

第II部門

河川浮遊ごみ観測における近赤外線投光器の照射方法に関する室内実験

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○ 佃 直純
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 中谷 祐介
 株式会社福田水文センター 正会員 甲斐 達也
 株式会社インフラレッド 非会員 扇野 大輔

1. はじめに

プラスチック等に代表される河川ごみの動態を明らかにするために、固定カメラと物体検出モデルを組み合わせた浮遊ごみ観測手法の検討が進められている^{例え}ば^り。しかし、その多くは日中のみを観測対象としており、光量が不足し視認性が低下する夜間には適応できない。そのため、浮遊ごみの動態をより正確に把握するためには、夜間観測手法を確立することが重要である。

夜間観測手法の一つとして、近赤外線カメラと投光器を併用した観測が考えられる²⁾。しかし、雨天時には投光器から照射された光が雨粒に反射し、カメラに取り込まれることで、浮遊ごみの撮影が妨げられる場合がある。

本研究では、夜間・雨天時における近赤外線カメラを用いた浮遊ごみの観測手法を確立することを目指し、投光器の照射方法に関する実験を行い、雨粒の反射を軽減できる撮影形態について検討を行った。

2. 実験手法

暗室に設置した円形水槽（直径 1.6m, 高さ 0.3m）に代表的な人工系ごみであるペットボトルと空き缶を浮かべ、斜め上方（俯角 33°）から撮影した。降雨の再現には散水ノズルを取り付けたホースを使用し、カメラの手前に雨滴を降下させた。照射方法を同軸、異軸（交差）、異軸（平行）の3条件で変化させて、水槽水面を撮影し

表-1 モデルの学習条件

学習条件	設定
学習枚数	500 枚
画像サイズ	640×640 pixels
分類クラス	litter
モデル構造	yolov5x
バッチサイズ	8
エポック数	100

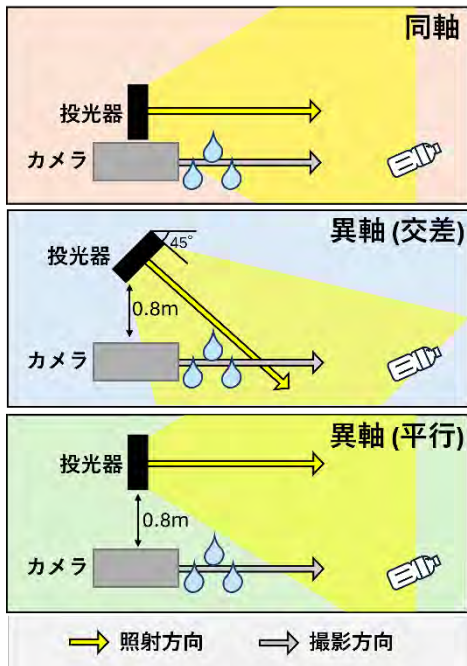


図-1 照射方法 (3条件)

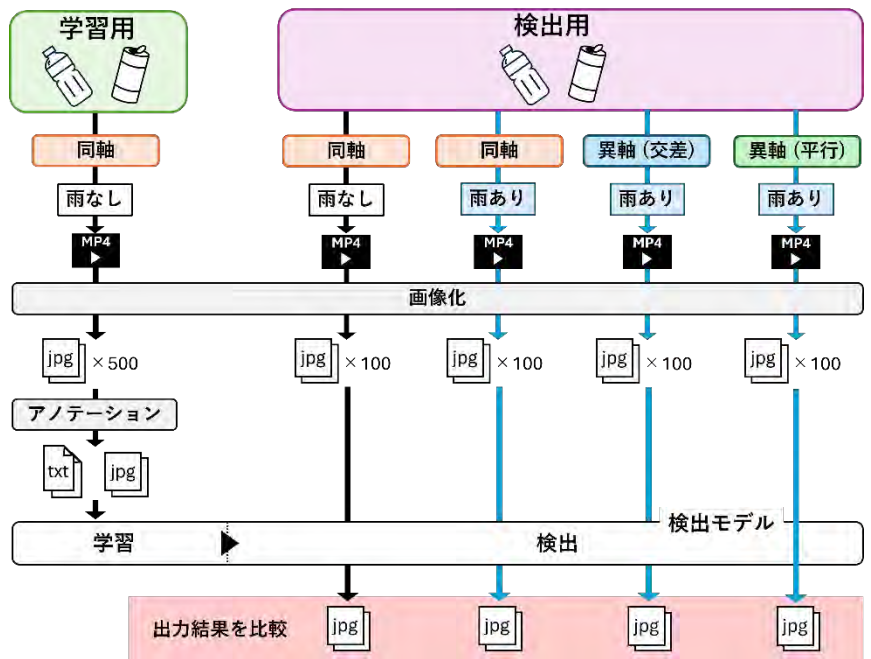


図-2 物体検出モデルの学習・検証の流れ

Naozumi TSUKUDA, Yusuke NAKATANI, Tatsuya KAI and Daisuke OGINO
 tsukuda_n@civil.eng.osaka-u.ac.jp

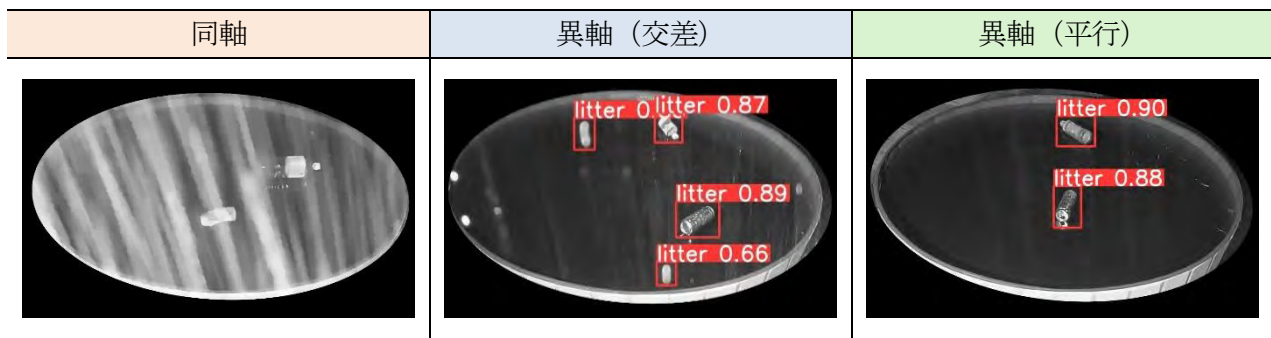


図-3 実験結果

た(図-1). カメラには smartCCTV 社の SMC-B2542-M50 を, 投光器には オプテックス社の VAR2-IPPoE-i4-1 をそれぞれ使用した.

3. 検出モデルの構築

目視による評価方法に加えて, 深層学習に基づく物体検出モデル YOLO³⁾による浮遊ごみの検出精度についても評価した. モデルの学習・検証の流れを図-2 に, 学習条件を表-1 に示す. 先述した撮影形態で, 浮遊ごみの向きや種類を変えて撮影した複数枚の画像を学習に使用した. なお, 学習画像は雨滴を降下させない条件下のみで撮影し, 学習用と検証用には別のごみを使用した. また, 学習画像にはマスク処理を施すことで, 水面周囲の背景が検出に及ぼす影響を排除した.

各照射方法で撮影した画像 100 枚を用いてモデルの性能を比較・評価した. 性能評価には, 適合率(モデルが正解として予測したもののうち, 実際に正解であった割合), 再現率(実際に正解であるもののうち, モデルが正しく予測した割合), F 値(適合率と再現率の調和平均)を用いた. また, 検出の際にはその物体がどの程度クラスに適合しているのかを示す信頼度が算出されるが, 今回は信頼度が 0.5 を超える物体をモデルにごみとして検出させた.

4. 実験結果

実験結果を図-3 に, 検出精度の結果を表-2 に示す. 同軸条件では, 投光器から照射された光が雨粒で反射し, カメラに取り込まれるため, ごみの視認が妨げられた. YOLO による物体検出においても, ごみを正確に検出することが困難であった(再現率 0.005). 異軸(交差)条件では, 雨粒からの反射が軽減されることで, 同軸条件に比べて検出精度が大幅に上昇した. しかし, 依然として一部の反射光はカメラに取り込まれ, 誤検出が多発し

表-2 各照射方法における検出精度の比較

	非降雨時	同軸	異軸 (交差)	異軸 (平行)
再現率	1.00	0.005	0.875	0.990
適合率	0.990	0.500	0.792	0.990
F 値	0.995	0.010	0.831	0.990

た結果, 適合率は 0.792 にとどまった. 一方, 異軸(平行)条件では, 多少の写り込みは生じたものの, 雨粒による反射が大幅に軽減され, 非降雨時と同程度の検出性能が得られた. これは異軸(平行)条件では, 雨粒が投光器の照射範囲外に位置していたためと考えられた.

5. まとめ

本研究では, 近赤外線カメラと投光器を併用した浮遊ごみの夜間観測に関する実験を実施した. 暗室にて降雨を再現し, 投光器の照射方法を変化させた実験を行い, 物体検出モデルを用いて検出精度を比較した. その結果, 異軸(平行)条件では雨粒による反射の影響が大幅に軽減され, 非降雨時と同程度の検出性能を得ることが可能であった. 今後は室内実験で得られた知見を活かし, 現地河川における手法の適用性を評価する予定である.

参考文献

- 1) 安達智哉ら: 深層学習を用いた河川浮遊ごみ検出手法の開発と流出特性の解析, 土木学会論文集 B1 (水工学), 78(2), I_937-I_942, 2022.
- 2) 三宅壮太ら: YOLO と DeepSort を用いたプラスチック浮遊物の個数計測および質量推定, AI・データサイエンス論文集, 4(3), 932-941, 2023.
- 3) Redmon, J. et al.: You only look once: Unified, real-time object detection, *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 779-788, 2016.