

河川表面情報を用いた無次元掃流力の算定方法に関する検討

稲葉良也¹・萬矢敦啓²・安田晃昭³・橋場雅弘³・西山典志³

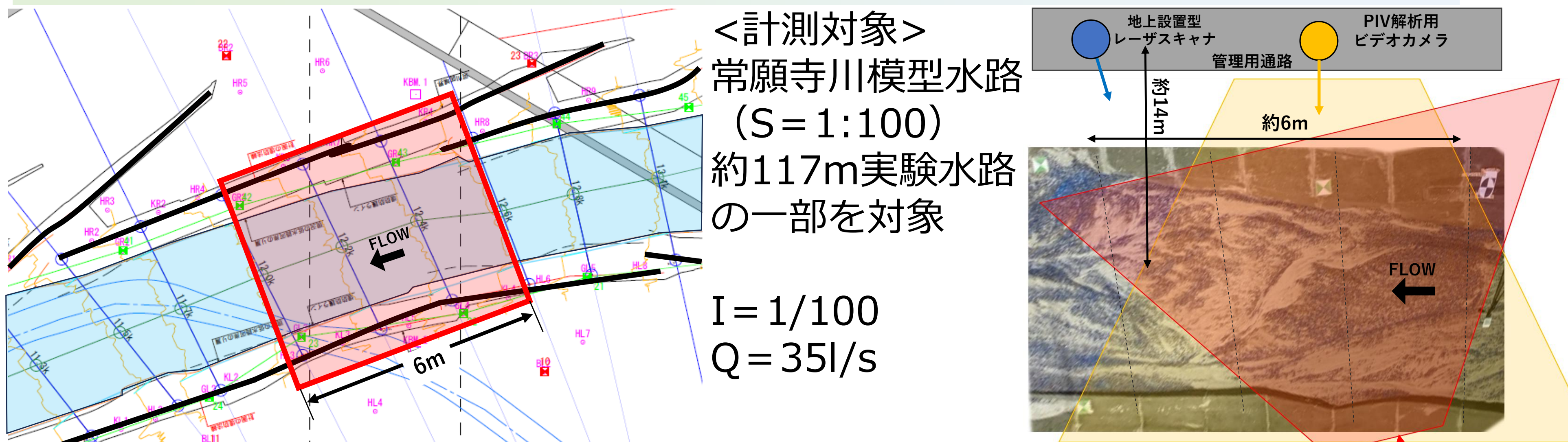
1 元国立研究開発法人土木研究所, 2 国立研究開発法人土木研究所, 3 株式会社安田測量

謝辞：本研究は，国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究室に施設の利用，実験支援等の協力を得た．ここに記して感謝の意を表す

1. 概要

河道デジタルツイン構築に向け，河川表面情報から土砂移動を評価する手法を検証した．大規模模型実験にて，PIV（表面流速）とレーザスキャナ（水面・河床形状）から無次元掃流力と流砂速度を算定し，PTVによる粒子移動状況と比較した．結果，算定値の高い領域は滯筋に分布し，実際の粒子移動傾向と概ね一致した．本手法により砂粒子の移動傾向の空間分布を再現できることが示された．

2. 計測対象及び計測体制



<計測対象>
常願寺川模型水路
(S=1:100)
約117m実験水路
の一部を対象

I=1/100
Q=35l/s

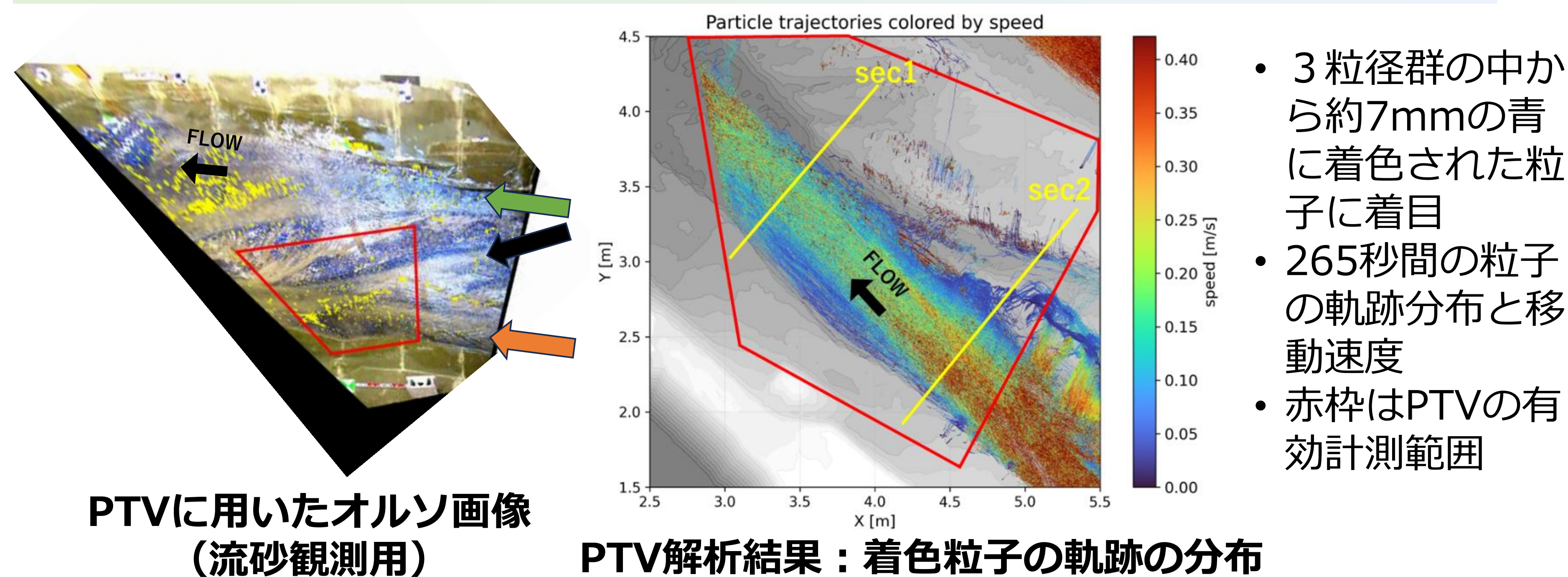
計測対象

計測機器の諸元

機材	名称	会社名
PIV・PTV用ビデオカメラ	FDR-AX45A	SONY
偏光レンズ (PIV・PTV)	67 SサーキュラーP.L(W)	Kenko
地上設置型レーザスキャナ	GLS-2200/J-M	Topcon

計測概況の全体像

3. 表面情報の計測方法(PTVによる流砂速度の計測)

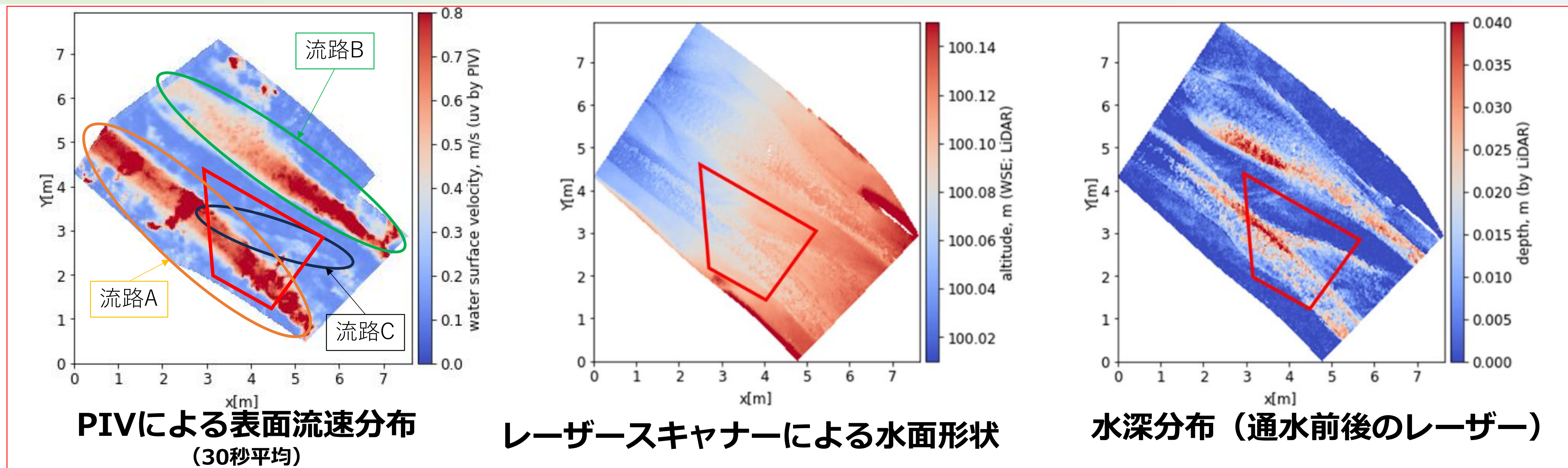


PTVに用いたオルソ画像
(流砂観測用)

PTV解析結果：着色粒子の軌跡の分布

- 3 粒径群の中から約7mmの青に着色された粒子に着目
- 265秒間の粒子の軌跡分布と移動速度
- 赤枠はPTVの有効計測範囲

4. 表面情報の計測方法（流速PIV, 水位の計測）



PIVによる表面流速分布
(30秒平均)

レーザスキャナーによる水面形状

水深分布（通水前後のレーザ）

5. 無次元掃流力及び流砂量の算定方法

基礎方程式

$$u = \alpha u_{surf}, \quad v = \alpha v_{surf}$$

$$\frac{\tau_{bx}}{\rho h} = -\frac{u \partial u}{\partial x} - \frac{v \partial u}{\partial y} - \frac{g \partial \eta}{\partial x}$$

$$\frac{\tau_{by}}{\rho h} = -\frac{u \partial v}{\partial x} - \frac{v \partial v}{\partial y} - \frac{g \partial \eta}{\partial y}$$

$$\tau_{*x,y} = \frac{\tau_{bx,by}}{\rho s g d}$$

- 取得された表面流速から平均流速を取得（ $\alpha=0.85$ ）
- 運動方程式に流速，水深，水位を直接的に代入し，無次元掃流力を取得
- 7mmの粒度を考慮し，江頭らの式より流砂速度を算定
- 粗度係数等は採用してない．

江頭らの流砂速度式

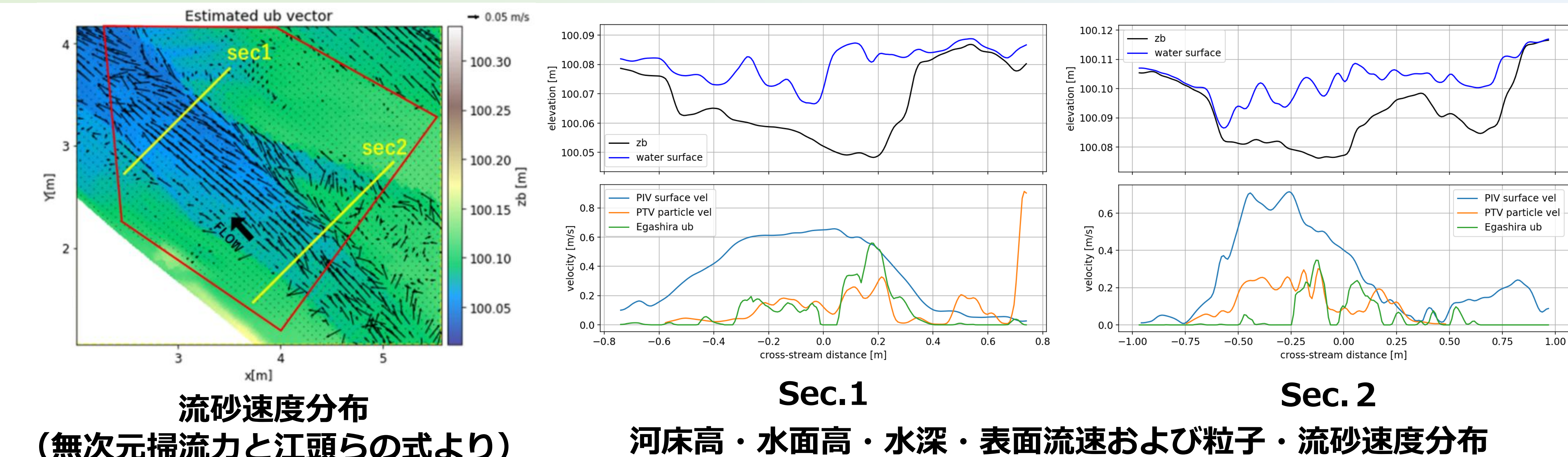
$$\frac{u_b}{u_*} = \frac{4}{15} \left(\frac{K_1 K_2}{\sqrt{f_d + f_f}} \right) \tau_*$$

$$K_1 = \frac{1}{\cos \theta} \frac{1}{\tan \varphi_s - \tan \theta} \quad K_2 = \left(\frac{1}{c_s} \right) \sqrt{1 - \frac{h_s}{h}}$$

$$f_d = k_d (1 - e^2) \left(\frac{\sigma}{\rho} \right) c_s^{\frac{1}{3}} \quad f_f = k_f (1 - c_s)^{\frac{5}{3}} c_s^{\frac{2}{3}}$$

θ ：河床勾配角， φ_s ：内部摩擦角， σ ：砂粒子密度， e ：反発係数， $c_s = 0.26$ ， $k_d = 0.0828$ ， $k_f = 0.16$ ， $e = 0.85$ ， $\varphi_s = 34^\circ$

6. 流砂速度の算出結果とPTV解析結果の比較



流砂速度分布

(無次元掃流力と江頭らの式より)

Sec.1

河床高・水面高・水深・表面流速および粒子・流砂速度分布

Sec.2

7. まとめ

本研究は，PTVによる流砂速度の計測以外は**実河川で使用している計測方法を模型実験に採用**することで検証したものである．表面情報から算定した流砂速度分布はPTVで確認された実際の粒子移動と概ね対応した．このことから既往の土砂水理学で採用している基礎方程式，流砂関数を介して，本手法の妥当性を概ね評価することができた．

8. 今後の課題と展望

本研究の成果を踏まえ，今後は以下の課題に取り組む．

<水路実験での取り組み>

- 異なる流況における計測結果の蓄積
- 二次流・局所地形における土砂の移動形態の評価
- 河床変動計算の評価

<実河川における取組>

- 河川管理者との協議と計測者の養成（特にUAV）
- 実測による土砂水理現象の評価