

小型デバイスと機械学習を用いたプラスチック浮遊物の検出と水位計測に関する研究

香川大学創造工学部 学生会員 ○三宅壮太
香川大学創造工学部 非会員 山本高広
香川県水産試験場 非会員 松岡聡

香川大学創造工学部 正会員 石塚正秀
香川大学創造工学部 正会員 玉置哲也
香川大学瀬戸内圏研究センター 非会員 一見和彦

1. はじめに

近年、激甚化する豪雨災害に対し、危機管理型水位計や河川監視カメラの広域的な普及が進んでいる。しかし、度重なる豪雨により水位計の故障が確認されるなど、今後は災害時の計測機器の耐久性や観測精度、計測のコストが課題である。

また、河川では環境分野におけるプラスチック汚染の進行も問題視されている。例えば、二瓶ら(2021)²⁾は、研究事例の少ないマクロプラスチックについて、調査手法を提案した。しかし、夜間の観測方法や計測のコストが詳しく検討されておらず、今後は夜間も含めた長期間のモニタリングによる、海域へのプラスチック流出抑制に向けた調査手法を確立する必要がある。

そこで、本研究では、小型カメラや超音波水位計などの小型計測デバイスを用いて、昼夜におけるプラスチック浮遊物の判別および物体数の計測、非接触式の水位計測手法を検討し、河川における新たなモニタリング・データ計測システムを開発することを目的とする。

2. 研究の手法

(1) 計測機器

浮遊物の検出(画像解析)では、小型カメラを Raspberry Pi に接続して、画像撮影の制御およびデータの蓄積を行う。また、夜間を対象とした計測には赤外カメラを利用する。なお、赤外光照射装置を設置して、赤外画像の明瞭化を図った。

水位計測では、超音波水位計による計測に加えて、小型カメラの撮影画像の解析による計測を行った。

(2) 画像解析

処理速度の速い物体検出アルゴリズム YOLO の最新版である YOLOv5 を使用した。Anaconda 環境もしくは Google Colaboratory 上で実装し、機械学習により画像データから対象物の検出を行う。また、検出結果に出力される物体の位置と大きさに関するデータを用いて、それらの時間変化から移動物体数のカウントおよび水位計測を行う。

3. プラスチック浮遊物の検出実験

(1) 実験の概要

幅 0.5 m×長さ 14 m の室内の開水路に、プラスチック製品 79 個(ペットボトル(以下, Bottle): 22 個, 食品トレー・容器類(以下, Tray): 39 個, 袋・パッケージ類(以下, Package): 18 個)を流し、水面から約 1.7 m の高さに設置した 2 台の可視・赤外カメラ(Cam1, Cam2)により動画撮影(30 fps, 画像サイズ: 1400×1000 px)を夜間に行った。蛍光灯点灯時と消灯時の 2 条件で、プラスチック製品 79 個を各 2 回, Bottle, Tray, Package の順に流下させた。

(2) 機械学習を用いた物体検出結果

YOLO 上で機械学習を行い、条件(蛍光灯の有無, カメラの種類)ごとに、計 4 つの物体検出モデルを作成し、同一条件で撮影された動画から対象物の検出を行った。教師データは、プラスチック製品 79 個のうち約半数の 40 個(Bottle: 11 個, Tray: 20 個, Package: 9 個), 画像枚数を全 400 枚とした。また、検証用データは、学習に使用していない 39 個のプラスチック製品とした。

各物体のみが流下している時間内における検出結果の正解率(物体検出率)によりモデルの精度評価を行った(図-1)。赤外画像(IR)においても可視画像(Visible)と同等の精度で対象物を検出することができた。参考として、赤外画像における Tray の検出例を図-2 に示す。

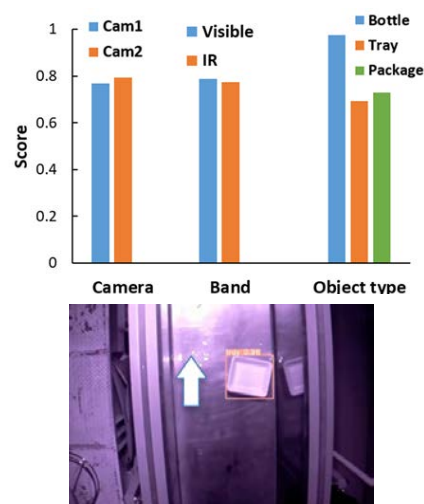


図-2 赤外画像における Tray の検出例

(3) 物体数の計測結果

前節により得られた物体検出結果を用いて物体数を算出した。検出結果の物体の中心座標が、前のフレームと比較し、画像の中心線を挟み反対側にあり、かつ1フレームにおける変位が規定値(40px)以内の場合にカウントすることとした。計測結果を表-1に示す。

表-1 物体数の計測結果

Camera	Band	Object type	実際の個数	計測された	誤差数	誤差率
			T	個数 A		
Cam1	Visible	Bottle	22	20	2	0.09
		Tray	39	32	7	0.18
		Package	18	15	3	0.17
	IR	Bottle	22	22	0	0.00
		Tray	39	32	7	0.18
		Package	18	14	4	0.22
Cam2	Visible	Bottle	22	15	7	0.32
		Tray	39	28	11	0.28
		Package	18	11	7	0.39
	IR	Bottle	22	14	8	0.36
		Tray	39	25	14	0.36
		Package	18	12	6	0.33

表-1より、Cam1はCam2よりも計測の誤差が少ない結果が得られた。Cam2はCam1よりも撮影範囲が広く、画像内に複数の物体が映り込む時間が長かったため、本研究で用いた座標を利用するカウント手法に影響し、カメラごとに計測精度が異なると考えられる。

4. 水位計測

(1) 観測の概要

香川県水産試験場(屋島東部)の栈橋において、カメラ(赤外画像非対応)を設置し、海面からほぼ垂直に突き出た柱を1分間隔で撮影した。撮影画像(画像サイズ:1200×900px)を200×230pxにトリミングし、水位計測に用いた(図-3)。また、超音波水位計を栈橋から張り出すように設置した。



図-3 水位計測に用いた画像
(2022年1月21日8:30)

(2) 機械学習を用いた物体検出による水位計測手法

YOLOで機械学習を行い、図-3に示した構造物(柱)の物体検出モデルを作成した。教師データは、計測開始後約1日間(2022年1月20日~21日)の画像133枚とした。構造物の浸水している部分は検出されないと仮定し、干潮時と比較した構造物の長さから水位を算出する。

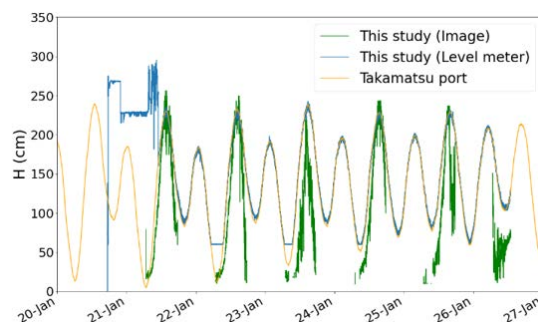


図-4 画像解析と超音波水位計による水位の時間変化
(緑:YOLOによる計測結果,青:超音波水位計による計測結果,オレンジ:海上保安庁による高松港における観測潮位,なお,海上保安庁の結果と一致するようにバイアス補正を行った。)

(3) 水位計測結果

図-4より、超音波水位計による計測結果に関して、観測開始時の設定により干潮時に計測できなかった時間があるが、観測期間を通して高松港の観測潮位とほぼ一致する結果が得られた。また、画像による計測結果に関して、可視カメラであるため夜間の計測ができていないが、機械学習に使用していない22日や24日の計測結果は、高松港の観測潮位と一致した。また、23日や25日においてもピーク水位・時間は高松港観測潮位と一致した。精度の低い結果も一部あることから、解像度をより高くすることで、構造物と水面との境界をより細かく抽出することができ、計測の精度が向上すると考えられる。

5. まとめ

本研究では、小型デバイスを用いた計測システムを開発し、画像データを用いて機械学習により物体検出を行った。その結果、1)プラスチック浮遊物の物体検出が可能であること、2)同検出結果を用いて物体数を計測できること、3)水位の計測が可能であることを示した。また、プラスチック浮遊物の検出実験では、夜間における赤外画像についても可視画像と同等精度で種類判別できた。
謝辞:本研究は、令和3年度香川大学研究推進事業(異分野融合推進経費)ならびに令和3年度香川大学危機管理機構プロジェクト活動・研究による補助を得た。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 工藤ら, 日本国内における河川水中のマイクロプラスチック汚染の実態とその調査手法の基礎的検討, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.73, No.4, pp.I_1225-I_1230, 2017.
- 2) 二瓶ら, 深層学習に基づく河川マイクロプラスチック面積算出・種類判別手法の開発, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.77, No.2, pp. I_901-I_906, 2021.