

航空写真・衛星画像を用いた、河川流域におけるごみ検出の試み

株式会社 Solafune

2024年3月15日 提出

要旨

株式会社 Solafune は、岡山市において、航空写真と衛星画像を活用して河川流域のごみ検出に関する調査を行った。令和4年度には、岡山市の航空写真を用いてごみのホットスポットを検出するAIモデルを開発し、ごみの存在する場所を特定した。この取り組みにより、航空写真とAIの組み合わせが、ごみ検出のための有効な手法であることが示された。令和5年度には、時系列解析を取り入れてごみが溜まりやすいポイントを特定し、さらに高解像度の衛星画像を用いてホットスポットの検出を試みた。両年度の取り組みを通じて、岡山市内でのごみの問題を地理空間情報の解析を通じて可視化し、効率的なごみ検出が可能であることを明らかにした。しかし、河川上にあるごみの流動性や現地へのアクセスが難しいことなどの制約も確認され、今後の技術開発の課題としている。

1 はじめに

環境省によると、世界では毎年少なくとも800万トンものプラスチックごみが海に流出しており、そのうちの2~6万トンが日本からのものだと推計されている（2010年時点）¹。海に流出したプラスチックごみの一部は海洋環境や人体への影響が懸念される。加えて、住宅街の河川に堆積したり海岸に漂着したりするごみも多く存在し、居住環境・景観・観光・漁業等への影響が想定されている。

岡山市は、水路延長が日本で一番長く、ポイ捨てされたごみなどが水路を通じて河川へ流入しやすい地域特性となっている。水路は農業者や地域住民などにより清掃活動が行われており、定期的に通水の障害となる堆積土や水草、漂着したペットボトルなどのごみが除去されている。加えて、ボランティア団体などの活動により地域内における水路や河川のごみのホットスポットを特定や、確認できたごみの回収などの対策が行われてきた。これから更なる対策を行うには市域全体を面的に把握することが必要となり、ごみのホットスポットがどこにあるのか特定することから取り組むことになった。そこで、航空写真や衛星画像を活用し、ごみのホットスポットを特定することができれば、経済的・時間的・人的コストの面で効率化が見込まれた。

そうした状況を踏まえ、令和4年度に実施された「GovTech Challenge OKAYAMA 2022（先進技術社会実証支援事業）」²において、衛星画像を中心とした地理空間情報の解析サービスを提供している株式会社 Solafune（以下、Solafune）を選定し、航空写真を用いて、岡山市の水路や河川におけるごみのホットスポットの検出を目指した。令和5年度については、従来の航空写真に加えて衛星画像を利用したごみのホットスポットの検出を目指した。

2 令和4年度事業の内容と結果

2.1 目的

令和4年度事業では、岡山市が保有する単年度の航空写真を活用し、ごみのホットスポットの検出を試みた。

2.2 使用したデータの概要

令和4年度事業で活用したデータは、岡山市が令和2年度に市全域を撮影した航空写真である。航空写真とは、航空機に搭載したカメラを使って地上を撮影したカラー画像のことである。岡山市では、3年に1度の頻度で市全域の航空写真を撮影している。今回使用した航空写真の解像度は、5cmとなっている。

2.3 解析手順

令和4年度事業の解析手順としては、以下に示

¹ 日本財団（2022年）「【増え続ける海洋ごみ】今さら聞けない海洋ごみ問題。私たちにできること」

² 「GovTech Challenge OKAYAMA」とは、岡山市が抱える社会課題、行政課題について、最先端のテクノロジー

や斬新なアイデアで課題の解決手法を提案するスタートアップを公募・選定し、岡山市職員と協働で社会実証を行うことで、課題解決とスタートアップの成長を目指す事業のこと。

すとおり。

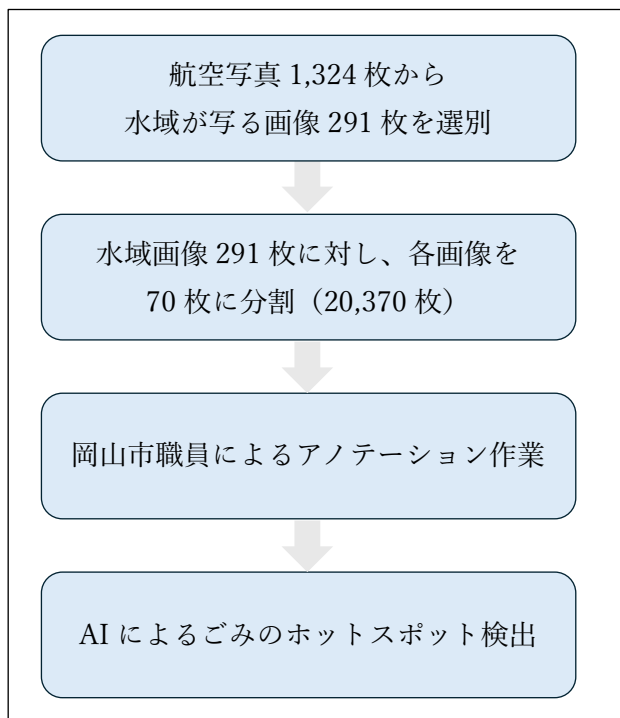


図 1：ホットスポットの検出手順

2.3.1 前処理

まず、本事業では解析対象が河川のみであるため、航空写真のうち河川が写る範囲の抽出を行った。具体的には、航空写真を 100m 四方のタイルで区切り、それらタイルに対して AI モデルを簡易的に適用し、水域が写るタイルのみを選別した。使用した AI モデルは、「RegNetY」である。その結果、航空写真全体で計 1,324 枚のタイルが作成され、そのうち 291 枚で水域が含まれていると判定された。



図 2：アノテーション用の画像

2.3.2 アノテーション作業

次に、選別された 291 枚の画像をそれぞれ、70 の格子状のタイルに分割し、そのタイル一つ一つを「陸地」「ごみのない水域」「ごみのある水域」という 3 つのカテゴリーに分類した。分類を始めた当初、水域を「川」と「用水路」の 2 カテゴリーに分ける計画であったものの、後の解析で「用水路」に関してノイズの影響が大きいことが判明した。そのため、「川」と「用水路」は「水域」という 1 つのカテゴリーでまとめることとした。上記の結果、選別された 291 枚の画像は計 20,370 枚のタイルに分割された。

2.3.3 ごみの検出

上記で分類されたタイル画像に対して、ごみを検出する AI モデルの開発を行った。開発方法は、「RegNetY」「EfficientNetV2」といった 2022 年当時有名な既存の AI モデルに対する追加学習となる。複数のモデルを用いて、ごみの検出を行った結果、AI モデル「RegNetY_040」が最も良い精度を示した。そのため、同 AI モデルを採用することとした。そして、同モデルを改めて、先に分類したタイル画像に適用し、ごみの検出を行った。

2.3.4 解析結果

先述した手順に従って解析した結果は、下表に示すとおり。

表 1：令和 4 年度解析結果

	実際にごみがある	実際にごみはない
AI がごみがあると判断	269	185
AI がごみがないと判断	103	13,320

岡山市の水域において、ごみがあると AI によって判断された場所の数は 454 か所 (= 269+185) となった。その一部を Google Maps 上に表示したものが図 3 となる。

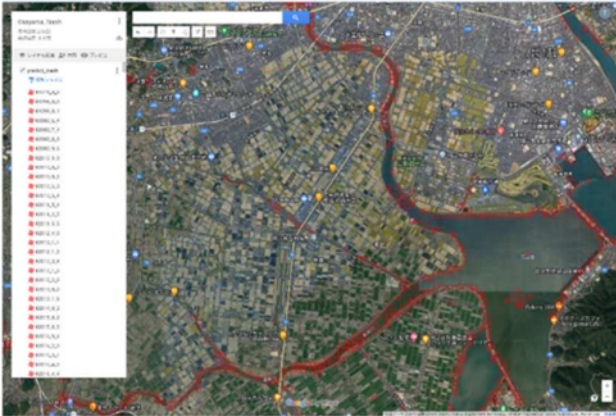


図3：令和4年度事業成果

このように、市内水域において、ごみがあると思われる場所は数多くあることが判明した。この結果は、岡山市から海洋プラスチックごみが流出していることを示唆している。

上記の解析結果以外にも、副次的効果として職員の業務効率化が図られた。従来であれば、ごみの場所の確認は、航空写真を使って目視で探すことになり、市職員2名で2週間の作業となる。ところが、今回AIを活用することによって約2時間の作業で完了することが可能となった。

このように、本事業を通じて、航空写真とAIを掛け合わせることで、岡山市全域という広範囲におけるごみのホットスポットを検出できるようになり、また、業務の効率化にも貢献できることが明らかとなった。

2.4 制約

今回、単年度（令和2年度）のみの航空写真を用いて解析を行った。一般的に河川上のごみは流動性が高く、また、岡山市では護岸工事が進められている。この理由により、今回の解析で検出されたごみの箇所は、前年度もしくは次年度も存在している恒久的なホットスポットとは限らない。そのため、現時点（令和6年度）において、本結果に基づいて河川ごみの対策を行うには留意が必要となる。河川ごみへの対策を効率的・効果的に行うには、リソース配分の観点から、恒久的なホットスポットなのか、一時的なホットスポットなのかを把握及び区別することも重要となる。この点については令和5年度事業にて対応を行った。

2.5 その他

令和4年度事業の成果については、住民に対する説明会を開催するとともに、GovTech Challenge

OKAYAMA 2022 の成果報告会でも発表を行った。

住民への説明会は、2023年1月9日に開催され、参加者は地域住民や有識者を含む10名ほどであった。ごみのホットスポット検出の解析結果について説明を受けた参加者からは、「ごみがあると検出とされた場所は、確かにごみが溜まっている印象がある」「自分たちの住む身近な場所にホットスポットがあることが分かった」「この技術が航空写真だけでなく衛星画像でも解析できるようになることを期待している」などの声が挙げられた。

GovTech Challenge OKAYAMA 2022 の成果報告会に関しては、岡山市市長などを対象に2023年3月14日に開催された。報告内容について参加者からは、「解析結果は興味深いものの、ごみの量も特定・推定できるとより良い。」「ごみの場所だけでなく、検出したごみをどのように回収すべきかを検討することも必要」などの声が挙げられた。

3 令和5年度事業の内容と結果

3.1 目的

令和4年度事業の結果を踏まえ、令和5年度事業では複数年度の航空写真を活用した時系列解析によるごみのホットスポットの検出を試みた。同時に、高解像度の衛星画像を活用したごみのホットスポットの検出も試みた。

3.2 使用したデータの概要

令和5年度事業で活用したデータは、岡山市が平成26年度、平成29年度、令和2年度に市全域を撮影した航空写真である。その他の情報については、「2. 令和4年度事業の内容と結果」の「2.2. 使用したデータの概要」に記載のとおり。

今回活用した高解像度の衛星画像は、Maxar Technologies Inc.が提供するWorld View-3となる。World View-3は、パンクロマチック（可視光）の最高解像度が31cmという商用では最も解像度が良い画像である。カラー画像のマルチスペクトルの解像度は1.24mとなっている。衛星画像は航空写真に比して、安価かつ場合によっては高頻度で取得できる点で強みがある。

3.3 解析手順

3.3.1 複数年での時系列解析

複数年度の航空写真による時系列解析は次のような流れで行なった。それぞれの航空写真を開発したAIモデルに通し、それぞれの年度でごみの位置を特定した。そのポイントのうち、全ての年度でごみが検出された場所をごみがより溜まりやす

いスポットとして抽出した。

その際、この処理によりホットスポットを見逃す可能性が多くなったため、その対策として前年度開発したモデルの改良を行なったうえで解析を行った。改良にはモデルの構造を変更し、未検出を抑えるためにパラメーターの調整を行った。

今回のモデルに対して定性的評価を行うため、2024年2月12日から13日までの間、検出したスポットの中から10か所ほど選定し、実際にごみがあるかの確認を行うための現地調査を行った。

3.3.2 衛星画像を使用したホットスポット検出

衛星画像を使用したホットスポットの検出では衛星画像のデータ形式の特殊性やモデルへの適応が難しいことからAIモデルへの適応は行わず衛星画像からホットスポットが目視で検出できるかどうかの調査を行った。

3.4 解析結果

3.4.1 時系列解析結果

単年度で解析した結果と複数年度で解析した結果を図4と図5に示す。



図4：単年度解析結果



図5：複数年度解析結果

単年度の解析した結果に比べて検出した量が少ないことがわかる。昨年度は一部の川のほとんどの部分を検出していることから、過検出していると考えられ、今年度はその問題において一定の改良が見られた。現地調査においてもすべての場所でごみが見られ、ごみの検出に一定の成果が認められる。一方でホットスポットの一部の場所において目視では確認できるが、AIの検出から漏れてしまっている場所も見られた。これはホットスポットが大きすぎることで、ホットスポットと陸地の区別ができずごみとして認識されていないためではないかと考えられる。

3.4.2 衛星画像での検出結果

AIが検出したいくつかの場所を衛星画像上で確認したところ、航空写真が撮影された令和2年度から大きく状況が異なり護岸整備がなされていた。そのため、ほとんどの場所においてごみが認められなかった。一方、ごみをキャッチする網が設置されている場所においては、ごみのホットスポットを確認することができた。



図 6：WorldView-3 で見えるホットスポット

このことから、衛星画像からごみのホットスポットを検出することは可能であることが確認できた。

3.5 制約

今年度の調査によって時系列解析による一定の成果と衛星画像によるホットスポットの検出可能性を確認できた一方で、複数の問題点も明らかになった。その一つが航空写真または衛星画像を用いて検出したごみのホットスポットの妥当性の検証の難しさである。AI が検出した場所を現地調査する際に植物が生い茂っている場所や実際に行けない場所があり、ホットスポットとして検出されている箇所はそういった場所が多い。そのため解析結果の妥当性の検証が難しく AI の正しい評価が難しい。到達が困難なそういった場所の検証に関してはドローンの活用や検出する対象をより絞ることによって対策する予定である。またその他の困難さとして、大きなホットスポットの少なさがあげられる。岡山市には、衛星画像で確認できるほどの大きなホットスポットが少なかった。そのため、開発に必要なデータが少なく、AI の開発が難しい。この点についても今後検討が必要となる。

3.6 その他

令和 5 年度事業では、上記の解析以外に、産学官が連携を深め、次世代の社会活動等実践者を育

成することを目的として、海ごみ問題に高い関心を持つ山陽学園中学校・高等学校の地歴部の中学生・高校生向けに AI 勉強会を開催した。

開催日時は 2024 年 2 月 11 日（日）10 時～16 時で、参加人数は 10 名程度であった。AI 勉強会の詳細な内容は、下表のとおり。

表 2：AI 勉強会のスケジュール

開始	終了	内容
10:00	10:30	Solafune の紹介、岡山市での事業紹介、日常生活における AI の活用事例紹介
10:30	11:30	AI 勉強会の目的と最終目標の紹介、Python の基本的な操作 ・ Hello World ・ 演算（足し算、引き算など） ・ ライブラリーの紹介 ・ 画像の表示と操作
11:30	11:40	休憩
11:40	12:30	演習（演算、画像処理）
12:30	13:30	昼休憩
13:30	14:00	分類アルゴリズムの紹介
14:15	15:15	演習①（猫と犬の分類） 演習②（ごみの分類）
15:15	15:30	今日の振り返り、学生生活の勉強と AI との繋がり ・ 数学、物理、統計学、英語を学ぶことの重要性 ・ AI へのチャレンジ
15:30	15:45	閉会の挨拶

当日、参加した学生からは「AI についてなんとなく理解できた」「Python を使ってデータを操作するのは面白い」などの声が挙げられた。



図 7：AI 勉強会の様子

4 まとめ

本報告書では、岡山市内の河川流域におけるごみ検出の取り組みについて、令和4年度及び令和5年度の事業内容とその成果について報告した。

令和4年度事業では、岡山市が保有する航空写真を用いて、ごみのホットスポットの検出を試みた。この取り組みにより、市内水域において、多数のごみがあると推定される場所を特定することに成功し、解析技術の有効性を示した。

令和5年度事業では、複数年度の航空写真と高解像度の衛星画像を活用し、時系列解析によるごみ検出と衛星画像を用いた新たな試みを行った。時系列解析により、ごみが溜まりやすいポイントをより精度高く特定することに成功し、衛星画像を用いた検出では、航空写真とは異なる角度からの観察が可能であることを確認した。しかし、これらの取り組みにはいくつかの制約があり、検出の精度をさらに向上させるための技術的な課題が残されている。特に、河川上にあるごみの流動性や植生の影響、現地にアクセスできない場所があることなどが、検証作業を困難にしている。

本事業を通じて、航空写真及び衛星画像を活用したごみ検出技術が、地域社会における環境問題の解決に向けた有効な手段であることが示された。この技術を進歩させることにより、将来的には更に精度が高いごみ検出と、それに基づく具体的な対策の実施が可能となることが期待される。