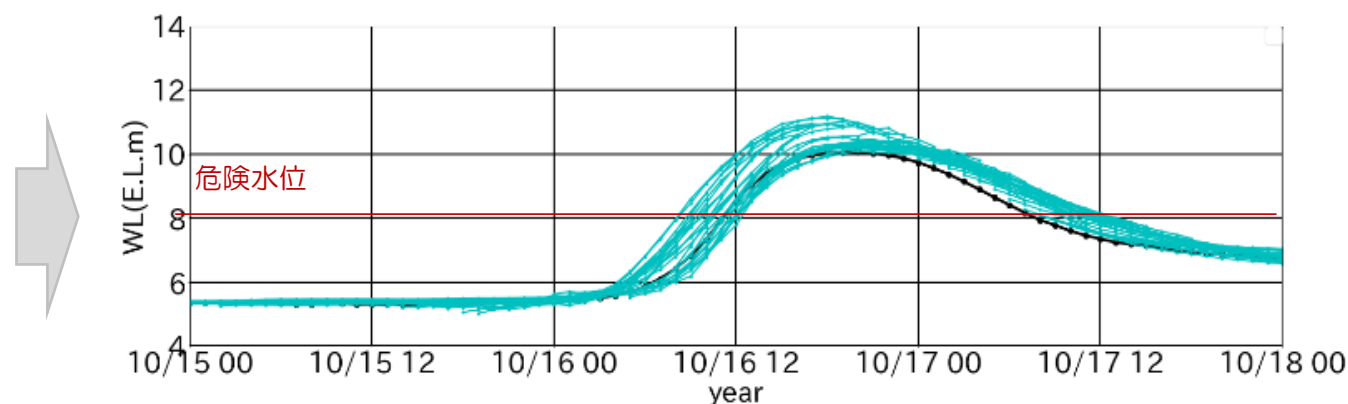
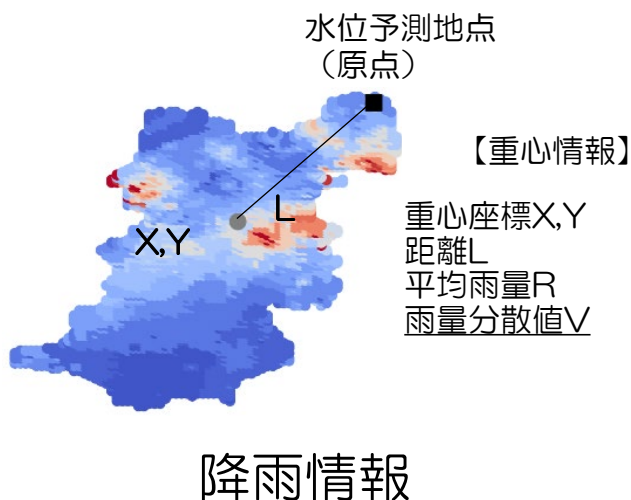
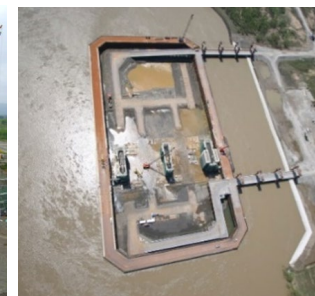


降雨分布を用いたニューラルネットワークによる 水位予測手法の実務適用に向けた精度検証

大成建設(株)	技術センター	○大野剛
		織田幸伸
京都大学教授	防災研究所	佐山敬洋

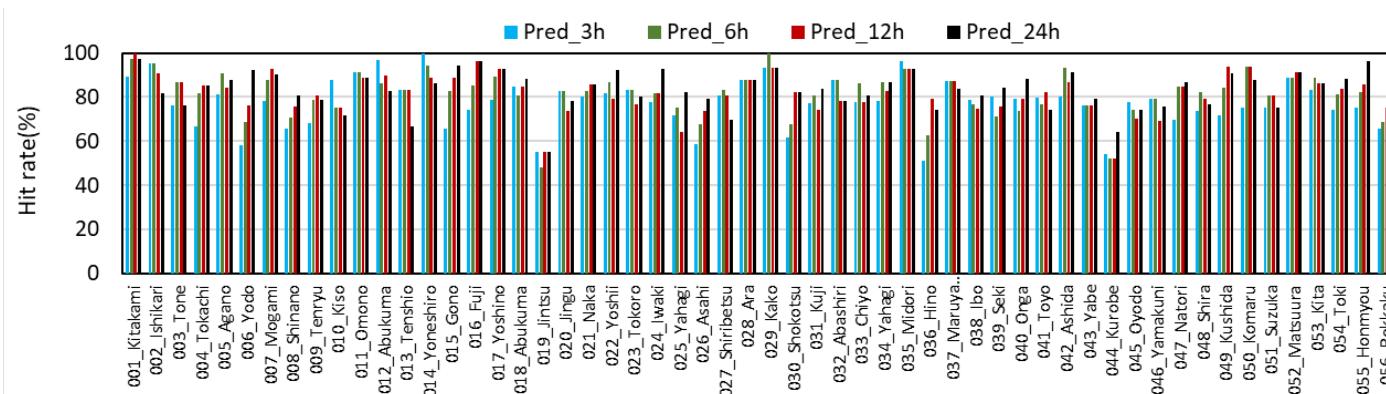
1. はじめに ～背景～

- 河川工事では、安全管理を目的に河川の水位をリアルタイムで予測し工事関係者に周知
- 工事エリア内の重機や資材などを安全、確実に退避、養生するためには、半日以上先の出水有無の把握が必要
- 降雨強度の空間分布※から得た降雨情報を入力として1～24時間先の水位をニューラルネットワークにより予測する手法を検討（大野ら、2023&2024）
（※解析雨量データ（実測値）を使用）



1. はじめに ～背景・課題・目的～

- 56流域を対象に出水の予測精度を評価，見逃しなく出水を予測した割合は平均約80%（大野ら，2024）



約80%（平均）で出水を予測

【課題】

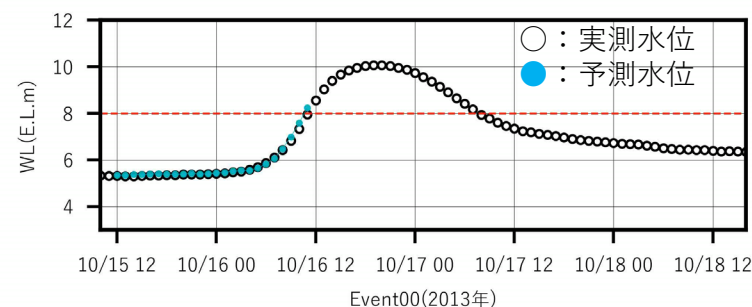
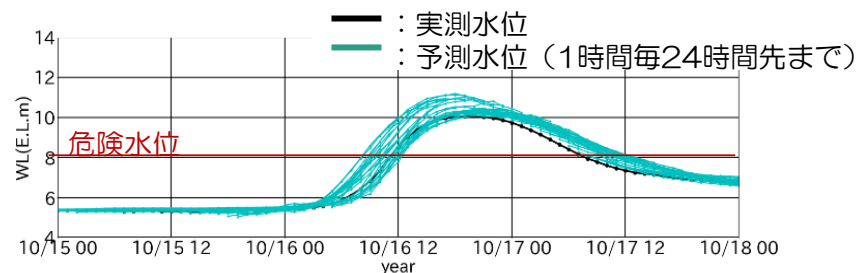
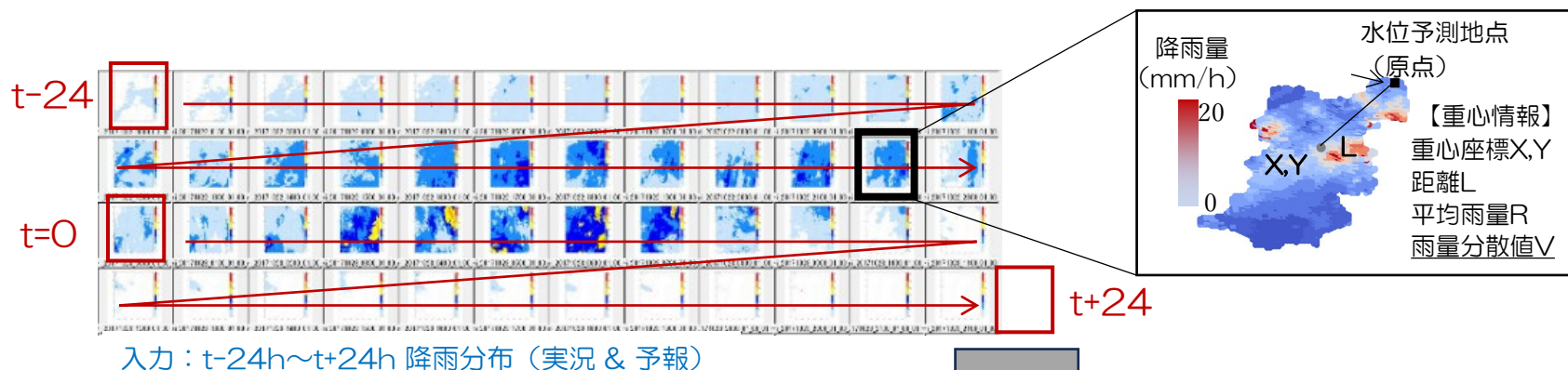
- 実河川工事で適用する場合，降雨分布は天気予報を採用
⇒⇒⇒天気予報を用いた場合の精度検証が未実施

【目的】

- 天気予報の降雨分布を用いた場合における本手法の出水予測の精度を検証すること

2. 実施内容～手法の概要～

- 降雨強度の空間分布※から得た重心情報を入力として1～24時間先の水位をニューラルネットワークにより予測
- 現時刻を t としたとき
入力値： $t-24\text{h} \sim t+24\text{h}$ の降雨情報と $t-6 \sim t$ の観測水位
出力値： $t+1 \sim t+24\text{h}$ の水位

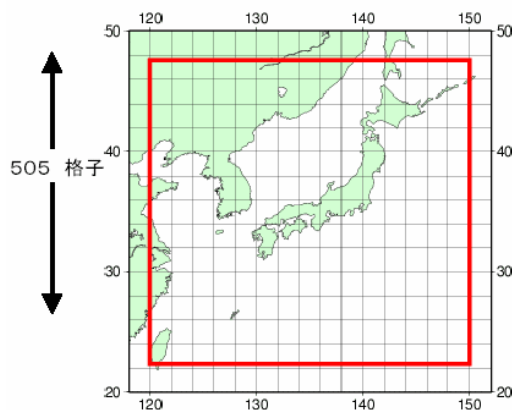


2. 実施内容～予報雨量と実況雨量～

- 入力値である降雨分布の予報雨量に①気象庁のMSM（予報雨量）②気象庁の解析雨量（実況雨量）を採用，出水の予測精度を比較（※学習時は全て解析雨量）
 - 予測地点数：56地点（集水面積：38 - 9,939km²）
 - 予測対象期間：2013～2023年の6～11月（非融雪期）



※MSMについて



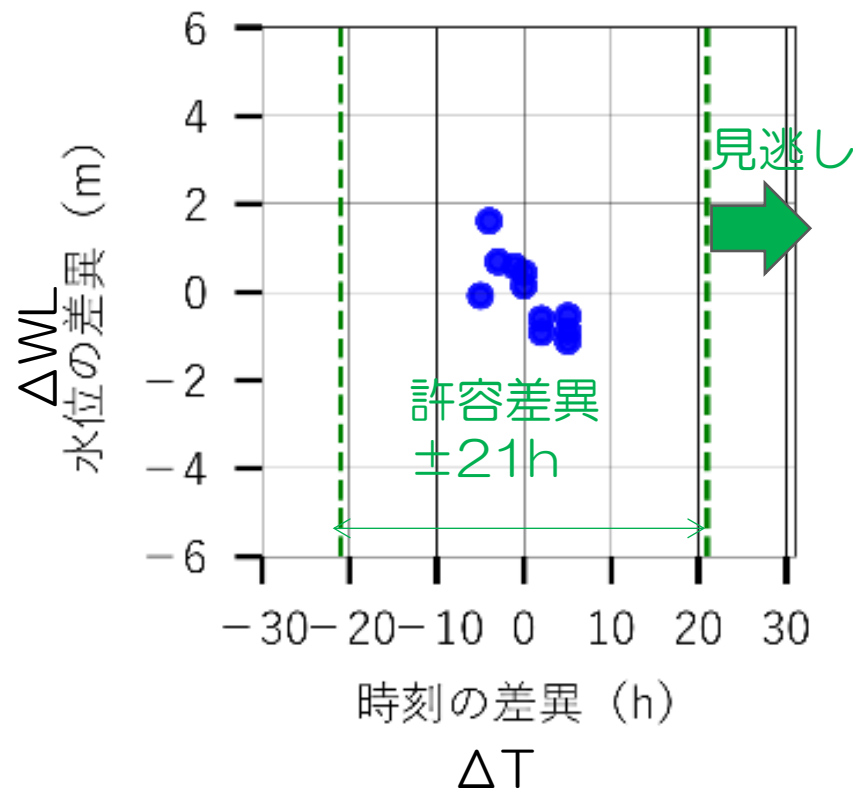
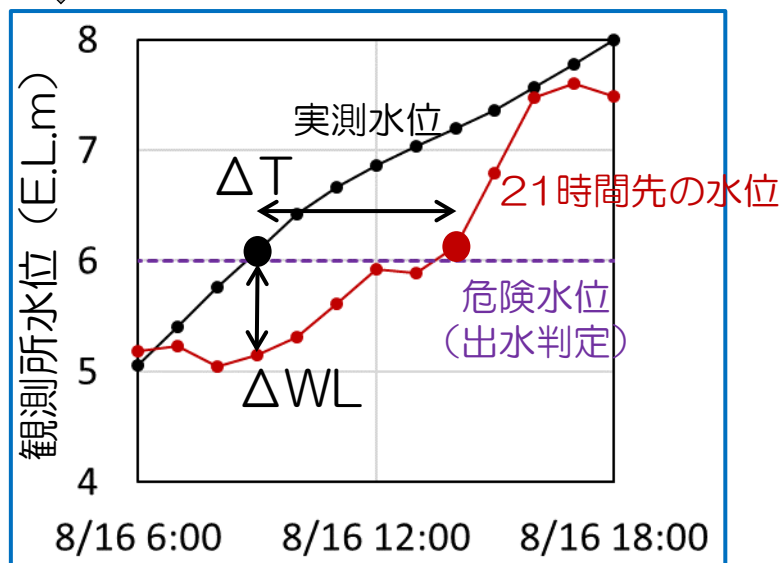
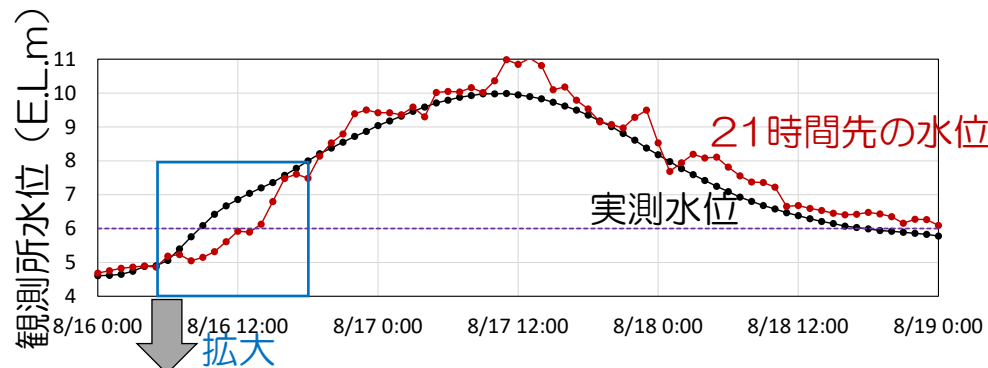
- 日本とその近海の領域を5km格子で計算した数値予報モデルによる予測値
- Grid size: 5km x 5km
- Delivery time: 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21h (every 3 hours)
- Forecast time: 1-39 hours ahead
(https://www.data.jma.go.jp/suishin/cgi-bin/catalogue/make_product_page.cgi?id=MesModel)

ちなみに解析雨量は

- Grid size: 1km x 1km
- Delivery time: every 30 minutes

2. 実施内容～出水におけるの予測精度（正答率）の算出～

- 12時間先と21時間先の予測水位に着目
- 出水イベントごとに、水位の実測値と予測値について時間、水位の差異（ ΔT , ΔWL ）を用いて、予測精度（正答率）を評価



正答率の算出
 正答率 = 許容差異内のイベント数
 ÷ 全イベント数 × 100

<例> 21h先の予測結果の集計

2. 実施内容

□ 入力値と出力値のデータセット（学習データ）：

- 2013～2023年の6～11月，1時間ごと
- 時刻 $t=0$ に対し，
 - 入力値： $t = -6 \sim 0$ hの水位
 - $t = 0 \pm 24$ hの分割格子内の平均降雨量
 - 出力値： $t = +1 \sim 24$ hの水位

□ 水位予測方法：

- 予測する年以外のデータセットを学習データとし，予測する年の $t+1 \sim t+24$ hの水位を3時間おきにニューラルネットワークで予測（交差検証）

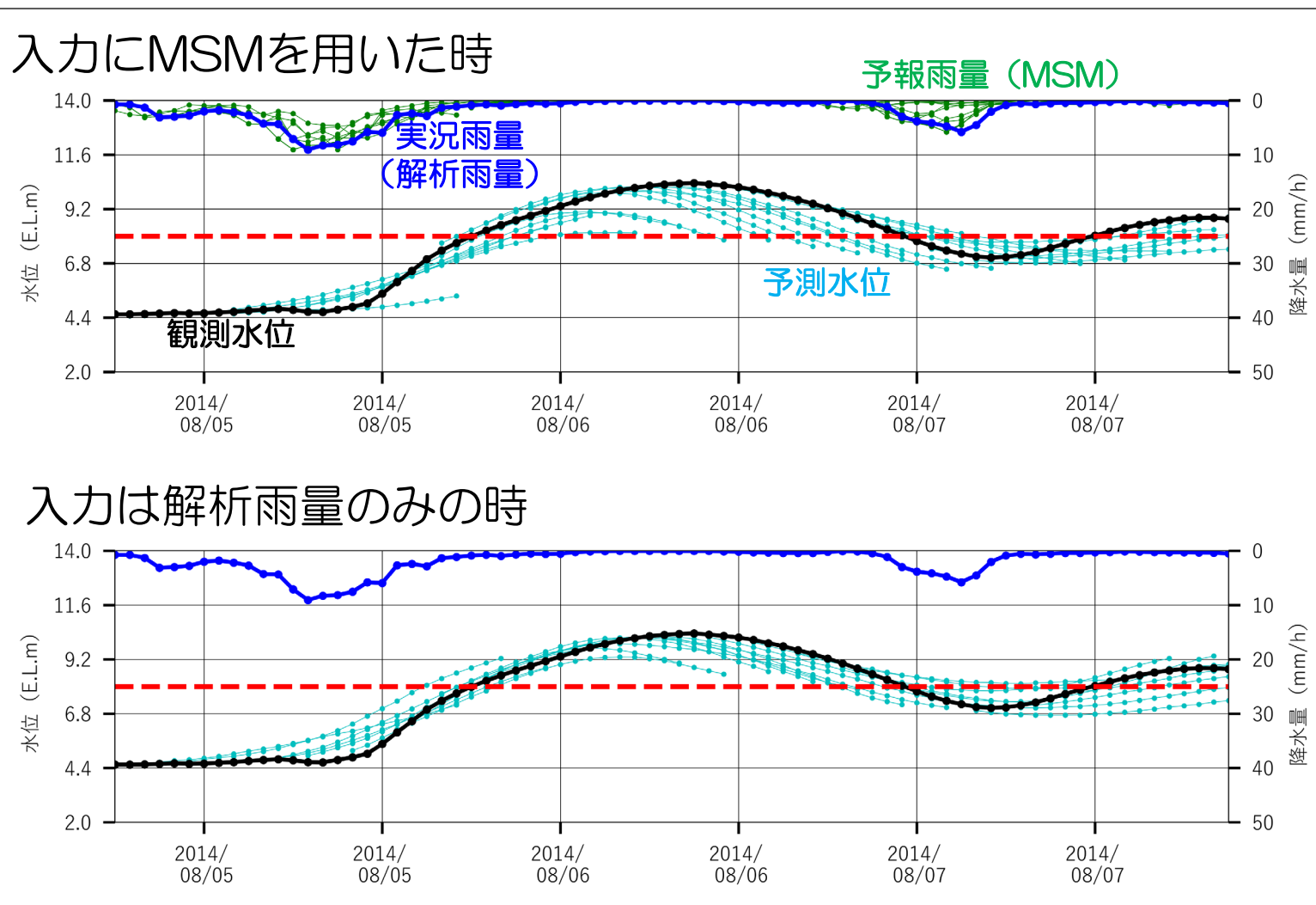
※ニューラルネットワークの設定は以下

- ✓ 中間総数を2層，ノード数を入力層のノード数の1.5倍
- ✓ 活性化関数はRelu関数，
- ✓ 学習の反復回数の最大値は1,000回，
- ✓ 学習の収束値は 1.0×10^{-6} とした．

3. 実施結果～水位予測結果～

石狩川
(13Events)
9,397km²

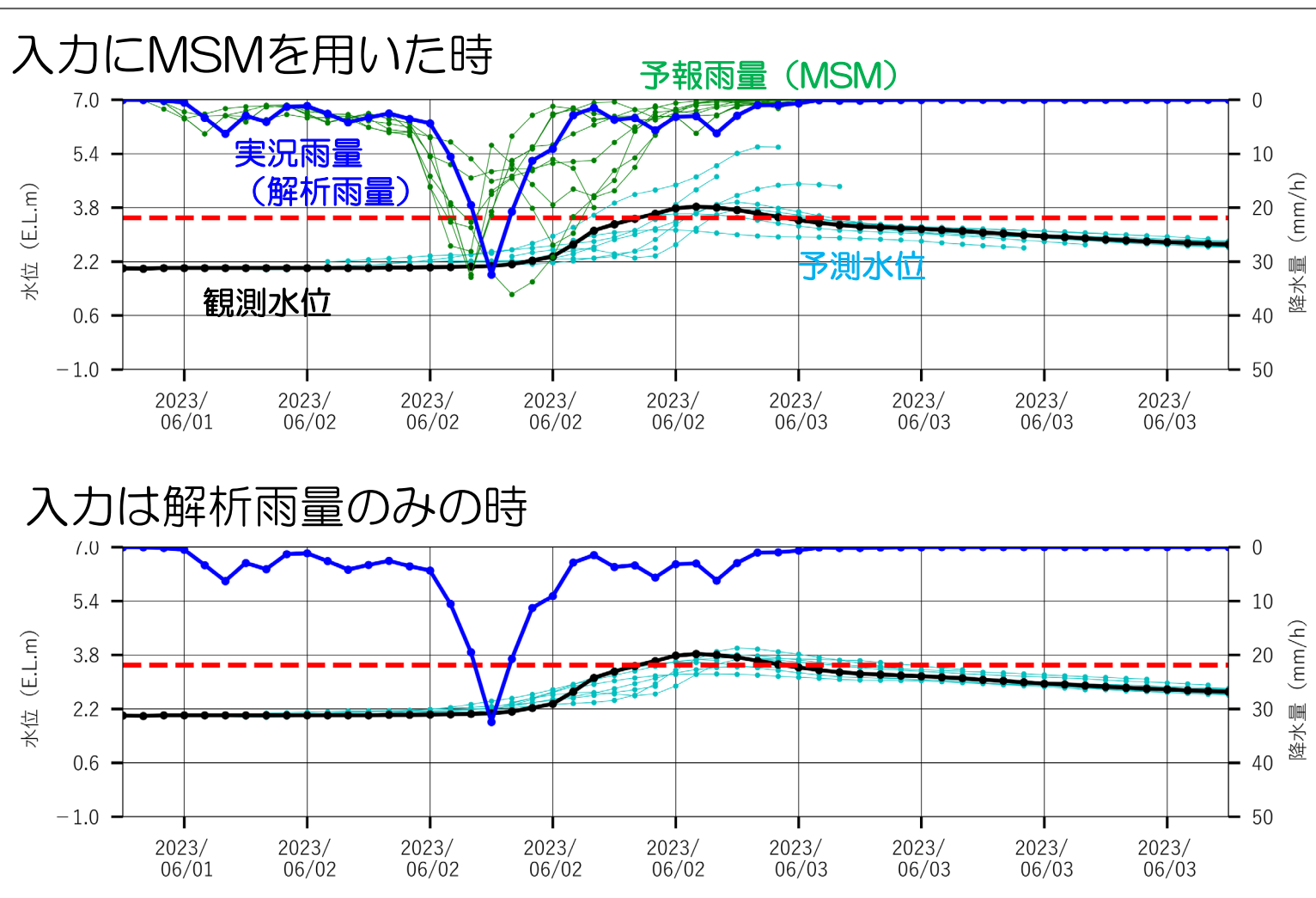
—：観測水位 —：予測水位 —：実況雨量（解析雨量） —：予報雨量（MSM）



3. 実施結果～水位予測結果～

吉野川
(18Events)
3,081km²

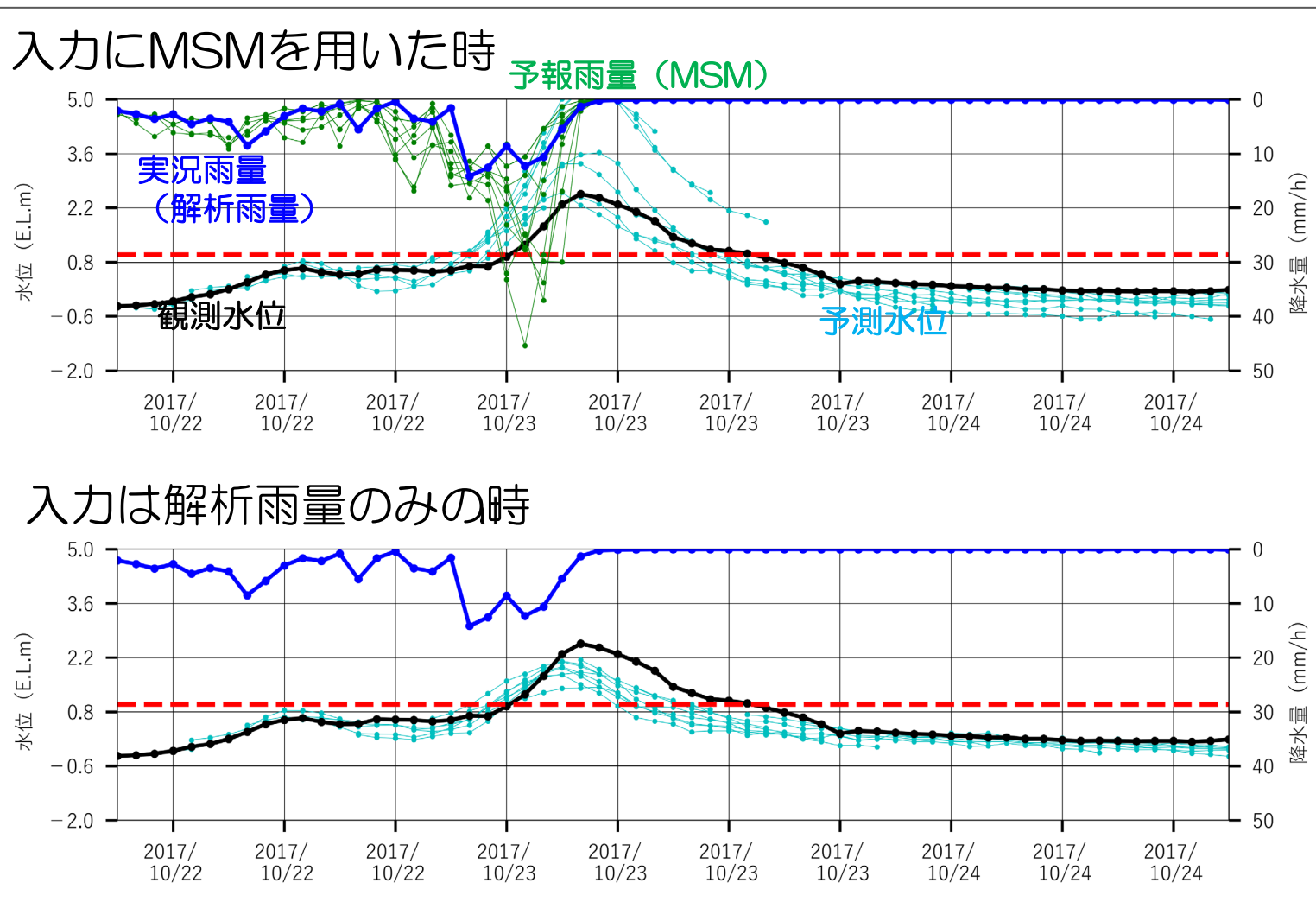
—：観測水位 —：予測水位 —：実況雨量（解析雨量） —：予報雨量（MSM）



3. 実施結果～水位予測結果～

矢作川
(14Events)
980km²

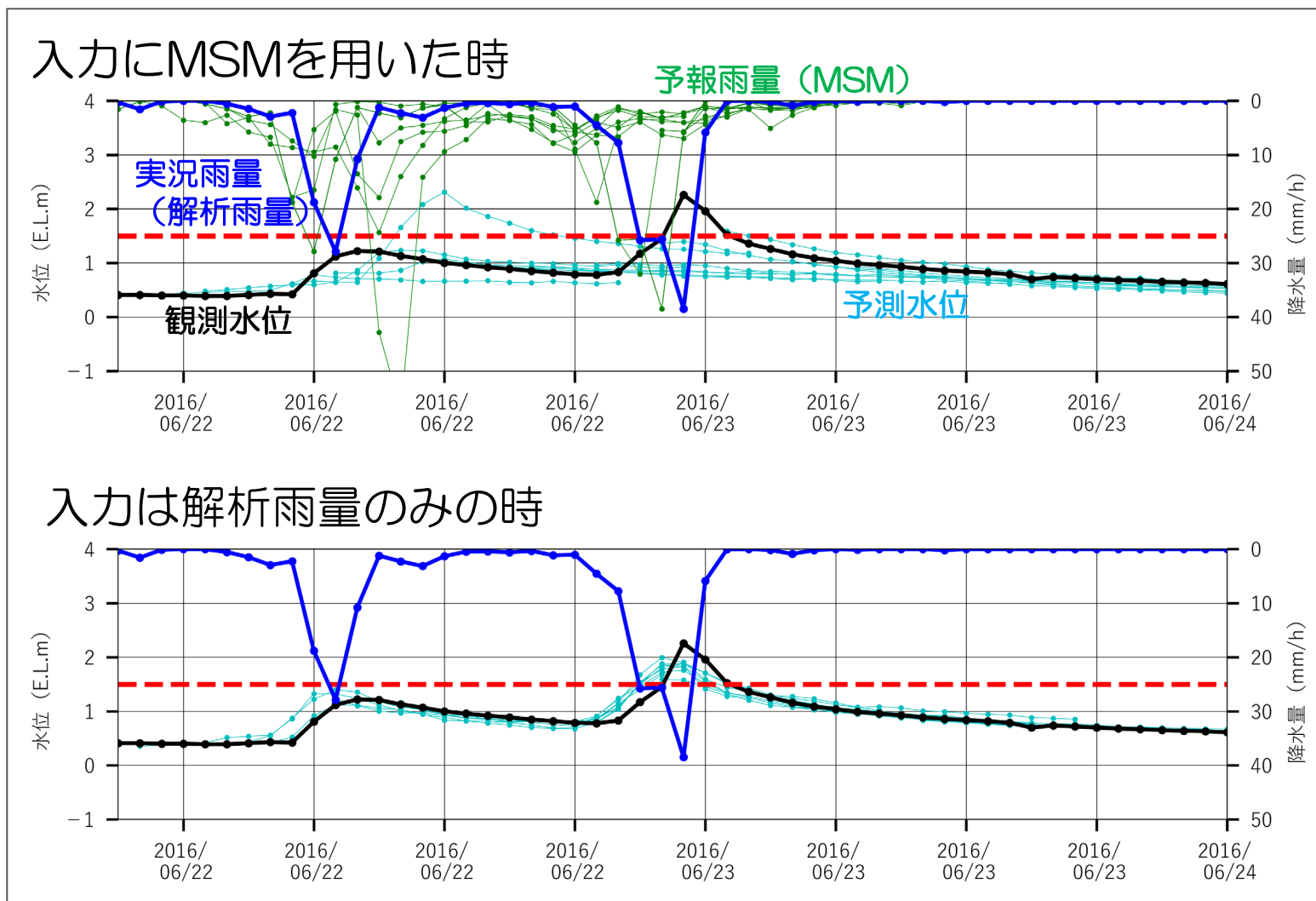
—：観測水位 —：予測水位 —：実況雨量（解析雨量） —：予報雨量（MSM）



3. 実施結果～水位予測結果～

本明川
(16Events)
39km²

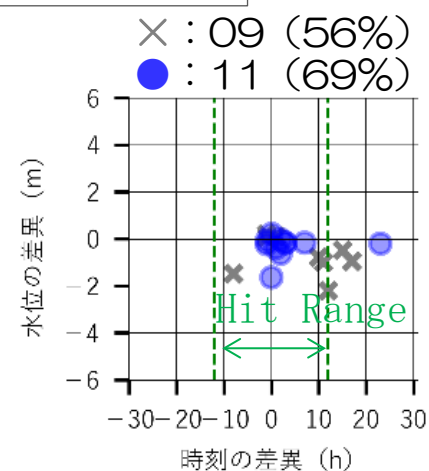
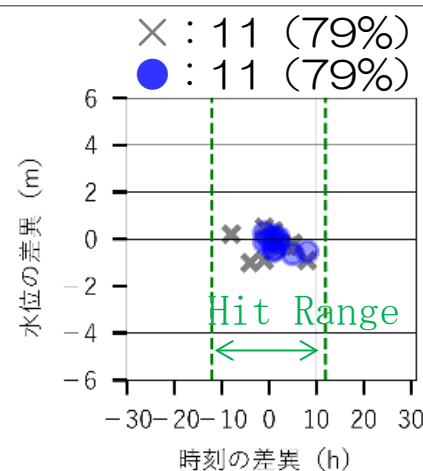
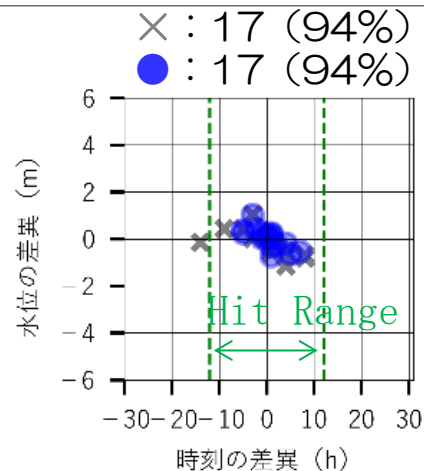
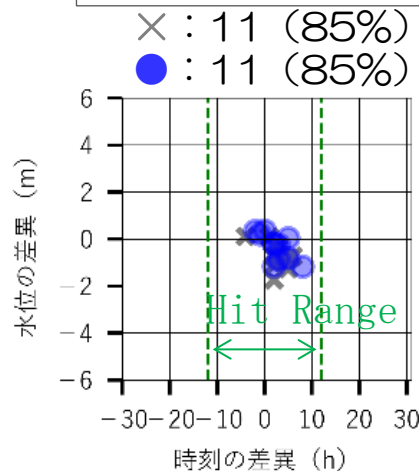
—：観測水位 —：予測水位 —：実況雨量（解析雨量） —：予報雨量（MSM）



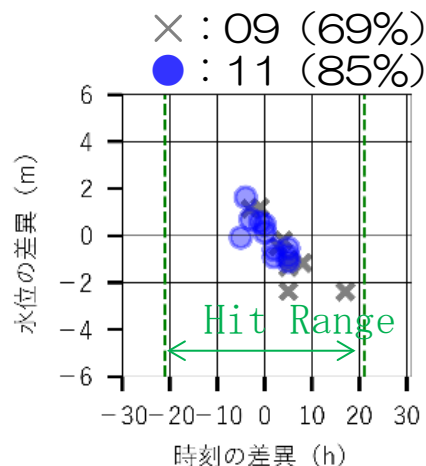
3. 実施結果～予測時間と正答率～

×：予報雨量（MSM） ●：実況雨量（解析雨量） ()：正答率（HitRange内の割合）

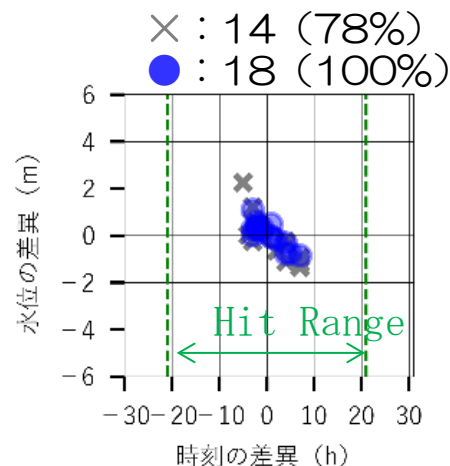
12h
先



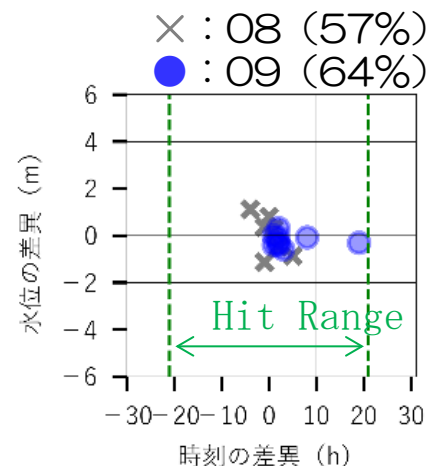
21h
先



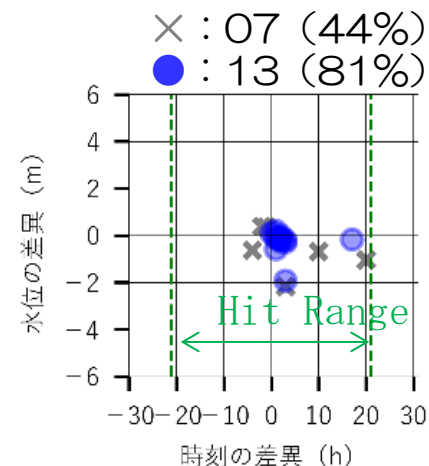
石狩川 (13Events)
9,397km²



吉野川 (18Events)
3,081km²



矢作川 (14Events)
980km²

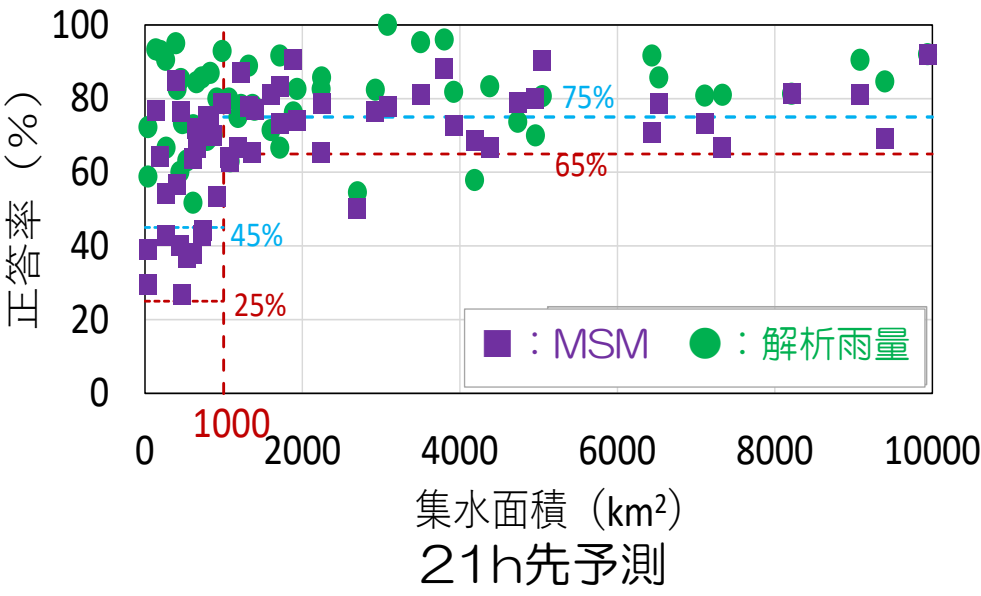
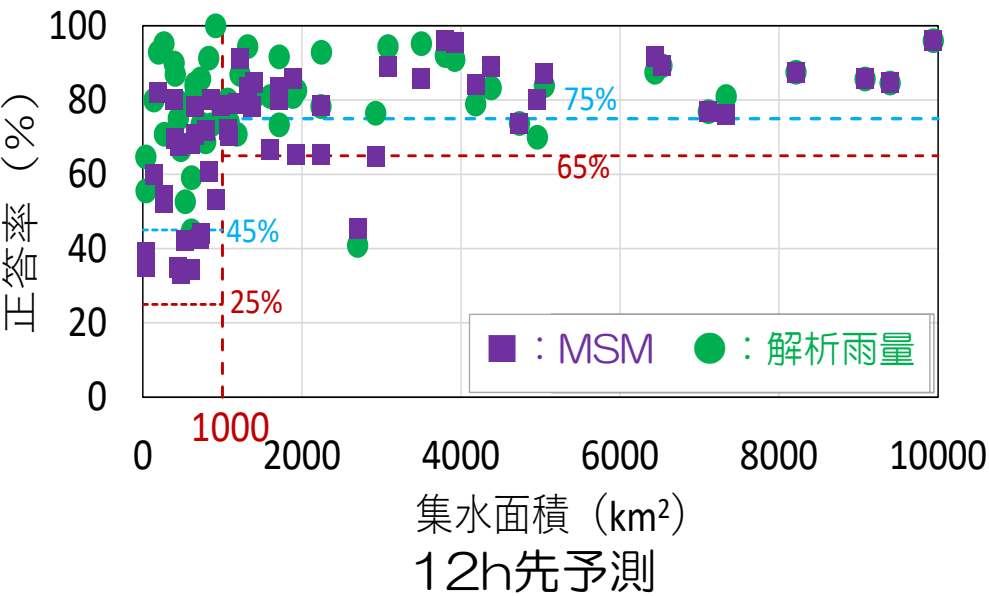


本明川 (16Events)
39km²

正答率は解析雨量を用いた場合の方が高い傾向

※正答率=Hit Range内のイベント数÷全イベント数×100 (%)

3. 実施結果～集水面積と正答率～



集水面積と正答率（平均値）の関係

	1000km ² 未満		1000km ² 以上	
	12h先	21h先	12h先	21h先
MSM	58.0%	56.8%	80.7%	75.4%
解析雨量	76.2%	76.9%	82.4%	80.6%

差異
大きい

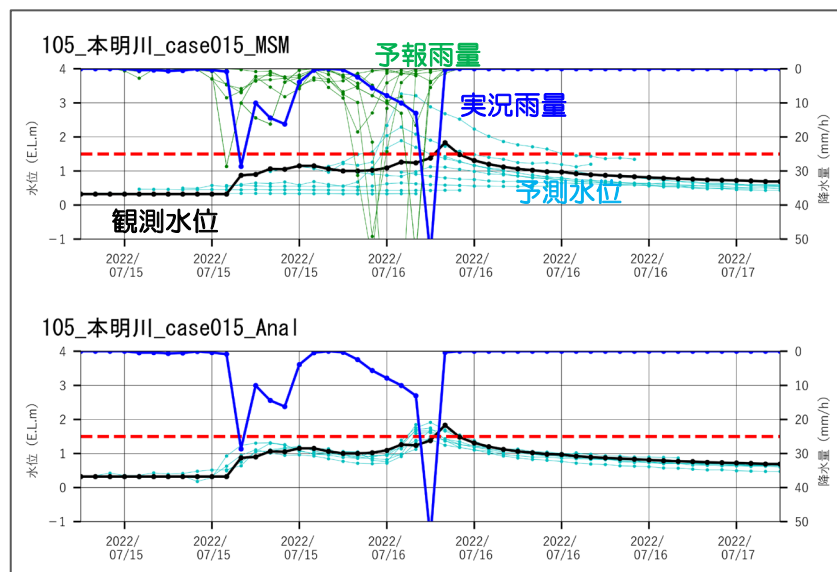
差異
小さい

本手法は
1000km²以上の場合
予報値を用いても
正答率は80%程度

3. 実施結果～1000km²以下の正答率～

①MSMの予報誤差による正答率の低下

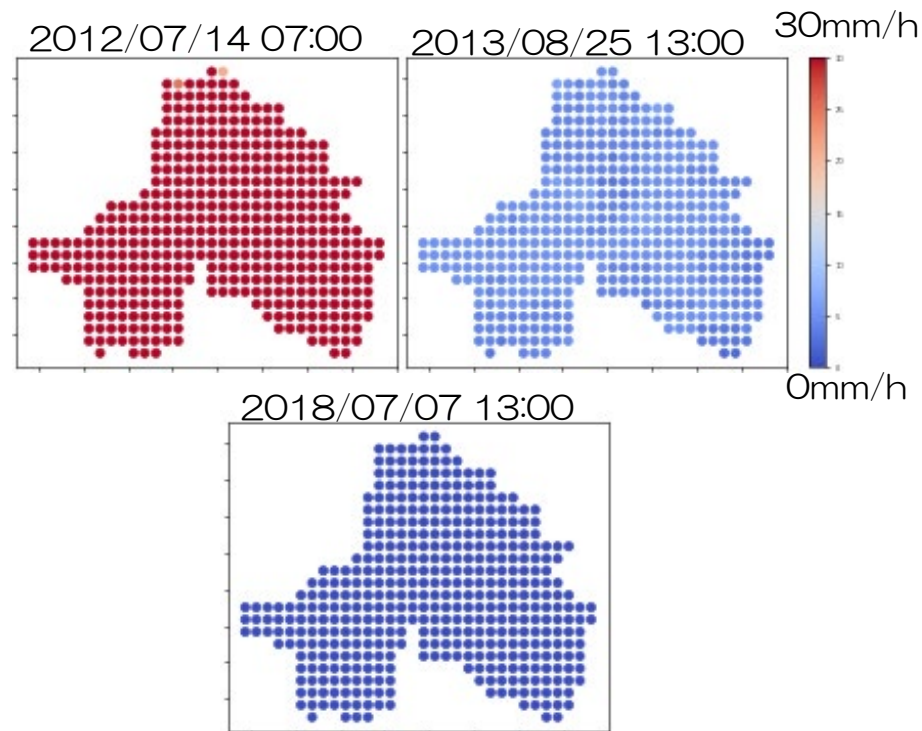
降雨直後に水位が上昇するが多い
→予報雨量の差異（予報誤差）が大きいと
予測水位と実測水位の差異が大きい



本明川 (16Events)
39km²

②入力値（特徴量）による正答率の低下

降雨分布が均一になりやすく、重心座標や
分散値が同様の値になる（特徴が出ない）
→不要な特徴量となり予測精度が低下する
（汎化性の低下）

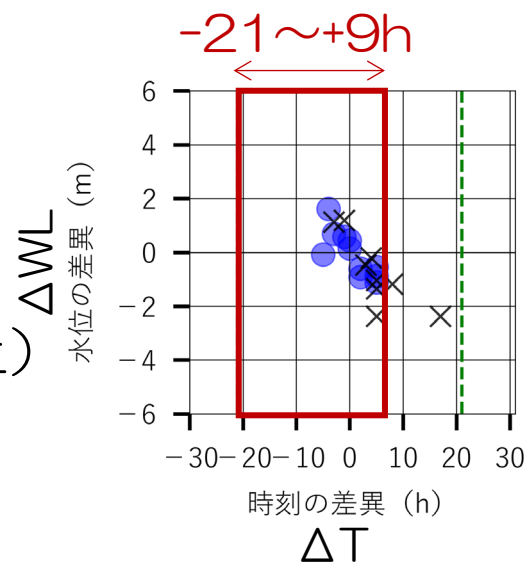
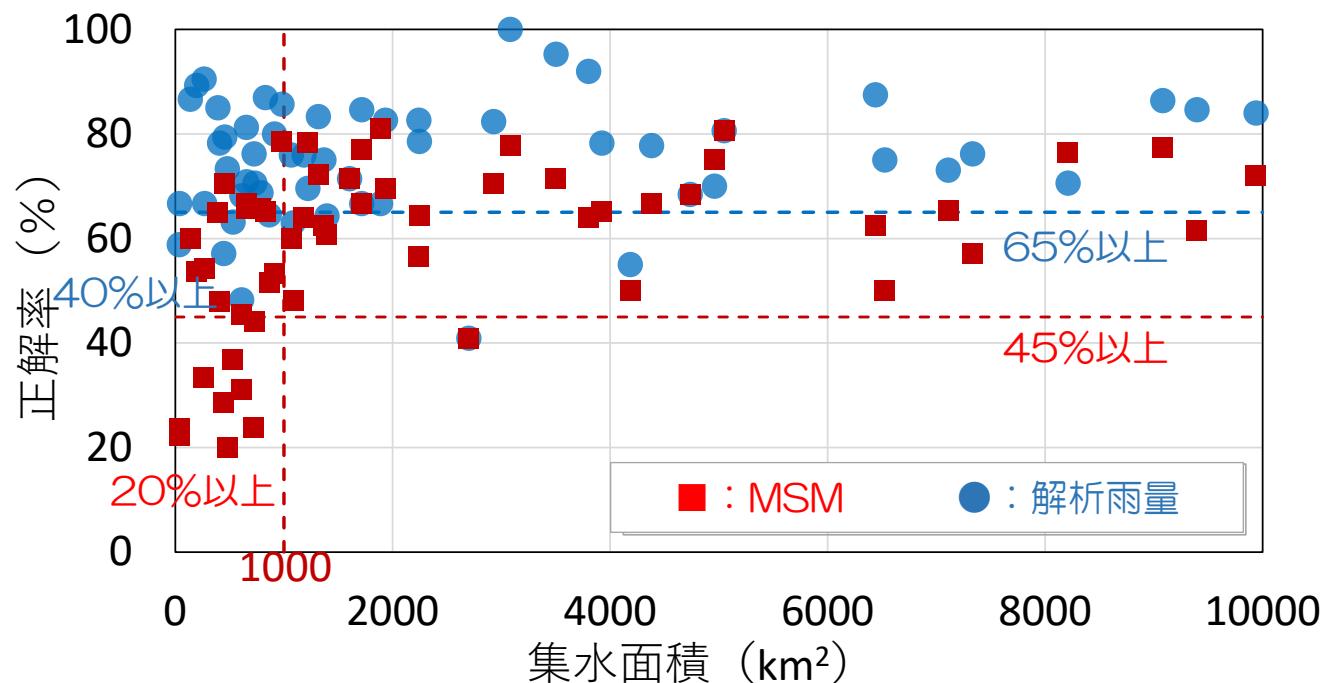


矢部川 (612km²)

4. 実工事への適用性検討

12時間以上先の出水を知ることが重要

⇒21時間先の予測結果について、12時間以上のLTで出水を予測できた割合を確認（時刻差 ΔT の許容差異：-21～+9h）
 ⇒MSMは45%以上、解析雨量は65%以上（1,000km²以上）



$\Delta T < 9h$ のイベントが多かったため、予測精度の大きな低下がみられない

- ・ 実工事では予報雨量（MSM）を採用⇒精度が低い地点は個別対応で精度向上
- ・ 時刻差 ΔT の許容差異（安全度）は工事内容や工種により異なる
 ⇒工事関係者と協議し最適な範囲を設定することが重要

5. おわりに

- 過去および将来の降雨強度の空間分布を用いたニューラルネットワークにより出水の有無予測について気象庁のMSM予報値を用いた精度の検証を実施
- 集水面積と正答率（全出水イベントに対して出水を予測できた割合）：
 - 1,000km²以上：MSMは75～81%，解析雨量は81～82%
 - 1,000km²未満：MSMは57～58%，解析雨量は75～76%
- 集水面積1,000km²未満の正答率が低かった要因：
 - ①MSM予報値が含む予報誤差
 - ②降雨分布の均一性（降雨量の分散値などが汎化性を低下）
- 21時間先の予測結果について、12時間以上のLTを確保できた割合を確認（時刻差 ΔT の許容差異：-21～+9h）
⇒MSMは45%以上，解析雨量は65%以上（1,000km²以上）
- 時刻差 ΔT の許容差異（安全度）は工事の内容や工種により異なる
⇒工事関係者と協議しながら最適な範囲を設定することが重要