

AUV 研究の社会実装への展開

篠野 雅彦*, 今里 元信*, 岡本 章裕*, 稲葉 祥悟*
藤原 敏文*

Implementation of AUV Research Results in Industry

by

SASANO Masahiko, IMASATO Motonobu, OKAMOTO Akihiro, INABA Shogo,
and FUJIWARA Toshifumi

Abstract

The National Maritime Research Institute (NMRI) has been a member of the cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program (SIP) since 2014 and initiated research on multiple autonomous underwater vehicles (AUVs). As one of the aims of SIP is the creation of domestic industry through innovations, the implementation of the AUV technology in the industry is crucial. Toward this end, we have carried out AUV developments and operations by actively collaborating with private companies. In this paper, we report our developments and operations of the hovering AUV as an example of the implementation of research results in the industry.

* 海洋先端技術系

原稿受付 令和 4年1月26日

審査日 令和 4年2月26日

目 次

1. まえがき	32
2. ホバリング型 AUV の開発	32
2.1 ホバリング型 AUV 「ほぼりん」	33
2.2 その他のホバリング型 AUV	33
3. 研究開発から社会実装への過程	34
3.1 技術およびシステムの広報例	34
3.2 民間会社との共同研究による AUV 潜航試験	34
3.3 民間会社の設備投資例	34
4. 検討とまとめ	35
謝辞	35
References	35

1. まえがき

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所（以下、当所）では、2014 年から現在まで、内閣府主導の戦略的イノベーション創造プログラム（Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program, 以下、SIP）に参加し、AUV（Autonomous Underwater Vehicle）の複数運用技術に関する研究を実施している。SIP は、技術革新による国内産業の創出を目標としており、研究開発成果の社会実装が重要視されている¹⁾。このため、当所の AUV 研究において、積極的に民間会社と連携して AUV の研究開発と、AUV を用いた海洋調査を実施した。本稿では、特に社会実装の進められた例として、ホバリング型 AUV の開発・運用について記す。

ホバリング型 AUV は、海底に対して数 m の近距離まで接近し、微速移動しながら海底の光学撮影を実施すること等を主目的とした AUV である。利用目的の点において、ホバリング型 AUV は ROV（Remotely Operated Vehicle）と類似している。ただし、ROV はテザーケーブルで調査船と連結しており、船上オペレーターの遠隔操作によって動く水中ロボットであるのに対して、ホバリング型 AUV はケーブルが無く、海底付近において自律判断で動く水中ロボットである。調査船と AUV の間のリアルタイム通信に関しては、通信速度が遅く、通信状況が不安定になることの多い、水中音響通信のみを利用する。「海底付近での自律判断」のための技術開発が、ホバリング型 AUV の大きな研究課題となる。一方で、テザーケーブル、船上ケーブル設備、およびケーブル運用体制の構築が不要となり、複数機の同時運用も可能となるため、これまで海底調査で ROV 利用を検討しながら、設備投資まで踏み切れなかった海洋調査会社にとっては、ブレイクスルー・テクノロジーになる可能性がある。

当所では 2014 年から、東京大学生産技術研究所（以下、東大生研）のホバリング型 AUV 「Tuna-Sand」の設計を基本とした AUV 開発を実施し、公募により「ほぼりん」と命名した²⁾。また、2015 年から実海域で「ほぼりん」潜航試験を開始し、現在までの 7 年間で 80 回以上の潜航を行っている。これらの開発・運用により、ホバリング型 AUV の「海底付近での適切な自律判断」を支援するための技術を蓄積し、同 AUV を用いた調査が可能となる環境条件を拡大し、実海域での深海底調査性能の高さを実証してきた。この研究開発成果を社会実装へと展開し、国内産業の創出につなげるためには何が必要であるのか、これまでの実例を挙げつつ、本稿で検討する。

2. ホバリング型 AUV の開発

東大生研等は、2007 年にホバリング型 AUV 「Tuna-Sand」を研究開発し、鹿児島湾の若尊カルデラでの潜航調査を始めとして、多くの深海底調査を実施している³⁾。「Tuna-Sand」は、写真 1 のように、2 枚のポリエチレン板で 3 つの耐圧容器（制御部×1 式、蓄電池×2 式）と浮力材を左右から挟み込む構造をしており、最大潜航

深度 1,500 m でありながら、外形 1.1 m 長×0.7 m 幅×0.7 m 高、本体空中重量約 240 kg の小型軽量な AUV である。また、水平方向×4 個、鉛直方向×2 個のスラスト配置により、サージ、スウェイ、ヒープの移動と、ヨー制御を可能にしている。自律航走を実現するために、慣性航法装置 (INS)、ドップラー対地速度計 (DVL)、水圧式深度計等のセンサー類を搭載しており、艇体内の制御部でセンサーデータのリアルタイム処理を行って、自艇のスラスト制御、バラストリリーサ制御等に関する自律判断を行う。これにより、調査船との通信が不安定な状況下であっても、深海底に対する位置保持 (ホバリング)、潜航前にインプットされた目標位置への移動 (ウェイポイント航走)、および深海底に接近した状態での光学撮影等を実現している。本章では、当所および民間会社が「Tuna-Sand」に続いて建造した、ホバリング型 AUV について記載する。



写真1 「北光丸」調査航海時 (2016/5/29-6/4)
(右から、ほぼりん (海技研)、Tuna-Sand (東大生研)、Tuna-Sand2 (九州工大))

2.1 ホバリング型 AUV 「ほぼりん」

当所では、SIP 第1期プログラムの期間中、「Tuna-Sand」の設計を基本としたホバリング型 AUV (Tuna-Sand 級 AUV) 「ほぼりん」の開発を実施した⁴⁾。基本構成は「Tuna-Sand」と同じであり、最大潜航深度 2,000 m、外形 1.2 m 長×0.7 m 幅×0.8 m 高、本体空中重量約 270 kg である。また、建造当初の艇体制御ソフトウェアについては、「Tuna-Sand」からの移植を基本とした。2015年に駿河湾の沼津港沖で潜航試験を開始し、現在までの約7年間で80潜航以上を実施している。加えて、改良により、自律航行しながら深海底の動画撮影が可能となっている。SIP 第1期の主な調査対象資源は海底熱水鉱床であり、「ほぼりん」も水深 1,000~2,000 m の海底熱水鉱床調査を実施した⁵⁾。また、このホバリング型 AUV の開発、運用、調査作業の中で、積極的に民間会社と連携することで、本 AUV 技術の社会実装の促進を目指した。SIP に参加している複数の民間会社にとっては、AUV 運用支援作業等の実施は、深海底調査の際にホバリング型 AUV を民間利用することの有効性を検証する良い機会になったと思われる。

2.2 その他のホバリング型 AUV

いであ株式会社 (以下、いであ) は、2014年から SIP に参加している環境コンサルティングの民間会社であり、「ほぼりん」の潜航調査の際にも、数多く運用支援作業等を実施した。この経験を踏まえ、いであは2019年に、自社経費により Tuna-Sand 級 AUV 「YOUZAN」を建造した。基本構成は「Tuna-Sand」および「ほぼりん」と同じであり、艇体制御ソフトウェアは「Tuna-Sand」からの移植を基本としている⁶⁾。2019年に駿河湾での潜航試験を開始し、現在までに NHK テレビ放送用の深海底映像の撮影業務等、多くの商用潜航を実施している。

また、当所では、2018年から SIP 第2期に参加しており、「深海 AUV 複数運用技術に関する研究開発」の一部として、深海での AUV-AUV 間の水中音響測位・通信技術の研究開発を実施している。この目的のため、「ほぼりん」と全く同じ構成のホバリング型 AUV 「ほぼりん2」を開発した。「ほぼりん」、「ほぼりん2」の艇体制御ソフトウェアは、ROS (Robot Operating System) をベースとしたシステムに一新し、当所の試験水槽内で AUV-AUV 測位・通信試験等を実施している。また、2021年に琵琶湖の北湖において、「ほぼりん」、「ほぼりん2」、「YOUZAN」のホバリング型 AUV 3機による同時潜航の湖底調査を実施した⁷⁾。

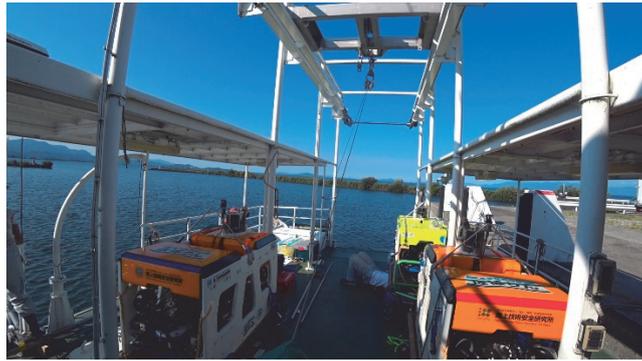


写真2 「はっけん号」調査航海時(2021/7/22-27)
(右:ほぼりん(海技研),右奥:YOUZAN(いであ),左:ほぼりん2(海技研))

3. 研究開発から社会実装への過程

当所はSIPにおいてAUVに関する研究開発を担当している。SIPでは、研究成果に加えて、その社会実装についても重要視している。社会実装とは、当所のような公的研究機関の研究によって得られた技術について、産業界が商用利用を開始することであろう。社会実装自体は、民間会社の企業努力によって実施されるべきものであるが、その技術支援については、SIPに参加する当所にも責務があるように思われる。本章では、当所のホバリング型AUV技術について、社会実装の促進となったと思われる例について記載する。

3.1 技術およびシステムの広報例

当所が蓄積しているホバリング型AUVの技術、および所有しているシステムについて、国内産業界に広報することは、社会実装促進の第一歩であると考えられる。このため、「ほぼりん」等が新聞記事やテレビ番組で取り上げられるように、積極的な広報活動を行うことが重要である。当所の複数ホバリング型AUV運用技術に関して、2021年7月27日のNHK「おはよう日本」の番組内で取り上げられた⁸⁾。また、複数ホバリング型AUVによる調査に関して、2021年10月28日及び29日の朝日新聞紙面で取り上げられた⁹⁾¹⁰⁾。本広報活動が、研究成果と社会実装の間を急速に結ぶ結果とはなっていないが、社会実装促進のための広く浅い活動としては、価値があると考えられる。

3.2 民間会社との共同研究によるAUV潜航試験

当所が所有するホバリング型AUVの利用を前提として、民間会社が当所と共同研究を行うことは、民間会社によるAUV関連の技術開発が進んでいるものと解釈できる。共同研究の成果が民間会社の期待に沿ったものであれば、将来の商用利用の可能性も考えられる。当所がこれまでに民間会社と実施したホバリング型AUV利用の共同研究例を以下に挙げる。

- ① 「AUVを用いた洋上風力発電施設の検査法の研究開発」(2018年)
- ② 「洋上風力発電設備の点検におけるAUV等の活用に関する評価研究」(2019年)
- ③ 「ホバリング型AUVによる深海底調査のための共同研究」(2019年)

なお、①と②は東京電力ホールディングス株式会社との共同研究、③は地下資源探査の民間企業、株式会社地球科学総合研究所、および神戸大学との3機関共同研究である。いずれにおいても、「ほぼりん」を用いたAUV潜航試験を実施した。

3.3 民間会社の設備投資例

「ほぼりん」の潜航調査状況、および維持管理状況を踏まえ、2019年にいでは、自社経費によりTuna-Sand級AUV「YOUZAN」を建造し、海洋環境コンサルティングの商用運用を開始している⁶⁾。また、海洋研究開発

機構のベンチャー支援制度利用により創業した、海洋観測機器の開発・コンサルティングに関する民間会社、合同会社オフショアテクノロジーズ（以下、オフショアテクノロジーズ）は、「汎用小型 AUV」の販売を開始しているが、その制御ソフトウェアには、当所がホバリング型 AUV および水槽試験用小型 AUV 「mini-AUV」¹¹⁾用 に開発した ROS ベースの AUV 制御ソフトウェアが採用されている¹²⁾。

4. 検討とまとめ

新規技術の社会実装について、公的機関が民間会社に資金援助する社会的枠組は、数多く見られる。一方で、公的研究機関が民間会社に、新規技術の商用利用の検討機会を援助する社会的枠組は、あまり多くは見られない。SIP は、基礎研究から実用化・事業化までを見据えて実施する点が特徴的なプログラムであり、当所は、海洋資源の基礎研究から商用利用までの幅広い状況を把握しながら「AUV 研究」を実施することが重要である。

また、社会実装は、AUV 技術開発と、民間会社の新規 AUV 関連事業の立上げの、中間の部分と解釈することができる。社会実装を実現するためには、海洋産業の幅広いニーズと、それに最適な新規 AUV 技術のマッチングが必要である。ニーズに対して AUV 技術の内容が不十分な場合は、その隙間を埋める技術開発を、公的研究機関と民間会社のどちらが行っても良い。しかし、社会実装を加速させるためには、双方が連携して実施することが重要ではないだろうか。

当所の 2014 年から現在までのホバリング型 AUV に関する研究は、前述の事例のように、比較的、社会実装が進んだケースであるように思われる。これを参考として、他の AUV 研究についても、その研究成果の社会実装を目標の一つと捉えることが重要である。研究には終わりがないように、産業促進にも終わりはないため、同時並行として進めるべき課題である。

謝 辞

本稿は、SIP 第1期「次世代海洋資源調査技術」（海のジバング計画）、および SIP 第2期「革新的深海資源調査技術」（両管理法人：JAMSTEC）によって実施された内容を含んでおります。関係各位に感謝申し上げます。また、当所の AUV 開発・運用・調査作業、および共同研究に係った多くの民間企業の関係各位に御礼申し上げます。最後に、本研究に多大な寄与を頂きました当所の元役員、浦環様、田村兼吉様、井上俊司様、瀬田剛広様に厚く御礼申し上げます。

References

- 1) Cabinet Office, <https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/index.html>
- 2) NMRI, http://www.nmri.go.jp/cgi-bin/nmri_news/topics.cgi
- 3) T.Nakatani, et al., “Towards detailed observation of hydrothermal vent areas using hovering type AUVs”, Proc. The 2010 JSME Conf. on Robotics and Mechatronics (2010), No.10-4.
- 4) A.Okamoto, et al., “Development of Hovering-type AUV “HOBALIN” for Exploring Seafloor Hydrothermal Deposits”, Proc. Oceans 2016 (2016).
- 5) A.Okamoto, et al., “Visual and Autonomous Survey of Hydrothermal Vents Using a Hovering-Type AUV: Launching Hobalin into the Western Offshore of Kumejima Island”, Geochemistry, Geophysics, Geosystems Vol.20, Iss.12 (2019) 6234-6243.
- 6) S.Takashima, ”TUNA-SAND 級ホバリング型 AUV 「YOUZAN」 の開発”, i-net Vol.56 (2020).
- 7) NMRI, https://www.nmri.go.jp/news/another_news/news20211029.html

- 8) NHK, <https://www3.nhk.or.jp/news/html/20210727/k10013161711000.html>
- 9) The Asahi Shimbun Company, <https://www.asahi.com/articles/DA3S15092885.html>
- 10) The Asahi Shimbun Company, <https://www.asahi.com/articles/DA3S15093160.html>
- 11) A.Okamoto, et al., “Development of Testbed AUV for Formation Control and its Fundamental Experiment in Actual Sea Model Basin”, J. of Robotics and Mechatronics Vol.33 No.1 (2021) pp.151-157.
- 12) Offshore Technologies, <https://www.offshore-technologies.com/products/>