

令和 4 年 6 月 21 日現在

機関番号：82706

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K05802

研究課題名(和文) 海底面画像マッピングに基づいた生物資源量計測

研究課題名(英文) Measurement of biological resources based on seafloor image mapping

研究代表者

中谷 武志 (Nakatani, Takeshi)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・研究プラットフォーム運用開発部門・副主任研究員

研究者番号：00581753

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、自律型海中ロボット(AUV)を底生生物の資源量計測に導入して、海底面画像マッピングに基づいた広範囲かつ精密な生物資源量計測を提案した。そして、その要素技術として、光切断法やSfM(Structure from Motion)手法などを用いた「高精度な海底面画像スキャン技術」ならびに「3次元画像モデリング技術」、ディープラーニング手法を用いた「海底面画像からの特徴量抽出技術」を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ミリオーダーでの海底面形状と画像の取得手法、取得データの自動処理による3次元画像マッピングおよび定量的解析手法までを含めた総合的な計測システムを開発した。そして、各種の学術的調査や水産資源開発の議論に用いるための定量的なデータを取得することが可能な総合的な計測システムを可能とした。また、開発したSfMやAI技術は、有人潜水調査船「しんかい16500」等で撮影された過去の膨大な深海映像資料の活用につながる技術であり、今後の研究開発によって、過去の映像資料から時系列での重要な科学的知見が得られることが期待される。

研究成果の概要(英文)：In this research, we propose a wide range and precise measurement of biological resources based on seafloor image mapping using autonomous underwater vehicle (AUV). We have developed its elemental technologies: "high-precision seafloor image scanning technology" and "three-dimensional image modeling technology" using the optical cutting method and SfM (Structure from Motion) method, and "technique for extracting features from images" using the deep learning method.

研究分野：海中ロボット学

キーワード：AUV 海底面 画像マッピング 特徴量抽出

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。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

サンゴ礁域や漁場、メタンハイドレート地帯等には様々な底生生物群集が存在し、科学観測および水産資源開発の観点からの生物量計測が求められている。これまで主に曳航ソリ式ビデオカメラや遠隔操縦ロボットによって計測が進められてきたが、ライトや泥の巻き上げによって、“場”を乱してしまい、調査対象物の甲殻類や魚類が驚いて逃げるといった問題があった。

2. 研究の目的

そこで本研究では、機動性・静粛性に優れた自律型海中ロボット(AUV)を用いた生物量計測を提案するとともに、得られた膨大なデータを活用するためのデータ自動処理手法の開発を行う。

具体的には、AUVのナビゲーション情報や画像情報に基づいて再構築された海底面の3次元画像モデルから、興味ある対象物の数をカウントする自動処理ソフトウェアを開発する。さらには、種や雄雌の同定、体長などの個体特徴量を抽出する画像解析アルゴリズムについても検討を行った。本計測システムにより定期的に同一海底面を調査すれば、画一的な計測条件のもとでの経年変化を明らかにすることが可能となる。

3. 研究の方法

(1) 海底面画像スキャンおよび3Dモデリング技術

申請者の先行研究においては、海底面を平面と仮定して、写真をその平面に2次元投影していた。そのため凹凸が大きい海底面ではマッピングが歪み、サイズ計測の精度が低かった。そこで本研究では、レーザーが搭載可能な場合には光切断法を、カメラ映像のみが利用可能な場合はSfM(Structure from Motion)手法を用いることを提案した。そして、カメラ画像を1ピクセルごとにその3次元形状に投影することにより、海底面の画像3Dモデルを構築するソフトウェアを開発した。これにより、AUV等が一定高度を保ちながら航行して計測することにより、芝刈りの要領で海底面をカラーで3次元スキャンすることができる。

(2) 海底面画像からの特徴量抽出技術

海底資源調査等における効率的かつ定量的な解析の実現を目的に、海中探査機により撮影された画像から底生生物や魚類等を検出する画像処理の高度化を行った。実用化を目指して、泥に被った個体や、重なり合った複数の個体識別に取り組み、実際の深海の映像に適用して精度を検証した。

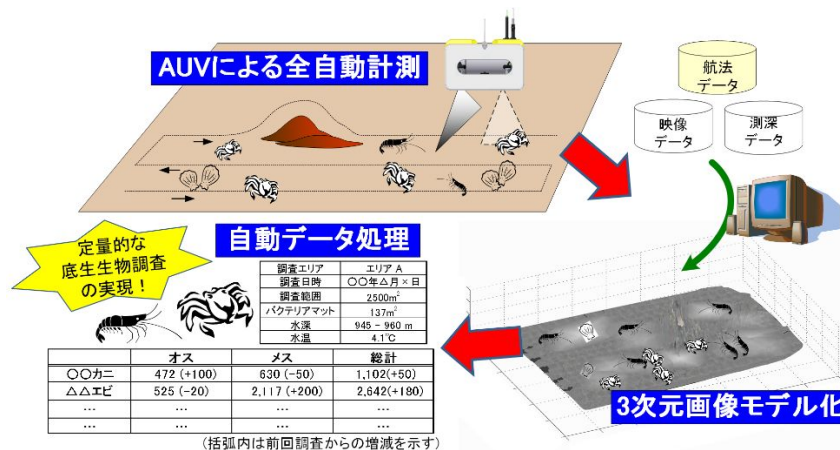


図1 本研究で提案した「海底面画像マッピングによる底生生物の資源量計測システム」

4. 研究成果

(1) 海底面画像スキャンおよび3Dモデリング技術

GPSやLIDARが使用できない深海環境へSfM技術を適用できれば、3Dモデルを作るための強力なツールになることが期待される。ただし、その適用には次の課題がある。

マリンスノーや魚などの映り込み

ライティング(太陽光が届かない環境、波長によって異なる減衰率)

熱水地帯等を除いて、海底面に特徴が少ない

実スケール化するための基準点がない

これらは深海環境において避けられない課題であり、アルゴリズムや処理フローの改良によって対応を進めた。例えば、については基礎行列推定+RANSAC技術を用いて映像内に映り込む物体をノイズ(外れ値)として除去を行う。また、スーパーインポーズされたタイムスタンプや、画角に映り込んだロボットのマニピュレータは事前にマスキング処理を施して除去している。

実際の深海映像として、有人潜水調査船「しんかい6500」第1446潜航(YK15-18航海, 2015年11月)において、明神海丘の水深1250m海域にて撮影した映像を用いた。水中テレビカメラはビークルの正面斜め下向きに取り付けられており、その撮像素子は2/3型3-CCD、有効画素数は約207万画素であり、H.264/AVC形式で保存されている。

斜面を中央の尾根に沿って登っている際の1分間の映像であり、画像間のオーバーラップ率を考慮して1秒間隔で静止画として抜き出して処理を行った。図2はその1枚であり、作成された画像3Dモデルを図3に示す。この映像には深海魚も映り込んでいたが、前述の処理により動体として除去されており、3Dモデルに影響を与えていない。

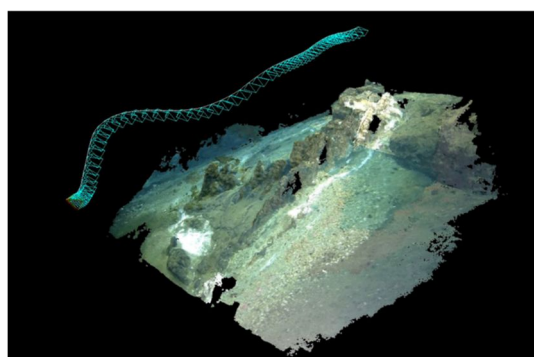


図2 熱水地帯でのしんかい6500のビデオ映像 図3 SfM技術により復元された海底3Dモデル

SfM技術は、映像のみの入力で行処理が出来るため、過去に取得された映像資料を活用できることが大きな利点である。そのため、過去の映像資料の活用により、例えば地震などの事象が発生した前後の海底面の変化を定量的に明らかにすることが可能となり、時系列での重要な科学的知見が得られることも期待される。

(2) 海底面画像からの特徴量抽出技術

ディープラーニングの手法を導入し、単純な2値化処理では検出できない泥に被った個体や、重なり合った複数の個体を識別するアルゴリズムを開発した。AIモデルには、精度ならびにロバスト性を考慮してDETRを使用した。また、推論結果の学習データへの再利用や、学習曲線の可視化、学習終了条件の動的判定などの機能を実装した。図4は、実際の深海映像への適用結果の例であり、泥を被った個体や、画角端に一部しか映っていない個体が認識されていることが分かる。

また、本研究で開発したAIならびにSfM技術のアルゴリズムの検証と改良を目的に、カメラ回転装置を用いて熱水チムニー模型の周囲をビデオ撮影する装置を開発した。そして、バーチャル空間に3D復元するとともに、映り込んだカニとエビの模型をAIによって瞬時に自動カウントする機能を実装した。また、同装置を展示会に出展して好評を博した。

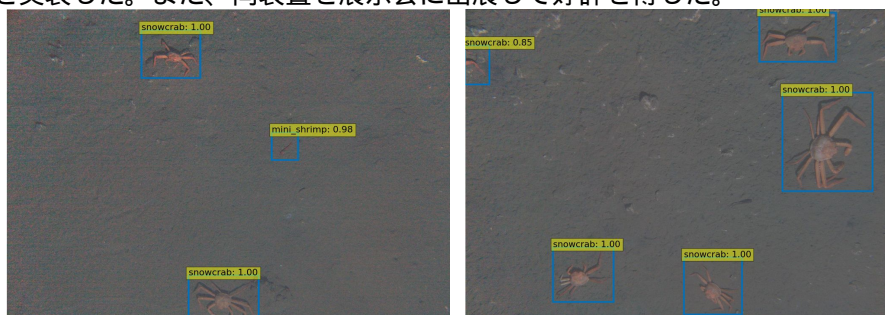


図4 AIによる種別判別

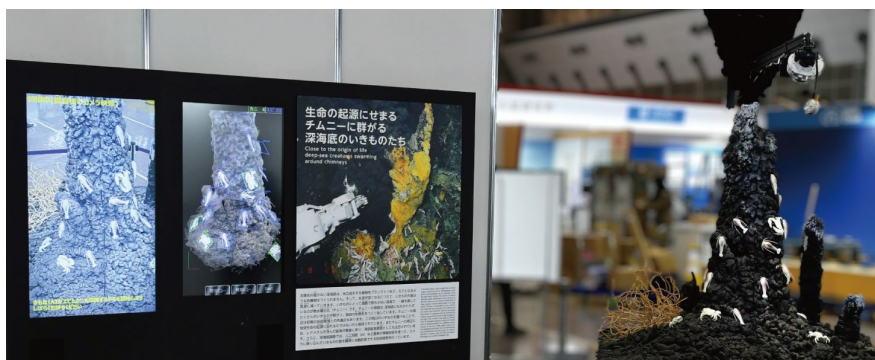


図5 熱水チムニーと生物群を模したアルゴリズム検証用装置

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 中谷 武志
2. 発表標題 深海底調査への画像3D モデリング技術の適用
3. 学会等名 ROBOMECH, ロボティクス・メカトロニクス 講演会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------