

深層学習を用いたリアルタイム 河川水位予測システムの開発 と山口県全域への適用

山口大学大学院

創成科学研究科

福丸大智

山口大学大学院教授

創成科学研究科

赤松良久

東京都立大学准教授

都市基盤環境工学科

新谷哲也



気候変動に起因した集中豪雨の増大に伴い、全国各地で毎年のように洪水氾濫が発生

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

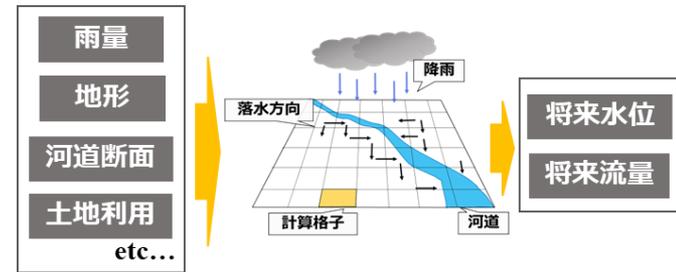
現状の河川水位予測システム

* 河道流モデルや流出モデル等の**物理モデルをベースとしたシステム¹⁾**が一般的

⇒ 主要河川の下流域で任意地点の予測水位を取得可能

問題点

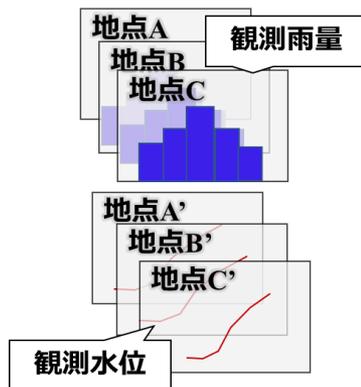
- × 河道断面，地形などの高解像度なデータが必要
- × 計算時間が用いる計算機に大きく依存



⇒ 都道府県管理河川や主要河道区間以外における即時的かつ高精度な予測が難しい

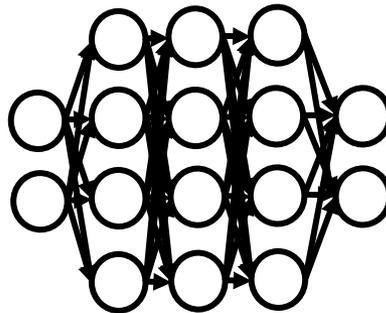
一方の深層学習モデルは...

基本的な水文量



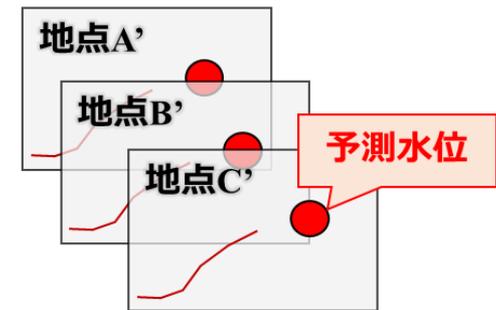
入力

学習済みモデル



出力

多地点の予測水位



都道府県管理河川も含めた幅広い流域で流域一貫の水位を瞬時に予測可能

目的

深層学習を用いた水位予測手法はいくつかの開発・適用事例^{2),3)}

- ✓ 県管理河川も含めた多流域で流域一貫した予測事例は不足
- ✓ 実運用を前提としたシステム化はされていない

内容と目的

都道府県管理河川も含めた多流域で流域一貫の 即時的かつ高精度な水位予測の実現



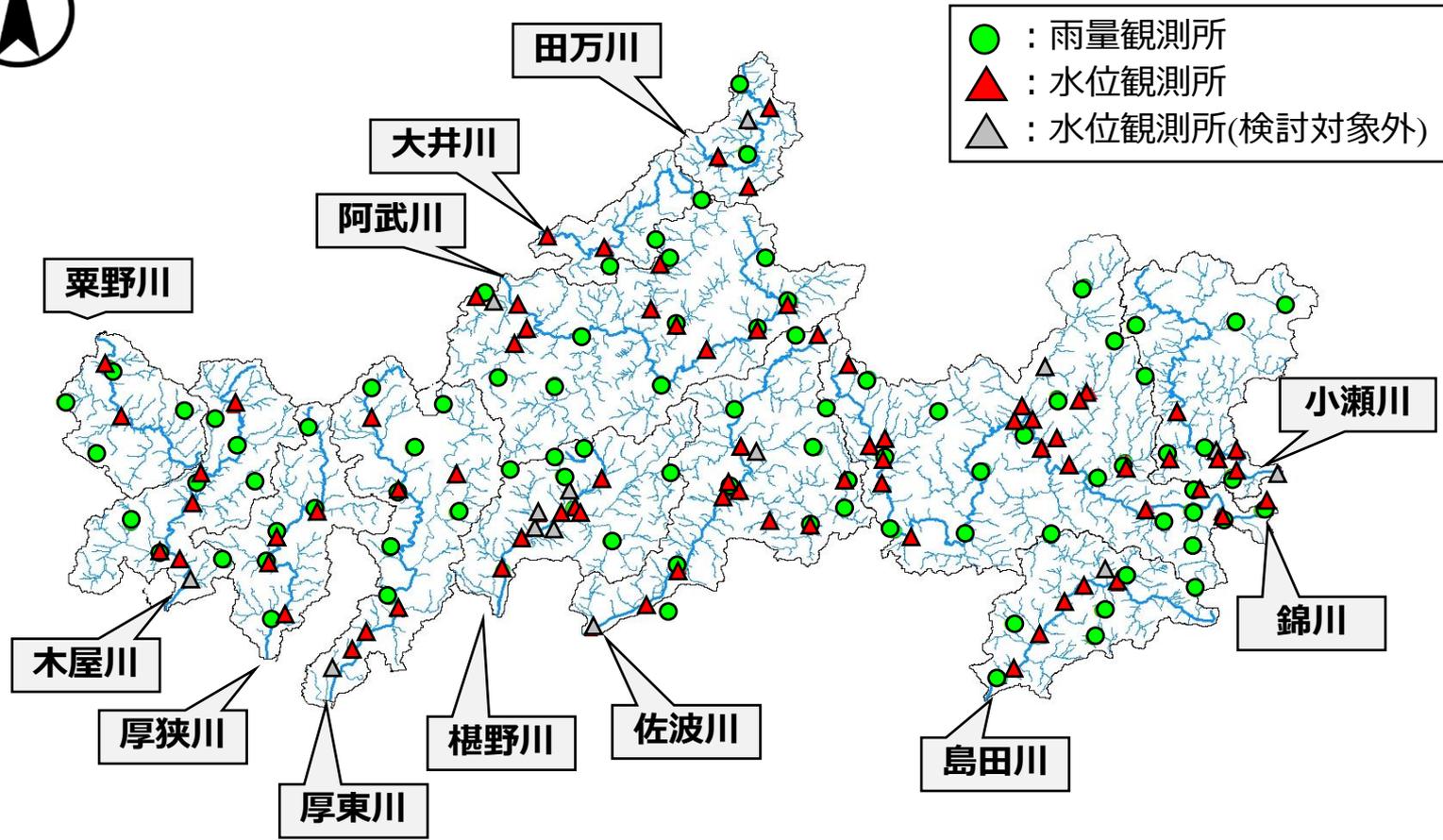
- ✦ 深層学習を用いて山口県全域の主要12河川を対象としたリアルタイム河川水位予測システムを構築
- ✦ 2022年に発生した洪水イベント時にシステム運用 & 精度検証

2) 一言正之, 櫻庭雅明, 清雄一: 深層学習を用いた河川水位予測手法の開発, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.72, No.4, I_187-I_192, 2016

3) 福丸大智, 赤松良久, 新谷哲也, 藤井晴香: 深層学習を用いた流域内多地点における河川水位・流量予測モデルの開発, 土木学会論文集B1(水工学), Vol.77, No.2, I_1231-I_1236, 2021.

対象流域

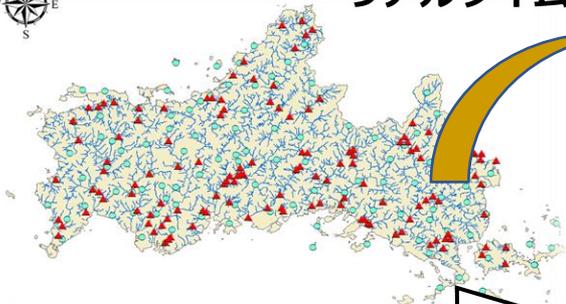
雨量・水位観測所が存在し、流域面積が**100km²以上の主要12流域**を対象とした



※ 長期の未観測や潮位変動による強い影響を受ける地点は検討から除外

リアルタイム河川水位予測システムの概要

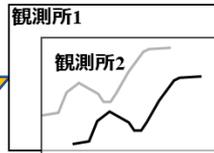
リアルタイムのデータ取得



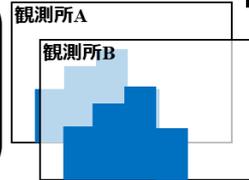
データ取得先

県管理河川：山口県土木防災情報システム⁴⁾
 国管理河川：水文水質データベース⁵⁾

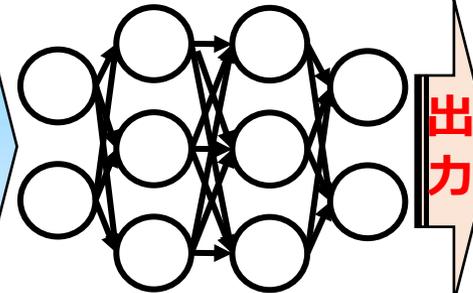
観測水位



観測雨量



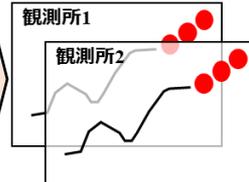
学習済みのモデル



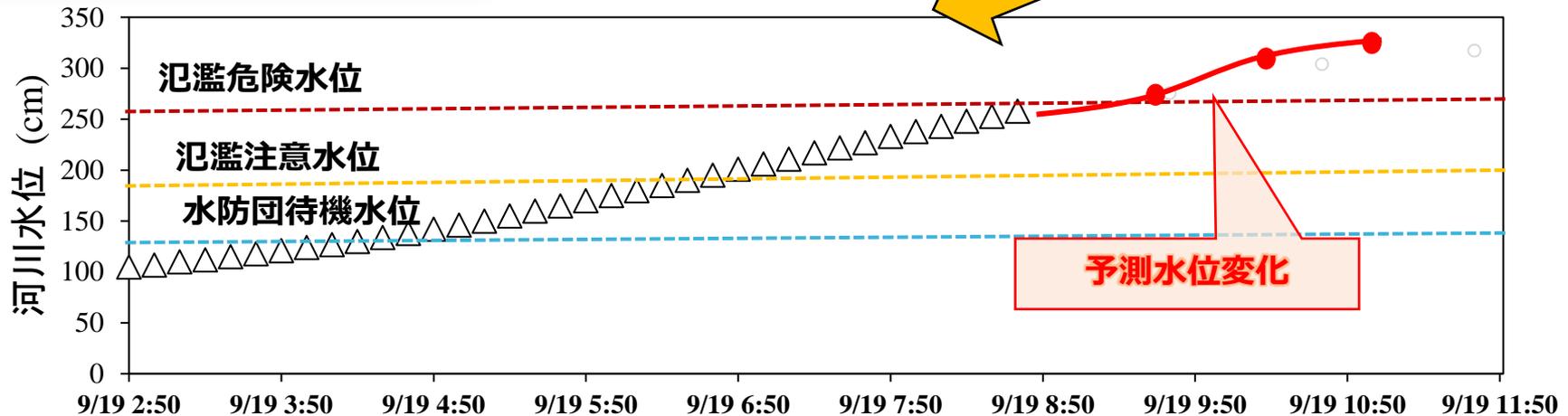
入力

出力

水位予測



予測水位のグラフ表示

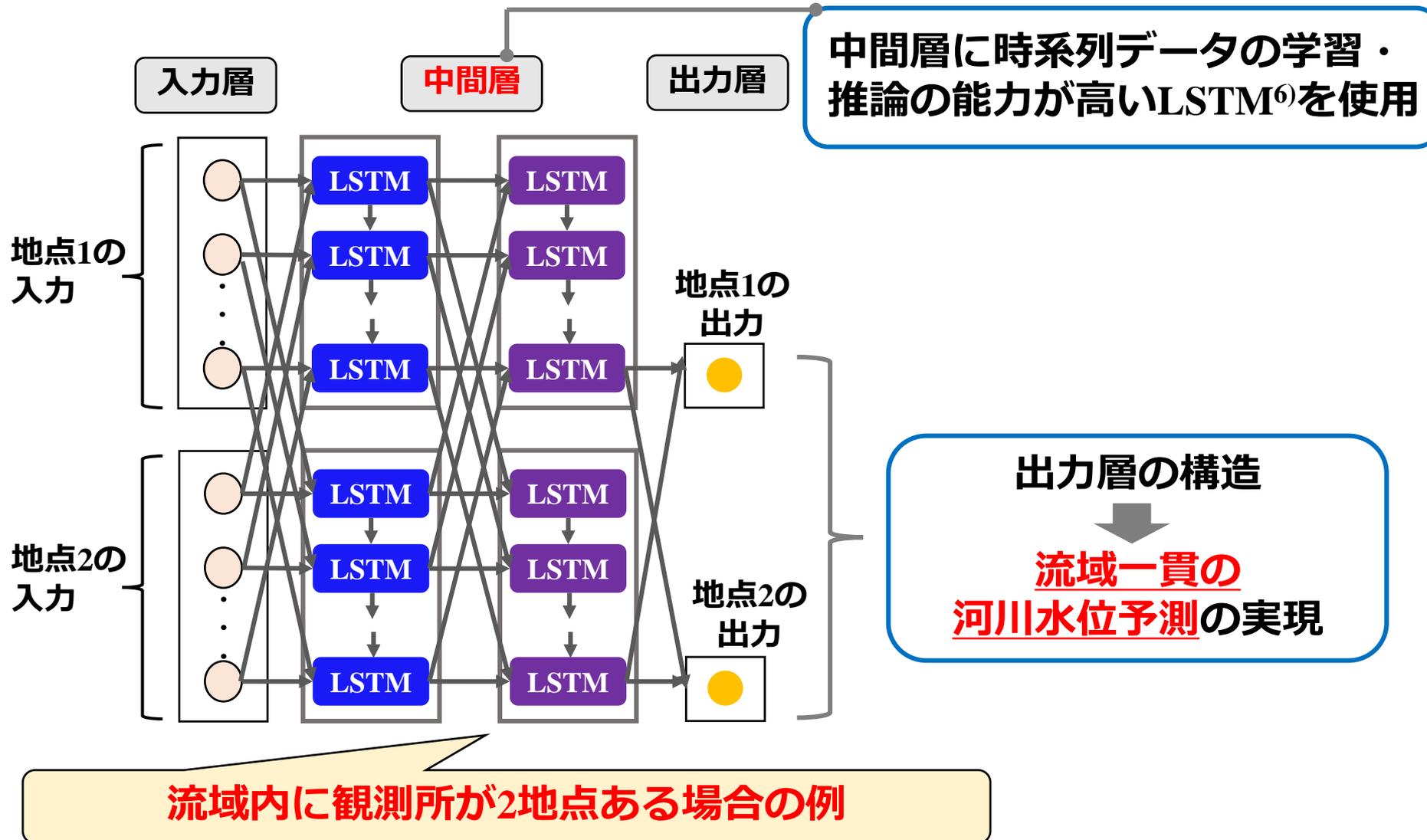


4) 山口県土木建築部河川課・砂防課・港湾課：山口県土木防災情報システム, http://y-bousai.pref.yamaguchi.lg.jp/kco_top.aspx.

5) 国土交通省：水文水質データベース, <http://www1.river.go.jp/>

システムに実装した深層学習モデルの概要

* 基本的には、リカレントニューラルネットワークをベースにモデル構築



6) Pacanu, R., Mikolov, T., and Bengio, Y.: On the difficulty of training recurrent neural networks, Proceedings of the 30th International Conference on Machine Learning, Vol.28 of ICML'13, pp. III-1310-III-1318, 2013.

方法 | 実装したモデルの条件

学習・運用条件

流域ごとにモデル構築

学習データ : 2000年～2021年の時間雨量, 水位のデータのうち各河川流域で大幅な未観測が存在しないような8年以上の期間

システム運用期間 : **令和4年台風14号 (2022/9/18～2022/9/21)**

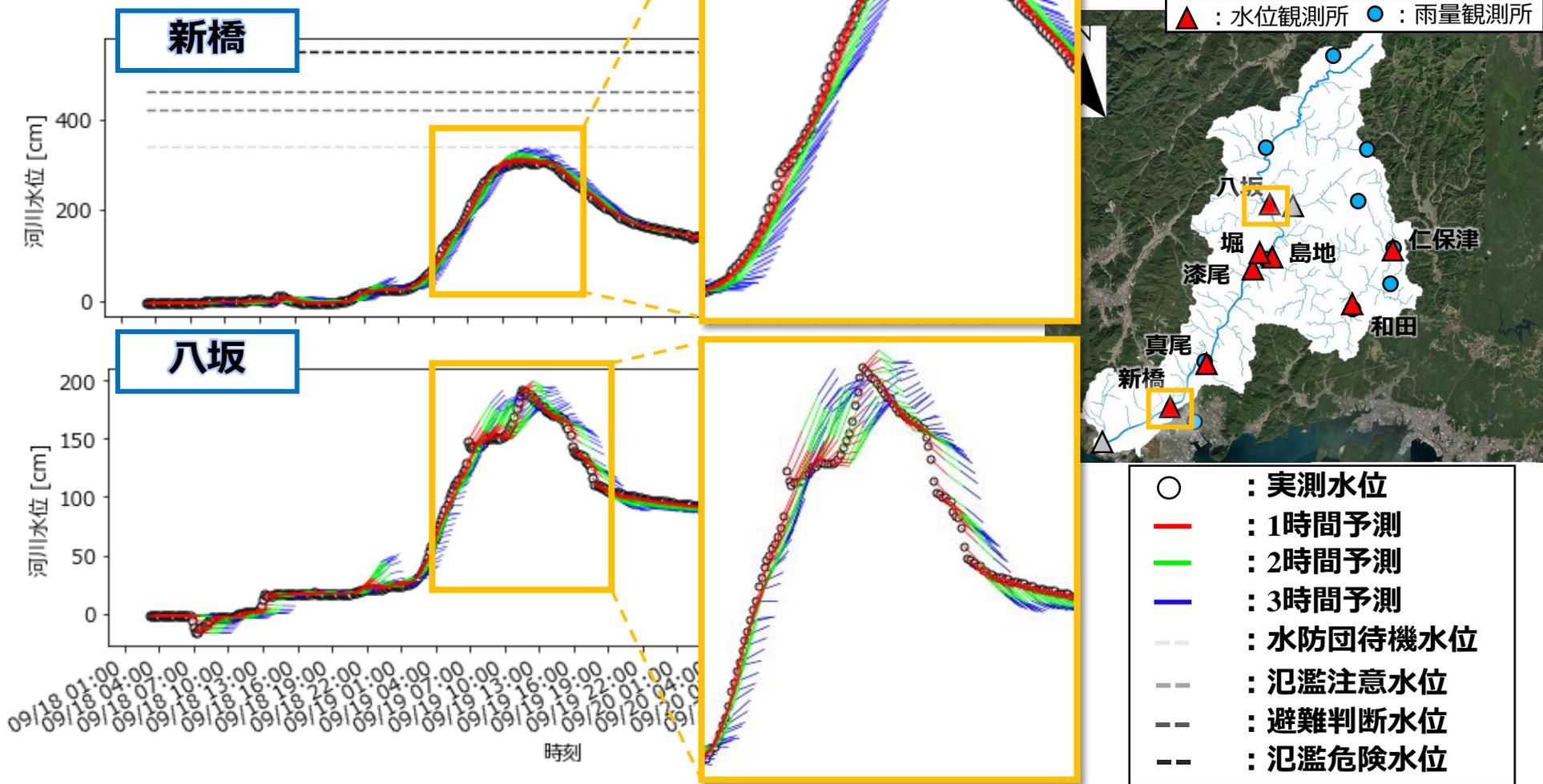
モデルの入出力条件

入力層		出力層
種類	時間 [hr]	
流域内全地点の雨量・ 1時間あたりの水位変化	-72~0	流域内全地点に 将来時刻の水位変化

システムの工夫点

- 1, 2, 3時間の予測モデルをそれぞれ構築し, システムに実装することで**1～3時間先の水位変化を連続的に表示**
- 0分台, 10分台, . . . , 50分台のデータに対して1時間間隔の予測モデルを適用することで, **10分間隔の結果表示**を実現

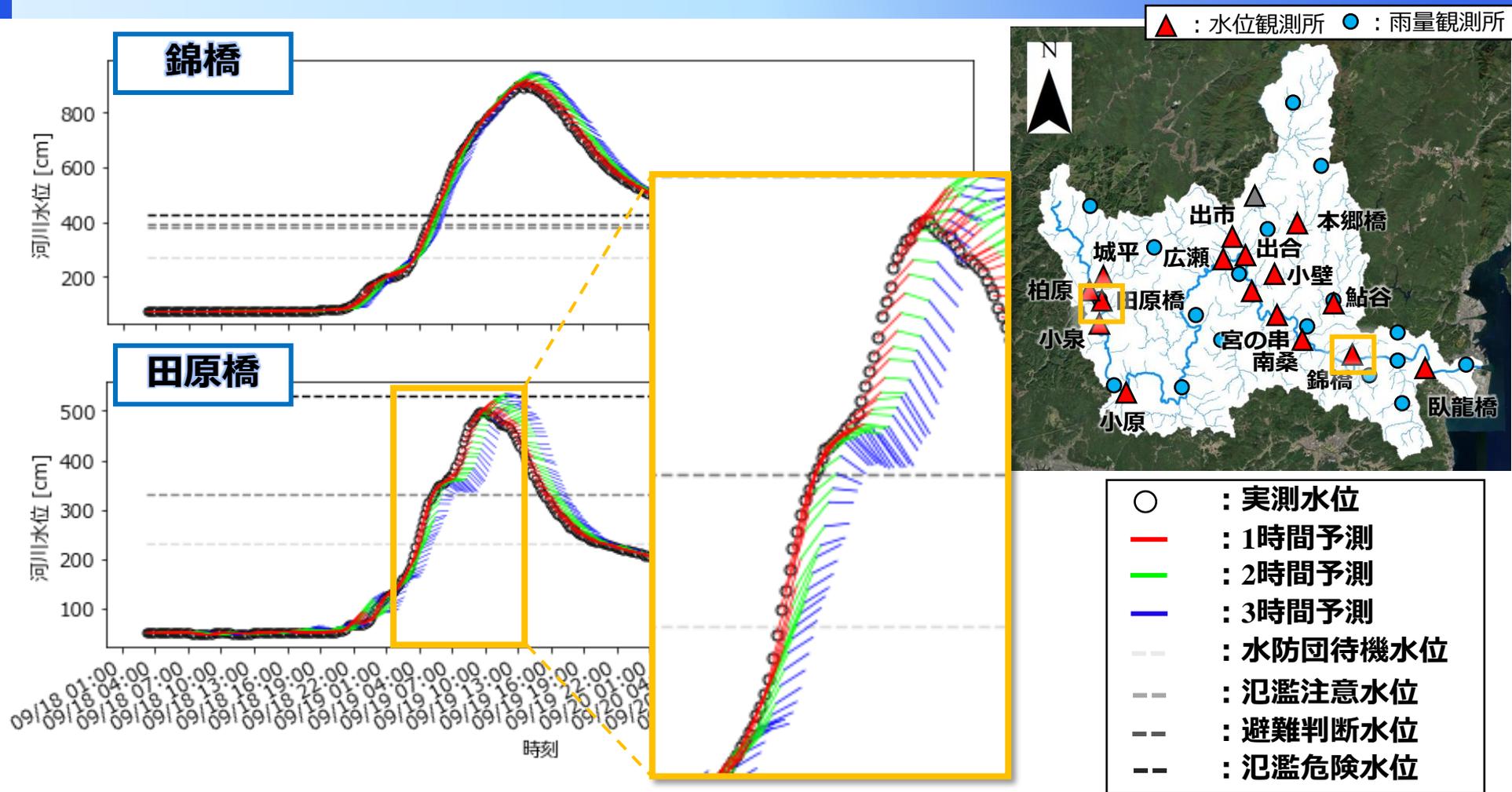
結果 | 佐波川の予測結果



- 両水位観測所で1, 2時間予測ともに実測水位を高精度に再現
- 3時間予測も、立ち上がり時を若干過小評価してはいるが概ね良好に予測

➡ 佐波川では、上流・下流共に概ね良好な再現性

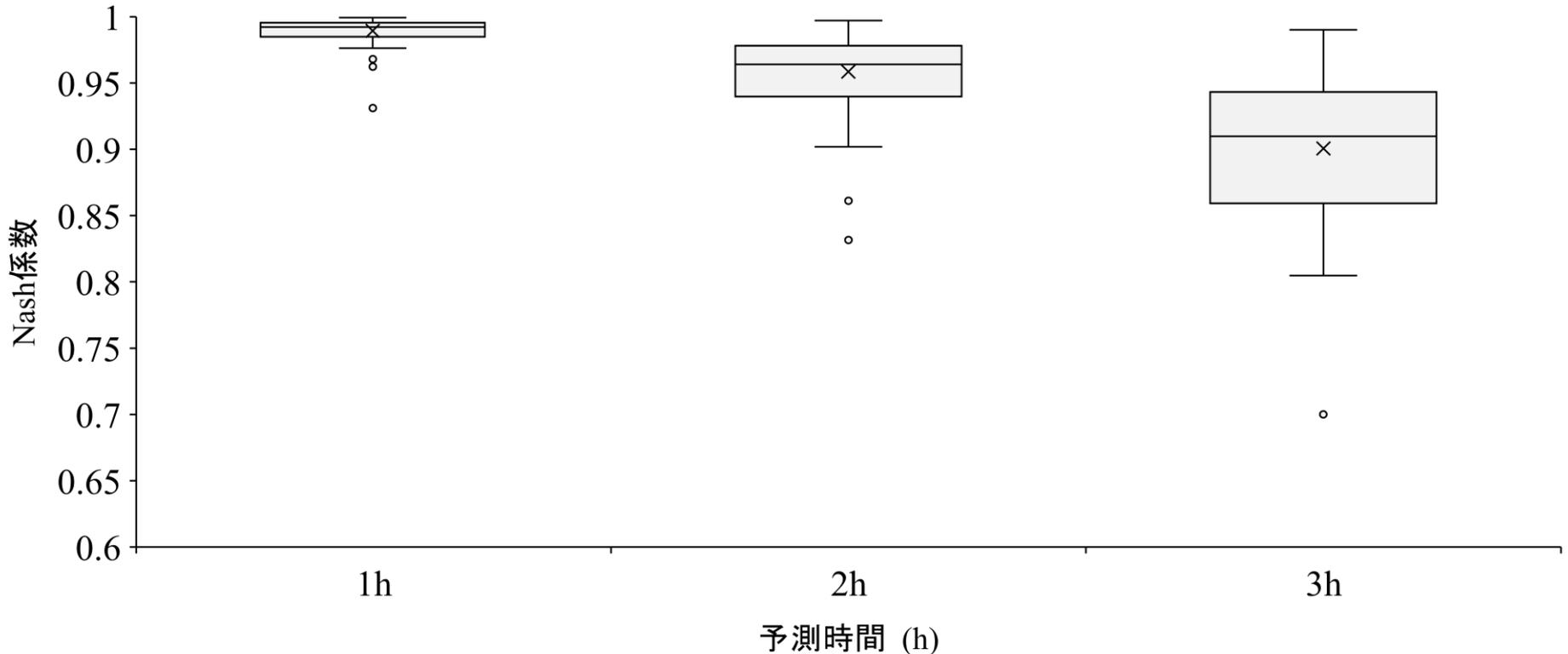
結果 | 錦川の予測結果



- 下流の錦橋水位観測所では、1~3時間予測で概ね良好な再現性
- 田原橋水位観測所は、立ち上がり時の水位変化を大幅に過小評価し、ピーク水位に近づくにつれて、変化の方向性も予測できていない
 - ・・・雨量観測所が田原橋より上流には密に分布していないため

結果 | 予測時間ごとの精度比較

* 各予測時間別でNash係数を算出し、箱ひげ図に示した

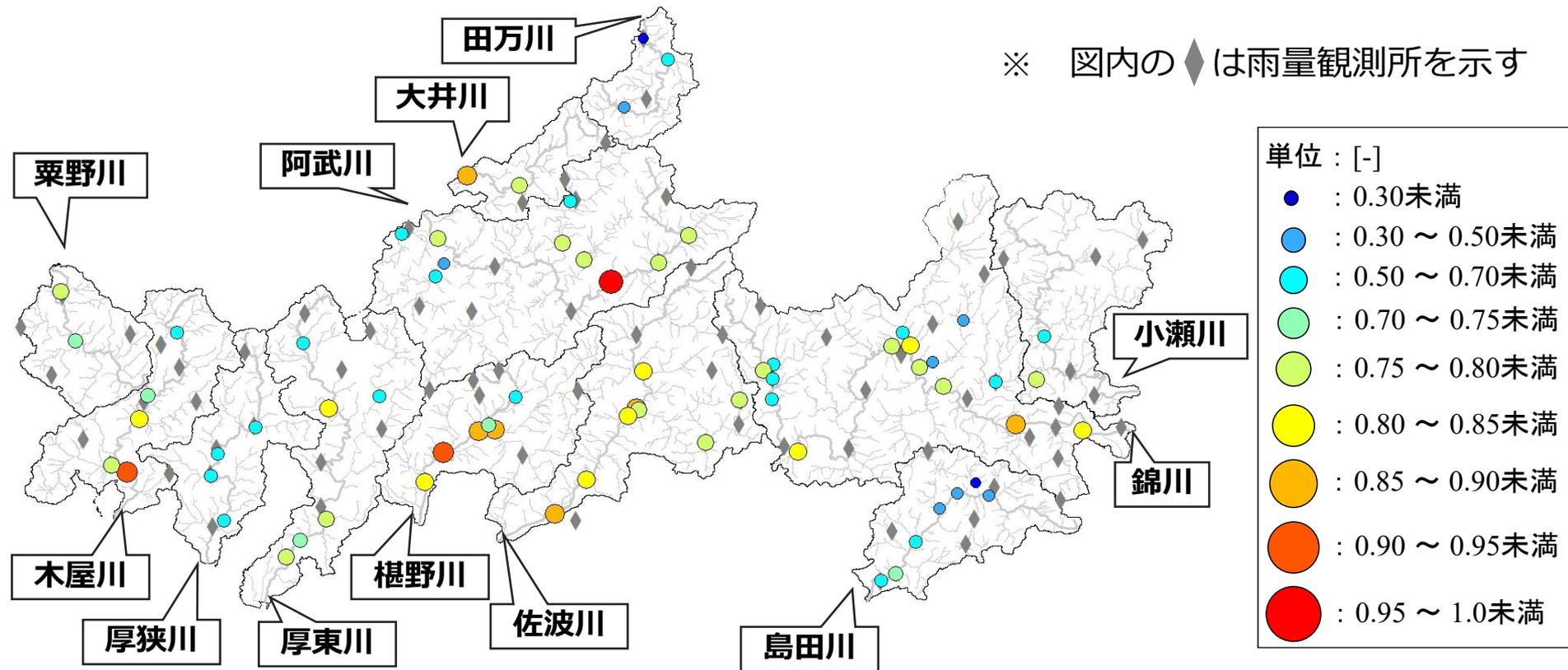


- 1～3時間予測の全てで第1四分位数は0.7以上、中央値はいずれも0.9以上と実測値と計算値の適合性の観点では、概ね良好な再現性
- 予測時間の増大とともに中央値が減少したほか、四分位範囲は増大し、3時間予測の四分位範囲は1時間予測の8倍であった。

➡ **3時間予測は地点ごとに精度のばらつきが存在**

結果 | 3時間予測の精度評価

* 3時間予測を対象に、ピーク水位から前後12時間の高水位時のNash係数を算出



- 対象流域のほとんどで中下流の水位観測所のNash係数が0.7以上と良好であるの対し、上流域は0.7以下
- 厚狭川、島田川および田万川流域では流域全体的に0.7以下と精度は不十分
 - ・・・本流、支流沿いで雨量観測所の分布が疎なため

まとめ

深層学習を用いて山口県全域の主要12河川のリアルタイム河川水位予測システムを開発し、令和4年台風14号の期間で実運用

- ✦ リアルタイムのデータ取得から、1~3時間後の予測水位のグラフ表示まで一体的に実施可能なシステムを構築
- ✦ 1時間予測は流域一貫して高精度であり、2~3時間予測に関しても中下流域では概ね良好な再現性
- ✦ 3時間予測については、上流域における3時間予測の精度に課題があり、雨量観測所の分布が精度に影響

今後は. . .

例えば、速報版解析雨量等の活用を通じた適切な雨量の与え方の考慮など、システムの高度化に向けた検討が必要