

ブルーカーボン自動計測システムの開発

Development of an automatic blue carbon measurement system

研究学生：木下 功陽

指導教員：江崎 修央

1. はじめに

近年、脱炭素社会へ向けた取り組みが加速しており、企業や自治体が CO₂ 排出削減に積極的に取り組んでいる。CO₂ 排出量を削減する方法として、省エネ導入や森林の管理などがあり広く採用されている。その中でも近年注目されているのが海洋生態系におけるブルーカーボンの役割である^[1]。海藻藻場などの海洋生態系は、森林などに比べ 5~10 倍の速度で、二酸化炭素を吸収すると言われている^[2]。そのため、脱炭素社会に向けた取り組みにおいて大いに役立つと考えられている。

しかし現状では正確な藻場の面積や時期的な変化がわからない。また藻類によって繁茂時期が異なるため、季節ごとに計測する必要がある。そのため、藻場の変化を時系列に可視化する仕組みが必要である。また現在行われているダイバーによる潜水目視による観測は、人的負荷が高く、安全性に課題があり、広範囲の定量的・定期的な調査は困難である。このほか、空中ドローンや水中ドローンを利用した観測もあるが^[3]、精密機器のため導入・維持コストが高く、操作に熟練を必要とする。また、安全な観測には、多くの補助人員が必要になる。

そこで本研究では、平均的なスキルを持つ漁業者等による運用を想定し、定期的に操業する漁船に独自に開発する観測機を取り付け、低コストで効率的に水中画像の収集を行う手法の構築を行った。また、実証実験を繰り返し、漁船への装着・利用に適した装置設計を目指して改良を行った。最終的に、様々な海域で簡易にかつ高頻度に藻場観測が行える、汎用システムの構築を目指した。

2. システム概要

本システムの概要図を図 1 に示す。まず独自に開発した観測機で海底の動画と航路の GPS 情報を取得する。動画からオルソ画像と 3 次元モデルの再構成をする。オルソ画像とは、海底を垂直に撮影したように補正した画像で、海底の正しい大きさと位置が確認できるものである。復元したオルソ画像からは、機械学習を用いて藻類の識別を行う。識別結果を復元した 3 次元モデルと突合することで藻類ごとの体積を算出が可能となる。

オルソ画像と移動経路、炭素貯留量は web サイトで日付ごとに表示・管理する。これにより藻場

の時系列的な変化を確認可能とし、海域の炭素貯留量をより正確に把握可能になる。なお、表 1 に生態系ごとの吸収量の計数を示す。現状では算出した面積に係数をかけ、炭素貯留量を算出する。

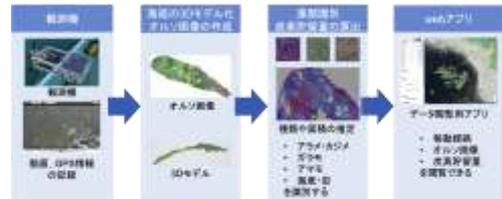


図 1 システム概要図

表 1 炭素貯留量の係数一覧 ([4]より筆者作成)

生態系	吸収量(t-CO ₂ /ha/年)
アマモ	4.9
ガラモ	2.7
アラメ	4.2

3. 観測機の概要

観測機のシステム概要を図 2 に示す。採用した観測システムは iPad と GoPro 12 HERO Black のみの、シンプルな構成とした。GoPro は海底方向を向けて水中映像の撮影を 4K (3840×2160)、フレームレート 60fps で行う。iPad では位置情報の取得と GoPro の録画・停止制御を行う。



図 2 観測機のシステム概要

観測機の外観を図 3 に示す。制作した観測機は小型船舶の縁に容易に取り付け可能な構造となっている。骨組みには、加工のしやすさと防錆性の観点からアルミフレームを採用した。カメラは伸縮機能を持つ一脚に取り付け、水深 0.5m から 4m を撮影できる。

一脚と骨組みの接続にはアームスタンドを利用した。これにより、急な海底・海況の変化からカメラの回避をやすくした。プラスチック製の筐体には iPad を搭載し、観測用アプリを表示する。筐体の側面と底面にはアルミ板を貼り、海面反射による GPS のマルチパス対策を行った。

iPad と GoPro の通信には専用ケーブルを利用し、リアルタイムに海底映像を確認できるようにした。撮影した動画は GoPro 内の SD カードに 1 度保存され、後処理として動画と位置情報を紐付けたデータの出力をする。



図 3 観測機の外観

iPad には独自開発した観測用アプリ (図 4) を搭載している。このアプリでは、GoPro のリアルタイム映像、GPS 情報のプロットが確認できる。また GoPro の撮影の録画・停止制御機能を実装した。



図 4 観測用アプリ

4. 観測結果とオルソ画像・3Dモデルの生成

2023 年度から鳥羽市水産研究所、三重県水産研究所と連携して観測を実施し、装置の改良を継続して行ってきた。

図 5 は、2024 年 12 月 2 日 10:37~11:50 に三重県鳥羽市の離島である大築海島近海で撮影した動画の一例と動画から生成したオルソ画像を示す。また図 6 に生成した 3D モデルを示す。生成には Metashape^[5]を用いた。約 70 秒間の動画から 10fps で画像を取り出し復元を行った。

また、将来的に藻場の体積換算に用いるために 3 次元モデルの生成も実施した。生成には位置情報を利用せず、画像情報からのみ 3D 形状を演算させている。

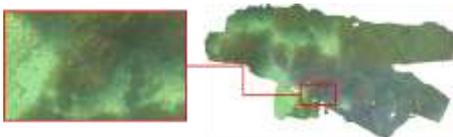


図 5 撮影された動画例と生成したオルソ画像



図 6 生成した 3D モデル

5. オルソ画像の地図上への表示

観測データ閲覧サイトは、撮影した映像から復元したオルソ画像を地図上に表示し、海藻の繁茂状況が一目で確認できる。また、観測機の移動経路や再構成に利用した動画も確認できる。

図 7 は 12 月 2 日に観測した大築海島のデータの表示例である。オルソ画像は、時間ごとの位置情報と画像の撮影時間を突き合わせ、移動範囲と航跡からスケールと回転情報を計算しマッピングしている。これにより、観測海域の藻類の繁茂状況と、いつどこで観測が行われたかの管理・確認が容易に行える。また、オルソ画像から藻場の面積を算出し画面上に表示することで、対象海域の炭素貯留量の増減が時系列で追えるようになる。



図 7 観測データ閲覧サイト

6. まとめと今後の課題

本研究では、藻場の繁茂状況・炭素貯留量可視化システムの開発を行った。今回、開発したシステムはまだ試作段階ではあるが、基礎技術はほぼ確立できたと考えている。今後、実証実験を続け、安定性と安全性を検証していく。また、本研究で得られた技術を基に、無人観測機の開発やプロユースに特化した観測装置の開発など横展開を行う。

参考文献

- [1] GREEN×GLOBE Partners, 『ブルーカーボンとは一注目される背景, 政府・企業の取り組み』, <https://ggpartners.jp/article/000227.html>, (2024 年 12 月 19 日参照)
- [2] ライトスタッフ合同会社, 『ブルーカーボンの CO2 吸収量について徹底解説』, <https://ugal.jp/blue-carbon/865/>, (2024 年 12 月 19 日参照)
- [3] 安永倫明, 『ドローンを活用した新たな藻場環境モニタリングについて』, <https://www.hro.or.jp/list/fisheries/marine/att/ima938.pdf>, (2024 年 12 月 20 日参照)
- [4] 桑江 朝比呂 他, 『浅海生態系における年間二酸化炭素吸収量の全国推計』, https://www.jstage.jst.go.jp/article/kaigan/75/1/75_10/_pdf, (2024 年 12 月 20 日参照)
- [5] 株式会社オーク, 『Agisoft Metashape』, <https://oakcorp.net/agisoft/>, (2024 年 12 月 24 日参照)