

AI を活用したダム操作支援システムの構築

久下 紗緒里† 小森谷 哲夫†

パシフィックコンサルタンツ (株) †

1. 背景と目的

近年、広範囲で記録的な大雨が頻発し、各地のダムで異常洪水時防災操作が実施されるなど、河道流下能力やダム容量を最大限活用可能なダム操作の必要性が改めて確認された。適切なダム操作の判断の実現には、ダム流入量の精緻な予測が不可欠である。現在用いられている分布型流出モデルなどの物理モデルは、複雑な河川の構造をモデル化するため、モデル構築に時間がかかる一方、予測が安全側に寄ることも多く、ダム操作は管理者の経験則に頼っている状況も窺える。地形データ等を取り扱うことなく水文観測データのみを基に予測モデルを構築できれば、現状より短い時間でモデルを構築できるようになる。また、洪水データの蓄積により継続的にモデルを更新することができるようになり、周辺環境の変化への対応も容易になる。

そこで本研究では、ダム操作の判断を補助することを目的とし、実績雨量や予測雨量、ダム流入量から将来のダム流入量および残流域流量を予測する AI モデルを構築する。さらに、既存のダム最適放流操作計算モデルと下流水位分布予測モデルを組み合わせることでダムの放流量およびダム下流の水位を予測し、各予測値に基づいた最適操作をシミュレーションするシステムを構築する。図 1 にシステムイメージを示す。

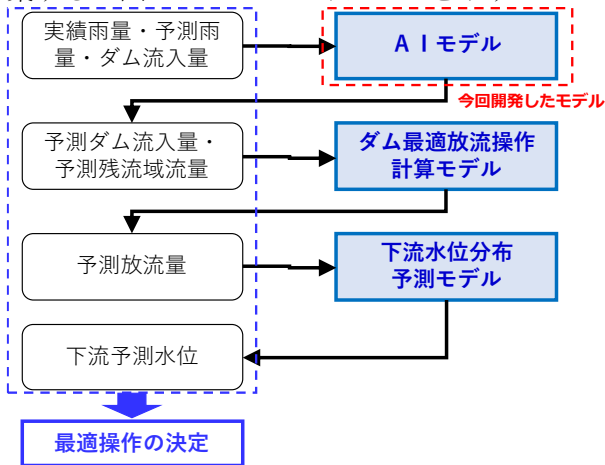


図 1 システムイメージ

2. モデルの検討

(1) 利用データ

ダム流入量予測に用いたデータを表 1 に示す。対象ダムはダム上流に水位観測所を有しない国内のダムであり、流域面積は約 250km² である。2011 年までの 23 洪水を学習データ、2012 年以降のデータ 6 洪水を検証データとして用いた。

予測の際利用できるデータは、①過去の雨量、②過去の流入量、③現時点での予測雨量の 3 種類である (図 2)。予測雨量は、時間粒度や予測範囲の異なる様々なデータが存在するが、72 時間先の流入量を予測する際に必要な長期的な雨量予測は大きな誤差が発生することが多い。予測雨量を用いると雨量予測誤差が混入し、モデルの予測誤差の評価が困難となる。そこで、本研究では雨量予測誤差の影響を排除してモデルの予測誤差を評価するために実績雨量を予測雨量として見立てて代用した。

表 1 利用データと特徴量 (ダム流入量予測)

| 項目 | 内容 |
|-------|--|
| 予測対象 | 72 時間先までのダム流入量、残留流域流量 |
| 利用データ | 時間雨量 (ダム上流 6 か所, ダム下流 7 か所), ダム流入量 1 地点 |
| 取得間隔 | 10 分間 |
| 対象期間 | 1978 年 10 月 ~ 2019 年 10 月 |
| 学習対象 | 2011 年迄の 23 洪水 |
| 洪水の定義 | ピーク時の流入量が 150m ³ /s 以上, 期間は無降雨が連続 48 時間 |

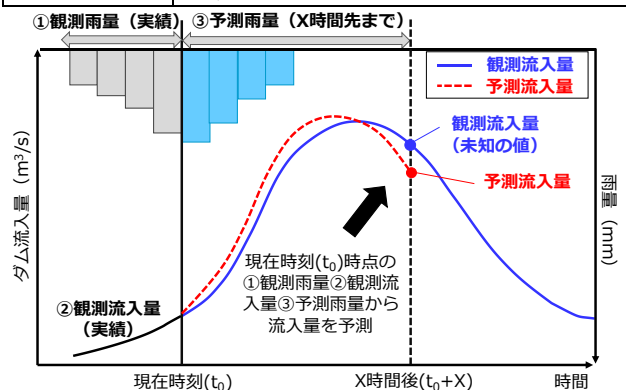


図 2 予測イメージ

Development of dam operation support system using AI
 †Saori Kuge, Tetsuo Komoriya Pacific Consultants Co., Ltd.

(2) 精度検証方法

ダムの洪水調節においては、ゲート操作や体制執行等の視点から洪水の規模（ピーク時の流入量誤差 E_p ）、洪水調節に必要な容量（ボリューム誤差 E_v ）、洪水の立ち上がり方（波形誤差 E_w ）を予測することが重要であるため、以下に留意して精度を検証した。

- E_p : 洪水規模の把握（体制執行等の判断）
- E_v : ダムの洪水調節容量の活用（ゲート操作）
- E_w : 洪水の立ち上がりの把握（ゲート操作, 放流警報の判断）

3. 予測モデル構築

ランダムフォレスト, XGBoost, LSTM を用い, 10 分後のダム流入量を予測するモデルを構築した。さらに, 予測値を用いて同様に再度 10 分後を予測することを繰り返し, 72 時間先までの予測を行った。また, 同様に残留域流量を予測するモデルを構築した。

4. 検証結果

検証データにおける精度検証結果を表 2 に, 予測結果を図 4 に示す。3 手法の中では, ランダムフォレストが最も精度よく予測できた。特に波形誤差 (E_w) の誤差が最も小さく, 洪水の立ち上がりが比較的判断しやすいモデルといえる。

表 2 精度検証結果 (ダム流入量予測モデル)

| | Random Forest | XGBoost | LSTM |
|------------------|---------------|---------|---------|
| RMSE (m^3/s) | 0.45 | 0.47 | 0.43 |
| E_w | 112.20 | 159.48 | 3210.60 |
| E_v | -0.13 | -0.15 | 0.03 |
| E_p | 0.00 | 0.01 | 0.06 |

5. ダム操作支援システムプロトタイプ構築

AI による予測モデルと別途構築されたダム最適操作計算モデル, 下流水位分布予測モデルを組み合わせ, ダム操作が下流に与える影響をリアルタイム予測し, 可視化するためのダム操作支援システムのプロトタイプを構築した。本システムのデータフローを図 5 に示す。これにより, ダム単体ではなく, ダム操作後の放流量を反映した下流水位を考慮したうえで, 最適なダム操作方法を選択できるようになった。

6. おわりに

本研究では, ダム操作の判断を補助することを目的とし, ダム流入量と実測雨量, 予測雨量

から将来のダム流入量を予測するためのモデルを構築した。さらに, 予測結果をシステムに組み込み, ダム単体ではなく, ダム操作後の放流量を反映した下流河川水位予測も可能なシミュレーションモデルと組み合わせ, 異常洪水時においてもダムの洪水調節容量を最大限に活用できる操作方法を提示するシステムのプロトタイプを構築した。今後は, 量子アニーリング技術を活用した複数のダム群のダム操作最適化を行う操作支援システム構築等を目指す。

参考文献

- 1) 高水計画検討の手引き (案) 財団法人国土開発技術研究センター p. 34-35

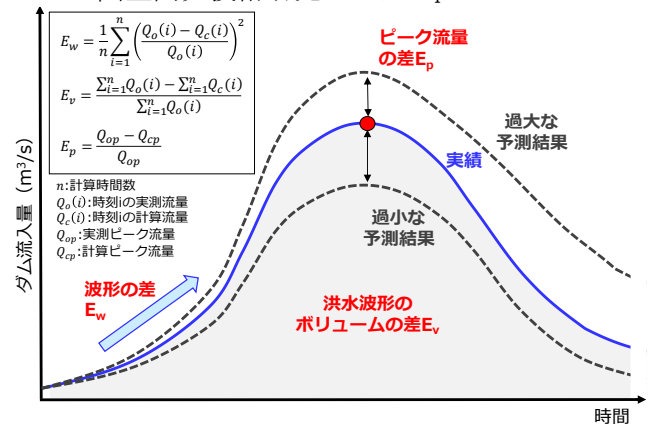


図 3 予測結果の評価視点

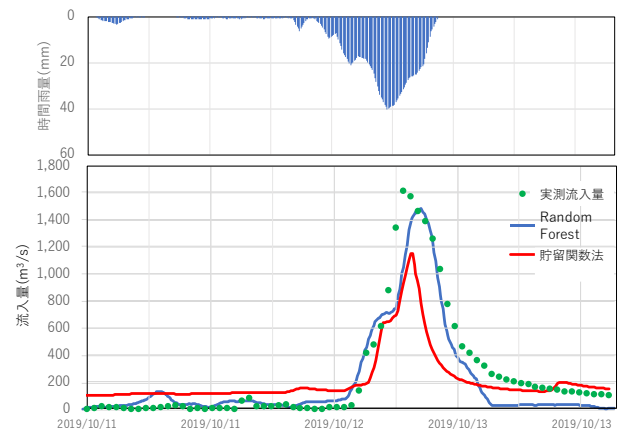


図 4 RandomForest による予測 (ダム流入量)

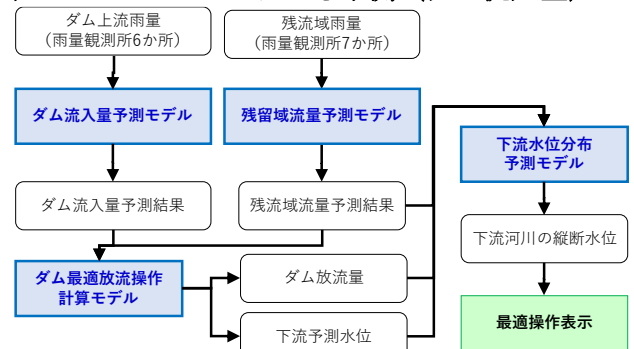


図 5 ダム操作支援システムデータフロー