

長期定域観測用水中グライダーの着底スリーブと浮遊スリーブ実験

○浅川賢一（JAMSTEC）・中村雅彦（九大応力研）・前田洋作（JAMSTEC）
百留忠洋（JAMSTEC）・石原靖久（JAMSTEC）

1. はじめに

地球環境変動の実態を把握するために、アルゴフロート、係留ブイ、観測船、水中グライダー、衛星などを使った海洋観測が長期的に行われている。しかし、これらの方法にはそれぞれ一長一短があり、広大な海洋環境変動を十分な精度と分解能で観測しているとは言い難い。

アルゴフロートは、浮力を制御することで海面から水深2,000mまでの範囲を10日に1度往復し、水温や塩分の観測を行い、データを衛星経由で送信する。観測と観測の間は、水深1,000mで浮遊しながらスリーブする。そのため電力消費が少なく、4~5年に亘って観測を行うことができる。現在全世界に約3,800台のアルゴフロートが展開されている。しかし、平均すると約300km²に一台のアルゴフロートが配置されているに過ぎず、十分な密度で観測が行われているとは言い難い。また、アルゴフロートは海水と共に漂流するため、観測が必要な海域に留まることができない。

水中グライダー¹⁾は、アルゴフロートと同様に浮力を制御することにより、浮上と上昇を行う。同時に、翼に働く揚力を利用して水中を滑走する。方向制御も可能なため、規定のルートに沿って滑走することができる。エネルギー効率がいため、長距離の走行が可能である。なかには、大西洋を横断した例もある。最近では、欧米を中心に主に沿岸の観測に利用されている。しかし、水中グライダーはアルゴフロートのように海中でスリーブする機能を持たないため、数年に亘る観測を行うことができない。

筆者らは、一定の海域で海面から海底までの観測を長期に亘って行うために、水中グライダーに着底機能と水中でのスリーブ機能を持たせることを提案し^{2),3)}、そのプロトタイプの開発を行ってきた。2015年5月にはJAMSTEC所有の研究船「なつしま」を利用した海洋実験により、水深1,000mまでの潜水と目標位置に向けた滑走に成功した⁴⁾。さらに、同年11月には筑波大学所有の調査研究船

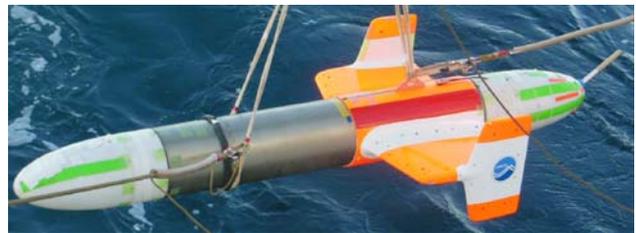


図1 長期定域観測用水中グライダープロトタイプ

「つくばII」により着底スリーブ実験を行った。また、2016年5月にはJAMSTEC所有の研究船「かいらい」により、海中で浮遊状態でのスリーブ実験を行い、いずれも良好な結果を得た⁵⁾。本講演では、開発を進めている長期定域観測用水中グライダーの概要を紹介した後に、着底スリーブ実験と浮遊スリーブ実験の概要を紹介する。なお、シミュレーション結果とも良く一致したので、別途報告する。

2. 長期定域観測用水中グライダープロトタイプの概要

開発を進めている水中グライダーの外観を図1に示す。姿勢制御は内蔵電池の位置を移動して、重心位置を変えることにより行う。ロール角を変えることにより、機体を旋回させ、進行方位を制御することができる。機体前方のフェアリング内には音響トランスデューサが固定されている。この音響トランスデューサは高度計と音響トランスポンダで使用されるが、両方同時には利用できない。JAMSTEC所有の研究船の音響測位システムで利用できるように、周波数帯域は10kHz ~ 15kHzとした。高度計は、海底に着底する際に利用される。現在、水中グライダーの最大潜水深度は、昨年搭載したCTDセンサ（Seabird社のグライダー搭載用CTDセンサ）の最大適用水深である1,500mに制限されている。

3. 着底スリーブ実験

着底実験を行ったときの水深とピッチ角の記

録を図2⁵⁾に示す。水中グライダーは高度計により、海底までの高度を常にモニタしている。その最大検知距離は50mである。音響トランスポンダの指向性はほぼ平坦なので、水中グライダーのピッチ角と海底の傾斜によらず、安定した高度の測定が期待できる。

下降時にはピッチ角は-15度に設定されている。海底に軟着陸するため、海底からの高度が30m以下になると、ピッチ角を-5度に変更する。3度までの誤差を許容しているため、実際のピッチ角は約-8度になった。さらに、浮力エンジンを駆動して、水中重量を低減して、前進速度を遅くしている。着底の検知は水深の変化を監視することにより行っている。海底への着底を検知すると、クロック以外の電源を落として、規定の時間スリープする。実験では10分間のスリープを行った。図2より、安定した着底とスリープを行えたことが確認できる。

4. 浮遊スリープ実験

浮遊スリープ実験は、水深1,000mで行った。その時の記録を図2⁵⁾に示す。実験では同時に目標位置に向けた走行実験も行い、良好な結果を得ている。着底スリープと同様に、スリープ深度が近づくと、ピッチ角を変えると共に、浮力エンジンを駆動し、水中重量を低減している。下降速度がほぼゼロになった時点で10分間のスリープを開始した。再起動後、さらに水深1,400mを目指して下降を開始したが、プログラムの設定ミスにより、すぐに上昇を開始している。しかし、方位制御とピッチ角制御などは正常に動作していることが確認できた。

5. 結語

これまでの実験により、長期定域観測に必要な全ての基本的機能の動作を確認することができた。今後、まず、数日間の連続観測を行い、一定の海域内に留まることができることを検証する予定である。その後、さらに長期間の連続観測実験を行い、実用機の開発につなげたいと考えている。

参考文献

1) D. Rudnick, et. al., (2004). "Underwater

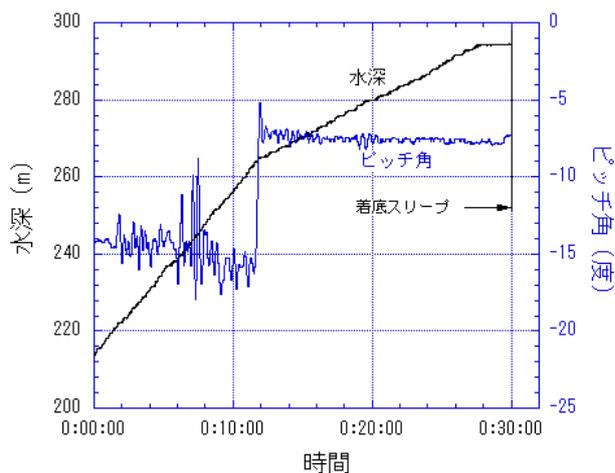


図2 海底スリープ実験結果

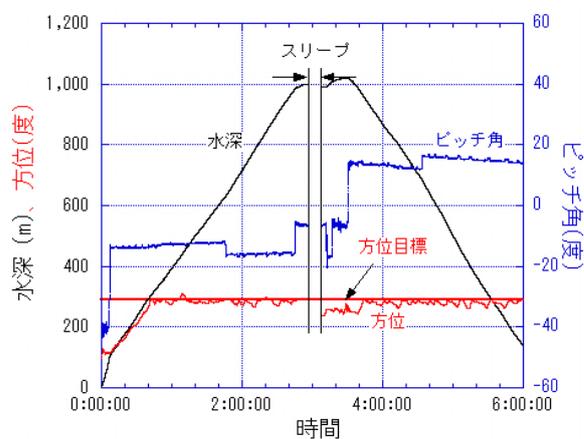


図3 浮遊スリープ実験結果

Gliders for Ocean Research," Marine Technology Society J, vo. 38, no. 2, pp. 73-84, 2004.

- 2) Kenichi Asakawa, et al., "Design Concept of Tsukuyomi - Underwater Glider Prototype for Virtual Mooring -, in Proc. of OCEANS 2011 IEEE Santander, 2011.
- 3) 浅川賢一、他、「定域長期観測用水中グライダーの開発」、海洋調査技術、vol. 25, no. 1, pp. 19-23, 2013.
- 4) Kenichi Asakawa, et. al., "Sea Trials of an Underwater Glider for Long-term Virtual Mooring," pp.585-589, proc. of 26th Int. Ocean and Polar Eng. Conf., 2016.
- 5) Kenichi Asakawa, et. al., "Development of Underwater Glider for Long-term Virtual Mooring - Aiming 6,000 m depth with Ceramic Housing -, Techno-Ocean 2016, 2016. 印刷中