

IoT 機器を活用した水位計測技術に係る研究

株式会社建設技術研究所 正 会 員 ○宇都宮 優喬
正 会 員 北川 照晃
正 会 員 山脇 正嗣
正 会 員 高橋 巧武

1. はじめに

我が国では、2021 年 8 月豪雨、2019 年東日本台風などの集中豪雨や台風による激甚災害が頻発している。被害を防止・軽減するためには、河川管理施設の監視強化、住民に適切なタイミングで避難情報などを共有する必要がある。国土交通省および自治体は、CCTV カメラを設置し、職員が河川状況を確認、洪水状況を住民に共有しているが、カメラ増設による費用増大が懸念される。一方で、多くの大学や民間企業が水位計測技術を開発¹⁾²⁾しているが、監視強化に向けた水位計測の高精度化と低コスト化の両立には未だ課題がある。また、一級河川の直轄管理区間では水位観測機器が十分に設置されているが、地方自治体の管理施設では、予算や他地点との兼ね合いで観測監視機器を未設置の箇所が多い。

そこで本研究では、一般的に入手可能な IoT 機器および AI 技術の一種である深層学習を活用した水位計測技術を開発し、課題解決に寄与することを目的とする。

2. 水位計測手法

安価で汎用的な IoT 機器類、並びに深層学習の一種であり高度な画像解析能力を持つ CNN(畳込みニューラルネットワーク)を活用した水位計測技術を開発する。カメラ画像から水位を計測する際、CNN で水面を検知する事例³⁾が多くみられるが、水面は、図-1 上図のように波紋や色などの変化が大きく、特徴量の学習に課題がある。本研究は、特徴量変化が少ない護岸領域と水面の境界線（以下、水際線）を CNN で検知し、水位を計測する。

(1) 使用技術の選定

CNN の画像解析技術は、画像分類、物体検出、セグメンテーションに主に分類される。本研究では、護岸領域を検知可能なセグメンテーションを活用する。

(2) 教師データの作成

水際線を検知するモデル（以下、水際線判定モデル）を構築するための教師データは、川の防災情報に公開

されているカメラのうち、1 日の中で比較的水位変動があった「平野川分水路今里大橋カメラ」の 2021 年～2022 年に取得したカメラ画像 100 枚を利用する。また、図-1 のとおり、水位計測は、カメラ画像を水面領域と護岸領域のみの情報に変換することで計測精度の向上が期待できるため、元画像の射影変換を実施した。教師データの作成は、カメラ画像の護岸領域とそれ以外の領域の 2 クラスをアノテーションする作業を実施した。

(3) 水際線判定モデルの開発

ベースとする CNN モデルとして、高精度かつ高速処理が可能な MobileNetV3⁴⁾を利用した。さらに、表-1 に示すハイパーパラメータについて、護岸の検知率が高精度となる値と組合せを検討した。

(4) 精度検証方法

評価方法は、正検知率、誤検知率を用いた。正検知率は、正解データで指定した護岸領域のうち、モデルが護岸領域と予測できたピクセルの割合を示す。誤検知率は、正解データのうち護岸領域以外と指定した領域をモデルが誤って護岸と予測したピクセルの割合を示す。

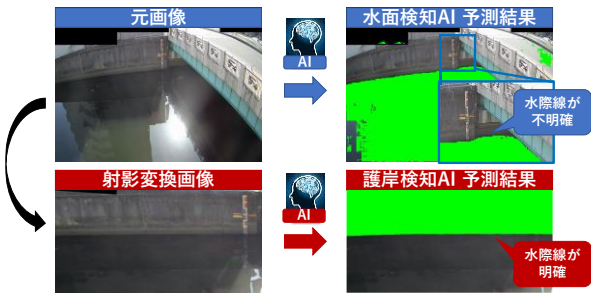


図-1 公開カメラでの AI 判定結果 (川の防災情報(<https://www.river.go.jp/kawabou/pcfull/tm?itmknCd=4&ofcCd=6913&obsCd=70&isCurrent=true&fld=0>)を加工して作成)

表-1 ハイパーパラメータの選択対象

ハイパーパラメータ		選択対象
データ正規化	入力層	ヒストグラム平坦化
	中間層	バッチ正規化
最適化関数	種別	RAdam,Adam,Adamax
	学習係数	0.0001～0.001
エポック数		1,000～2,000
ミニバッチサイズ		4,8,16,32
Class Weight (対象外, 護岸)		[0~10 , 10~100]

キーワード 深層学習, AI, 水位計測, IoT, Segmentation
連絡先 〒103-0014 東京都中央区日本橋浜町 2-14-5 KDX 浜町中ノ橋ビル 株式会社建設技術研究所 TEL.03-3668-4745

(5) 水際線判定モデルの開発結果

モデルの精度検証結果を表-3 に示す。結果として、高精度で護岸を検知し、水際線が判定可能なモデルを構築できた。また、教師データには含まれないカメラ画像（図-2 上図）および他地点（東京都江東区松永橋付近）のカメラ画像（図-2 下図）を入力した場合、水際線を高精度に判定できることを確認したため、汎用性も一部確認できた。

3. 一般的な IoT 機器の製作

水際線判定モデルをエッジ AI として現地で動作可能な IoT 機器の組合せを検討する。IoT 機器は、低コスト化を目的に一般的に入手が可能な製品を活用する。カメラは、Web カメラを使用するが、図-3 右図のように、夜間でも昼間の可視光画像のように撮影可能な Spresense カメラを併用し、24 時間監視を可能とした。エッジ AI 処理を行うシングルボードコンピュータは、安価で最も流通しており、同シリーズの中でも CPU 性能が最も高い Raspberry Pi 4 Model B+を選定した。通信方法は、モバイル Wi-Fi を使用しているが、今後は省電力・低コスト化を目的に LPWA の活用を検討する。また、電源はモバイルバッテリーの交換で運用しているが、常設を想定したソーラーパネルおよびバッテリーの組合せも可能である。今後は、図-3 のように上記を組合せた IoT 機器を用いて、当社実験施設にて水位計測実験を実施する。

4. WEB アプリの開発

Microsoft Azure の IoT Hub を活用し、IoT 機器からアップロードした判定画像および水位情報を Web ブラウザで確認可能な環境を構築する。これにより、図-4 のように、河川の現況画像（モデル判定結果）および水位の時系列グラフを遠隔で確認可能となる。

5. おわりに

本稿は、一般的に入手が可能な IoT 機器を活用した水位計測技術を開発した。また、本機器は、電源や通信などの条件次第で数千円～数万円台で用意可能なため、予算規模が小さい自治体や企業でも導入が容易と考える。

今後の課題として、様々な撮影条件（護岸領域の植生の繁茂、豪雪地帯等）の影響度などを踏まえた精度検証や現地での実証実験が挙げられる。

参考文献

1) 西日本電信電話株式会社：防災分野における河川情報発信の実証実験、< https://www.ntt-west.co.jp/newscms/gifu/11949/gifu_n20220224a.pdf>, (参照 2022.12.10).
2) 三宅他：YOLOv5 を用いた赤外画像の解析による水位計測システムの開発, AI・データサイエンス論文集, 土木学会, 3 巻 J2 号, pp.479-487, 2022.
3) SCORE：河川水位監視ソリューション、< <https://www.scorer.jp/solutions/river-monitoring>>, (参照 2023.02.20).
4) Andrew Howard., Mark Sandler., Grace Chu., Liang-Chieh Chen., Bo Chen., Mingxing Tan., Weijun Wang., Yukun Zhu., Ruoming Pang., Vijay Vasudevan., Quoc V. Le., Hartwig Adam.: Searching for MobileNetV3, InProceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision, pp.1314-1324, 2019.

表-3 水際線判定モデルの検知精度

合計	訓練データ(9 割)	正検知率	誤検知率
	検証データ(1 割)		
100 枚	90 枚	99.9%	0.4%
	10 枚	99.8%	0.9%

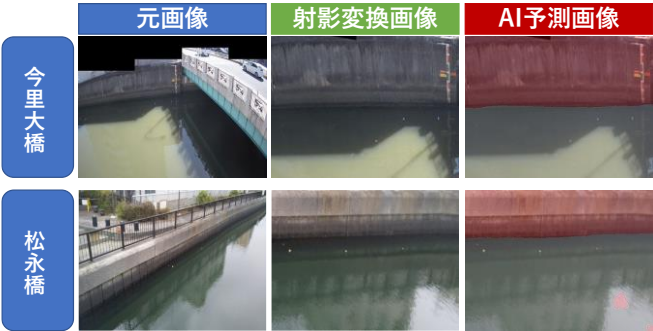


図-2 水際線判定モデルの予測結果（■：護岸）

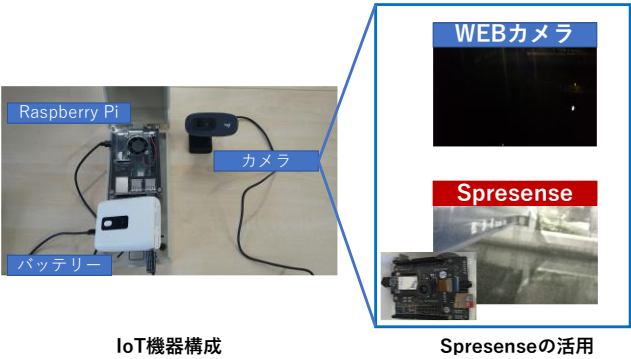


図-3 IoT 機器の概要

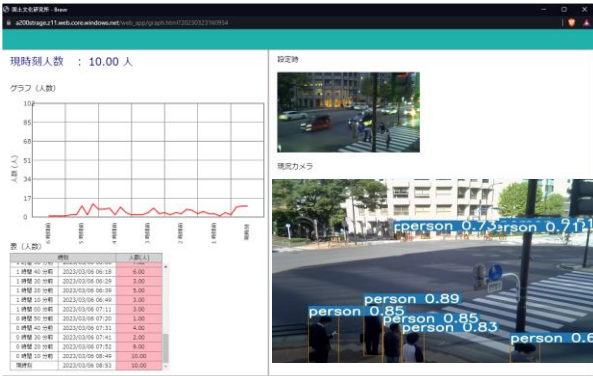


図-4 WEB アプリイメージ図(人数カウントの例)