

# ドローン空撮画像を利用した石川県能美市の根上海岸の漂着ごみ分布と清掃活動の評価

An assessment of the distribution of drifting debris and an evaluation of the debris removal activities on Neagari Beach in Nomi City, Ishikawa Prefecture by using drone aerial images

永坂正夫 (人間科学部こども学科教授)

Masao NAGASAKA (Faculty of Human Sciences, Department of Child Study, Professor)

牧野 耀 (経済学部経営学科講師)

Hikaru MAKINO (Faculty of Economics, Department of Business Administration, Lecturer)

山本輝太郎 (総合情報センター講師)

Kitaro YAMAMOTO (Administrative and Educational Technology Support Center, Lecturer)

岸本秀一 (経済学部経営学科教授)

Hidekazu KISHIMOTO (Faculty of Economics, Department of Business Administration, Professor)

## 〈要旨〉

石川県能美市の根上海岸は全長約5.8 kmの砂浜海岸である。この根上海岸では長年に渡って地域の自治組織、各種ボランティア、小中学校および高等学校などによる海岸漂着ごみの清掃活動が行われてきた。これらの清掃活動の効果を評価し、環境教育に活かしてゆくことを目的に、2023年の清掃活動がまだ始まっていない3月と活動が終了した9月にドローンを用いて空撮画像を撮影し、漂着ごみの分布を確認した。また、Google Earth画像を利用して根上海岸全域における漂着ごみ分布を確認した。根上海岸の漂着ごみは明らかに清掃活動が取り組まれてきた海岸において少なく、9月には減少していることが確認された。根上海岸で取り組まれてきた清掃活動の意義と、今後の活動継続に必要な支援のありかたについて議論した。

## 〈キーワード〉

漂着ごみ、海岸清掃活動、ドローン、環境教育、ボランティア

## 1 はじめに

石川県の能美市の根上海岸は、同市山口町から吉原釜屋町までに広がる全長5.8 kmの砂浜海岸である(石川県, 2016)。根上海岸が含まれる石川県の加越海岸では、海岸線に対してほぼ直角方向の風波が卓越することから漂着ごみが吹き寄せられ、また対馬暖流の影響により海外からの漂着ごみも多い(石川県, 2016)。

この海岸漂着ごみの清掃を全県的に呼びかけ、啓蒙をおこなう「クリーン・ビーチいしかわ」の活動が1995年に始まっている。同実行委員会の取りまとめによると、1996年から2013年にかけて県内各地で開催された海岸清掃活動には毎年合計10万人を超える参加者があったが、2005年をピークに近年は漸減傾向にあり、2021年の参加者は合計2万6千人に留まっている(クリーン・ビーチいしかわ実行委員会, 2022)。海岸清掃活動は地域に定着しているが活動

の規模は縮小傾向にある。

根上海岸では、例年4月から11月にかけて各種団体による海岸清掃活動が取り組まれており、2023年には4月から5月に能美市の公立小中学校3校、県内公立高校1校、9月から10月に県内公立高校2校が環境教育の一環として海岸清掃活動に取り組んだ。住民自治組織や地元企業が広く参加する清掃活動として、7月には能美市主催の一斉海岸清掃活動が、10月には地元企業主催で「海ごみゼロウィーク(環境省・日本財団)」の清掃活動が取り組まれている。

清掃活動への参加意欲の持続には、自身が行った活動がどのような成果に繋がっているか実感できること、端的には目に見て分かるような工夫が必要と考えられる(藤枝, 2013)。清掃活動に取り組む人々が活動の様子やごみの散乱状況をウェブ上の情報として公開共有するアプリも開発され(株式会社ピリカ, 2023)、清掃活動の促進に活用

する自治体も増えている。

海岸漂着ごみの組成や量を評価する手法としては、一定区画の漂着ごみを回収し分別計量するか、より簡便な方法として区画の撮影画像から漂着ごみの量を推定する方法が用いられてきた(環境省, 2023; (公財) 環日本海環境協力センター, 2023)。近年はドローンによる空撮が容易となり、これにディープラーニング(深層学習)を用いて画像解析することで、より迅速に精度良く漂着ゴミの分布確認や堆積量の推定が試みられている(Kako et al., 2020; Takaya et al., 2022; Hidaka et al., 2022)。

根上海岸の清掃活動での漂着ごみ回収量は主催者団体により把握されているが、参加者に分かりやすく成果を伝える必要があると考える。本研究では、根上海岸で取り組まれている海岸清掃活動の効果を評価し、その結果を環境教育に活かしてゆくことを目的にドローン空撮画像を用いた漂着ごみの分布の確認をおこなった。

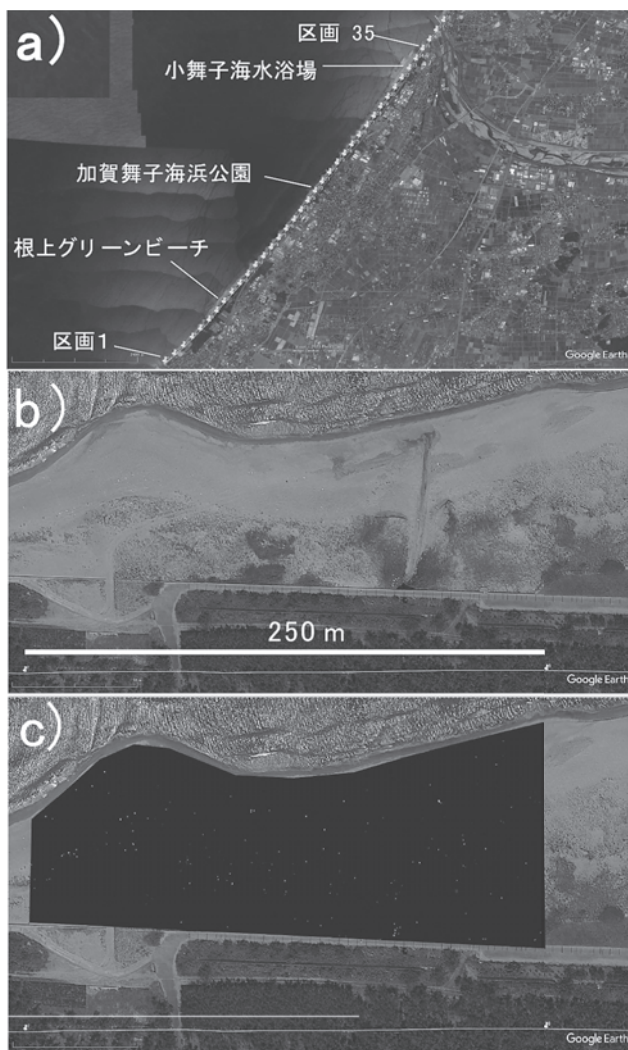


図1 根上海岸(空撮画像はGgoogle Earthより)。a) 根上海岸を中心とする全35区画, b) 区画7の浜の画像, c) 2値化後の浜の画像。

## 2 方法

### 2-1 根上海岸全域における漂着ごみ分布

根上海岸5.8 kmの南側に続く小松市の梯川河口までの海岸1.0 km, 北側に続く白山市の手取川河口までの美川海岸1.9 kmを加えて、根上海岸を中心とする全長8.7 kmの砂浜海岸における漂着ごみの分布を画像解析により確認した。

解析にはGoogle Earthで公開されている2022年5月24日撮影の空撮写真を利用し、全長8.7 kmの海岸を南側から250 mごとの全35区画に区分した(図1a)。根上海岸には海岸堤防が全長に渡って設置されている。この堤防から波打ち際(汀線)までの範囲を浜と定義した(図1b)。

浜の漂着ごみ量の指標として、画像における漂着ごみのピクセル数(画素数)を次の手順で求めた。浜には流木や灌木、プラスチックごみ、発泡スチロール、漁網やロープ、ブイ、缶・ビン、ペットボトル等の多様な漂着ごみが存在するが、流木や灌木などの自然物を除くとそのほとんどがプラスチックごみや発泡スチロールで占められている。これらは航空写真において輝度の高い白色系の物体として認識される。輝度の高いコンクリート製の構造物などはあらかじめ輝度が低くなるよう画像を修正した上で、区画のカラー画像をAdobe Photo Shop(ver. CS5.5)でグレースケール変換し、背景となる砂浜からの反射がなくなる輝度で2値化し、浜の白色ピクセル数を読み取った(図1c)。

### 2-2 海岸清掃活動の効果

根上海岸でおこなわれている海岸清掃活動の効果を評価することを目的に、2023年の清掃活動がまだ始まっていない3月と、活動がほぼ終了した9月にドローンを用いて空撮画像を撮影し、漂着ごみ量の比較を試みた。

根上海岸での清掃活動は、かつて海水浴場として利用されていた根上グリーンビーチ(能美市山口町)と加賀舞子海浜公園(能美市大浜町)を中心におこなわれていることから、両海岸においてドローン(DJI社, Mavic 2 Pro)を用いて空撮をおこなった。撮影日は2023年3月21日と9月8日である。

ドローンに搭載されるカメラは1インチCMOSのセンサーを持ち、有効画素数は2000万画素, 焦点距離28 mm(35 mm判換算)である。撮影高度は50 mとした。撮影した画像は画像作成処理ソフト(Agisoft社 Metashape ver.2.0)を用いてオルソ化し、Google Earthの空撮画像処理と同様の方法により漂着ごみ量を指標する白色ピクセル数を求めた。

### 3 結果

#### 3-1 根上海岸全域における漂着ごみ分布

根上海岸を中心とする全長8.7 kmの砂浜海岸における漂着ごみの分布を図2に示した。画像内に写っている物体から換算した1ピクセルの1辺は8.5 cmに相当し、この値を用いて計測された白色ピクセル数を面積(m<sup>2</sup>)に換算した。

根上グリーンビーチ(区画7-9)は浜の面積が最も大きい。根上グリーンビーチを離れると次第に浜の面積は小さくなるが、加賀舞子海浜公園(区画19-21)で再び浜の面積は大きくなる。また、美川海岸の小舞子海水浴場(区画32-33)も大きな浜の面積を持っていた(図2a)。

浜内の白色ピクセル数から換算した漂着ごみ面積は、浜の面積とは異なる傾向を示した(図2b)。浜の面積が最も大きい根上グリーンビーチ中央の区画8で漂着ごみ面積は6 m<sup>2</sup>と小さく、明らかに周辺に向かって漂着ごみ面積は増加し、区画5, 12で漂着ごみ面積は、それぞれ60 m<sup>2</sup>と31 m<sup>2</sup>のピークを示した。区画8のごみ面積に対して、これらの漂着ごみの面積は約5-10倍となっている。同様の傾向は加賀舞子海浜公園でも認められ、中央の区画20で漂

着ごみ面積は3 m<sup>2</sup>と小さく、周辺に向かって増加していた。美川海岸の小舞子海水浴場では中央の区画33では漂着ごみ面積が小さかったが、区画32では大きかった。区画32には廃ボートが5艘ほど放置されており、これらの面積を除くと区画34と同程度の漂着ごみ面積となることから、やはり中央の区画から周辺に向かって漂着ごみ面積は増加する傾向にあった。

#### 3-2 海岸清掃活動の効果

根上グリーンビーチの正面右岸側250 mの範囲(区画8-9付近)と、加賀舞子海岸の正面右岸側250 mの範囲(区画20-21付近)のドローン空撮画像を用いて、白色ピクセル数から換算した漂着ごみ面積を表1に示した。画像中に写っている物体から換算して1ピクセルの1辺は4.0 cmに相当した。

根上グリーンビーチでの漂着ごみ面積は、3月には16 m<sup>2</sup>であったが、9月には12 m<sup>2</sup>に減少した。3月と9月では計測した浜の面積に差があることから、各月の漂着ごみ面積を単位面積あたりに換算した上で比較したところ、漂

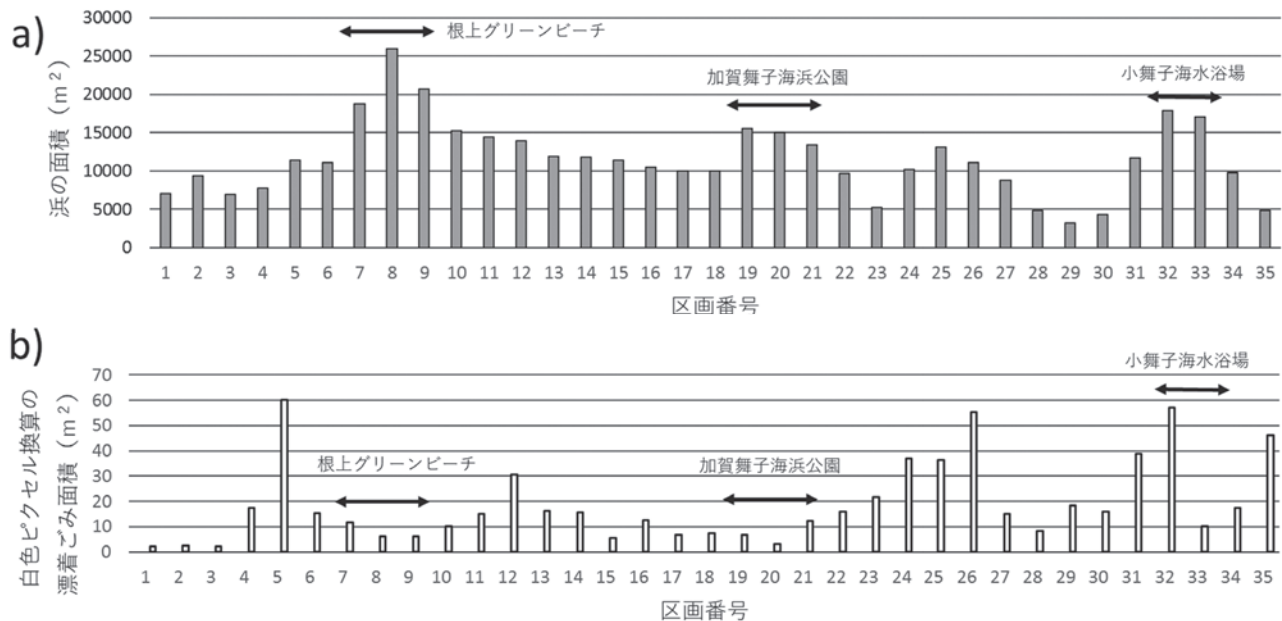


図2 根上海岸を中心とする全長8.7 kmの砂浜海岸における漂着ごみの分布。a) 各区画における浜の面積(m<sup>2</sup>)、b) 各浜の白色ピクセル数から換算した漂着ごみ面積(m<sup>2</sup>)。

表1 根上グリーンビーチと加賀舞子海岸における白色ピクセル数から換算した漂着ごみの面積

遊びの種類	測定月	浜の面積 (m <sup>2</sup> )	白色ピクセル換算の漂着ごみ面積 (m <sup>2</sup> )	漂着ごみの減少率 (%)
根上グリーンビーチ	3月	27686	16	-
	9月	30232	12	33
加賀舞子海浜公園	3月	13298	32	-
	9月	13675	25	23



着ごみは9月までに33%減少していた。加賀舞子海浜公園では3月には32 m<sup>2</sup>であったが、9月には25 m<sup>2</sup>に減少した。浜の単位面積あたりに換算すると、漂着ごみは9月までに23%減少していた。

#### 4 考察

空撮画像を輝度により2値化処理して漂着ごみ量を評価する方法は、白色系以外の漂着ごみを評価することができず、また乾いた流木など白色に写っている物体とプラスチックごみの識別に難しさがあること、日射の違いによる反射の影響を受けやすいなどいくつかの制約がある(片岡ほか, 2012)。しかし根上海岸全域における漂着ごみの分布確認に用いたGoogle Earthの空撮画像は、同日のほぼ同じ時間帯に撮影されたものであり、流木などの一部が含まれたとしてもプラスチックごみや発泡スチロールなどを主体とする漂着ごみ量の相対的な区間比較は可能と考えられる。

白色ピクセル数から換算した漂着ごみ面積は、組織的な海岸清掃活動がおこなわれている根上グリーンビーチ、加賀舞子海浜公園、および美川海岸の小舞子海水浴場の中央部で明らかに小さく、そこから離れるに従って増加した。漂着したごみ量の経時的な変動には、海からもたらされる漂着量、浜から海に向かっての再流出量、清掃活動による除去量が影響するが(片岡ほか, 2012)、根上海岸は海に面してほぼ同じ方で直線上に伸びる海岸であり、漂着や再流出傾向に大きな差異は生じにくい。この漂着ごみの分布の違いは、これらの海岸でおこなわれている清掃活動による除去の効果を表しているものと考えられる。

石川県内で海水浴等に利用されている4か所の砂浜海岸で漂着ごみ量の季節変動を10 m四方からの回収により求めた布本ほか(2004)は、漂着ごみ量は4月に最も多く、海岸利用の盛んな7月から10月はさまざまな清掃活動によりごみ量が減少し、10月以後は清掃活動も終了するために再びごみ量が増加したことを報告している。これらの海岸では4月から7月かけて単位面積あたりのごみ重量は約1/5から約1/50に減少していた(布本ほか, 2004の図3からの読み取りによる)。根上グリーンビーチの正面右岸側と加賀舞子海岸の正面右岸側の漂着ごみ面積は3月から9月にかけてそれぞれ33%と23%減少したが、布本ほか(2004)の報告に比べるとかなり小さな値である。小さな値を示した理由として、根上海岸の砂浜上には海岸礫が広がる部分があり、このうち白色の礫は漂着ごみとの識別に難しさがあったことが挙げられる。また、根上グリーンビーチでは約3 ha、加賀舞子海岸では約1.3 haの広い面積の浜を評価対象としており、手作業での清掃活動では回収の難しい廃船や大型の漁具やブイ、発泡スチロール塊などは

浜に残されたままになっている。これらのことから除去率が低く見積もられており、清掃活動における漂着ごみの回収効率が低かったわけではないと考えている。

海岸漂着ごみ対策にかかわる関係省庁が2006年に実施したアンケートにおいて、全国の海岸に接する市町村の半数以上がごみの漂流・漂着の程度が日常の管理の範囲を超えていると回答した(衆議院調査局環境調査室, 2009)。漂着ごみへの包括的な対応が求められ、国は2009年に「美しく豊かな自然を保護するための海岸における良好な景観及び環境の保全に係る海岸漂着物等の処理等の推進に関する法律(海岸漂着物処理推進法)」を施行、2010年には「海岸漂着物対策を総合的かつ効果的に推進するための基本的な方針」を閣議決定した。これらの法令では、海岸清掃活動に取り組む民間団体や個人の取り組みが重要であり、行政はその連携と支援に積極的に取り組むべきことが強調されている。

海岸清掃活動への参加意欲や海岸の保全意識が高い人々は、地域や地元への愛着や興味関心の高いことが明らかとなっている(法理ほか, 2020; 桜井ほか, 2022)。山本ら(2022)は、能美市の公立小中学校の児童生徒とその家族を対象としたアンケート調査により、根上海岸の清掃活動への参加意欲や海岸保全意識について同様の結果を得ている。親世代や祖父母世代においては、かつて浜で遊んだ記憶などが愛着の形成に結びついている可能性が考えられるが、根上グリーンビーチも加賀舞子海浜公園も現在は遊泳禁止となっており、浜で遊んだ経験に乏しい児童生徒においては、学校等で取り組まれている環境教育が活動への参加意欲や保全意識を高めている可能性が考えられる。

小学校段階における環境教育のねらいは、①環境に対する豊かな感受性の育成、②環境に関する見方や考え方の育成、③環境に働き掛ける実践力の育成にあるが、指導の際には、環境の悪化の印象付けだけに終わるとか、環境改善の余地がなく自らは何もできないといった思いに児童を追いやることのないよう配慮することが大切である(国立教育政策研究所教育課程研究センター, 2007)。若者層のボランティア活動の継続については、活動の役割が明確でその活動の効果が目に見えてやりがいを持つことが必要であるとの指摘がある(桜井, 2005)。海岸漂着ごみへの対処は、一度だけ対策をおこなえば解決するようなものではなく、対策を順応的に継続する必要がある。根上グリーンビーチ、加賀舞子海浜公園、および美川海岸の小舞子海水浴場において漂着ごみが少なく保たれていることが清掃活動の継続によるものであることは、市政においても強調されてしかるべきである。

藤枝(2013)は、清掃活動への参加者の行動の継続性を確保するためには、行動後すぐに実行者に行動の結果を提

供できる仕組みを作ることが重要と指摘している。現在、ドローンを用いての空撮はきわめて安価で容易に行えるようになってきている。一回の海岸清掃活動の前後でドローンによる空撮を行なうことにより、自身の参加した海岸清掃活動がどのような効果を持つのか、参加者に直ちに伝えることが可能である。環境教育として取り組む海岸清掃活動において、ドローン空撮画像はその活動の効果を児童・生徒に分かりやすく伝える上で有効活用できるものと考えられた。

## 謝辞

本研究は、ハウメット・ジャパン株式会社による助成を受けて行われています。また調査活動に全面的に協力頂いた株式会社日本海開発の南 純代社長、ドローンを用いての撮影等に指導いただいた(株)ドキュメンタリーチャンネルの藤原英史氏、ほか関係各位の皆様には深く御礼申し上げます。

## 引用文献

- 藤枝 繁 (2013) 海洋ごみ現存量の削減方策の提言. 漂着物学会誌, 11:13-19.
- Hidaka M., Matsuoka D., Sugiyama D., Murakami K. and Kako S. (2022) Pixel-level image classification for detecting beach litter using a deep learning approach. *Marine Pollution Bulletin*, 175(1). DOI: 10.1016/j.marpolbul.2022.113371.
- 法理樹里, 赤石大輔, 徳地直子 (2020) コミュニティ意識が一般市民の意識レベルにおける海岸清掃活動への参加意欲におよぼす影響. 沿岸域学会誌, 32:51-59.
- 石川県 (2016). 加越沿岸海岸保全基本計画. 120pp.
- 株式会社ピリカ (2023) 導入事例一覧. 株式会社ピリカ/一般社団法人ピリカ. <https://corp.pirika.org/case/> (参照2024年1月7日)
- Kako S., Morita S. and Taneda T. (2020) Estimation of plastic marine debris volumes on beaches using unmanned aerial vehicles and image processing based on deep learning. *Marine Pollution Bulletin* 155: 111127. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2020.111127.
- 環境省 (2023) 地方公共団体向け漂着ごみ組成調査ガイドライン (令和5年6月第3版). 24pp.
- 片岡智哉, 日向博文, 加古 真一郎 (2012) Webカメラ画像解析によるプラスチックゴミ漂着量の多地点連続観測. 土木学会論文集. B2, 68:1471-1475.
- 国立教育政策研究所教育課程研究センター (2007) 「環境教育指導資料 (小学校編)」 pp.112. 東洋館出版社, 東京.
- 公益財団法人 環日本海環境協力センター (2023). 海辺の漂着物調査(2023年度)マニュアル NEARプロジェクト海辺の漂着物調査事業. 40pp.
- クリーン・ビーチいしかわ実行委員会 (2022). クリーン・ビーチいしかわ2021活動報告書. 22pp.
- 布本 博, 濱本奈美, 吉田 茂, 矢内栄二 (2004) 石川県沿岸域における漂着・散乱ゴミの分析. 海洋開発論文集, 20:257-262.
- 桜井政成 (2005) ライフサイクルからみたボランティア活動継続要因の差異. ノンプロフィット・レビュー, 5:103-113.
- 桜井 良, 上原拓郎, 近藤 賢, 藤田孝志 (2022) 海洋学習が行われている中学校の生徒の海に対する態度と保全意欲: 自由記述や絵の描写も含めた比較調査より. 保全生態学研究, 27:181-195.
- 衆議院調査局環境調査室 (2009) 第171回国会 (常会) 漂流・漂着ゴミ関係資料. 82pp.
- Takaya, K., Shibata, A., Mizuno, Y. and Takeshi, I. (2022) Unmanned aerial vehicles and deep learning for assessment of anthropogenic marine debris on beaches on an island in a semienclosed sea in Japan. *Environ. Res. Commun.* 4 015003.
- 山本輝太郎, 牧野 耀, 永坂正夫, 岸本秀一 (2023) 能美海岸の環境意識に対する三世代アンケート調査 海岸清掃を通じた環境教育の拡充に向けて. 日本理科教育学会年会論文集, 47:693-696.

