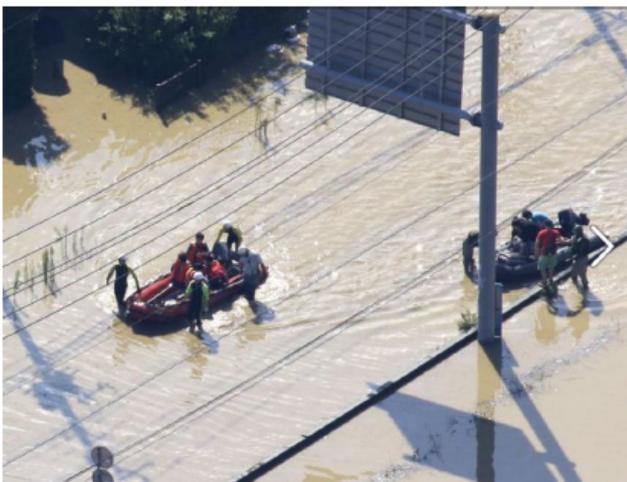


# 現地観測・数値解析を融合した 洪水時河川水位予測システムの開発 に関する研究

二瓶泰雄（東京理科大学理工学部土木工学科）

平成27年(2015年)9月関東・東北豪雨による鬼怒川洪水の概要



救助の様子(毎日新聞Web版より引用)

平成27年(2015年)9月関東・東北豪雨による鬼怒川の  
溢水及び堤防の決壊によって、茨城県常総市の広範囲で  
浸水被害が生じ、逃げ遅れた住民約4,300人がヘリコプ  
ターや、ボートで救助された。

# 背景:水防災意識社会再構築ビジョン

## 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

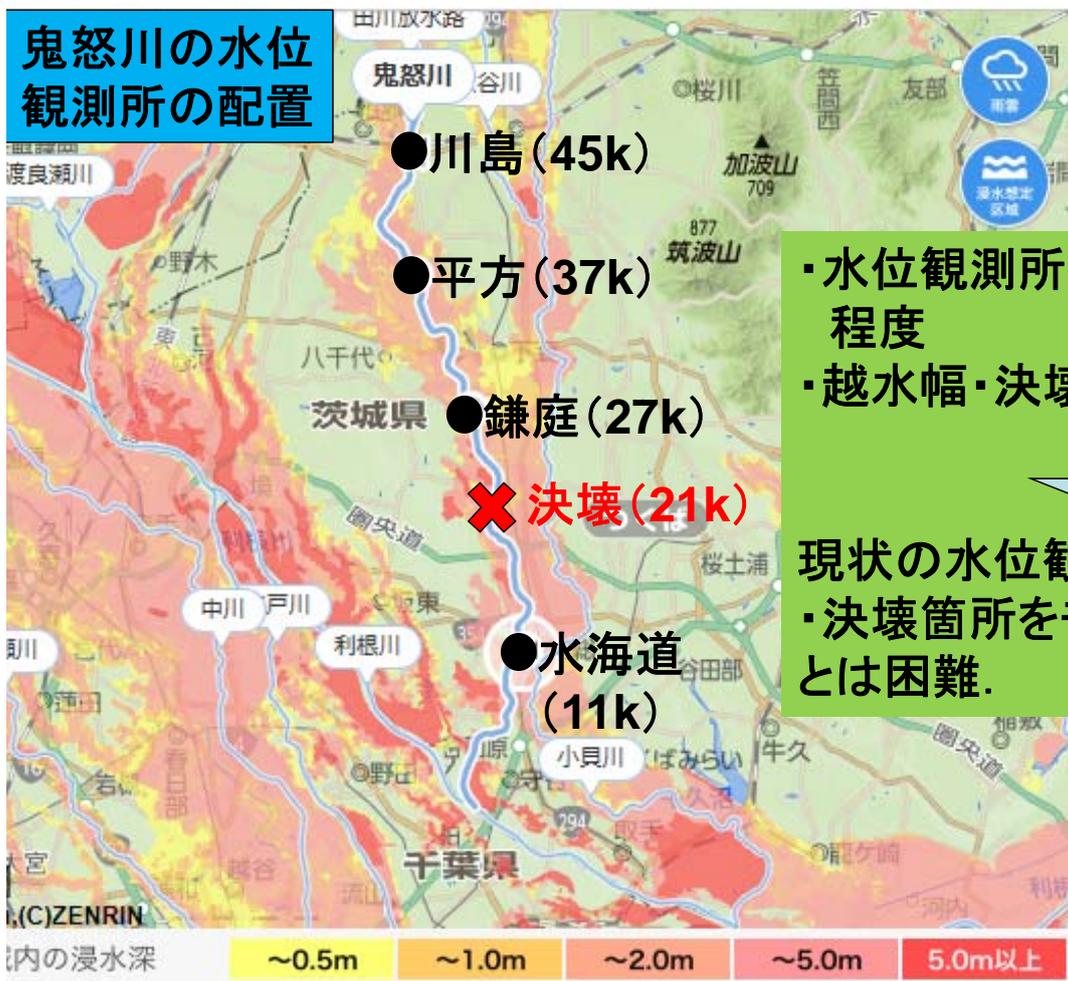
## 住民目線のソフト対策

- ・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



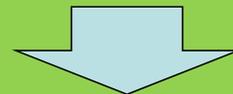
# 背景:水位観測・予報の現状と課題(1)

## 鬼怒川の水位観測所の配置



Yahoo河川水位情報HPより

- ・水位観測所は10kmに1か所程度
- ・越水幅・決壊幅は長くて数百m

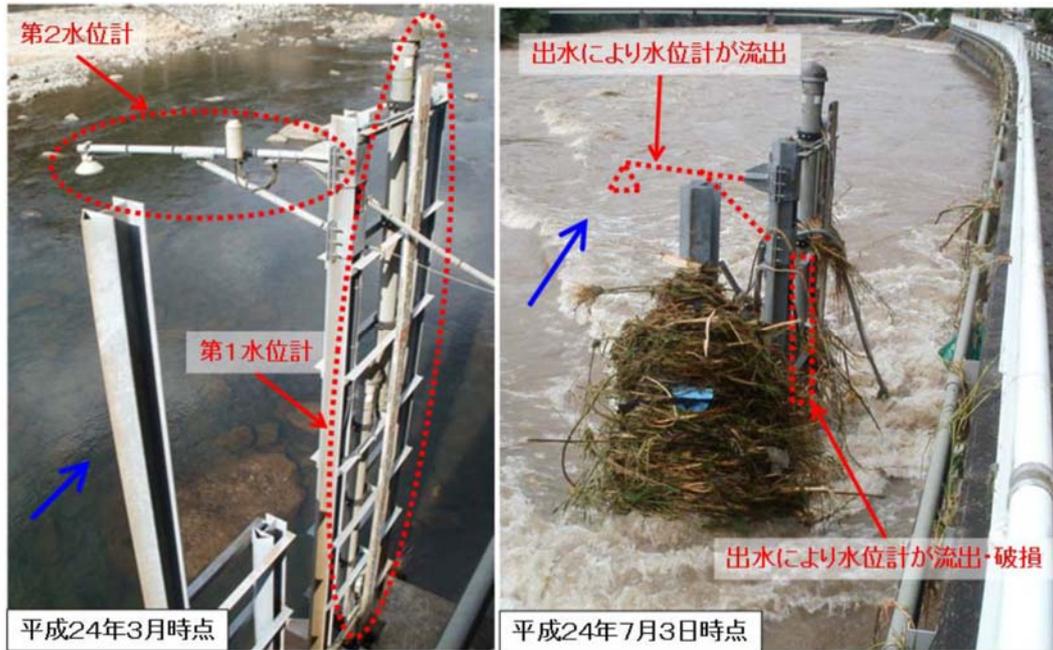


現状の水位観測のみでは、越水・決壊箇所をモニタリングすることは困難。

内の浸水深 ~0.5m ~1.0m ~2.0m ~5.0m 5.0m以上

# 背景:水位観測・予報の現状と課題(2)

- 施設能力を上回る洪水では、観測所の水没や水位計の流出・破損などにより水位データを欠測



## 水位計の流出・破損事例

(山国川水系山国川柿坂観測所, 平成24年7月九州北部豪雨)

<http://yamakuni.jp/wp-content/uploads/2015/04/e3c33150566feefc3f84f96381b3bbef.pdf>

## 背景と対策

**Hard-ware**

簡易水位計の  
多点縦断設置

国交省河川環境課  
記者発表 国交省HP

新しい水位計・ドローンの開発のため、32者が17チームを結成し、新年度より開発に着手～革新的河川管理プロジェクト(第一弾)の企業間のマッチングが成立し、各者の技術・ノウハウの融合によりスピーディーに現場実装を目指します～

国土交通省では、最新の技術・ノウハウを持ち寄りスピーディーに実装を図る技術開発の取り組みの一環として、オープンイノベーションを採用し、従来の技術的枠組みにとらわれない新しい河川管理を目指した「革新的河川管理プロジェクト(第一弾)」を進めています。  
今回、公募への参加企業等32者によるピッチイベント(企業間お見合い)でマッチングを行い、現場への実装を目指す3つの機器の開発チームとして17チームが結成され、新年度より本格的な開発に着手します。今後、各機器の開発を進め、早いものはこの4月から現場において試験的に計測を行うなど、スピーディーに現場実装を目指します。

### 2. クラウド型・メンテナンスフリー水位計(危機管理型水位計)

- ① 開発チーム 12チーム(21者)
- ② 今後の予定 平成29年夏より、各チームの水位計を現地へ据え付け、水位観測を試験的に実施

### 3. 全天候型ドローン

- ① 開発チーム 2チーム(5者)
- ② 今後の予定 平成29年4月以降、各チームにより主に台風期を中心として強風下でのドローンの試験飛行を実施

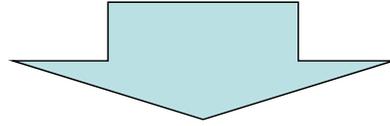
**Soft-ware**

水位の「点」データを、現時刻における河川状態を考慮した形で「線」データに内外挿

**水位観測の充実と水理解析の融合が不可欠**

## 目的

離散的な水位の「点」データから、  
1次元不定流解析における運動方程式と連続式を満足する形で  
水位の「線」データに内外挿できる新たなデータ同化手法を開発



### *Concept*

- ・データ同化により高精度
- ・低計算負荷
- ・リアルタイム演算可能

## 発表内容

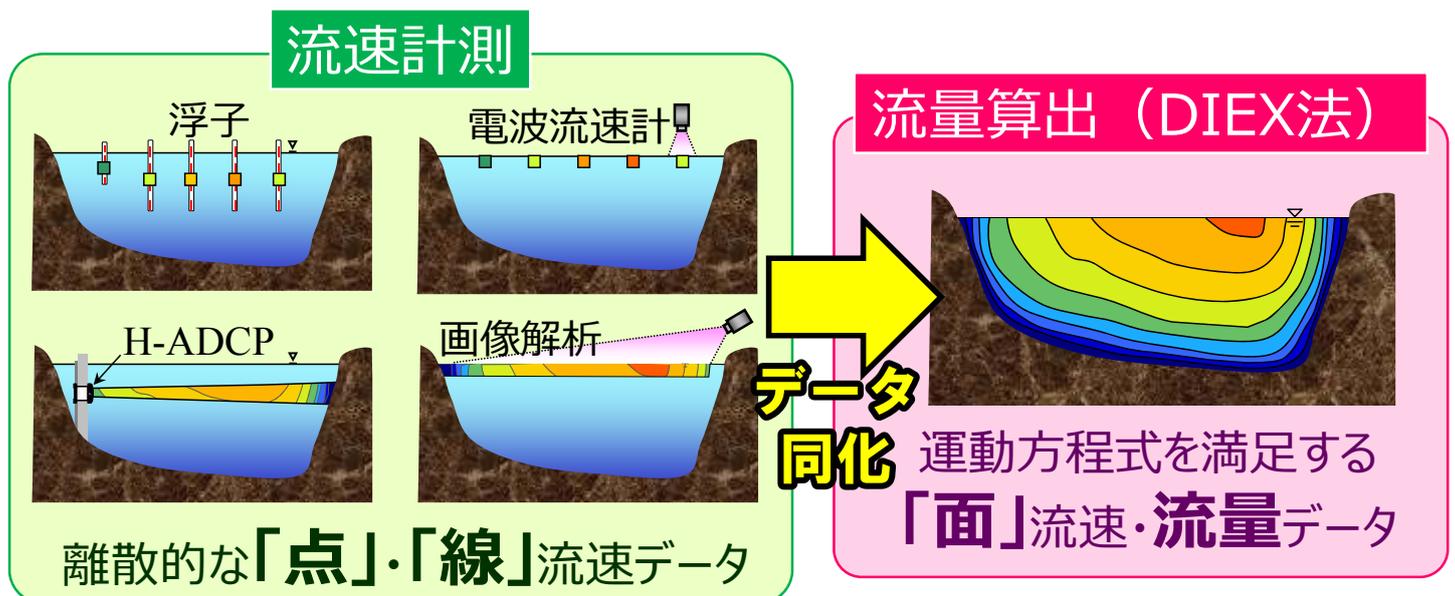
1. モデル開発
2. 仮想河道流に対する本手法の有効性の検証
3. 実河川洪水流に対する本手法の適用性の検証

# 1. 本手法の概要

## DIEX (Dynamic Interpolation and EXtrapolation) 法の概要

～力学的内外挿法～

- 離散的な「点」または「線」流速データから、運動方程式を満足した形で、「面」流速データや流量を算出
- 現地観測データを合理的に取り込めるデータ同化手法を導入



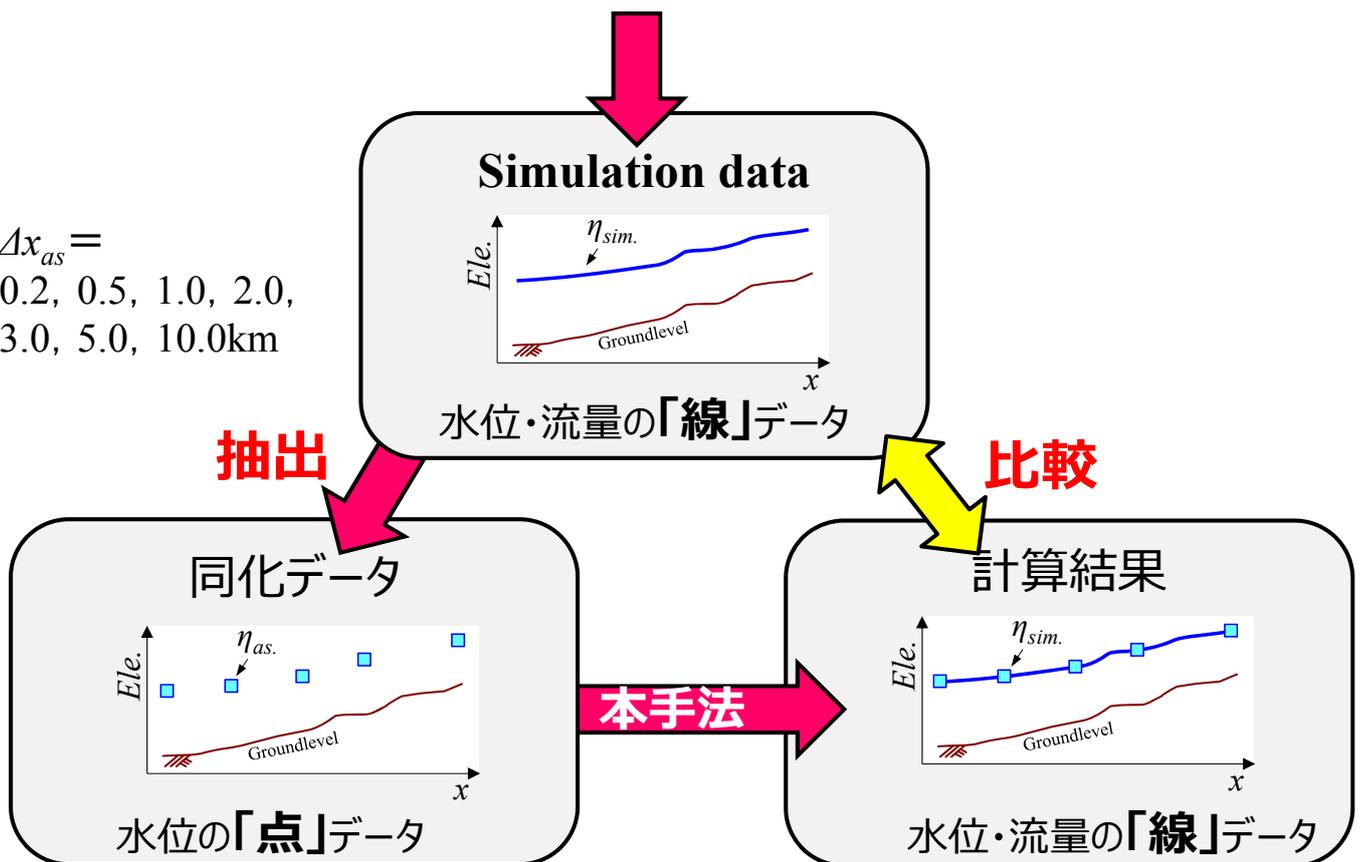
## 2. 仮想河道流に対する 本手法の有効性の検証

### 仮想河道 | 検証方法

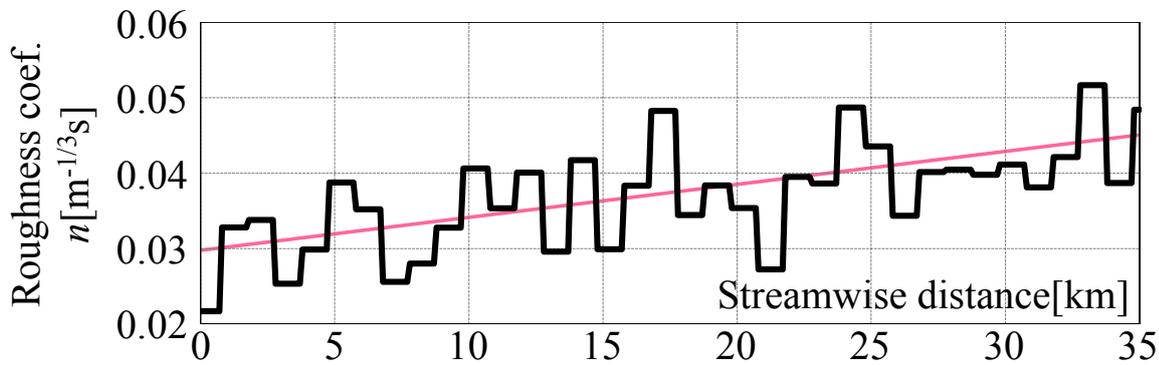
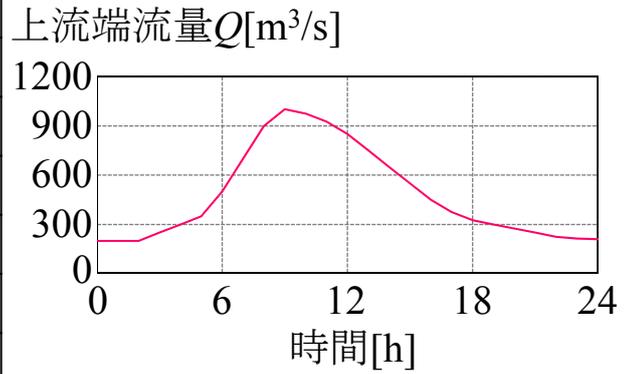
11

仮想的な河川流条件下で一次元不定流計算を実施

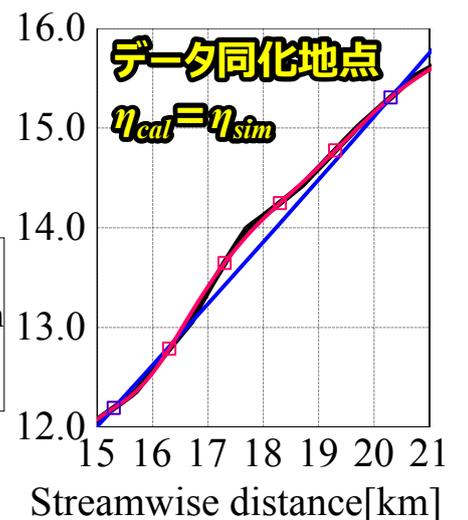
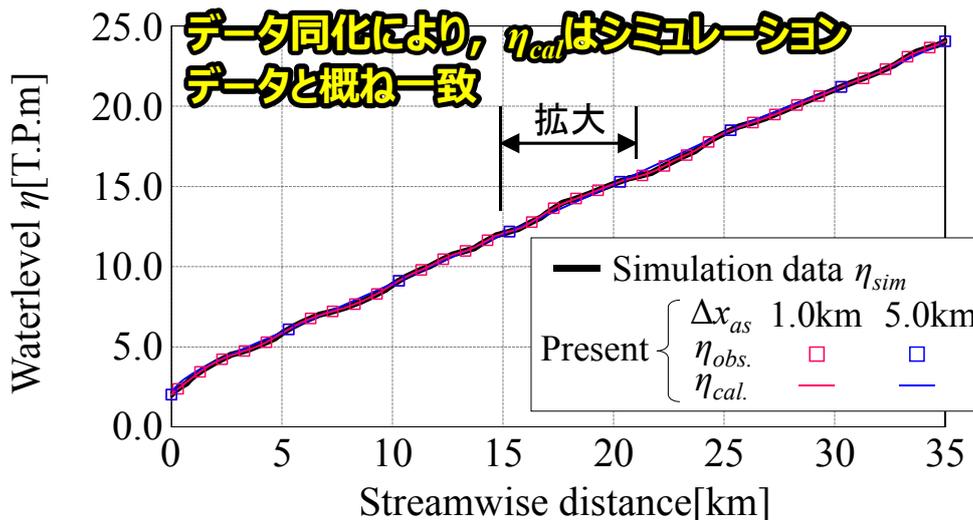
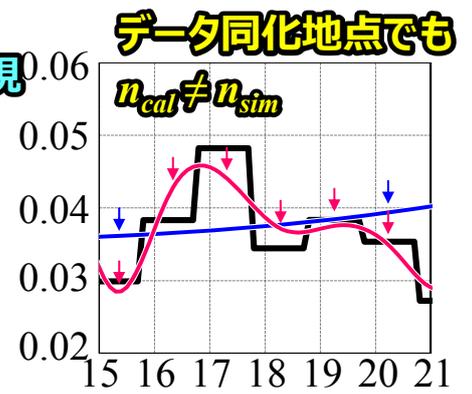
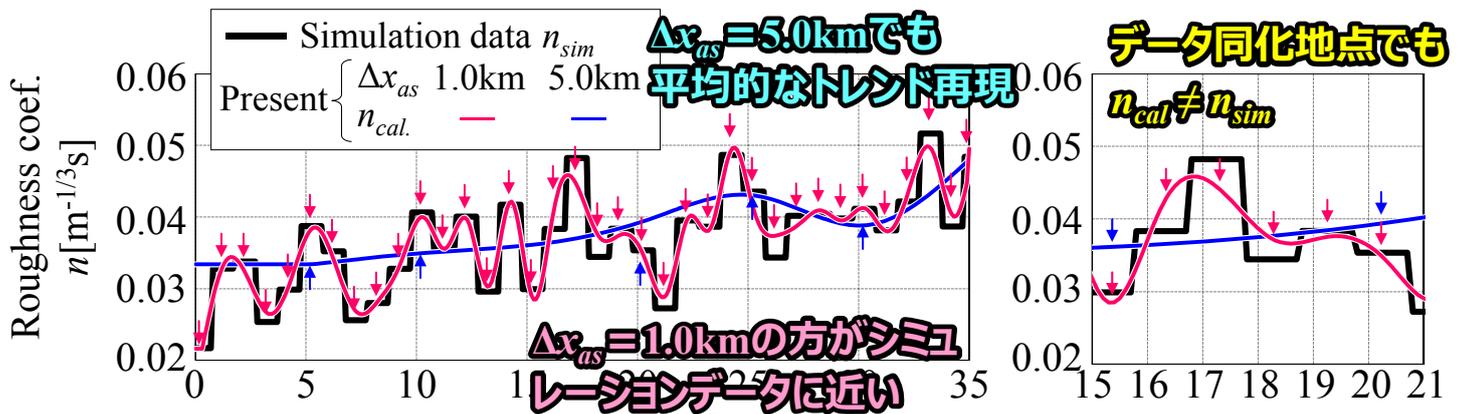
$\Delta x_{as} =$   
0.2, 0.5, 1.0, 2.0,  
3.0, 5.0, 10.0km



Virtual river	Total length	35km
	Cross-section	矩形 (河幅100m)
	Bed slope	1/2,000
Boundary conditions	Upstream	右図
	Downstream	等流水深
Grid interval	100m	
Manning's roughness coef.	一定縦断勾配の基準値に標準偏差 $\sigma=0.005m^{-1/3s}$ <sup>1/3</sup> sの乱数付与 1km区間毎に一様	

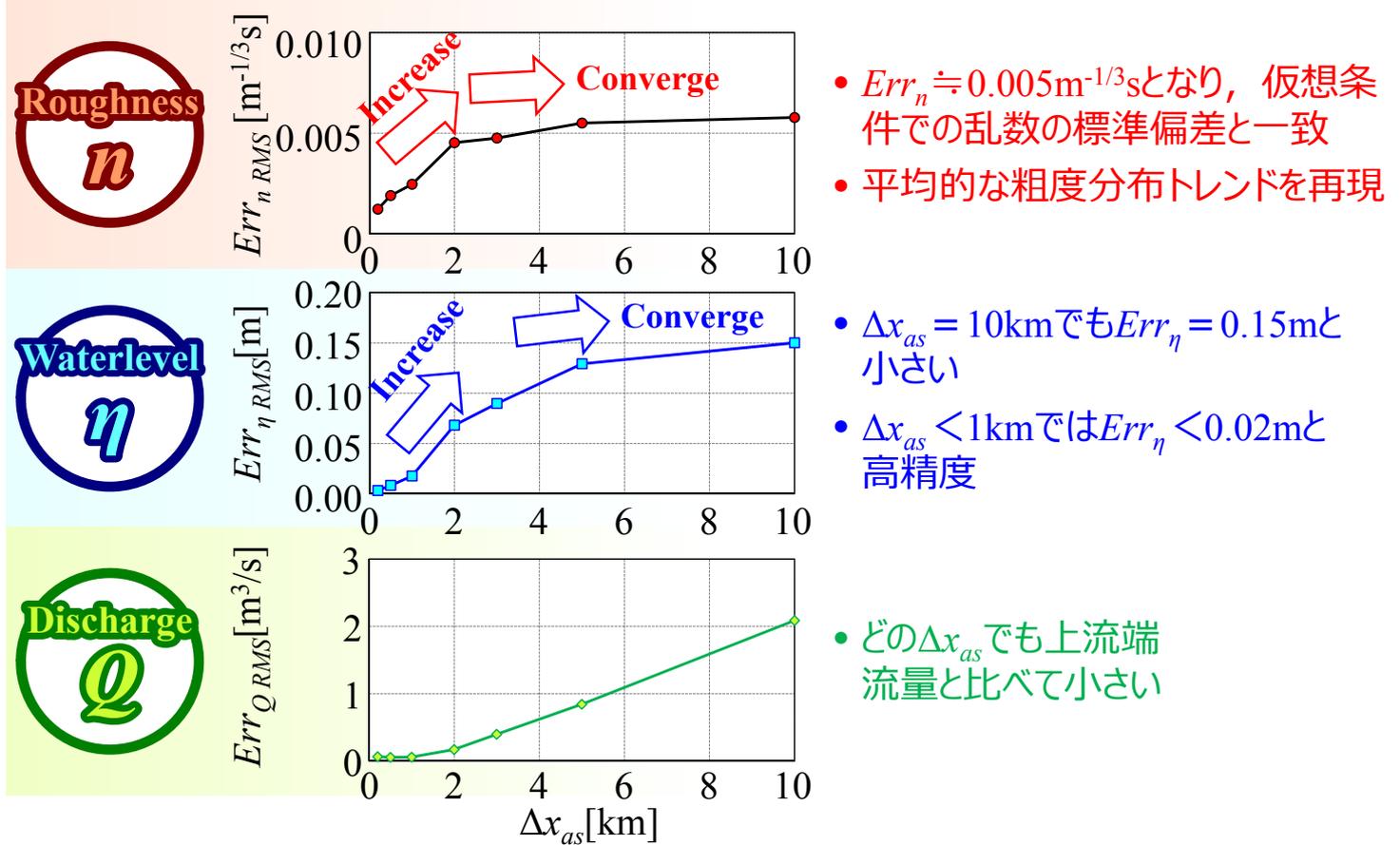


## 仮想河道 | 計算結果(ピーク時, $t=9h$ )



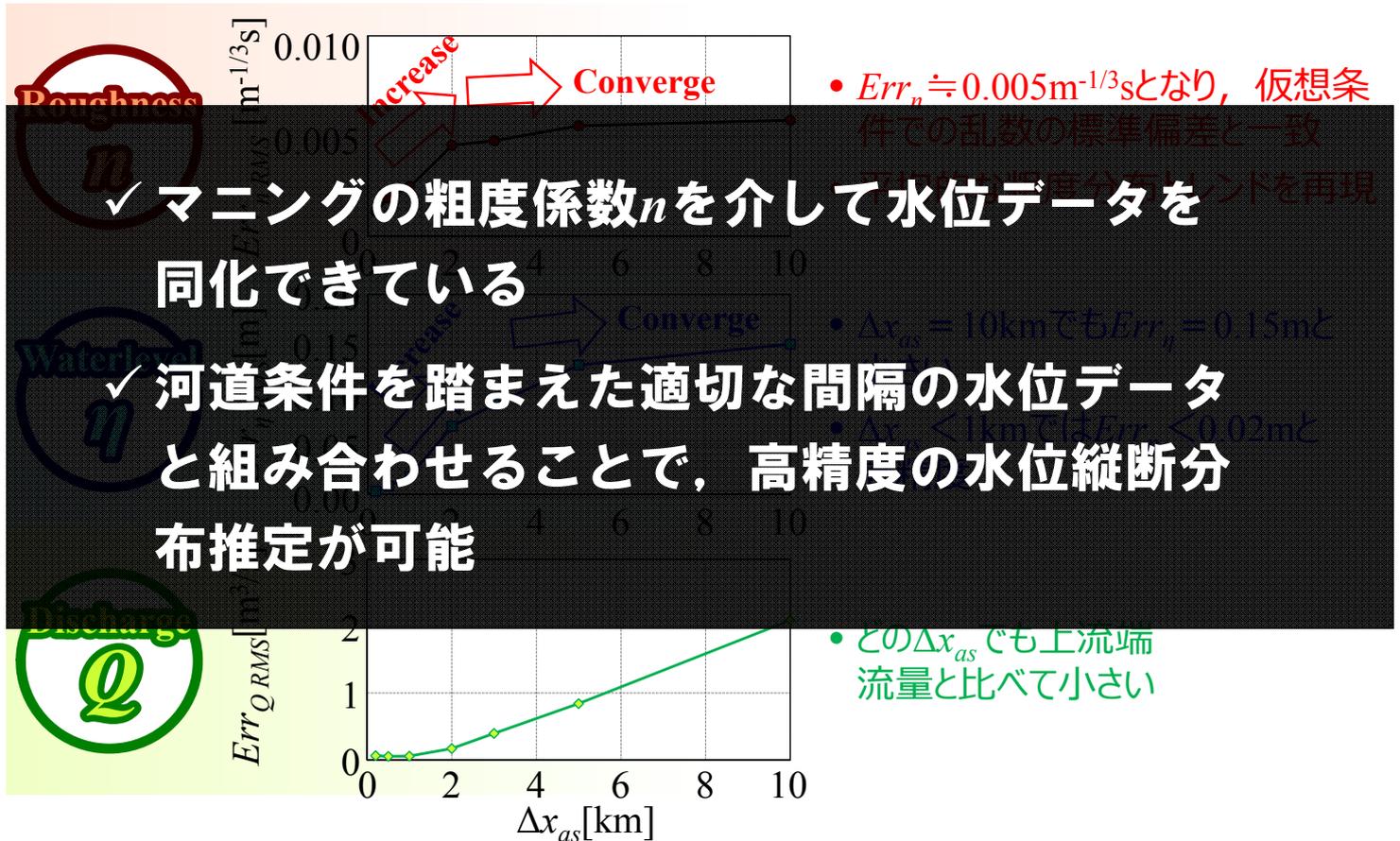
# 仮想河道 | 推定誤差

各時刻の水位・粗度係数・流量の推定結果とシミュレーションデータの誤差のRMS値を算出



# 仮想河道 | 推定誤差 Evaluation accuracy, Virtual river15

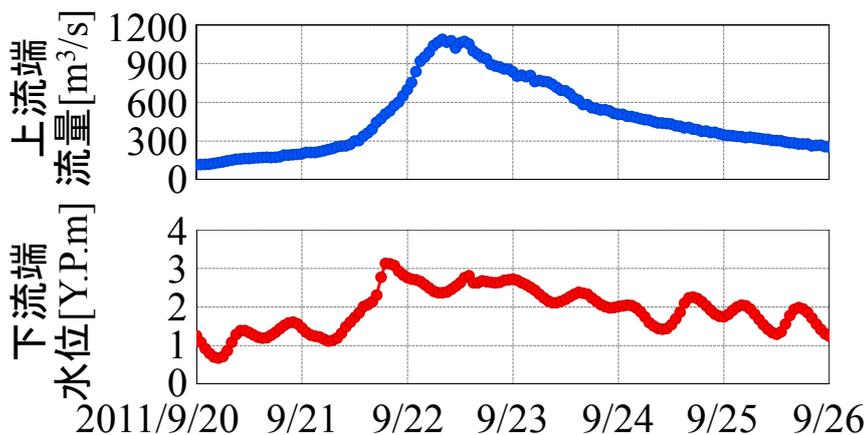
各時刻の水位・粗度係数・流量の推定結果とシミュレーションデータの誤差のRMS値を算出



### 3. 実河川洪水流に対する 本手法の適用性の検証

#### 実河川 | 概要

River	Total length	44.6km
	Cross-section	複断面
境界条件	Upstream	H-ADCP流量観測システム @野田地点を時間差考慮
	Downstream	市川地点水位
Grid interval		約100m
同化データ		松戸～西関宿の5地点, 60分間隔

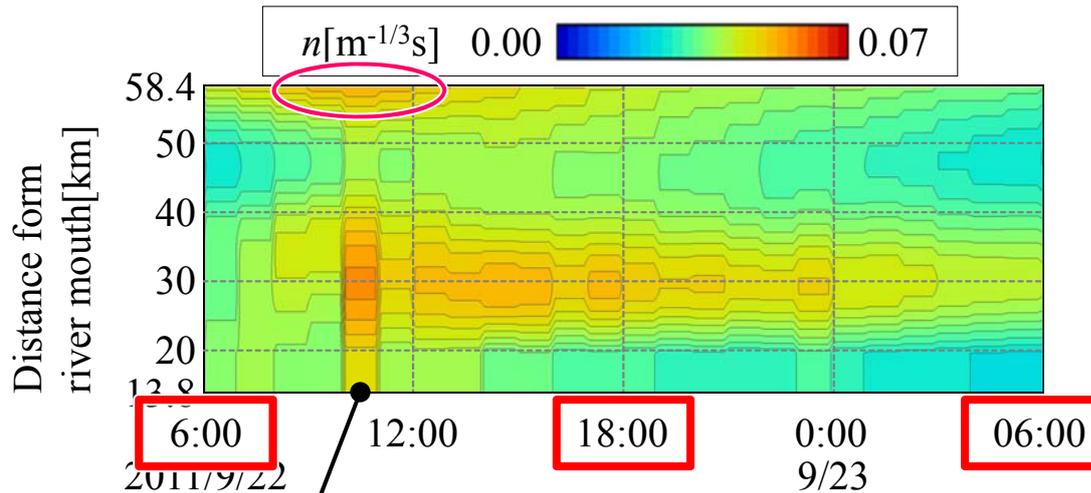


実河川洪水流の計算範囲

# 実河川 | 粗度係数推定結果

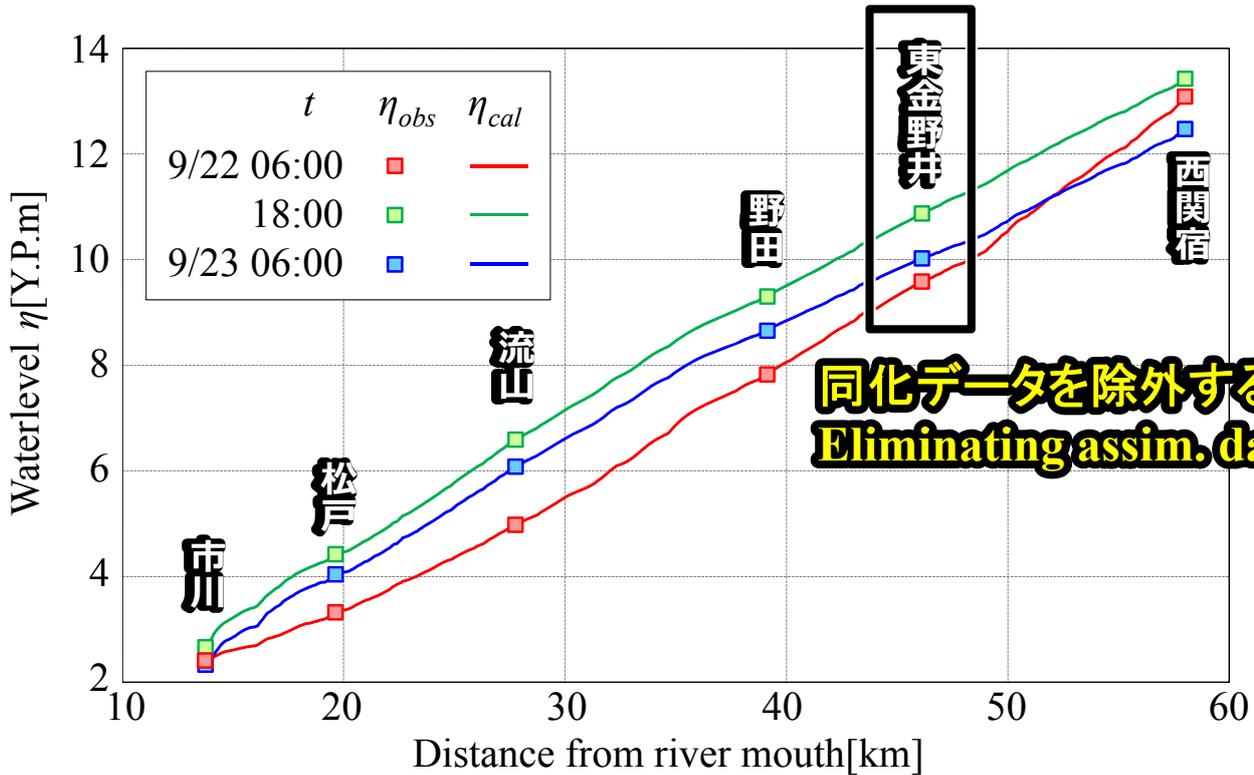


水位・流量ピーク付近で最大値



11:00の流量観測誤差を補うことで一時的に大きな値

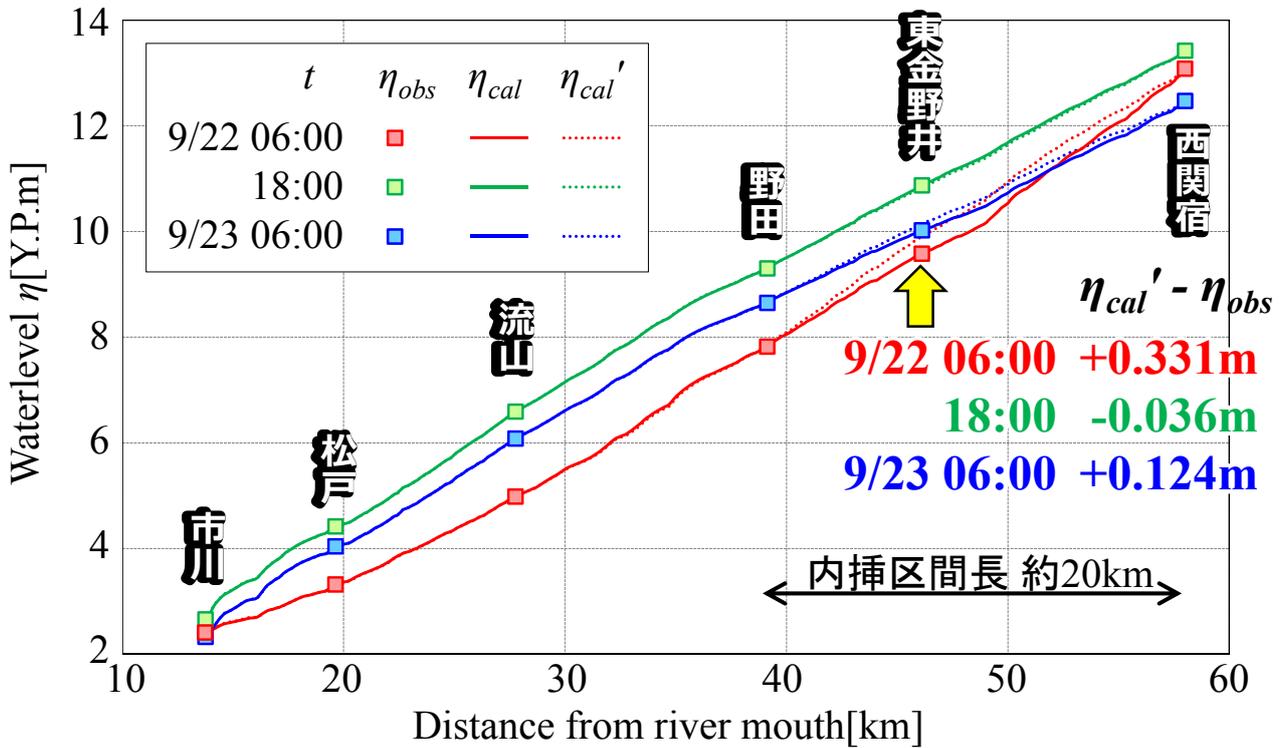
# 実河川 | 水位縦断分布



同化データを除外すると...  
Eliminating assim. data...

複断面河道を有する江戸川でも水位内外挿が可能  
= 河道の状態を合理的に数値モデルに反映

# 実河川 | 水位縦断分布



計算期間全体の $\eta_{cal}'$ の推定誤差RMS値は0.289mと概ね良好

## 結論 Conclusions

1. 離散的な水位の「点」データから、1次元不定流解析における運動方程式と連続式を満足する形で水位の「線」データに内外挿できる新たなデータ同化手法を開発した。
2. 仮想河道流に対する水位縦断分布の推定精度を評価した。本手法は、適切な水位観測データを同化することで、高精度の水位縦断分布推定が可能となることが示唆された。
3. 実河川洪水流データへの適用性を検証した。本手法は、複断面河道を有する江戸川に対しても適用可能であり、水位はスムーズに内外挿された。
4. 以上より、本手法は適切な間隔の水位観測データと融合することで、リアルタイムで高精度の水位縦断分布推定が可能であり、洪水危険度の評価に寄与するものと期待される。