

機関番号：24403

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008 ～ 2010

課題番号：20360397

研究課題名（和文） 主翼独立制御型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 an underwater glider with independently controllable main wings

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

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環境のモニタリングを行うことのできる主翼独立制御型水中グライダーSOARER（ソアラ）の研究開発を行った。本機の特長は、左右の主翼取付角を自在に制御できるようにしたこと、従来の水中グライダーに比べて格段に優れた運動性能を発揮することができるようになったことである。自律制御によって潜航深度 1,500m までの中深層における海洋環境データ（深度、水温、塩分濃度、電導度、濁度、クロロフィル a、溶存酸素）を連続的に取得することができる。

研究成果の概要（英文）：

In this research, ocean-going underwater glider with independently controllable main wings, named SOARER, was developed. The SOARER glider has high performance in motion capacity and is able to glide with a small gliding angle when the angle of incidence for the main wings and elevator, and position of the movable balance weight are set appropriately. SOARER will acquire a various kinds of useful ocean data continuously in the intermediate water.

交付決定額

（金額単位：円）

|        | 直接経費       | 間接経費      | 合計         |
|--------|------------|-----------|------------|
| 2008年度 | 8,400,000  | 2,520,000 | 10,920,000 |
| 2009年度 | 3,400,000  | 1,020,000 | 4,420,000  |
| 2010年度 | 2,700,000  | 810,000   | 3,510,000  |
| 年度     |            |           |            |
| 年度     |            |           |            |
| 総計     | 14,500,000 | 4,350,000 | 18,850,000 |

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：主翼独立制御型水中グライダー、海洋環境モニタリング、SOARER

## 1. 研究開始当初の背景

近い将来に深刻化すると危惧される地球環境問題やエネルギー問題、食糧問題を考えると、地球表面の7割を占める海洋が果たす役割は非常に大きく、これら諸問題の解決のためには、なによりも海洋の理解が必要不可欠であることは言うまでもない。観測調査船や海洋観測ブイによる直接計測や人工衛

星による間接的なりモートセンシングに加えて、最近では海中ロボットによる海洋観測・計測が実施されるようになり、大きな成果を上げている。なかでも、自律型の海中ロボットは無索無人でエネルギーの続く限り観測を続けることができるため、多数の機材を海洋に展開することによって、観測のためのコストの削減や観測時の危険性を減少さ

せながら既存の観測手法を補完し、海洋に関する貴重なデータを効率良く収集できるものとして期待されている。自律型海中ロボットの建造・運用には莫大なコストが必要で、これまでは限られた機関による試験運用がほとんどであったが、水中グライダーは推進器を必要とせず、エネルギー効率も高い上、小型・軽量の機体を設計・製作できることから特段の母船を必要としないため、経費を大幅に削減できる海洋観測機器として注目を集めている。グライダー型海中ロボットは、東京大学の浦教授らが世界に先駆けて研究開発に取り組んだものであるが、当時は機体底部にバラストウェイト（おもり）を装備して潜水し、海底で切り離して浮上する機構であったため、潜航・浮上は一度に限られていた。その後、浮力エンジン（浮力調整機構）が開発され、米国では既に「水中グライダー」が市販されている。我が国では、九州大学の山口らが全翼型水中グライダーを開発している。

研究代表者らは、特に水中グライダーの運動性能に着目し、左右の主翼の取付角度を独立に制御できるようにした主翼独立制御型水中グライダー実験機 ALEX（下図）を開発して、水槽試験によって水中での静止や後退、姿勢を保ったままの浮上・沈降の外、主翼独立制御の特長を活かして、スパイラル状に回転しながらの浮上・沈降や急旋回、主翼による翼動推進など、非常に優れた運動性能があることを明らかにしている。



主翼独立制御型水中グライダー ALEX

一方、海洋の多点同時観測を目的とした「アルゴ計画」が 2000 年から国際プロジェクトとして進められている。2007 年 10 月現在、2,900 台余りの自動浮沈型漂流フロート（「アルゴフロート」という）が世界中の海に投入されて観測を続けている。このアルゴフロートは、通常 深度 1,000m を漂流し続け、10 日毎に深度 2,000m まで潜って、海面までの CTD（塩分・水温・深度）を計測して衛星通信によってデータを送ることになっているが、アルゴフロートは漂流するために観測地点に粗密が生じ、船舶による回収・再投入が必要になるという課題がある。そこで、米国をはじめ世界中の研究者らが、アルゴフロ

ートに取って代わる海洋観測機器の開発を目指しているというのが現状である。従来の固定翼型水中グライダーでは、グライディング角度が 18~38° と大きくなるが、主翼独立制御型水中グライダーでは、主翼の取付角度を制御することによって 10° という低い角度で潜入・浮上させることができるので、環境パラメータの水平方向分布を調べることもでき、しかも鉛直方向に降下・浮上させることもできるので、従来の観測データを活かすことのできるという意味でも「主翼独立制御型水中グライダー」こそがアルゴフロートに取って代わるものになり得る。

## 2. 研究の目的

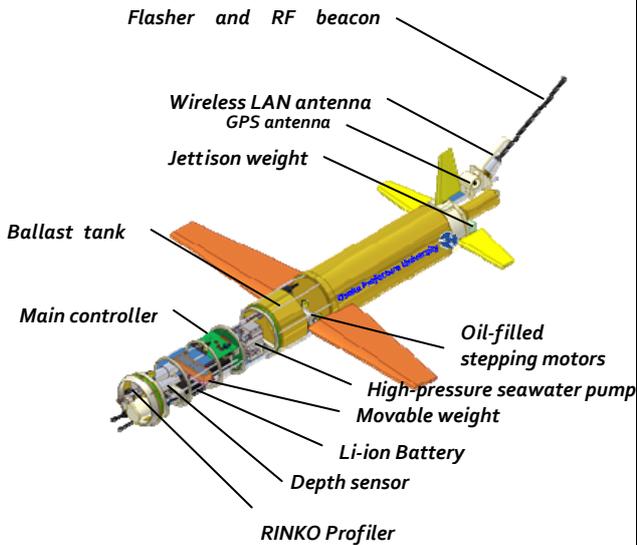
本研究の最終目標は、「グライダー型群知能海中ロボット」を開発し、千機を全地球規模の海洋に展開して、長期間に亘る多地点・同時・3次元観測を可能にすることである。研究代表者らは、左右主翼の取付角度を独立に制御することのできる「主翼独立制御型水中グライダー」実験機を開発し、度重なる水槽試験によって本機が非常に運動性能に優れていることを実証してきた。本研究課題では、(1) 実海域で使用できる「主翼独立制御型水中グライダー」の設計・製作〔ハードウェアの開発〕、(2) 複数機を想定した高度知能化アルゴリズムの実装〔ソフトウェアの開発〕、(3) 実海域における海洋環境モニタリングの実施〔実海域試験〕、(4) 「グライダー型群知能海中ロボット」の実機開発に向けた問題点の抽出〔解析・評価〕、の 4 点を研究期間内の達成目標（研究の具体的な目的）とする。

## 3. 研究の方法

水中グライダーの構成要素として不可欠な浮力調整装置の検討を行い、小型高圧海水ポンプの新規開発を行った。また、数値流体力学（CFD）を援用して機体や主翼などの流体力特性を推定して、機体の設計を行った。耐圧容器は、構造力学的検討を行って、板厚などを決定した。さらに、機体の姿勢や潜航特性に大きな影響を与える浮心・重心位置などの計算を行いながら、搭載機器の最適配置を行った。水槽試験や実海域試験などの制御系設計の段階では、有線でデータを取得できることが望ましく、無線 LAN と有線 LAN を接続できるようにするなど、ユーザビリティに配慮した制御システムとなっている。また、大阪湾・りんくう公園内海や鹿児島湾で海洋環境計測センサーの実海域試験を行い、水中グライダーの潜航中に取得できることを確認した。このように適切なシステムインテグレーションを行って、海洋環境のモニタリングに資することのできる主翼独立制御型水中グライダー SOARER を開発した。

#### 4. 研究成果

本研究では、海洋環境のモニタリングに資することのできる主翼独立制御型水中グライダー「SOARER (ソアラ)」を研究開発した。機体には RINKO-Profiler (JFE アドバンテック社製) を搭載し、潜航深度 1,500m の中深層で潜入・浮上を繰り返しながら海洋環境データ (深度, 水温, 電導度, 塩分, 溶存酸素, クロロフィル, 濁度) を取得することができる。小型高圧海水ポンプ (スギノマシン社製) で海水を注排水することによって浮力を調整し、重心移動装置によって姿勢を制御することができる。海中ではデッドレコニング航法によるが、海面浮上時に GPS で自己位置を取得して進路を修正しながら潜航をすることができる。SOARER は、自律型海中ロボットとして、着水から揚収まで完全に自動で潜航をするが、海面浮上時には無線/有線 LAN によって遠隔制御ができるようになっている。万一、海中で制御不能になった場合は、ウェイトを投棄して浮上する。本機の特長は、左右の主翼取付角を独立に制御することができるようにしたことで、機体後部のエレベーターやラダーと組み合わせて、従来の水中グライダーに比べて、大幅に運動性能を向上させることができたことである。



SOARER の搭載機器



主翼独立制御型水中グライダー SOARER

#### 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 2 件)

- ① M. Arima, K. Ishii and A. A. F. Nassirei: Development of the ocean-going underwater glider with independently controllable main wings, SOARER, Procs. of the twentyfirst (2011) International Offshore and Polar Engineering Conference (ISOPE-2011), 査読有, pp.274-278, CD-ROM, (2011.06).
- ② N. Ichihashi, T. Ikebuchi, M. Arima: Development of an Underwater Glider with Independently Controllable Main Wings, Procs. of the Eighteenth (2008) International Offshore and Polar Engineering Conference (ISOPE-2008), 査読有, pp.156-161 CD-ROM, (2008.07).

[学会発表] (計 10 件)

- ① M. Arima, K. Ishii, A. A. F. Nassirei: Concept Design of an Ocean-Going Underwater Glider with Independently Controllable Main Wings, Procs. of Techno-Ocean2010, CD-ROM (2010.10), 神戸.
- ② 有馬正和, 鶴身良平, 足立翔, 市橋伸理: 主翼独立制御型水中グライダーの運動制御, 第 11 回「運動と振動の制御」シンポジウム—MoViC2009— 講演論文集, pp.513-516, (2009.09), 福岡.
- ③ M. Arima, N. Ichihashi, Y. Miwa: Modelling and Motion Simulation of Underwater Glider with Independently Controllable Main Wings, OCEANS' 09 IEEE Bremen, CD-ROM, (2009.05), Bremen, Germany.
- ④ M. Arima, Y. Miwa, T. Ikebuchi: Performance Assessment of Underwater Glider with Independently Controllable Main Wings by CFD Analysis, Procs. of UT2009, pp.82-86, (2009.04), Wuxi, China.

[その他]

ホームページ等

<http://arima-labo.jp/SOARER/>

#### 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)  
東京大学・生産技術センター・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