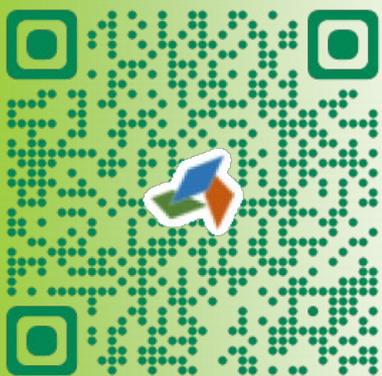




河川防災・減災のための サイバーフィジカル システム (CPS) 開発



新潟大学 工学部

多次元信号・画像処理研究室

村松 正吾



村松 正吾 (むらまつ しょうご)

■ 所属

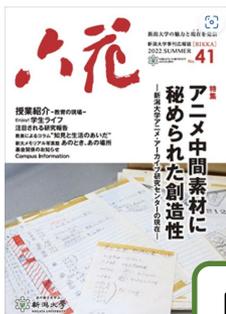
- 工学部 電子情報通信プログラム

■ 専門分野

- 通信工学・信号処理
- 情報学・画像情報処理

信号処理を防災技術へ展開

信号処理を基盤にコラボ展開

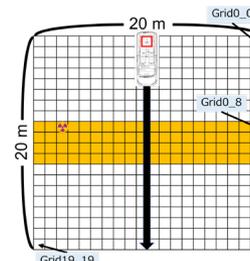


アニメ
アーカイブ解析



理論

放射線源分布
位置推定



映像資源

防災観測

MSIPLab

アルゴリズム

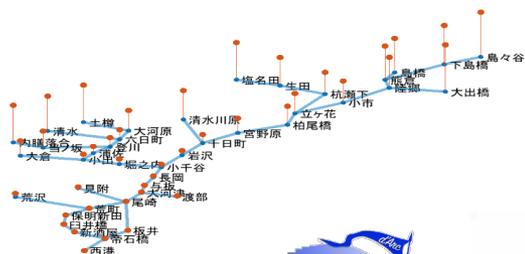
実装

放射線源

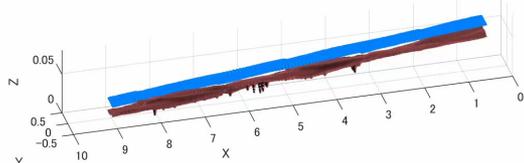
知的計測



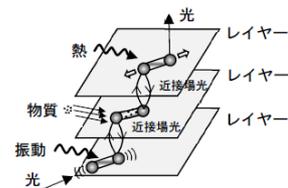
水位分布予測&制御



河床推定&流路制御



液滴ネットワーク技術



不完全な観測から
構造を抽出

内容

- はじめに
 - ARCEプロジェクト
 - CPSと河川防災
- ARCEサブプロジェクト
 - 河床状態推定と流路制御
 - 水位分布予測と流域治水
- まとめ

2016～2017年度 異分野融合(U-go) Grant採択



2016.9 異分野融合(U-go) Grant申請

「Deep Learningでつなぐ
理学・工学・防災学融合研究と
そのための共用プラットフォームの構築」

代表者

計算
プラットフォーム



早坂圭司
(理)



安田浩保
(災)

深層学習

村松正吾
(工)



センシング
プラットフォーム

実験
プラットフォーム

採択 ⇒ 自律的河川制御工学 (ARCE) プロジェクト始動

本プロジェクトの背景

頻発・激甚化する豪雨災害

- 2014年 「広島豪雨災害」
- 2015年 「関東・東北豪雨災害」
- 2016年 「北海道台風7・11・9・10号」
- 2017年 「九州北部豪雨災害」
- 2018年 「西日本豪雨災害」 「台風21号」
- 2019年 「令和元年東日本台風（19号）」

ARCE始動

日本経済新聞, 2019/10/13

URL: <https://www.nikkei.com/article/DGXMZO50952200T11C19A0000000/>

千曲川決壊

従来の治水対策の限界が浮き彫りに
国土交通省は2020年に流域治水へ方針を転換

Society 5.0

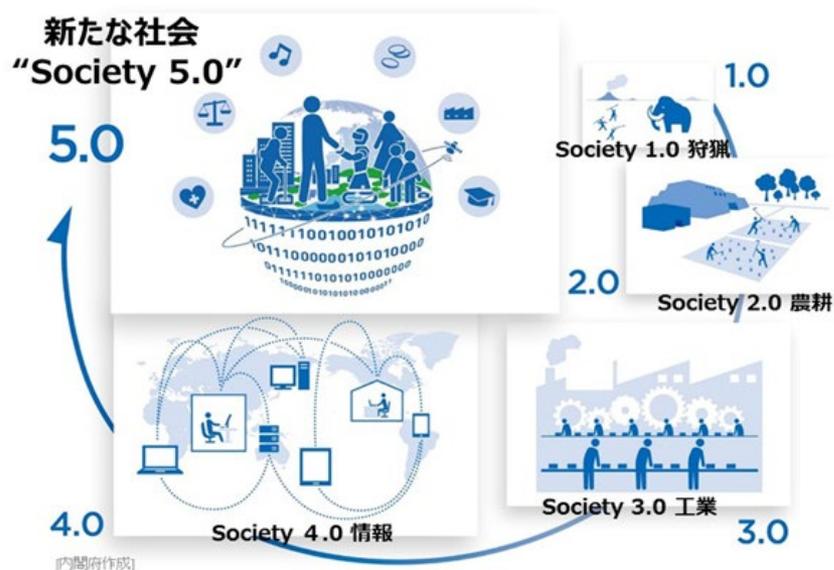
出典：内閣府ホームページ

https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html

～「超スマート社会」～

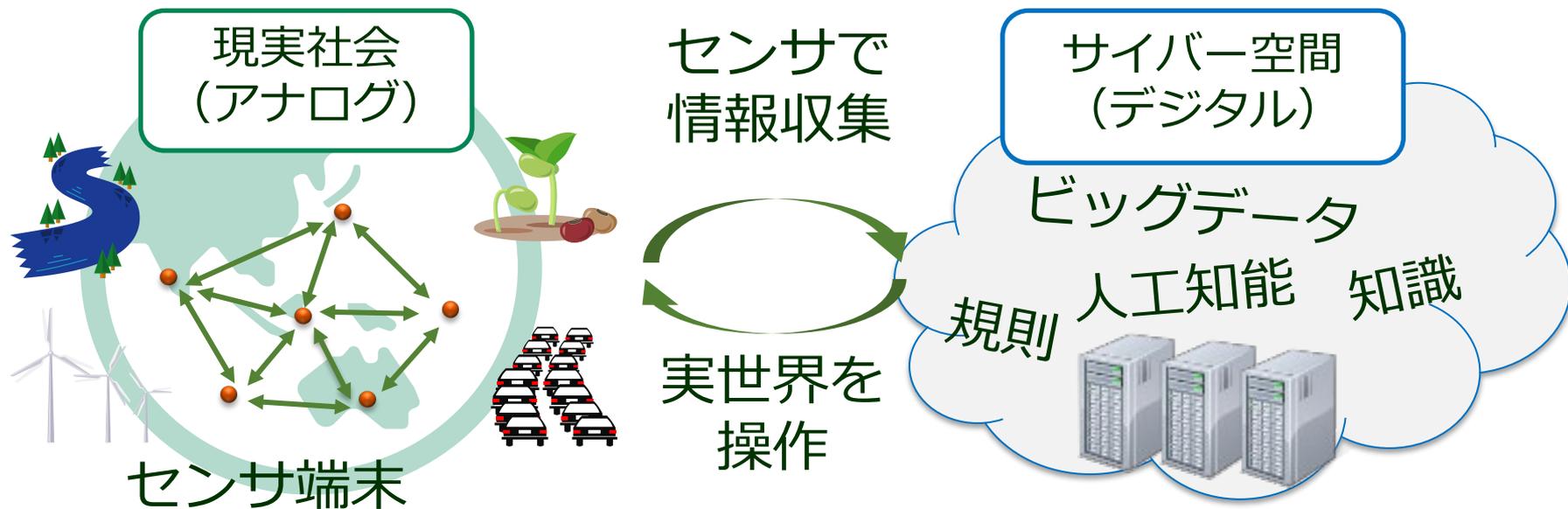
- Society 5.0とは？
 - 日本が目指すべき未来社会
内閣府が提唱
(2016年度～2020年度)
 - 継続的な経済発展
+
社会的課題の解決
を両立する人間中心の社会
 - サイバー空間（仮想空間）
+
フィジカル空間（現実空間）
高度に融合したシステムで実現

サイバー・フィジカル・システム（CPS）



- Society 1.0 狩猟社会
- Society 2.0 農耕社会
- Society 3.0 工業社会
- Society 4.0 情報社会

サイバー・フィジカル・システム (CPS)



現実社会とサイバー空間と高度に結合し、
経済的発展と社会的課題の解決の両立を目指す

自制する河川の創出

1. ARCEサブプロジェクト1
河床状態推定と流路制御
2. ARCEサブプロジェクト2
水位分布予測と流域治水

ARCEサブプロジェクトその1 河床状態推定と流路制御

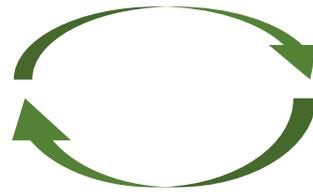
- 流路変動がもたらす影響に着目
 - 水流と河床移動の物理を解明
 - **河床状態の計測・制御法を確立**

フィジカル空間



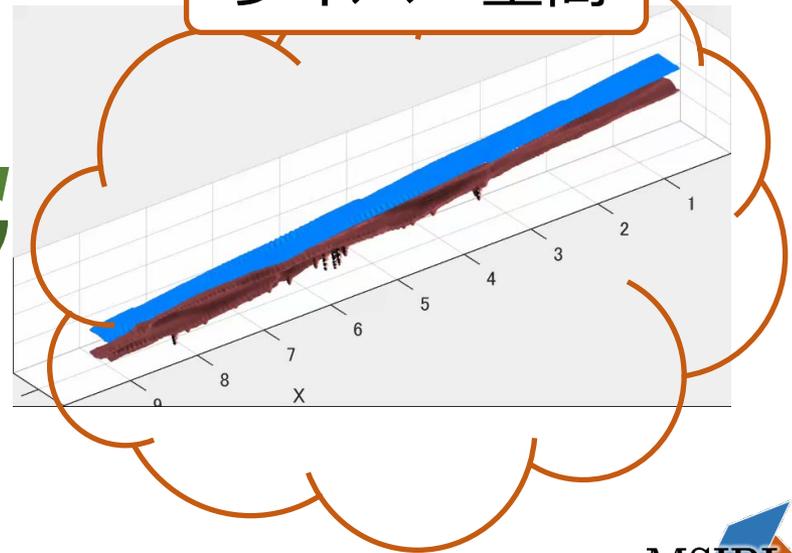
蛇行の発現による堤防破壊
(北海道音更川, 2011年)

多角的な
情報収集



河床状態を
能動制御

サイバー空間



拡縮工法：水制による健全な流路維持 (新潟大学・安田研究室)



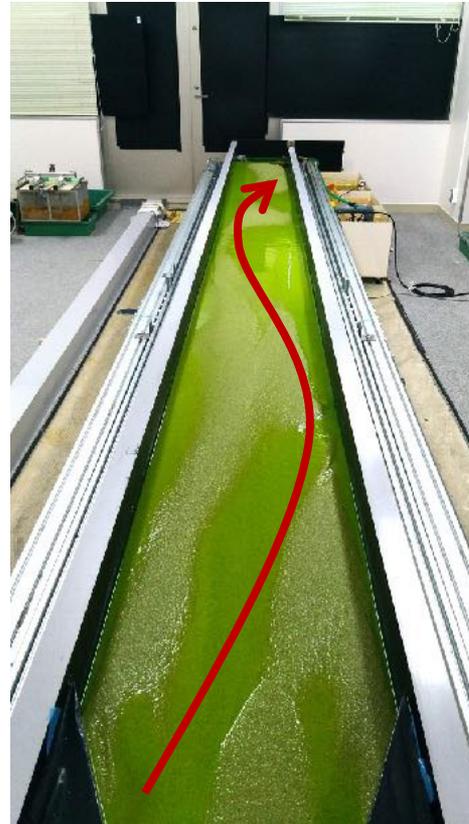
a) 2016年6月29日



b) 2016年7月20日

図-1 拡縮工法の導入前後の早出川 (斜め写真)

[梅木ら, 河川技術論文集, 2021年6月]



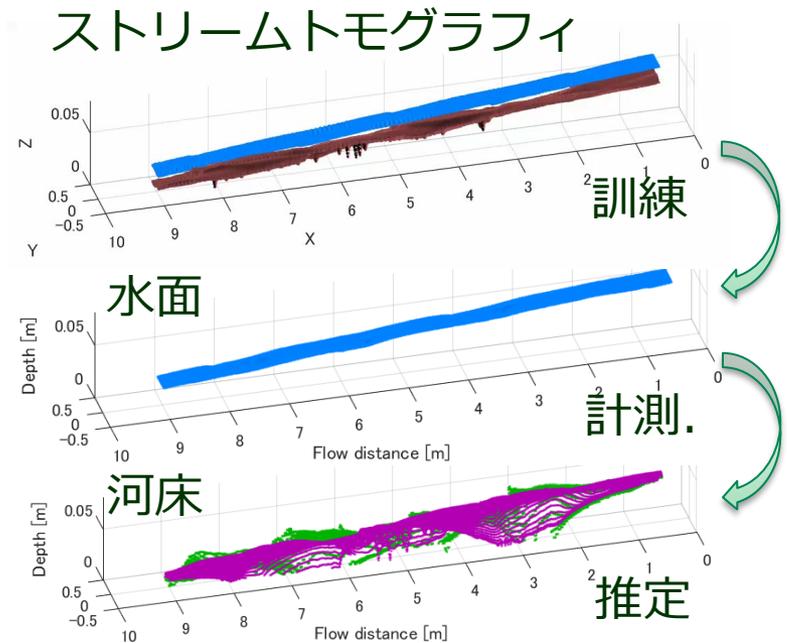
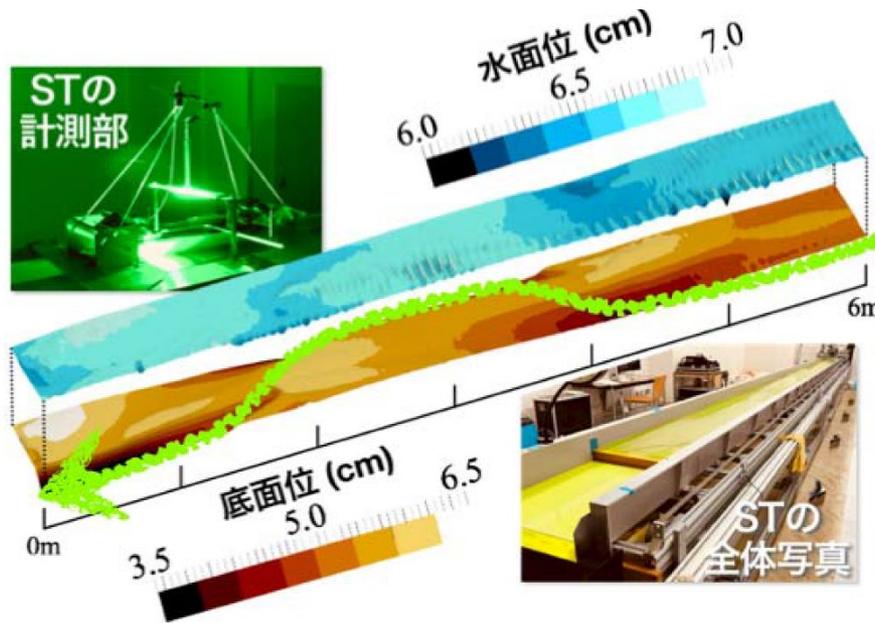
水制構造物なし



水制構造物あり

初期の研究成果 水面計測からの河床状態推定

■ 信号復元技術の応用



[Kaneko+, IEEE ICASSP2019, 英]

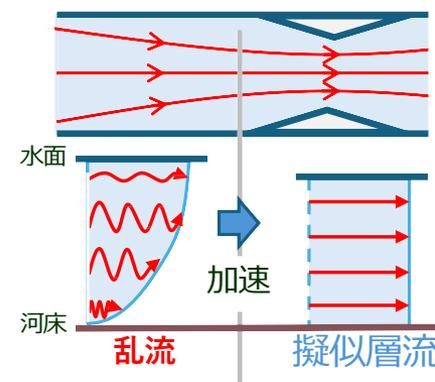
[Kobayashi+, IEEE ICASSP2023, 希]

擬似層流と流路制御

- 拡縮工法 - 河川流路の健全化 -
 - 川幅の拡縮で河川氾濫の一要因の蛇行を抑制
 - 拡縮流路で流れ構造の秩序化 (擬似層流化) が発生
 - 擬似層流化に基づく機能最適化の方法の解明
 - 擬似層流の発生メカニズムは不明瞭



施工例(新潟県早出川)^[1]



拡縮工法と擬似層流^[2]

擬似層流を発生させる水制の位置/形状のデータ駆動による解明

[1] K.Umeki et al., "Verification of both function of flood control and environmental protection of artificial variable width channel in the hayade river" Advances in River Engineering, vol. 27, no. 0, pp. 141-146, 2021.

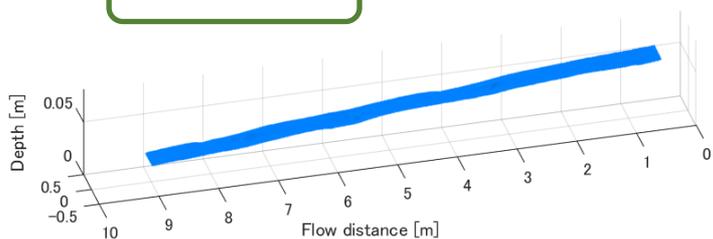
[2] 和田希望, 茂木大知, 仮澤広晃, 安田浩保, "拡縮構造物によって生じる流れ構造の定量化", 第43回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会, 2025.

実河川への展開

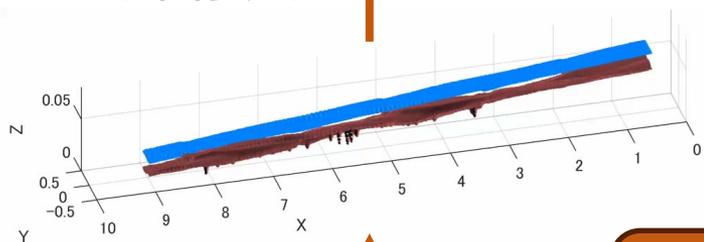
出展元：国土地理院(電子国土Web)

<https://maps.gsi.go.jp/#15/37.305993/138.796785/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1g1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f0>

実験室



水面表出

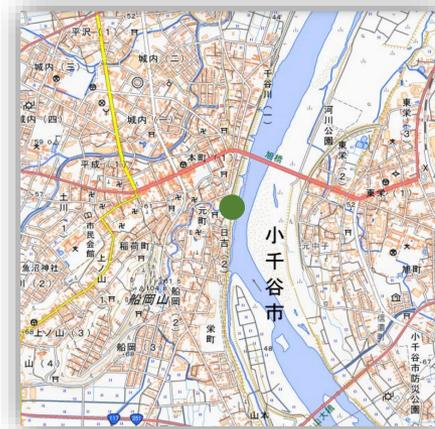


流路変動
メカニズム

学習と推論

河川メカニズム解明
河床状態の推定

実河川



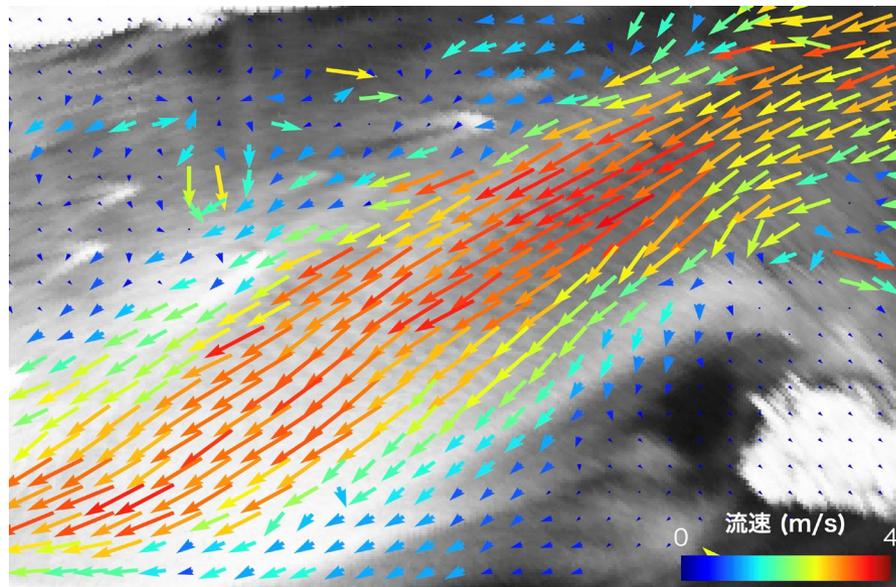
レーダー観測



河床状態推定

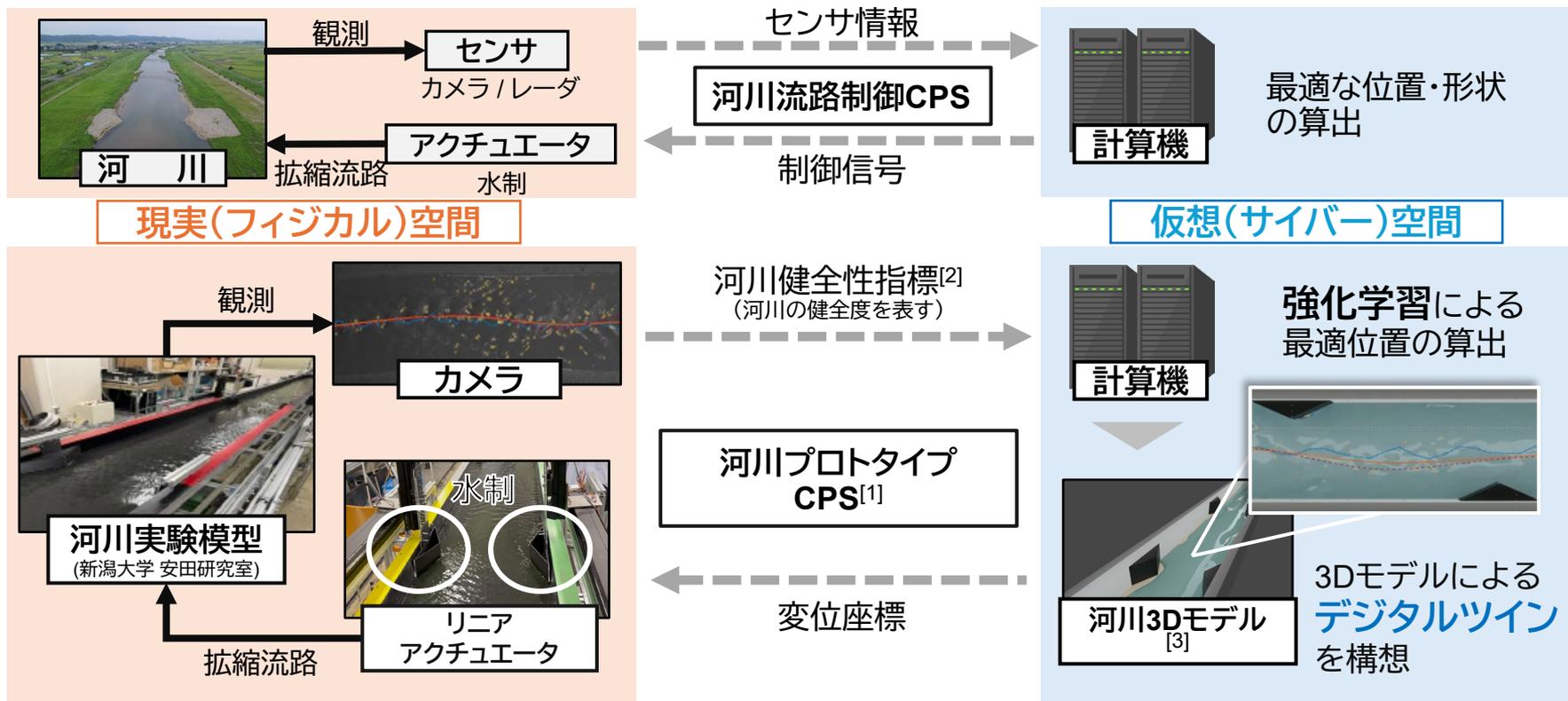
レーダー観測の成果 (新潟大学・安田研究室)

- 表面流速を平面的に測定
 - 測定データから擬似層流の形成を検知



2024年7月に、川幅400m弱の信濃川の小千谷地点の水面流速を測定した結果

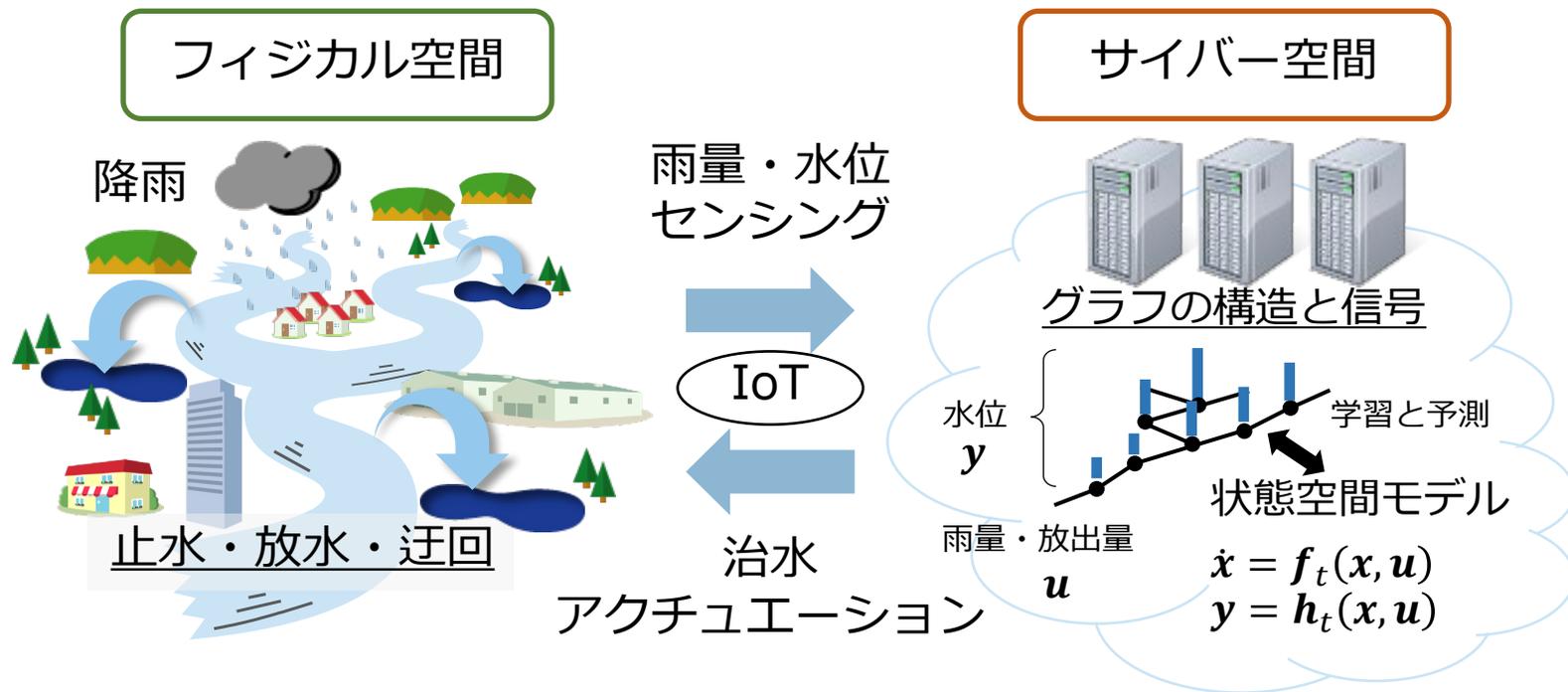
制御とデジタルツイン



[1] 内藤ら, “河川流路変動の解明と制御のためのサイバーフィジカルプロトタイプシステム構築, 映像情報メディア学会技術報告”, vol.44, pp.15-16, 2020.
[2] Y. Takahashi et al., “Flow-Path Fitting from Images with Fourier Basis for River Health Assessment,” Proc. of IEEE ICIP, pp. 3687–3691, 2022.
[3] P. Sisaykeo, et al., “Study on Digital Twin of River by 3D Modeling for Flow Path Health Assessment”, ITE-ME, vol.48, no.33, pp.30–35, 2024

ARCEサブプロジェクトその2 水位分布予測と流域治水

- 多地点河川水位の解析と予測 + **制御!**
 - 流域治水とサイバー・フィジカル・システム(CPS)



流域全体の水位把握の必要性

- 流域治水
国土交通省による新しい治水対策の方針
 - ハード・ソフト一体となった事前防災対策
- 現状
河道網の水位の一体的な把握と制御が可能な手法が存在しない
 - 水位分布の可制御性に関する議論ができない



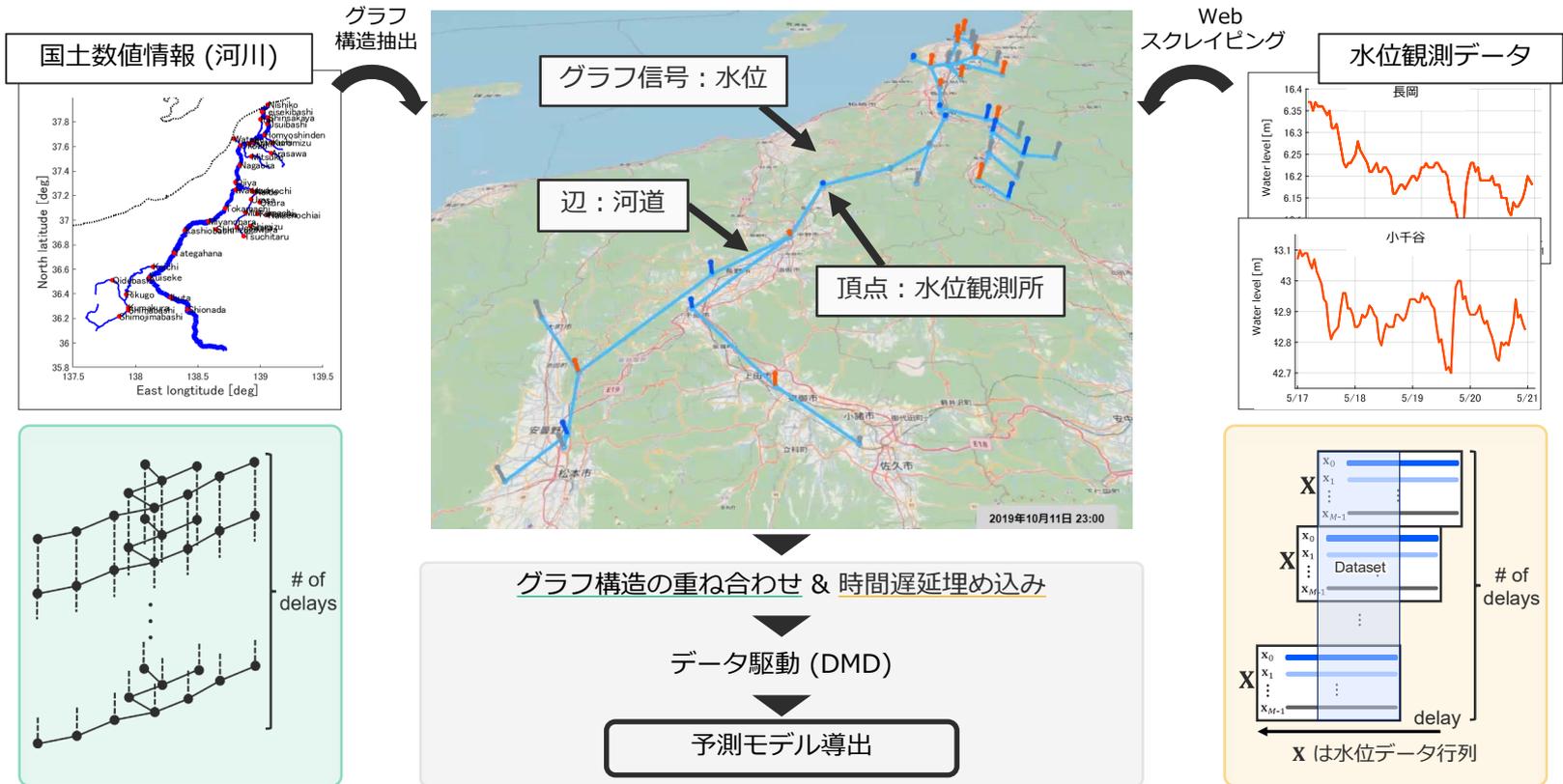
流域治水^[1]

水位制御の実現には水位の一体的な把握が必要

[1] 国土交通省, 流域治水プロジェクト, URL: https://www.mlit.go.jp/river/kasen/ryuiki_pro/index.html

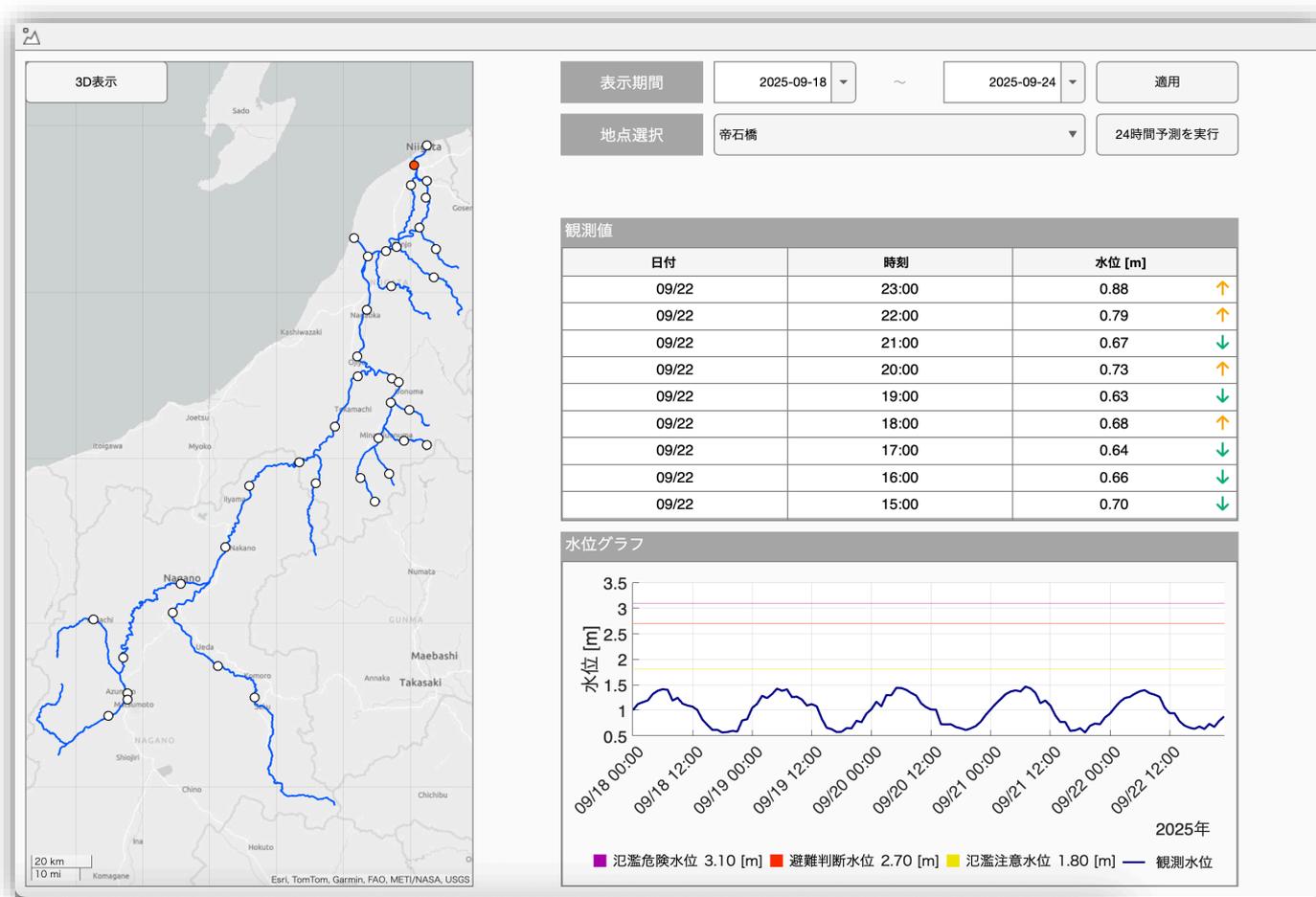
グラフ信号処理の適用

STG-DMD (時間遅延グラフ動的モード分解) [R. Ito et al., IEICE Trans. A, 2025] [1]

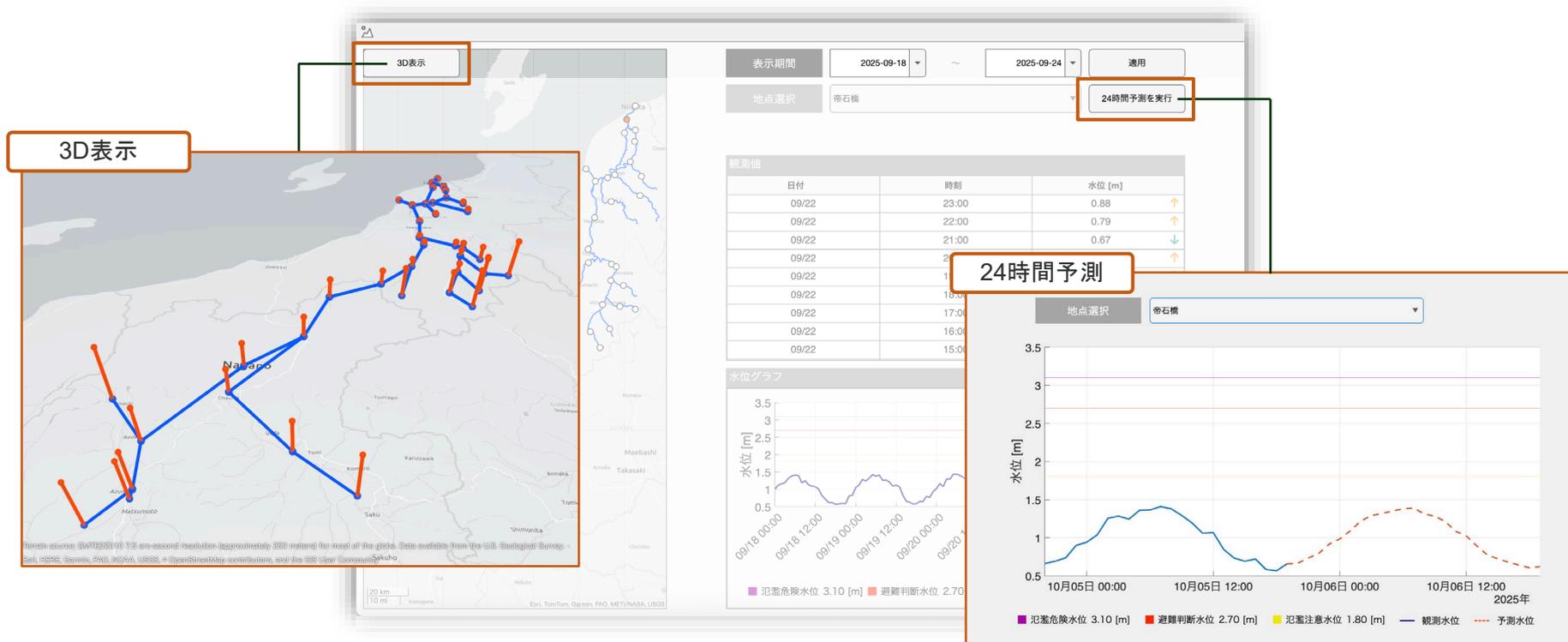


[1] R. Ito et al., "Sparse-coded time-delay graph DMD for nonlinear state-space modeling on graphs," IEICE Trans. Fundamentals, 2025

河川水位予測アプリ ARive



河川水位予測アプリ ARive



まとめ

- ARCEプロジェクトの研究紹介
 - 河床状態推定と流路制御
 - 水位分布予測と流域治水

河川防災のために
電波の利活用は必須

- 謝辞
本研究はJSPS科研費JP24H00365, JP24K21314, JP22H00512, JP21H04596, JP20K20543, JP19K22026, JP19H04135 および JST CREST JPMJCR25Q5 の支援を受けました。
- 資料提供
新潟大学多次元信号・画像処理研究室(MSIPLab)
伊藤隆人氏, 青木竜成氏, 齊藤 雄斗氏ならびに
新潟大学河川工学研究室 (安田研究室)
安田浩保研究教授、大原由暉氏に協力を得ました。