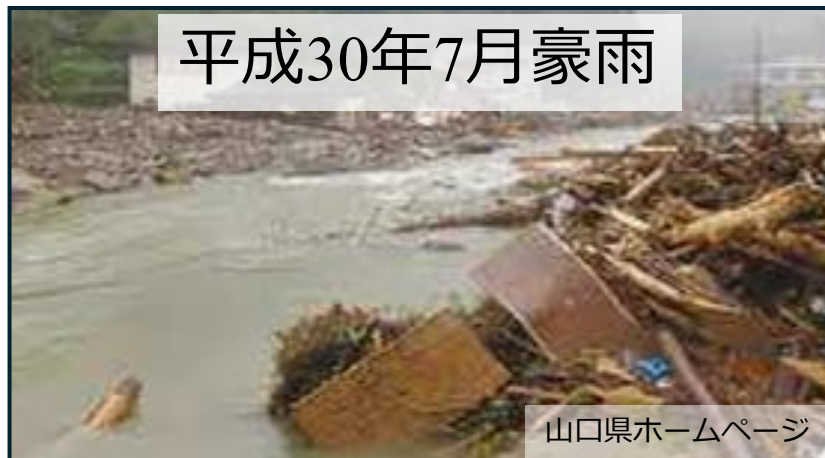




HiPPOブロックを導入したRNNによる 河川水位予測モデルの開発

山口大学大学院 創成科学研究科
中村遼音，福丸大智，足立亮介，赤松良久

背景



気候変動に伴う豪雨発生リスク増大による洪水災害が全国各地で発生



逃げ遅れによる人的被害が懸念される

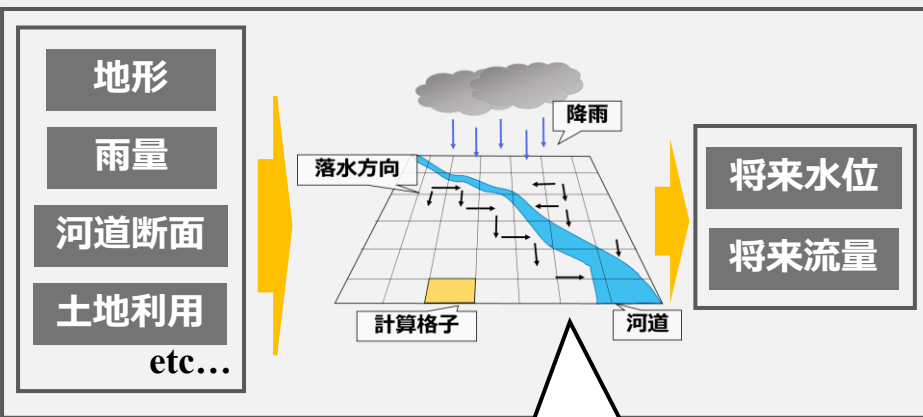


即時的かつ高精度な流域一貫の河川水位予測システムが必要

要配慮者施設を含む迅速な避難確保計画等を考慮すると
3時間先の河川水位予測が重要である

洪水を予測する手法

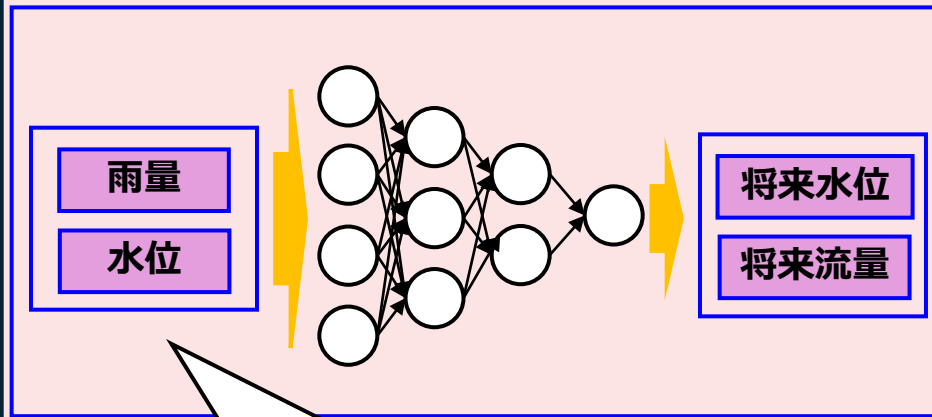
物理モデル



- 流域全体を予測
- ▲ 大量のデータ
- ▲ 長い計算時間

中小河川への適用に限界がある

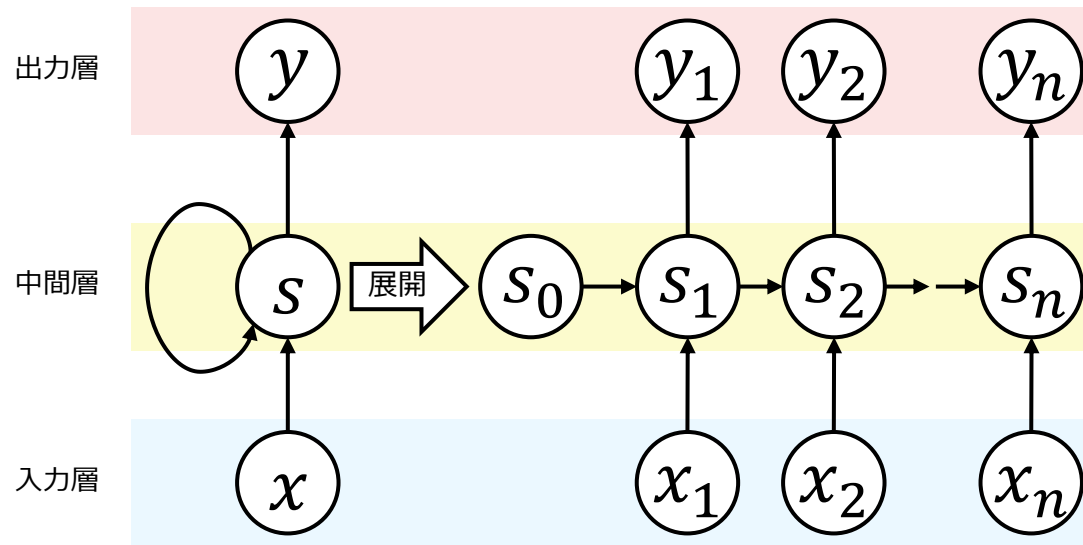
深層学習



- ▲ 地点ごとの水位を予測
- 少量のデータ
- 短い計算時間

即時性が高い

RNN(再帰型ニューラルネットワーク)



【メリット】

- 河川水位のような時系列データの処理に優れている

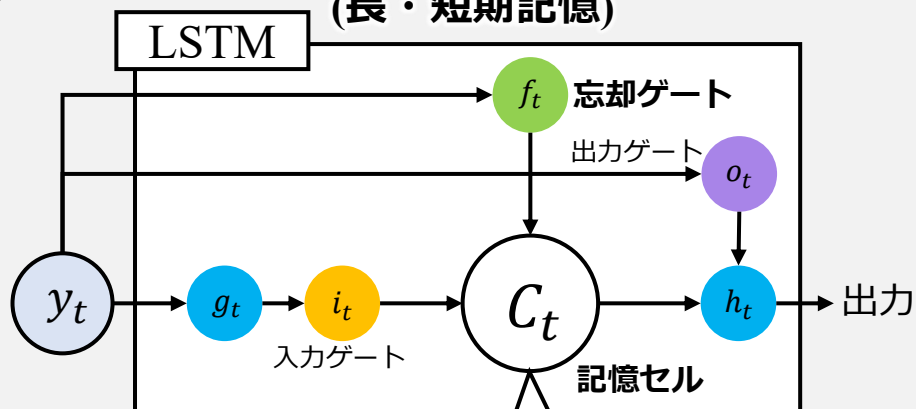
【デメリット】

- 初期の記憶や特徴を十分に保持できず，短期的な記憶に偏る
 - 勾配消失，勾配爆発

記憶構造の追加

LSTM

(長・短期記憶)



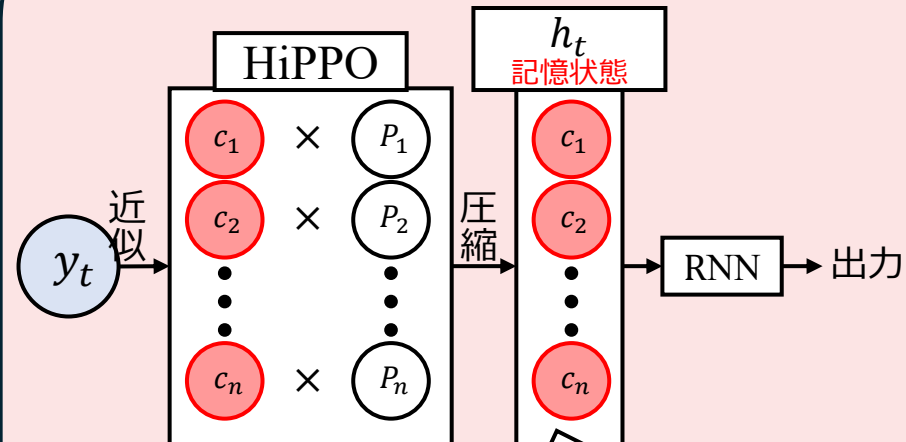
一部を忘却することで
長期時系列を再現

既往研究

河川水位予測に複数の適用事例
福丸ら¹⁾など

HiPPO(提案)

(高次元多項式演算子)



時系列データ全体を圧縮することで
記憶・保持する

水位予測への適用事例なし

目的

HiPPOを導入したRNNによる
流域一貫の河川水位予測モデルを開発し、
その有用性を明らかにする

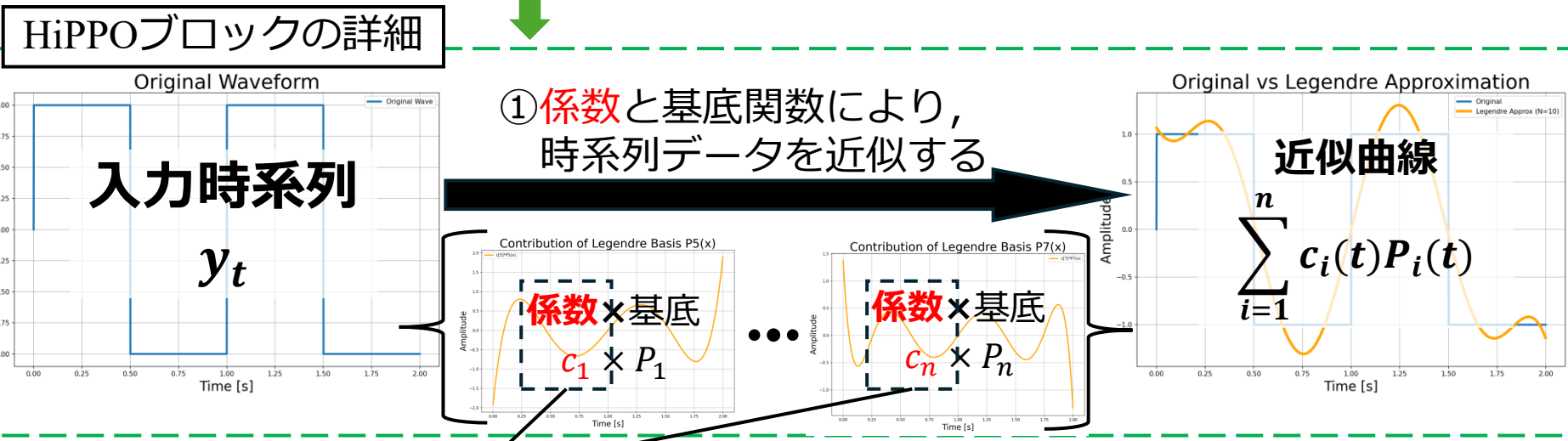
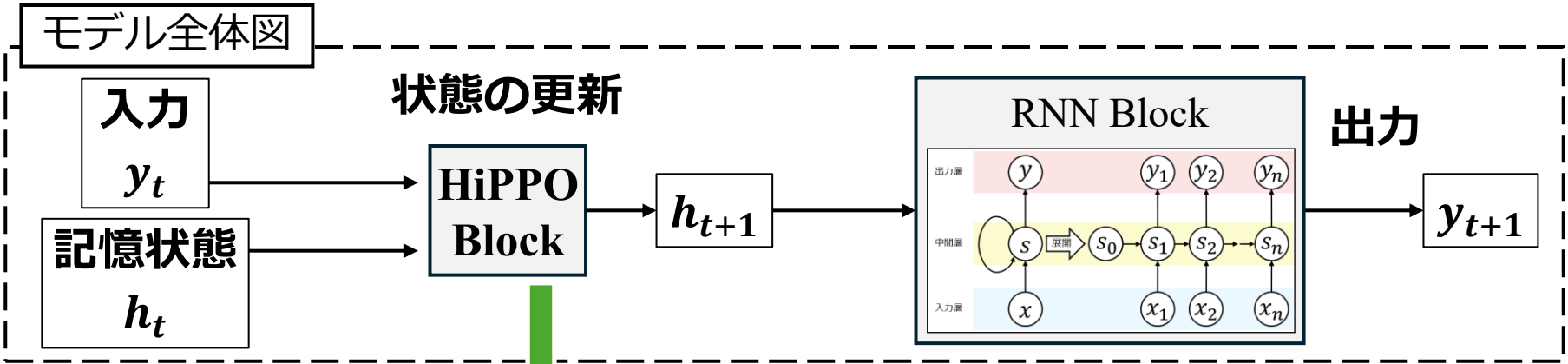
【検討内容】

①最適なモデルパラメータの検討

②LSTMを用いた河川水位予測モデル¹⁾との比較

1) 福丸大智, 赤松良久, 新谷哲也: 深層学習を用いた中小河川流域一貫の水位予測手法の高度化に関する研究, 土木学会論文集, Vol. 79, No. 8, 22-00234, 2023.

モデル概要



② **②係数をまとめて保持 (圧縮)**

$$h_t = \begin{Bmatrix} c_1 \\ \vdots \\ c_n \end{Bmatrix}$$

入力時系列は膨大な情報

係数列のみで記憶することで情報量を削減する

対象流域・使用データ

・山口県 厚東川水系

厚東川水系

集水域面積：361.2km²

幹線流路延長：54.6km

厚東川ダム：本川最下流から15km地点

学習データ：2000/9/1 1:00 ~ 2017/12/31 24:00
予測期間：2018/6/29 0:00 ~ 2018/7/9 24:00

モデルの入出力条件

(福丸ら¹⁾の既往研究の条件に従う)

入力層		出力層
種類	時刻	
雨量・ 1時間あたりの水位変化	-72~0	3時間先の 水位変化

▲：水位観測所
●：雨量観測所
■：ダム
■：集水域
□：厚東川流域

0 2 4 7 11 14
キロメートル

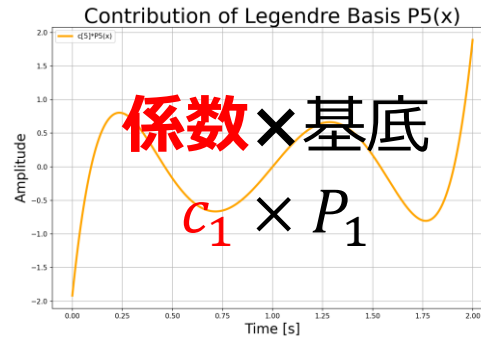
1) 福丸大智, 赤松良久, 新谷哲也: 深層学習を用いた中小河川流域一貫の水位予測手法の高度化に関する研究, 土木学会論文集, Vol. 79, No. 8, 22-00234, 2023.

最適パラメータの検討

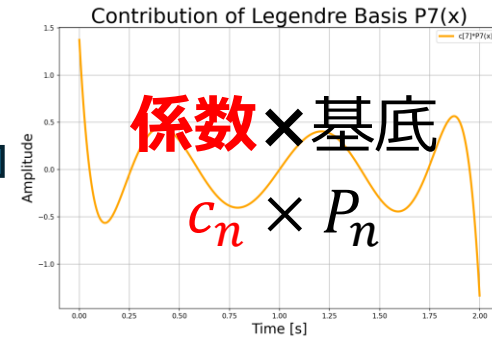
入力時系列

y_t

=



+ ... +



基底関数の数(HiPPOサイズ)によって高次の関数近似が可能



よりシャープな波形を表現可能

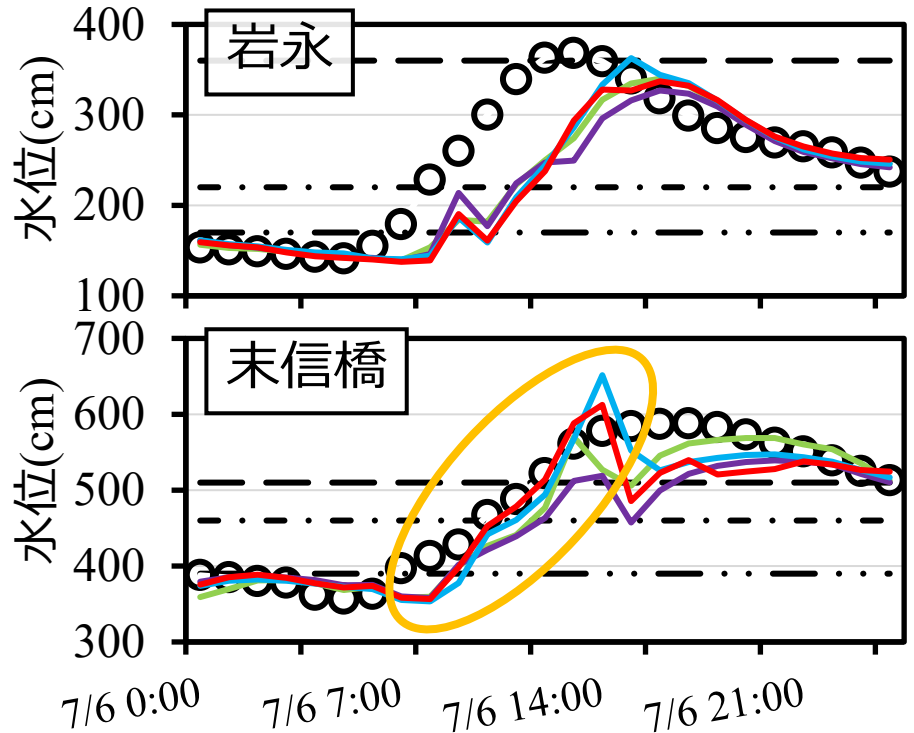
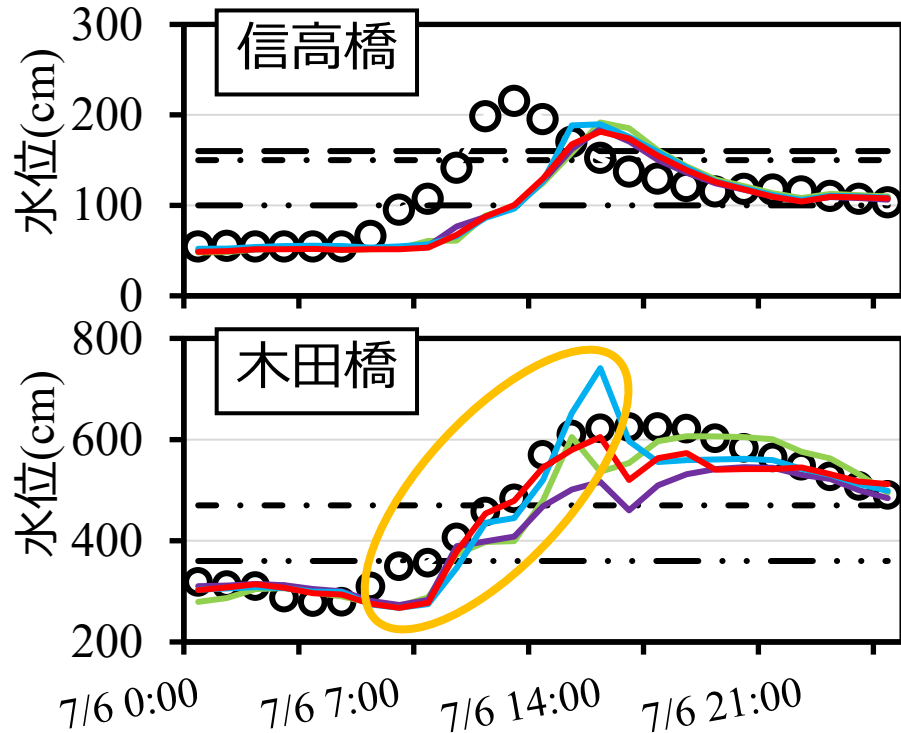
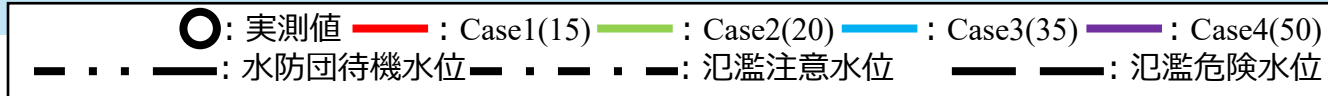
ただし...

水位波形の再現に適しているとは限らない

項目	Case1	Case2	Case3	Case4
HiPPOサイズ	15	20	35	50

各ケースの比較

※差が顕著であった期間(2018/7/6 0時~ 24時)に着目



- 上流域(信高橋, 岩永)では, 大差ない
- 上流は降雨から水位上昇までの応答が早く, その急激な水位変化をモデルが十分に学習しなかったと考えられる.
- 下流域(木田橋, 末信橋)における水位の立ち上がりの観点では, **Case1**および**Case3**が良好に予測

定量的な精度評価(Nash係数)

Nash係数の定義

$$Nash = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (H_{si} - H_{oi})^2}{\sum_{i=1}^N (H_{oi} - H_{oave})^2}$$

H_{oi} : 実測水位

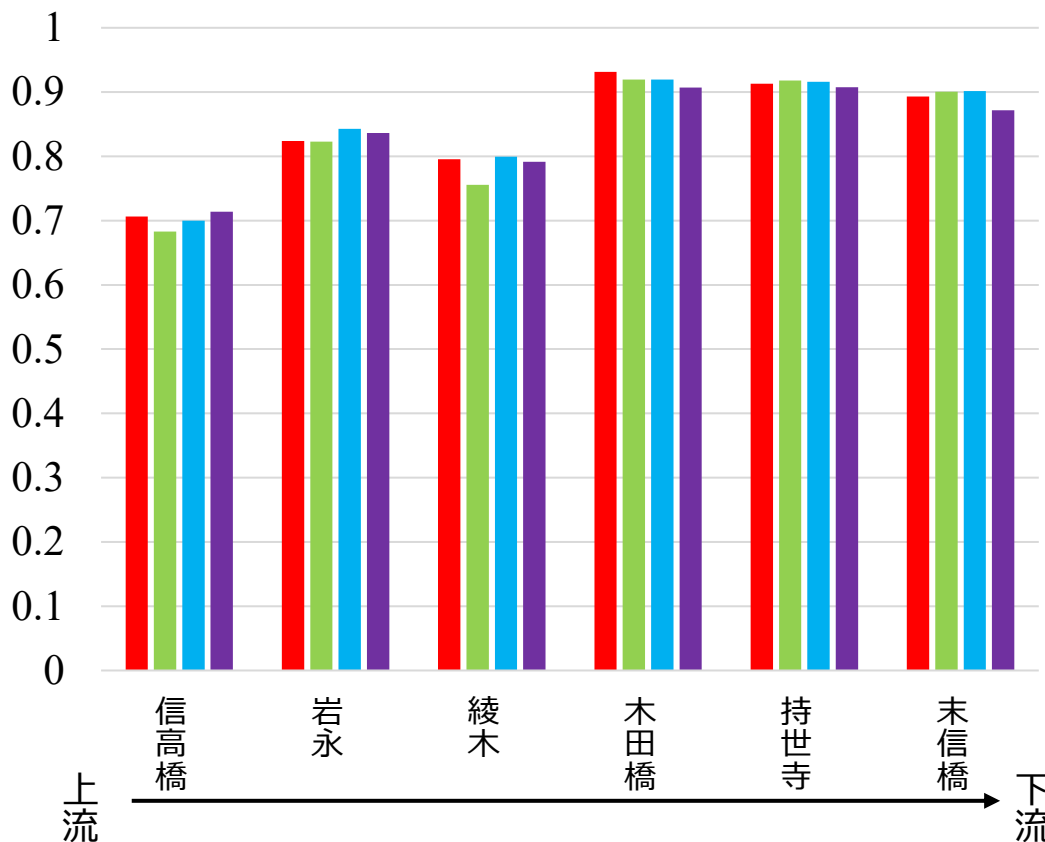
H_{si} : 予測水位

H_{oave} : 実測水位の平均

1に近いほど高精度

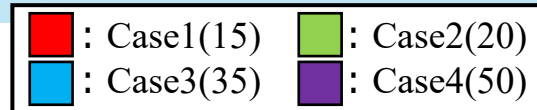
Nash係数 : 適合度

■ : Case1(15) ■ : Case2(20)
■ : Case3(35) ■ : Case4(50)

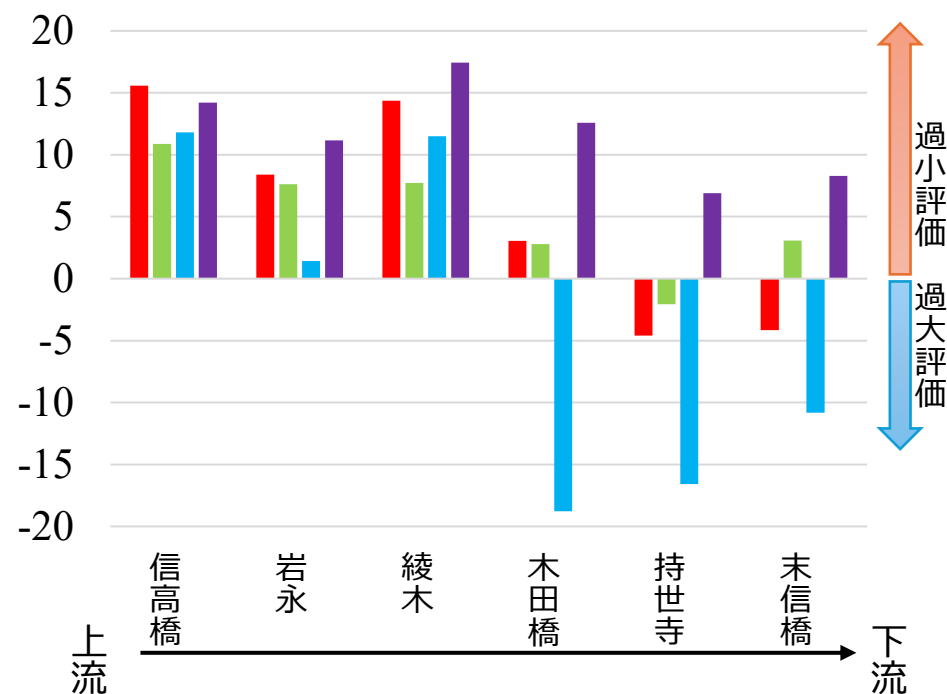


Nash係数では, 地点によってケース別の大小が異なる
→ 優劣がつかない

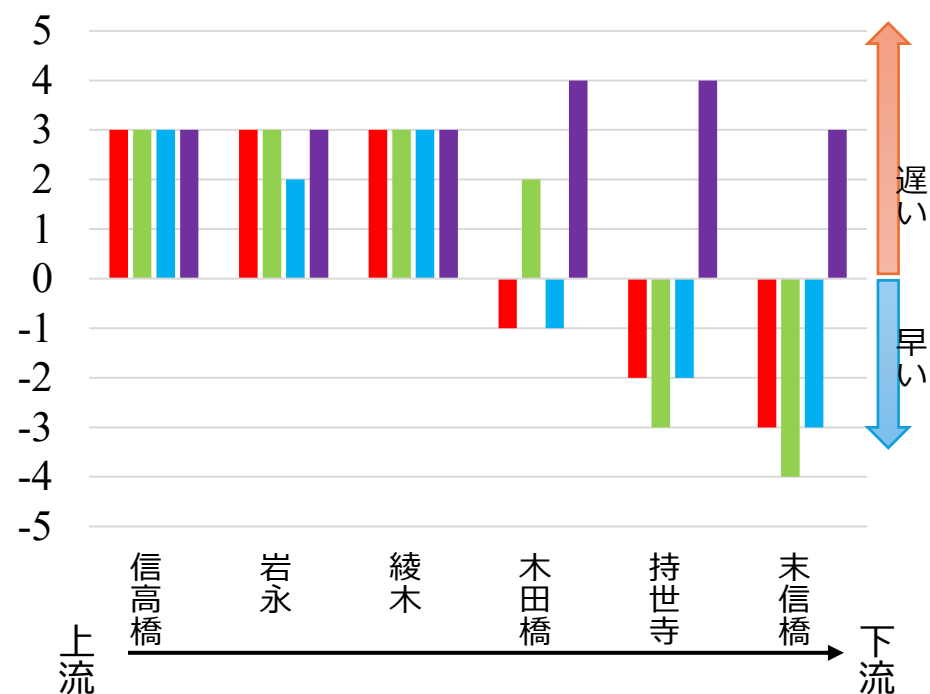
定量的な精度評価(Jpe, TE)



Jpe(%) : ピーク水位の誤差率



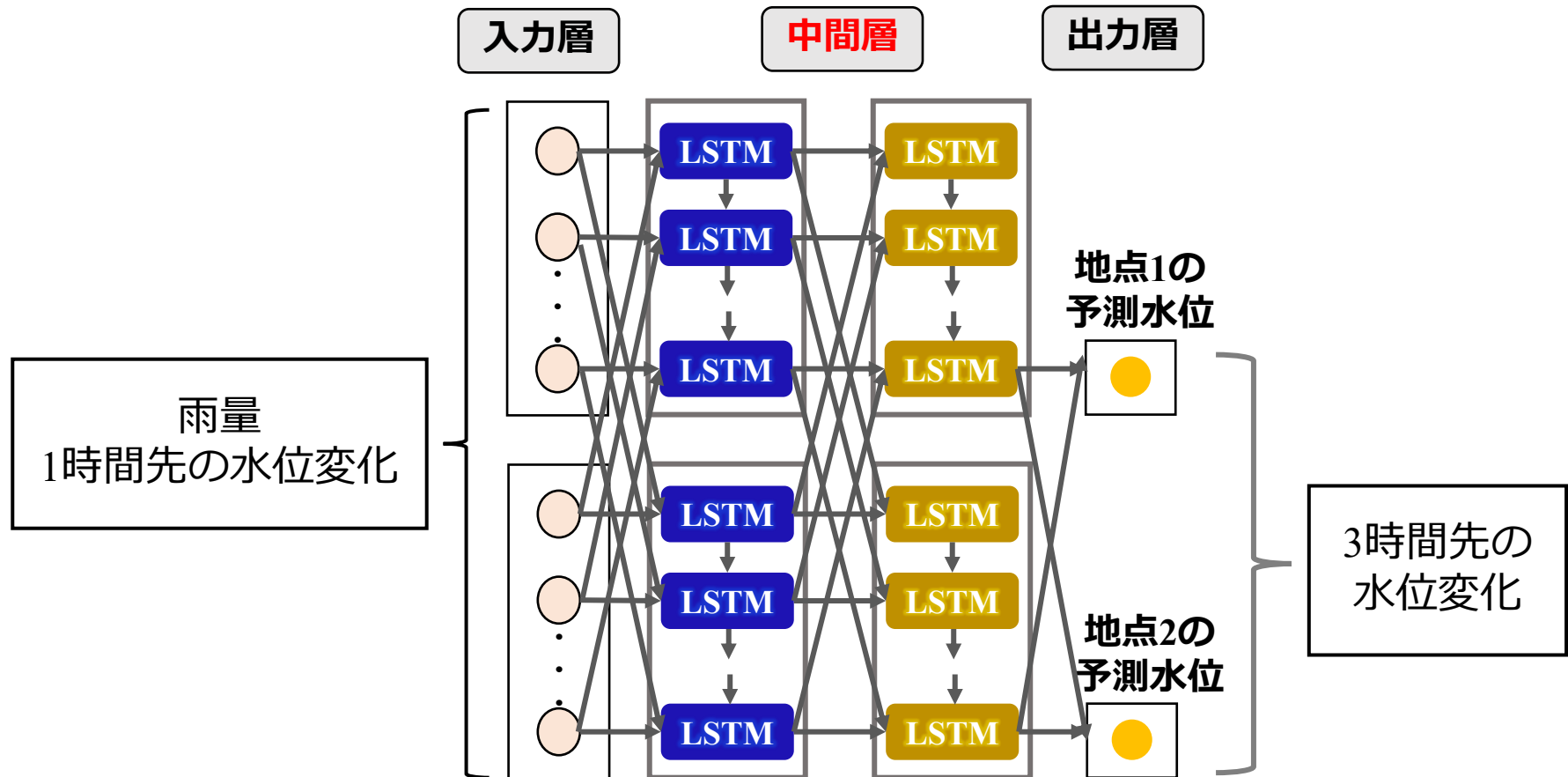
TE(h) : ピーク水位発生の誤差



- Jpe : Case1, Case2が比較的0に近い
- TE : Case1, Case3が0に近い
- Case1(HiPPOサイズ15)が最も高精度

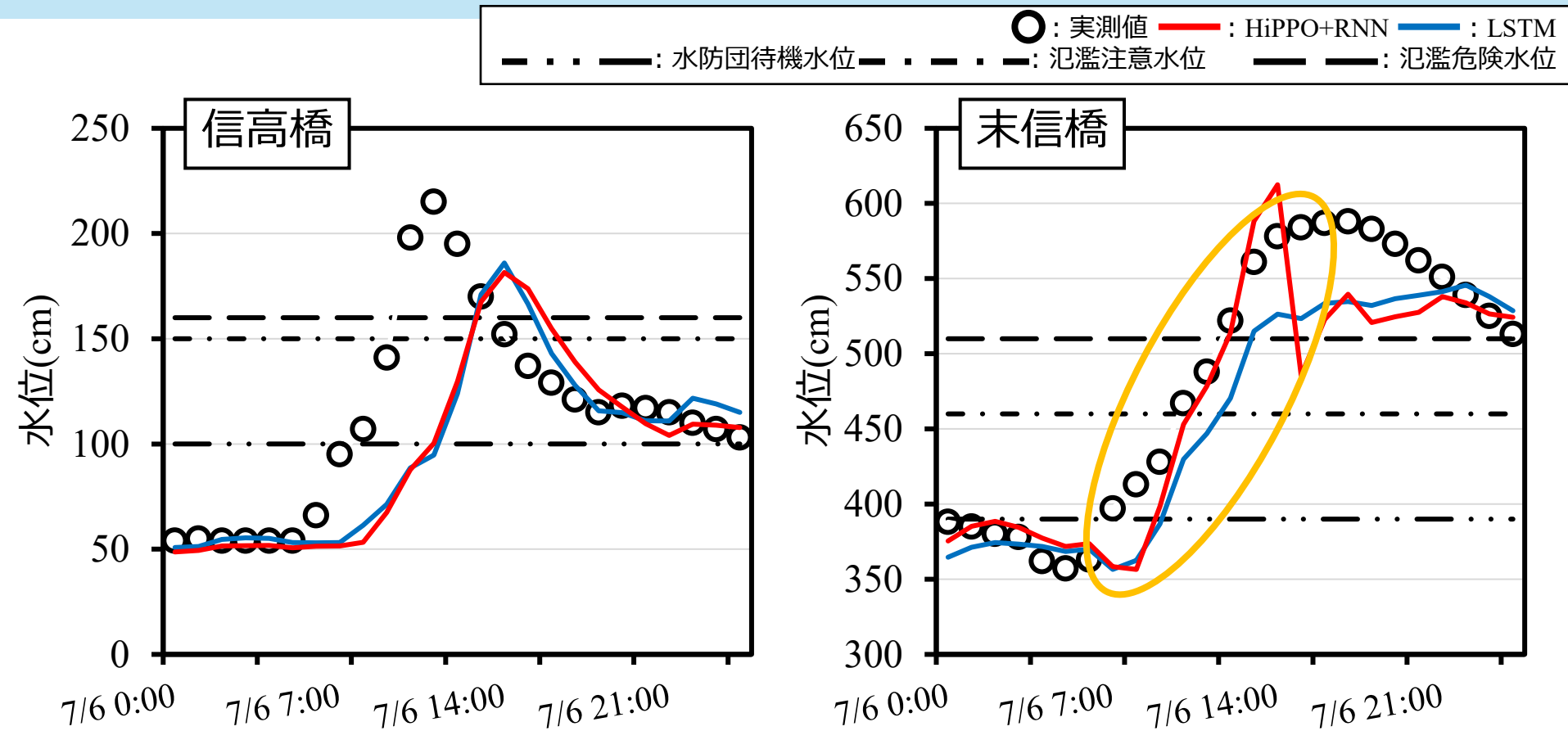
既存モデルとの比較

- HiPPO + RNNと福丸ら¹⁾が構築したLSTMと比較



- 検討①で最適なHiPPOサイズであった15を使用してHiPPO+RNNを構築
- データの入出力や学習期間は両モデル共に同条件

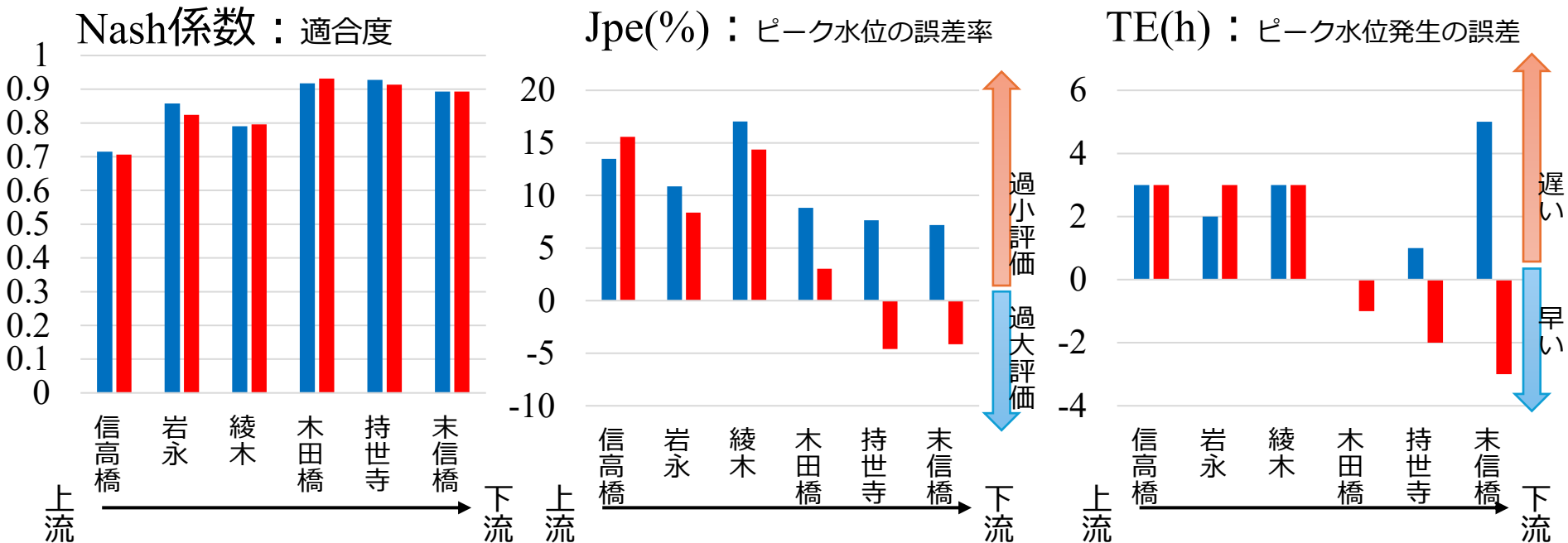
各モデルの比較



- 信高橋では、大きな差が見られない
- 末信橋における水位の立ち上がりの観点では、**HiPPO+RNN**の方が比較的良好に予測した

定量的な精度評価

■ : LSTM ■ : HiPPO+RNN



- Nash係数：モデル間の優劣は付けられない
- Jpe：HiPPO+RNNはLSTMより、0に近く、特に下流側では過大評価
- TE：HiPPO+RNNはLSTMより、木田橋より下流は実際よりも早くピーク水位を予測

➤ HiPPO+RNNは特に下流域において、安全側の予測でLSTMより高精度

まとめ

HiPPOを導入したRNNによる
流域一貫の河川水位予測モデルを開発し、
その有用性を明らかにする

*パラメータの最適化

- ◆ **基底関数の数(HiPPOサイズ)**によって予測精度が大きく変化し、本研究においては15が最も高精度

*LSTMと比較

- ◆ HiPPO+RNNは末信橋(最下流地点)で水位の立ち上がりを良好に予測
 - ◆ ピーク水位の誤差率やピーク水位発生 of 誤差において、LSTMは過小評価、**HiPPO+RNNは過大評価(安全側)**
- 下流域において、HiPPO+RNNの方がLSTMよりも高精度