 2020.
- 4) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室, 国土技術政策総合研究所河川研究部水害研究室: 洪水浸水想定区域図作成マニュアル(第4版), 2017.
- 5) Hossein, M., Biswajeet, P., Haleh N., Noordin, A. & Abdul Halim bin Ghazali.: Ensemble machine-learning-based geospatial approach for flood risk assessment using multi-sensor remote-sensing data and GIS. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 8:2, pp.1080-1102, 2017.