

12 - 8 AUV と海底ケーブルを用いた GPS/A 海底地殻変動観測システム GPS/A seafloor geodetic observation system based on technologies of AUV and submarine cable

望月将志, 浅田 昭, 浦 環 (東京大学生産技術研究所)
Masashi Mochizuki, Akira Asada, Tamaki Ura (IIS, University of Tokyo)

1. はじめに

東京大学生産技術研究所 (以下, 東大生産研) では海上保安庁海洋情報部 (以下, 海洋情報部) と共に海底地殻変動観測システムの開発を行い, このシステムに基づく観測網の整備および定常的な観測を行ってきた. 10 年余にわたる観測の継続により, 各観測点における変動ベクトル, 更には海溝型地震に伴う震源近傍海底の変位をとらえることに成功しており¹⁾, これらの観測事実によって, 現行の観測システムが実用に足るものであることが示されている.

定常的に観測を維持していく一方で, 将来を見据えた, 新しい海底地殻変動観測システムの開発を行っている. 地殻変動という時定数の長い現象を捉えるためには, それに応じた長期対応の観測体制を整備していく必要があり, 必然的に観測システムにも, データ取得の効率化, 省力化といった長期観測に対応した要件が求められることとなる.

2. 新しい観測システム

第 1 図は我々が目指している次世代の海底地殻変動観測システムのイメージである. 現行システムが観測プラットフォームとして海洋情報部の測量船を利用しているのに対し, 新しいこのシステムでは自律航行型の海中ロボット (AUV: Autonomous Underwater Vehicle) を利用する. 観測点近傍に設置した海底基地を基点にして, 小型化した計測システムを搭載した AUV が, 自動航行によって測線をたどり, 観測を実施するというシナリオである. 更に測地基準となる海底音響基準局を, 電源の確保に困らない海底ケーブル接続型のものとし, 観測基準点の恒久化を実現し, 長期観測への対応を図っている. この新しい観測システムの開発は科研費基盤 (S) の助成によるプロジェクトとしてスタートした. 新しい観測システムを構築する上で必要となる, 構成各要素の開発, キーとなる基盤技術の開発から始め, それらを順次統合し, システム化を進めていった. 現行では, AUV 実機をベースにした海上観測プラットフォーム, および既存の海底ケーブルに接続した海底音響基準局のプロトタイプと呼べるものができあがり, 第 1 図のイメージに限りなく近い観測システムが現実のものとなっている.

3. AUV をベースとする海上観測プラットフォーム

既存の AUV, 東大生産研の r2D4 をテストベッドとして, 搭載する計測システムも含めた海上観測プラットフォームの開発が進められた (第 2 図 (a)). r2D4 は海底熱水活動域の調査を想定して開発された AUV であり, 全長 4.4m, 幅 1.08m, 空中重量 1.5t (ペイロード無し) の艇体を有している. 測量船の観測室に展開していた計測システムを, 機能は維持しながらも, r2D4 のペイロードとして搭載出来るよう, 厳密に小型化する必要があり, ハードウェアベースのシステムとして一から設計し直して実現を図っている. 海上観測プラットフォーム開発で最も注力した部分となった.

r2D4 をベースにした海上観測プラットフォームの完成後も更なる開発を進めてきた. AUV ベースの海上観測プラットフォームの活動拠点となる海底基地が, 実装配置されていない現在, その運

用にあたっては母船となる船舶を用いることが専らとなる。機動性の確保、運用上の利便性を考慮し、小型の船舶での運用が可能となるよう、より小型の AUV 実機を用いた海上観測プラットフォームの開発を行った。ベースにした AUV は米国 FSI 社の S-AUV で、全長 2.3m、幅 1.1m、空中重量 0.2t というものである。搭載計測システムの一層の小型化を図り、S-AUV 本来のシステム用耐圧容器の隙間を利用するなど、工夫を凝らした実装を行っている（第 2 図 -(b)）。

4. 海底ケーブル接続式音響基準局

長期にわたる観測の連続性維持を目指し、恒久的な測地基準点として利用することができるよう、海底ケーブル接続式海底音響基準局の開発を行った。海底ケーブルを通じて給電が出来るだけでなく、ステータスの取得、いくつかの設定変更が、LAN 経由で行うことが出来る。また、GPS の 1pps 信号に同期して自ら発信を行う機能を具備させ、観測形態の多様化に対応できる仕様としている。

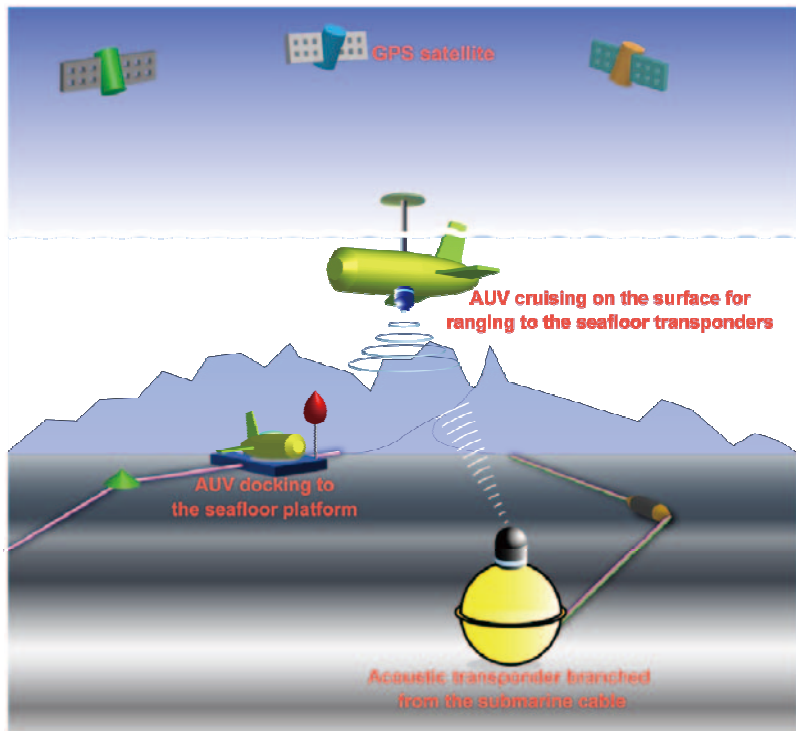
この海底ケーブル接続式海底音響基準局は、JAMSTEC の協力の得て、2008 年 9 月に、JAMSTEC が開発した豊橋沖の海底ケーブル観測システム Tokai SCANNER へ接続され、運用を続けている（第 3 図）。接続作業直後に、前述の r2D4 をベースとする海上観測プラットフォームを用いた測位実験を行った。この海底音響基準局を中心とする、一辺が 1 マイルの正方形測線を設定し、この測線に沿って、海上観測プラットフォームを周回航行させながら、海底音響基準局に対する測距計測を 2 日間にわたって実施した。この実験データに基づく測位結果は、AUV と海底ケーブルを利用した新たな海底地殻変動観測システムが実用に足るものであることを示している。

5. その他

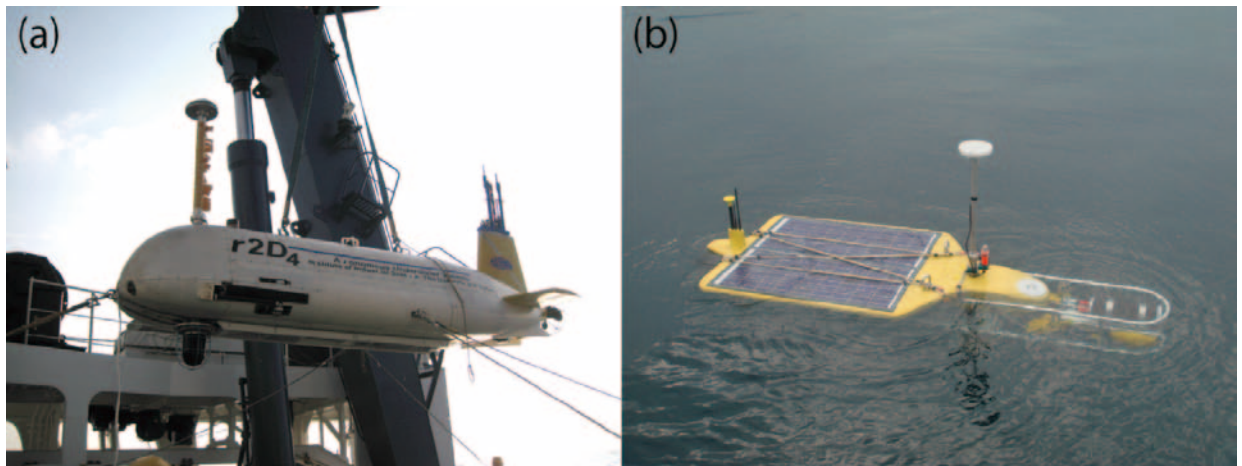
この新しい観測システムの開発は、観測システムを構成する複数の要素技術の開発から進められている。海上観測プラットフォームと海底音響基準局双方で使われている、測距計測用の音響トランスデューサーもそうしたものの 1 つとして新たに開発されたものである。球形セラミック振動子を有し、測距に理想的な位相特性を実現している。1 回毎の測距計測の精度をあげる工夫である。現行で定常観測を実施している観測点は 18 点あるが、初期に設置した観測点では、バッテリーの容量を考慮して、海底音響基準局の入れ替え作業が行われている。新たに設置された海底音響基準局では、この新しい音響トランスデューサーが使われている。インフラとして第 1 図に示すような観測システムを構築するには、強い社会的要請を背景とした予算立てが必要で、なかなか実現の目処が立つものではない。しかし、新たな開発の一部が現行の観測システムに確実にフィードバックされ、実用に供されている。この新しい観測システムの開発が絵空事ではないことを示すものである。すでに開発がなされた要素で、特筆すべきものとしては、音響トランスデューサーの他に、海底基地の構成要素となる、AUV への給電を司る水中非接触充電システム²⁾、AUV とのデータ送受信を行うための音響高速 LAN システム³⁾ があげられる。

参 考 文 献

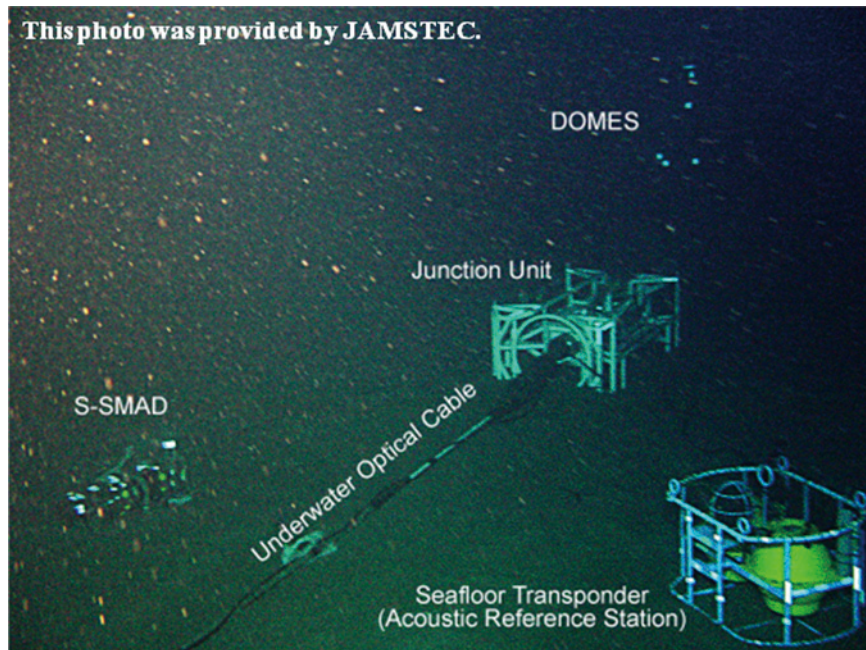
- 1) M. Sato, T. Ishikawa, N.Ujihara, S. Yoshida, M. Fujita, M. Mochizuki and A. Asada (2011), Displacement above the hypocenter of the 2011 Tohoku-Oki Earthquake, Science, 332, 1395.
- 2) Han, J., A. Asada, T. Ura, Y. Yamaguchi, Y. Yagita, and T. Maki (2007), Non-contact power supply for seafloor geodetic observing robot system, J. Marin. Sci. Technol., 12, 183-189.
- 3) Han, J., A. Asada, and Y. Yagita (2008), Short range high speed PPP-based underwater acoustic network system, Proc. OCEANS' 08 MTS/IEEE KOBE-TECHNO-OCEAN' 08, Apr. 8-11, 2008, Kobe, Japan, (IEEE Catalog Number: CFP080CF-CDR).



第1図 海中ロボットと海底ケーブルを利用した海底地殻変動観測のイメージ。
 Fig. 1 Schematic image of seafloor geodetic observation based on technologies of AUV and submarine cable.



第2図 (a) r2D4をベースにした海上観測プラットフォーム. (b) S-AUVをベースにした海上観測プラットフォーム.
 Fig.2 (a) Surface observation platform based on AUV "r2D4" . (b) Surface observation platform based on AUV "S-AUV" .



第3図 海底ケーブル式音響基準局。
Fig.3 Acoustic benchmark connected to the submarine cable observatory.