

UAV 画像を用いた三番瀬におけるマイクロプラスチック 堆積状況把握に関する基礎研究

日本大学 学生会員 ○村上 祐子
日本大学 正会員 武村 武
日本大学 正会員 西尾 伸也

1. 背景

近年、海洋には多くのゴミが漂流していることが問題視されている。加えて、沿岸部における漂着ゴミについても、環境問題として挙げられている。漂着ゴミの中で、特に大きな問題となっているのはプラスチックゴミである。山下ら¹⁾は、劣化して小さくなったプラスチックであるマイクロプラスチックを、海洋中の動物プランクトンが体内に取り込み、食物連鎖を通して生態系全体に影響が出ていると述べている。また、三小田ら²⁾は、プラスチックの製造過程に由来する添加剤や、水中を漂流する過程で吸着した化学物質など、マイクロプラスチックに含まれる有害成分による海洋汚染の恐れがあると述べている。これらのように、プラスチックゴミは生物や自然環境などに、さまざまな影響を与えることが懸念されている。

千葉県船橋市に位置する三番瀬は、東京湾の最奥部に位置しており、船橋市をはじめ、習志野市、市川市、浦安市、各市の東京湾沿いに広がる干潟・浅海域である。現在、多くの漂着ゴミがあり、そのゴミの大半は貝殻や植物の枯死体であり、目視可能な大きなプラスチックゴミはあまり確認出来ない。一方で、マイクロプラスチックが漂着していることは確認されており、特に植物の枯死体が多い場所にマイクロプラスチックが多く存在している。そこで、本研究では三番瀬を対象に漂着ゴミに含まれるマイクロプラスチックの堆積状況を、無人航空機(UAV)による画像を用いて把握することを目的として、画像解析による検討を行った。

2. 調査地点及び方法

2.1 三番瀬概要および調査地点

現地調査を行った三番瀬は、東京湾の最奥部に位置し、船橋市をはじめ、近辺4市の東京湾沿いに広がる約1,800haの干潟・浅海域である。干潟としては東京湾奥部最大の面積であり、環境省によって選定された日本の重要湿地500に登録されている。現在は、西端部の猫実川河口や日の出など新浦安駅周辺は埋立地が広がっており、埋め立てが進む前は、より西側の旧江戸川河口付近まで干潟や浅海域が広がっていた。浅海域は、深いところでも干潮時の水深が5mほどの浅瀬で、底生生物や水鳥など多くの生物が生息している。三番瀬の位置と全体像をFig.1に、各調査地点をFig.2に示す。なお、図中の点は、調査地点である。



Fig.1 三番瀬の位置と全体写真
(出展：Google Earth)

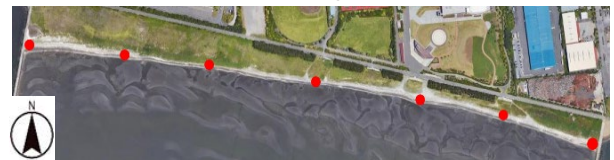


Fig.2 調査地点(出展：Google Earth)

2.2 分光反射率特性

現地で採取した漂着ゴミ2種(貝、植物系)と砂を、暗室内でハロゲンランプを光源として、分光放射計(ASD社 FieldSpec HandHeld 2™ Spectroradiometer, 測定波長325nm~1075nm, 分解能1nm)を用いて、分光反射率の測定を行った。なお、現地の状態を検討するため、漂着ゴミと砂の割合を変化させて計測を実施した。計測に用いた条件をTable1に示す。

2.3 UAVによる空撮

調査は、UAV (DJI社 Phantom P4 Multis-pectral) を用いて、設定した調査地点を含む範囲を空撮した。このUAVには、可視カメラの他に、Blue(450nm±16nm), Green(560nm±16nm), Red(650nm±16nm), レッドエッジ(730nm±16nm), 近赤外線(840nm±26nm)の5つのマルチスペクトルデータを取得できるセンサーが搭載されており、各波長の画像を組み合わせ、漂着ゴミの領域に対し、正規化指数を算出した。

3. 結果及び考察

3.1 分光反射率特性

現地において観測される漂着ゴミを、UAVによる取得データで把握する事を想定し、漂着ゴミによる分光反射率を検討した。その結果の一例を、Fig.3に示す。Fig.3は、Table1

キーワード マイクロプラスチック, UAV, NDVI, 三番瀬

連絡先 〒275-8575 千葉県習志野市泉町1-2-1/TEL 047-474-9006/Address:ciyu20011@g.nihon-u.ac.jp

で示した測定条件のうち、case1-6,case3-1,case3-6のものである。また、波長の範囲は、UAVのセンサーが取得している範囲を含むように選択した。測定結果より、どのcaseにおいても、波長430nmあたりが最も反射率が小さく、波長の増加と共に反射率も大きくなっていることが確認できる。また、case3-6は、他のcaseと比べて、どの波長でも反射率が大きかった。また、case3-1は、全体的に反射率が小さかったが、波長800nmを超えるとcase1-6よりも反射率が大きくなっていった。これらのことから、貝ゴミは、植物ゴミや砂よりも全体的に反射率が大きく、植物ゴミは、波長800nmまでは砂よりも反射率が小さく、それ以降は、植物ゴミの方が大きくなる事がわかった。

3.2 画像解析

作野ら³⁾は、海岸のプラスチックゴミの検出に対象物の分光特性より、衛星画像から正規化差分スペクトル指標(NDSI: Normalized Difference Spectral Index)を利用し、その可能性を示唆していた。そこで、本研究でもNDSIを使用し、漂着ゴミの把握について検討を行った。ここで、NDSIは(1)式で示される。

$$NDSI = \frac{R_{real}(\lambda_2) - R_{real}(\lambda_1)}{R_{real}(\lambda_2) + R_{real}(\lambda_1)} \quad (1)$$

ここで、 R_{real} は反射率、 λ_1 、 λ_2 は異なる2波長を示す。例えば、植物の繁茂域を把握するための簡便な手法としてよく知られる正規化植生指数(NDVI: Normalized Difference Vegetation Index)では、 λ_1 と λ_2 は植物の強い吸収波長であるRedと、吸収がない、または反射が大きい近赤外線のバンドが使われる。このようなNDSIは-1~1の値をとり、NDVIの場合、1に近いほど植生が繁茂していることを示す。本研究では、前項で計測した砂と漂着ゴミの種類ごとの反射率を踏まえ、最も反射率が小さかった波長域(Blue)と、大きかった波長域(近赤外線)を、それぞれ $\lambda_1=Blue$ 、 $\lambda_2=近赤外線$ と設定した。次に、分光放射計で計測した値において、UAVで取得可能な波長域に対応する値域の平均値を、各波長域の基準値(NDSI_c)とした。

Fig.4に、UAVによって撮影された可視画像および、NDSIの算出結果の一例を示す。算出されたNDSIにおいて、対象となる漂着ゴミの種類を可視画像から判断し、同様の範囲のNDSIの平均値を算出した(NDSI_i)。このようなプロセスを各漂着ゴミに対して複数回実施し、データを取得した。ここで、基準値に対する観測値の差異を以下のように定義する。

$$\delta(\%) = \frac{NDSI_i}{NDSI_c} \times 100 \quad (2)$$

ここで、(2)式を用いて、漂着ゴミの把握の可能性について検討する。貝ゴミを対象とした場合は、 $\delta=77\%$ であった。植物ゴミを対象とした場合は、 $\delta=44\%$ であった。このことから、NDSIでは、漂着ゴミの適切な把握が出来ないと考えられる。

次に、漂着ゴミの中に、植物ゴミも含まれていることから、植物の繁茂域把握に有効なNDVIを使用し、 $\lambda_1=Red$ 、 $\lambda_2=近赤外線$ と設定した。ここで、先程と同様の方法で、NDVIの平均値を算出し、差異を求めた。貝ゴミを対象とした場合は、 $\delta=41\%$ であった。植物ゴミを対象とした場合は、 $\delta=21\%$ であった。よって、NDVIは、NDSIより漂着ゴミの把握に適していると考えられる。なお、植物ゴミを検出す

Table1 反射率測定条件

case1	砂：貝	case2	砂：植物	case3	貝：植物
case1-1	0:100	case2-1	0:100	case3-1	0:100
case1-2	20:80	case2-2	20:80	case3-2	20:80
case1-3	40:60	case2-3	40:60	case3-3	40:60
case1-4	60:40	case2-4	60:40	case3-4	60:40
case1-5	80:20	case2-5	80:20	case3-5	80:20
case1-6	100:0	case2-6	100:0	case3-6	100:0

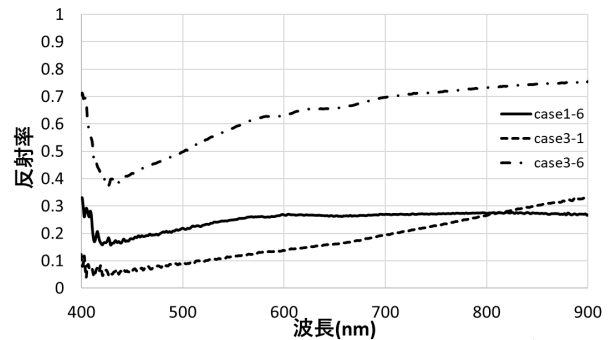
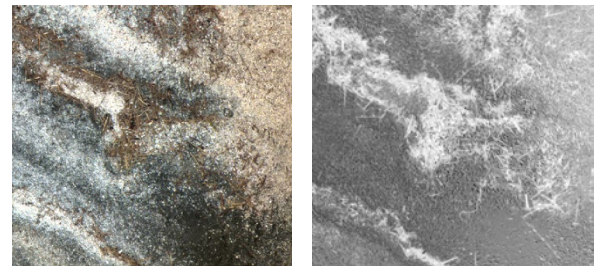


Fig.3 case1-6,case3-1,case3-6における反射率



(a)可視画像

(b)NDSIの算出結果

Fig.4 可視画像及びNDSIの算出結果

る際は、NDVIの値が0.32~0.13の範囲であり、貝ゴミを検出する際は、0.12~0の範囲であった。

4. まとめ

本研究では、漂着ゴミに含まれるマイクロプラスチックの堆積状況を、UAV画像を用いて把握することを目的として、画像解析を行った。三番瀬において漂着ゴミを分光特性から判断する際、NDVIを使用し、算出した値が0.32~0.13の範囲で植物ゴミが存在しており、0.12~0の範囲で貝ゴミが存在していると考えられる。

今後の課題として、本研究の調査対象であった三番瀬以外の海岸でも、同様に、この結果が適応可能か検討したい。さらに、現在は、UAVを使用しているが、衛星画像を取得し、漂着ゴミの堆積状況を把握することが出来るか検討したい。

参考文献

- 1) 山下ら, 海洋生態系におけるプラスチックの動態と生物への影響, 日本生態学会誌, 66(1), pp.51-68, 2016.
- 2) 三小田ら, 水環境汚染の評価に向けた海洋マイクロプラスチックの分析, 分析化学, 68(11), pp.853-857, 2019.
- 3) 作野ら, 海岸のプラスチックゴミ検出のための近赤外分光反射率特性と衛星からの検出可能性, 土木学会論文集B2(海岸工学), 74(2), pp.L1471-L1476, 2018.