

令和 3 年 6 月 20 日現在

機関番号：58001

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04073

研究課題名(和文) 曳航型水中ロボットを用いた浅海域における海底3D地図作成の高速広域化

研究課題名(英文) High-speed wide area of shallow seabed 3D map creation using towed underwater robot

研究代表者

武村 史朗 (Takemura, Fumiaki)

沖縄工業高等専門学校・機械システム工学科・教授

研究者番号：70455187

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：曳航型水中ロボットを用いて、高速広域での海底写真収集を行う。海底の3D地図作成は学術的・実地的理解に有用なデータである。サンゴ礁の浅瀬でのモニタリング方法の1つに、ダイバーを曳航するマンタ法がある。マンタ法は小型ボート、デジタルカメラ、ダイバーのエアタンクなどの従来の機器を使用して安価に実施できる。ただし、潜水時間と深度は、安全のために規則に基づいて制限されている。提案手法である小型船による曳航型水中ロボットは、船による水中ロボットの曳航のため、ダイバー等の人手の負担軽減・危険性の除去ができる。曳航速度約1.21m/sで曳航して幅約10m×長さ約20mの海底3D地図を作成することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本提案手法は従来、ダイバーで行われていたマンタ法を水中ロボットで行えることを示した。従来の手法は人手で行われているため、肉体的負担・危険性を伴っていたが、本手法はその除去を行うことができる手法である。また、曳航型水中ロボットを使うことで高速に広域の海底の情報収集を行うことができる。これは、従来の人手で行っていた手法より、安価・短時間で情報収集を行え、海底3D地図を定期的に取得できる可能性を示した。定期的に海中の情報を収集することで、海で何が起きているのか、我々にどのようなことが起きるのか、持続可能な社会のためにどのようなことが必要とされるか、に繋がる気づきを与えると考える。

研究成果の概要(英文)：A towed underwater robot is used to collect seafloor photographs over a wide area at high speed. 3D mapping of the seafloor is useful data for academic and practical understanding. One of the monitoring methods in the shallow waters of coral reefs is the manta-method for towing divers. The manta-method can be carried out inexpensively using conventional equipment such as small boats, digital cameras, and divers' air tanks. However, the dive time and depth are restricted according to the rules for safety. The towed underwater robot by a small ship, which is the proposed method, can reduce the burden on humans such as divers and eliminate the danger because the underwater robot is towed by a ship. By towing at a towing speed of approx. 1.21 m/s, we were able to create a 3D map of the seafloor with a width of approx. 10 m and a length of approx. 20 m.

研究分野：フィールドロボティクス

キーワード：海洋探査 曳航型水中ロボット 3D地図

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

これまで、深海を対象とした海底3D地図作成の技術は進んでおり、2017年3月にはXプライズ財団が主催している海底3D地図を広域で作成する「Shell Ocean Discovery XPIZE」に日本の「Team KUROSHIO」が参戦した。深海での利用を目的とした水中ロボットは大型のため、浅海域では風は波の影響を受けやすい。また、浅いところでは海底との衝突の危険性が極めて高く、運用が困難になる。また、水中ロボットは推力の関係より、運動速度を速くできない。そのため、浅海域では小型かつ曳航型的水中ロボットが有効で、高速・広域化を実現するには曳航型水中ロボットを使った本提案手法に利点がある。

### 2. 研究の目的

曳航型水中ロボットを用いた浅海域における海底3D地図作成の高速・広域化の手法を確立する。海底の3D地図作成は学術的・実地的理解に有用なデータである。サンゴ礁の浅瀬でのモニタリング方法の1つに、ダイバーを曳航するマンタ法がある。マンタ法は小型ボート、デジタルカメラ、ダイバーのエアタンクなどの従来の機器を使用して安価に実施できる。ただし、潜水時間と深度は、安全のために規則に基づいて制限されている。提案手法である小型船による曳航型水中ロボットは、船による曳航ができるため高速で移動でき、GPSによる画像取得海域の特定も容易となり、人手による負担軽減・危険性の除去をして安全にデータ収集を行うことができる。海底の3D地図測量を実現するため、一度に広範囲の海底を撮影できる複数カメラを搭載したユニットを製作し、基礎実験を行う。

### 3. 研究の方法

図1の曳航型水中ロボットを船で曳航して海底の写真撮影を行う。この曳航型水中ロボットは主翼の操作で潜航・浮上を行うことができ、尾翼で姿勢を調整することができる機構を有している。海底の3D地図には、様々な角度からの写真が必要となる。そこで、図2のように異なる方向を向いた5台のデジタルカメラを搭載できるプロトタイプを製作した。各カメラの画像がオーバーラップするようにカメラが配置されていることを示している。今回のカメラにはGoPro Hero 5 (CHDX502; GoPro Inc.)を利用した。単一のカメラではキャプチャできないオクルージョン領域を、複数のカメラ撮影を用いて減らすことを目的とした。



図1 曳航型水中ロボット

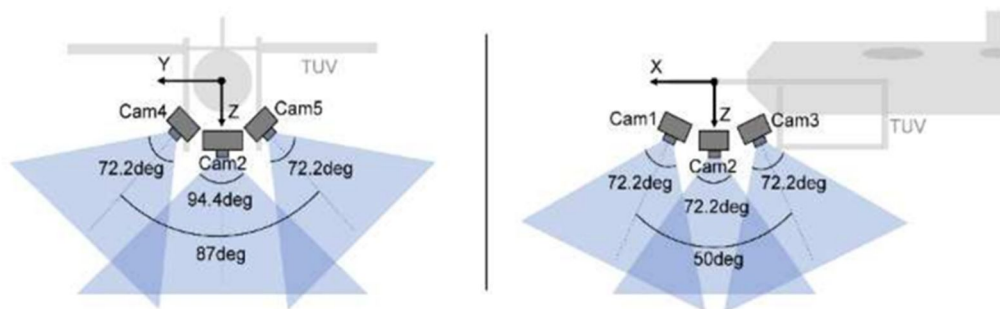


図2 マルチカメラユニットとカメラ配置

### 4. 研究成果

沖縄県瀬底島でフィールドテストを実施し、幾つかの曳航速度で鮮明な海底画像が得られるかを評価し、3D地図を作成した。小型船による曳航型水中ロボットの試験では、曳航速度約4ノット(約2.0m/s)での曳航には成功したが、3D地図作成は曳航速度約2ノット(約1.21m/s)でデータ収集した写真を元に行った。撮影間隔は1秒であった。図3(a)は、収集した画像からオフラインで作成された3D地図を示す。比較のために、図3(b)に1台のカメラで撮影した画像から作成した3D地図を示す。マルチカメラユニットを使った方が広域の3D地図が作成できていることがわかる。サンゴの形状や種類もわかる。これらの結果から、本提案手法で3D地図の作成が可能であることを確認した。

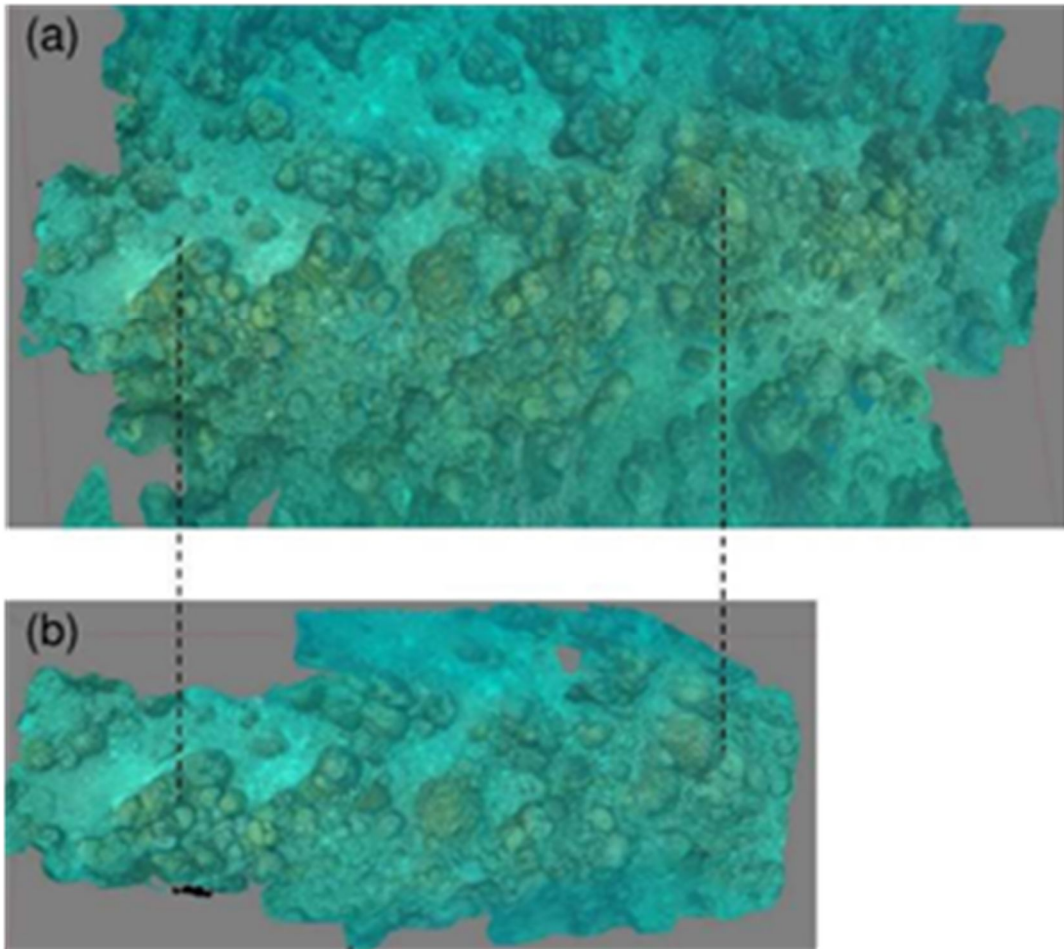


図3 曳航速度 1.21m/s で撮影された画像データから作成された海底 3D データ  
(a) マルチカメラユニットの全画像を利用 ,(b) 一台のカメラの画像を利用

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 武村史朗, 坂上憲光	4. 巻 26
2. 論文標題 沖縄近海における水中ロボティクスの活用	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本AEM学会誌	6. 最初と最後の頁 516-521
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Norimitsu Sakagami, Keita Hirayama, Ryo Tabata, Shota Kobashigawa, Seita Arashiro Fumiaki Takemura and Satoru Takahashi	4. 巻 26
2. 論文標題 Development and Field Experiment of a Human-portable Towed ROV for High-Speed and Wide Area Data Acquisition	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Artificial Life and Robotics	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 坂上憲光, 武村史朗	4. 巻 735
2. 論文標題 水中考古学への水中ロボティクスの活用	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 月刊考古学ジャーナル	6. 最初と最後の頁 29-31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 武村史朗, 坂上憲光	4. 巻 744
2. 論文標題 水中考古学における広域・詳細調査へのロボット技術の摘要	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 月刊考古学ジャーナル	6. 最初と最後の頁 31-33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 廣瀬諒, 高橋悟, 川端邦明, 坂上憲光, 武村史朗
2. 発表標題 海底データ3次元形状復元手法
3. 学会等名 計測制御学会第20回システムインテグレーション部門講演会2019講演論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 武村史朗, 小橋川翔大, 新城成大, 坂上憲光, 高橋悟, 相良真一
2. 発表標題 曳航型水中ロボットの性能改善
3. 学会等名 計測制御学会第20回システムインテグレーション部門講演会2019講演論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 新城成大, 武村史朗, 坂上憲光, 高橋悟
2. 発表標題 水中ロボットのための超音波を利用した高度計測装置
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会2019講演論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Norimitsu Sakagami, Fumiaki Takemura, and Satoru Takahashi
2. 発表標題 Preliminary experiment of a small towed underwater vehicle for high-speed and wide area data acquisition
3. 学会等名 The Twenty-Forth International Symposium on Artificial Life and Robotics 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 武村史朗, 坂上憲光, 高橋悟, 山船晃太郎
2. 発表標題 海底3D地図作成を目的とした曳航型水中ロボットによる画像データ取得の高速化・広域化
3. 学会等名 第36回日本ロボット学会学術講演会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小橋川翔大, 武村史朗, 川端邦明, 相良慎一, 小笠原敬
2. 発表標題 曳航型水中ロボットの操作改善
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 喜納勝海, 武村史朗, 坂上憲光, 高橋悟, 相良慎一
2. 発表標題 海底画像を用いた水中ロボットの自己位置推定の検討
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2020
4. 発表年 2020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
研究 分担者	坂上 憲光  (Sakagami Norimitsu)  (20373102)	東海大学・海洋学部・教授    (32644)	

6. 研究組織（つづき）

	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	高橋 悟  (Takahashi Satoru)  (50297579)	香川大学・創造工学部・教授    (16201)	

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