

AI（人工知能）技術を活用した河川監視の高度化に向けた取り組みについて（中間報告）

平山 岳弥¹

¹近畿地方整備局 河川部 河川計画課（〒540-8586大阪府大阪府中央区大手前1-5-44）

淀川河川事務所管内の各河川では、多様な河川利用形態が見られる一方、一部利用者によるごみの投棄や車両侵入などの迷惑・不法行為が散見されている。巡視や看板などの注意喚起をしているが、これら行為は跡を絶たない状況にあり、河川管理上の負担となっている。

淀川河川事務所では、近年、急速な実用化が進んでいるAI（人工知能）による画像認識技術に着目し、河川管理の負担軽減や迷惑・不法行為の網羅的な把握を目的とし、これら行為の検知・警告及び証拠保全等の自動化に向けた取り組みを試行することとした。本稿は、その初年度の取り組み内容について報告を行うものである。

キーワード AI、河川監視

1. 淀川河川事務所管内の概要

淀川は、その源を滋賀県山間部に発する大小支川を琵琶湖に集め、大阪市から河谷状となって南流し、桂川と木津川を合わせて大阪平野を西南に流れ、途中神崎川及び大川（旧淀川）を分派して大阪湾に注ぐ、幹川流路延長75km、流域面積8,240 km²の一級河川である。

このうち、淀川河川事務所は淀川37.0km、宇治川16.2km、桂川18.6km、木津川37.2km、その他支川9.5kmの計118.5kmを管理している。管内は世界的な観光地である嵐山地区や塔の島地区を擁する他、公園やキャンプ場、サイクリングなど多様な利用形態が見られ、多くの沿川住民や観光客に日頃から親しまれている。



図1-1 淀川管内の河川利用

2. 管内の迷惑・不法行為の実情と課題

淀川河川事務所管内では多様な河川利用形態が見られる一方で、迷惑・不法行為も散見されている。

図2-1は、2017年4月～2020年8月（約3年半）を対象に河川維持管理データベースシステム（Rimadis）から抽出した迷惑・不法行為の件数をグラフ化したものである。

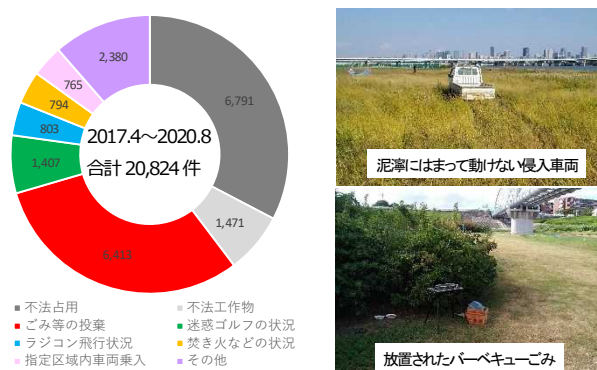


図2-1 2017年4月～2020年8月の迷惑・不法行為件数

約3年半の間に河川パトロール等で確認された迷惑・不法行為は約2万件にも及ぶ。このうち、不法占有・工作物設置（ホームレスや不法耕作等）など、継続監視・指導が必要な案件については毎回の河川パトロールにおいて状況を記録するため件数が必然的に多くなっているが、それ以外ではごみ等の投棄や指定区域内への車両侵入が多い。こうした不法行為は、自由使用を原則とする河川空間の安全な利用を妨げるものである。これまで

巡視員による声かけ、出張所職員による指導や注意喚起看板の設置、不法投棄防止啓発のため毎年のごみ投棄件数及び発生場所をお知らせするごみマップの作成・周知をしているものの、顕著な改善は見られない。こうした迷惑・不法行為は証拠保全が難しいため行為者の特定にも至らず、抜本的な対応が困難な状況である。

一方で、限られた人員・予算の中で投棄されたごみの収集・処分や車両の侵入対策を講じているところであり、現場の出張所では対応に苦慮している。

3. 本稿で報告する取り組みの内容

(1) AIを活用した河川監視システムの概要

以上の実情と課題をふまえ、迷惑・不法行為の証拠保全や即時通報・現場での警告発報などの自動化を図るため、AI（人工知能）を活用した河川監視システムの構築・現場への実装を試行することとした。これにより、常時監視による迷惑・不法行為の網羅的把握、巡視の目を盗んでの迷惑・不法行為の抑止などによる河川管理行為の省力化を期待するものである。

当該システムは、現地に設置したカメラ画像から得られる画像を元に現場の迷惑・不法行為を分析・検知する「監視映像分析及び検知システム」と、検知した行為に対する現場での警告発報及び河川管理者に通報を行う「警告発報及び即時情報伝達システム」で構成する。各々の検討内容については、4.以降に詳述する。

なお、本取り組みは、初年度（2020年度）に当該システムの構築、次年度（2021年度）に当該システムを用いた実証実験を実施する予定である。本稿では、初年度の取り組み内容及び課題・工夫した点について報告するものである。

(2) 試行対象箇所及び検知対象行為

本取り組みの試行対象箇所及び検知対象とする不法行為は、Rimadisデータに加え、各出張所の担当者から特に問題と捉えている行為についてヒアリングを行い、表3-1のとおりとした。

表3-1 試行対象箇所及び検知対象行為

河川・kp	場所	検知対象行為	理由
淀川 L9.6kp	長柄中	ごみの投棄、 ゴルフ行為	河川公園がありごみの投棄が多い 公園内のゴルフ行為が危険
桂川 R15.8kp	松尾橋	BBQごみの投棄	BBQのごみの投棄が多く、看板設置などもしている
宇治川 R49.6kp	京滋BP	BBQごみの投棄	BBQのごみの投棄は自治体からの対策も求められている
木津川 L7.4kp	岩田松原	指定区域車両進入、 踏み荒らし	堤防法面にも走行跡が確認されており、警察に相談した経緯あり

4. 監視映像分析及び検知システムについて

(1) システムに用いるモデルの概要

監視映像分析及び検知システム（以下、検知システム）には、AI（人工知能）技術を活用することとし、物体検出用CNNモデルを用いる。CNN（Convolutional Neural Network）はディープラーニングの一種であり、自動運転や医療診断等の分野で高度な画像解析能力を発揮している。解析手順は下記及び図4-1のとおり。

1. 入力層で認識・検知したい画像を入力
2. 中間層で「フィルタ」を用いて画像の局所的特徴の抽出と、検知の可否を判断
3. 出力層で検知対象を出力
4. 出力結果と正解を比較し、正解を予測できるように「フィルタ」のパラメーターを更新
5. 指定した学習回数分1~4.の処理を繰り返す

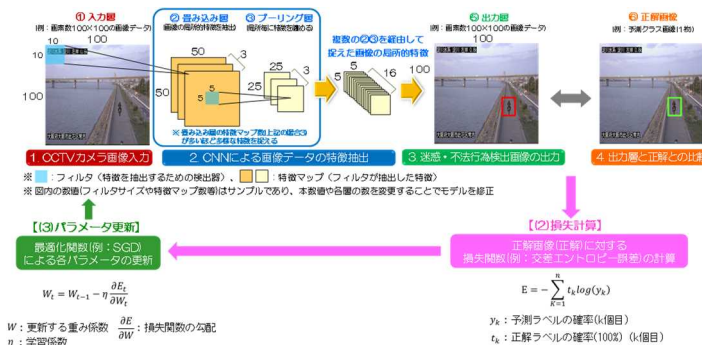


図4-1 CNNモデルの解析手順図

(2) 検知システムの構築

上記のとおり、CNNモデルは画像の入力・検知・出力・正解との比較を繰り返し、検知精度を向上する性質がある。この性質をもって「人工知能」と呼称されているものである。CNNモデルの学習には、WEB公開のフリー画像やRimadis上の写真・画像の中から、車・人・ゴルファー・不法投棄ごみ等の画像を抜粋し、「教師データ」として使用した。（図4-2）

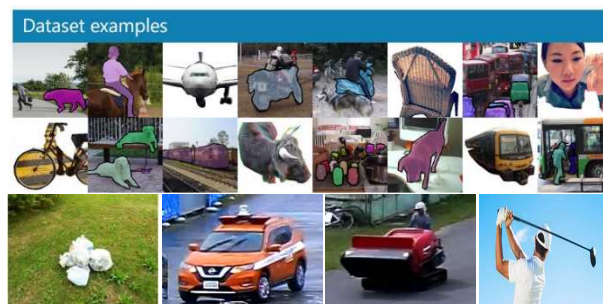


図4-2 使用した教師データの一例

なお、このうち検知する行為の主体であり、かつ多種多様な形状を有する車・二輪車・人については約10万枚の画像データをCNNモデルに繰り返し学習させ、検知精度の向上に努めた。特に、車については一般車両と河川パトロール用車両やハンドガイド式草刈り機を同一に検知しないよう学習させた。その後、試行対象箇所近傍の既設CCTVカメラ映像1週間分を対象に、検知性能の

テストを行った。検知対象行為がCCTVカメラで捉えられなかったものについては現地にてごみの不法投棄等の模擬映像を撮影し、これを対象に検知性能のテストを行った。テスト結果の一例を図43に示す。



図4-3 CCTV映像の検知結果

(2) 行為検知の課題と対応

上記テスト結果から、下記のとおり対象行為の検知にあたって課題を把握した。これら課題及び対応方針について、下記に述べる。

a) 誤検知

図43において検知システムのCNNモデルは、カメラ画像内の人とごみを検知している。CNNモデルには河川パトロールで撮影したビニール袋や家電製品などをゴミとして学習させているが、色や形の似ているものについては誤検知することがある。例えば、図44は現地で鞆を持ち犬を散歩させている人と、その背後でゴミ袋を持った人を撮影した画像だが、ゴミ袋を持った人は正検知しているものの、鞆と犬をゴミと誤検知している。



図44 検知システムの誤検知

このような誤検知は、システムの学習量を増やし、検知性能が習熟することで少なくできると考えられるが、完全に無くすことは困難である。このため、単にごみを持つ人の検知をもってごみの不法投棄と判断するのではなく、実際に不法投棄が行われたことをより精度よく捉えるための検討を行うこととした。

具体的には、不法投棄行為の開始・完了に至るまでの一連の動作を5パターン想定し、これらのいずれかに該当する動作を完了した場合に不法投棄行為と判定することとした。(図4-5)

【不法投棄と判定する基準】

- ①ごみを持った人がごみを放置してその場から5m離れた場合
- ②人が持つごみが人より50~200%と大きな場合(相大ごみ)
- ③深夜・早朝(23時~6時)にごみを持つ人がいた場合
- ④不法投棄が頻発する場所でごみを持つ人がいた場合
- ⑤自動車からごみの積み卸しをしていた場合

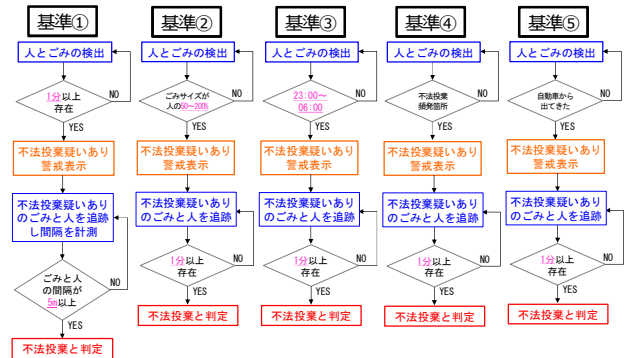


図4-5 不法投棄行為を判定する動作パターン(案)

上記の動作パターンを検知システムに組み込み、ごみの不法投棄が完了したと判定するまでの検知結果を図4-6に示す。このケースは、図4-5に示す判定基準のうち①に該当する動作パターンを現地で模擬的行ったものである。図44に示したとおり、単一画像から迷惑・不法行為の判定を行う場合には誤検知が発生しているのに対し、図4-5に示したように時間の概念を導入し、連続した複数の画像によって動作パターンを認識することにより、誤検知を回避して迷惑・不法行為を判定することができた。

なお、これらの動作パターンの想定(ごみを持った人の現地滞在時間やごみと人の離隔など)はあくまで今回仮に定めた参考基準であり、また、動作パターンの数も5パターンと限定的であることから、実証実験等を通じてより詳細かつ適切な判定基準を定めていく必要がある。

今回のシステム構築にあたっては、不法投棄以外にも車両の不法侵入及びゴルフ行為についても同様に判定基準・動作パターンを設け、誤検知防止を図ることとした。

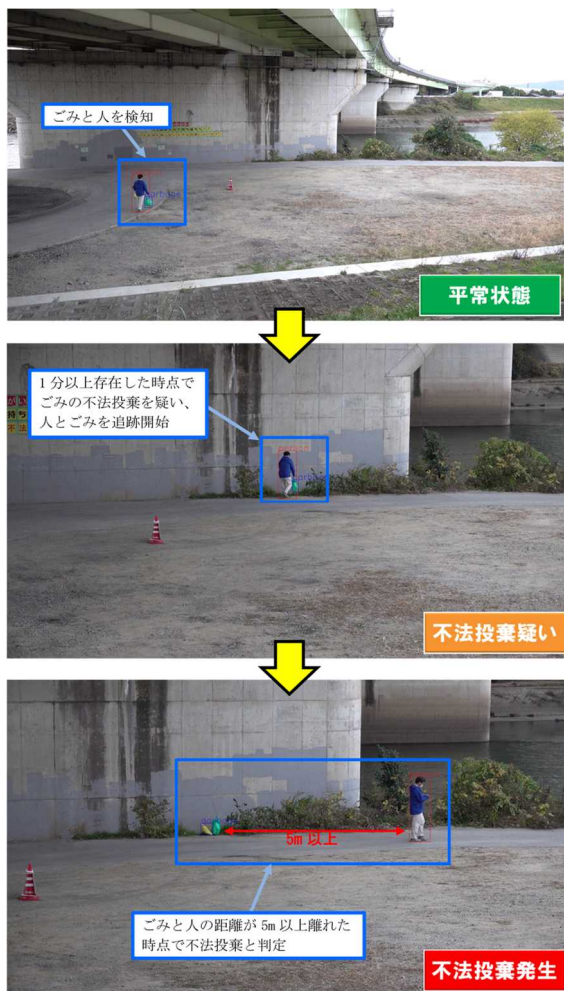


図4-6 動作パターンの検知による不法投棄の判定

b) 夜間の検知精度

CNNモデルは、画面内に表示された画像を認識して検知を行うことから、検知対象がある程度鮮明に写らなければ検知精度が低下する。しかしながら、大型家電や自転車など、大物の不法投棄は夜間に発生することが多いと想定されることから、夜間の検知精度も確保することが必要である。

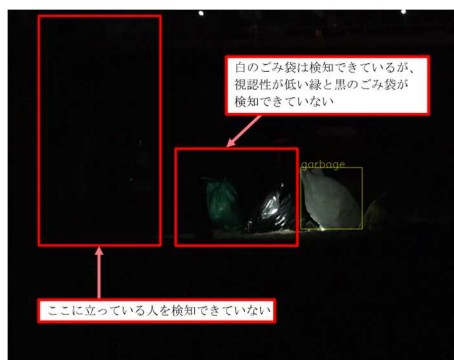


図4-7 夜間における人・ごみの未検知例

図4-7に夜間の検知精度を確認した結果を示す。この写真は、夜間に白・黒・緑色のごみ袋を持った人を撮影したものであるが、CNNモデルは白いごみ袋は検知で

きているものの、人及び黒と緑色のごみ袋については反応が無い。このため、夜間の検知精度向上を図るための検討を行うこととした。

検知精度の向上にあたり、検知対象となる画像の鮮明化を図ることとした。鮮明化のためには、画像鮮明化装置の取付けや夜間監視が可能な赤外線カメラの導入など機械器そのものの改良・取り替えが考えられる。しかしながら、初期投資に数十万円～数百万円/台かかることがデメリットである。これに対し、既存のCCTVカメラ等で撮影した画像を画像処理技術によって鮮明化する手法が存在する。当該手法は、数万円～数十万円のコストでモデル構築が可能であり、CNNモデルによる検知作業の前段に組み込むことによって画像の鮮明化・検知精度の向上が期待できることから、夜間カメラ画像鮮明化モデルを構築した。

夜間カメラ画像を鮮明化する画像処理技術の一つとして、「ガンマ(γ)補正」がある。この技術は、 γ 値(画像の階調の応答特性を示す数値)を用いて、画像の明るさ・階調性を人間の見た目に最適なものに補正するもので、液晶テレビで自然な明暗の再現にするためにも用いられている。この技術を実装した画像鮮明化モデルを構築し、CCTVカメラ映像の鮮明化とCNNモデルの検知を行った結果を図4-8に示す。



図4-8 ガンマ補正後の検知結果

ガンマ補正の活用により、画像の鮮明化及び検知精度の向上を図ることができた。しかしながら、道路照明の多少など、光が少ない、又は全く無い場所においては誤検知の発生やガンマ補正が適用できないことも想定され、実証実験等を通じ実用性について検証が必要である。

5. 警告発報及び即時情報伝達システムについて

(1) システムの概要

警告発報及び即時情報伝達システム（以下、警告発報システム）は、CCTVカメラ映像から検知システムが検知した迷惑・不法行為の信号を受信し、現地での警告発報及び河川管理者への通報を行うものである。

河川管理者への通報を受信する機器類は、淀川河川事務所内に専用のパソコンを設置することとし、通報を受信した際には、予め登録した職員のメールアドレス宛に通報メールの配信が可能とした。（図5-1）



図5-1 警告システム通報イメージ

また、検知・通報した映像については、迷惑・不法行為の証拠保全が可能となるよう、図5-2に示すように証拠保全画像の自動保存・出力、現地警告発報の制御等を行う操作システムのプロトタイプについても構築した。証拠保全画像の自動保存により、通常巡視だけでは把握できない迷惑・不法行為の網羅的な把握が期待できる。



図5-2 操作システム画面（プロトタイプ）

現地での警告発報に用いる機器類については、下記のとおりである。

(2) 現地での警告発報

現地での警告発報は、図5-3に示す機器類を現地に設置して行う。



図5-3 警告発報機器類現地設置イメージ

現地で検知した迷惑・不法行為に対して、これらの表示板・パトランプ及び音声による警告を行うことを想定しているが、次年度に実施する実証実験においては、出張所とのヒアリングや地元説明をふまえ、音声による警告を控える場所、現地の機器は設置せず管理者への通報のみとする場所など、現場状況に応じた配置計画を立案し、警告発報・河川管理者への通報等を実験・検証する予定である。

6. まとめ及び今後の予定

初年度における取り組みにより、AI技術を活用した河川管理のためのシステム構築を行い、既存のCCTV画像を用いた検証によって、一定の精度をもって迷惑・不法行為を検知できることを確認出来た。次年度の取り組みとして、河川監視システムの実装及び実際の現場での活用を試行的に実施する。

実証実験においては、CCTVカメラ映像を実際に監視し続けることにより、検知システムの精度の向上を図るとともに、自動警告発報の実運用上の課題などを明らかにし、システム全体の更なる改善に繋げる予定である。

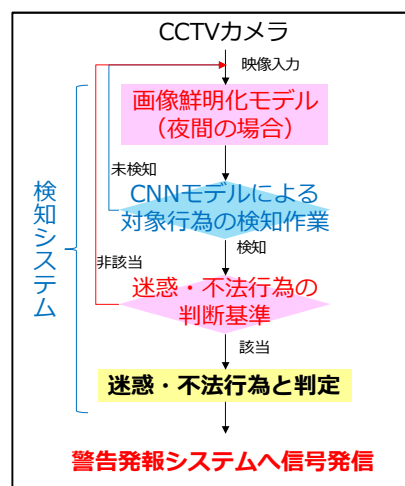


図6-1 河川監視システム全体像

本取り組みが河川監視の高度化の実現に活かされ、適正な河川利用及び河川管理行為の負担軽減に繋がれば幸いである。

本稿は従前の所属である淀川河川事務所調査課在籍中の所掌内容をとりまとめたものである。

謝辞：本取り組み及び本稿をまとめるにあたりご指導・ご協力頂いた全ての方に感謝致します。