

水中ドローンを用いたマイクロプラスチックの回収 ネットワークシステムの検討

三本祥成 山本 寛
立命館大学 情報理工学部

1. はじめに

近年、マイクロプラスチックによる海洋生態系への影響が懸念されている。マイクロプラスチックとは、海洋に流入したプラスチックゴミが紫外線や波などによって粉碎された5mm以下のプラスチックであり、ダイオキシンなどの有害物質を取り込みやすいため、海洋汚染の原因とされている。マイクロプラスチックを回収するための既存技術として、目の細かい網を取り付けた船を手動で操縦する方法など提案されているが、時間的・金銭的コストの高さが課題となっている。また、マイクロプラスチックの存在を検知するために、フーリエ変換赤外分光法やハイパースペクトルイメージングといった手法が提案されているが、いずれも高価なセンサを必要としている[1]。

そこで本研究では、近年普及が進んでいる水中ドローンに対してマイクロプラスチックを回収する機能を拡張し、回収した物体に対して近赤外領域を対象とした画像解析を行うことで、マイクロプラスチックの存在を検知するシステムを研究開発する。またこのシステムは、解析結果と位置情報を紐付けることで、マイクロプラスチックの分布を可視化する。さらに、通信が不安定な海上においてリアルタイムな可視化を実現するために、LPWAを用いて水中ドローン間で情報共有する仕組みを検討する。

2. 提案するマイクロプラスチック回収システム

提案システムの全体像を図1に示す。図のように、提案システムは、センサデータの収集・解析・共有のための機能を備えた水中ドローンを中心とした観測ノードと、観測ノードから収集したデータの蓄積・可視化を行うクラウドサーバから構成されている。観測ノードが備える拡張機能は、マルチスペクトルカメラ(Survey3)、GPSモジュール(BU-353S4)、9軸IMU(Arduino Nano 33 BLE)と、それらを制御する小型コンピュータ(Raspberry Pi 4)により実現されている。また、観測ノードは各センサから取得できるデータを自身の計算資源により処理し、その結果のみをクラウドサーバに送信している。

ここで、観測ノードは回収装置を撮影しているマルチスペクトル画像に対して背景差分法を適用し、新たに回収した物体を検出した後、機械学習を用いてその物体が自然物かプラスチックか分類を行う。マルチスペクトル画像を対象とした解析処理の様子を図2に示す。また、観測ノードはLPWAの一種であるLoRa通信に対応した通信モジュール(SLR-429M)を用いて、通信可能範囲に存在する他の観測ノードとのデータ交換を行い、携帯通信が可能な場所に移動した観測ノードがクラウドサーバへデータをアップロードするDTNネットワークの構成を採用している。加えて、観測ノードはGPSモジュールと9軸IMUによる計測結果を解析し、水中における自己位置推定を行う機能を備える。

3. 性能評価実験

提案システムの有効性を評価するために、プラスチックと自然物を太陽光下で撮影したサンプル画像から機械学習モデルを作成し、水中下で撮影したテストデータに対す

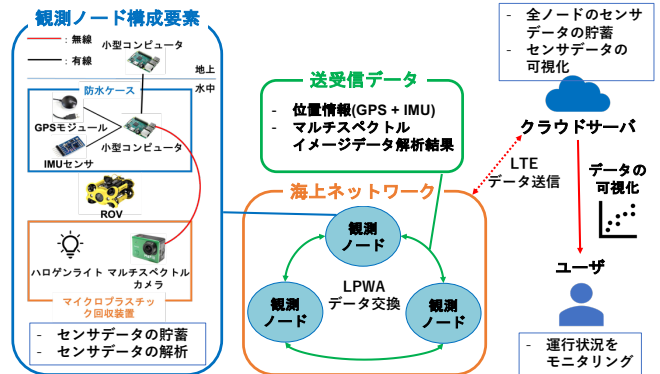


図1. マイクロプラスチック回収システムの全体像

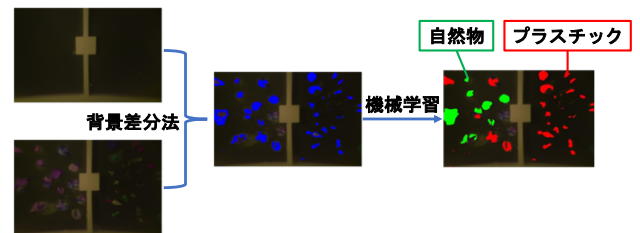


図2. マルチスペクトル画像解析の流れ

表1. 分類における各評価指標

	適合率	再現率	F1値
自然物	1.00	0.64	0.78
プラスチック	0.62	1.00	0.77

る推定精度の評価を行う。実験結果を表1に示す。この実験では、プラスチックの分類における再現率が1.00となっており、将来的に海中から収集した物体をもとにトレーニングデータセットを作成することで、実際の環境でも利用できる機械学習モデルが生成可能であるといえる。

4. まとめと今後の予定

本研究では、マイクロプラスチックの回収・解析・共有を行う機能を備えた水中ドローンを中心とした、マイクロプラスチックの分布を可視化するネットワークシステムを設計・施策した。今後は、ハイパースペクトルカメラを使用した、より高精度でのマイクロプラスチック分類手法、完全自律型的水中ドローンを対象とした自動走行制御方法の検討を行う。

参考文献

[1] Hui Huang, 他, "Underwater hyperspectral imaging for in situ underwater microplastic detection", Science of the Total Environment, 776 (2021) 145960, 1 July 2021.