

気象分布画像を用いた融雪期における 河川水位の予測手法

大成建設（株） ○大野 剛 飯村 浩太郎 高山 百合子

1. はじめに（背景と目的）

【背景】

- 河川工事では、安全管理の観点から半日～1日程度先までの水位の変動や出水の有無を把握することが求められる。
(作業員や建設資機材の避難、養生など)
- 河川工事は融雪に伴う出水が発生する地点でも実施する。
- 融雪に伴う出水は気温上昇や強風など降雨以外の要因で発生することがあり、気づかないうちに水位が上昇し、出水への対応が遅れる恐れがある。



ゲートを全開して洪水を分水路へ流す可動堰（平成18年4月撮影）

出典：「<https://www.hrr.mlit.go.jp/shinano/>

信濃川における融雪出水！

1. はじめに（背景と目的）

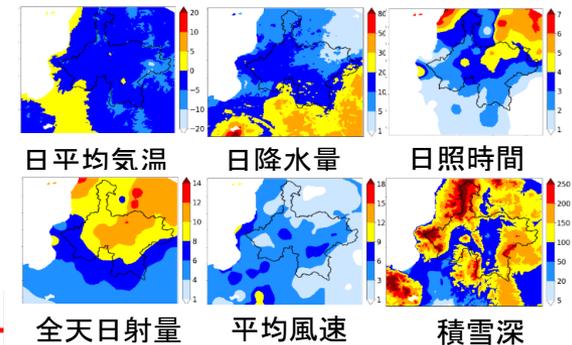
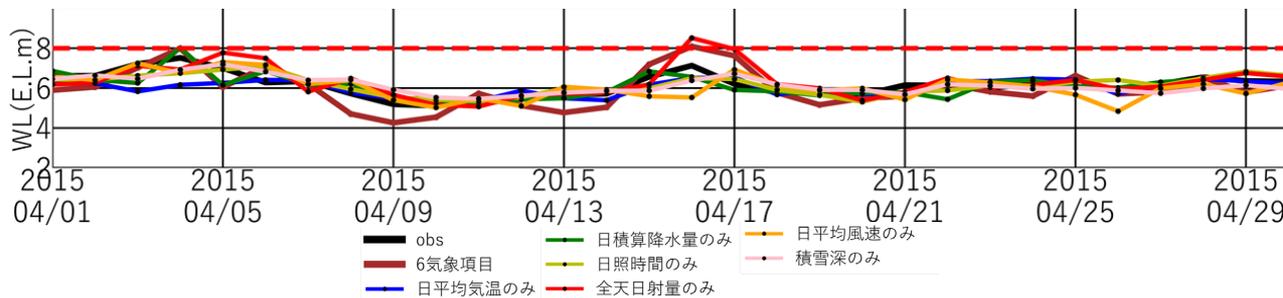
【背景】

- 融雪時期の日最大水位を実況水位と気象分布画像から予測する手法の検討を進めてきた。

※ 大野ら：気象分布画像を用いた融雪時期における河川の日最大水位予測と河川工事への適用性検討，土木学会論文集B1(水工学)第77巻2号，p.L_301-L_306，2021。

<画像を用いた理由>

- 水位上昇は流域全体の影響を受ける
- 観測所の水位や雨量に比べて入手が容易
- 天気予報を用いて長時間先の水位予測が可能



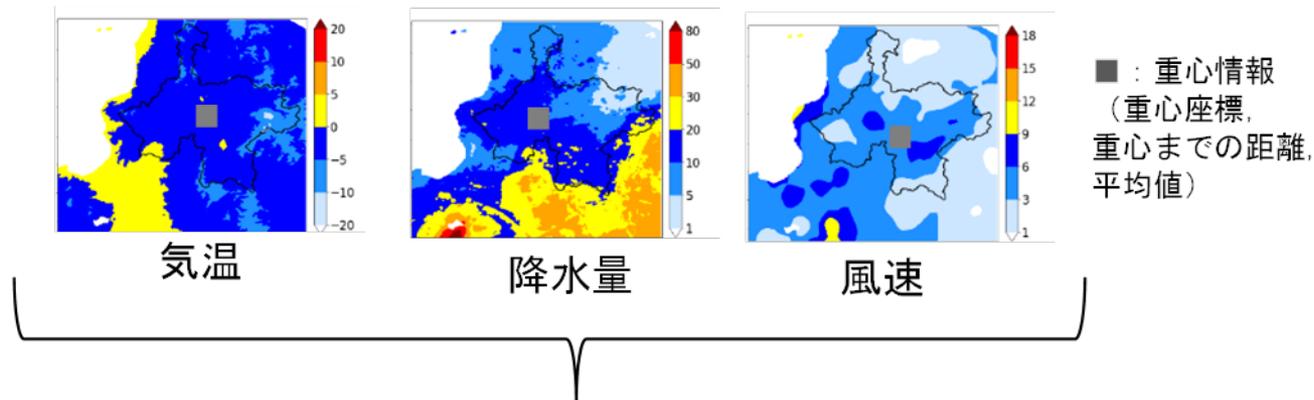
【目的】

融雪に関数する気象分布画像を用いて，1～24時間先の水位を予測する手法を構築し，実河川への適用性を検討すること（日最大水位の水位予測手法を1時間単位の予測手法に拡張）

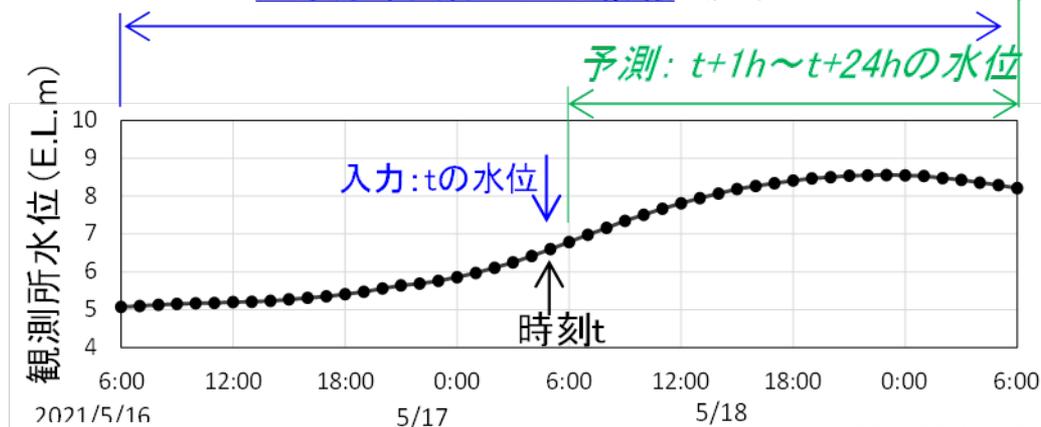
2. 気象分布画像を用いた予測方法

(1) 予測手法の概要

融雪に関する降水量，気温，風速の気象分布画像と，日照時間と積雪深のAMeDAS観測値および予測地点の観測水位から，1～24時間先の水位を深層学習（多層パーセプトロン）により予測する



入力: $t-24h \sim t+24h$ の気象分布画像の重心情報と流域内のAMeDAS観測値



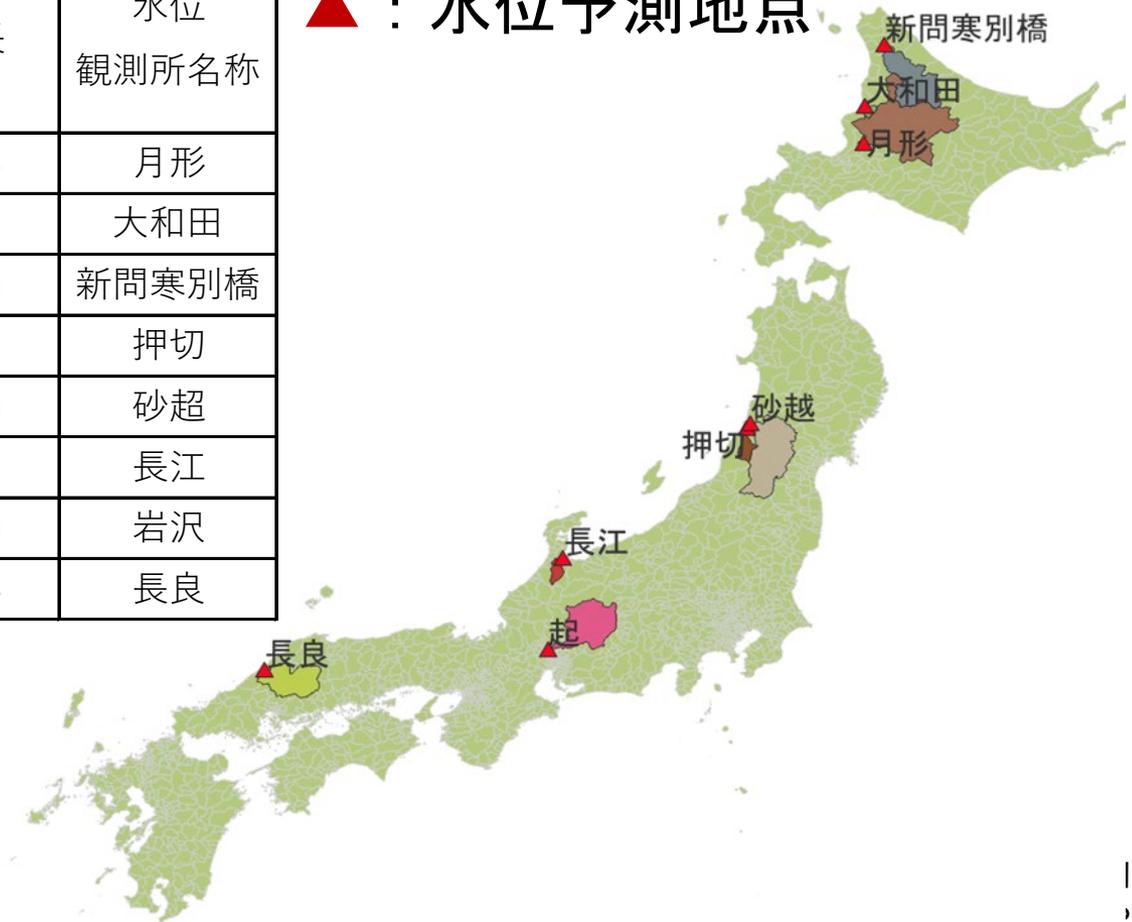
2. 気象分布画像を用いた予測方法

(2) 水位予測地点の選定（8河川）

予測地点上流の流域面積が異なる地点を全国5地方区分から選定した。

No	地域	河川名	流域面積 km ²	幹川流路 延長 km	水位 観測所名称
1	北海道	石狩川	14,330	268	月形
2	北海道	留萌川	270	44	大和田
3	北海道	天塩川	5,590	256	新問寒別橋
4	東北	赤川	857	70	押切
5	東北	最上川	7,040	229	砂越
6	北陸	小矢部川	667	68	長江
7	中部	木曾川	5,275	229	岩沢
8	中国	江の川	3,900	194	長良

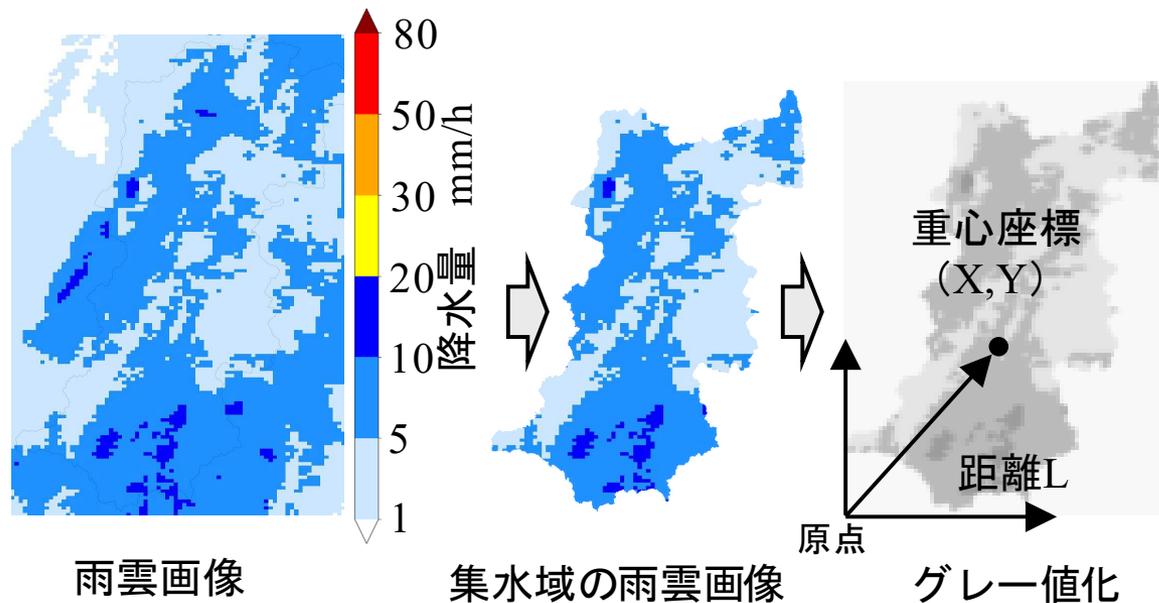
▲：水位予測地点



2. 気象分布画像を用いた予測方法

(3) 水位の予測方法

- 予測対象期間は、2018～2022年の融雪時期の3～5月、1時間ごと
- 気象分布画像から重心情報を取得
- アメダス観測値は24時間累積値を算出



重心情報の求め方の例

2. 気象分布画像を用いた予測方法

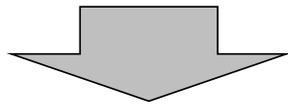
(3) 水位の予測方法

□ 重心情報，24時間累積値に重み値を乗じた（本手法の特徴）

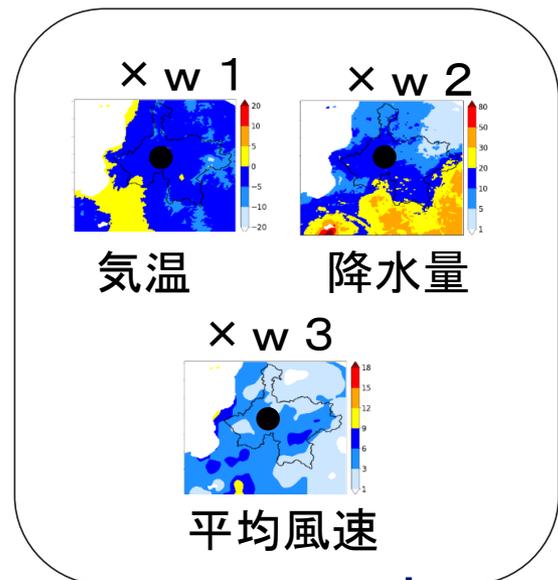
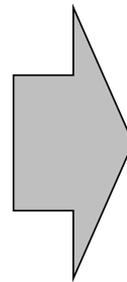
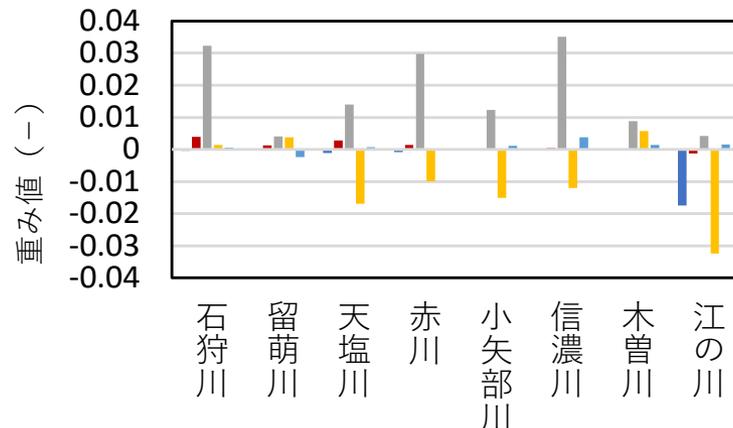
※重みは精度向上を目的に算出

※重み値は重回帰分析により求めた各気象項目の偏回帰係数とした
（2022年3～5月のAMeDAS観測所の値と水位）

$$\text{水位 } y = \text{気温} \times w_1 + \text{降水量} \times w_2 + \text{平均風速} \times w_3 + \text{日照時間} \times w_4 + \text{積雪深} \times w_5 + b$$



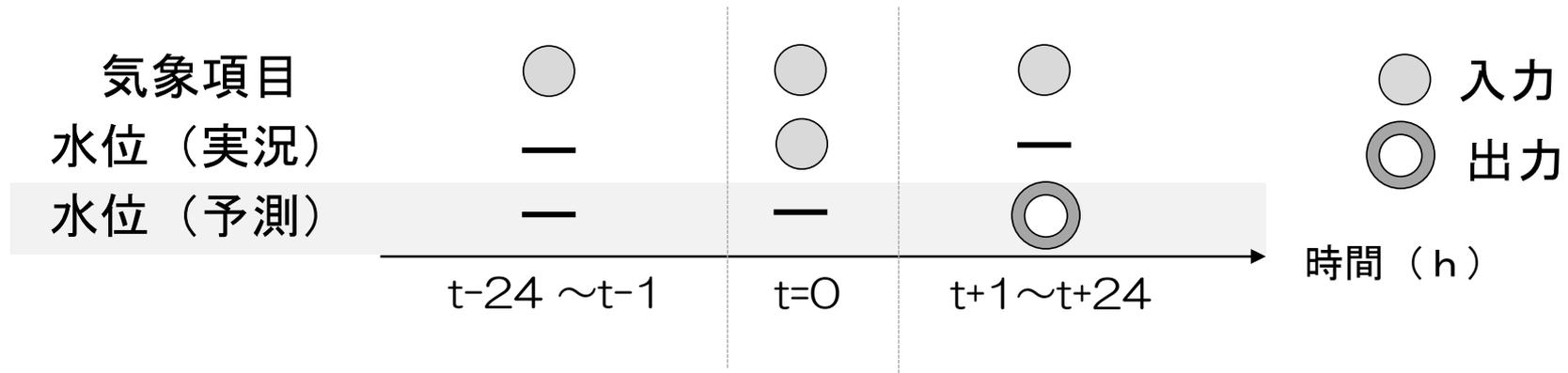
■ 積雪(cm) ■ 気温(°C) ■ 降水量(mm/h)
■ 日照時間(h) ■ 平均風速(m/s)



2. 気象分布画像を用いた予測方法

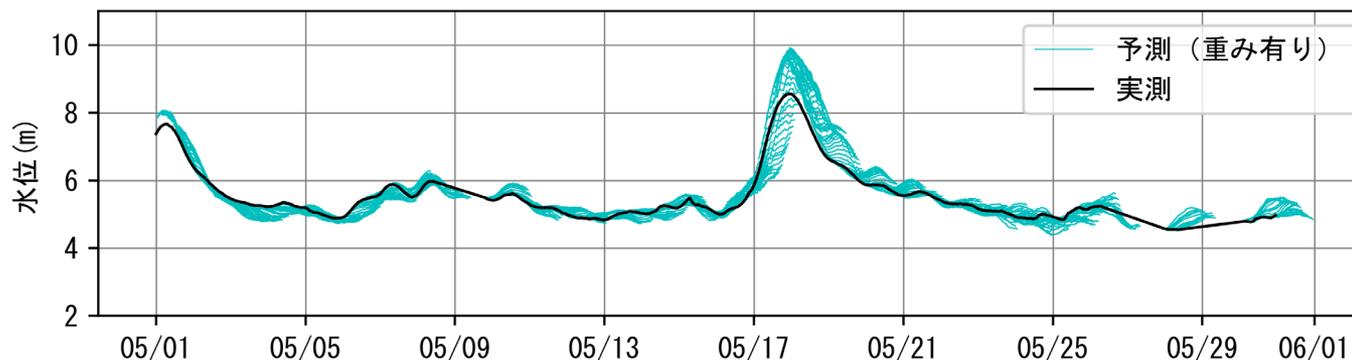
(3) 水位の予測方法

- 1年ずつの水位を予測，予測時は予測年を除いたデータセットを学習
- 予測項目は，24時間先まで1時間ごとの水位 ($t+1 \sim t+24h$)



例) 2020年の水位予測

2018~2022年から2020年を除いて学習→2020年の○を入力して○を求める。

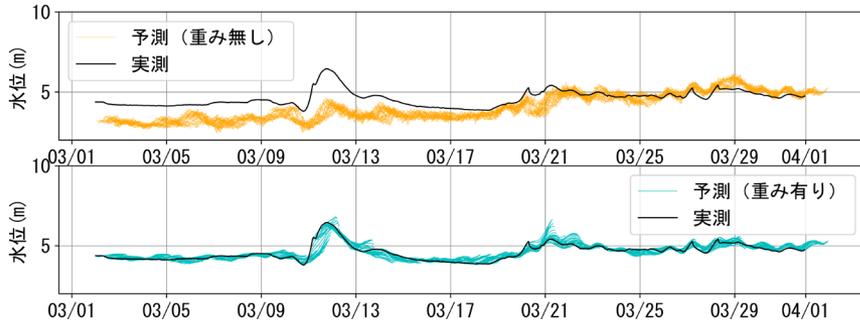


月形 (石狩川) の予測結果例

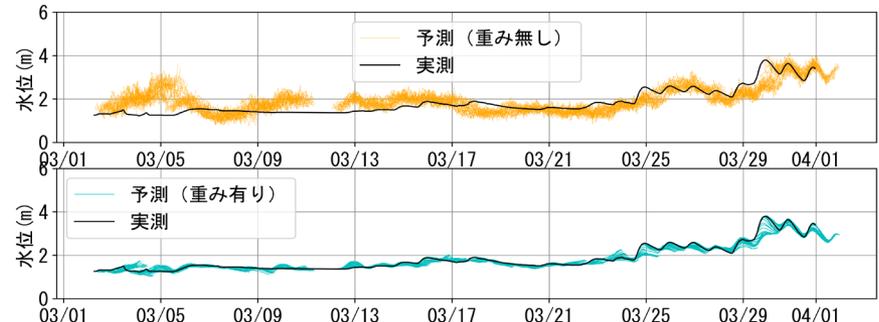
3. 予測結果

—：実測水位
—：予測水位

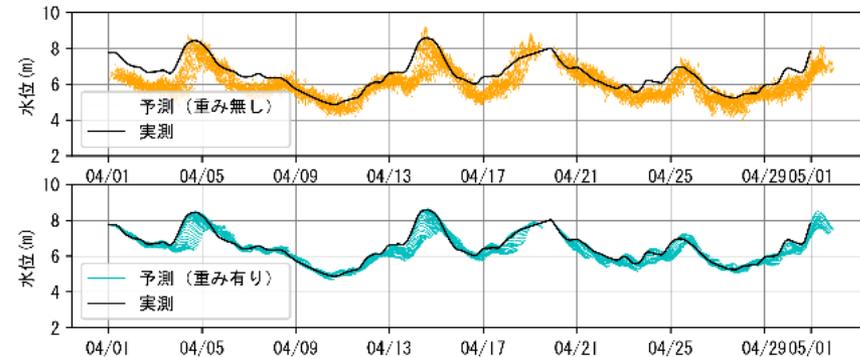
1時間ごとに24時間先の水位を予測した。



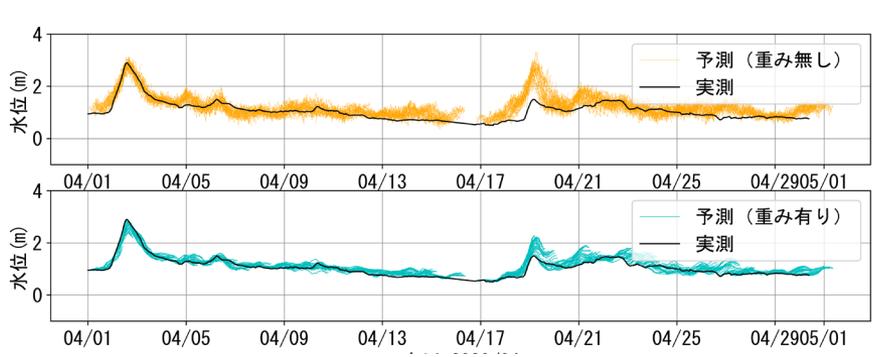
石狩川（北海道, 2020年3月）
（8,141データ）



留萌川（北海道, 2021年3月）
（5,259データ）



天塩川（北海道, 2021年4月）
（4,967データ）



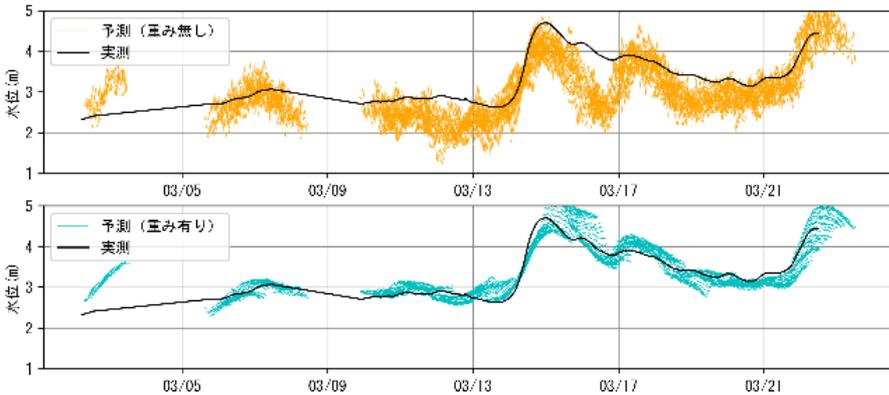
赤川（東北, 2020年4月）
（4,521データ）

予測結果の一例
（上段：重みなし，下段：重みあり）

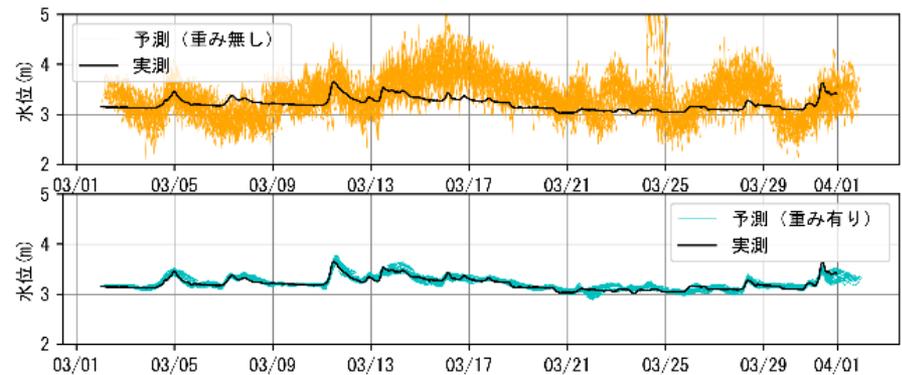
3. 予測結果

—：実測水位
—：予測水位

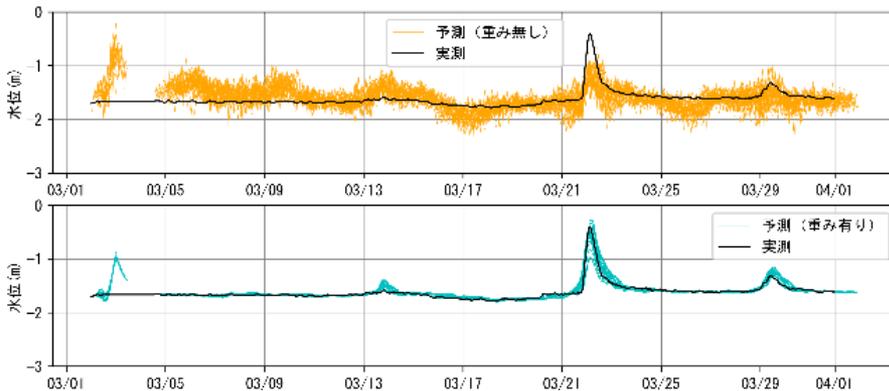
1時間ごとに24時間先の水位を予測した。



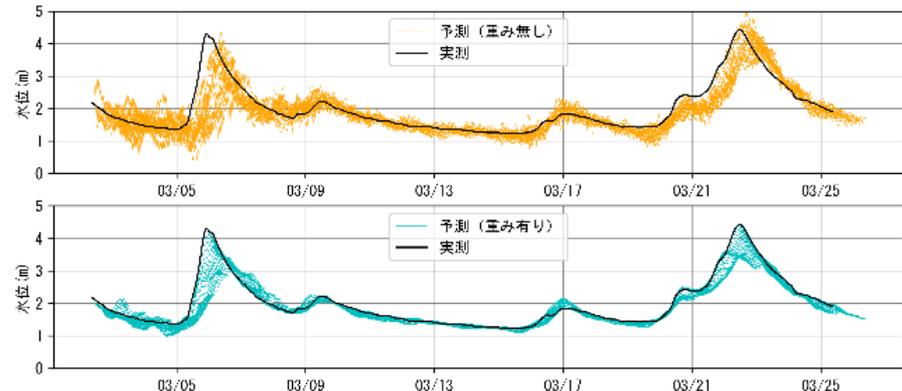
最上川 (東北, 2021年3月)
(1,186データ)



小矢部川 (北陸, 2019年3月)
(3,647データ)



木曽川 (中部, 2021年3月)
(4,824データ)



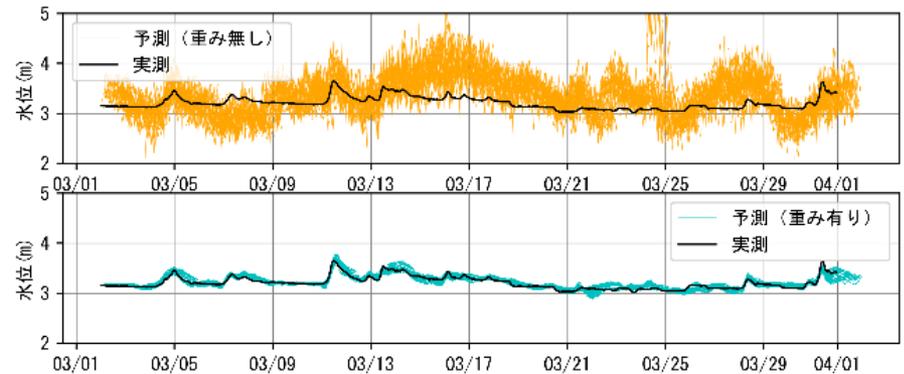
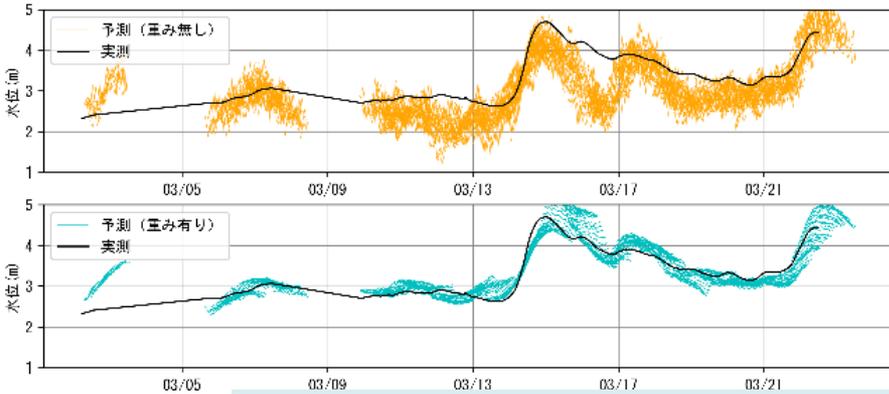
江の川 (中国, 2018年3月)
(4,101データ)

予測結果の一例
(上段：重みなし，下段：重みあり)

3. 予測結果

—：実測水位
—：予測水位

1時間ごとに24時間先の水位を予測した。

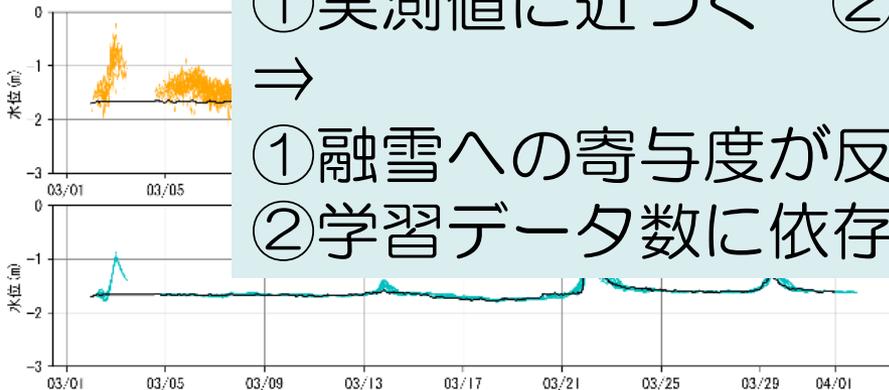


重み付けにより

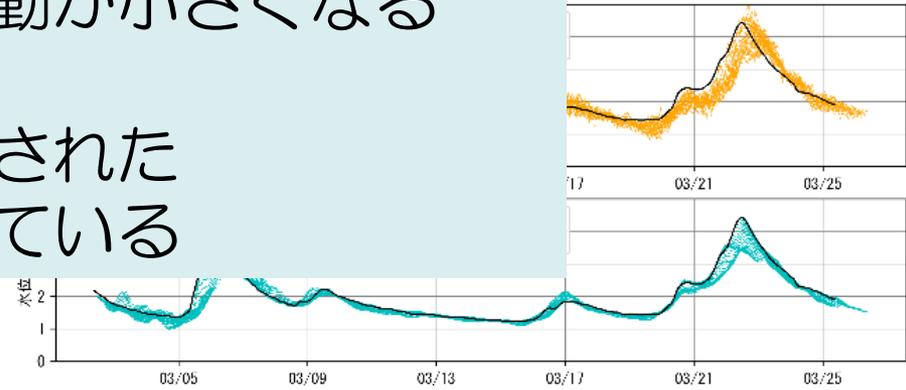
- ①実測値に近づく
- ②振動が小さくなる

⇒

- ①融雪への寄与度が反映された
- ②学習データ数に依存している



2019年3月)
(夕)



木曽川 (中部, 2021年3月)
(4,824データ)

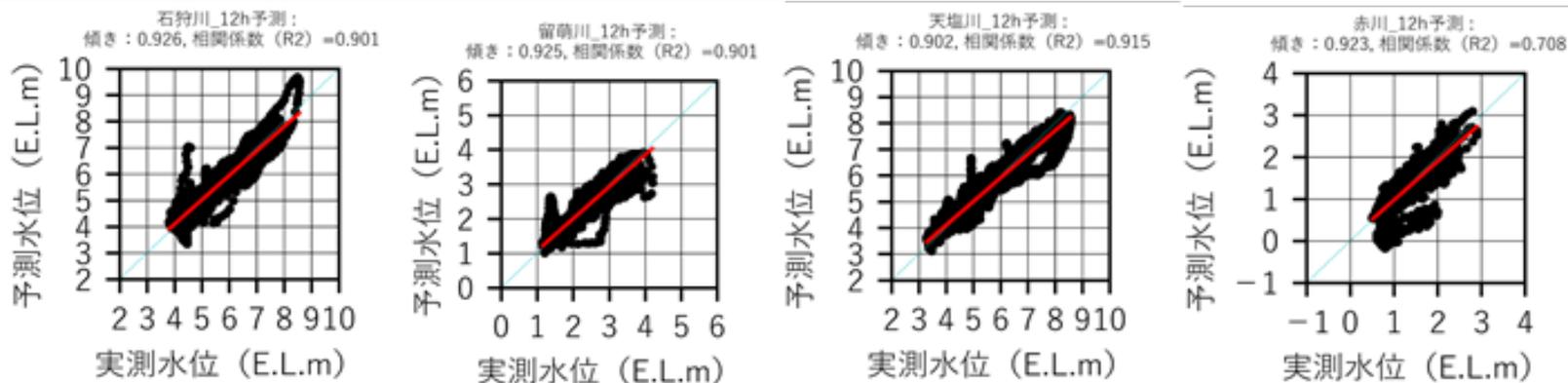
江の川 (中国, 2018年3月)
(4,101データ)

予測結果の一例
(上段：重みなし, 下段：重みあり)

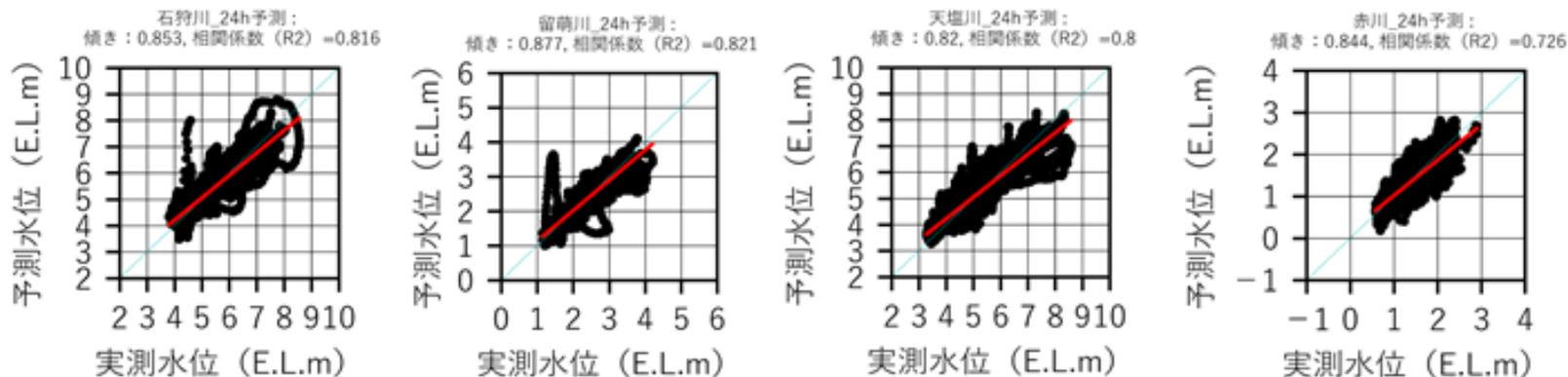
3. 予測結果

実測水位と予測水位の相関性を確認した。

12h先



24h先



石狩川

留萌川

天塩川

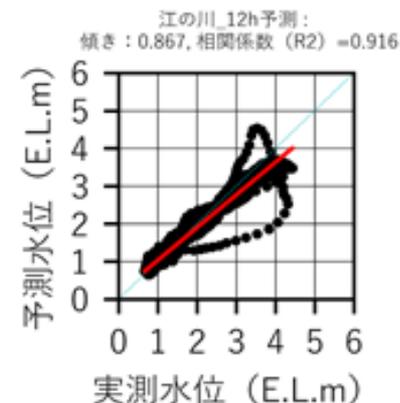
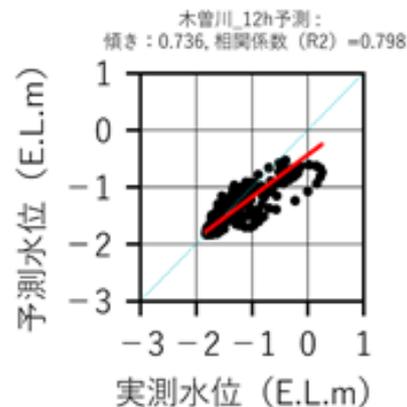
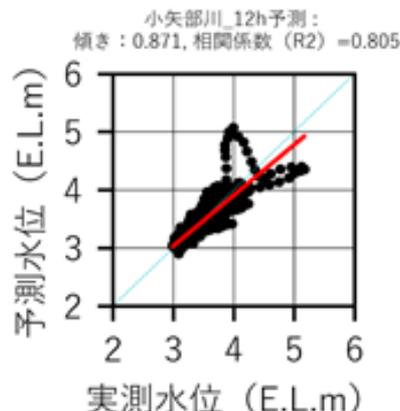
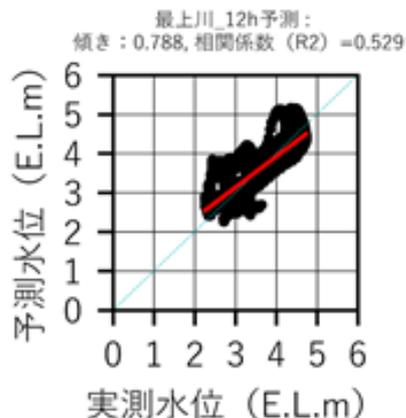
赤川

実測水位と予測水位の比較

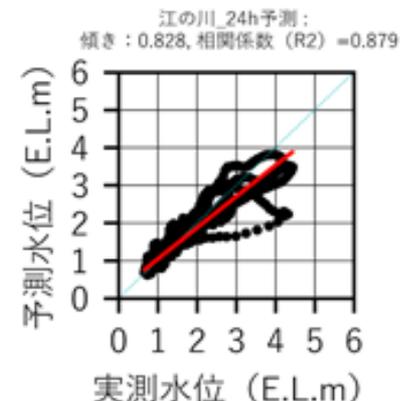
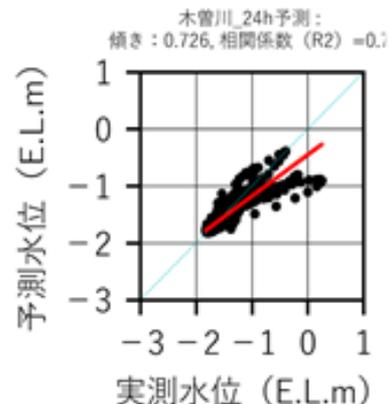
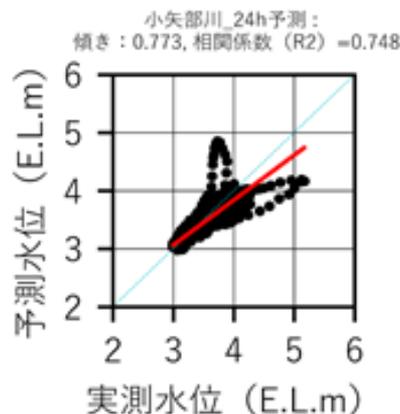
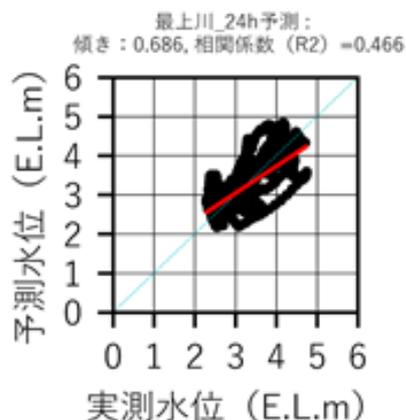
3. 予測結果

実測水位と予測水位の相関性を確認した。

12h先



24h先



最上川

小矢部川

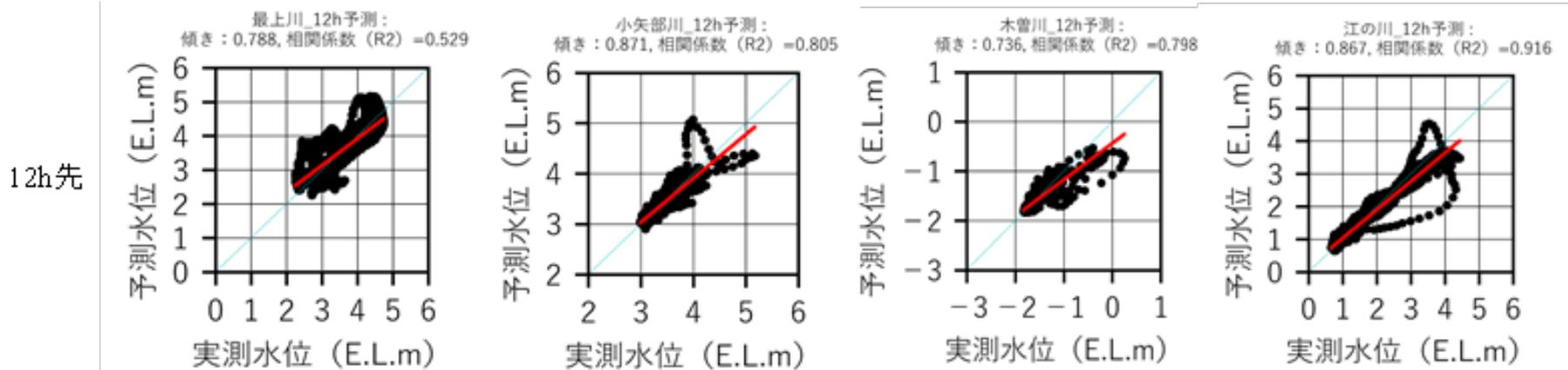
木曽川

江の川

実測水位と予測水位の比較

3. 予測結果

実測水位と予測水位の相関性を確認した。



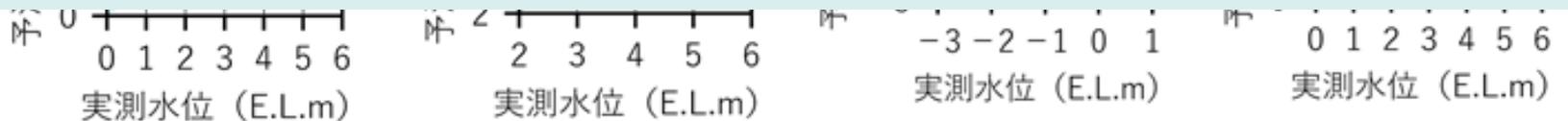
予測時間が短い⇒相関係数高， 相関式の傾き1

<例> 予測時間12hのとき

最小値：0.53（最上川）， 最大値：0.92（江の川）

平均：0.81

24h



最上川

小矢部川

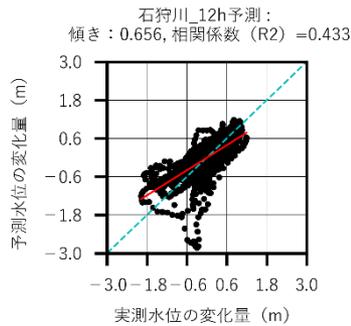
木曽川

江の川

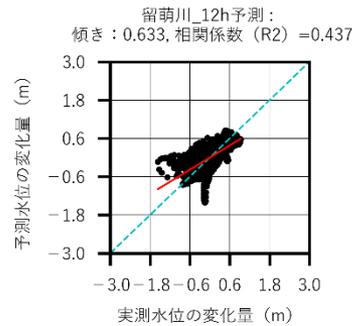
実測水位と予測水位の比較

3. 予測結果

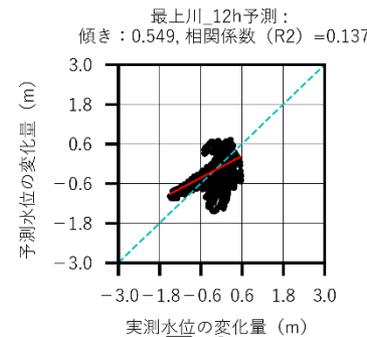
水位の変化量 (t=0から12時間後) について相関性を確認した。



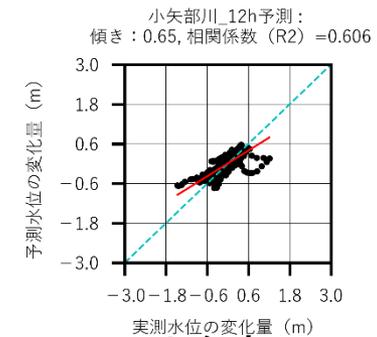
石狩川



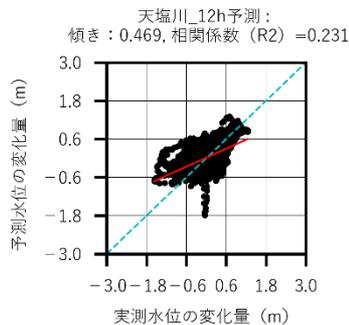
留萌川



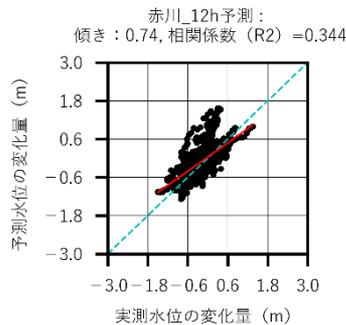
最上川



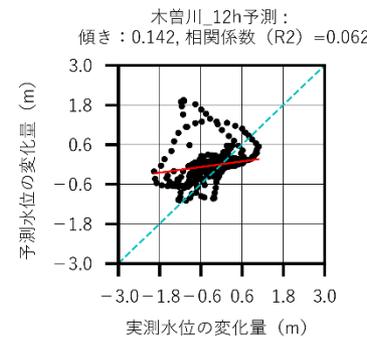
小矢部川



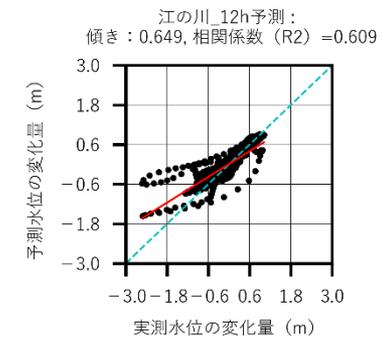
天塩川



赤川



木曾川

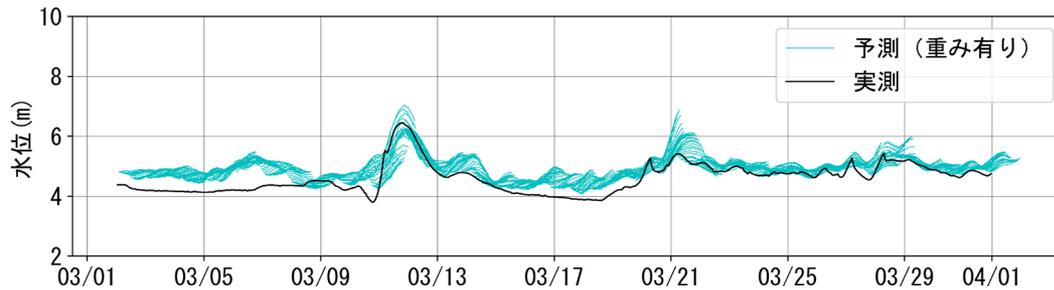


江の川

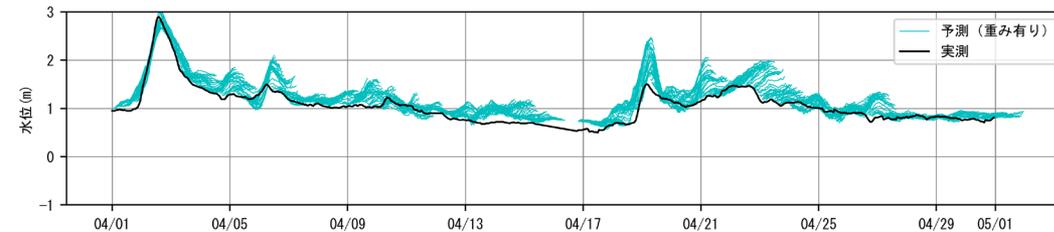
- 相関性は0.1~0.6と低い
- 一言ら (2018) : 水位上昇に注目することで精度向上
⇒⇒⇒水位上昇を入出力データに用いて本手法の予測精度を高める方法を今後も検討する。

4. 学習データの量が結果に及ぼす影響

学習データ量を減らした時の予測精度を確認した
(2020, 2021年)

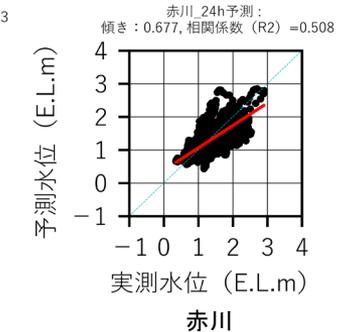
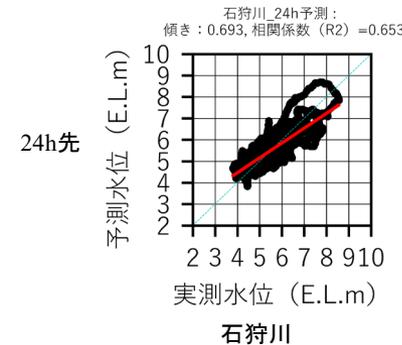
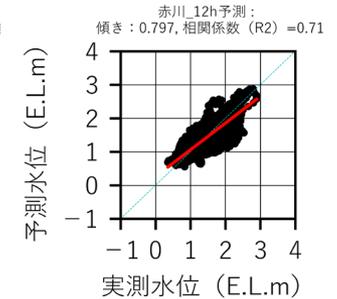
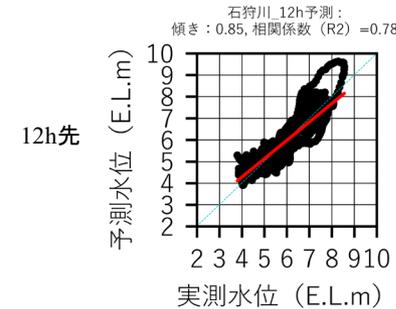


石狩川 (2020年3月)



赤川 (2020年4月)

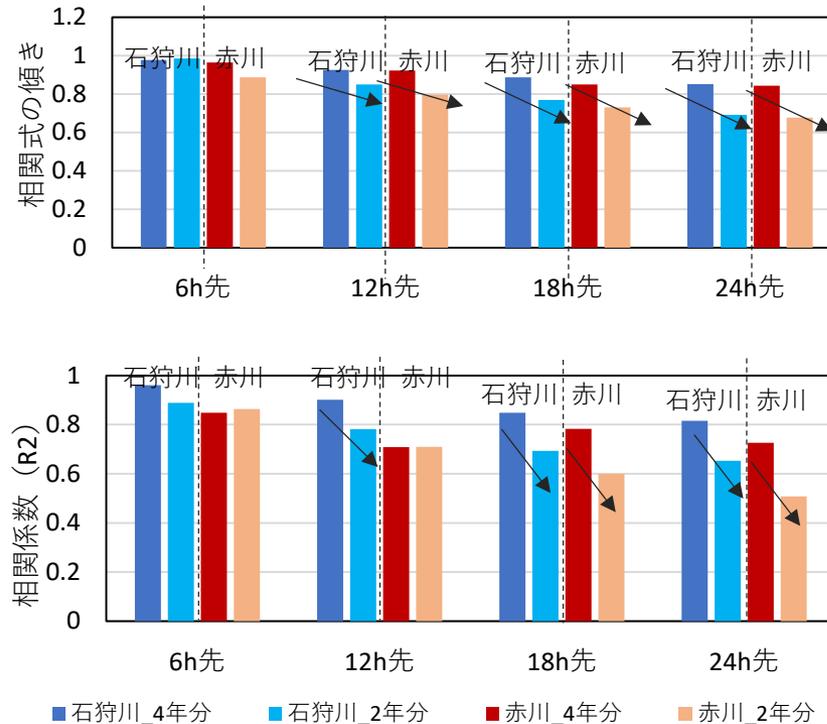
予測結果の一例
(重みあり)



実測水位と予測水位の
相関性

4. 学習データの量が結果に及ぼす影響

学習データ量を減らした時の予測精度を確認した



学習データの増減と相関式の傾き・相関係数

- 学習データが減ると相関係数が低下，傾きは1から離れた
⇒⇒⇒多様な出水イベントが含まれず精度が低下
【対応策】観測データの追加，物理モデルによるデータ作成等

5. まとめ

- 融雪に関する気象分布画像を用いて深層学習により1時間ごとと24時間先までの水位を予測する方法を構築し、実測水位と予測水位の相関性を確認した。
- その結果、重み付けにより8河川全てで振動が低減し、予測水位と実測水位の差異が小さくなった。
- 予測水位と実測水位の相関性は、重み付けが無い時と比較して相関式の傾きと相関係数が改善した。
- 本手法は地域や流域面積を問わず融雪期の出水を捉える可能性が示された。
- 河川ごとに予測精度を高めることで工事への適用可能性が高まると考えられた。