

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 23 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23360393

研究課題名(和文) ソーラー水中グライダーによる海洋環境モニタリングに関する研究

研究課題名(英文) A study on ocean environmental monitoring by using a solar-powered underwater glider

研究代表者

有馬 正和 (ARIMA, Masakazu)

大阪府立大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：70264801

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円、(間接経費) 4,170,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、長期間・広範囲に亘って海洋の環境や生態系をモニタリングすることのできる実海域用ソーラー水中グライダーTonai60(トーナイ・シックスティ)の研究開発を行った。機体には、画像解析によって造礁サンゴの被度分布などを調査するためのネットワークカメラや海中音響観測によって鯨類の生態を調査するためのシステム、海洋環境プロファイラー(計測項目：深度、水温、塩分濃度、電導度、濁度、クロロフィルa、溶存酸素)を装備している。水槽試験および実海域試験によって、機体の潜航性能を実証した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to develop an ocean-going solar-powered underwater glider, named Tonai60, for a long-term and wide-range monitoring of ocean environment and ecosystem. The maximum operation depth is 60 metre in the twilight ocean zone. The Tonai60 glider is equipped with a multi-parameter data logging profiler for monitoring ocean environment, a network camera for coral reef monitoring, and an acoustic data logger for monitoring marine mammals. The Tonai60 glider was demonstrated its gliding performance from tank test and sea trials.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・船舶海洋工学

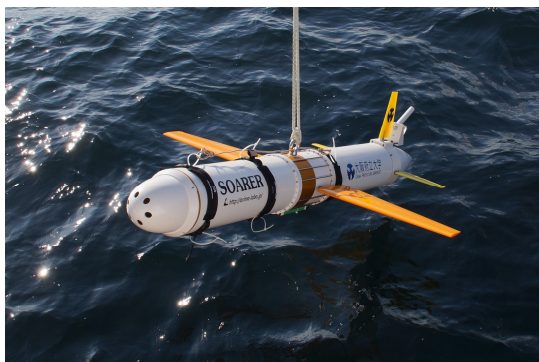
キーワード：ソーラー水中グライダー 群知能海中ロボット 海洋環境モニタリング 海洋生態系 海中音響観測 造礁サンゴ

1. 研究開始当初の背景

現在、我々が直面している地球環境問題、エネルギー問題、食糧問題などの解決には、膨大なキャパシティを持つ海洋がその鍵を握っていると言われていた。海洋の物理的・化学的・生物学的な観点での解明が望まれており、長期に亘る多点同時観測網の整備が喫緊の課題となっている。近年、海洋の調査・探査に海中ロボットが導入されるようになり、大きな成果を上げている。特に、AUV (自律型海中ロボット: Autonomous Underwater Vehicle) は、ひとが容易に近づけないような深海底や広域に亘る調査で威力を発揮している。一方、AUV には、船上からの動力供給やリアルタイム制御が可能な ROV (遠隔操作型海中ロボット: Remotely Operated Vehicle) とは異なり、搭載する動力源の容量によって運用時間が制限されてしまうという大きな課題がある。

水中グライダーは、浮力調整装置によって潜入と浮上を繰り返し、機体に働く流体力を利用して推進するため、エネルギー効率が非常に高い自律型海中ロボットである。現在、市販されている米国製の水中グライダーでは、300 日以上運用できるものもある。海面と深海との温度差を利用して浮力調整を行い、5 年間 (メーカー推定値) の長期運用ができる水中グライダー (Slocum Thermal Glider) が開発され、既に実用化されているが、温度差の小さい日本近海での運用は難しいと考えられている。

研究代表者らは、水中グライダーの研究に取り組み、従来の水中グライダーに比べて、運動性能を飛躍的に向上させた「主翼独立制御型水中グライダー」実験機 ALEX を開発し、現在、実海域で 1,500m まで潜航可能な海洋環境モニタリング用水中グライダー SOARER の開発を進めている。



主翼独立制御型水中グライダー SOARER

また、長期間の運用を実現するために、太陽光エネルギーを利用した「ソーラー水中グライダー」を考案し、実験機 SORA を製作して潜航試験を実施した。屋内の実験施設では光量が不足して、十分な潜航をさせることができなかったが、水中での充電が十分に可能であることを示し、屋外での実験においてソーラー水中グライダーが実現可能である

ことを明らかにしている。そして現在、実海域での実用化に向けたフィージビリティスタディ (可能性試験) を行う段階となっている。



ソーラー水中グライダー SORA

2. 研究の目的

本研究の最終目標は、「グライダー型群知能海中ロボット」を開発し、千機を全地球規模の海洋に展開して、長期に亘る 3 次元多点同時観測を可能にすることである。本研究では、太陽光エネルギーを用いて長期間の運用が可能となる「実海域用ソーラー水中グライダー」を開発し、地球の短期的な気象変動に大きな影響を及ぼす浅海域の海洋環境データをモニタリングすることを目指す。研究期間内に、(1) 太陽光エネルギーを利用したグライダー型海中ロボットの設計・製作を行い、水槽試験と実海域試験を経て、(2) 表層域における海洋環境モニタリングの実証を行う。また、(3) 中深層域で運用される水中グライダーを含めた複数機による「群知能海中ロボットシステム」の実現を目指して、その通信・制御などの統合的な運用アルゴリズムの構築を行う。

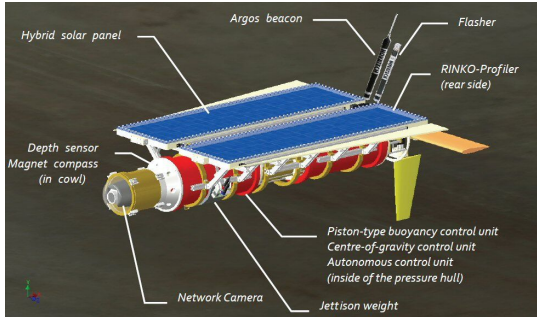
3. 研究の方法

本研究課題の具体的な実施項目は、(1) ソーラー水中グライダーの設計・製作 [ハードウェア・ソフトウェアの開発]、(2) 海洋環境モニタリングの実証 [実海域試験と解析・評価]、(3) 群知能海中ロボットシステムの検討 [実用化に向けた検討]、の 3 点である。

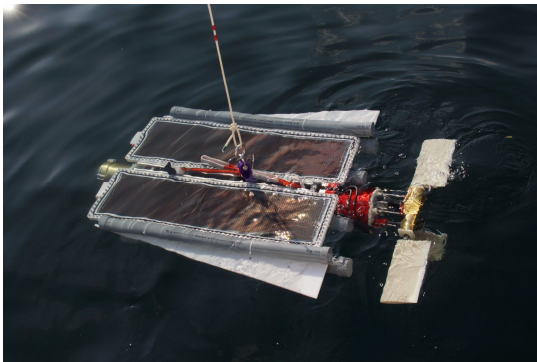
(1) ソーラー水中グライダーの設計・製作には、海中での太陽光発電を実現するためのソーラーパネルの実海域試験、機体や耐圧容器の耐圧試験や水槽試験、制御用ソフトウェアの調整が必要となる。また、(2) 浅海域における海洋環境モニタリングの対象として、鯨類の海中音響観測と造礁サンゴの画像観測を実現するためのシステムを組み込むこととした。機体の設計・製作と平行して、実海域での海洋生態系モニタリングを行う。最後に、(3) 群知能海中ロボットシステムの構築に向けて、複数機の水中グライダーを同時に展開するための方法について検討を行った。

4. 研究成果

本研究では、60m までの浅海域における海洋環境のモニタリングに資することができる実海域用ソーラー水中グライダー Tonai60 (トナイ・シックスティ; Twilight Ocean-zonal Natural-resources & Animals Investigator) を開発した。



実海域用ソーラー水中グライダー Tonai60



Tonai60 の実海域試験 (鹿児島湾にて)

ピストン式浮力調整装置によって機体の浮力を変化させることで潜入と浮上を繰り返しながら海中を潜航することができる。また、機体の姿勢を変化させるために、重心移動装置を内蔵している。さらに、旋回をスムーズに行うために、水平尾翼は左右が独立に制御できるようになっている。

機体の最前部にはネットワークカメラを装着し、海中の映像を撮影できるようになっている。ある種の造礁サンゴがブラックライト (紫外線ライト) に対して蛍光反応を示す性質があることから、画像解析によってサンゴ礁の分布を調べることが目指している。また、海中音響データロガー A-tag を備えていて、小型鯨類の生態を調査することも可能である。機体最後尾に取り付けられた海洋環境プロファイラー RINKO-Profiler では、塩分濃度、水温、深度、電気伝導度、溶存酸素、濁度、クロロフィル *a* の状態を記録することができるので、鯨類の生態やサンゴ礁の状況を合わせてモニタリングをすることで海洋環境・生態系の健全度を評価することが可能になるものと考えられる。

複数機の水中グライダーを同時展開するためには、現段階では海中の位置情報を得る必要があるため、自律型洋上ステーションの利用が有効であると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 10 件)

M.Arima, H.Tonai, T.Akamatsu, H.Minakuchi: Feasibility Study of Underwater Passive Acoustic Observations of Killer Whales using A-tag -For a wide-range and long-term monitoring by underwater gliders-, Procs. of WAC2014, 査読あり, (2014.08). 印刷中.

M.Arima, H.Tonai, K.Yoshida: Development of an ocean-going solar-powered underwater glider, Procs. the twentyfourth (2014) International Offshore and Polar Engineering Conference (ISOPE-2014), 査読あり, (2014.06). 印刷中.

H.Tonai, M.Arima: Design of an Ocean-Going Solar-Powered Underwater Glider, Procs. of the twentythird (2013) International Offshore and Polar Engineering Conference (ISOPE-2013), 査読あり, Vol.1, pp.345-349, (2013.06).

M.Arima, H.Tonai: Feasibility Study of an Ocean-Going Solar-Powered Underwater Glider, Procs. of the twentysecond (2012) International Offshore and Polar Engineering Conference (ISOPE-2012), 査読あり, Vol.2, pp.532-537, CD-ROM, (2012.06).

[学会発表](計 10 件)

M.Arima, H.Tonai, T.Akamatsu, H.Minakuchi: Feasibility Study of Underwater Passive Acoustic Observations of Killer Whales using A-tag -For a wide-range and long-term monitoring by underwater gliders-, World Automation Congress 2014, 査読あり, 2014.08.03-07, 米国・ハワイ.

M.Arima, H.Tonai, K.Yoshida: Development of an ocean-going solar-powered underwater glider, the twentyfourth (2014) International Offshore and Polar Engineering Conference (ISOPE-2014), 2014.06.17, 韓国・釜山.

M.Arima, K.Yoshida, H.Tonai: Development of a coral monitoring

system for the use of underwater vehicle, OCEANS ' 14 MTS/IEEE Taipei, 2014.04.09, 台湾・台北.

有馬正和, 藤内裕史: サンゴ礁モニタリングのための水中グライダーの研究開発, 第 16 回日本サンゴ礁学会, 2013.12.13, 沖縄.

H. Tonai, M. Arima: Design of an Ocean-Going Solar-Powered Underwater Glider, of the twentythird (2013) International Offshore and Polar Engineering Conference (ISOPE-2013), 2013.07.02, 米国・アラスカ.

有馬正和, 小菅雄紀, 櫻田顕子, 梅田直哉, 赤松友成, 上田絵美, 水口博也, 藤内裕史: 海棲哺乳類の海中音響観測とその解析, 日本船舶海洋工学会平成 25 年春季講演会, 2013.05.27, 広島.

藤内裕史, 有馬正和: 実海域用ソーラー水中グライダーの充放電システムに関する研究開発, 第 25 回ロボティクス・メカトロニクス講演会 (ROBOMECH 2012 in TSUKUBA), 2013.05.24, 筑波.

M.Arima, H.Tonai, Y.Kosuga: Development of Underwater Observatory Systems for Monitoring Ocean Ecosystem, 2012 Fifth International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology (ICETET-12), 2012.11.07, 姫路.

M.Arima, H.Tonai: Feasibility Study of an Ocean-Going Solar-Powered Underwater Glider, the twentysecond (2012) International Offshore and Polar Engineering Conference (ISOPE-2012), 2012.06.18, ギリシャ・ロードス島.

藤内裕史, 有馬正和: 実海域用ソーラー水中グライダーのフェージビリティスタディ, 第 24 回ロボティクス・メカトロニクス講演会 (ROBOMECH 2012 in HAMAMATSU), 2012.05.29, 浜松.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

有馬 正和 (ARIMA, Masakazu)
大阪府立大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号: 70264801

(2) 研究分担者

山崎 秀勝 (YAMAZAKI, Hidekatsu)
東京海洋大学・海洋科学部・教授

研究者番号: 80260537

(3) 連携研究者

浦 環 (URA, Tamaki)
九州工業大学・社会ロボット具現化センター・
特任教授
研究者番号: 60111564

石井 和男 (ISHII, Kazuo)
九州工業大学・生命体工学研究科・教授
研究者番号: 10291527

(4) 研究協力者

水口 博也 (MINAKUCHI, Hiroya)
写真家・科学ジャーナリスト
研究者番号: なし

赤松 友成 (AKAMATSU, Tomonari)
水産総合研究センター・水産工学研究
所・グループ長
研究者番号: 00344333