



AIを用いた静止画像解析による 河川流量観測手法

 国際航業

○寺本 雅子 田島 昭男
工藤 圭史 八木 達也

目次

- 1 技術開発の背景
- 2 技術の概要
- 3 検証結果
- 4 課題および今後の展望

1 技術開発の背景

河川流量＝河川管理において最も重要なデータ



<これまでの流量観測の課題>

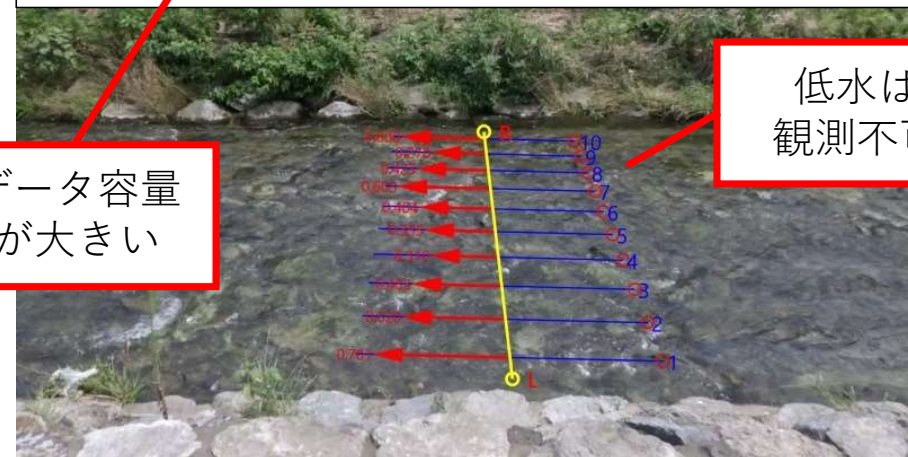
調査による流量観測の例（可搬式流速計）



多くの人手
安全面×

高水では
観測不可

動画解析による流量観測の例（STIV法）



データ容量
が大きい

低水は
観測不可

<求められる流量観測技術>

- ・ 自動化、効率化、低コスト化
- ・ 通信網が乏しい地域に適用可能

2 技術の概要



2 基盤技術の概要

- ・”流量観測＝流速の測定”に捉われず、**河川の見た目の変化に着目**
- ・河川の見た目＝**「河川幅」は静止画1枚**さえあれば推定することができる情報



Point 1: カメラ
流出の恐れもなし

Point 2: 静止画
これまで静止画を用いた
ものは開発されていない

Point 3: 機械学習または深層学習
たった1枚の画像から川幅を
推定するため機械学習を用いた



2 基盤技術の概要—理論と手法—

深層学習 (AI) ⇒ セマンティックセグメンテーション

- ◆ 深層学習モデルの研究開発はSegFormer(Xie et al., 2021) で試行した
- ◆ 教師データはオープンデータ(Erfani et al., 2022) と4,000枚以上のオリジナルの河川画像から作成した
- ◆ 作成した教師データに基づいてある画像の全ての画素に対して、水域か水域外かのセマンティックセグメンテーションを行う

深層学習を利用したセマンティックセグメンテーションの例



画像撮影



深層学習モデル



水域抽出



2 基盤技術の概要—理論と手法—

- ◆ 流量 = 流速 V × 断面積 ($A = B * h + \frac{h^2}{\tan\theta}$)
- ◆ 流速はマンニングの式 (n : 粗度係数、 R : 径深、 I : 動水勾配) 、

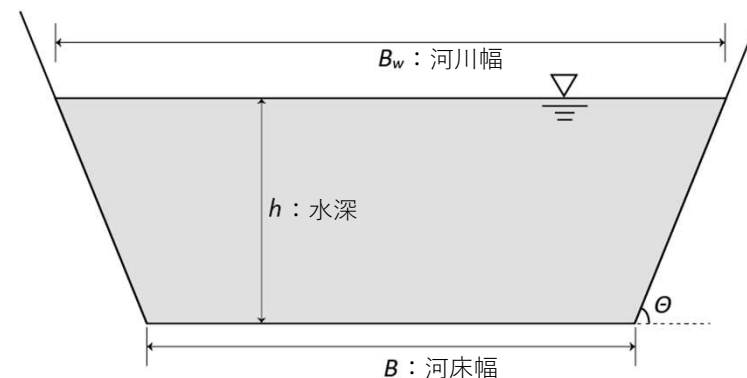
$$v = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}}$$

流量について整理すると、

$$Q = \frac{1}{n} * I^{\frac{1}{2}} * \left[Bh + \frac{h^2}{\tan\theta} \right]^{\frac{5}{3}} * \left[B + \frac{2h}{\sin\theta} \right]^{-\frac{2}{3}} \propto h^{\frac{8}{3}}$$

⇒ 流量は水深の 2 ～ 3 乗になると予想される

- ◆ さらに、河川幅は水深の 1 次関数であり、水域面積は河川幅の積分したものであるから、**流量は河川幅（または水域面積）の 2 ～ 3 乗**で表されると予想
- ◆ 静止画像から河川幅を読み取れば、流量に変換することができる



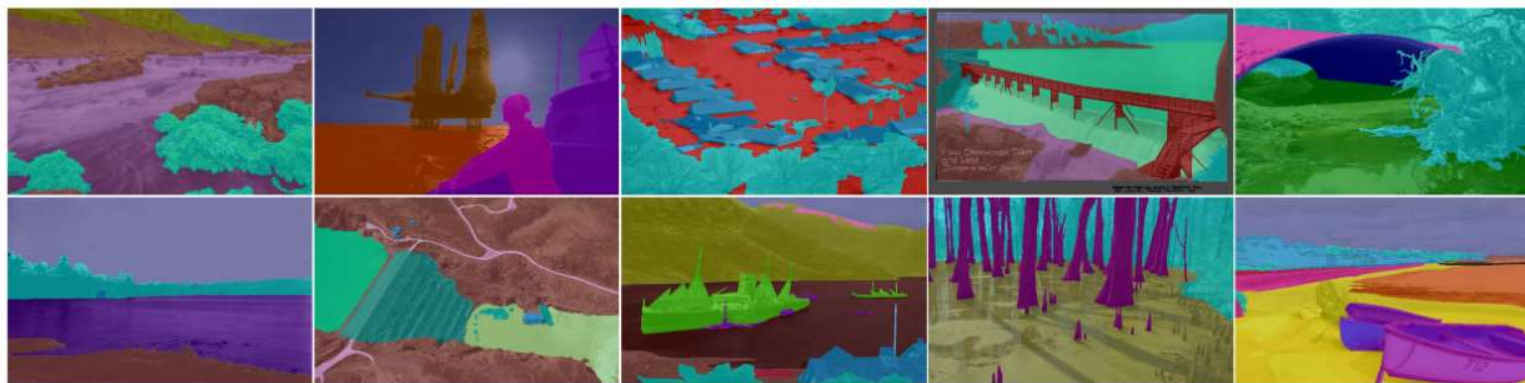
流量が異なる時期の河川幅・水域面積の違い





2 基盤技術の概要—理論と手法—

教師データセット



水域抽出用のオープンデータセット (Erfani et al. (2022))



DSCF7144.JPG



DSCN0367.JPG



DSCN0368.JPG



DSCN1293.JPG



DSCN2460.JPG

国際航業オリジナルデータセット4,000枚以上



2 基盤技術の概要—理論と手法—

教師データの評価

- ◆教師データの特徴およびデータサンプル数について表1にまとめた。
- ◆教師データの評価はIoUを用いた。
- ◆IoUはオーバーラップ率とも呼ばれており、対象物をどれだけ正確に検出できるかを評価する指標。

表1 データサンプル数とデータセットの特徴

データセット	Train	Validation	Test	メリット	デメリット
Atlantis	3361	535	1294	様々な水域のセグメンテーションのオープンソース。汎用性◎	日本の河川データが少なく精度が懸念される。
オリジナル	1284	426	426	日本の河川の画像に特化している。	日本の河川のデータに特化しているため、汎用性×
Atlantis + オリジナル	4645	961	1720	オリジナルの河川画像データに、汎用的なデータを学習に追加。モデルの性能向上を図った。	

表2 各データセットおよび深層学習モデルのIoU（％）で画像の重なりを割合を表す指標。

種別	Altrantis			オリジナル			Atlantis + オリジナル		
	Background	River	Mean	Background	River	Mean	Background	River	Mean
DeepLabV3+	91.86	70.24	81.05	96.41	84.46	90.43	96.53	84.80	90.67
PointRend	92.20	71.26	81.73	96.42	84.57	90.50	96.50	84.87	90.68
SegFormer	93.91	76.50	85.21	96.78	86.12	91.45	96.84	86.39	91.61



2 理論と手法 | 静止画・動画から水面幅を推定する方法

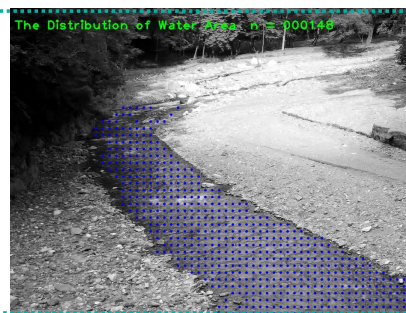
◆ 静止画・動画どちらについても、まずは「**水域**」を抽出する

動画



オプティカル
フロー

水域＝動きがある
背景＝動きがない
画素毎に流速を推定
ある閾値以上の流速で
「水域」と判定する



河川幅・水域面積の推定

水域



水域を抽出できれば、

河川幅

…抽出した水域の一部

水域面積

…抽出した水域の**すべて**

静止画



機械学習

静止画 1 枚のみ
＝差分が使えない
**セマンティック
セグメンテーション**
を利用する



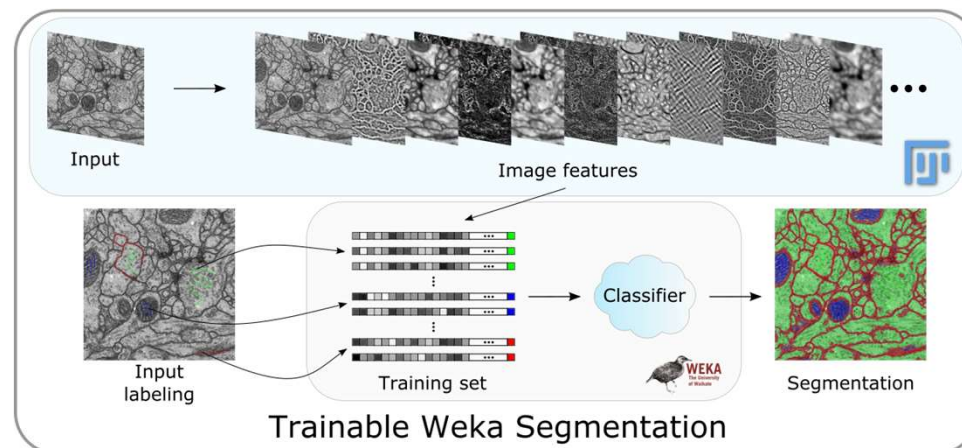
◆ セマンティックセグメンテーションとは、機械学習を用いて、画素単位でラベルやカテゴリ进行分类すること



2 理論と手法 | 静止画像の水域抽出

セマンティックセグメンテーションについて

- ◆ Trainable Weka Segmentation (TWS) を利用した
- ◆ TWSは画像処理ソフトFijiのプラグイン
- ◆ デフォルトの識別器はランダムフォレスト法
- ◆ TWSは画像の一部にアノテーション作業を行うと全ての画素に対して、セマンティックセグメンテーションを行う



TWS webサイト (<https://imagej.net/plugins/tws/>) より引用

TWSを利用したセマンティックセグメンテーションの例

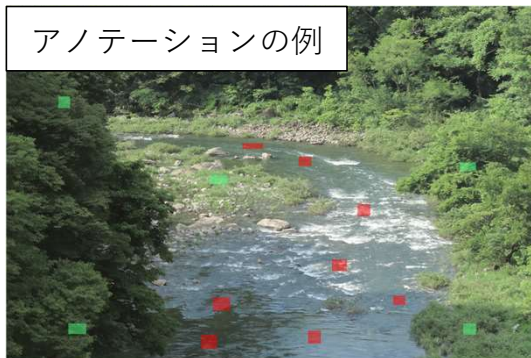
オリジナル画像



アノテーション作業

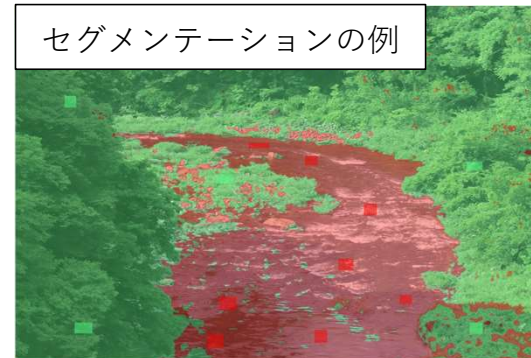
赤色 = 水域
緑色 = 背景
として、
画素単位で
タグをつける

アノテーションの例



TWSによる機械学習

セグメンテーションの例



3 検証結果

3 検証

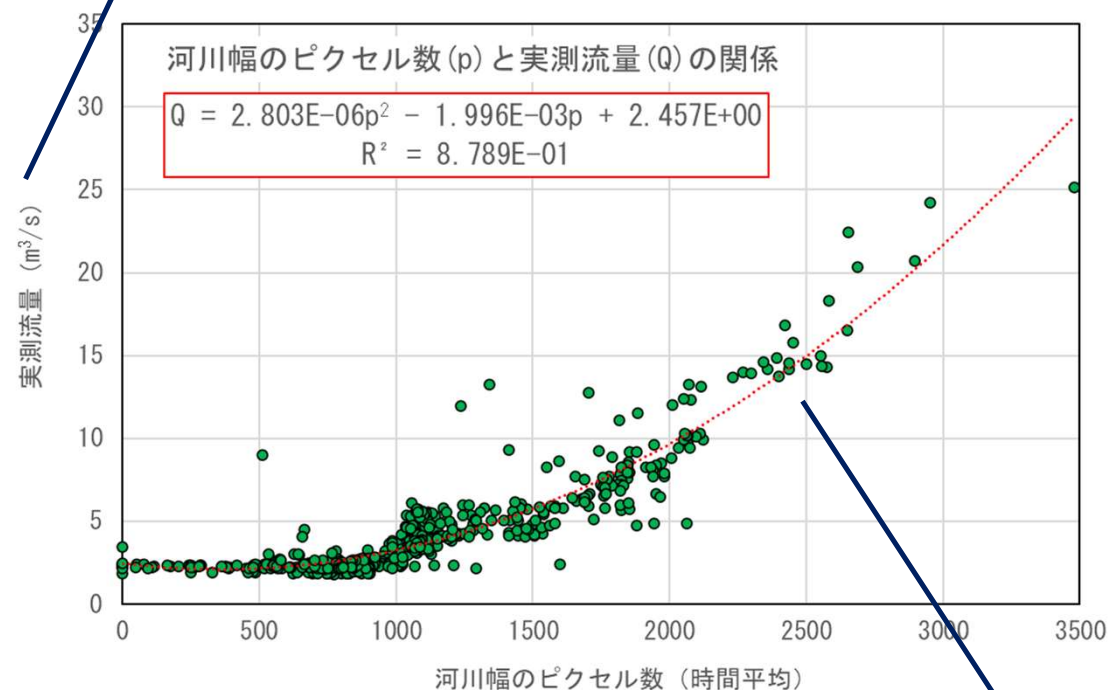
水域の 픽セル数と流量の関係

検証地点における 픽セルの読み方



実測流量 = 電波式水位計による流量

実測流量と 픽セル数の関係



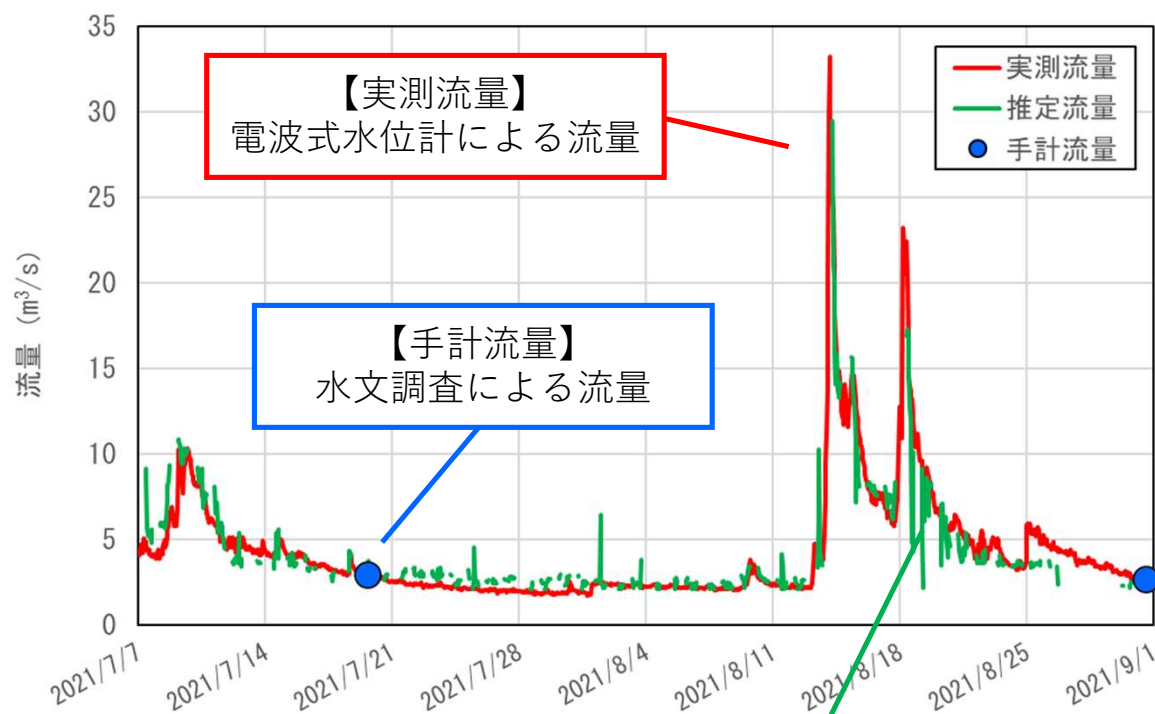
【実測流量】は【河川幅の 픽セル数】の2次関数で十分表すことができる

3 検証



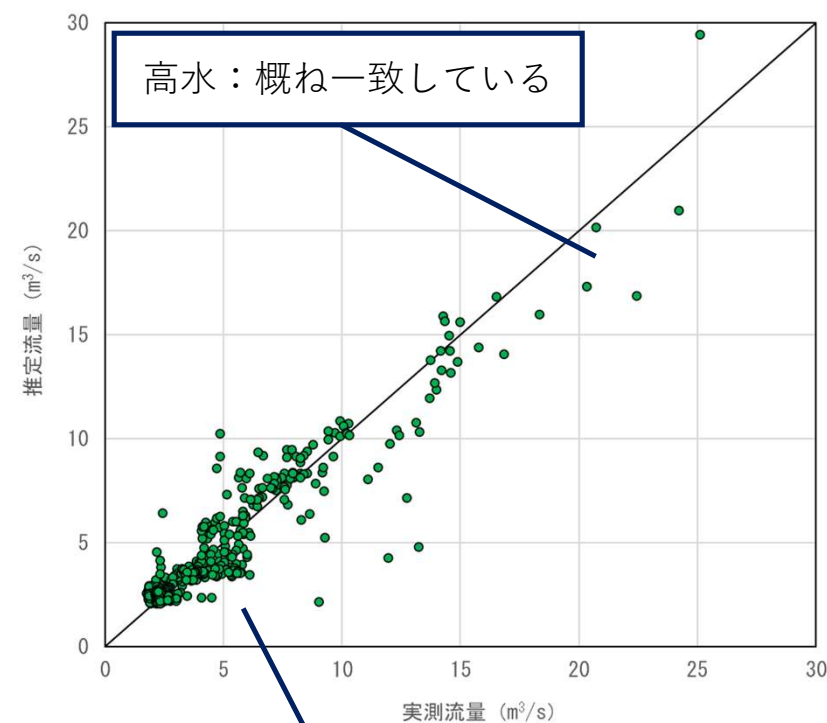
水域のピクセル数と流量の関係

実測・推定・手計流量の時系列グラフ



【推定流量】
2次関数（実測流量とピクセル数の関係）を用いてピクセル数から推定した流量

実測流量と推定流量の比較





3 検証 | 水域面積を用いた場合



◆ 水域面積として、左図の**青色部分の水域（黒色）のピクセル数**を読む

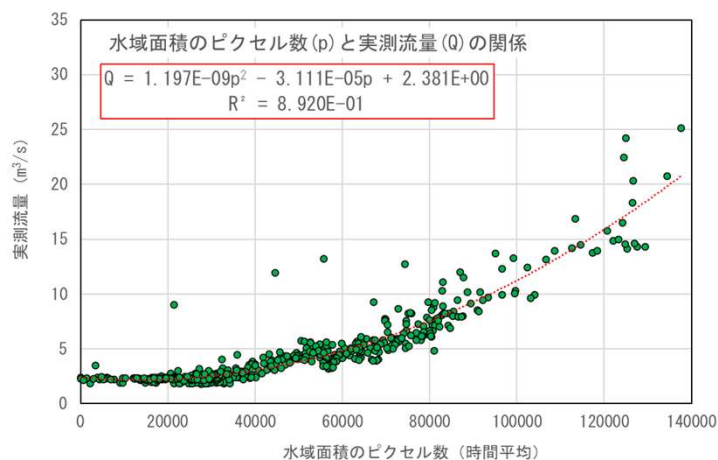
◆ 実測流量とピクセル数の関係 ⇒ 2 次関数で表すと決定係数 0.89

(期間：2021年7月7日から2021年8月31日まで、データ数：539個)

◆ この 2 次関数を用いて、水域面積のピクセル数から流量へ変換（**推定流量**）

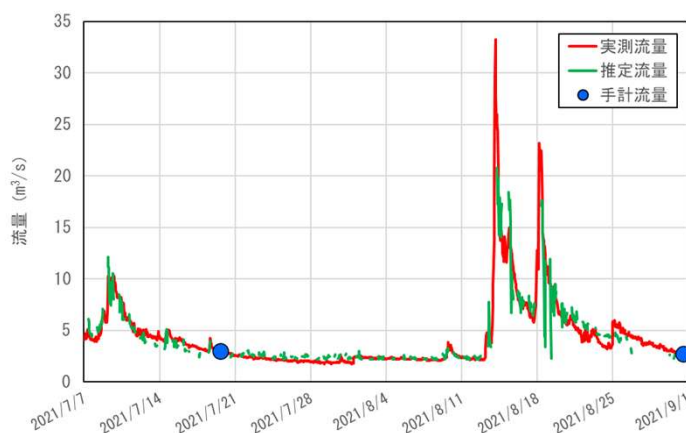
◆ 低水・高水ともに実測流量を反映

流量とピクセル数の関係

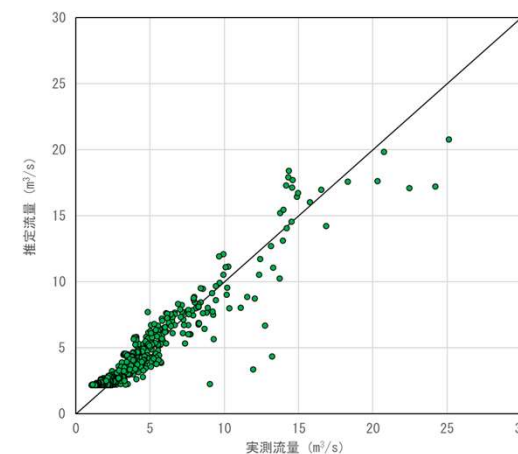


画像流量..ピクセル数から流量へ

実測・推定・手計流量の時系列グラフ



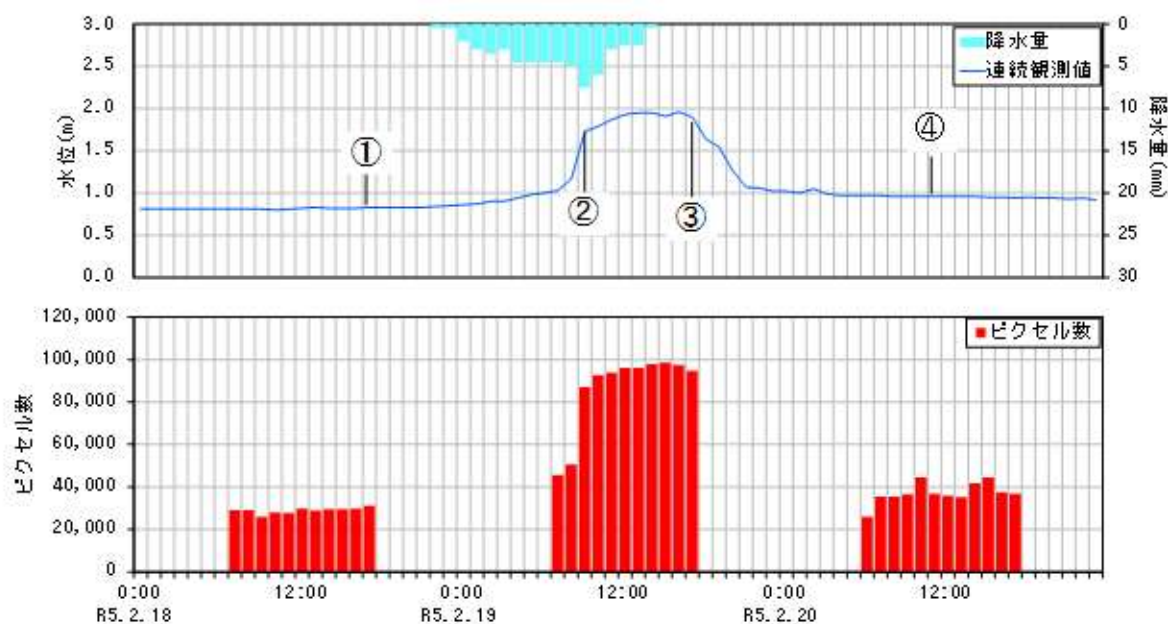
実測流量と推定流量の比較





3 検証

水位と水域のピクセル数の関係



- ◆ 令和5年2月18日から2月20日までの降雨イベントにおける水位変動と水域の抽出結果の比較を行なった。
- ◆ これによると、水位の変動に応じて水域のピクセル数も変動していることがわかる。

4 課題及び今後の展開



結論と今後の展望

結 論

- ◆河川流量は河川幅（または水域面積）の2～3乗に比例することが判明
- ◆河川幅・水域面積から算出した流量は、**高水・低水のどちらにおいても、比較的良好な精度**が得られた
- ◆**1枚の静止画像**から流量を推定することが可能なため、通信網の乏しい**山岳地帯にも活用可能**

課 題

- ◆**夜間や降雨時などノイズの多い劣悪な条件下**では、画像データの品質が悪く、解析に資する画像の取得が困難
- ◆解析精度は水域抽出の精度に依存するため、**セマンティックセグメンテーションの精度向上が必須**

展 望

- ◆**ドローンによる撮影写真や衛星画像などのカメラ以外の撮影媒体への適応を目指す**
- ◆**洪水対策や水源確保で苦慮する国々への適応も検討する**

商品・サービス概要



■ 流量観測アプリケーション「Aqua Remote」を開発

- 河川の画像データから流量観測が可能となるアプリケーション
- 流量観測はピクセルと流量の関係性を用いるもので、静止画像だけで流量を算出
- 観測現場にカメラを設置するだけで流量観測が可能

<監視カメラを用いた流量観測>



「川の防災情報」から得られる河川画像例



流量〇〇m³/s

<スマホを用いた流量観測>

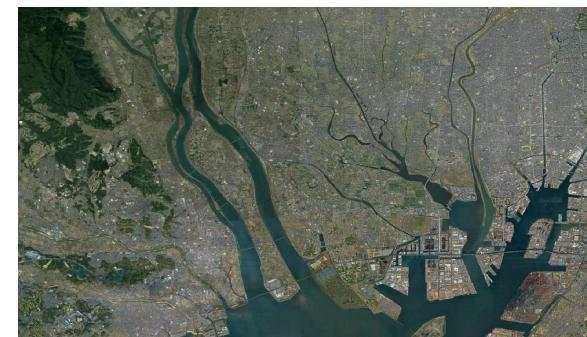


スマホ撮影例



流量〇〇m³/s

<衛星写真を用いた流量観測>



衛星画像例



流量〇〇m³/s



情報をつなげる力で、
人・社会・地球の未来をデザインする

