

自律型探査機「じんべい」による深海底観測

Observation of deep seafloor by Autonomous Underwater Vehicle “JINBEI”

○中谷 武志(海洋研究開発機構) 百留 忠洋(海洋研究開発機構) 吉梅 剛(海洋研究開発機構)
 南部 喜信(海洋研究開発機構) 大美賀 忍(海洋研究開発機構) 菅野 真人(海洋研究開発機構)
 鳥越 充(海洋研究開発機構) 小倉 訓(海洋研究開発機構) 吉田 弘(海洋研究開発機構)

Takeshi NAKATANI, JAMSTEC, tnakatani@jamstec.go.jp

Tadahiro HYAKUDOME, JAMSTEC Tsuyoshi YOSHIUME, JAMSTEC Yoshinobu NAMBU, JAMSTEC

Shinobu OMIKA, JAMSTEC Masato SUGANO, JAMSTEC Mitsuru TORIGOE, JAMSTEC

Satoshi OGURA, JAMSTEC Hiroshi YOSHIDA, JAMSTEC

JAMSTEC has developed Autonomous Underwater Vehicle “JINBEI”. The vehicle is a cruising type AUV with a weight of 2 ton and a length of 4.0m. The maximum operation depth is 3,000 meters. The major purposes are observation of underwater CO₂ distribution in deep sea and exploration of seabed mineral resources. It has four rear-thrusters, two mid-ship azimuthal thrusters, and a rear X-rudder. The AUV is equipped with three main sensors; a multi-beam echo sounder, a side scan sonar, and a hybrid CO₂-pH sensor. During KY14-15 cruise in December 2015, we carried out sea trials at Suruga Bay. The depth of the area is 1,300-1,500m. The vehicle succeeded in full-autonomous dive and acoustic observation with high-resolution. Through the dives, we confirmed that the cruising AUV “JINBEI” is one of powerful tool for survey of scientific observations.

Key Words: AUV, 海中ロボット, 航行型

1. はじめに

海洋は気候変動に大きな影響を及ぼすことが知られており、巨大地震や津波の発生地域でもある。また、我が国は世界第6位の排他的経済水域 (EEZ) の面積を有する海洋国家であり、その周辺には多くの海底鉱物資源が存在するとされている。つまり、海洋の理解は我が国にとって極めて重要な課題であり、海洋の三次元的な調査および利用を積極的に進める必要がある。

そこで、海洋研究開発機構 (JAMSTEC) では海中の二酸化炭素 (CO₂) の濃度計測ならびに海底鉱物資源の探査を目的とした自律型海中探査機 (Autonomous Underwater Vehicle, AUV) 「じんべい」を開発した。現在、基本性能および各制御機能を評価するとともに、運用に向けて実用性の向上を行っている。本稿では、「じんべい」の概要を説明したのち、実海域試験の結果を示す。



Fig.1 AUV “JINBEI”

2. 自律型海中探査機「じんべい」

「じんべい」は、2012年に地球科学調査、海中CO₂モニタリング、資源探査の目的で開発された航行型AUVである[1]。その仕様と一般配置を、それぞれ表1および図2に示す。我が国のEEZ内に広がる主な海底鉱物資源の分布域にて潜航調査を行えるように最大潜航深度は3,000mで設計されている。

Table 1 Type size and typefaces for papers

Vehicle	
Size	4.0m(L)×1.1m(H)×1.1m(W)
Weight in the air	2 ton
Maximum depth	3,000 m
Speed	0.7 - 3 knots (2knots@cruising speed)
Minimum Altitude	30m
Duration	10 hours @cruising speed
Actuators	400W Thrusters × 4 400W Azimuth Thruster × 2 Rear X-Rudders Buoyancy Control System
Power	Lithium-ion Battery 115V, 120Ah
Communication	Wireless LAN, Acoustic comm., Optical Fiber comm., Satellite comm.
Control unit	Distributed CPU system
OS	Linux
Navigation devices	
	INS, DVL, GPS, Depth meter, Altimeter, Obstacle avoidance sonar, SSBL, LBL, VLBL
Observation payloads	
Multi beam echo sounder	Teledyne Reson SEABAT 7125
Side Scan Sonar	EdgeTech 2200-M
CTD sensor	Seabird SBE49
Dissolved oxygen sensor	JFE Advantech RINKO-III
Fluoro-Turbidimeter	WETLabs ECO FLNTU(RD)
Hybrid pH-CO ₂ sensor	JAMSTEC original

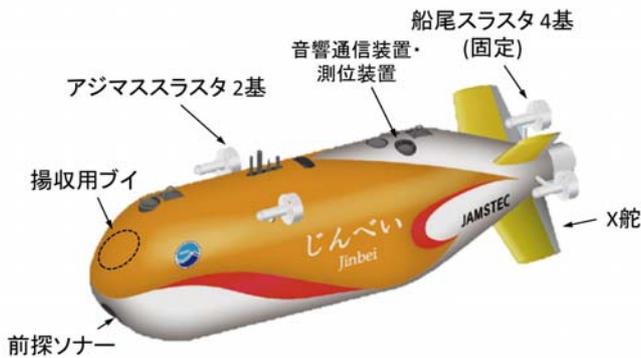


Fig. 2 General arrangement of the AUV “JINBEI”.

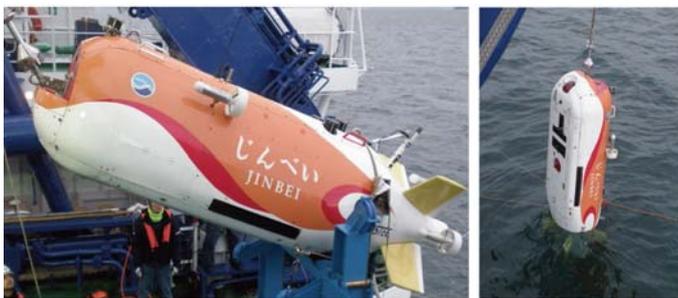


Fig. 3 Recovery of the AUV “JINBEI”.

推進器として機体後部に4つの固定400W スラスタ、機体上部前方に2基のアジマススラスタを備えている。アジマススラスタは±90度の範囲で方向が変えられ、舵が効かない低速航行時の制御に用いられる。高速航行時の制御には後部の独立可変X舵が用いられる。これらにより、高度30mにて0.7~3knotの速度で航行することが可能である。また、±10kgの範囲で浮力を調整することができる浮力調整装置を搭載しており、海水密度が異なる場所でも機体の中性浮力を保つことが出来る。

航行システムは、リングレーザージャイロを利用した小型慣性航法装置を核として構成され、600kHzのドップラー速度計、GPS、音響航法装置をハイブリッド化することによって高精度な測位および航行を実現している。

主な観測センサとして、サイドスキャンソナー(120kHzおよび400kHz)、マルチビームソナー、CO₂-pHセンサが搭載されている。そのほか、海水分析装置としてCTD計、溶存酸素計、蛍光濁度計が搭載されている。このうち、CO₂-pHセンサはJAMSTECにて開発された世界初のハイブリットセンサであり、CO₂濃度とpH値を同時に計測することができる。

「じんべい」は着水揚収時におけるダイバーレスおよび人員削減を目的として、1点吊での着水揚収形態を採用している。着水時には、台座を90度傾けることにより、Aフレームを用いて1点でのつり上げを行う。揚収時は、「じんべい」が海面に浮上したのち、ロープ付きの揚収用ブイが機体の先端から自動で放出され、これを支援母船に引き上げ、そのロープをガイドとして吊上用金物を嵌合して1点で吊り上げる。そして、着水時と逆手順により台座に上架させる。

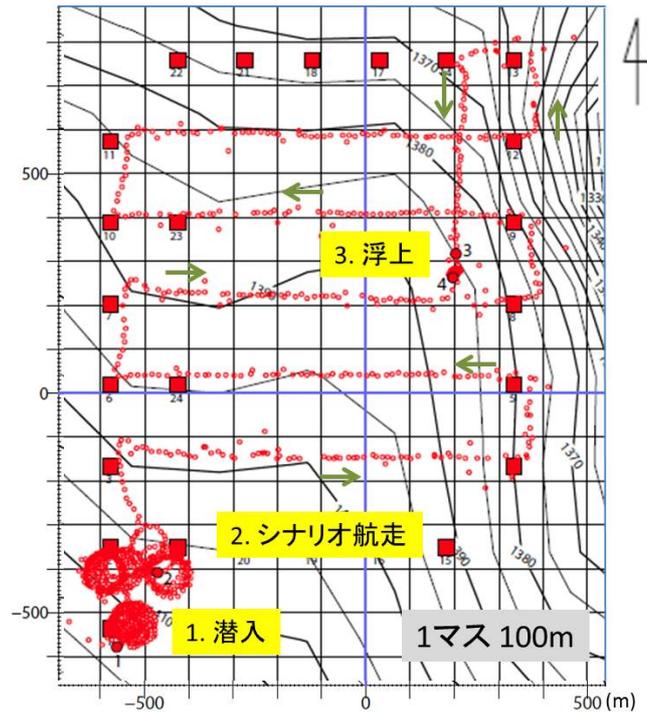


Fig. 4 Trajectory of AUV “JINBEI” during the dive #15.

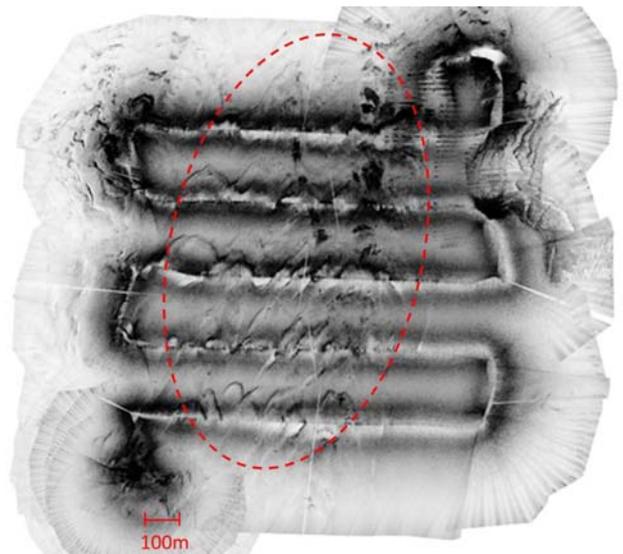


Fig. 5 Side scan sonar image taken at Suruga bay during the dive #15.

3. 実海域試験

2014年12月、音響海底観測性能の総合評価および完熟訓練を目的に、駿河湾の1,300-1,500m水深域にて「じんべい」の試験潜航を実施した。

「じんべい」の自動潜航は、大きく「潜入」「シナリオ航走」「浮上」の3つのモードから構成される。その流れは次の通りである。まず、着水直前に潜航開始コマンドを「じんべい」へ送信する。その後、「じんべい」は規定時間経過後に潜入を開始し、直線または螺旋を描いて規定深度まで潜る。海底到着後、あらかじめ指定されたシナリオに従って航走を行い、完走後に浮上する。海面浮上後、揚収用ブイを放出して揚収

を待つ。

同試験航海では、計 3 回の全自動潜航に成功した。ここでは、そのうち、第 15 潜航(潜航番号は進水からの通算)の結果を示す。図 4, 図 5 は、それぞれ航跡およびサイドスキャンソナーによって得た海底音響画像である。シナリオ航走時は、巡航速度 2knot、深度制御により高度約 50m を保っている。

潜航水域は駿河湾中央部の谷底に位置し、海底においても南北方向に流れが存在する。図 5 の中央に広がる縞模様は、その流れによって形成されたものと考えられる。本音響画像は歪みが小さく、また極めて高解像度であり、「じんべい」の高い航行性能および観測性能を示している。

文 献

- [1] T. Nakatani, H. Yoshida, T. Hyakudome, S. Ishibashi, M. Sugawara, Y. Ota, H. Ochi, Y. Watanabe, T. Sawa, Y. Nakano, and H. Machiyama, Dives of Cruising-AUV "JINBEI" to Methane Hydrate area in Joetsu knoll, OCEANS'13 MTS/IEEE, pp.1-5, USA, 2013.