

機械学習による Nays2DH の粗度係数の最適化

岐阜大学工学部社会基盤工学科 環境コース 学生会員 ○小塩将寛
岐阜大学工学部社会基盤工学科 防災コース 学生会員 渡邊翔太
岐阜大学工学部社会基盤工学科 防災コース 正会員 大橋慶介
岐阜大学流域圏科学研究センター 正会員 児島利治

1. 背景と目的

日本各地で豪雨水害が多発している現在、水害の影響を予測する河川シミュレーションの重要性の高まりとともに、より速やかな計算結果の取得が社会的に求められている。河川シミュレーションでは、河床の粗度係数をチューニングして、観測水位を再現する作業が必要となるが、実河川における複断面河道の粗度係数を精度良く推定することは多くの試行回数と時間を要する¹⁾。これを解決するために、近年応用事例が増加している AI による機械学習²⁾と河川シミュレーション技術を組み合わせることで、粗度係数の最適化を試みる。河川シミュレーションには、iRIC の Nays2DH、機械学習にはシンプルなアルゴリズムである binary tree を採用し、その応用範囲を探ることとする。

2. 研究方法

(1) Nays2DH による河川シミュレーション

Nays2DH を使って機械学習に与える河川モデルを作成する。対象地域は、令和2年7月豪雨により飛騨川と白川の合流部において氾濫が発生した岐阜県加茂郡白川町河岐地区である。その計算条件を表-1 に示す。飛騨川のピーク流量の詳細は不明であるため、近年最大を記録した 2006 年の流量及び水位データ³⁾から HQ 曲線を作成し、2020 年の白川口観測所の水位観測データから流量を推定する。下流端水位は上麻生ダムに設定し、堤頂を限界水深で越

流することを境界条件とした。一方、白川の流量も不明であることから、今回は流域面積比⁵⁾を考慮して飛騨川流量の 1/10 として設定した。

(2) 機械学習によるパラメーターの最適化

最適なパラメーターを探索する単純なアルゴリズムとして、binary tree（二分木）による回帰モデルを構築する。このモデルは、説明変数である粗度係数を 2 つ用意し、目的変数である水位が観測値に近くなる側の粗度を選択することを複数回繰り返すことで最適なパラメーターを決定する手法である。具体的に河川シミュレーションでは、任意に設定した 2 つの粗度係数を起点として、粗度係数と水位で構成される 2 次元平面に 1 つずつ計算結果が出力されていくことになる。これを教師データとすると、回帰関係が得られ、それに基づいてより適切な粗度係数が推定されるというものである。ここでは、飛騨川・白川合流モデルでの検討の前に、単純な矩形断面において binary tree がどのように振る舞うかを試みる。

3. 研究結果

(1) 飛騨川・白川合流部の河川シミュレーション

機械学習に与える河川モデルとして、iRIC Nays2DH において手動でパラメータチューニングを行い図-1 の結果を得た。令和2年7月豪雨で発生した飛騨川の水位上昇による白川でのバックウォーターも再現されている。また、白川右岸の白川町役場手前まで氾濫する状況も再現できている。

(2) binary tree による回帰

全領域においてマニングの粗度係数 0.036 とした矩形断面水路を Nays2DH で作成し、機械学習に与え

表-1 計算条件⁴⁾

計算格子	汎用格子生成ツール
合流条件	タイプA 左岸から合流
設定流量（飛騨川）	2006年のHQ曲線から推定
設定流量（白川）	飛騨川の推定流量の1/10

る。水路の概要を図-2 に示す。計算条件は定常であり、学習機械には、水路中央に設けた観測水位のみを知らせ、それを手がかりに粗度係数を推定させる。binary tree によって粗度係数を推定するプロセスを図-3 に示す。まず、はじめに任意の粗度①において計算水位を得る。このときの計算水位は観測水位より小さいので、②において大きな粗度を与えるがまだ計算水位は観測水位より小さい。そこで、③においてより大きな粗度を与えると、今回は計算水位が観測水位を上回るので、④の計算には③より小さな粗度を与える。同様のプロセスを繰り返すことで、最終的に 5 回の試行からモデル水路の粗度係数 0.036 に極めて近い値を推定することができている。

4. まとめと課題

binary tree による回帰を用いて、矩形断面水路における 1 種類の粗度係数の推定に成功した。粗度が 1 種類である問題に対しては、この機械学習に Nays2DH の河川モデルデータを与えることで自動的に最適な粗度を導くことが可能である。しかし、実際の河川モデルでは、低水路と高水敷等で粗度係数を変え、幅広い水位・流量に対して対応できるモデルを構築することが多く、そうしたモデルにはこの binary tree では対応できない。そこで、多次元問題への適用のため、k-d tree (k-d 木) による学習機械を構築し、飛騨川・白川合流部を想定した複断面水路における、複数粗度の推定を検討している。現在は、矩形断面水路での k-d tree による粗度係数の推定は成功しており、実際の河川への適用準備の段階である。一方で、多次元問題特有の局所最適解の扱いが、新たに課題として浮上してきている。また、推定された粗度係数の確からしさの根拠として、河川粗度を構成する河床材料の分布状況との関係性を詳細に見ていくことも今後の予定として挙げられる。

参考文献

- 1) 玉井昌宏, 手束理志: 複断面河道の粗度係数に関する数値計算, 水工学論文集, 第 52 号, p.769, 2008.
- 2) 岩崎悠真. マテリアルズ・インフォマティクス: 材料開発のための機械学習超入門. 第 2 版, 日刊工業新聞社, p.7, 2020.
- 3) 水文水質データベース: <http://www1.river.go.jp/>

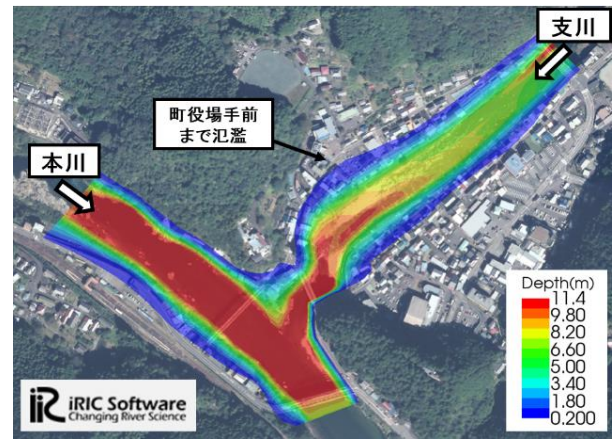


図-1 iRIC Nays2DH による飛騨川・白川合流部モデル

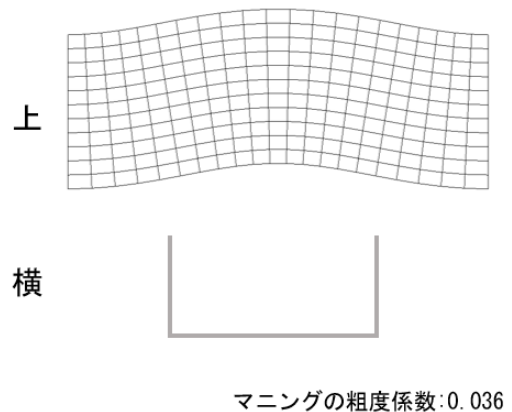


図-2 テスト用の矩形水路モデル

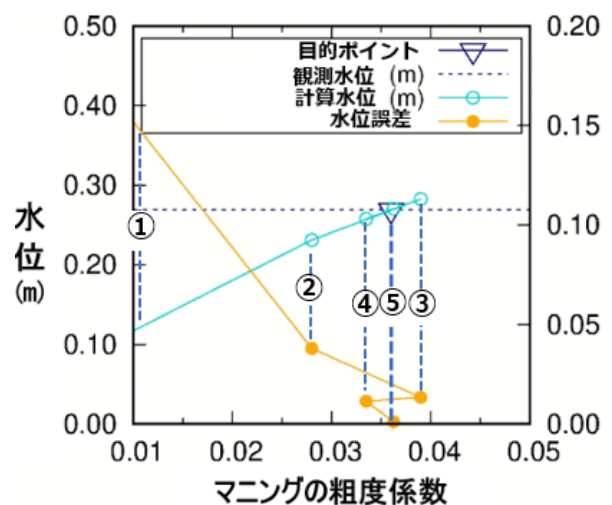


図-3 binary tree による粗度係数の最適化

- 4) iRIC Nays2DH Solver Manual: <http://i-ric.org/>
- 5) 木曽川水系飛騨川圏河川整備計画 平成 12 年 12 月: <https://www.pref.gifu.lg.jp/uploaded/attachment/1491.pdf>