

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：81406

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K11937

研究課題名（和文）持続可能な磯根資源利用のためのモニタリングシステムの構築

研究課題名（英文）Development of a Monitoring System for Sustainable Use of Rocky Shore Resources

研究代表者

綾田 アデルジャン（Ayata, Adiljan）

秋田県産業技術センター・電子光応用開発部・主任研究員

研究者番号：10726938

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：水中ドローンによって撮影された海底画像から磯根資源を認識し、その結果と調査地の位置情報や環境情報などのデータを収集・管理する機能を有するモニタリングシステムを開発することが主な目的である。初年度は、水中ドローンを活用した効果的な海底調査方法を確立した。漁獲資源を記録できるシステムの開発として、アワビを対象に、AIカメラを用いた認識手法を提案した。2年度目は、水中ドローンによる海底画像からマルチラベル分類法を用いて海藻を認識する手法を提案した。最終年度は、テキストプロンプトから高精度な海藻認識とセグメンテーションを行う手法と、一般の端末でも海藻を認識できる手法の2つの方法を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

磯根資源の持続的な利用のため、多くの地域では毎年潜水調査による資源の現状や藻場の生育状況の調査が実施されている。しかし、専門知識を持つ潜水士の不足が問題となっており、資源調査の自動化が強く求められている。本研究では、資源調査の自動化に向けた技術の確立に取り組んできた。この技術は、CO2の吸収量が高く、カーボンニュートラルへの貢献度が高いことからブルーカーボンとして注目を集めている藻場の可視化という点でも大きな意義がある。

研究成果の概要（英文）：The primary objective of this study is to develop a monitoring system that can recognize rocky shore resources from underwater drone-captured seabed images and can manage the collected data along with the survey location and environmental information. During the first year, we established an efficient seabed survey method utilizing underwater drones. We also proposed an AI camera-based recognition method with abalone fishing as case study, aiming to develop a system for recording fishery resources. In the second year, we presented a multi-label classification approach for identifying seaweed from seabed images. In the last year, we proposed two methods: a high-precision seaweed recognition and segmentation technique based on text prompts and a lightweight model for seaweed recognition on general devices.

研究分野：知的情報処理

キーワード：スマート水産業 モニタリングシステム 藻場認識 深層学習 水中ドローン 知的情報処理

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

近年、地球温暖化の影響を受け、沿岸浅海域の漁業生産の重要な役割を担う藻場には変化が現れており、この変化は魚介類の生息環境にも大きく影響を及ぼしている。そのため、磯根漁業の振興と資源管理・評価が大きな課題になっている。磯根資源の持続的な利用のため、多くの地域では毎年潜水調査による資源の現状や藻場の生育状況などについての調査が実施され、資源回復の対策や漁獲可能な量の提示などの重要な参考としている。磯根資源の調査において、潜水調査は最も一般的な方法であり、あらかじめ設定した調査点で、生息している魚介類や海藻・海草などの種類、分布状況、被度、底質などの状況確認、防水カメラにより海底状況の記録などが行われる。しかし、調査範囲が広がると多大な労力と時間が必要となる。また、調査者には潜水士資格のほか、魚介類や藻場の種同定や息生状況などに関する知識が求められるため、この二つの条件を備える人材の確保が重要となる。しかし、地域によって高齢化や後継者不足などの問題により、前述のような人材の不足が深刻な問題になっている。潜水調査の記録データに関しても、水産研究機関に持ち帰り、記録データから磯根資源の同定や分類などを確認しながら、調査点ごとに集計し、前年度との比較などの作業が行われるので、広範囲で実施した潜水調査の結果の取りまとめにも多大な時間と大きな負担がかかるため、効率的な磯根資源のモニタリング方法が求められている。

2. 研究の目的

磯根資源の藻場調査には、潜水調査のほかに、空中ドローン (UAV) や衛星画像などによる空中撮影を利用した調査や、魚探などの音響測定を利用した調査などの方法が提案されているが、空撮画像から藻場の有無判断と面積の計算などに関する調査を対象にした研究報告がほとんどであり、海中環境の実状況を把握することには向いていないと言える。しかし、広域調査により藻場における急激な変化の確認が容易であるため、異変がおきた藻場を特定し、その場所で海底調査を実施することが有効的である。一方で、現在提案されている空中撮影を利用した調査方法の精度が低いため、更なる発展が求められ、実用化された場合も海底調査との併用が必要である。近年、深層学習を活用した空撮による藻場判別手法の提案も見られるが、これには潜水や船舶による海底調査結果を学習データとして利用することが一般的である。海底環境の自動分析の確立は、空撮調査の精度向上に寄与する可能性を秘めている。これまでは海底画像の撮影に水中ドローン (ROV) を活用する研究も行われてきたが、使用された ROV は大型で高額なものだった。最近、比較的安価な ROV が発売されており、その活用が期待されている。また、近年、無線小型船舶の研究が活発に行われており、ROV を搭載した無線小型船舶による遠隔または自動調査が実現できれば、本当の意味でのスマート資源管理の実現が期待できる。そのためには、海底画像から磯根資源の自動認識を行う技術の確立が前提条件であると考えられる。本研究は磯根資源の自動認識と、認識結果および調査地の位置情報や環境情報などのデータを収集・管理する機能を有するモニタリングシステムを開発することを研究目的とする。

3. 研究の方法

近年、様々な分野で普及している UAV に比べ、ROV の発展は一足遅れているが、最近では水深 100m まで潜れることに加え、自動帰還や障害物の自動回避などの機能までを搭載した ROV がミドルクラス UAV と同程度の価格で販売されている。漁業協同組合にも導入が可能であり、磯根資源の自動認識が実現できれば、漁業協同組合が主体となった資源管理型漁業の体制構築に貢献することができる。図 1 に ROV を活用する海底調査の概要図を示す。

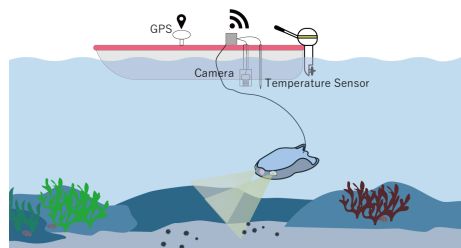


図 1 ROV 活用の概要図

本研究では、海底画像を撮影するための ROV を選定し、ROV に搭載されたカメラのほか、本体に簡単に取り付けが可能で、広範囲に撮影できるカメラからも調査データを記録できる撮影システムを構築し、海底調査に適した撮影方法を確立する。目標とするデータ収集システムの一部である魚介類のデータ収集に関しては、海底画像からのデータ収集に加え、資源の情報を記録できるようなシステムを開発する。集めた海底画像に対してアノテーションを実施し、深層学習ベースの AI モデルを構築し、魚介類の認識手法を提案する。

藻場認識に関しては、UAV 画像から藻場を判別する先行研究において、R-CNN を用いたセグメンテーション法による藻場抽出の有効性を確認している。本研究では、海底画像の藻場領域に対してのラベリングを行い、作成した正解データを磯根資源専門家に確認しながら、学習データセットを作成する。領域抽出に関しては、近年、Mask R-CNN や Cascade R-CNN などの方法は注

目を浴びており、高精度な方法も続々と登場している。これらの方法の中から海底画像から藻場認識と領域抽出に適した手法を選定し、利用するシーンに合わせた藻場認識手法を提案する。更に、資源情報と GPS 位置情報に加え、調査の際、温度センサーなど IoT センサーから簡易に取得できる環境情報などの管理に適したデータベースを構築し、簡単に操作可能なシステムを開発する。

4. 研究成果

初年度は水中ドローンを選定し、広範囲で海底画像を撮影できるように広角のカメラを ROV に取り付けて、海底調査に適した撮影方法を確立した。魚介類のデータ収集に関しては、海底画像からのデータ収集に加え、漁獲した資源の情報を記録できるようなシステムの開発として、アワビを対象に、AI カメラを用いた認識手法を提案し、その実験結果を学会で発表した[1]。この提案で採用した AI カメラのステレオ画像による深度情報も取得できるため、サイズ測定にも利用可能である。また、ROV に搭載されたカメラの撮影画像をスマホなどの端末で確認し操作する場合、画像表示に微小な遅延が生じるため、その遅延を定量的に把握できる方法が必要だった。そこで、画像の伝送遅延を簡易に測定できる方法を提案した。この方法は、5G を用いた遠隔操作の場合も重要であると考えられる。

2 年目は、岩手県釜石市の唐丹湾と両石湾の漁場で ROV を活用した藻場の生育状況を確認するための実験的な調査を行い、藻場の映像データを収集した。ROV を用いた海底調査の様子を図 2 に示す。漁船にも防水カメラを取り付けており、図 2 の右の画像はそのカメラから撮影したものである。調査では 3 台のカメラを使ってデータ収集を行った。



図 2 ROV を用いた海底調査の様子

海底画像に広がる柔軟な形状を持つ海藻を認識させるために、一般的な物体認識手法であるバウンディングボックスを用いた深層学習モデルではなく、画像に映っているか否かを認識するマルチラベル分類法による海藻認識手法を提案した[2]。これは、海藻認識に関して最も有用な方法はピクセルベースで海藻の領域認識するセグメンテーション手法やバウンディングボックスで領域を囲む物体認識手法であるが、これらの認識モデルを精度良く学習させるには、数多くの学習データの作成が必要であり、海底画像に広がる海藻に対してそのようなデータセットを作成するのは困難で、時間がかかることからである。深層学習によるマルチラベル分類では、入力画像から特徴を抽出する検出器として ResNet と EfficientNet を採用した。認識モデルの構築に必要な訓練・検証・テスト用データセットの作成にあたっては、海藻の映像データに対してマルチラベリングが実施できる独自のアノテーションアプリケーションを開発した。図 3 に開発したアプリを用いたアノテーションの様子を示す。このアプリを用いて作成したデータセットにコンブ、ワカメ、アカモク、アオサなど 10 種類以上の海藻が含まれており、提案手法は各々の海藻に対して精度よく認識することができた。図 4 に提案したマルチラベル分類法による海藻認識の一例を示す。



図 3 開発したアノテーションアプリ

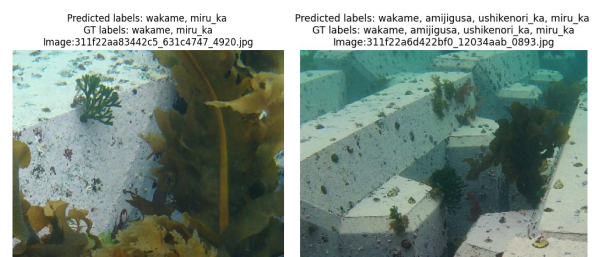


図 4 マルチラベル分類法に海藻認識の一例 (検出器は EfficientNet である)

最終年度は、時間をかけてピクセルベースのラベリングにより、約 7300 枚の画像から構成される学習データセットを作成し、海藻認識と同時に海藻領域のセグメンテーションを行う方法を提案した[3]。本方法では、セグメンテーションタスクに特化した Segment Anything (SAM) を採用し、テキストプロンプトと連携させることで入力したテキスト(海藻名)に基づいて海藻の認識とセグメンテーション、つまり Text to Segmentation を行う。SAM を基本モデルとする提案手法の概

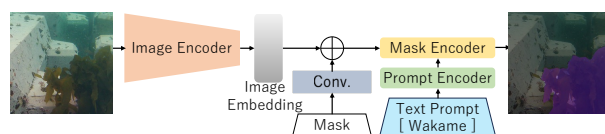


図 5 SAM を基本モデルとする海藻認識モデルの概要

要を図5に示す。この手法は3つの主要要素である、画像エンコーダ、プロンプトエンコーダ、マスクデコーダから構成される。画像エンコーダでは Vision Transformer (ViT)を用いて入力画像に対する処理を行い、プロンプトエンコーダと組み合わせが可能な画像埋め込みを出力する。プロンプトエンコーダは、プロンプトの種類に応じてエンコードし、プロンプトを特徴ベクトル

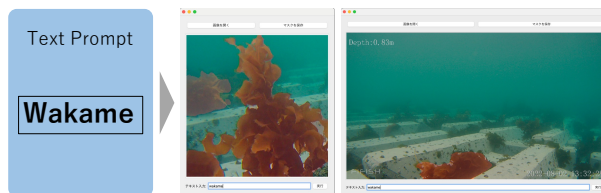


図6 Text to Segmentation による海藻領域のセグメンテーション

に変換する。SAM では点、バウンディングボックス、テキストのプロンプトをサポートしており、本手法ではカスタムプロンプトに CLIP のテキストエンコーダを使用した。この手法を用いて海藻領域に対してセグメンテーションを行った一例を図6に示す。この例では、テキストプロンプトに「Wakame」というキーワードを入力したところ、画像内のワカメの領域が高精度で認識されていることがわかる。この手法は、前年度のマルチラベル分類法による認識モデルと組み合わせて利用することが可能である。前年度のモデルで認識を行い、認識した海藻名を用いて高精度なセグメンテーションを実施できる。しかし、この SAM を元にしたモデルにはハイエンドの処理器が必要となる。そこで、一般の端末でも海藻認識できるように、インスタンスセグメンテーションという画像内の個々の物体をピクセルレベルで識別し、物体の検出と画像内の領域を特定する技術を用いた海藻認識手法も提案した[4]。

今後は以上の成果をまとめて、磯根資源の自動認識における精度向上を目指していく。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 綾田アデルジャン、丹健二、佐々木大三、伊藤亮、萩原義裕
2. 発表標題 インスタンスセグメンテーション手法を用いた海藻認識の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 綾田アデルジャン、丹健二、佐々木大三、伊藤亮、飯倉宏治
2. 発表標題 Text to Segmentationによる海底画像からの海藻認識の検討
3. 学会等名 電気学会全国大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 佐々木大三、伊藤亮、荒川亮、西村洋、綾田アデルジャン、丹健二
2. 発表標題 ローカル5Gの基地局-端末間距離におけるデータ転送速度の検討
3. 学会等名 電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 米内一樹、萩原義裕、田村尚司、綾田アデルジャン
2. 発表標題 セマンティックセグメンテーションを用いた藻場領域の検出
3. 学会等名 計測自動制御学会東北支部第377回研究集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 綾田アデルジャン、佐々木大三、伊藤亮、丹健二
2. 発表標題 デュアルカメラ配信における簡易評価法の検討
3. 学会等名 2022年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 綾田アデルジャン
2. 発表標題 持続的なスマート水産業における水中ドローンの活用について
3. 学会等名 次世代ひかり産業技術研究会技術講演会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 綾田アデルジャン、萩原義裕
2. 発表標題 深層学習による水中ドローン画像からの海藻認識の検討
3. 学会等名 令和5年電気学会全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 綾田アデルジャン、松本有紀雄、萩原義裕
2. 発表標題 深層学習を活用したデータ収集システムの開発 - AIカメラを用いたアワビ認識に関する検討 -
3. 学会等名 情報処理学会第84回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 綾田アデルジャン、佐々木大三、丹健二
2. 発表標題 ストリーミングレイテンシの簡易測定方法の検討
3. 学会等名 令和4年電気学会全国大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 綾田アデルジャン、丹健二、佐々木大三、伊藤亮、佐々木信也	4. 発行年 2024年
2. 出版社 日本出版制作センター	5. 総ページ数 116
3. 書名 月刊JETI 7月号 『県内企業に向けた IT とセンサを活用した デジタル化・リモート化の取り組み』	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	萩原 義裕 (Hagihara Yoshihiro) (80293009)	岩手大学・理工学部・教授 (11201)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------