

オープンデータを利用した 河川ドローンウェイデータの試作

2023年度 河川技術に関するシンポジウム

中央大学大学院

中央大学

中野区議会議員

東京都建設局第三建設事務所

◎國谷 岳

手計 太一

加藤 拓磨

向山 公人

- **ドローンの利活用**
農業，測量，建設分野を中心に技術開発進む
- **河川分野に着目すると…**
グリーンレーザ測量や河道点検など
 - ドローンを用いた**河川巡視・点検**
「革新的河川技術プロジェクト」ほか
 - **ドローン輸送**などの取り組み
「河川上空を活用したドローン物流の
更なる活性化に向けた実証実験」ほか



“レベル4飛行”（第三者の土地上空の目視外飛行）の条件付き解禁

⇒ **河川上空の空間は，行政・民間・個人問わず
広く利用されることが予想される**

研究背景

—河道内飛行の提案—

<参考>ある土地の上空でドローンを飛行させる際の主な規範と制約

- ・ 航空法 (国土交通省)
- ・ 小型無人機等飛行禁止法 (警察庁)
- ・ 条例 (各自治体)
- ・ 土地管理者が定めるルール



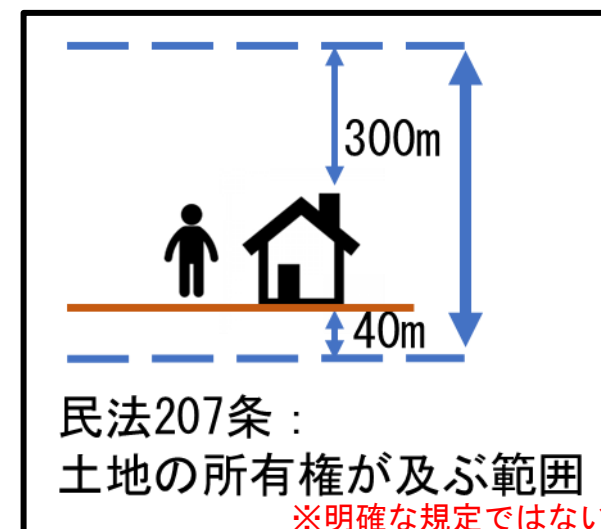
近隣住民が持つ心理的な課題も、
社会実装までを想定すると無視できない

- ・ 宅地や歩行者，車などに落下しないのか？
- ・ プライバシー面 (目視外飛行にあたっては、カメラによる撮影を伴う)
- ・ 騒音 etc...

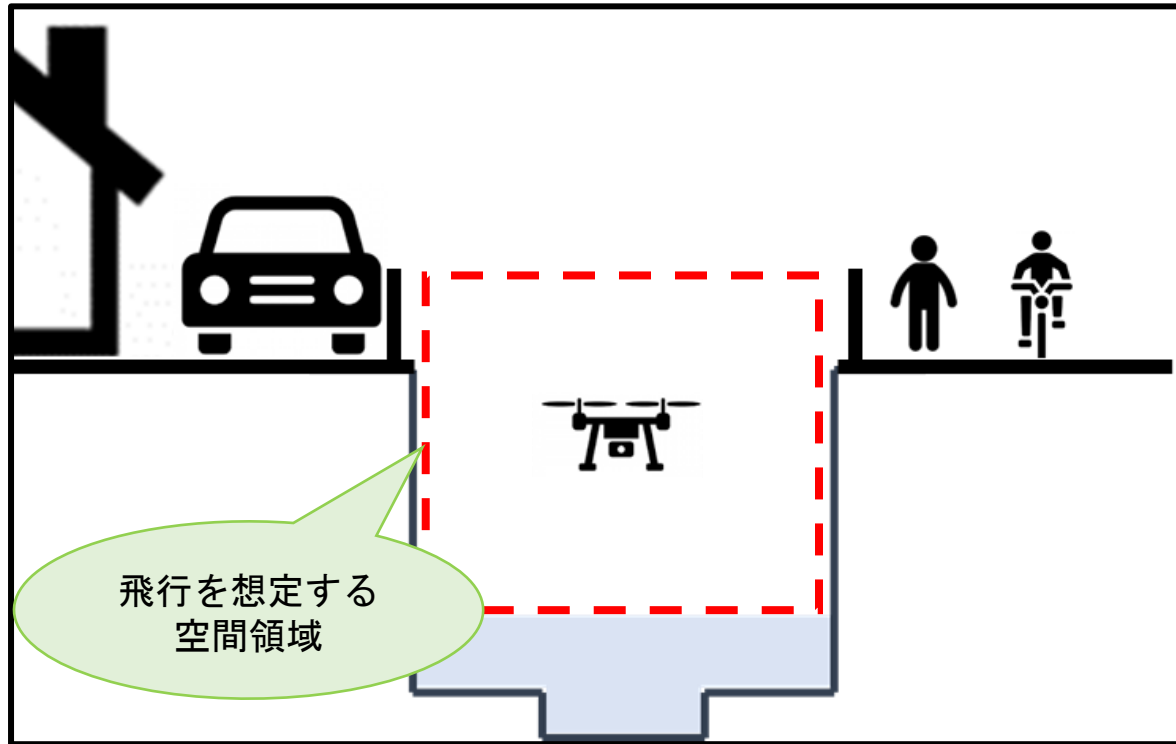


図：承認が必要となる飛行の方法

https://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10_000041.html



◎堤防天端を超えない河道内の空間がドローン飛行に最も安全であると考えられる(特に都市部)



- ・ 落下時の人や構造物へのリスク少
- ・ 民地を（通行人よりも高い目線で）見下ろすことがない
- ・ 堤防が遮蔽物となり，騒音を低減させる

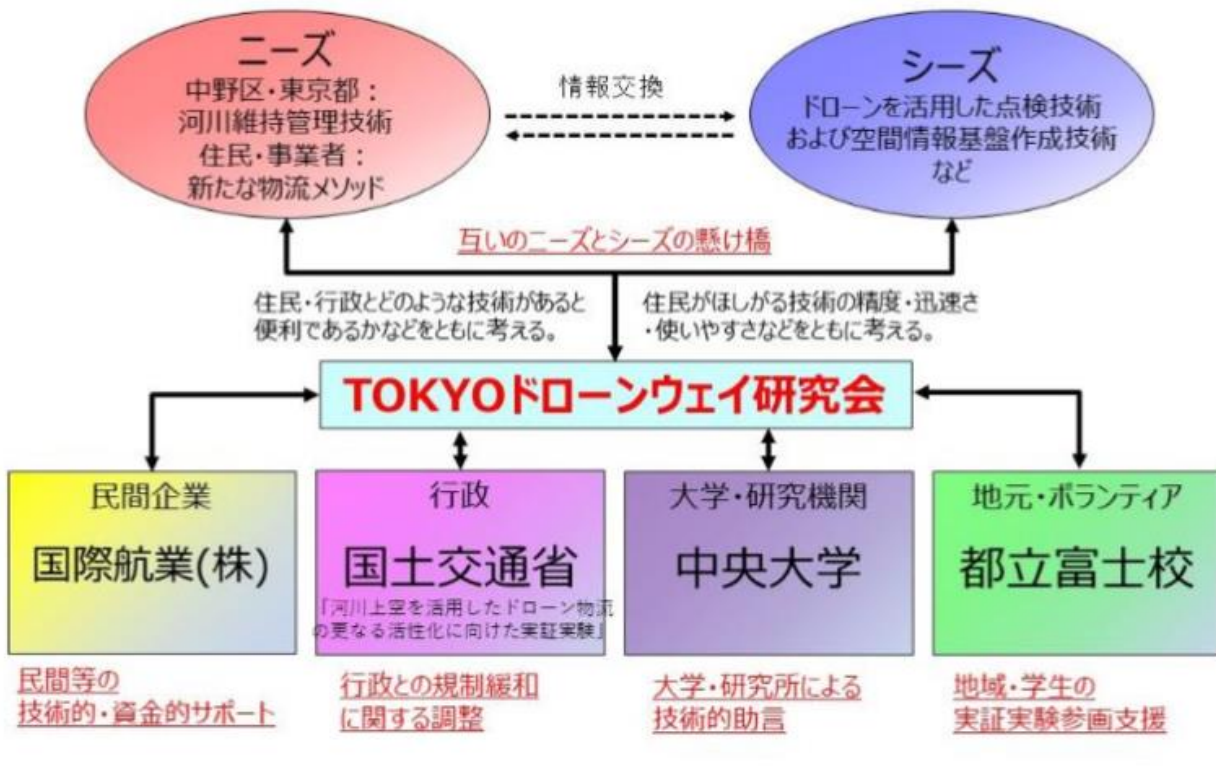
本発表では、河道内をドローンが航行するものとして論じる

研究背景

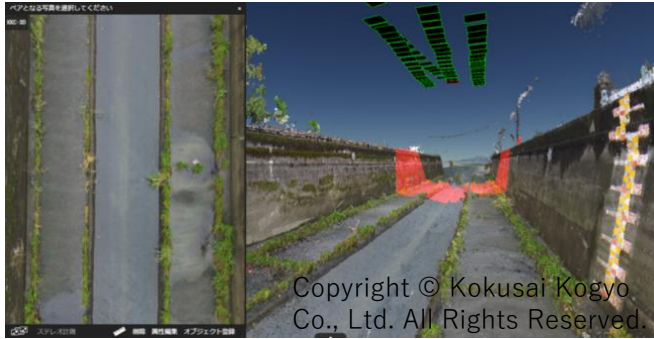
—TOKYO ドローンウェイ研究会での活動—

◎筆者らは、TOKYOドローンウェイ研究会を組織

構成：中央大学，中野区，東京都，国際航業株式会社



◎2022年10月24日に「河川上空を活用したドローン物流の更なる活性化に向けた実証実験」の一団体として実証実験を実施



<https://agora-web.jp/archives/221109081226.html>

ドローン物流を平時の定期的な河道点検に活用できる可能性を示し，都市河川上空での航行に際する新たな知見を得た。

法的, 心理的な
制約条件

不特定多数による
自動or手動航行



現状のデータ
整備状況の課題

◎これらの背景から, ドローンの飛行が日常的に行われる安全な河川空間とするためには, 河道に関する詳細なデータや“空の地図”も必要

◎本研究では,
ドローンの航行が十分に可能である**河道を河川ドローンウェイ**
河川上をドローンが走行するために必要な**情報をまとめた総称を河川ドローンウェイデータと定義**

河川ドローンウェイデータ

(例)

- ・ 河道幅
- ・ 河道深さ
- ・ リアルタイム水位
- ・ 最高速度
- ・ 最小曲率
- ・ 標高差
- ・ 接続河川
- ・ 3次元地形データ
- ・ 他機体の走行位置
- ・ 横断工作物情報
- ・ 通行規制情報
- ・ 気象情報
- etc...

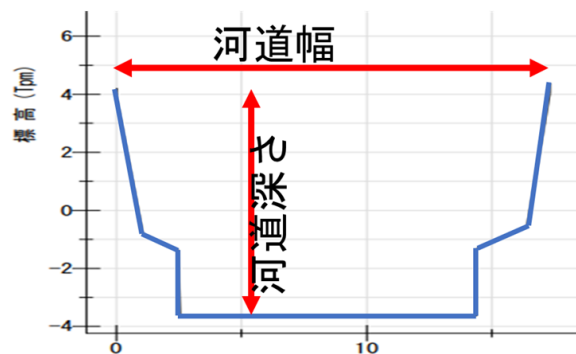
河川ドローンウェイデータのうち, 基礎的な情報として**河道幅と河道深さに着目, オープンデータ (5mDEM) から推定**を行った.

5mDEMからの河道幅・河道深さの推定

—使用データ—

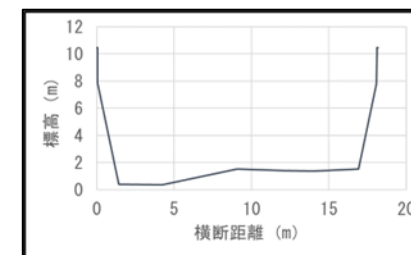
➤ 河川定期横断測量データ

	河川名	水系	区間	断面数	河道形状	堤内地の標高値を含むか
(a)	神田川	荒川水系	全川	242	掘込河道	×
(b)	日本橋川	荒川水系	全川	49	掘込河道	×
(c)	鶴見川	鶴見川水系	下流部 (国直轄区間)	75	築堤河道	○
(d)	早淵川	鶴見川水系	下流部 (国直轄区間)	16	築堤河道	○
(e)	神通川	神通川水系	下流部 (国直轄区間)	121	築堤河道	○

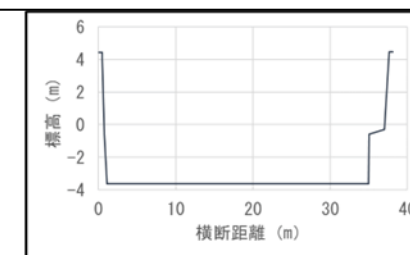
**正解値**

河道幅：左右岸間距離

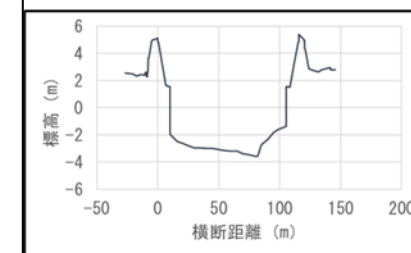
河道深さ：(堤防天端高)-(最深河床高)



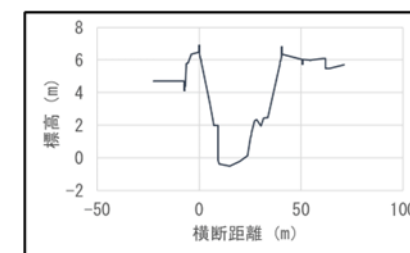
(a)



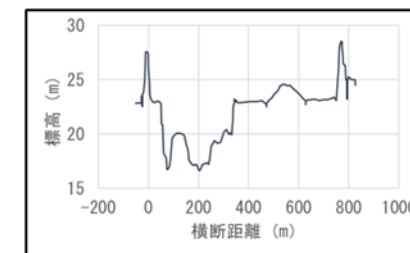
(b)



(c)



(d)

各河川の
断面図の例

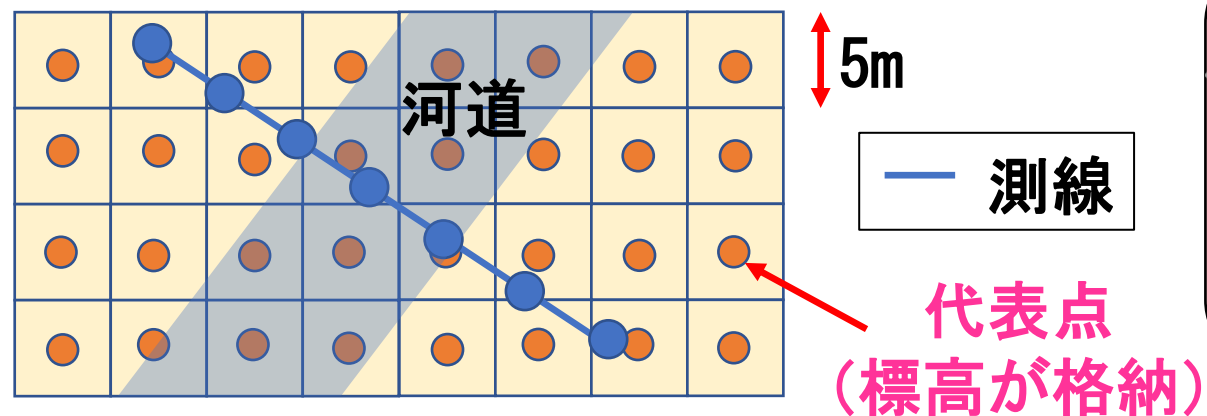
(e)

➤ 基盤地図情報数値標高モデル5mメッシュ (DEM5A)
一部の水面部は10mメッシュを用いて補完

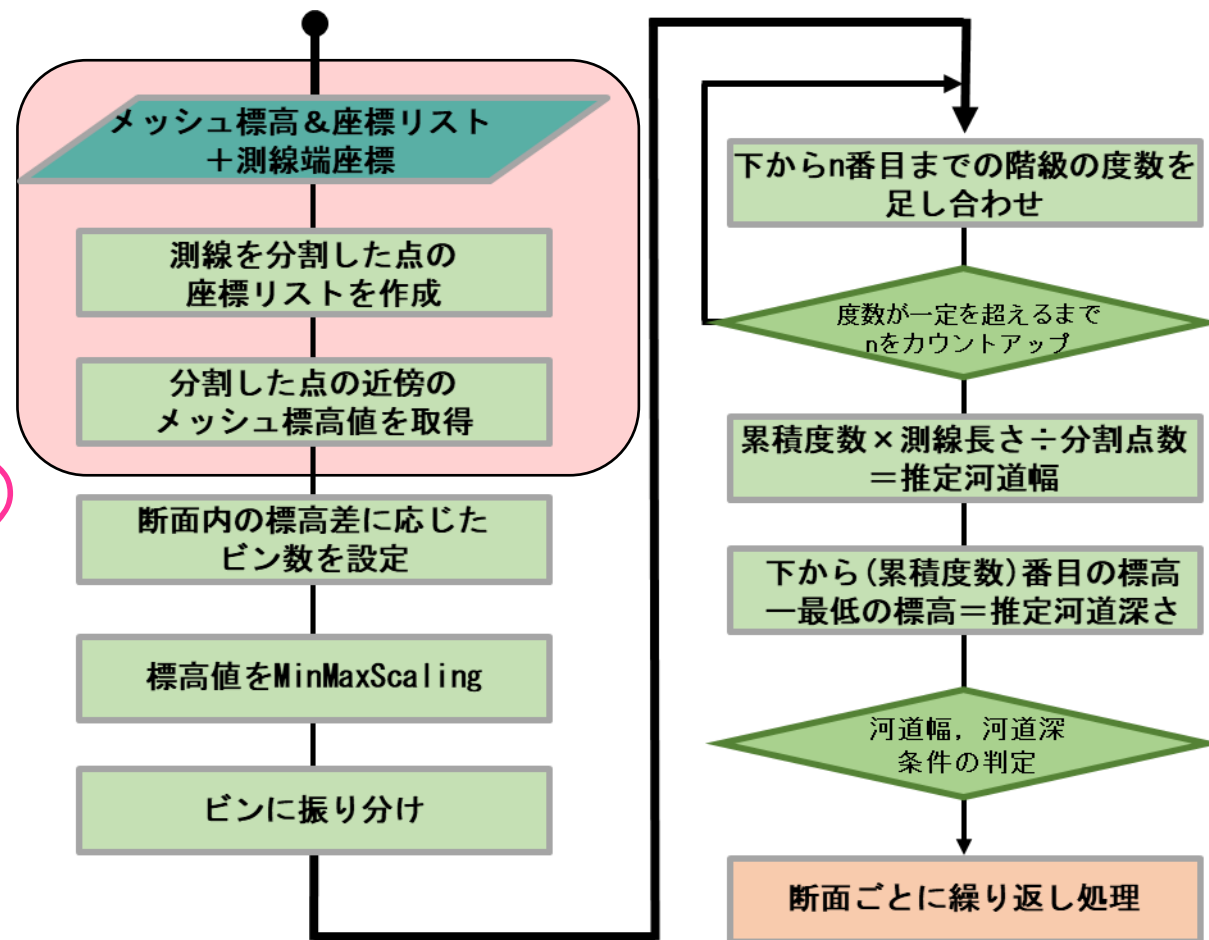
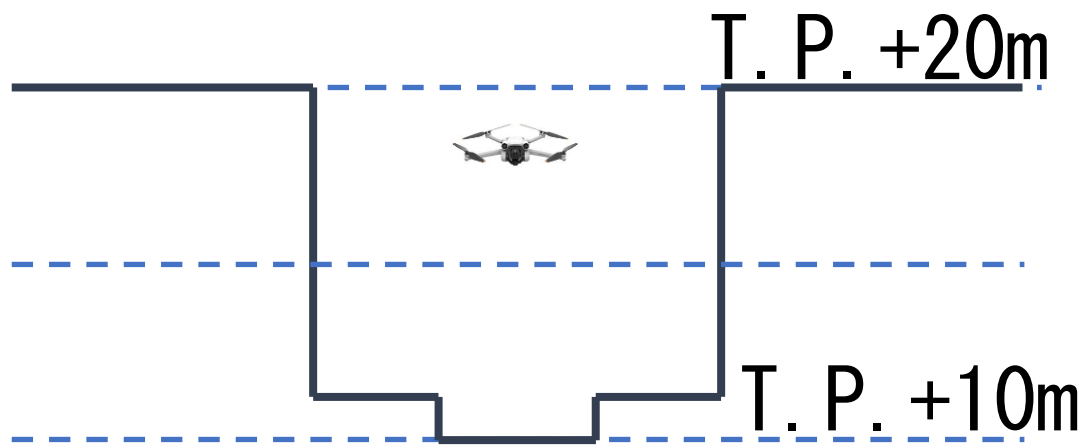
5mDEMからの河道幅・河道深さの推定

—作成したアルゴリズム—

(例)

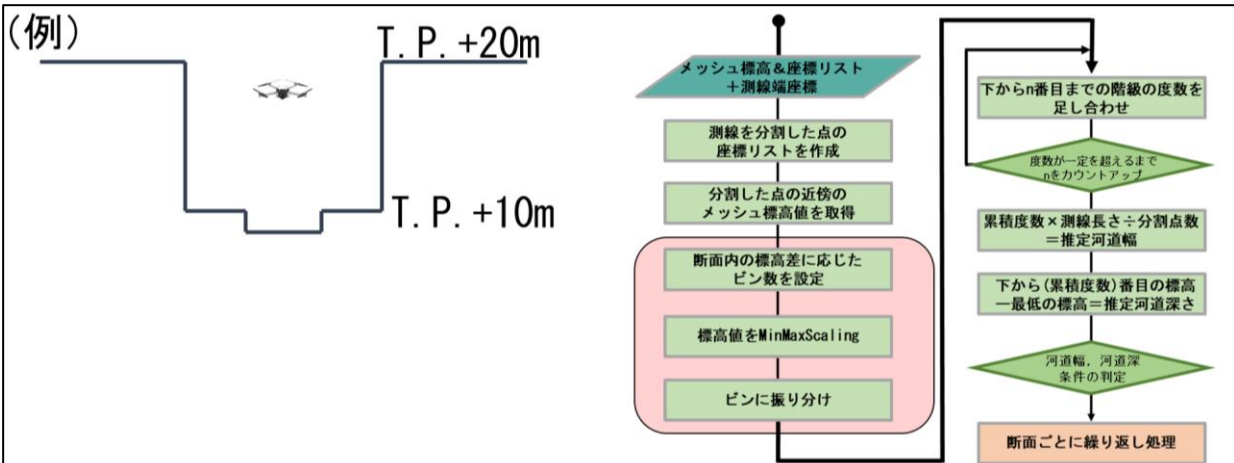


横断図を作成

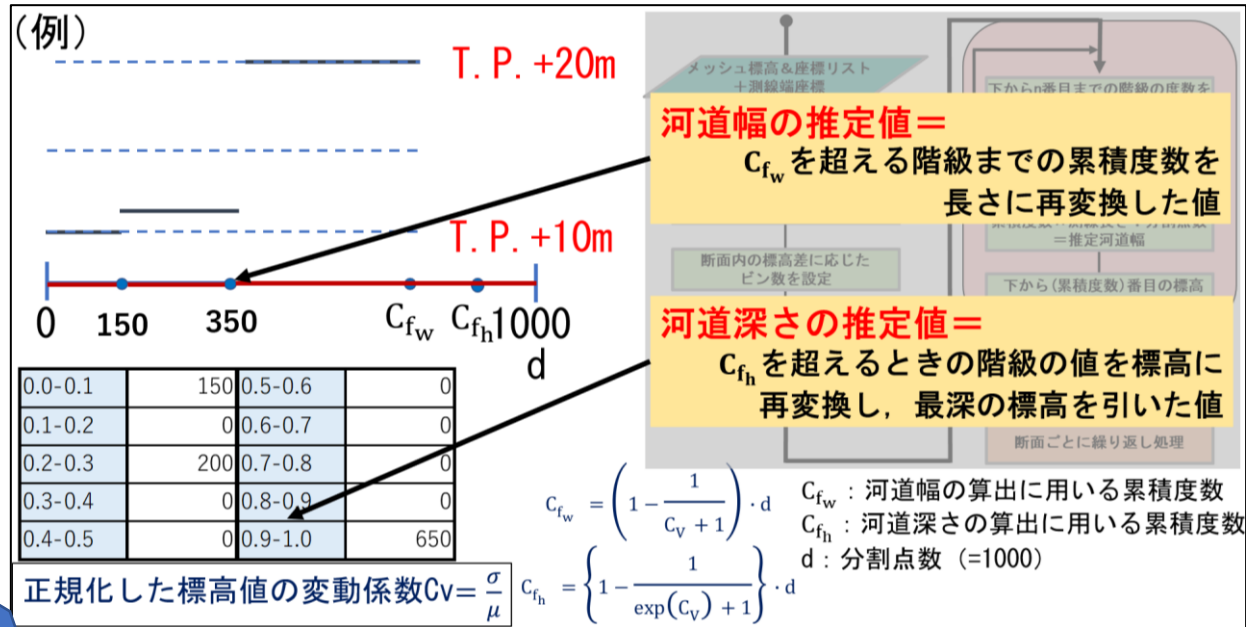
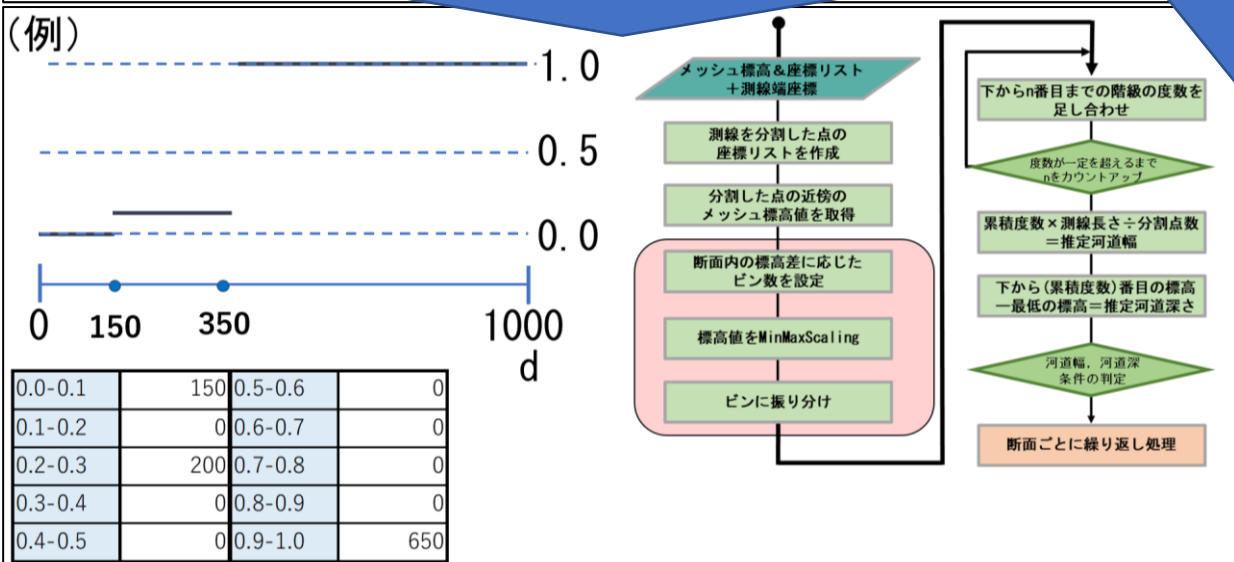


5mDEMからの河道幅・河道深さの推定

—作成したアルゴリズム—



MinMaxスケールリングを用いて正規化
度数分布を作成

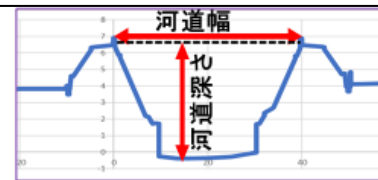


正解値
横断測量
データ

推定値
前スライド
の手法

河道幅 = 左右岸間距離

河道深さ = (堤防天端高) - (最深河床高)



河道幅の推定値 = C_{fw} を超える階級までの累積度数を長さに再変換した値

河道深さの推定値 = C_{fh} を超えるときの階級の値を標高に再変換し、最深の標高を引いた値



評価指標

MAPE (平均絶対誤差率)

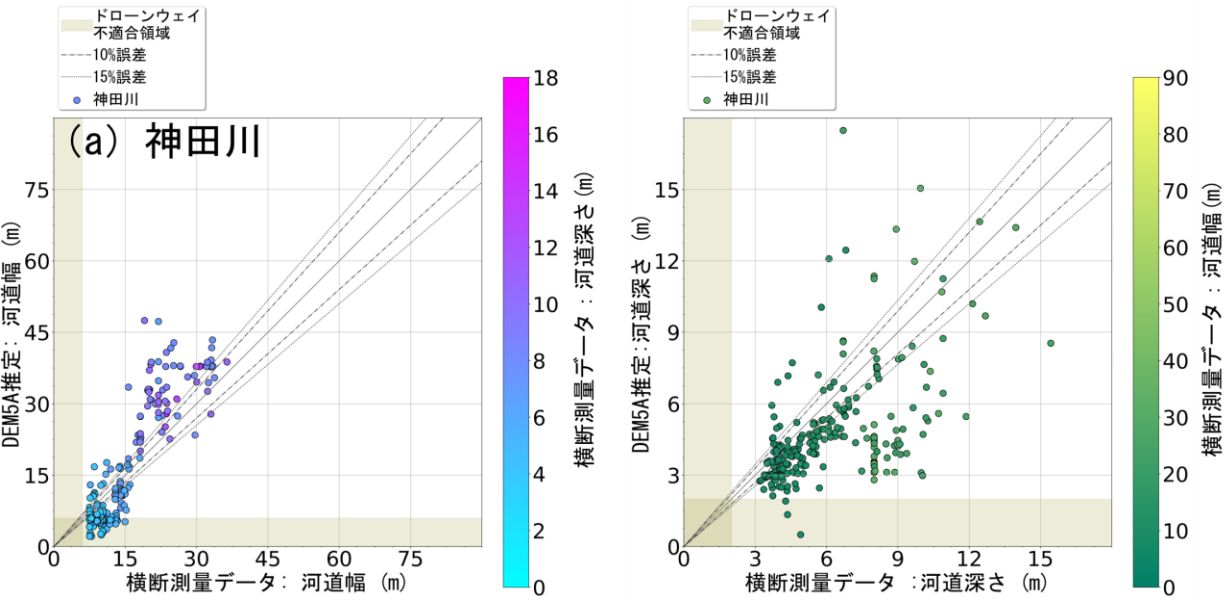
$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{\hat{y}_i - y_i}{y_i} \right|$$

MPE (平均誤差率)

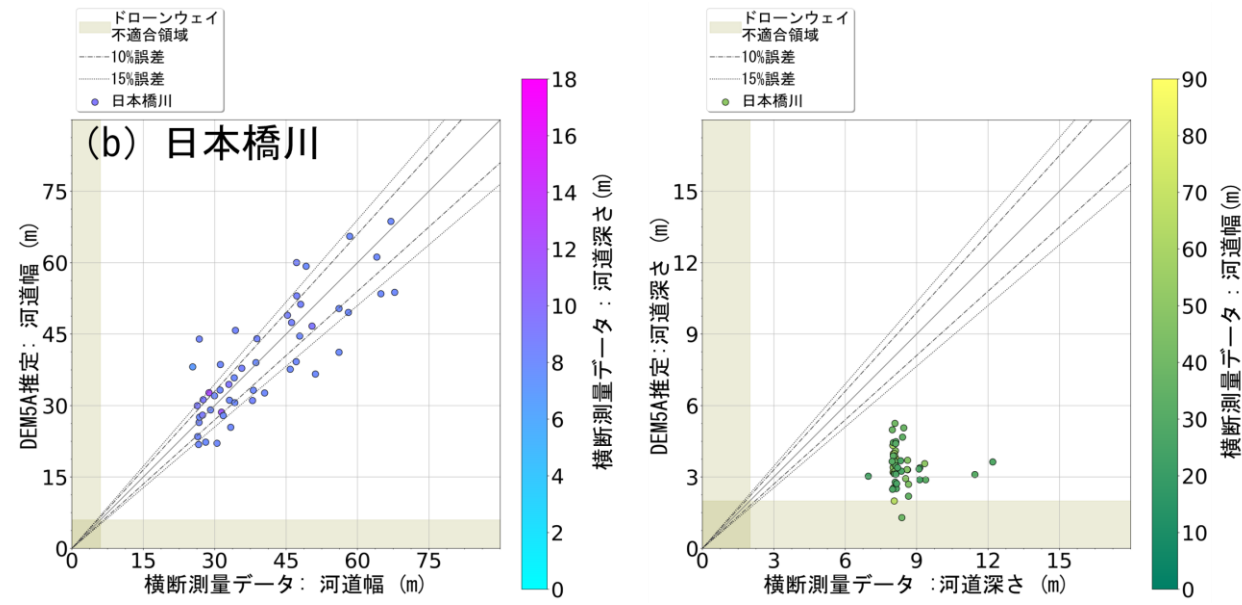
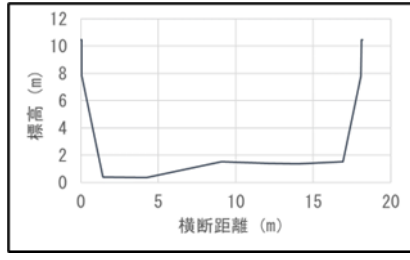
$$MPE = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\hat{y}_i - y_i}{y_i}$$

5mDEMからの河道幅・河道深さの推定

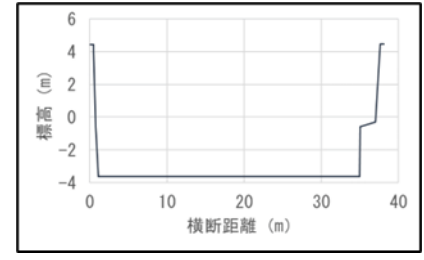
—結果①—



(a) 神田川



(b) 日本橋川

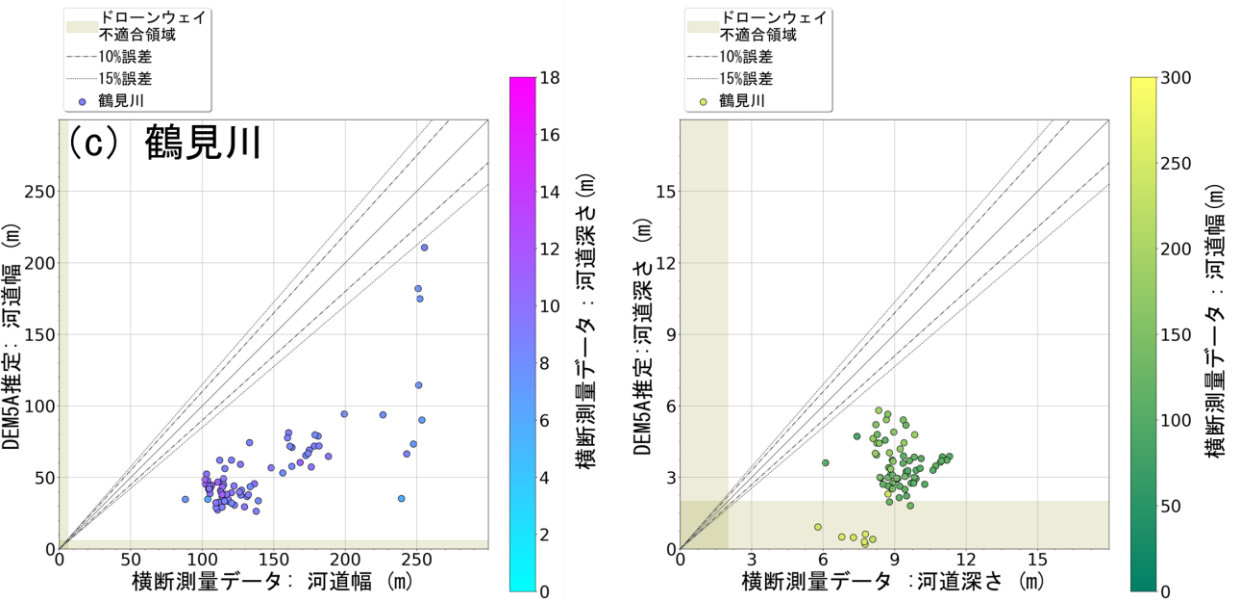


河道幅：高い精度で推定
 河道深さ：一部区間で過小傾向

河道幅：高い精度で推定
 河道深さ：全区間で過小傾向

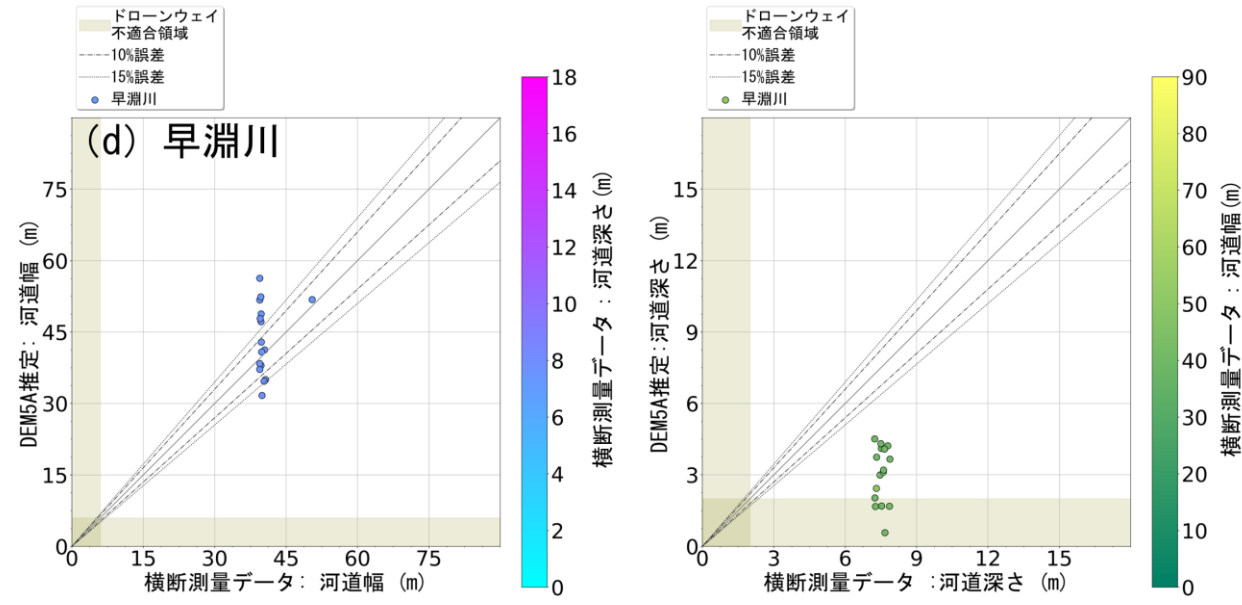
5mDEMからの河道幅・河道深さの推定

—結果②—



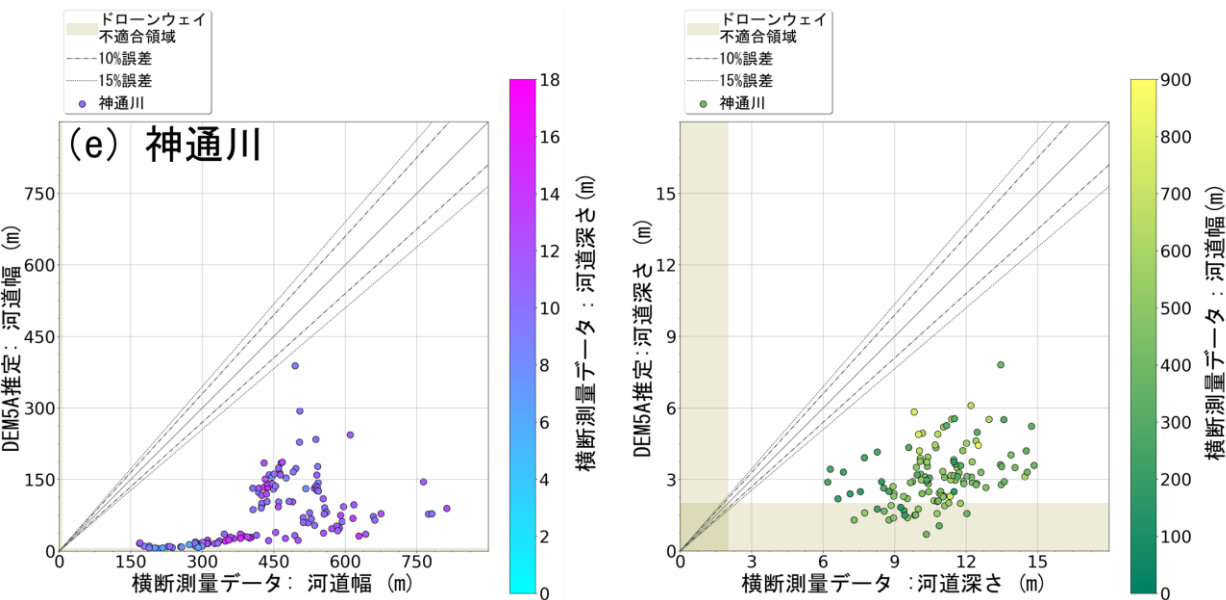
(c) 鶴見川

河道幅：全区間で過小，河道幅大で誤差率也大
 河道深さ：全区間で過小傾向



(b) 早淵川

河道幅：概ね良好な推定値
 河道深さ：全区間で過小傾向



(e) 神通川

河道幅：全区間で大幅に過小
河道深さ：全区間で過小傾向

5mDEMからの河道幅・河道深さの推定

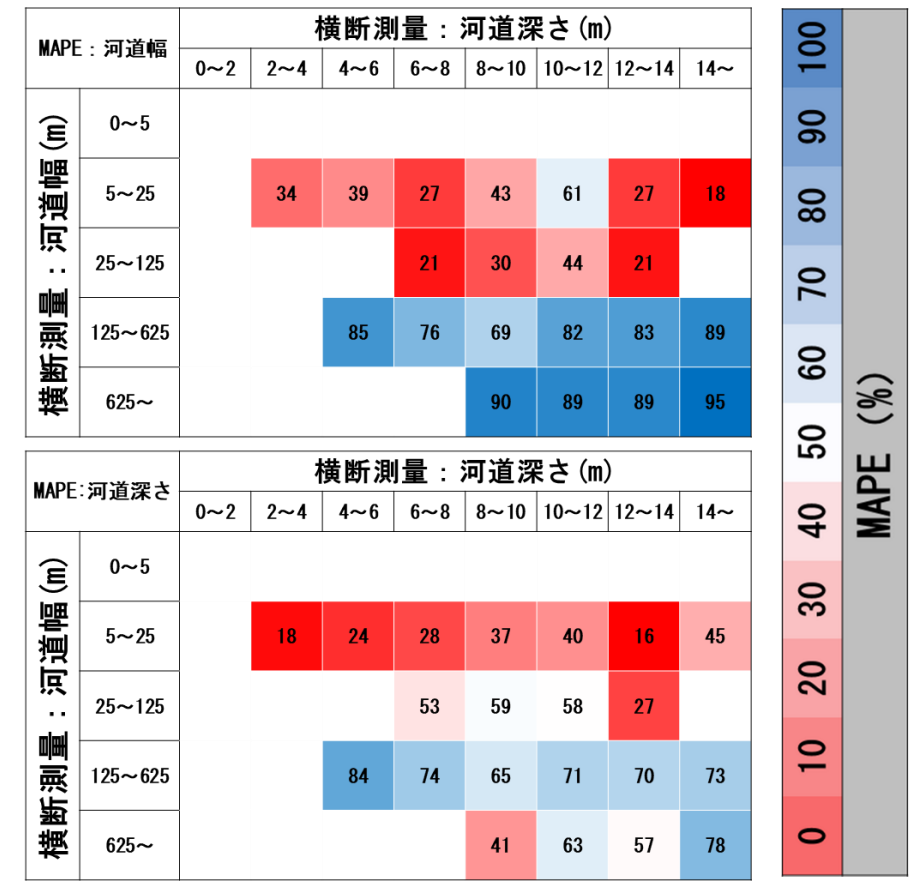
—結果④—

➤ 河川ごとの平均誤差率と平均絶対誤差率

河川名	河道幅		河道深さ	
	MPE	MAPE	MPE	MAPE
神田川	-7	35	-18	28
日本橋川	0	15	-59	59
鶴見川	-62	62	-64	64
早淵川	8	15	-60	60
神通川	-83	83	-70	70

神田川と日本橋川および早淵川で河道幅を概ね推定できている
 神田川を除く4河川のすべての断面で河道深さの推定値が過小

➤ 断面規模ごとの平均絶対誤差率



河道幅が概ね5~25m程度の断面において精度よく河道幅と河道深さを推定できている

提案

◆河道内をドローンの道（ドローンウェイ）とすることを想定し，河川上をドローンが飛行するために必要なデータの総称を河川ドローンウェイデータと定義した。

◆本発表では河道幅と河道深さに着目し，5mDEMからこれらを推定するアルゴリズムを新たに作成，検証した。

成果

→中規模程度の河川において，河道幅を高い精度で，河道深さはある一定の精度で推定できることが分かった

課題

◆実際の河川空間の利用状況を鑑み，どのような条件で河川ドローンウェイであると定めるのか，どのような情報がドローンウェイデータの整備に必要なのかを検討していく。