

ダム放流計画の自動作成ソフトウェアの開発と評価

(株)日立製作所 正会員 ○山口 悟史

(株)日立パワーソリューションズ 非会員 楠田 尚史

概要

ダムの放流計画を自動作成するソフトウェアを開発し、シミュレーション実験を通じてその有用性を検証した。N川上流3ダムを対象に自動作成された放流計画は、ダム放流量を急激に変化させない「放流の原則」を満たしつつ、大雨に先立ってダムの容量を空けておく「事前放流」、複数のダムからタイミングをずらして放流する「ダム群連携操作」により、下流の河川流量を小さく抑えることができた。対象期間3日の最適化に要した時間は、通常のデスクトップPCで10秒以下であった。提案手法がダムの放流計画の自動作成に有用であると結論する。

1. 目的

水害の被害最小化のため、これまでにないダムの運用が求められている。治水ダムに加え、利水ダムにおいても洪水調整のための事前放流が行われるようになった。また、水害時のダム操作に関する報道が多くなされるようになり、緊急放流や、複数ダムを連携させた特別防災操作などへの社会的関心が高まっている。ダム管理者は緊迫した状況の中、ダム操作に関わる様々な制約やルールを順守しながら、上下流の

ダムの貯水状況や下流までの流下時間などを考慮して最適な放流計画を短時間で立てる必要がある。ダム管理者の負荷軽減のため、使い勝手の良い放流計画自動作成ソフトウェアが必要と著者らは考える。

著者らは、機械学習と分布型流出モデルを組み合わせたダムの流入量予測手法を開発する¹⁾とともに、準最適なダム放流計画を自動作成する数理最適化手法を開発し、ソフトウェアとして実装した²⁾。

2. ダム放流計画の自動作成ソフトウェア

著者らが開発したソフトウェア DioVISTA Dams Dashboard は、評価値（たとえば毎時のダム下流の河川流量、および放流量の増加量）を最小化する放流計画を立案する。ユーザがダム流入量の予測値を入力すると、ソフトウェアによって立案された放流量、貯水量、ダム下流河川流量などがグラフで表示される（図1）。また、任意の水系に適用できるように、対象水系のダム接続関係や流下遅れ時間、ダム容量などを定義するモデル作成画面を有する。

本実験の対象としたN川上流3ダムを図2に示す。3つのダムが並列に接続された水系である。3つの流量計における流量を最小化することを目指す。

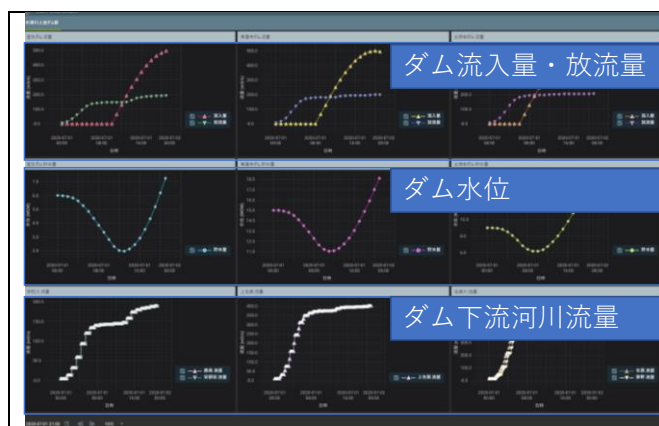


図 1: DioVISTA Dams Dashboard の画面例

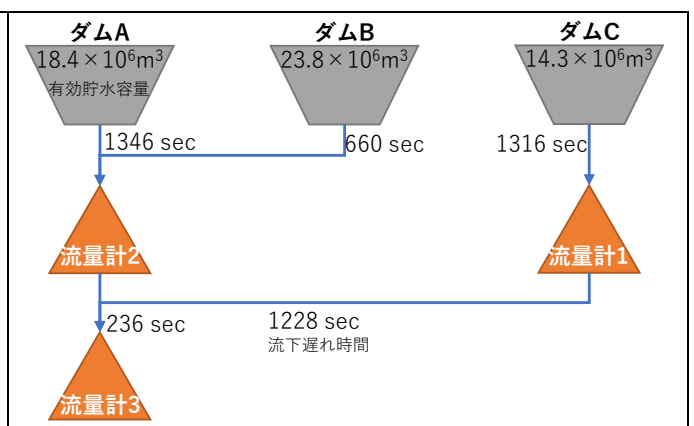


図 2: 対象流域 (N川上流3ダム)

キーワード ダム放流計画, ダム群連携操作, 事前放流, 数理最適化

連絡先 〒185-8601 東京都国分寺市東恋ヶ窪 1-280, Tel. 042-323-1111, satoshi.yamaguchi.vk@hitachi.com

3. 実験と結果

実験では、ダム流入量が 200 m³/s 超となる 12 時間前を開始時刻とした。計画立案に要した計算時間は、通常のデスクトップ PC で 10 秒以下であった。

平成 24 年台風 17 号出水を対象にした放流計画を図 3 に青線で示す。この出水は計画洪水以下であり、本則操作（図中橙線）でも洪水調整ができた。一方、提案手法では、流入量の大半をダムに貯留した。本則操作ではダム下流の「流量計 3」において 986 m³/s だった流量が、提案手法では 170 m³/s に抑制された。

この出水を生起確率 1/100 年に引き延ばした結果を図 4 に示す。本則操作では、ダム A において緊急放流が発生した。提案手法では計画最大放流量 300 m³/s を下回る放流量となった。下流河川における流量時系列を図 5 に示す。本則操作では流量が急激に増加しピーク流量は 1350 m³/s となった。一方、提案手法では流量がほぼ一定、かつピーク流量は 602 m³/s と半分以下に抑制された。

出水を生起確率 1/1000 年に引き延ばした結果を図 6 に示す。本則操作では、すべてのダムで緊急放

流が発生した。提案手法では、すべてのダムを空にし、ピーク流入量前後の約 6 時間のみ貯めることで、河川流量を本則操作の約 1/3 に抑制した。しかし、事前放流において、たとえばダム A では計画最大放流量 300 m³/s を超える流量 483 m³/s を行う必要がある。そのような計画は実行困難であるため、緊急放流を伴う本則操作を選ばざるを得ないと判断できる。

4. 結果

当該ソフトウェアは、計画最大放流量を順守しつつ下流の河川流量を抑制する放流計画を立てた。また、緊急放流を伴う本則操作を選ばざるを得ない場合を示した。当該ソフトウェアによりダム連携操作の可能性と限界を評価できると結論する。

参考文献

- 1) 佐藤ら, 機械学習を用いた状態及び予測時間別流入量予測モデルの検討, 電気学会全国大会講演論文集, 3-083, 2022.
- 2) 山口・金, ダム放流計画の自動作成のための「プログレッシブ動的計画法」の開発, IPSJ-TOM, 14 (3), 27-38, 2021.

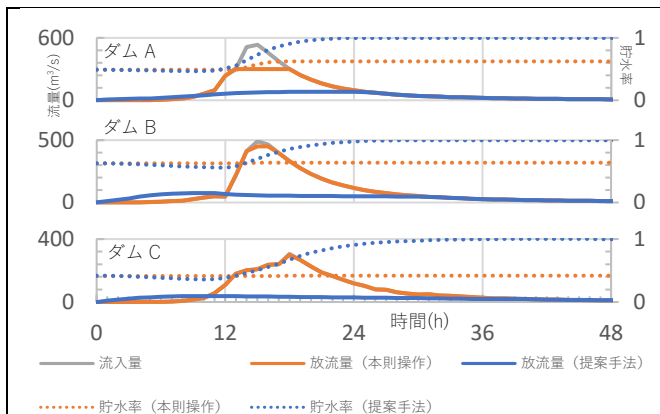


図 3: 平成 24 年台風 17 号出水の再現

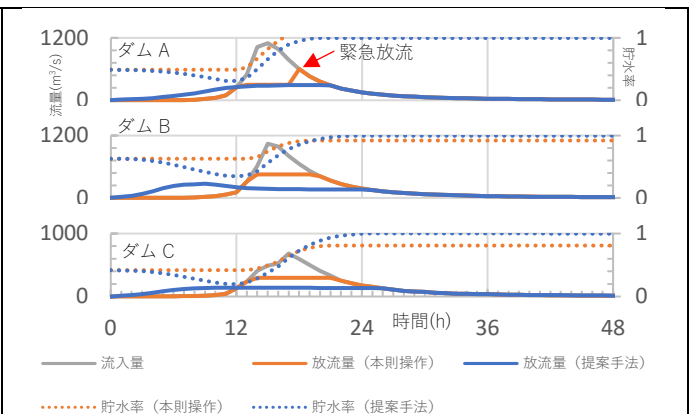


図 4: 生起確率 1/100 年の出水

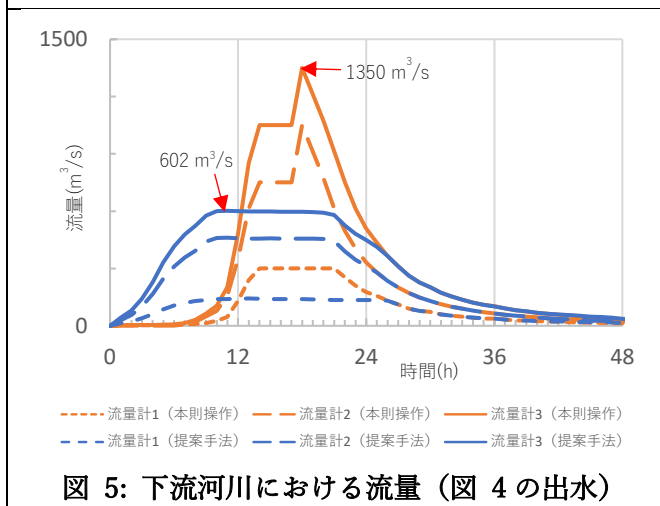


図 5: 下流河川における流量 (図 4 の出水)

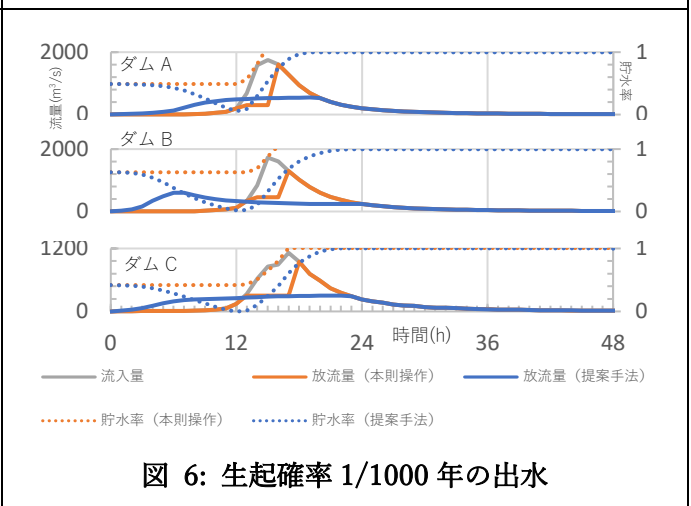


図 6: 生起確率 1/1000 年の出水