

機械学習を用いた氾濫域推定モデルの地域間比較

九州大学 学生会員 ○岩本 みさ 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

令和元年東日本台風では、洪水浸水想定区域図の作成が義務づけられていない小規模河川の氾濫により浸水被害が発生した¹⁾。このような河川についても浸水範囲の予測とその情報提供が求められるが、氾濫解析を実施するにあたり、解析条件を設定するために必要な氾濫域の情報取得に多大な労力と費用を要するため、全国のすべての河川において解析を実施することは困難である。

そこで近年、機械学習により氾濫解析結果を学習し、従来の氾濫解析に必要な解析条件の設定や氾濫域の詳細な情報を調査することなく浸水深・浸水範囲を予測する試みが行われている^{2), 3)}。菅原ら⁴⁾は鬼怒川を対象に氾濫域の地形情報と浸水深の関係性を、ランダムフォレストを用いてモデル化し、洪水氾濫域推定モデルを構築している。これにより1つの河川においては浸水範囲を精度よく推定できることを示したが、地形条件が異なる河川への適用性は明らかではない。今後、小規模河川においても同手法を適用するためには、すべての地域において浸水深を精度よく推定できるモデルの構築が求められる。

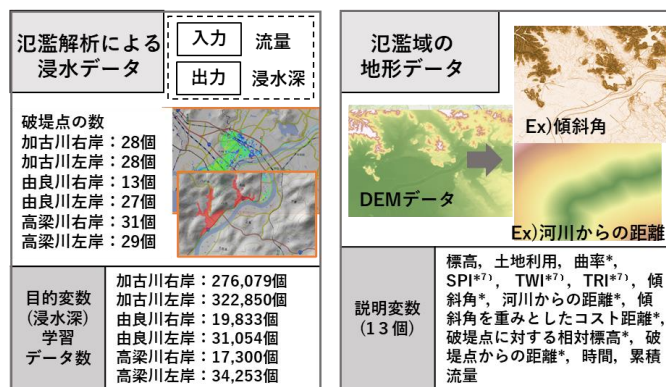
本研究では、地域毎の地形条件が浸水深の推定に与える影響を明らかにするため、機械学習による氾濫域推定モデルを複数河川で構築し、河川毎に構築したモデルの推定精度、寄与率を算出することで地形条件の異なる河川への適用性を考察する。

2. 機械学習による氾濫推定モデルの構築

2.1 モデル構築の概要

本研究では重要な説明変数の抽出が可能なランダムフォレストを採用し、氾濫解析の結果と氾濫域の地形データの関係性を学習し、氾濫流量と地形データからある地点の浸水深を推定する回帰モデルを対象河川毎に構築する(図1)。対象河川は、氾濫域の地形の違いによるモデルの比較を行うため、河床勾配や周辺の地形起伏を考慮し、鬼怒川のように氾濫域に平坦な土地が広がる加古川と、鬼怒川とは異なり、氾濫域に山地が存在し起伏の大きい土地が広がる由良川、高梁川とする。

Step1: 教師データの作成



Step2: ランダムフォレストによるモデル構築

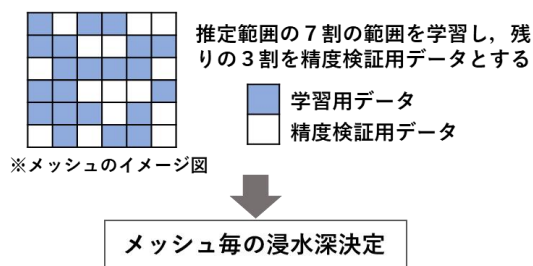


図1 本研究の流れ

2.2 教師データの作成

過去の洪水氾濫履歴だけでは機械学習の教師データとして質・量共に不十分であるため、平面二次元不定流解析が可能なDioVISTA Flood⁵⁾を用いて、浸水データを作成する。浸水データは、浸水ナビ⁶⁾に準じて河川毎に破堤点を選定し、平成27年関東・東北豪雨の際に破堤した鬼怒川の常総市三坂地区の推定氾濫流量ハイドロを河川の川幅に応じて引き伸ばしを行った流量を与え、50×50 m メッシュサイズで出力し、教師データとして作成する。地形データは、菅原ら⁴⁾の研究で用いられている説明変数を採用し、全国的に入手可能なDEMデータを基にGISを用いて作成する(図1)。

2.3 学習方法とモデルの評価方法

1時間間隔6時間先までの格子点毎の浸水深データのうち7割を教師データとして無作為に抽出し、残りの3割を精度検証用のテストデータとする。

構築した氾濫推定モデルの推定精度を正解値と予測値の2乗平均平方根誤差と決定係数により評価する。

3. 氾濫推定モデルの推定結果と考察

回帰氾濫推定モデルの検証結果を図2に示す。加古川の右岸、左岸では、プロットが対角線の下部に分布し、氾濫域に平坦な土地が広がる地形では、浸水深を過小評価する傾向が確認された。また、いずれの河川においても決定係数が0.9を上回り、過学習の傾向があり、適切な学習量を検討することは、汎化に向けての今後の課題と考えられる。各河川における上位5つの説明変数の寄与率を図3に示す。各河川の右岸と左岸において、上位5つの説明変数は概ね同じ説明変数が選択された。寄与率の高い説明変数の種類は河川によって異なるが、いずれの河川においても浸水深の推定には破堤箇所からの距離を表す指標が重要となった。具体的には、加古川のように氾濫域に平坦な土地が広がる場合には破堤点からの距離が、高梁川や由良川のように氾濫域に山地など起伏がある場合は浸水範囲が限られるため、傾斜角を重視としたコスト距離が重要な指標となる傾向がある。また、水は低地に集まるため、標高や相対標高が浸水箇所を表現するために重要な指標として選択された。このように、上位に寄与する説明変数の種類が河川毎に異なるため、ある一つの河川で構築したモデルを用いて異なる河川の推定を行うことは困難であることが推察される。しかし、高梁川と由良川では、氾濫域に標高の高い土地が広がり、浸水範囲が限られること(図4)、また、コスト距離が最も寄与率の高い説明変数であることが共通している点を踏まえると、地形条件が類似する場合には重要となる説明変数の傾向も同様となる可能性がある。したがって、今後複数の地域で本モデルによる氾濫域推定を行うには、氾濫域の地形条件を分類し、分類毎にモデルを構築し適用することが必要と考えられる。また、河川は上流から下流にかけて、同じ河川でも河川周辺の地形の特徴は異なるため、河川毎ではなく、破堤地点を絞って学習することが必要と考えられる。

4. 結論

本研究では、複数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、寄与率を算出した。その結果、本モデルは河川毎に適用可能であり、氾濫域が平坦な土地の場合は破堤点からの距離が、起伏が大きい場合は、コスト距離が推定に重要な指標となった。氾濫域の地形条件が類似する場合、重要となる説明変数の傾向も同様となる可能性が示された。

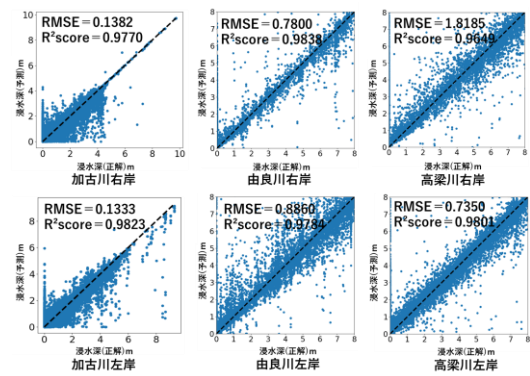


図2 テストデータの検証結果

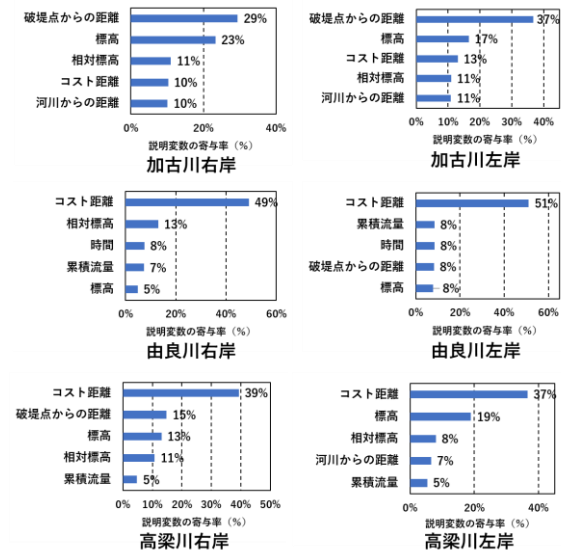


図3 説明変数の寄与率

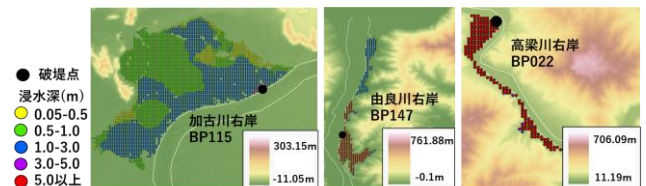


図4 浸水域分布(教師データ)

(参考文献)

- 国土交通省：中小河川の水害リスク評価に関する技術検討会第1回資料2 検討の背景及び課題 https://www.mlit.go.jp/river/shinnigikai_blog/tyusyokasen/pdf/2_haikei_kadai_ver3.pdf, (参照 2021.12.17).
- 一言正之, 荒木光一, 古木宏和: 敵対的生成ネットワークによる洪水氾濫浸水域の推定, 人口知能学会全国大会論文集, 第33回, pp.1-2, 2019.
- 小槻峻司, 桃井裕広, 菊池亮太, 渡部哲史, 山田真史, 阿部紫織, 錦貫翔: 回帰学習器のアンサンブル学習による降雨洪水氾濫モデル・エミュレータ, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.76, No.2, pp.1367-1372, 2020.
- 菅原巧, 三谷泰浩, 川野浩平, 谷口寿俊, 本田博之, 堀真輝也, 佐藤辰郎: ランダムフォレストを用いた洪水氾濫動態の推定に関する研究, 河川技術論文集, 第27巻, pp.81-86, 2021.
- 株式会社日立パワーソリューションズ: リアルタイム洪水シミュレーター, <https://www.hitachi-power-solutions.com/service/digital/diovista/flood/index.html> (参照 2021.12.18).
- 国土交通省: 知りたい場所の浸水リスクがWEBサイト上でわかりますー 地点別浸水シミュレーション検索システム (通称: 浸水ナビ) を公開, 2015.7.31, https://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo04_hh_000008.html (参照 2021.12.21).
- 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, p1080-1102, 2017.