

洪水予報の精度向上に向けた 洪水予測モデルの検証・改良支援システムの構築

諸岡良優¹・濱田悠貴²・黒沼尚史³・長岡雷太⁴
・銭潮潮⁵・矢神卓也⁴・堀孝成⁶・山本陽子²

¹国土技術政策総合研究所 (現：土木研究所ICHARM)

²国土技術政策総合研究所

³国土技術政策総合研究所 (現：国土交通省関東地方整備局)

⁴ (株)建設技術研究所, ⁵ (一財)河川情報センター, ⁶ NiX JAPAN(株)

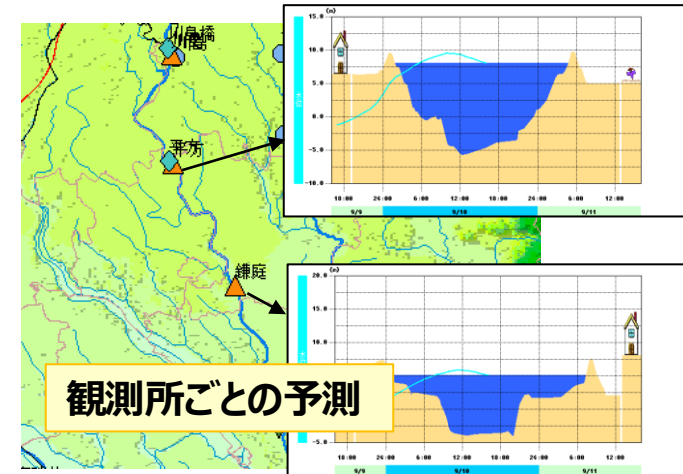


国土交通省では、市区町村による避難情報の発令判断や防災体制確保等に活用されるよう、水防法等に基づき**洪水予報を発表**している。

従来の洪水予測モデル

河川毎・水位観測地点毎の水位予測

- 流出モデル+HQ式による**水位観測所地点のみの予測**。
- 河川毎に異なるモデル**を使用。



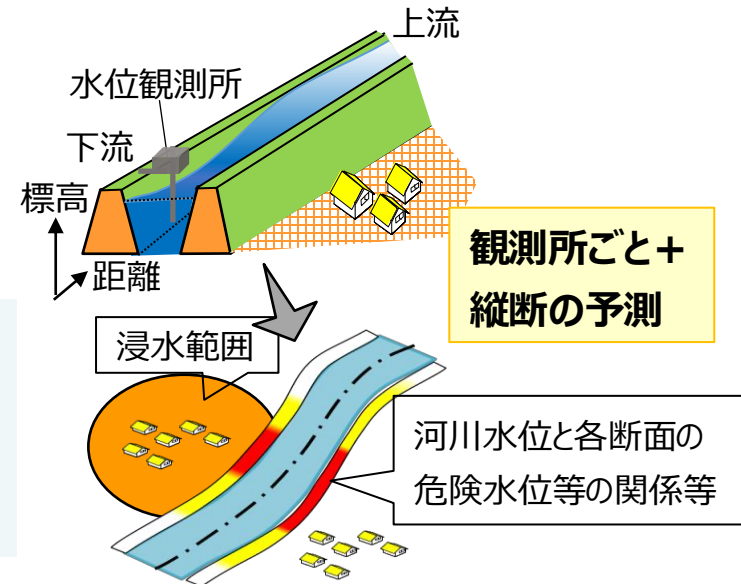
水害リスクラインVer.1の運用（2019年～）

【水害リスクラインVer.1の構成】

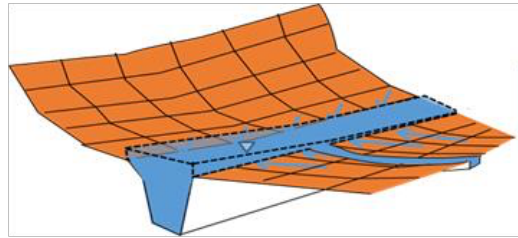
- 分布型流出モデル（土研分布モデル）
- 河道モデル（一次元不定流）
- データ同化（粒子フィルタ）

本川・支川が一体となった洪水予測モデル（全国統一的なモデル）による水位予測

- 一級水系の本川・支川を一体で予測可能**。
- 線情報での水位予測情報の把握が可能**。

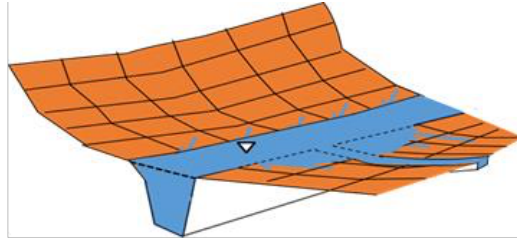


水害リスクラインver.2（2026年度運用開始予定）



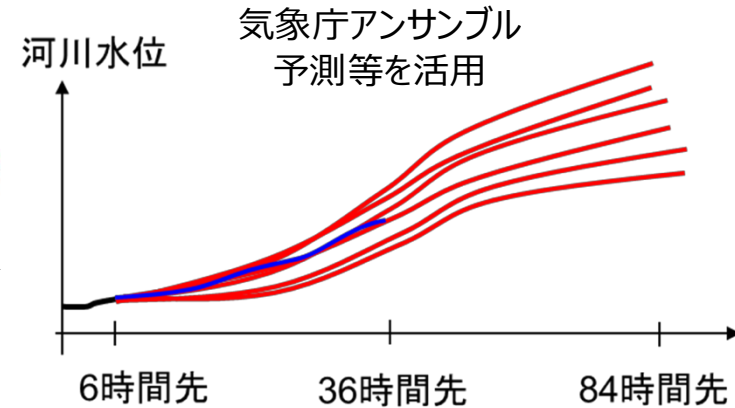
【土研分布モデル】

※氾濫による河川流量の変化を考慮できない（いわゆる「壁立て計算」）



【RRIモデル】

※氾濫による河川流量の変化を考慮可能



予測の長時間化・高精度化

- RRIモデルを採用し、氾濫による河川流量の変化を考慮可能。
- 気象庁アンサンブル予測雨量を用いた予測の長時間化。

※洪水予測と洪水予報の関係

洪水予報

観測水位・雨量

洪水予測

予測水位、流量

関係機関へ伝達

避難勧告・指示等の検討等

予測雨量

気象業務法及び水防法の一部を改正する法律（2023(令和5)年5月）

国・都道府県による予報の高度化 — 国民の防災活動に資する「防災気象情報」の提供

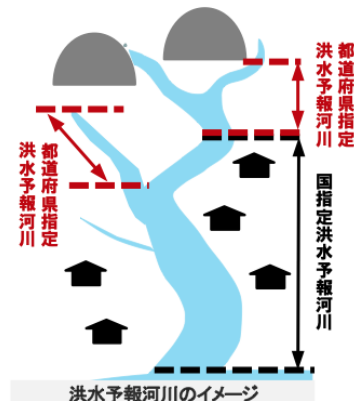
① 都道府県指定洪水予報河川の洪水予報の高度化【水防法・気象業務法】

洪水

- 国土交通大臣は、都道府県知事の求めに応じ、国指定河川の水位を予測する過程で取得した**都道府県指定河川の予測水位情報を提供**（※）。

（※）気象業務法の予警報制限を適用除外

- 都道府県知事と気象庁は、当該情報を踏まえ、共同して洪水予報を実施。



民間事業者による予報の高度化 — 多様なニーズに応じた「きめ細やかな予報」の提供

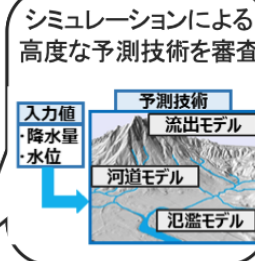
① 最新技術を踏まえた予報業務の許可基準の最適化【気象業務法】

土砂崩れ 高潮 波浪 洪水

- 土砂崩れ・高潮・波浪・洪水（気象の予測結果により予測可能な現象）の予報業務の許可について、**最新技術に基づく予測手法の導入による予報精度の向上を図るため、許可基準を新設し、気象庁長官が予測技術を審査。**

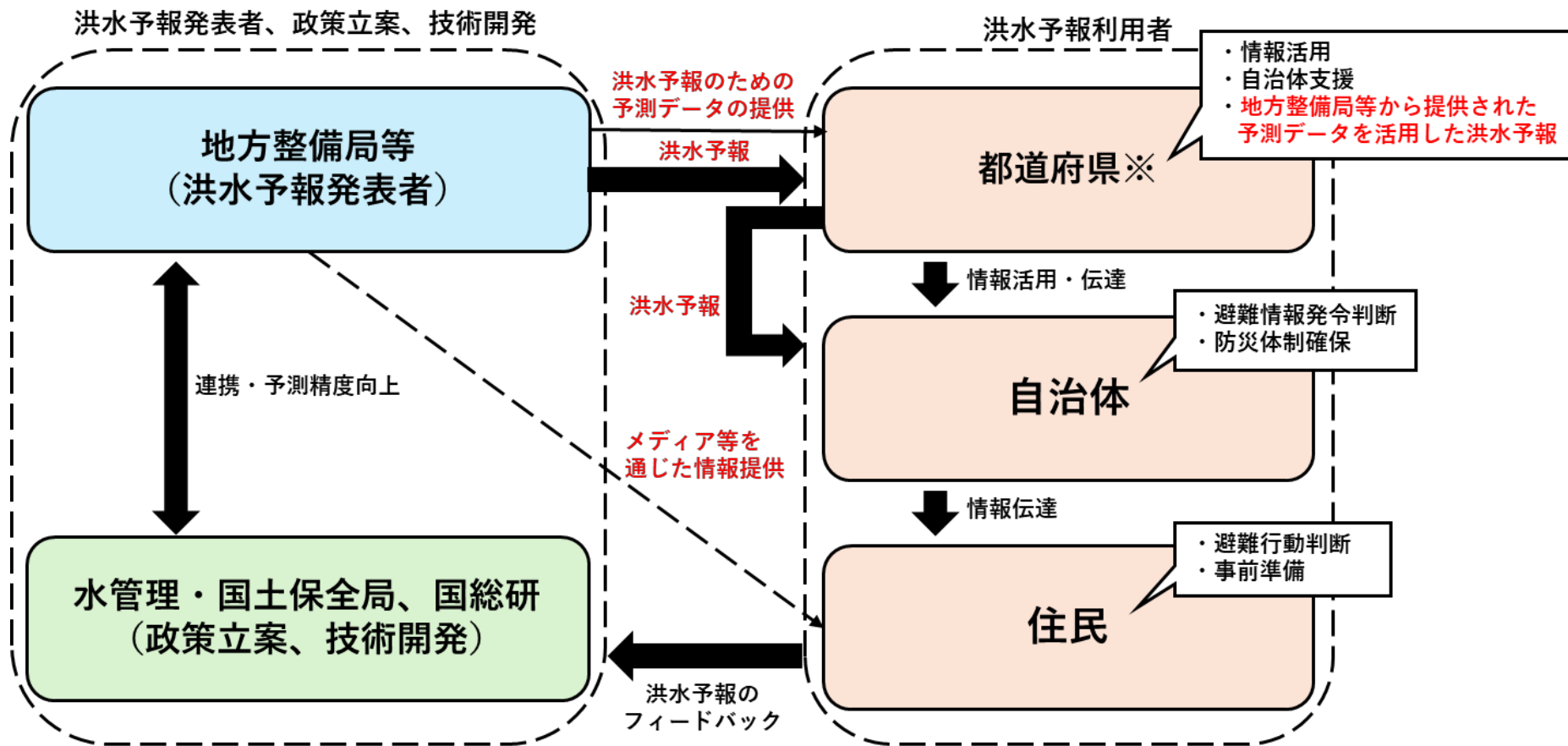
- ・ 自ら気象の予測をしない事業者は、気象予報士の設置義務を免除。
- ・ 土砂崩れ・洪水の予測技術の審査には、国土交通大臣も関与。

予測手法に係る許可基準



<https://www.mlit.go.jp/river/kasen/yosokusui/pdf/gaiyo.pdf> から抜粋・加筆

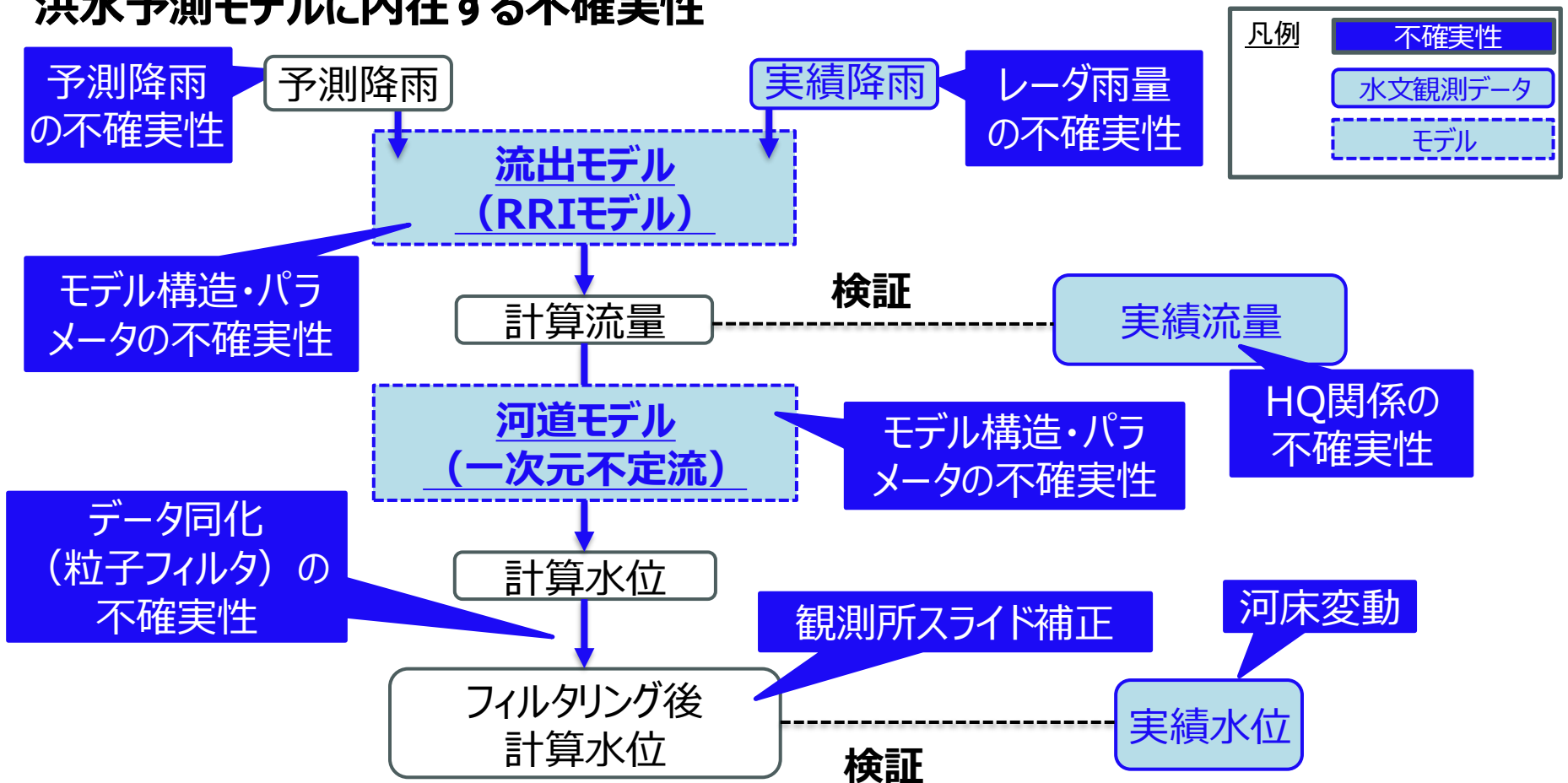
国の洪水予報の精度向上はますます重要となっている。



※都道府県管理河川の場合、都道府県は「洪水予報利用者」ではなく「洪水予報発表者」となる
洪水予報関係者の関係性

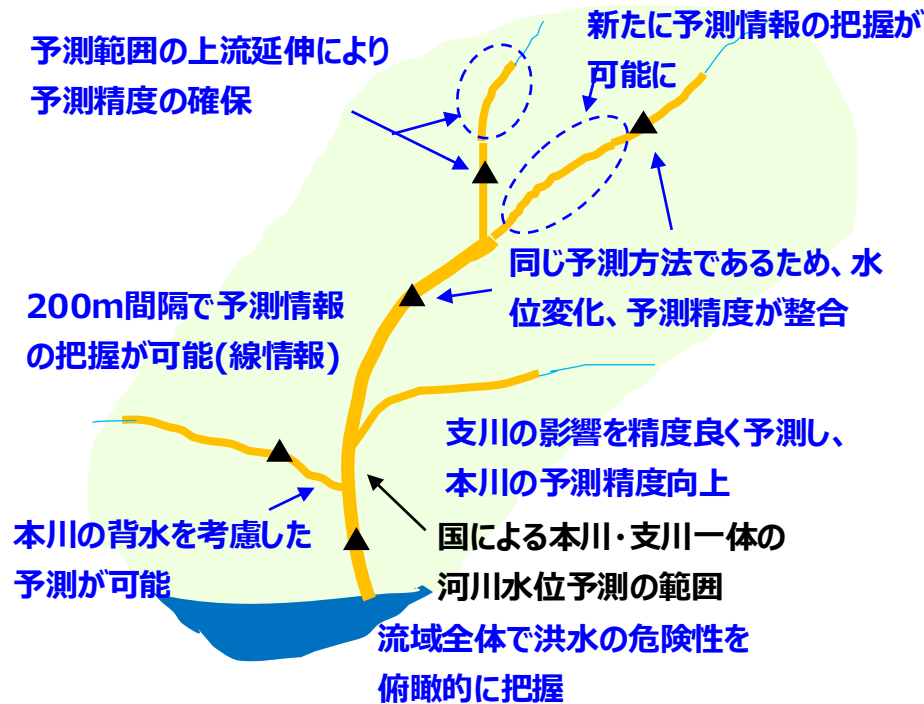
- ・洪水予測モデルは、国総研で開発した予測技術を基盤として、**各地整等が管轄する各流域の特性を踏まえて作成・管理**
- ・国総研は、予測技術の開発後も、洪水予報の精度向上に向けて**地整等を技術支援**

洪水予測モデルに内在する不確実性



- ➡ 洪水予測モデルを構築・管理する地方整備局等において、**継続的なモデルの検証・改良を通じた精度向上が不可欠**
- ➡ 洪水予測モデルの検証・改良に必要な**精度評価手法・計算妥当性の確認手法を検討**するとともに、**効率的な検証・改良を支援するシステムを開発**した。6

国の洪水予報河川（洪水予報指定河川）は、全1級水系に計298河川（2024年4月現在）あり、主要な水位周知河川や都道府県管理河川においてもモデルが構築されている。



本川・支川が一体となった洪水予測モデルの概要

効率的に予測精度向上を図るためには、

- ・精度が特に低下しているモデル
- ・モデル内の精度の低い小流域

を特定し、優先的にパラメータやモデル構造等の改良を実施する必要がある。

➡ 改良すべき予測モデルを特定するため、**洪水予測結果に適用可能な精度評価指標の選定を行うとともに、同指標を用いた精度評価の試行を実施。**

精度評価指標の選定方法

既往文献や全国の洪水予測モデルの構築・改良業務の報告書を調査するとともに、機械学習分野や河川・水文分野で**一般的に用いられている精度評価指標について、特徴・利点・課題を整理し、洪水予測結果への適用可能性を検討した。**

精度評価指標選定にあたっての留意点

- ① 単一指標による洪水波形の評価が困難である
(用いる指標や、評価対象とする期間等によって精度評価結果が異なる可能性)
 単一指標ではなく、**複数の指標のいずれかで精度の低い予測結果を確認**
- ② 洪水は低頻度なイベントである
(個々の流域での近年の洪水実績は数事例程度にとどまることが多い)
 個々の観測所における**予測結果を箱ひげ図で整理し、外れ値を抽出可能にする**
- ③ 予測水位を比較することは困難である
(異なる地点間では、川幅・河床勾配等の河道特性が異なり、単純比較できない)
 流域間、地点間の相対比較を可能とするため、**無次元化された指標を採用**

選定した精度評価指標

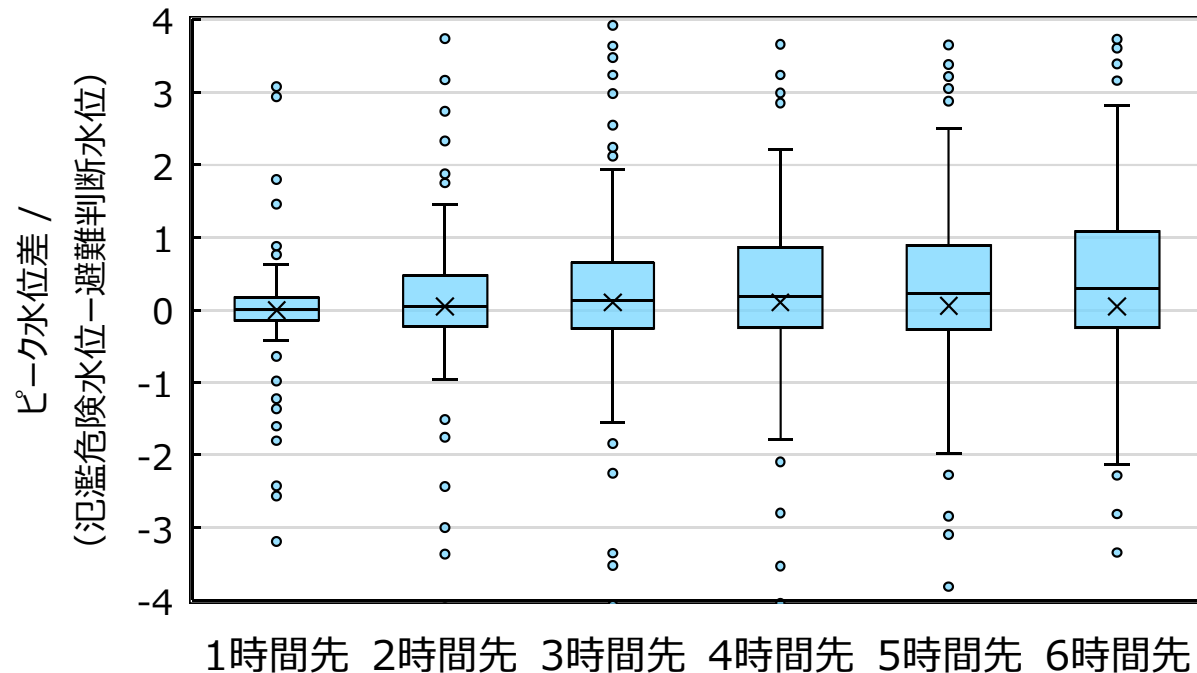
洪水予測の精度評価に適用する評価指標

評価する誤差	個別の地点での 精度評価に用いる評価指標	全国の統計処理に 用いる評価指標 (無次元)
ピーク水位	実績値との誤差 [m]	×
	実績値との誤差 / (氾濫危険水位 - 避難判断水位)	○
基準水位超過時の水位	実績値との誤差 [m]	×
	実績値との誤差 / (氾濫危険水位 - 避難判断水位)	○
基準水位超過時刻	時刻の誤差 [分]	×
波形全体の予測精度	二乗平均平方誤差 (RMSE) [m]	×
	Nash係数	○
	誤差評価指標 (E)	○
基準水位超過予測の信頼度	マッシュズ相関係数	○
	適合率	○
	補足率	○

選定した精度評価指標を用いて、2020~2024年の水位予測結果
(全国の計1,035 ケース) を収集し、精度評価を試行した。

試行結果の一例

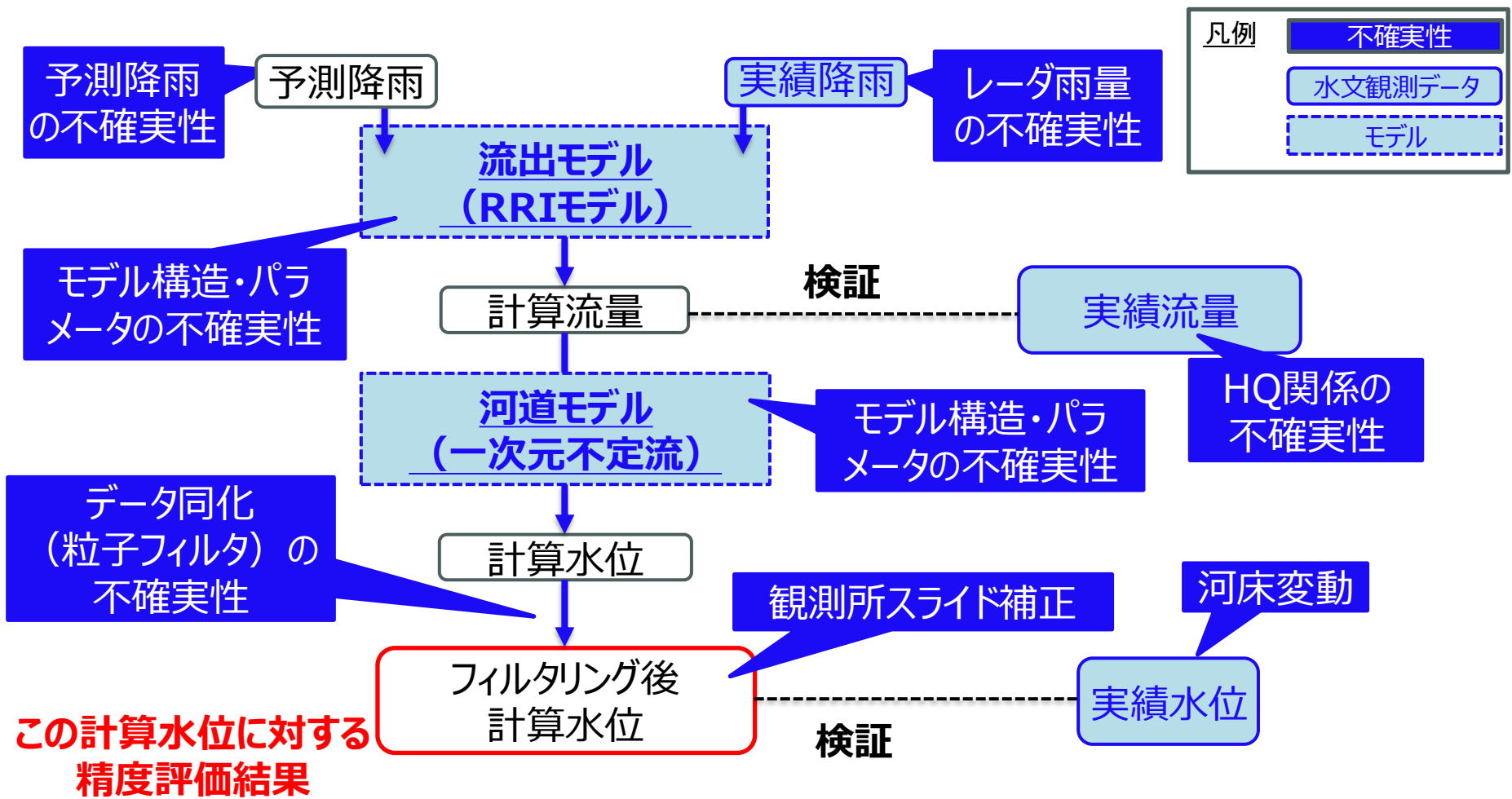
ピーク水位誤差（予測と実測の差）を氾濫危険水位と避難判断水位の差で割った値
＝ 精度評価指標



予測計算実施時点から予測対象時点までの時間（＝予測時間）

➡ 箱ひげ図表示により、外れ値を視覚的に把握可能となり、精度が低いモデル・小流域の特定が可能

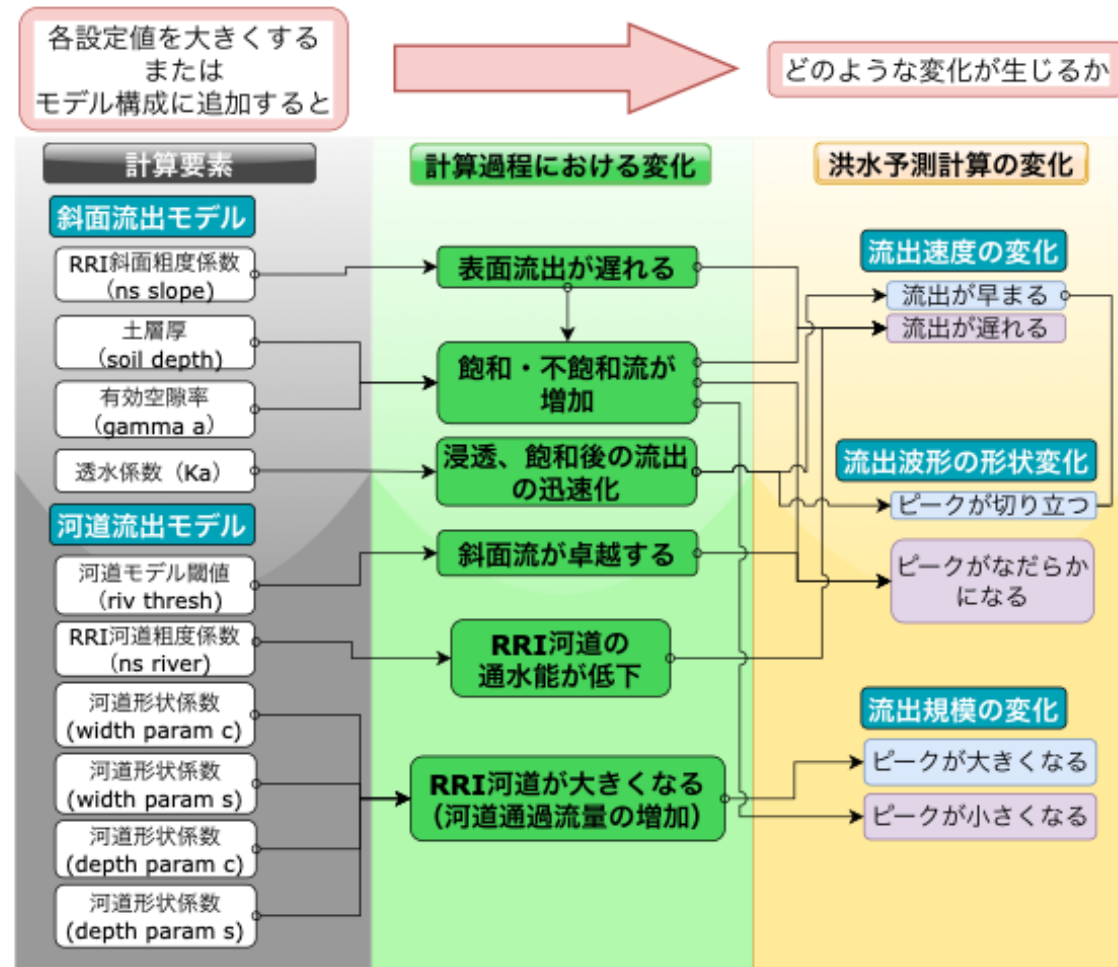
前述の精度評価手法により、どのモデル・小流域に課題があるか特定できたとしても、それだけでは、**なぜ精度が悪いのか特定することは難しい。**



➡ 精度低下要因の特定を容易に行う手法（予測モデルの計算妥当性確認方法）及び洪水予報の精度向上のための可視化要素の検討を行った。

洪水予測の計算過程と計算結果の因果関係の整理

全国の洪水予測モデルの構築・改良に関する業務報告書をレビューし、予測モデルの計算過程（要素）を全て洗い出すとともに、パラメータの感度分析結果から因果関係を整理。



地整等の洪水予報担当者と予測モデル作成者が、**この関係を意識して議論することで、予測モデルの検証・改良が円滑になる。**

洪水予測モデルの計算妥当性確認方法の検討

前述の計算過程と計算結果の因果関係も踏まえ、各計算過程（要素）について、①**可視化可能性**（可視化により設定値等の理解が促進されるか）、②**異常検知性**（予測モデル作成者以外でも計算過程の正常/異常の評価が促進されるか）を3段階（○・△・×）で評価し、可視化することが有効な計算過程（要素）を選定。

計算過程	計算要素	可視化可能性	異常検知性	可視化候補	可視化グラフ
降雨入力	Cバンドレーダ雨量	○	○	○	平面図
	XRAIN (C-X合成レーダ)	○	○	○	平面図
	降水ナウキャスト	○	○	○	平面図
	降雨短時間予測	○	○	○	平面図
	MSM	○	○	○	平面図
	GSM	○	○	○	平面図
流出解析モデル (RR1モデル)	水深 (RR1斜面、RR1河道)	○	△	○	平面図
	流量フラックス (RR1河道)	○	△	○	平面図
	浸透量 (RR1斜面)	○	△	○	平面図
	浸透量累積 (RR1斜面)	○	△	○	平面図
	蒸発散量 (RR1斜面)	○	△	○	平面図
	集水セル数	○	△	○	平面図
	RR1河道における矩形断面形状 (川幅、深さ)	△	○	○	平面図
	粗度係数 (RR1斜面、RR1河道)	○	△	○	平面図
	土層厚	○	△	○	平面図
	各層の空隙率	○	△	○	平面図
	透水係数	○	△	○	平面図
	不定流河道モデルへの流出量	△	○	○	平面図

○流出モデル

- ・出力結果（斜面・河道水深、流量フラックス等）
- ・モデル構成データ（地盤高・落水線・河道モデルとの接続関係等）・・・
- ・モデルパラメータ

○河道モデル

- ・出力結果（水位・流量、横流入量等）

○データ同化

- ・縮退しない粒子・最尤粒子等

洪水予報担当者や洪水予測モデル作成者から意見収集を行い、得られた意見も踏まえた結果、**合計59の計算過程（要素）の可視化が有効**であることが分かった。

前述の

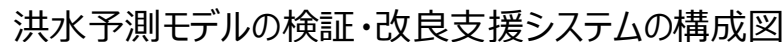
- ・洪水予測モデルの精度評価方法 ⇨ **改良すべき洪水予測モデルを特定可能**
- ・洪水予測モデルの計算妥当性確認方法 ⇨ **精度低下要因を特定可能**

一方で、地整等が、洪水予測モデルの検証・改良を業務として効率的かつ持続的に実施するには、**検証・改良プロセスを体系化（システム化）する必要**

 国土交通省が整備を進める流域デジタルテストベッドが提供する**クラウド環境**を活用して、**洪水予測モデルの検証・改良業務の効率的な実施を支援する情報システムを開発**した。

対象ユーザ

地整等の洪水予報担当者と予測モデル作成者（建設コンサルタント）を想定



- ① クラウドサービスプロバイダが提供するマネージドサービスの活用を前提とした設計
(**開発の効率化・低コスト化**)
- ② 全体設計にマイクロサービスアーキテクチャを適用
(**各機能の独立性・拡張性の高いシステム構成**を確保)
- ③ 機能群へのシングルサインオンの適用、ポータルサイトの構築
(機能群をシームレスに使用できる**ユーザビリティ**の確保)

①モデル入出力データベース

洪水予測モデルの検証・改良に必要なレーダ雨量、予測雨量、実績水位や過去の洪水予測結果を保管。データ容量や伝送速度を考慮し、**実績もしくは予測水位が水防団待機水位以上となったイベントのみを保管。**

≡ 洪水観測・予測データベース 洪水一覧表

🔍 洪水リスト検索

☁️ データアップロード

⊕ 洪水リスト登録

✏️ 洪水リスト削除

📖 操作説明

≡ マニュアル

データの追加登録も可能

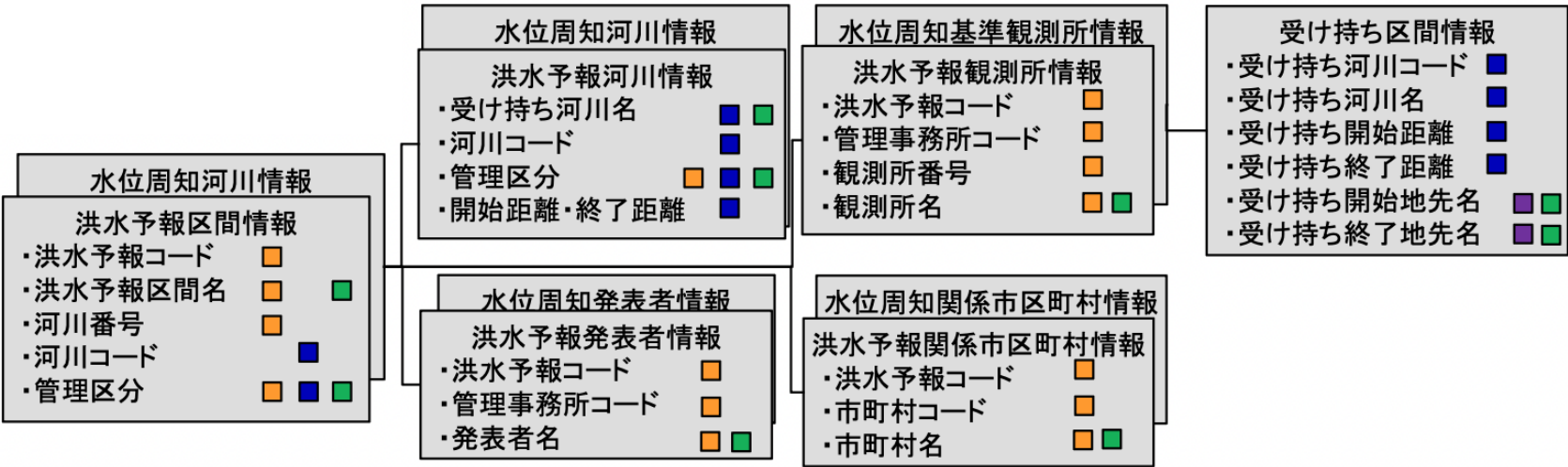
地盤 北海道(81) 水系 天塩川(0101) 対象年 全て | 出力表示 ☒ 基準地点 ☒ 入力データ ☒ 出力データ ☐ 観測水位超過洪水 ☐ 予測水位超過洪水

洪水名	基準地点			入力データ登録状況														出力データ登録状況				
	九十九橋	名寄大橋	美深橋	観測所水位			潮位	レーダ雨量		予測雨量						洪水値...	計算結果データ		洪水計算過程データ		洪水予測文	
				テレ	ダム	危機		Cバンド	XRAIN	ナウキャスト	降水短時間	MSM	MSM-G	GSM	GSM-G		MEPS	GEPS	リアルタ...	検証計算		リアルタ...
計画高水位	135.42	95.62																				
氾濫危険水位	133.60	94.90																				
避難判断水位	133.30	94.70																				
避難注意水位	132.30	93.20																				
水防団待機水位	131.70	92.30																				
2025年11月01日	-	-		○	×	×	×	×	×	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
2025年09月13日	131.15	-		○	○	×	×	○	×	○	○	○	×	○	×	×	×	×	×	×	×	
2025年08月26日	131.45	89.78		○	○	×	×	○	×	○	○	○	×	○	×	×	×	○	×	×	×	
2025年08月23日	132.28	91.09		○	○	×	×	○	×	○	○	○	×	○	×	×	×	○	×	×	×	
2025年08月20日	130.32	88.61		○	○	×	×	○	×	○	○	○	×	○	×	×	×	○	×	×	×	
2025年08月19日	-	-		○	×	×	×	○	×	○	○	○	×	×	×	×	×	○	×	×	×	
2025年08月17日	130.22	88.44		○	○	×	×	○	×	○	○	○	×	○	×	×	×	○	×	×	×	
2025年07月20日	-	-		○	○	×	×	○	×	○	○	○	×	○	×	×	×	×	×	×	×	
2025年04月17日	131.53	90.49		○	○	×	×	○	×	○	○	○	×	○	×	×	×	○	×	×	×	
2024年09月06日	130.08	88.28		○	○	×	×	○	×	○	○	×	×	×	×	×	×	○	×	×	×	
2024年08月27日	131.59	89.99		○	○	×	×	○	×	○	○	×	○	×	×	×	×	○	×	×	×	
2024年07月24日	132.77	91.85		○	○	×	×	○	×	○	○	×	○	×	×	×	×	○	×	×	○	
2024年02月20日	130.69	89.01		○	○	×	×	○	×	○	○	×	○	×	×	×	×	○	×	×	×	
2023年09月12日	-	89.62		○	○	×	×	○	×	○	○	○	×	○	×	×	×	×	×	×	×	
2023年09月01日	129.93	88.48		○	○	×	×	○	×	○	○	○	×	○	×	×	×	○	×	×	×	
2023年08月09日	-	-		○	○	×	×	×	×	○	○	×	×	×	×	×	×	○	×	×	×	
2023年08月06日	132.99	92.50		○	○	×	×	○	×	○	○	○	×	○	×	×	×	○	×	×	○	

②洪水予報基盤情報データベース

基礎データセット：洪水予報諸元・距離表情報等

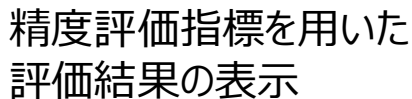
モデル構成データセット：RRI・一次元不定流モデルに必要な地盤高・河道諸元・モデルパラメータ等を登録



基礎データセットの構成

今後、データ管理の最適化のために、国土交通省が整備を進める
流域データプラットフォームに用意される他のデータベースとのデータ連携も検討予定

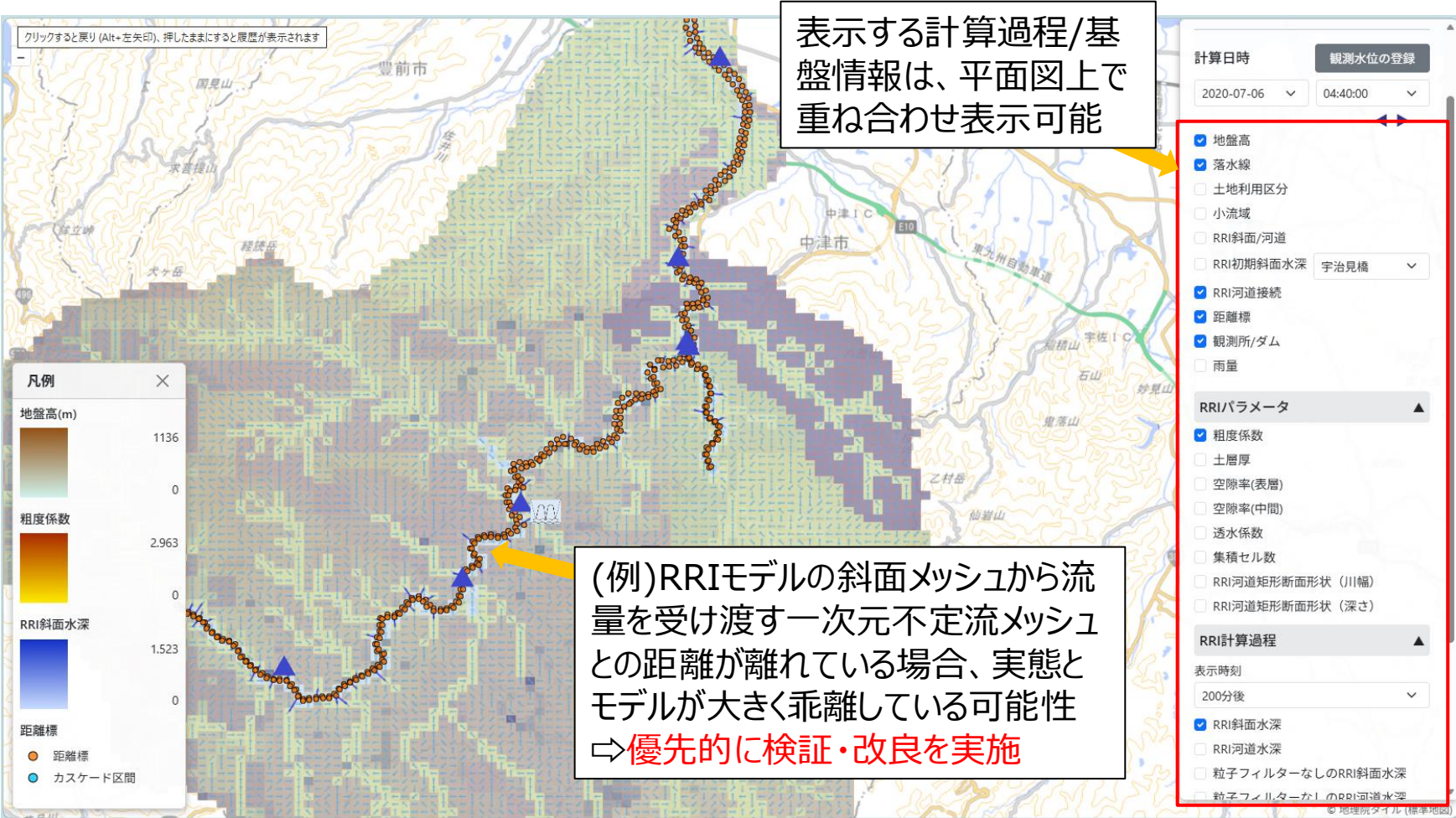
河川・観測所別の表示に加えて、全国・地方での比較や経年比較も可能



18

④計算過程可視化機能

①モデル入出力DB、②基盤情報DBから必要なデータを取得して、前述の計算妥当性確認に有効な計算過程（要素）を可視化可能。



⑤洪水予測モデル制御・監視機能

①モデル入力DBから必要なデータの取得、予測計算の実行、計算結果の①モデル出力DBへの登録を自動で実施するとともに、計算負荷・稼働状況のログファイルを出力する機能。

洪水予測システム 予測モデル制御・監視機能

地整・水系の選択

<ユーザー名>

Logout

地整・水系選択

地整九州

水系山国川水系

洪水イベント取得

2025年08月20日 06時30分 ~ 2025年08月20日 06時40分

予測実行中の洪水イベントがあります

予測実行開始時刻：2026年02月27日 14時33分

地整名九州

水系山国川水系

開始日時2020年04月20日 06時30分

終了日時2020年04月20日 06時40分

予測初期時刻2020年04月20日 06時30分

ステータス完了

予測実行

予測再開

予測結果を破棄して終了

モデル入力DBに登録されている洪水イベントを選択

モデル入力DBからデータを自動取得し、予測計算の実行、モデル出力DBへデータを自動登録

本機能への洪水予測モデルのアップロード方法及び本機能を用いた具体的な洪水予測モデルの実行方法を解説したマニュアルを作成

洪水予測モデルの検証・改良に必要な、**精度評価手法及び計算妥当性の確認方法を検討する**とともに、洪水予報の精度向上に向けた「**洪水予測モデルの検証・改良支援システム**」を開発した。

- ・洪水予報に係る各種データの適正な保管とともに、予測モデルの検証・改良サイクル（計算の試行→計算結果の精度評価→計算妥当性の確認→予測モデルの改良）の効率化・高頻度化により、予測精度向上の加速化が期待できる。
- ・洪水予報の関係者が予測モデルの改良方針等を議論する際に、精度低下要因の特定を効率的に実施できるようになるとともに、多様な情報に基づく高度な検討が可能となる。
- ・人事異動により行政職員が定期的に交代する状況においても、洪水予報担当者が予測精度の現状やモデル構成を短時間で理解可能となる。

- ・作成したマニュアルや構築したシステムについて、地整等の洪水予測モデルの精度検証・改良業務のルーティーンの一部に位置付けられるよう、令和8年度より地整等での試験利用を開始予定である。
- ・精度評価手法について、実務者・有識者等の意見を踏まえながら継続的にブラッシュアップし、洪水予測の精度向上及び洪水予報の改善に繋げていく。
- ・将来的には、システムの高い拡張性を活かし、構築した機能やデータを用いた産学官連携による洪水予測技術の開発促進を図ることを想定する。