

令和 5 年 6 月 27 日現在

機関番号：10103

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04698

研究課題名（和文）機械学習法を活用して洪水被害の最小化を図るダム操作支援技術の開発

研究課題名（英文）Development of Dam Operation Support Technology for Minimizing Flood Damage Using Machine Learning Methods

研究代表者

中津川 誠（Nakatsugawa, Makoto）

室蘭工業大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：10344425

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、蓄積公開が進む大量の気象水文情報および進歩の目覚ましい機械学習法を活用してダムの治水機能を向上させることを掲げる。具体的には流入量予測の精度向上を図り、気候変動で激甚化する洪水にも対応できる治水対策に実装しうる技術開発を目指す。結果として、スパースモデリングの代表的手法である「Elastic Net」を適用し、土壌の水分状態を考慮することで「未経験事例」に対する予測精度の向上が図られることを示した。また、流域面積でグループ化し、代表的モデルを用いることで、不特定多数のダムに適用できる流入量予測の一般化が可能であることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

気候変動によって頻発・激甚化する水害に対し、あらゆる関係者が防災・減災に取り組む「流域治水」の推進を念頭に、ダムの能力の最大限の活用が求められている。本研究は、蓄積公開が進む大量の気象水文情報および進歩の目覚ましい機械学習法を活用し、流入量予測の精度向上手法に取り組んだ。この結果、未経験の洪水への対処でき、手法の一般化を図ることで、今後の気候変動で予想される大規模水害に、不特定多数のダムに適用できる予測手法を提案できたことが学術的意義となる。また、その技術が治水能力の向上を促進し、今後推進が図られる流域治水に貢献できることが社会的意義となる。

研究成果の概要（英文）：This research aims to improve the flood control function of dams by utilizing the large amount of accumulated and disclosed meteorological and hydrological information and based on the remarkable progress of machine learning methods. Specifically, the primary mission is to improve the accuracy of inflow prediction to develop technology that can be implemented in flood control measures that can respond to floods that are becoming more severe due to climate change.

Therefore, the prediction accuracy for "non-experienced cases" can be improved by applying "the Elastic Net", a representative method of sparse modeling, and considering the soil moisture state. In addition, by grouping the catchment area and using a representative model, it is possible to generalize the inflow prediction method that can be applied to an unspecified number of dams.

研究分野：水文学

キーワード：ダム流入量予測 機械学習 スパースモデリング Elastic Net 未経験事例 予測手法の一般化 気候変動 事前放流

1. 研究開始当初の背景

気候変動による将来の大雨洪水災害の激甚化が指摘されている。これまで、治水対策としてダムを整備が行われてきたが、近年、計画上設定されている以上の大雨による流入で貯水池が満杯となるとそれ以上の貯水はできないので、流入水を同じ量で放流するだけの操作となり、下流の洪水を防ぐという本来の機能を失うことを意味する。もう一つは、下流で洪水被害が発生している場合、放流で被害を増大させるようなことは避けたい。それらの問題を克服するためには、流入量を適切に予測することで、前者は事前放流により空き容量を増やすことで洪水調節能力を増強し、後者は洪水調節機能を失わないような見通しのもと、放流を抑制できるどうかの合理的判断をおこなうことが必要となる。いずれの問題を克服するにも、大雨によるダム貯水池への流入量の精度のよい予測が肝要である。

2. 研究の目的

近年、防災減災技術にAIを導入する例が増えている。とくに分析や予測を目的とした問題に、過去もしくは現在の情報が大量に入手できる場合に大きな力を発揮すると考えられる。以上を背景に、研究目的の1点目に、「未経験事例の予測精度向上」を掲げる。本研究ではスパースモデリングの代表的手法である「Elastic Net」を適用し、未経験事例に対し予測精度の向上を目指す。また、物理モデルから得られる予測雨量や土壌水分量といった二次情報も説明変数に考慮し、未経験事例を含む汎用的な予測に、どのような手法が適切であるかを提起する。2点目として、ダム操作支援技術の開発を目的に、「一般性のある流入量予測手法の提案」を掲げる。数多くあるダムで個別に予測モデルをつくることは多大な労力がかかり、現実的ではない。そのため、あらゆるダムに適用できる一般性のある予測手法の確立が望まれる。そこで、国直轄の大規模ダムのみならず、北海道管理の中規模ダム、さらには利水専用ダムといった不特定多数のダムにも適用できる流入量予測手法を提案する。

3. 研究の方法

3.1 「未経験事例の予測精度向上」のための方法

(1) 対象地点と対象事例

国土交通省北海道開発局が直轄管理する金山ダム、札内川ダム、豊平峡ダムを対象とし、ダム流入量の予測を検証した。各ダムの位置と流域を図1、諸元を表1に示す。本研究では2008年から2018年までの気象・水文情報を収集し、期間内で最も大きい流入量が観測された事例を予測対象事例とし、学習事例にはそれ以外の上位5事例を学習させ予測を行った。ただし、金山ダムは大きな洪水事例が少ないことから学習量を増やすために各年の洪水期全体（6月15日～10月31日）の計20事例を学習させた。

(2) 予測対象となる目的変数と用いる説明変数

本研究では、モデルの目的変数を24時間積算流入量、説明変数（モデルへ入力する変数）には、ダム上流域の気象・水文情報として「ダム流入量」、「降水量」及び後述する「土壌湿潤状態の指標」を用いた。2016年8月事例は、先行する台風（8月17日～23日）の降雨により土壌水分が飽和した状態で、流出しきらないうちに台風10号の大雨が降り、流入量が著しく増大したと考えられる。「土壌湿潤状態の指標」の一つに土壌雨量指数（以下、SWI）が考えられるが、全国一律のパラメータではタンクからの流出が早く、数日から数週にわたる土壌水分状態を評価することは難しいと考える。そこで、本研究では雨量の長期履歴を反映した土壌湿潤状態を表す指標に半減期を720時間（30日間）とした実効雨量を用い検討した。実効雨量は次式で与えられる。

$$R_w = \sum 0.5^{i/T} \times R_i \quad (1)$$

ここで、 R_w は実効雨量、 R_i は*i*時間前の1時間雨量、 T は半減期で720時間とした。モデル内の

表1 対象としたダムの位置と流域

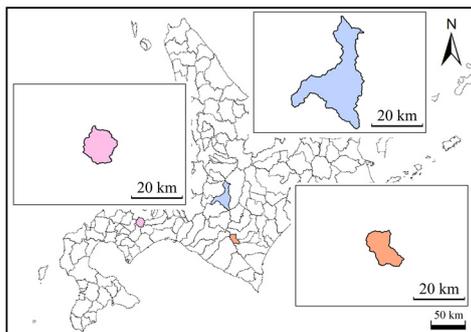


図1 対象としたダムの位置と流域

	金山ダム	札内川ダム	豊平峡ダム
型式	中空重力式ダム	重力式 コンクリートダム	アーチ式 コンクリートダム
水系河川	石狩川水系空知川	十勝川水系札内川	石狩川水系豊平川
堤高	m	57.3	114.0
堤頂長	m	288.5	300.0
流域面積	km ²	470.0	117.7
総貯水容量	m ³	150,450,000	54,000,000
有効貯水容量	m ³	130,420,000	42,000,000
サーチャージ水位	m	345.0	484.0
異常洪水時防災 操作開始水位	m	343.7	474.0
平常時最高貯水位	m	345.0	474.0
洪水貯留準備水位※	m	338.5	466.0
最低水位	m	320.0	447.5

※金山ダム、豊平峡ダムは制限水位方式で7/1～9/30の期間の値。
札内川ダムはオールサーチャージ方式。

説明変数の諸元を表2に示す。この中で「予測雨量」は実測雨量を予測雨量に見立てた「みなし予測雨量」とメソ数値予報モデル (Meso Scale Model, 以下 MSM) ¹⁾ の2つのパターンで検証した。

(3) Elastic Net²⁾による統計モデルと精度評価指標

スパースモデリング手法の代表的手法である Elastic Net は、正則化を用いた重回帰分析手法である。ニューラルネットワーク等の手法と異なり、算出される説明変数の重み (係数) から、各要素がどれほど予測に影響するか考察することが出来る。また、不要な説明変数の重みがゼロになる特徴を持ち、通常の重回帰式より過学習になりにくいといった特徴を持つ。Elastic Net のコスト関数である $J(w)$ は以下の式で表せる。

$$J(w) = \sum_{i=1}^n (y^{(i)} - \hat{y}^{(i)})^2 + \alpha \lambda_1 \sum_{j=1}^m |w_j| + (1 - \alpha) \lambda_2 \sum_{j=1}^m w_j^2 \quad (2)$$

ここで、 n は学習データの数、 m は説明変数の数、 $y^{(i)}$ は時刻 i における実測値、 $\hat{y}^{(i)}$ は重回帰式から求められる時刻 i における予測値、 w_j は説明変数 j の重みである。第1項は二乗誤差、第2項が L1 ペナルティと呼ばれる Lasso 回帰で説明変数の削除を意図した制約条件、第3項は L2 ペナルティと呼ばれる Ridge 回帰で選択する変数の個数に影響を与える制約条件である。Elastic Net は、この2つのペナルティ重み α とペナルティの大きさを制御する λ_1 、 λ_2 をハイパーパラメータ (機械学習アルゴリズムの挙動を設定するパラメータ) として最適化することで、少数のスパースな実測値からより良い回帰式を求める手法である。モデルは最終的に線形結合で表現されるため、深層学習を含む他の機械学習手法と異なり、未経験事例の予測に対して妥当な解を求めることが可能である。最適化されたハイパーパラメータから求められる各説明変数の重み w を用い、以下の重回帰式を作成する。

$$\hat{y}^{(i)} = w_0 + \sum_{j=1}^m w_j x_j^{(i)} + \sum_{k=1}^m \left(\sum_{l=1}^m w_{kl} x_k^{(i)} x_l^{(i)} \right) \quad (3)$$

ここで、 $\hat{y}^{(i)}$ は時刻 i における目的変数 (時刻 $i+1 \sim i+24$ の24時間積算流入量)、 $x_j^{(i)}$ は時刻 i における説明変数 j である。第1項は切片、第2項は重回帰式の一般項、第3項は重回帰式の交互作用項を表している。なお、共同研究者の小林は、スパースモデリング手法 (Lasso 回帰) が、ニューラルネットの代表的モデルである LSTM と同等以上の精度が得られることでその有用性を示している。予測結果の精度評価はピーク流入量相対誤差 (以下、 J_{pe})、ピーク流入量時刻差 (以下、 ΔT_p)、Nash-Sutcliffe 係数 (以下、 NS) を用いて行なう (定義式は割愛)。 $|J_{pe}| \leq 0.1$, $\Delta T_p \leq 3$, $NS \geq 0.7$ を良い評価の目安とする。

3. 2 「一般性のある流入量予測手法の提案」のための方法

(1) 対象地点と対象事例

検討対象とした各ダムの位置を図2に示す。各ダムで2000年から2020年までの洪水期 (6月から10月) における気象・水文情報を収集し、期間内で最も大きい流入量が観測された事例を予測対象事例とし、学習事例には予測対象事例を含む上位10事例を学習させ予測を行う。モデル学習に利用する各事例あたりの学習期間は、最大流入量が観測された日と前後1日の、日界で区切った3日分 (計72時間分) とした。

(2) 予測対象となる目的変数と用いる説明変数

ここでは流域面積の差異が予測結果に影響しないように、24時間積算流入量を流域面積で割り1時間当たりの平均値とすることで次元を調整し、目的変数を24時間平均流出高 (mm/h) とした。また、説明変数は表3に示す項目とし、単位はすべて単位時間当たりの流出高の mm/h にそろえた。



図2 対象としたダムの位置と流域形状

表2 説明変数の諸元

観測項目	データ概要	
流入量	m ³	時刻 t の実測値
流域平均雨量	mm	時刻 $t - 24 \sim t$ の実測値
予測雨量	mm	時刻 $t + 1 \sim t + 24$ の計算値
土壌湿潤状態の指標	mm	時刻 $t \sim t + 24$ の計算値

※ t は現在時刻を表す。※予測雨量はみなし予測雨量と MSM 予測雨量
※土壌湿潤状態の指標は SWI と実効雨量。

表3 説明変数の諸元

項目	データ概要	
現在時刻流出高	mm/h	時刻 t の実測値*
流域平均雨量	mm/h	時刻 t の実測値
予測雨量**	mm/h	時刻 $t + 1, t + 2, \dots, t + 24$ の実測値
720時間平均実効雨量	mm/h	時刻 t の計算値の1時間当たりの平均値
720時間平均予測実効雨量	mm/h	時刻 $t + 1, t + 2, \dots, t + 24$ の計算値の1時間当たりの平均値
24時間平均流域平均雨量	mm/h	時刻 $t - 23 \sim t$ の積算実測値の1時間当たりの平均値
24時間平均予測雨量	mm/h	時刻 $t + 1 \sim t + 24$ の積算実測値の1時間当たりの平均値

* t は現在時刻までの1時間

**予測雨量は実測 (みなし予測雨量)

a) SWI とみなし予測雨量

b) 実効雨量とみなし予測雨量

c) 実効雨量と MSM 予測雨量

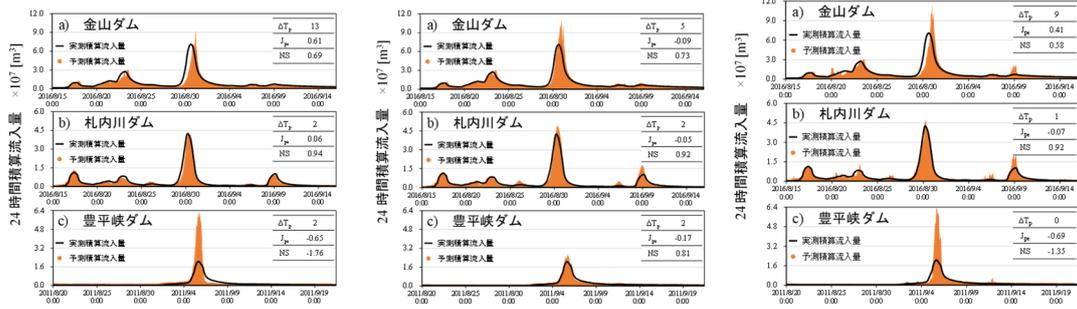


図3 各ダム流域の流入量予測結果

(3) Elastic Net による統計モデルと精度評価指標

前節 3. 1 (3) に示した手法と同様である。

(4) 一般化の方法

一般化できる流出高予測式を見出すため、流域の地理要因に着目した類型化を試みた。具体的には、「流域面積」、「標高差」、「平均傾斜角度」、「形状比」、「最大辺長距離」を規準化し、ウォード法で階層クラスター分析³⁾を行なって、ダムを分類する。そのうえでクラスターを代表させるモデルで一般化が可能かを検討する。

4. 研究成果

4. 1 「未経験事例の予測精度向上」の結果

24時間積算流入量予測について、a) SWI とみなし予測 (=実測) 雨量を用いた結果、b) 実効雨量とみなし予測 (=実測) 雨量を用いた結果、さらに c) 実効雨量と MSM 予測雨量を用いた結果を並べて図3に示す。金山ダムの a) と b) を比べると、実効雨量モデルの方が SWI モデルよりも ΔT_p が小さく、 J_{pe} も安全側の評価値となっていた。さらに台風 10 号が接近する前に先行した 3 つの台風を含め、SWI モデルは積算流入量の立ち上がり開始に遅れが見られるが、実効雨量モデルでは大きく改善されている。これは、実効雨量が土壌湿潤状態の指標の重みとして反映されているためと考えられる。結果として、連続する大雨で土壌の湿潤状態が変化する場合にも長期的な降雨履歴を考慮することで、未経験規模の事例においても比較的安全側の予測が出来ることが示された。

札内川ダムの結果は、いずれの予測においても良い評価値が得られている。これは既往事例と同規模の学習事例があること、また、モデルの説明変数として SWI と実効雨量のどちらも重みが小さいことから、他の説明変数で良好な予測が出来たと考える。豊平峡ダムの結果は、同規模の学習事例があるものの、土壌湿潤状態の違いで予測精度に大きな差が生じた。これは金山ダムの事例と同様に実効雨量の重みが大きく、土壌の湿潤状態を適切に表現出来たためと考えられる。以上より、長期的な降雨履歴を考慮した実効雨量を用いることで、未経験洪水事例にも適用可能な予測モデルが提案出来た。これまで物理的手法にも長期的な土壌湿潤状態の変化を考慮出来るモデルはなく、本提案手法が有用であると考えられる。

さらに予測雨量を現実に合わせて MSM に変更した結果を c) に示す。金山ダム及び豊平峡ダムの結果は、MSM の予測値が実測値と合っていないため精度が低下したものの、札内川ダムの結果は MSM の予測精度が高いため流入量予測の精度も良好であり、立ち上りにも遅れが見られない。今後 MSM の予測精度が向上すれば、金山ダム及び豊平峡ダムの事例においても精度向上が期待出来ると考えられる。

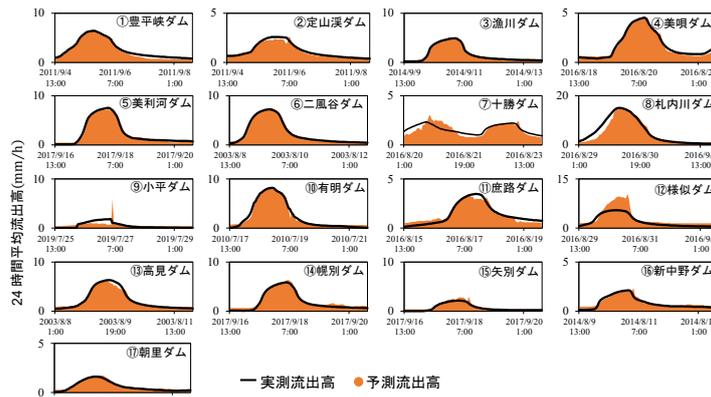
4. 2 「一般性のある流入量予測手法の提案」の結果

対象ダムの Elastic Net による流出高予測結果を図4に示す。このなかで a) 各ダムで作成したモデルによる予測結果と、b) クラスター別に一般化したモデルによる予測結果を示している。クラスターリングは流域面積に関係していることがわかり、それ以外の変数では分類の影響が見られなかった。その結果、クラスター1には 200km² 以上の流域面積をもつ二風谷ダム、十勝ダム、高見ダム、クラスター2にはそのほかのダムが分類できるとされた。

クラスター1で最適な一般式を探索した結果、高見ダムの予測式が全体的によい精度評価指標を示した。結果よりピーク値までの立ち上がりの遅れがなく、若干の過大評価はあるものの、防災面で安全側の予測結果が得られた。クラスター2については、幌別ダムの予測式が全体的によい精度評価指標を示した。結果より、立ち上がり部分やピーク値付近で過小評価となるダムもあるが、おおむね安全側の予測が得られることがわかった。

また、予測モデルの主要な説明変数上位3位を表4に示す。結果をみると、説明変数の重みから、多くのダムで、現在時刻流出高が将来の状態(予測値)に多大な影響を与えると考えられる。特に流域面積の大きいクラスター1(二風谷ダム、十勝ダム、高見ダム)は現在時刻流出高の影響が顕著である。クラスター2は現在時刻流出高と、24時間平均流域平均雨量を主要な説明変数としているダムで安全側の予測ができる傾向が見られた。

a) 各ダムで作成したモデルによる結果



b) クラスター別に一般化したモデルによる結果

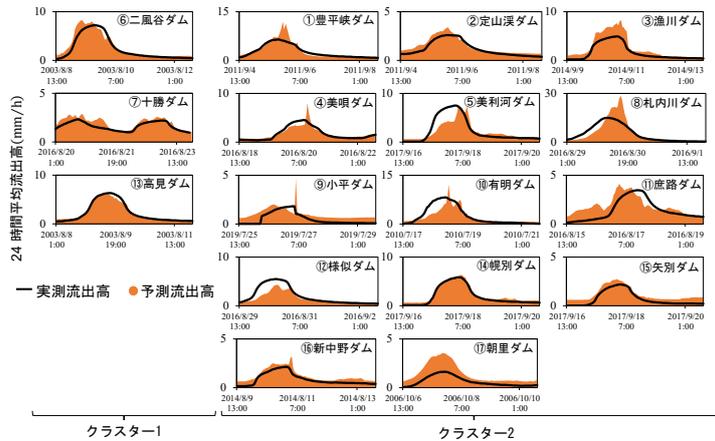


図4 24時間平均流出高の予測結果の比較

表4 各ダムの主要な説明変数(上位3位)

①豊平峡	②定山溪	③漁川	④美唄	⑤美利河	⑥二風谷	⑦十勝	⑧札内川	⑨小平
現在時刻流出高	現在時刻流出高	24時間平均 流域平均雨量	現在時刻流出高 ²	2時間後 予測雨量	現在時刻流出高	現在時刻流出高	(24時間平均 流域平均雨量) ²	(24時間平均 流域平均雨量) ²
1時間後 予測雨量	1時間後 予測雨量 × 平均実効雨量	現在時刻流出高 × 6時間後 予測雨量	現在時刻流出高 × 2時間後 予測雨量	1時間後 予測雨量	24時間平均 流域平均雨量	現在時刻流出高 × 10時間後予測 平均実効雨量	(現在時刻流出高) ²	(現在時刻流出高) ²
(24時間平均 流域平均雨量) ²	3時間後 予測雨量 × 平均実効雨量	現在時刻流出高 × 1時間後 予測雨量	(24時間平均 流域平均雨量) ²	3時間後 予測雨量	流域平均雨量 × 1時間後予測 平均実効雨量	現在時刻流出高 × 11時間後予測 平均実効雨量	6時間後 予測雨量 × 15時間後 予測雨量	現在時刻流出高 × 流域平均雨量
⑩有明	⑪底路	⑫様似	⑬高見	⑭幌別	⑮矢別	⑯新中野	⑰朝里	
現在時刻流出高 × 24時間平均 流域平均雨量	現在時刻流出高 × 24時間平均 流域平均雨量	現在時刻流出高 × 24時間平均 流域平均雨量	現在時刻流出高	現在時刻流出高	現在時刻流出高 × 9時間後 予測雨量	現在時刻流出高	現在時刻流出高	
(流域平均雨量) ²	5時間後 予測雨量 × 24時間平均 流域平均雨量	現在時刻流出高 × 8時間後 予測雨量	24時間平均 流域平均雨量	2時間後 予測雨量	(現在時刻流出高) ²	現在時刻流出高 × 10時間後 予測雨量	現在時刻流出高 × 15時間後 予測雨量	
10時間後 予測雨量 × 12時間後 予測雨量	4時間後 予測雨量 × 24時間平均 流域平均雨量	現在時刻流出高 × 7時間後 予測雨量	1時間後 予測雨量	3時間後 予測雨量	現在時刻流出高 × 4時間後予測雨量	現在時刻流出高 × 12時間後 予測雨量	現在時刻流出高 × 14時間後 予測雨量	

※着色部は共通性のみられる説明変数

<引用文献>

- 1) 地球流体電脳倶楽部, <http://dennou-h.gfd-dennou.org/> (閲覧日:2020/06/22)
- 2) Hui, Z. and Trevor, H.: Regularization and variable se-lection via the elastic net, Journal of the Royal Statistical Society, Series B67, pp.301-320, 2005.
- 3) Sebastian Raschka, Vahid Mirjalili, 福島真太朗 (監修), (株)クイープ (翻訳): Python 機械学習プログラミング第3版, 達人データサイエンティストによる理論と実践, インプレス pp. 306-319, 2020.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 SANDO Tomohiro, NAKATSUGAWA Makoto, KOBAYASHI Yosuke, SAKAMOTO Riko	4. 巻 76
2. 論文標題 RESEARCH ON PREDICTION METHODS FOR DAM INFLOW WITH LEAD TIME OF 24 HOURS APPLICABLE TO NO-EXPERIENCE FLOOD EVENTS USING ELASTIC NET	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_835 ~ I_840
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.76.2_I_835	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 NISHIJIMA Seren, NAKATSUGAWA Makoto, SANDOU Tomohiro	4. 巻 77
2. 論文標題 STUDY ON THE FREQUENCY OF EMERGENCY SPILLWAY GATE OPERATION IN MULTIPLE-PURPOSE DAMS IN SNOWY AREAS DUE TO CLIMATE CHANGE	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_43 ~ I_48
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.77.2_I_43	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 WAKASAYA Shoma, NAKATSUGAWA Makoto, KOBAYASHI Yosuke, SANDO Tomohiro	4. 巻 77
2. 論文標題 PREDICTION OF DAM STORAGE LEVELS AND THE VOLUME OF DISCHARGE ASSOCIATED WITH DISASTER PREVENTION MANAGEMENT DURING EXTREME FLOODING USING ELASTIC NET	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_67 ~ I_72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.77.2_I_67	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 山洞 智弘、中津川 誠、小林 洋介	4. 巻 2
2. 論文標題 スパースモデリング手法に基づくダム流入量予測の一般化の研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 AI・データサイエンス論文集	6. 最初と最後の頁 393 ~ 399
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11532/jsceiii.2.J2_393	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 箱石 健太、一言 正之	4. 巻 2
2. 論文標題 近年の実洪水事例における深層強化学習を用いたダム操作モデルの適用	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 AI・データサイエンス論文集	6. 最初と最後の頁 165～171
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11532/jsceiii.2.J2_165	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 NISHIJIMA Seren、NAKATSUGAWA Makoto	4. 巻 78
2. 論文標題 RESEARCH ON FLOOD RISK REDUCTION IN SNOWY COLD REGION THROUGH DAM LINKAGE	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_1273～I_1278
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.78.2_I_1273	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 HITOKOTO Masayuki、ARAKI Takeru、HAKOISHI Kenta、ENDO Yuto	4. 巻 78
2. 論文標題 EVALUATION OF APPLICABILITY OF DATA AUGMENTATION METHOD FOR DAM INFLOW PREDICTION USING DEEP LEARNING	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_175～I_180
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.78.2_I_175	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 一言 正之、荒木 健、箱石 健太、遠藤 優斗	4. 巻 28
2. 論文標題 深層学習を用いたダム流入量予測における学習データ拡張方法の提案-未経験規模の出水に対する適用性の向上-	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 河川技術論文集	6. 最初と最後の頁 67～72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11532/river.28.0_67	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 小嶋 侑、中津川 誠、小林 洋介、山洞 智弘	4. 巻 3
2. 論文標題 Elastic Netによるダム流入量予測手法の一般化に関する研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 AI・データサイエンス論文集	6. 最初と最後の頁 498～507
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11532/jsceiii.3.J2_498	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 高宮 立、小林 洋介、中津川 誠、山洞 智弘	4. 巻 3
2. 論文標題 スパースモデリングを用いた河川水位予測の豪雨災害を想定した性能比較	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 AI・データサイエンス論文集	6. 最初と最後の頁 446～455
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11532/jsceiii.3.J2_446	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件(うち招待講演 0件/うち国際学会 4件)

1. 発表者名 MAKOTO NAKATSUGAWA, RIKO SAKAMOTO, YOSUKE KOBAYASHI
2. 発表標題 RESEARCH ON DAM INFLOW PREDICTION DURING SEVERE FLOOD USING MACHINE LEARNING METHODS
3. 学会等名 IAHR-APD Congress 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 若狭谷昇真, 山洞智弘, 中津川誠, 小林洋介
2. 発表標題 Elastic Netを用いた大河川下流部の水位予測の研究
3. 学会等名 令和2年度土木学会北海道支部
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 神坂敬伍, 山洞智弘, 中津川誠, 小林洋介
2. 発表標題 北海道のダムを対象とした回帰手法に基づくダム流入量予測の一般化の研究
3. 学会等名 令和2年度土木学会北海道支部
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 若狭谷 昇真, 山洞 智弘, 中津川 誠, 小林 洋介
2. 発表標題 Elastic Netを用いた未経験洪水事例を対象とした河川水位予測
3. 学会等名 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小嶋 侑, 山洞 智弘, 中津川 誠, 小林 洋介
2. 発表標題 機械学習手法による幌別ダムの流入量と貯水位の予測に関する研究
3. 学会等名 令和3年度土木学会北海道支部
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 近藤 一平, 西島 星蓮, 中津川 誠
2. 発表標題 気候変動に伴う定山溪ダムの異常洪水時防災操作実施頻度の推定
3. 学会等名 令和3年度土木学会北海道支部
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西尾 優輝, 若狭谷 昇真, 中津川 誠, 小林 洋介
2. 発表標題 メソ数值予報を入力値としたElastic Netによるダム貯水位予測の研究
3. 学会等名 令和3年度土木学会北海道支部
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shoma Wakasaya, Makoto Nakatsugawa, Yosuke Kobayashi, Tomohiro Sando
2. 発表標題 Prediction of Dam Reservoir Level and Downstream River Level as Influenced by Discharge Based on a Machine Learning Method
3. 学会等名 the 39th IAHR World Congress (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Seren Nishijima, Makoto Nakatsugawa, Tomohiro Sando
2. 発表標題 Frequency of the Emergency Discharge Operation of Dams in Snowy Regions Considering the Uncertainty of Heavy Rain and Snowmelt Due to Climate Change
3. 学会等名 the 39th IAHR World Congress (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Makoto Nakatsugawa, Tomohiro Sando, Yosuke Kobayashi
2. 発表標題 Research on Practical Predictions of Dam Inflow Based on the Sparse Modeling Method
3. 学会等名 the 39th IAHR World Congress (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小嶋 侑, 中津川 誠, 山洞 智弘, 小林 洋介
2. 発表標題 Elastic Netを用いた利水専用ダムの流入量と貯水位の予測に関する研究
3. 学会等名 令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤匠, 小嶋侑, 中津川誠, 小林洋介
2. 発表標題 機械学習手法に基づくダム流入量予測の一般化に関する研究
3. 学会等名 令和4年度土木学会北海道支部
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 渡辺修, 若狭谷昇真, 中津川誠, 小林洋介
2. 発表標題 予測雨量の不確実性を考慮したダム流入量予測の研究
3. 学会等名 令和4年度土木学会北海道支部
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

水環境システム研究室[中津川研]HP 研究内容 https://u.muroran-it.ac.jp/riverlab/research.html
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	小林 洋介 (KOBAYASHI Yosuke) (10735103)	室蘭工業大学・大学院工学研究科・助教 (10103)	
研究分担者	一言 正之 (HITOKOTO Masayuki) (40463559)	日本工営株式会社中央研究所・先端研究開発センター・研究員 (92103)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関