

(6) 深層学習による河川空間内の迷惑・不法行為 検知に関する研究—2021年度実証実験報告—

山脇 正嗣¹・漆谷 晃樹²・吉井 貴弘³

¹正会員 株式会社建設技術研究所 国土文化研究所インテリジェンスサービスプラットフォーム
(〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町2丁目14-5)

E-mail: ms-yamawaki@ctie.co.jp

²非会員 株式会社建設技術研究所 九州支社情報・防災室 (〒810-0041 福岡県福岡市中央区大名2丁目4-12)

³非会員 国土交通省 近畿地方整備局 淀川河川事務所 (〒573-1191 大阪府枚方市新町2-2-10)

河川空間は、自然の豊かさや水文化・水辺景観を享受できる貴重なオープンスペースである。一方で、親しみのある空間であるがゆえに、ごみの不法投棄、河道内の車両走行などの迷惑・不法行為が多発し、現状復旧や注意喚起などの業務が河川管理上の負担となっている。そこで本研究では、河川管理の高度化・省力化を目的とし、AI(人工知能)技術の一種である深層学習(Deep Learning)を活用した迷惑・不法行為の検知技術を開発している。本稿では、淀川水系で迷惑・不法行為が多発している4か所を対象に、深層学習モデルの畳込みニューラルネットワーク(CNN: Convolutional Neural Network)を用いた迷惑・不法行為検知モデルと、それを実装したカメラ映像解析・警告発報システムによる実証実験を実施した。その結果、全国の河川管理の高度化・省力化に深層学習が有効な技術となり得る可能性を示した。

Key Words: River Space, Deep Learning, Convolutional Neural Network, Annoying and Illegal Behavior

1. はじめに

貴重な自然が残る河川空間は、自然との触れ合いの場や地域住民の憩いの場として重要な公共空間である。一方で、2020年の新型コロナウイルス感染拡大以降に増加しているキャンプごみの不法投棄¹⁾など、河川空間の利用を妨げる迷惑・不法行為が問題となっている。これらの取締り活動が河川管理者の負担となっており、早期の現状復旧の実現と管理業務の省力化を図る必要がある。本研究対象である淀川水系の4河川(淀川・宇治川・桂川・木津川)において、2017年4月～2020年8月に報告された迷惑・不法行為の件数を図-1に示す。淀川では約3年間で約2万件の迷惑・不法行為が報告されており、取締り活動の実施とその効率化は必須の課題であると考えらる。

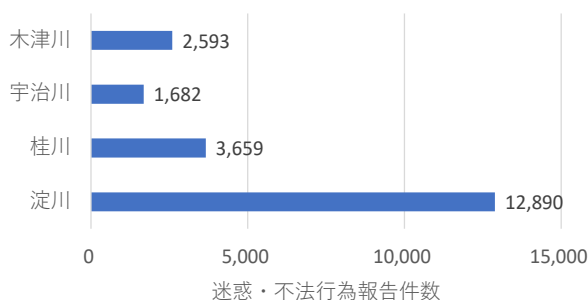


図-1 淀川管内の迷惑・不法行為件数(2017.4～2020.8)

上述の目的を達成するため、本研究では2020年度より、深層学習の一種であり、高度な画像解析能力²⁾を持つ畳込みニューラルネットワーク(以下CNN)を活用し、淀川水系の迷惑・不法行為を検知するモデルを開発³⁾している。本稿では、モデルの実用性検証を目的に実施した、2021年度の実証実験結果について報告する。具体的には、淀川水系で迷惑・不法行為が多発している4か所を対象に、モデルを実装したカメラ映像解析・警告発報システムを構築し、実際の迷惑・不法行為の検知精度、並びに警告発報効果について検証を実施した。

2. 迷惑・不法行為検知モデルの構築

(1) 検知対象の迷惑・不法行為

河川管理者へのヒアリングを通じ、表-1に示す4種類の迷惑・不法行為をモデルの検知対象として選定した。

表-1 検知対象の迷惑・不法行為

No.	迷惑・不法行為	概要
1	ごみの不法投棄	ごみの不法投棄を行う人、及び道路橋から不法投棄された落下ごみ
2	ゴルフ行為	禁止か所においてゴルフクラブを持ってスイングする人
3	不法侵入車両	走行が禁止されている河道内を走行する車両
4	火	草地火災やキャンプ時のたき火など

(2) 教師データの収集

モデルの教師データとして、表-2に示すデータを用いた。これらは河川維持管理データベースシステム(RiMaDIS: River Management Data Intelligent System)(以下、RiMaDIS)に登録されている不法投棄ごみの画像や、Web上で公開されている人や車などのモデル教師用オープンデータである。

(3) モデルの構築

図-2に示すように、迷惑・不法行為を検知するCNNモデルを構築した。ベースとするCNNモデルについては、リアルタイムに高精度な物体検出が可能であり、交通量計測や構造物異常検知などの、多数の技術開発実績のあるYOLOv5⁴⁾を利用している。

(3) 迷惑・不法行為の判定基準

カメラ映像内の各瞬間で迷惑・不法行為を検知する場合、ごみを持ち帰る人を誤検知するなどの問題が生じやすい。正確な検知のためには、ごみや人などの、検知対象の時系列特性を考慮することが重要となる。そこで本研究では、表-3に示すように、人間と同様の経験則に基づく判定基準を設定し、迷惑・不法行為の検知を実施する。

3. 迷惑・不法行為検知の実証実験

(1) 実験内容

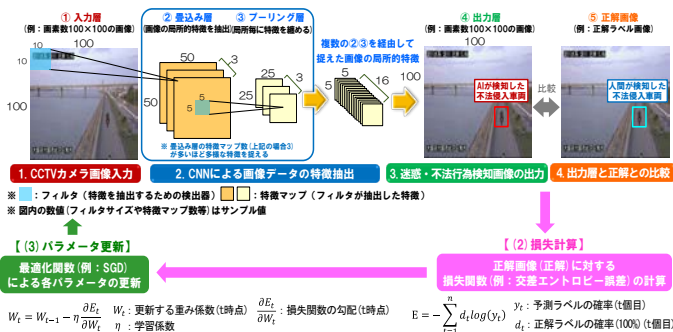
2021年8月23日(月)~2022年2月28日(月)の約半年間において、構築したモデルによる迷惑・不法行為検知の実証実験を実施した。対象か所については、RiMaDIS登録情報の分析や河川管理者へのヒアリングを通じ、迷惑・不法行為が特に問題となっている図-3に示す4か所を選定した。

(3) カメラ映像解析・警告発報システム

実証実験システムとして、図-4に示すように、4か所のカメラ映像をモデルでリアルタイムに解析す

表-2 迷惑・不法行為検知モデルの教師データ数

No.	対象	データ数
1	車(普通車・トラック・バス)	100,000枚
2	二輪車(バイク・自転車)	100,000枚
3	人	100,000枚
4	車のライト	500枚
5	火	2,000枚
6	不法投棄ごみ	1,500枚
7	ゴルフ行為	1,000枚



るシステムを淀川河川事務所に設置した。さらに、長柄中、岩田松原の2か所において、検知結果に基づく警告発報設備を設置した。ただし、モデルの誤検知による警告発報により、河川利用者に不快感を抱かせないようにするため、警告音声は「河川の適切な利用にご協力お願いします。」のように、検知対象者を直接的に警告する内容とせず、日中(8:00~18:00)のみを対象に警告発報を実施した。

表-3 迷惑・不法行為の判定基準

No.	検知対象	着眼点	判定基準
1	ごみの不法投棄	ごみ放置後の人との距離	ごみを持って 1分 以上存在する人が、ごみを放置してその場から 5m 以上離れた場合
		粗大ごみの持ち運び	人と比較して 50~200% と大きなサイズのごみを持つ人が、 1分 以上存在する場合
		夜間のごみ持ち歩き	深夜・早朝の時間帯(23:00~06:00)にごみを持つ人が、 1分 以上存在する場合
		道路橋からの落下ごみ(松尾橋)	道路橋から不法投棄した落下ごみが、 1秒 以上存在する場合
2	不法侵入車両	滞在時間	不法侵入エリアに存在し、検知対象外車両ではない車両が、 5秒 以上存在した場合
3	ゴルフ行為	ゴルフスイングの回数	ゴルフスイングを 2回 以上行う人が存在した場合
4	火	検知時間	火が 3秒 以上存在した場合



No.	対象箇所	河川	出張所名	検知対象の迷惑・不法行為
1	長柄中	淀川	毛馬出張所	ごみの不法投棄, ゴルフ行為, 火
2	岩田松原	木津川	木津川出張所	不法侵入車両, 火
3	松尾橋	桂川	桂川出張所	ごみの不法投棄, 火
4	槇島	宇治川	伏見出張所	ごみの不法投棄, 火

図-3 迷惑・不法行為検知の実証実験対象か所



(4) 実証実験結果

a) 迷惑・不法行為検知モデルの精度

実証実験結果として、モデルの迷惑・不法行為検知精度と検知時のカメラ画像を表-4、表-5、図-5に示す。モデルの精度評価指標については、下記の(1)(2)式に示すように、適合率と再現率を使用した。なお、再現率については、大型連休(シルバーウィーク(以下、SW)・正月連休)、模擬実験(発生確率が低いごみの不法投棄を対象)実施日などの29日間のカメラ映像を目視確認した結果で検証した。

結果として、実証実験対象の全4か所において、未検知は少ないが誤検知が多い結果となった。特に、不法侵入車両、火については高精度に検知できているが、視認性が低いゴルフ行為とごみの不法投棄の誤検知が非常に多くなった。一方で、誤検知を含むがほとんどの迷惑・不法行為を見逃さず検知しており、河川空間内の迷惑・不法行為検知への深層学習の有効性を一部示すことができたと考える。

$$\text{適合率} = \frac{\text{AIによる迷惑・不法行為検知数(正解のみ)}}{\text{AIによる迷惑・不法行為検知数(正解・不正解両方含む)}} \quad (1)$$

$$\text{再現率} = \frac{\text{AIによる迷惑・不法行為検知数(正解のみ)}}{\text{実際の迷惑・不法行為数}} \quad (2)$$

表-4 迷惑・不法行為検知モデルの検知結果_適合率

検知対象の迷惑・不法行為	1.長柄中	2.岩田松原	3.松尾橋	4.槇島
ごみの不法投棄	13.8% (7/51)	-	13.1% (8/61)	33.3% (3/9)
ゴルフ行為	34.2% (156/456)	-	-	-
不法侵入車両	-*	97.9% (2,122/2,168)	86.7% (13/15)	-
火	- (事例なし)	89.5% (43/49)	86.7% (13/15)	31.0% (4/13)
ごみの不法投棄(落下ごみ)	-	-	0.02% (1/59)	-

* - : 検知対象外

表-5 迷惑・不法行為検知モデルの検知結果_再現率

検知対象の迷惑・不法行為	1.長柄中	2.岩田松原	3.松尾橋	4.槇島
ごみの不法投棄	77.8% (7/9)	-	100.0% (8/8)	100.0% (3/3)
ゴルフ行為	92.3% (121/131)	-	-	-
不法侵入車両	-	99.2% (557/562)	86.7% (13/15)	-
火	- (事例なし)	100.0% (43/43)	100.0% (13/13)	100.0% (4/4)
ごみの不法投棄(落下ごみ)	-	-	100.0% (1/1)	-

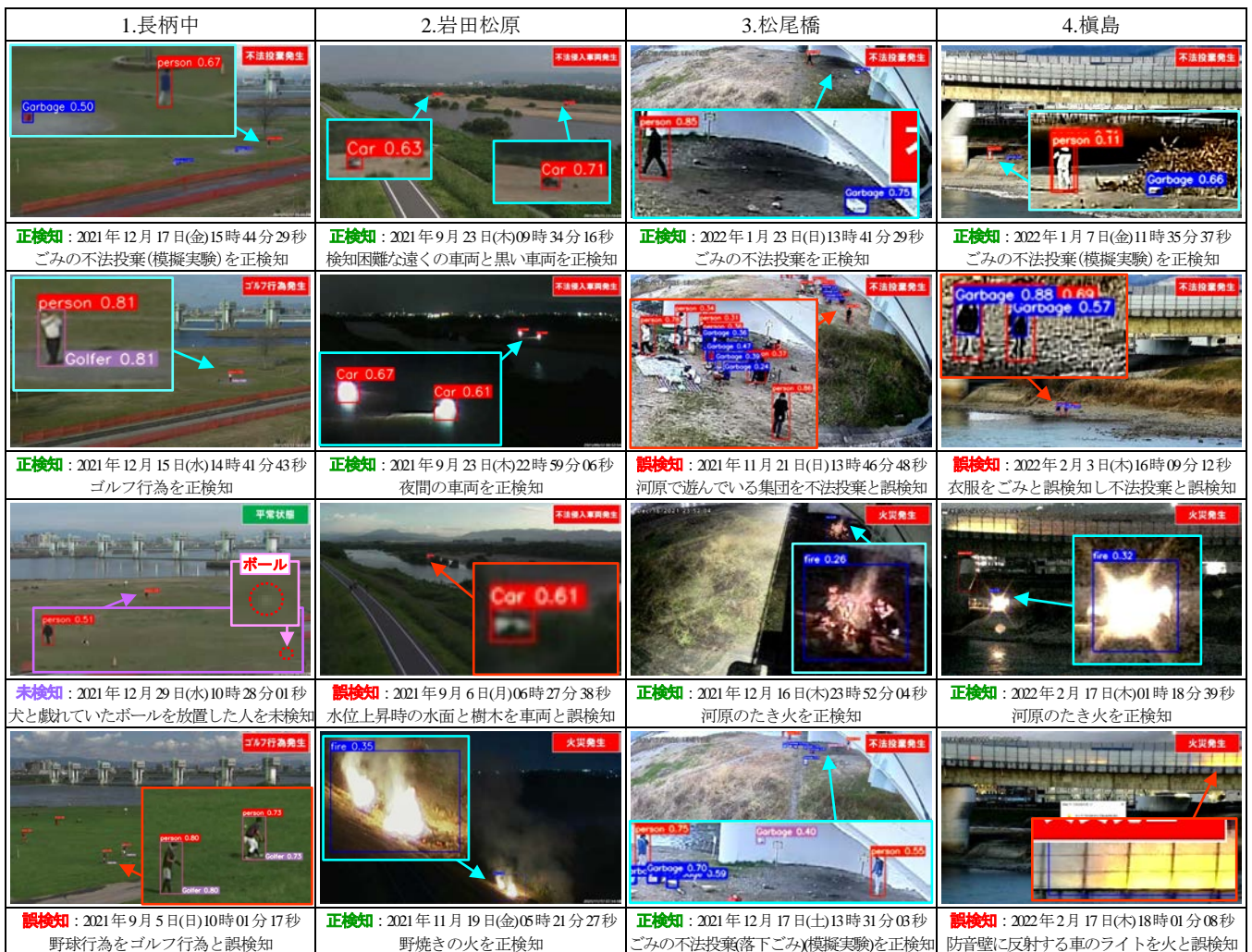


図-5 実証実験時における迷惑・不法行為検知結果の一例

b) 警告発報効果の検証

実証実験期間において、警告発報設備を設置した2021年11月17日(水)前後の長柄中と岩田松原における迷惑・不法行為数の変化を比較し、警告発報効果を検証した。比較に当たり、SWと正月連休における迷惑・不法行為数の整理結果を表-6に示す。

結果として、岩田松原の不法侵入車両は正月連休の方がSWよりも減少した。一方で、長柄中のゴルフ行為は正月連休の方が増加した。正月連休における長柄中のゴルフ行為の内、23件はSWに存在しなかった図-6の同一人物により、ベンチ付近で繰返し実施されていた。ここは警告音報知機より遠距離に位置するため警告音が聞こえづらく、警告内容もゴルフ行為を直接注意するものではないため、気にせずゴルフ行為を実施したものと考えられる。

結論として、本実験の警告発報については、長柄中のゴルフ行為にはほとんど効果が無かったと考えられる。また、岩田松原の不法侵入車両は減少しており、一定の効果があつたように見える。しかし、冬期で河川利用者数が減少した結果かもしれないため、今後は季節の影響も精査する必要がある。さらに、今後更なる効果を得るためには、警告発報装置の設置か所の精査・音量調整・内容変更、並びに警報局・河川情報板の設置などが必要と考える。

(5) 将来的な迷惑・不法行為の取締りについて

河川空間の迷惑・不法行為は場所・時間を問わず発生するため、少数の静的カメラ画像や警告発報設備で取締り活動を行うことは困難である。そのため、将来的には図-7に示すように、点検車両やドローンによる動的カメラ画像や、可搬型の警告発報設備などを利用し、本実験のような対象か所ごとに個別処理するオンプレミスシステムではなく、クラウド上で検知・警告発報の統合処理を行うシステム開発が必要と考える。これにより、柔軟かつタイムリーな迷惑・不法行為の取締り活動の実現を目指したい。

4. おわりに

本研究では、AI技術の一種である深層学習(CNN)を活用した迷惑・不法行為検知モデルを開発し、それを実装したカメラ映像解析・警告発報システムによる実証実験を実施した。約半年間の実験結果として、実際の迷惑・不法行為の殆どを見逃さずに検知し、検知結果に基づく警告発報についても、迷惑・不法行為の減少に貢献する可能性を示した。これにより、深層学習が河川管理の高度化・省力化に貢献する可能性を示したと考えられる。

本研究で構築したモデルは、一般的なオープンデータ画像を主に学習している。また、住宅前のごみの不法投棄などを監視する狭角カメラではなく、河川監視用の広角カメラを対象に、非常に小さく写るごみの不法投棄やゴルフ行為などを検知できる。そのため、他の河川にも適用可能な汎用性の高いモデ

ルとなっている。一方で、検知対象が非常に小さいために誤検知が多い、今回検知したごみの不法投棄の多くが模擬実験であり、モデルの信頼度が低い、といった課題がある。今後は、モデルの精度向上と併せ、他の迷惑・不法行為(釣り行為、UAV操作など)も検知できるようにモデルの改良を実施する。

最後に、本研究を通じて得られた知見は、河川管理業務の高度化・省力化に向けた貴重な情報になるとともに、他の河川での適用に向けた重要な指針となるものと期待している。本研究が、今後の河川管理の発展につながれば幸いである。

謝辞：本論文の作成にあたりご協力いただいた全ての方に心より感謝致します。

参考文献

- 1) 京都新聞：川にレジャー客押し寄せキャンプやBBQ、ごみ放置や住民に暴言も 河川敷への市道を通行止めに、<<https://www.kyoto-np.co.jp/articles/-/557194>>, (入手 2021.5.2).
- 2) 独立行政法人情報処理推進機構(IPA)：DX白書2021 日米比較調査にみるDXの戦略、人材、技術, pp.249-275, 独立行政法人情報処理推進機構(IPA), 2021.
- 3) 漆谷晃樹, 中田隆史, 江尻佳弘, 山脇正剛, 米森一貴, 平山岳弥, 木村颯希：深層学習による河川空間内の迷惑・不法行為の検知に関する研究, 土木情報学シンポジウム講演集, Vol. 46, pp.77-80, 2021.
- 4) Ultralytics：YOLOv5, <<https://github.com/ultralytics/yolov5>>, (入手 2021.4.8).

表-6 実際の迷惑・不法行為数の比較結果(SWと正月連休)

No.	検知対象	1.長柄中		2.岩田松原	
		SW	正月連休	SW	正月連休
1	ごみの不法投棄	0	0	-	-
2	ゴルフ行為	0	26	-	-
3	不法侵入車両	-	-	98	29
4	火	0	0	1	0



図-6 正月連休の同一人物によるゴルフ行為検知例(長柄中)

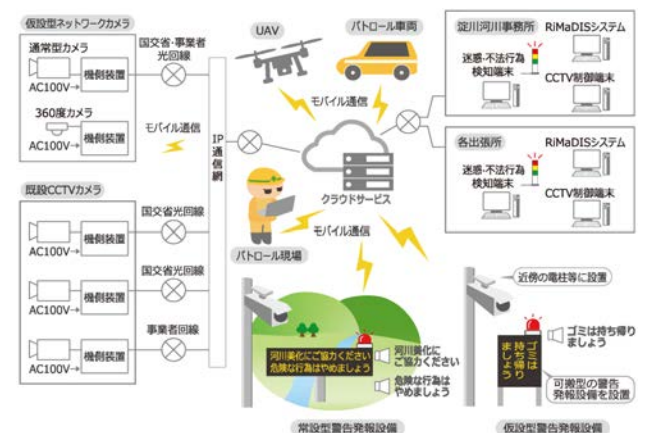


図-7 将来的な迷惑・不法行為取締りシステムのイメージ図