

多地点高密度水位観測を活かした洪水 予報用力学的内外挿法の開発・応用

東京理科大学

パシフィックコンサルタンツ

二瓶泰雄

柏田仁, 尾ノ井龍仁

H27関東・東北豪雨 (鬼怒川決壊)



朝日新聞より引用

H28台風10号 (空知川決壊)



産経新聞より引用

H29九州北部豪雨 (赤谷川他氾濫)



国土地理院より引用

水防災意識社会再構築ビジョン

「施設では防ぎきれない大洪水は必ず発生するもの」へと意識を変革

水防法等の一部を改正する法律

逃げ遅れゼロ・社会経済被害の最小化

ハード対策

- ・洪水氾濫を未然に防ぐ対策
- ・危機管理型ハード対策

住民目線のソフト対策

- ・リスク情報の周知
- ・事前の避難計画
- ・訓練
- ・避難行動のための情報のリアルタイム提供

適切な対策実現には充実した河川モニタリングが必須

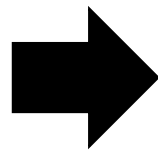
→ 流量・水位 他

背景 | 水位モニタリングの実態

2017年以前

水位観測

10km間隔程度



堤防越水

数m～数百m

検知・予測
が困難

2017年12月

全国の中小河川の緊急点検結果と対応策(概要)

九州北部豪雨等の豪雨災害による中小河川の氾濫など、近年の豪雨災害の特徴を踏まえて実施した、「全国の中小河川の緊急点検」の結果に基づき、土砂・流木捕捉効果の高い透過型砂防堰堤等の整備、多数の家屋や重要な施設の河道の掘削等、洪水に特化した低コストの水位計(危機管理型水位計)の設置対策が行われるよう、交付金による支援等を実施。



福岡県朝倉市・赤谷川

全国の中小河川 約2万河川

都道府県と連携して点検を実施し、優先箇所を抽出

再度の氾濫発生
の危険性
↓
河道掘削・堤防整備
約300km
(約400河川)

<抽出の考え方>
近年、洪水により被災した履歴があり、再度の氾濫により多数の家屋や重要な施設(要配慮者利用施設・市役所・役場等)の浸水被害が想定される区間



桂川における浸水被害

洪水時の水位監視
の必要性
↓
危機管理型水位計の設置
約5,800箇所
(約5,000河川)

<抽出の考え方>
人家や重要な施設(要配慮者利用施設・市役所・役場等)が浸水するおそれがあり、的確な避難判断が必要な箇所



洪水に特化した低コストな水位計の設置例

緊急点検を踏まえた中小河川緊急治水対策プロジェクトとして全国の中小河川で実施 (全体事業費約3,700億円)

本研究の目的

水位に特化したデータ同化手法を開発し、

□ 現在時刻の「点」→「線」水位内外挿法

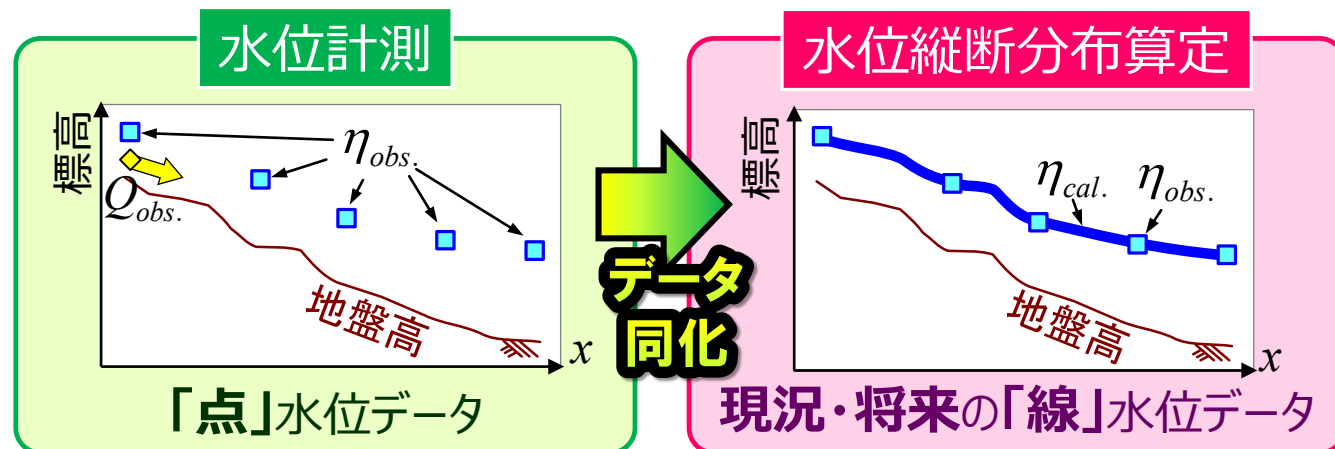
□ 将来時刻の「線」水位予測法

を開発・応用

流量用DIEX法
(DIEX法)



洪水予測用
DIEX法
(DIEX-Flood)



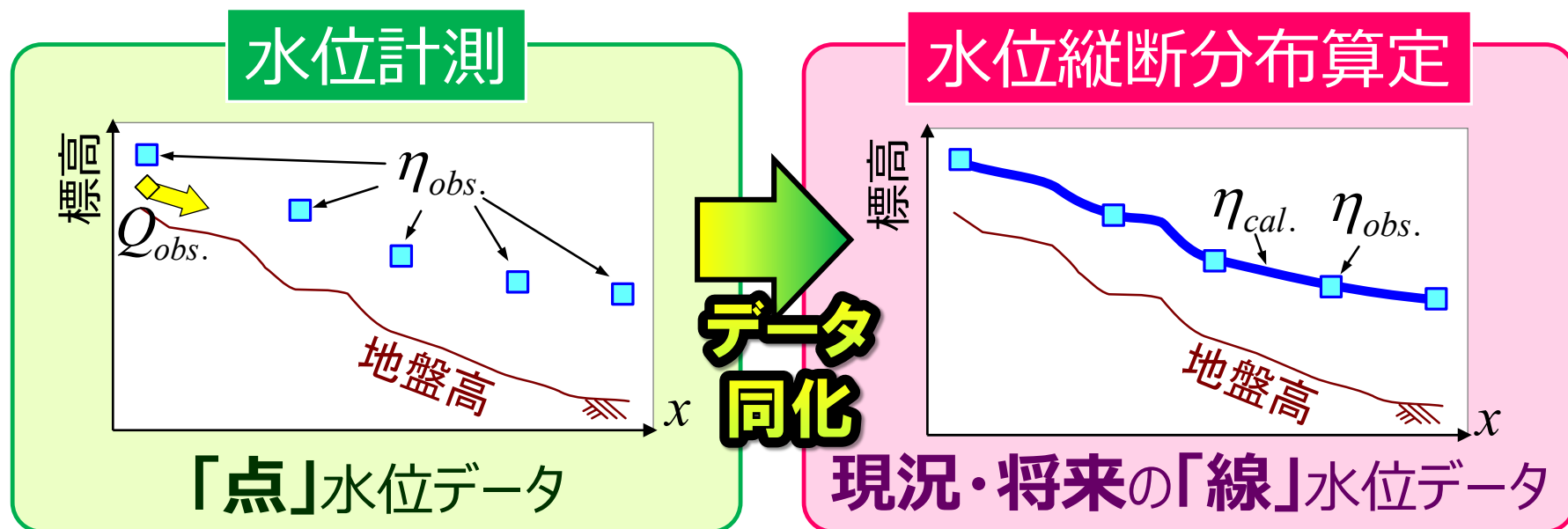
「水位」に特化した新しいデータ同化手法に基づいて

Step1 現在時刻の「点」→「線」水位内外挿法(*Nowcast*)

Step2 将来時刻の「線」水位予測法(*Forecast*)

が可能な洪水予測手法(**DIEX-Flood**)を開発・応用

Dynamic **I**nterpolation and **E**Xtrapolation method for **F**lood prediction



事前計算

痕跡水位が存在する場合

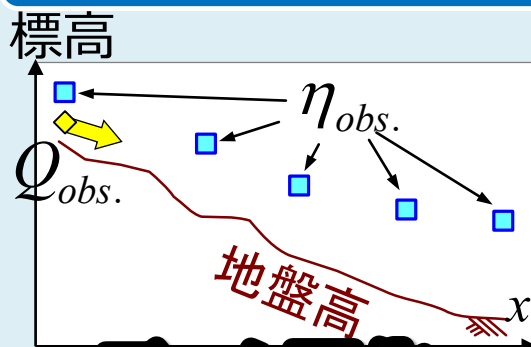


データ同化

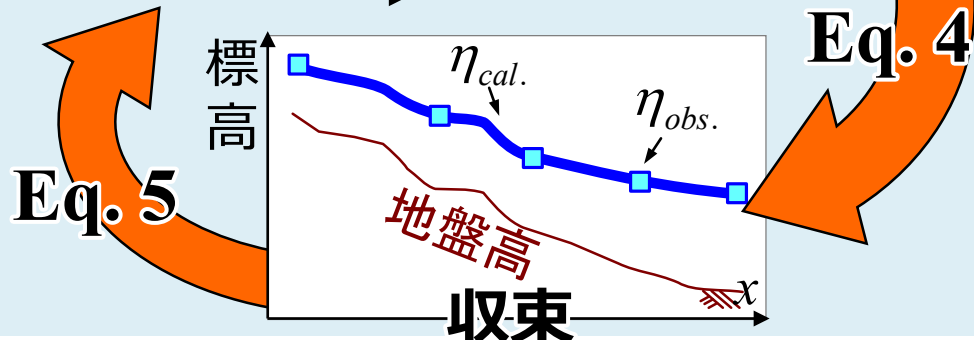
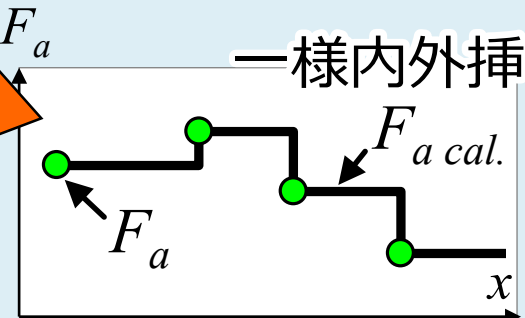
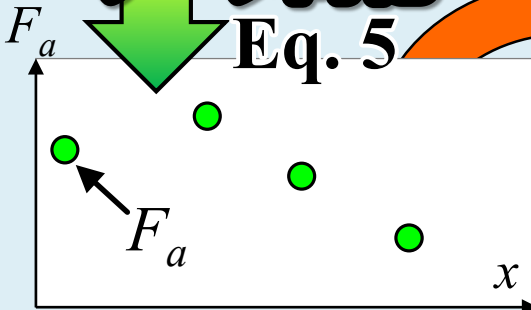


計算パラメータに使用

Nowcast : データ同化による水位縦断分布算定



データ同化



Forecast : 最新の河道・水理条件に基づいた洪水予報

定常

運動方程式
Eq.1

$$\frac{2Q}{gA^2} \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{Q^2}{gA^3} \frac{\partial A}{\partial x} + \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{n^2 Q|Q|}{A^2 R^{4/3}} = 0$$

データ同化

データ同化
Eq.2

$$n = \sqrt{-\frac{R^{4/3} A^2}{Q|Q|} \left\{ \frac{2Q}{gA^2} \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{Q^2}{gA^3} \frac{\partial A}{\partial x} + \frac{\partial \eta}{\partial x} \right\}}$$

非定常

連続式
Eq.3

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

付加項

運動方程式
Eq.4

$$\frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{2Q}{gA^2} \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{Q^2}{gA^3} \frac{\partial A}{\partial x} + \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{n^2 Q|Q|}{A^2 R^{4/3}} + \underline{F_a} = 0$$

データ同化

データ同化
Eq.5

$$\underline{F_a} = - \left(\frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{2Q}{gA^2} \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{Q^2}{gA^3} \frac{\partial A}{\partial x} + \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{n^2 Q|Q|}{A^2 R^{4/3}} \right)$$

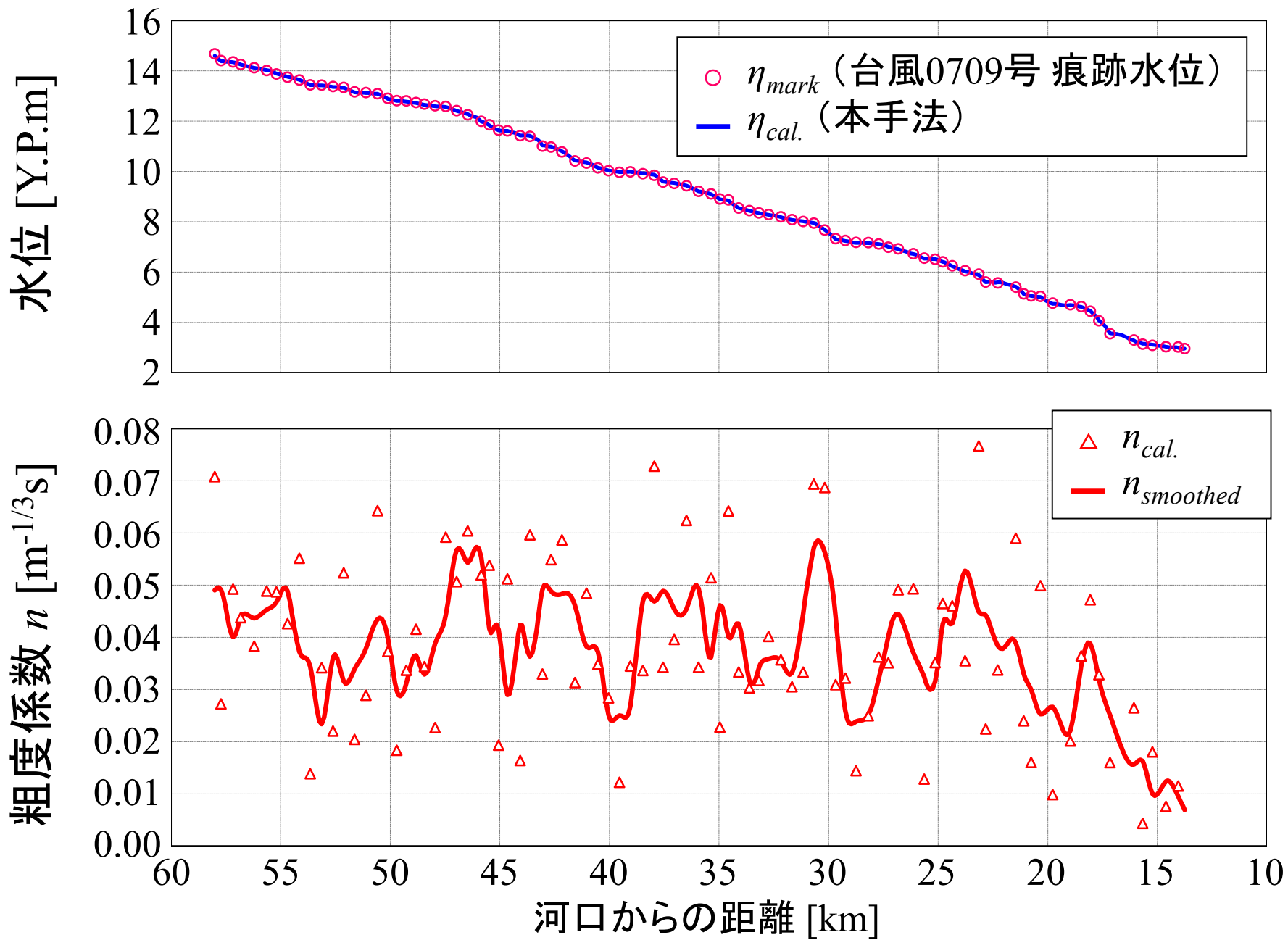
江戸川への適用

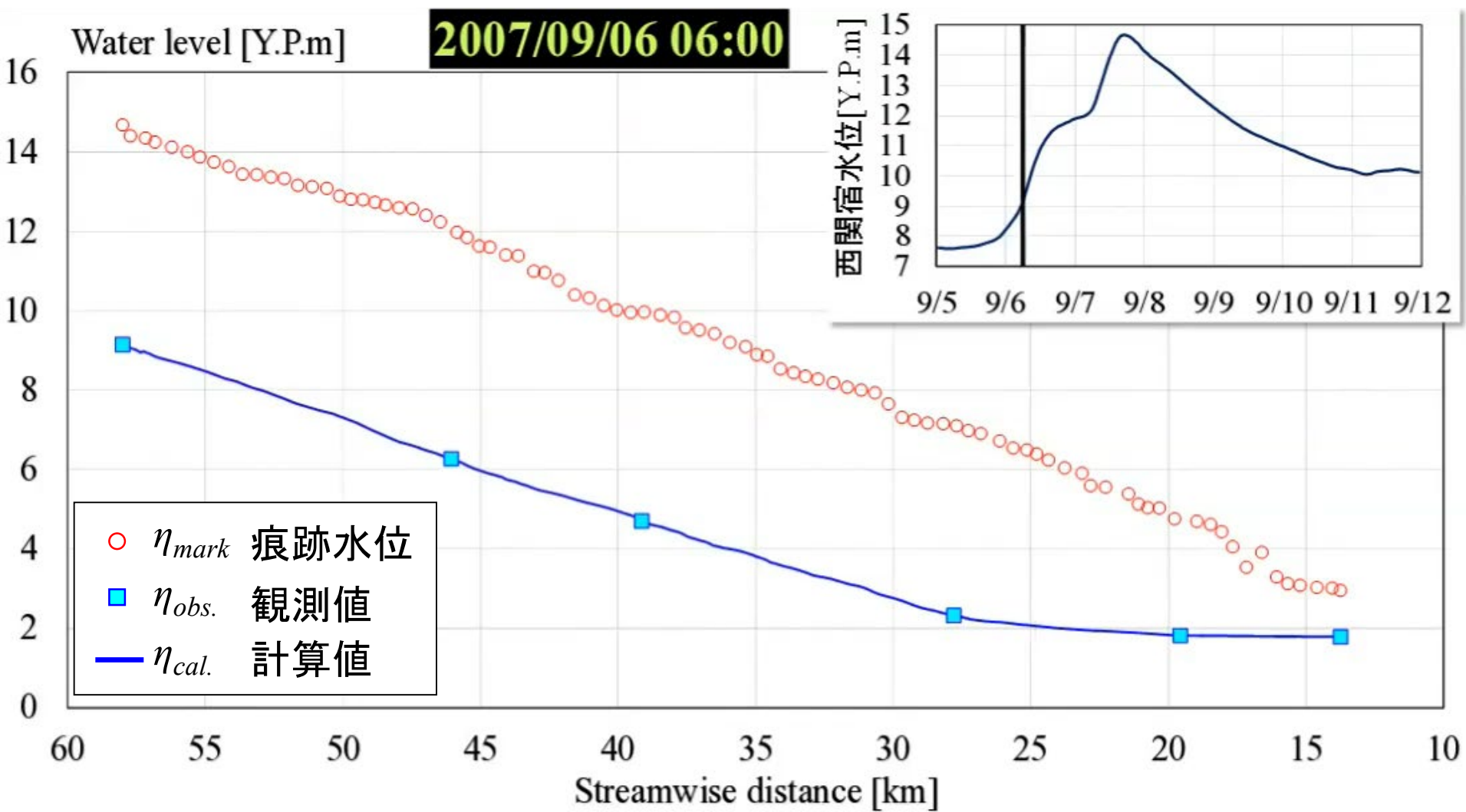
河川	名称	江戸川
	計算区間	44.6km
	断面形	複断面
境界条件	上流端	H-ADCP流量観測システム @野田地点を時間差考慮
	下流端	市川地点水位
格子間隔	約100m	
同化データ	松戸～西関宿の5地点, 60分間隔	

イベント	台風0709号
計算期間	2007/09/05 - 11
ピーク流量	1459m ³ /s

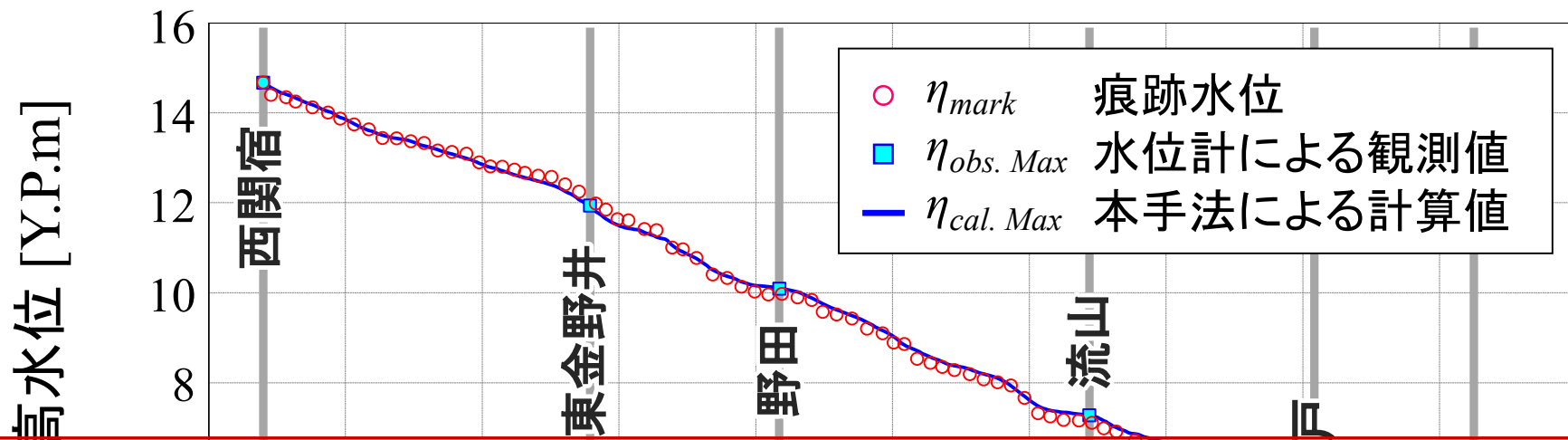


実河川洪水流の計算範囲

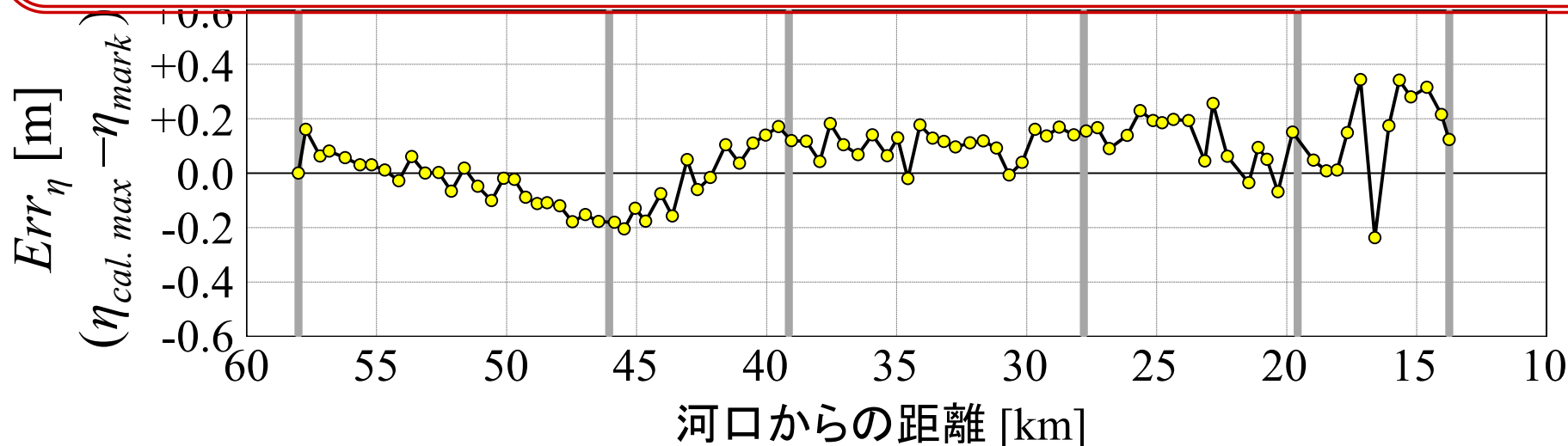




**時々刻々の水位観測値のデータ同化に成功
本手法によりスムーズに内外挿可能**

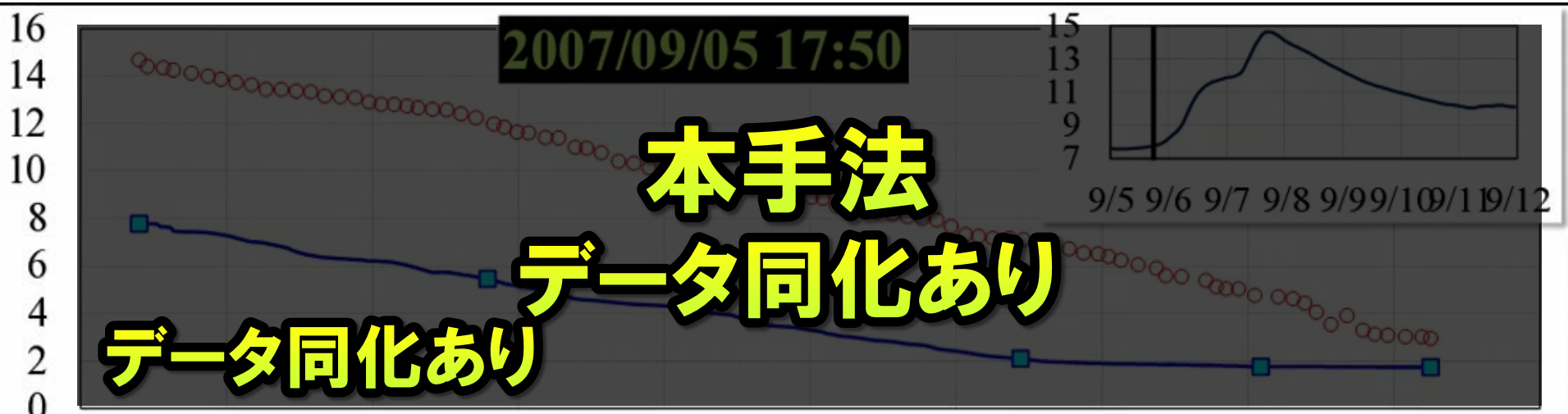


**推定水位の最高値は，痕跡水位と良好に一致
時々刻々の推定水位縦断分布も高精度と推察される**

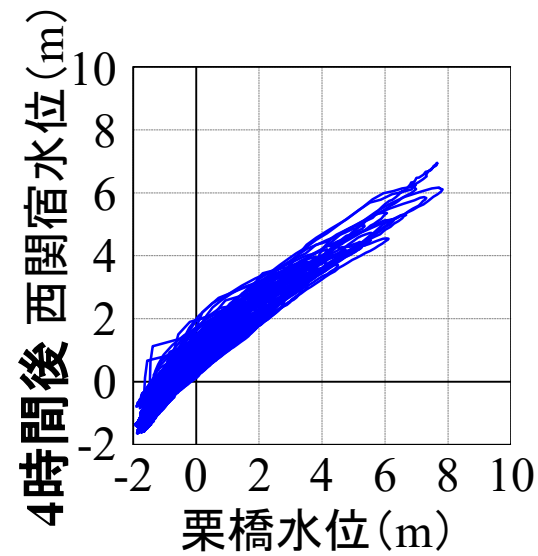
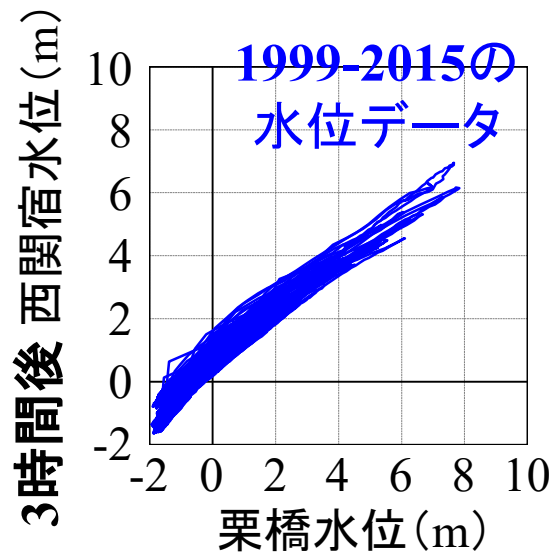


江戸川

○ 痕跡水位 ■ 水位観測値 — 水位計算値

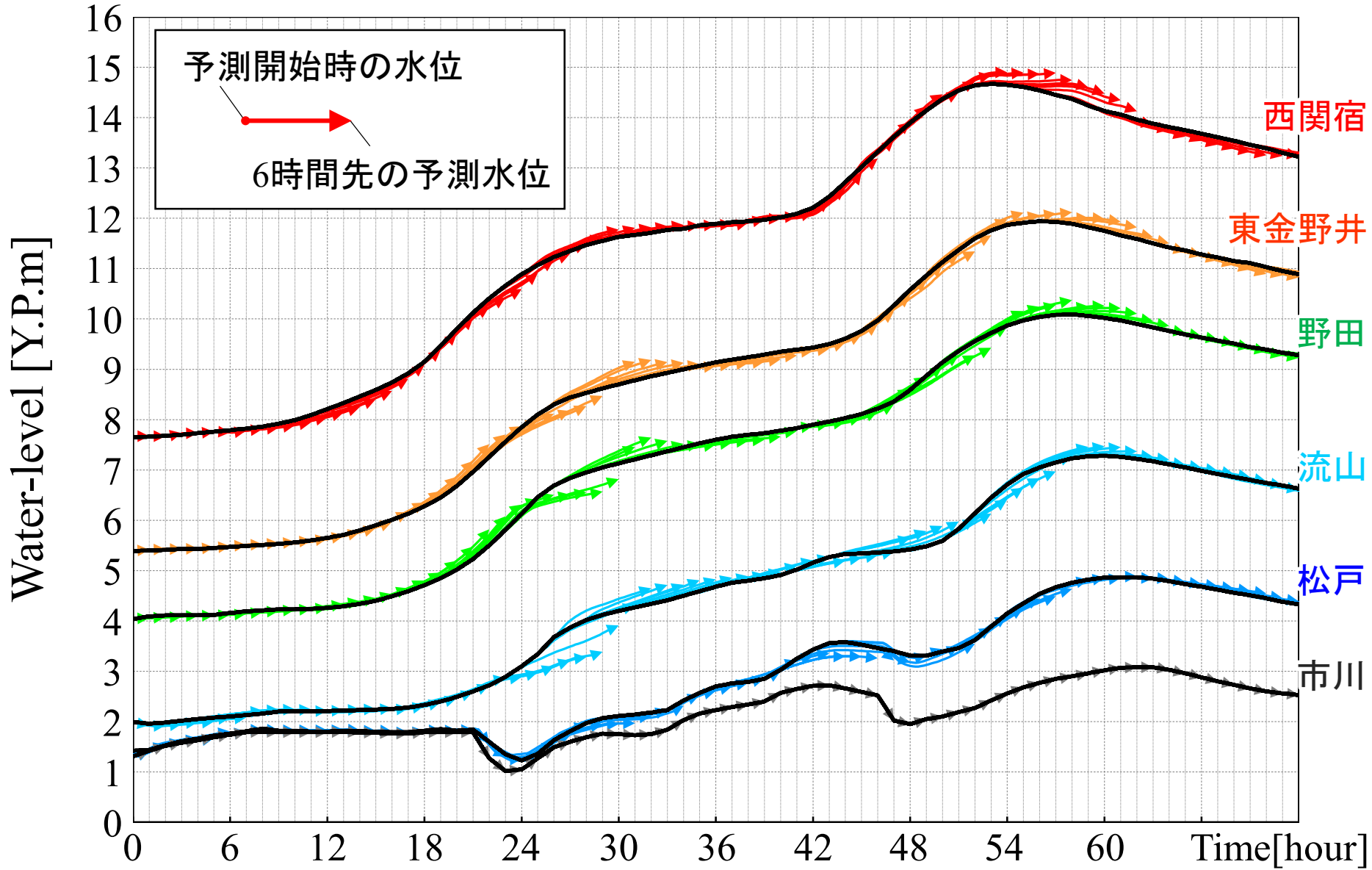


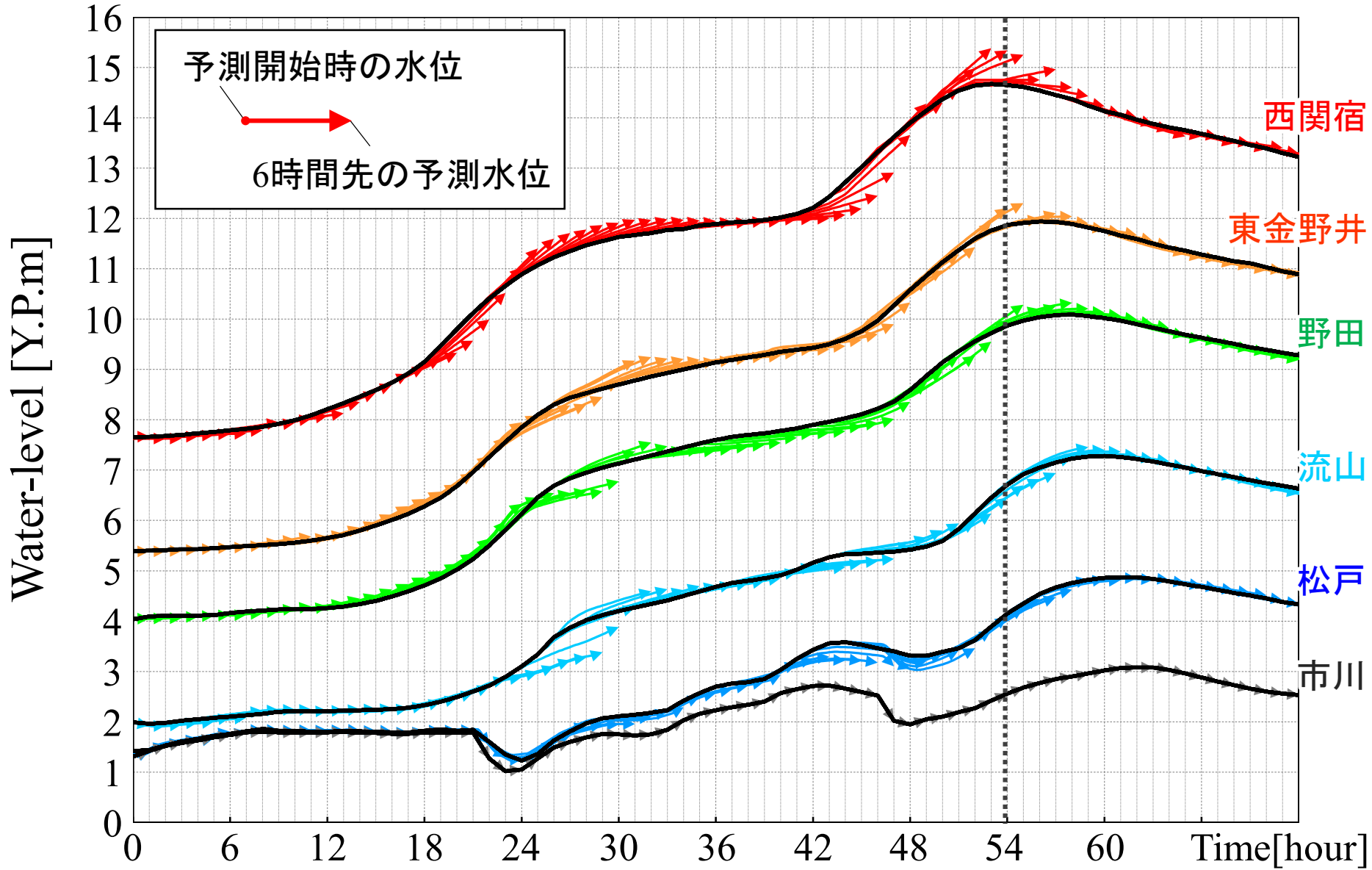
Case	境界条件		F_a
	Q	η	
1	観測値	観測値	最新時刻 F_a 一定
2	予測値 (下記)	観測値	最新時刻 F_a 一定

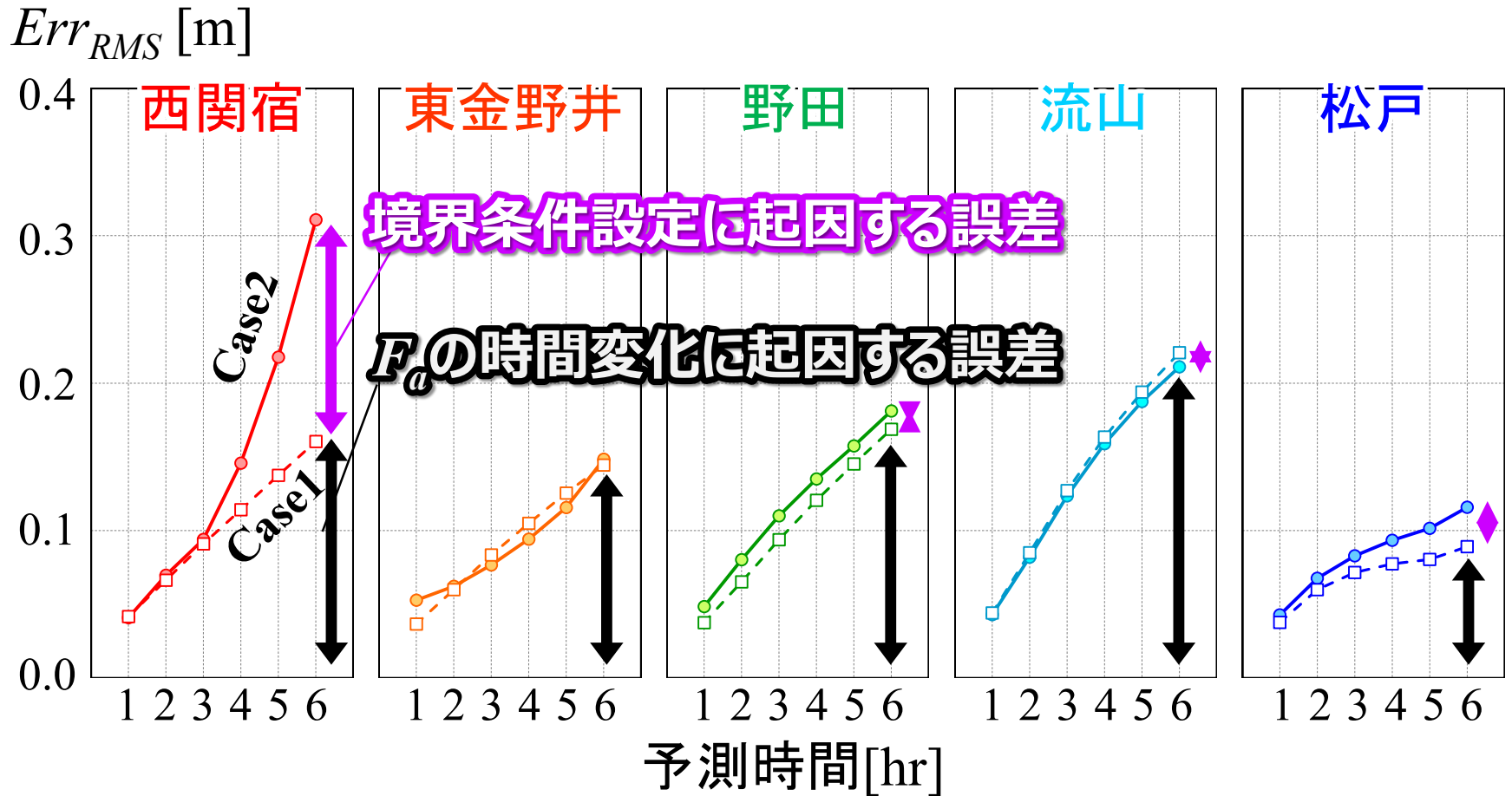


**西関宿水位を水位相関 & スライド補正で予測
→ 予測水位に合致する上流端流量を設定**



境界条件誤差なし の計算結果, 最新時刻 F_a を使用

境界条件誤差ありの計算結果, 最新時刻 F_a を使用



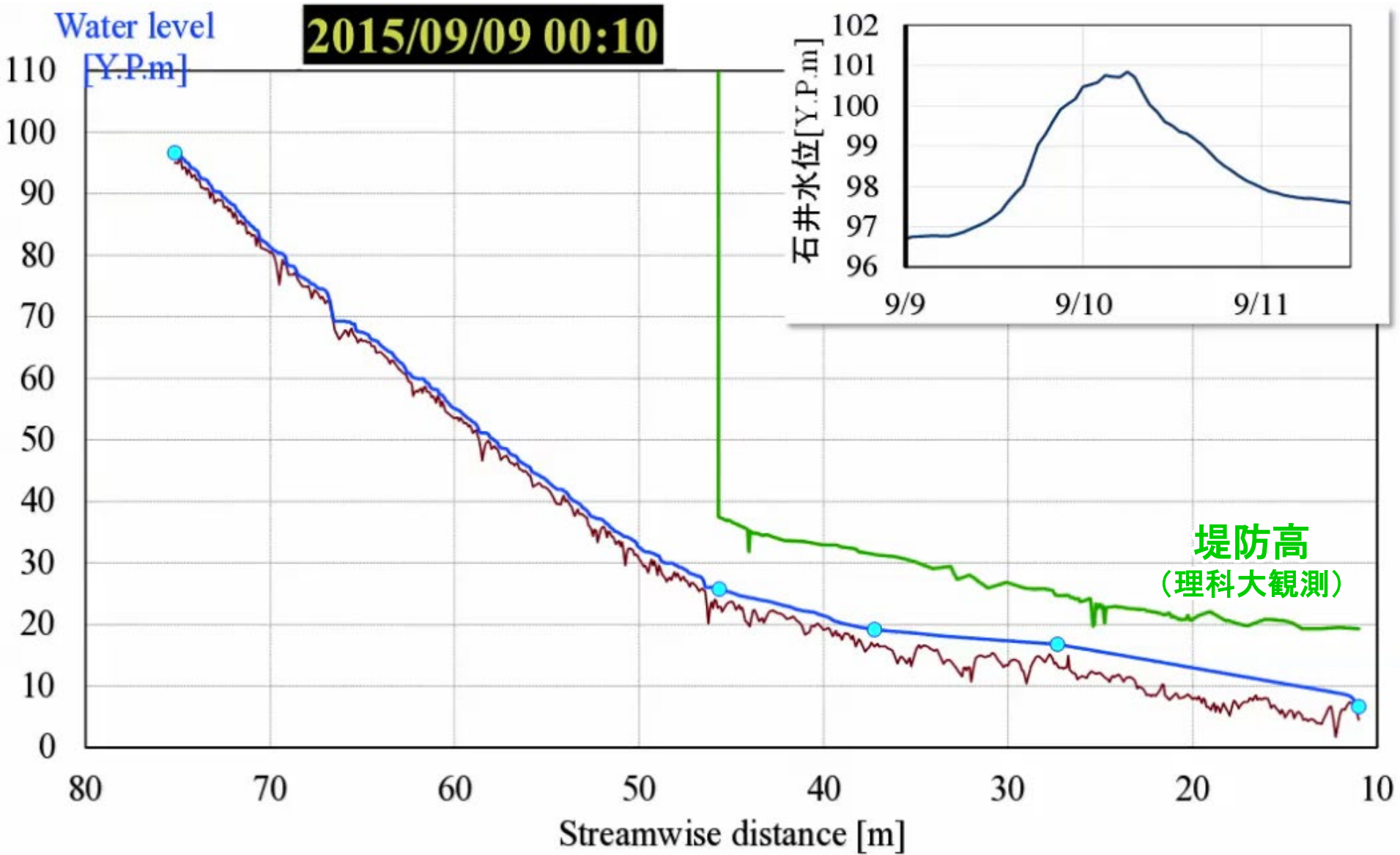
境界条件誤差なし(Case1)では、全川で高精度
境界条件誤差あり(Case2)でも、洪水伝播のリードタイム
によって、概ね全川で高精度

鬼怒川への適用

河川	名称	鬼怒川
	計算区間	約64km
	断面形	複断面
境界条件	上流端	石井地点のHQ流量データ (国土交通省)
	下流端	水海道地点水位 (同)
格子間隔	80m程度	
同化データ	鎌庭～石井の4地点, 60分間隔	

イベント	平成27年関東・東北豪雨
計算期間	2015/09/09 - 11
ピーク流量	4099m ³ /s





急流部や頭首工・堰における射流区間も含めてNowcast可能

まとめ

「点」水位データから、**現在時刻・将来時刻の「線」水位データ**を予測するための**新しいデータ同化手法に基づく河川洪水予測手法** **DIEX-Flood**を開発し、江戸川・鬼怒川にて検証

- ✓ 多地点の水位データを高精度で同化可能
- ✓ 「点」水位データから、**現在時刻の「線」水位データを推定し**、本手法の「線」水位最高値は痕跡水位と良好に一致
- ✓ 江戸川では**将来時刻の「線」水位予測が可能であったが**、鬼怒川では誤差が大きかった。**Nowcastから水位相関を行うことで概ね安定した水位予測が可能であった。**
- ✓ **様々な河川への適用・検証により、適用範囲の明確化が必要**