

大規模な豪雨時の洪水調節操作に対する水位放流方式の適用性についての一考察

群馬工業高等専門学校 学生会員 ○金子 恭也

正会員 永野 博之

1. はじめに

近年の豪雨災害は激甚化の一途をたどっており、ダムによる洪水災害対策の重要性は益々高まっている。2019年の台風19号では、関東甲信地方、東北地方等の多くの地点で越水・破堤による氾濫が多発し、甚大な被害が発生した。そのような中、各地のダムでは観測史上最大の洪水流量に対して、最適な洪水調節操作を求められた。特に、あるダム(Sダム)では緊急放流を実施する時刻が二転三転したことに対するニュースが注目を集めた。現在のダム操作は所定のルールに則り行われているが、時々刻々と変化する状況に応じて常時最適な操作判断を行うことは容易でない²⁾。さらに、迎洪水の波形は毎回違う形となっているため設定した放流方式が実際の流入量に対してそぐわない場合が多く、ダムの機能を有効活用できていない。このため、近年の発展が著しい機械学習を用いた判断支援やダム操作の見直しに関する研究が現在精力的に行われている¹⁾。

本研究では、2019年台風19号の出水データを機械学習を用いて予測し、そのデータを基に、現行方式のダム操作の見直しとともにより適した操作方式を提案することを目的とする。

2. 放流量の算出

2.1 対象範囲

一級河川の上流に位置しているSダム流域(図-1)を対象として解析を行う。流域面積は323km²である。流域内には雨量観測所が8カ所あり国土交通省水文水質データベースから時間データを取得した³⁾。

2.2 流入量予測

ダム操作では、流入量と放流量のバランスが重要である。そのため、流入量を予測することはダム操作の基本となる。本研究では、機械学習の一部であるニューラルネットワーク(ANN)を用いて流入量予測を行う⁴⁾。流入量予測における説明変数は、1時間前流入量、1時間

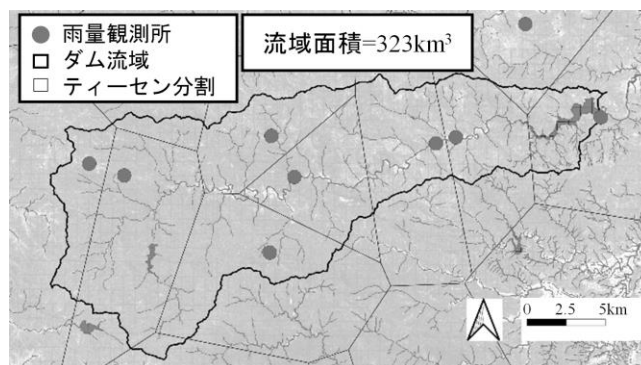


図-1 流域界およびティーセン分割

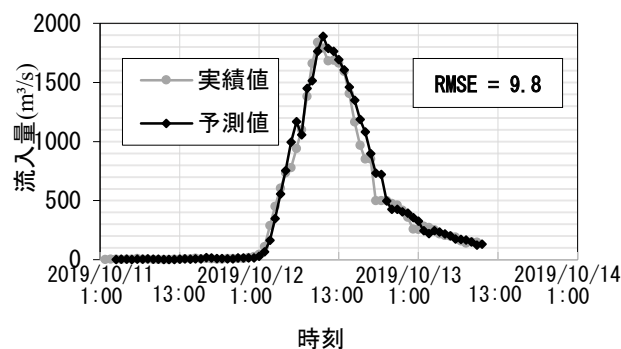


図-2 流入量予測

前までの累積雨量、流入量・雨量の時間当たりの変化量を入力値とし、1時間先の流入量を出力値とした。モデルの概要は、3層の全結合型であり、エポック数4000、バッチサイズ256とした。損失関数は二乗平均誤差、最適化計算はAdamを用いた。活性化関数は、1・2層間ではReLU関数、2・3層間では恒等関数を用いた。予測流入量の結果と実績流入量のハイドログラフを図-2に示す。予測流入量は1時間ずらして表示した。モデルの定量的評価として、RMSEを用いた。RMSEは9.8であった。

2.3 放流量の算出

Sダムの洪水調節操作規則は、不定率放流方式である。一方で台風19号時行われた操作は、一定量放流方式であった。そのため、本研究では予測流入量を用いて、一定率一定量放流方式、不定率放流方式、水位放流方式による放流量を台風19号データに合わせて算出する。図-3にそれぞれの算出した結果を示す。

キーワード ダム、洪水調節操作、機械学習、水位放流方式

連絡先 〒371-8530 群馬県前橋市鳥羽町580 群馬工業高等専門学校 TEL : 027-254-9000 E-mail : hr-nagano@gunma-ct.ac.jp

3. 放流量の評価

3.1 ダム貯水位

各放流方式による放流量と実績流入量の関係から算出した貯留量を図-3に示す。図-3には実績値と比較するため、一定量放流方式の結果も併せて示す。

3.2 下流河道水位上昇速度

下流河道水位を水文水質データベースで時間データを取得した³⁾。これらのデータを用いて算定した放流量時における、下流河道水位を ANN を用いて予測する。ANN では、説明変数は現在時刻の S ダム放流量、1 時間前の S ダム放流量、1 時間前からの累積雨量を入力値とし、現在時刻の下流河道水位を出力とした。モデルの概要は、2.2 と同様である。モデルの定量評価として RMSE を用い、結果は 0.22 である。表-1 に各放流量と水位上昇速度の最大値をまとめる。本研究における水位上昇速度の制限は、30cm/30min とした。

4. 考察

図-3 において、一定率一定量放流方式や不定率放流方式は貯留量が実績値を大幅に上回っている。S ダムの有効貯水容量は 12000 万 m^3 であるため、一定率一定量放流や不定率放流方式では、緊急放流が行われる。実際の操作では、緊急放流を回避できていたため、一定率一定量放流や不定率放流では台風 19 号に対して洪水調節を行うには不利と言える。水位放流方式は貯留量を実績値より小さく抑えることができた。しかし、表-1 より水位放流方式を採用した場合、下流河道の水位や水位上昇速度が実績値より大きくなった。特に、水位上昇速度においては、一般的な制限である 30cm/30min の約 2 倍の速さで上昇する結果となった。この事例では、水位放流方式も台風 19 号の洪水調節には不利な方式といえる。

一方で、不定率放流方式は、正確な予測流入量と、予測流入量に放流量を合わせる繊細な操作が必要である。本研究で用いた流入量予測モデルでは、ピーク時間に 1 時間遅れを出しており、流入量予測モデルを基に不定率放流を行うことは困難である。上記の議論より、超過洪水時における S ダムの放流方式は一定量放流が有利である。

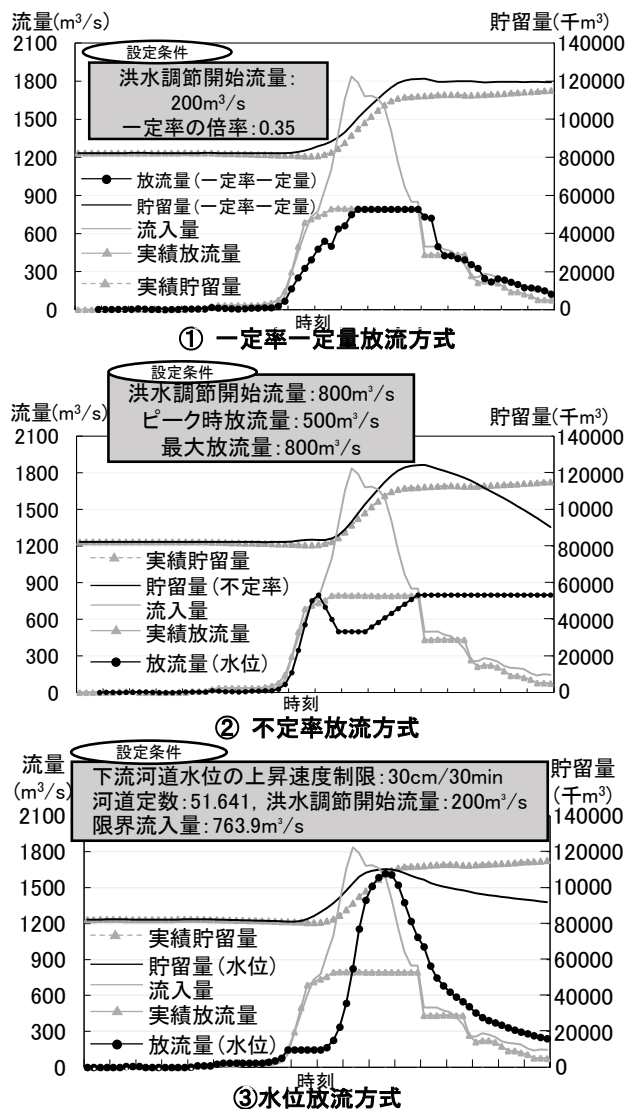


図-3 ハイドログラフ

表-1 水位上昇速度

放流方式	最大水位 (m)	最大水位上昇速度 (cm/30min)
一定量放流方式(実測値)	4.79	32.0
一定量放流方式(予測値)	5.63	37.4
①一定率一定量放流方式	5.46	44.1
②不定率放流方式	5.57	43.5
③水位放流方式	8.06	57.5

5. おわりに

本研究では、実災害におけるダム操作をモデルとして、最適な操作手法の検討を試みた。その結果、実際に行われていた一定量放流が有利であった。今後は、予測モデルの精度向上が必要と考えられる。

参考文献

- 一言正之:第56回水工学に関する夏期研修会講義集, A-8-1-A-8-20, 2021.
- 今村瑞穂:ダム貯水池における洪水調節の工学的特性の分析と改善に関する研究,九州大学博士論文,1998.
- 国土交通省: 水文水質データベース
<http://www1.river.go.jp/> (最終閲覧 2022/1/17)
- Masayuki HITOKOTO et al.: Journal of JSCE, Vol.5, PP422-429, 2017.