

第II部門 中小河川における人工系ごみのモニタリングと大阪湾への流入量推計

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○中村 俊介
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 中谷 祐介

1. はじめに

近年、海洋ごみによる汚染が大きく問題視されており、特にプラスチック製品などの「人工系ごみ」は、生態系や漁業活動、景観などに悪影響を及ぼす。2019年に開催されたG20大阪サミットでは、「大阪ブルー・オーシャン・ビジョン」が掲げられるなど、課題解決に向けた取り組みが進む一方、海洋ごみの量を推計する手法は確立されていない。海洋ごみの多くは陸域起源¹⁾とされており、河川やその流域でのごみの現状を正確に把握する必要がある。

本研究は、大阪府内の河川に設置された防災用河川カメラ画像²⁾を用いて、目視に加え深層学習モデルであるYOLOを用いて流下する浮遊ごみ個数をカウントする。その結果を基に1年間に流下するごみの個数を目的変数、河川とその流域の特徴を説明変数とする推計式を複数の回帰モデルにより構築する。また、構築した推計式を大阪府内から大阪湾に流入する全河川に適用することで、1年間に大阪湾に流入するごみ量を推計する。

2. YOLOを用いた浮遊ごみ検出モデル

物体検出モデルであるYOLOは、物体の検出と種類の判別を同時に行うことができる。学習には図1示す観測地点のカメラ画像を用いた。学習条件を表1に示す。検出するのは河川を浮遊する人工系ごみで、誤検知を減らすため野鳥のクラスも設けることで誤検知を減らした(図2)。観測地点の画像から無作為に選んだ性能評価用データセットを用意し、YOLOによる浮遊ごみの検出性能を、適合率、再現率、F値で評価した(表2)。各指標ともに0.8程度の高い値を示したことから、本モデルは浮遊ごみの検出に十分な性能を有していると考えられる。

3. 浮遊ごみの観測

観測地点での降雨日・非降雨日ごとの検出個数を図3に示す。いずれの地点においても降雨日にごみが多く流出しており、非降雨日に比べ2~20倍のごみが観測され、中には降雨日のみごみが流下するような地点もみられた。しかし、例え

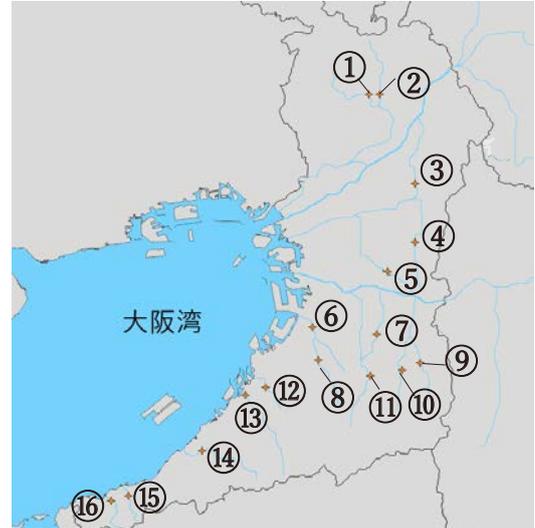


図-1 観測地点の場所 (Sta.1~16)

表-1 学習条件

学習条件	設定
画像枚数	1393枚
分類クラス	浮遊ごみ(litter), 野鳥(birds)
モデル構造	YOLOv5x
バッチサイズ	8
エポック数	300

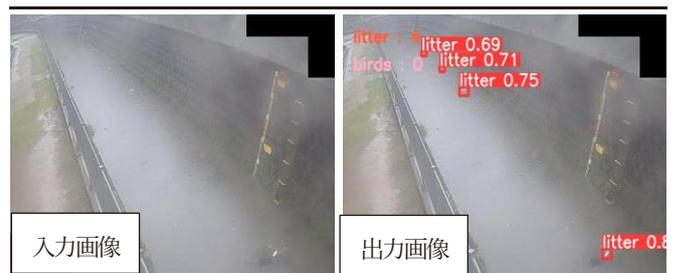


図-2 検出結果例

表-2 “浮遊ごみ”クラスの性能評価

適合率	再現率	F値
0.83	0.76	0.80

ばSta.4では年間ごみ流下個数のうち、約8割が非降雨日によるものとなり、非降雨の方が圧倒的に多いため、年間総個数としては、非降雨日の影響も無視できない結果となった。

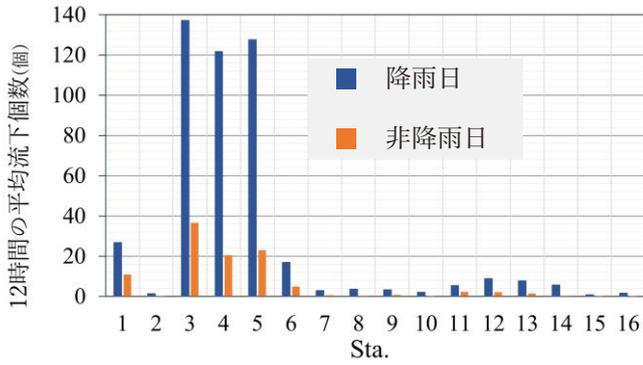


図-3 代表地点の場所 (Sta.1~16)

4. ごみ流下個数の推計式構築とモデルの評価

説明変数は、ごみ回収量 $x_1(t)$ 、流域面積 $x_2(km^2)$ 、流路総延長 $x_3(km^2)$ 、流域人口 $x_4(万人)$ 、人口密度 $x_5(万人/km^2)$ の5つで、目的変数は1年間に流下するごみ個数 $y(10^3個/年)$ とした。観測地点での標準化済みデータセット $(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, y)$ を基に、線形の重回帰式を構築した。パラメータの推定には1)最小二乗法による“線形回帰モデル”，多重共線性や過学習を考慮した2)Ridge 回帰モデル3)Lasso 回帰モデルを用いた。また、4)Log リンク関数を用いた、ガンマ分布を仮定した一般化線形モデルでも推計式を構築した。ここで Log リンク関数を用いたガウス分布の仮定を以下に示す。目的変数 y の期待値 μ 、線形予測子 η の関係は次のようになる。

$$\log(\mu) = \eta \quad < 1 >$$

また、線形予測子 η は説明変数 x の線形結合で表されるため次のような関係式が成立する。

$$\eta = x^T \beta \quad < 2 >$$

さらに、過学習のリスクを低減するためいずれのモデルも4分割交差検証を行った。構築した推計式は、決定係数 R^2 とAIC(赤池情報量基準)により評価した(表3)。回帰式のあてはまりの良さを表す決定係数 R^2 と、モデルの複雑さとデータの適合度のバランスの良さを表すAICの双方が高い評価となった2)Ridge 回帰を、ごみ量の推計に最も適したモデルとし、大阪湾への年間ごみ流入量推計に利用する。

5. 大阪湾に流入する人工系ごみ量

大阪府内から大阪湾に流入する全ての1級、2級水系(19河川)について、Ridge 回帰により構築した推計式を基に年間ごみ流下個数を算出した(図4)。ただし、淀川・大和川に関しては、観測地点の説明変数の規模に近づくため、流域を細分化して推計を行った。その結果1年間で大阪湾に流入する人工系ごみは 7.55×10^5 個となった。大阪府のごみ組

表3 回帰モデルの評価

No.	モデル	R^2	AIC
1	線形回帰	0.65	80.7
2	Ridge 回帰	0.81	59.3
3	Lasso 回帰	0.8	60.1
4	一般化線形モデル (ガンマ分布)	0.14	49.9

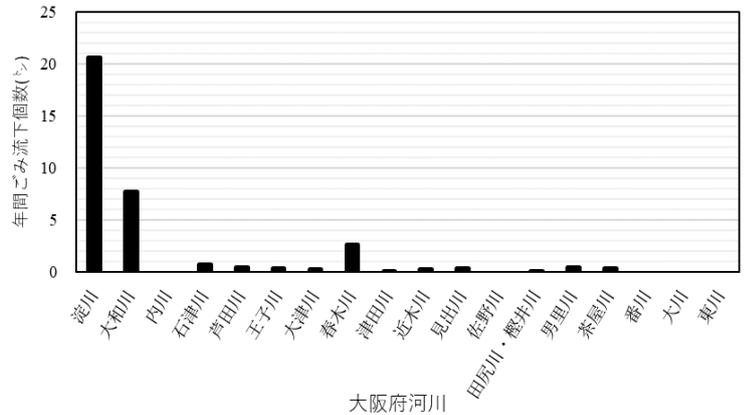


図-4 大阪府河川推計結果

成調査結果³⁾をもとに容積、質量に変換すると、容積 $5.99 \times 10^5 L/年$ 、質量 $34.9 t/年$ となった。これは大阪府が2021年度に行った⁴⁾、大阪府からのプラごみ年間流出量推計 $58.8 t/年$ より少ない値となった。

6. まとめ

深層学習を利用することで、大量の画像から浮遊ごみを効率的に観測することができた。また、観測地点16か所のデータから降雨の影響を考慮して、ごみの流下個数の推計式を構築した。しかし、河川カメラ画像は1分間隔であるため、大規模な出水時ではごみを追い切れない場合があった。また推計式についても、さらなる適切な説明変数やモデルの使用により精度向上の余地があり、本論文における大阪湾へのごみ流入量はあくまで暫定値としたい。

謝辞

本研究に用いた河川カメラ画像は、都市整備部河川室、大阪府環境農林水産部環境管理室より提供して頂いた。ここに深く感謝の意を示す。

参考文献

- (1) Jambeck, et al: Plastic waste inputs from land into the ocean, Science, 347(6223), 768-771, 2015.
- (2) 大阪府河川防災情報, 大阪府, web サイト
- (3) 漂流・漂着ごみ等の組成調査について, 大阪府, web サイト (2024年7月31日時点)
- (4) 大阪湾に流入するプラスチックごみ量の推計結果, 大阪府, web サイト (2024年7月31日時点)