

第VII部門

深層学習を用いた河川浮遊ごみの連続検出手法の開発

大阪大学工学部 学生員 ○安達 智哉
 大阪大学大学院工学研究科 学生員 懸樋 洸大
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 中谷 祐介

1. はじめに

都市河川では、浮遊ごみの流出により水環境への悪影響が発生している。また、海洋プラスチックごみの多くは陸域由来とされるが、河川浮遊ごみの輸送実態は未解明である。河川浮遊ごみの有効なモニタリング手法として、河川カメラを用いた画像解析技術による物体検知が挙げられる。中谷・奥村ら²⁾は、深層学習を用いたスクラムの自動判別手法を構築した。中谷・懸樋ら³⁾は、ダミー画像を作成することで、学習用画像の作成にかかる労力を削減する手法を構築した。本研究では深層学習を用いた河川浮遊ごみ連続観測手法を構築し、河川浮遊ごみの流出特性の解析を行った。

2. U-Net を用いた河川浮遊ごみ検出モデル

大阪府の恩智川 (Sta.1) に設置された web カメラ画像を解析対象とした (図-1)。本研究で用いた U-Net の構造を図-2 に示す。U-Net は、セマンティックセグメンテーションと呼ばれる、画像を画素単位でカテゴリ分類する手法の一種である。本モデルは、学習用データとして、浮遊ごみ部分をラベリングした画像が大量に必要となる。そこで、ラベリング画像作成にかかる労力を削減するために、浮遊ごみ流出時のダミー画像を作成した。人工系ごみのダミー画像は、画像から浮遊ごみを切り取り、背景画像 1 枚に対し 1 種類の浮遊ごみを無作為に複数回貼り付けて作成した (図-3)。自然系ごみのダミー画像は、既往研究³⁾を参考に浮遊ごみ全体を切り取り、背景画像に貼り付けて作成する手法を用いた。 (図-4)。

3. モデルの性能評価

モデルの性能は、適合率、再現率、F 値を用いて評価した。性能評価結果を表-1 に示す。人工系ごみ及び自然系ごみの両方とも、F 値が十分に高く、出水時

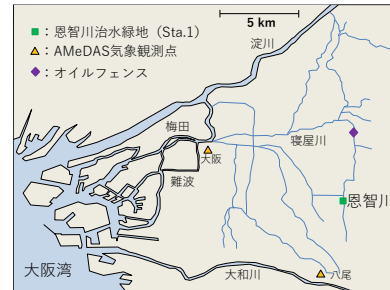


図-1 対象領域

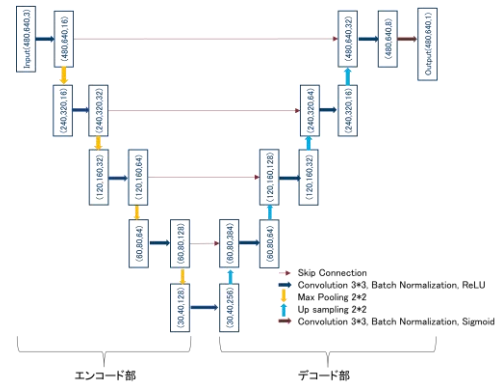


図-2 U-Net の構造

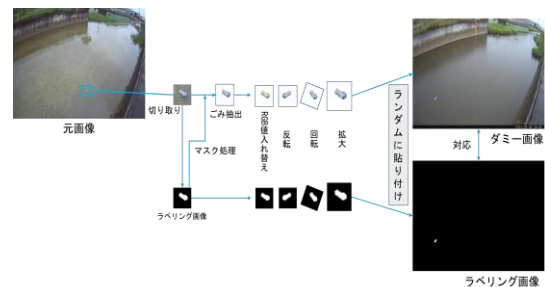


図-3 人工系ごみのダミー画像作成手順

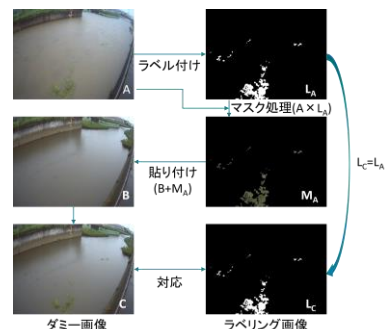


図-4 自然系ごみのダミー画像作成手順

表-1 性能評価結果

対象	適合率	再現率	F 値
人工系ごみ	0.83	0.75	0.79
自然系ごみ	1.00	0.82	0.90



図-5 出力画像（浮遊ごみ部分を着色）

の浮遊ごみの検出システムとして利用可能な性能で
あると考えられる（図-5）。

4. 流出特性の解析

2021 年 8 月の出水時を対象に，人工系ごみの流出
特性の解析を行った．河川浮遊ごみ検出モデルは，浮
遊ごみ部分のラベリングと，その個数を出力する．解
析時間は 8:00~18:00 とした．Sta.1 における出水時の
人工系ごみ個数の検出結果と河川水位の時系列を図
-6 に示す．なお，網掛け部分は欠損期間を表す．水
位のピーク前に浮遊ごみ量のピークを迎えるファース
トフラッシュ現象が顕著に見られた．また，前日ま
での晴天期間が長いほど，流域に堆積するごみ量が
多くなるため，流出量が多くなる様子が確認された．
出水時の流出状況を考慮する上で，次式の先行降雨
指標 API（Antecedent Precipitation Index）⁴⁾を用いて，
浮遊ごみの流出に影響を与える降水量 P_0' を求めた．

$$API = \sum_{i=1}^N K^i P_i$$

$$P_0' = P_0 - API$$

ここで， P_i ： i 日前の日降水量， K ：減水係数， N ：雨
量影響を考慮する日数である．出水イベントの解析
結果から，流出した人工系浮遊ごみ個数と P_0' ($K=0.1$ ，
 $N=31$) の相関図を示した（図-7）．図-7 に示した近
似式を用いて Sta.1 における出水時の人工系ごみの年
間輸送量を算定したところ， 1.35×10^4 個/year となっ
た．一方，目視で観測した平水時の平均浮遊ごみ流出
個数は 20.0 個/day であった．これより，平水時の人
工系ごみの年間輸送量を算定したところ， 0.56×10^4
個/year となり，出水時の年間輸送量は平水時より 2.4

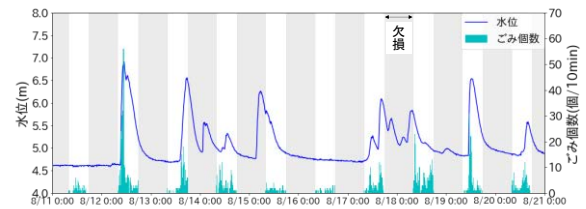
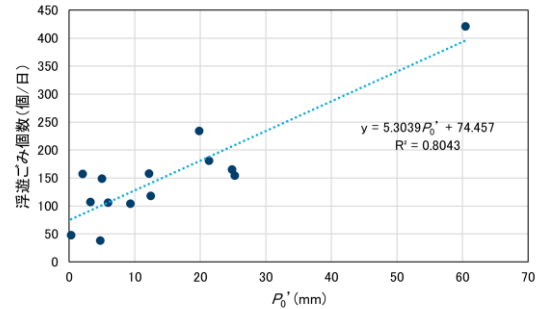


図-6 人工系浮遊ごみ個数と河川水位の時間変化

図-7 P_0' と浮遊ごみ個数の関係

倍多いことが示された．また，恩智川に設置されたオ
イルフェンスを用いて浮遊ごみの回収を行い，ごみ
の種類と個数，容積，質量を調査した．調査結果を基
に人工系ごみの年間輸送量を容積と質量に換算する
と，容積 1.02×10^4 L/year，質量 1.34×10^3 kg/year であ
った．

5. まとめ

深層学習を用いた河川浮遊ごみ検出モデルを開発
した．これにより，河川浮遊ごみの連続検出が可能と
なり，その有用性を示した．また，降水量から浮遊ご
み輸送量を予測する式を構築した．今後の展望とし
て，構築した浮遊ごみ輸送量予測式の汎用性の検証，
出水時の流出対策手法の検討が挙げられる．

謝辞 本研究は，大阪大学と大阪府の包括連携協定
に基づいて実施したものであり，大阪府環境農林水
産部環境管理室環境保全課の方々には調査協力やデ
ータ提供のご高配を賜った．ここに感謝の意を表し
ます．

参考文献

- (1) Jambeck, J.R. : Plastic waste inputs from land into the ocean, *Science*, 2015.
- (2) 中谷祐介ら：U-Net を用いた河川浮遊物の連続観測手法，*土木学会論文集 B1*，2020.
- (3) 中谷祐介ら：U-Net を用いた河川スカム連続検出手法の改良，*土木学会論文集 B1*，2021
- (4) 水村和正：水圏水文学，山海堂出版，pp.82-88，1998.