

Point

気候変動の影響により渇水や異常豪雨による洪水被害が頻発するなか、ダム機能の最大限に活用した柔軟で効率的な操作が求められています。高度なダムの操作を支援するため、人工知能(AI)を活用したダム放流操作支援システムを開発しました。

人工知能 (AI) を活用したダム操作支援システム

AI総合推進室 滝口 大樹、樋田 祥久、高橋 一徳

ダム放流操作の概要

洪水時、ダムは下流域の洪水被害を軽減するため放流量を調節する洪水調節を行います。洪水が予想される時には、気象情報、各観測所から得られる雨量・水位等を用いて、今後のダム流入量を予測し、放流方針を立案します。また、流入する水の全てを貯めるとダムが満杯になり、洪水調節が行えなくなる場合もあるため、ダムの洪水調節容量も考えながらダムの操作を行っています。

一部のダムでは、洪水開始前に利水容量の一部を放流し、洪水調節に活用する操作(事前放流操作)を実施しています(図1)。洪水被害が頻発するなか、このようなダム機能の最大限に活用する柔軟な操作が求められていますが、操作員の技術力および判断力が必要となります。

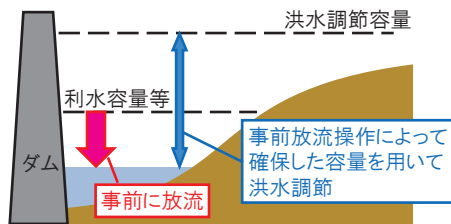


図1 柔軟な運用(事前放流操作)のイメージ

近年、コンピュータの処理能力向上に伴って人工知能(以下、AI)の活用が広く普及しつつあります。人間が知能を駆使して行ったダムの放流操作をコンピュータで再現することによって、作業の効率化や処理判断の迅速化が期待されます。

そこで、当社は北上川水系の4つのダムを対象とし、少人数による高度なダムの操作を支援する、AIを活用したダム放流操作支援システムについて研究しました(図2)。なお、胆沢ダムは流水型ダムと呼ばれるゲート操作ができない穴空きダムであるため、対象外としました。



図2 北上川流域

ダム操作支援システムの概要

ニューラルネットワークとは、人間の神経細胞(ニューロン)の仕組みを模したシステムの総称です。図3に示すように、ニューラルネットワークは「入力層」「中間層」「出力層」の3層で構成され、中間層は複数の層を備えることができます。各層には複数の「ノード」を配置し、ノード同士は「エッジ」で結ばれ、各エッジは「重み」と呼ばれる値を持っています。これらの重みは学習データ(教師データ)と呼ばれる入力データをもとに最適化されます。つまりモデルの精度は学習データによって影響を受けることになります。

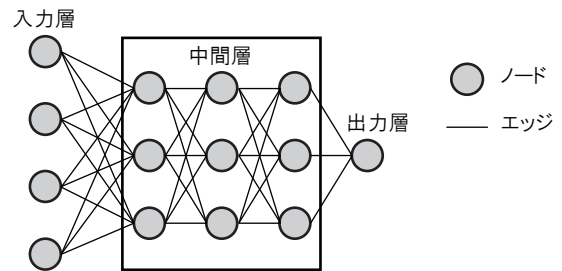


図3 ニューラルネットワークのイメージ

ニューラルネットワークの構造(層数、中間層で 사용되는関数、重み係数等)を決定すれば、入力値に対して高速に答えを出力することができます。反面、構造は問題に応じて試行錯誤的に決定する必要があり、この部分には相当な手間と時間がかかります。

本研究では、ダム操作の判断材料となるデータおよびダム放流量の実績データから学習データを作成し、浅層型のニューラルネットワークモデルによってダム放流量を予測可能とするAIシステムを構築しました。

ニューラルネットワークモデルによる解析

(1)学習条件

AIを用いてダム操作を予測する場合、学習データが重要となります。これまでに複数のダム操作支援システムを構築した経験から2013年～2017年のデータを学習データとして選定しました(表1)。

表1 学習データ

データ種別	データ範囲
ダム流入量(実績)	12時間前～現時刻
ダム流入量(予測)	現時刻～24時間先
ダム貯水位(実績)	12時間前～現時刻
ダム放流量(実績)	12時間前～現時刻
ダム下流の水位(実績)	12時間前～現時刻
現時刻の洪水発生時期	洪水期or非洪水期

2017年の学習データを図4および図5に示します。学習データは停電や水位計の不具合による実際の欠測データを含んだものとしています。

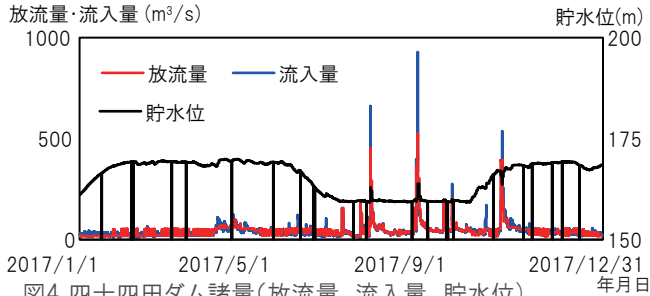


図4 四十四田ダム諸量(放流量、流入量、貯水位)

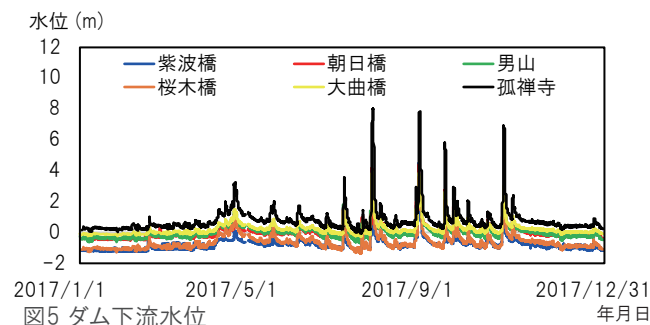


図5 ダム下流水位

学習方法は一般的なニューラルネットワークモデルとし、階層型ニューラルネットワークと重みの修正(誤差逆伝播法)にはシグモイド関数を採用しました(図6)。なお、中間層は10層とし、学習回数は10,000回としました。

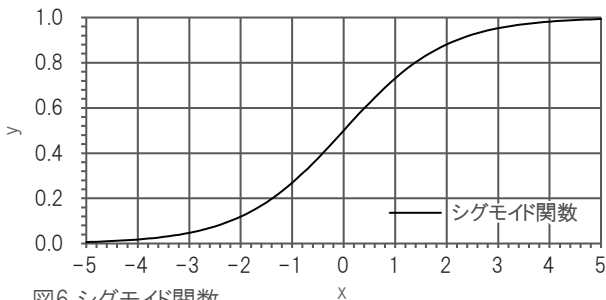


図6 シグモイド関数

(2) 予測結果

2018年5月に発生した洪水(流入量が700m³/sを超える融雪期の洪水)の実績値と、浅層型ニューラルネットワークによる放流量の予測値を重ねたハイドログラフを図7に示し、1~3時間先までの平均流量誤差を表2に示します。御所ダムを除いて概ね精度が高いことが確認できました。御所ダムは検証に用いた洪水と類似の洪水が未学習であったため、精度が低くなったものと考えられます。

表2 各ダムにおける平均流量誤差 (m³/s)

	四十四田ダム	御所ダム	田瀬ダム	湯田ダム
1時間先	26	59	11	42
2時間先	19	61	12	36
3時間先	32	50	6	28

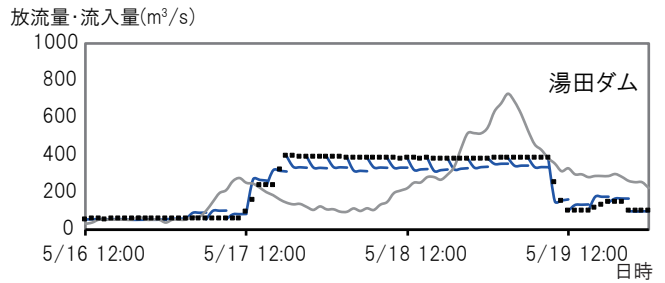
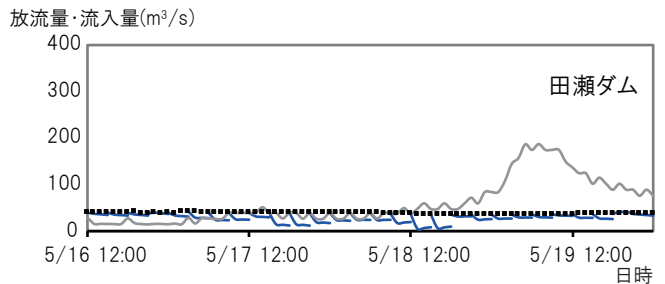
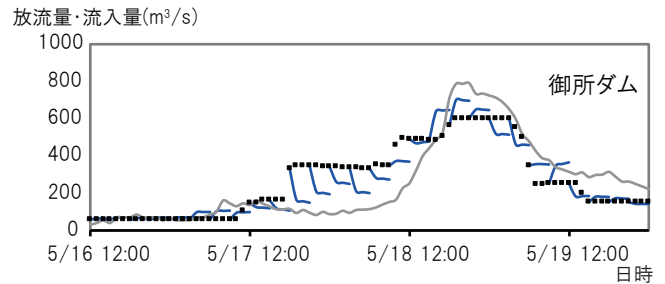
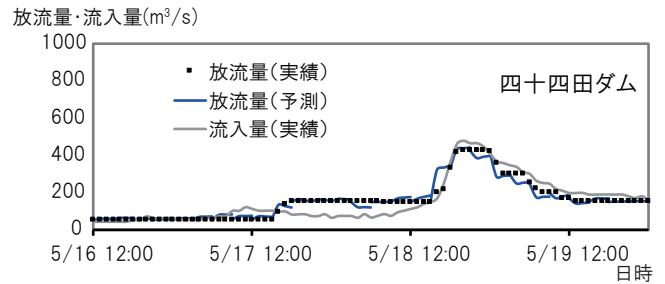


図7 浅層型のニューラルネットワークモデルによる予測値と実績値

おわりに

浅層型ニューラルネットワークによるダム放流量の予測は、経験済みの洪水パターンにおいて精度が高いことが確認できました。一方、御所ダムでみられたように未経験の洪水では精度が低い結果となりました。

AIによるダム操作支援システムは、経験豊かなダム管理者が実施した理想的なダム操作とその判断材料をAIに学習させることで、ダム放流量の推奨値を瞬時に示すものです。このシステムを実装することにより、ダムの貯水容量を可能な限り活用しつつ、下流河川の被害低減、高度化操作のための判断を支援します。

今後、このシステムがより効率的・効果的なダム操作に活用されることが期待されます。