海洋生物多様性および生態系の保全・再生に資する基盤技術の創出
平成 23 年度採択研究代表者

H25 年度 実績報告

浦　環

九州工業大学　社会ロボット具現化センター
センター長・特任教授

センチメートル海底地形図と海底モザイク画像を基礎として生物サンプリングを行う自律型海中ロボット部隊の創出

§1. 研究実施体制

(1)「ロボット部隊」グループ

① 研究代表者:浦　環　(九州工業大学　社会ロボット具現化センター　センター長・特任教授)

② 研究項目

- 研究総括
- ロボット部隊編成と展開
- 海底センシング技術開発
- 海底モザイキング技術開発

(2)「サンプリング」グループ

① 主たる共同研究者:石井　和男　(九州工業大学　大学院生命体工学研究科　教授)

② 研究項目

海底サンプリング技術開発

(3)「生物」グループ

①主たる共同研究者:丸山　正　(海洋研究開発機構　地球情報研究センター　プログラムディレクター)

②研究項目

- 自律型海中ロボットの生物サンプリングに向けた生物多様性の把握
- 自律型海中ロボットの生物サンプリングに向けた深海生物 3D モデリング化の検討
- 捕獲生物の同定のための DNA バーコーディング手法の検討

(4)「熱水」グループ

①主たる共同研究者:沖野　郷子　(東京大学　大気海洋研究所　准教授)

②研究項目

自律型海中ロボットによる底熱水域の三次元高解像度環境調査手法の開発

§2. 研究実施の概要

(1)「ロボット部隊」グループ:A

・研究総括に関しては、これまでの研究成果を基に、各グループ間の連携を図り、研究情報交換を行い、本研究課題の総合的に推進した。サンプリングロボット開発およびロボット展開を中心とする航海計画等を練り、熱水地帯等の実海域航海のパフォーマンスとデータ取得。取得したデータについて、生物チームによる生物解析および熱水チームによる地質学的解釈により、多次元的かつ詳細な広域総合地形図を作る研究を推進した。

・ロボット部隊編成と展開に関しては、熱水の発見が期待されるスミスカルデラにおいて、2012 年10 月 3 匹 AUV 同時展開時に発見したマウンド地形地帯に、再度 AUV「TUNA-SAND」を投入、海底面の画像マッピングとサンプリングにより、マウンド地形の詳細を観測し、システマチックな熱水発見手法の開発を進めた。法。また、生物観測アプリケーションとして、「TUNA-SAND」を北見大和堆に展開し、水深 100m～1000m の海底にて、キチジの分布と体長の分布を明らかにして、底生水産資源調査に新たな手法を示した。

・海底センシング技術開発に関しては、10m 高度から 1 潜航で 40,000 m^2 の広範囲の 1cm 分解能で 3D 画像マッピングシステムし、熱水噴出域の生物郡種をハビタットスケールで可視化し、生存している生物の種類とその分布を定量的に調査することに成功した。シドニー大学と共同で調査を実施し、2 つの異なるレゾリューションの海底マップを解析することで、広域かつ、部分的に詳細な 3D 画像マップを取得し、効率的に海底に生存する生物を調査する手法を確立した。これらの調査と並行し AUV 展開に向けよりコンパクトで、高性能な高高度画像マッピング装置を開発した。

・海底モザイキング技術開発に関しては、広域の高精度な海底画像観測を実現するため、複数の AUV が交互に着底して測位基準となるナビゲーション手法を開発した。平成 25 年 11 月に駿河湾の浅海域で行われた試験では、2 台の AUV Tri-Dog 1 と Tri-TON による海底観測ミッションに成功した。また、海底ステーションとホバリング型 AUV Tri-TON 2 からなるシステムを平成 25 年 12 月に沖縄トラフ伊良部海丘(水深約 1800m)に展開し、深海生物を含む画像観測に成功した。

(2)「サンプリング」グループ:B

海底サンプリング技術開発に関して、大深度において動作可能なアクチュエータとして油圧駆動方式のマニピュレータを試作した。水深 2000m 耐圧性能を実現するため、耐圧容器は油漬けによる均圧構造を採用し、稼働部には油圧アクチュエータの直線運動に対し回転運動が線形関係を有するように設計したカムを導入した。耐圧試験機において試作機を加圧し、水深 2000m の圧力環境で動作することを確認した。時間遅れシステムの制御に関し、陸上のロボットを用い仮想的に時間遅れを発生させるロボットシステムを構築し摸擬環境を開発した。把持対象の認識技術開発に関して、色相変換及び SIFT オペレータを用いた生物領域抽出システムを構築した。

(3)「生物」グループ: C

AUV を用いた海洋の底生生物やプランクトンを映像化し、生物の多様性や分布を解析する技術研究に資するため、本年度は,無人探査機(ROV)による映像からの生物同定の試み、および自立型有索無人ロボット(U-ROV)で昨年報告した3次元映像の記録とそのデータからのサイズなどの定量的解析、およびこれらの無人機で採取されたプランクトンおよび底生生物の DNA バーコード化を進めた。

(4)「熱水」グループ: D

新たなロボット部隊に求められる観測要件の提示とロボットの性能評価を行うために、1)AUV を利用した高解像度地形・磁気データの解析技術の改良を行い、よりよいデータを取得するためのロボット部隊オペレーションに関する提言を行った、2)過年度実施 ROV 観測を再解析して明神礁カル

デラ熱水域の地質構造解析を行い、詳細な熱水活動分布を明かにした他、未知の噴出孔の可能性を示した、3）新たなAUV 用採水器を導入し、沖縄熱水域において作動試験と化学センサ運用評価を行い良好な結果を得た、4）熱水プルーム高精度3次元計測に向けた複数センサ展開手法の開発に取り組んだ。

§3. 成果発表等

(3-1)原著論文発表

論文詳細情報（国内）

1(A-1)

望月将志,田村肇,木下正高,浅田昭,玉木賢策, "海底熱水活動の音響的観測手法の開発, 海洋音響学会誌, Vol.40, No.3, pp.149-156, 2013, A

2

西田祐也・浦環・坂巻隆・小島淳一・伊藤譲・金岡秀:"ホバリング型 AUV"TUNA-SAND"による伊豆・小笠原海域スミスカルデラの潜航調査", Proc. ROBOMEC13, Tukuba, Japan, 2013, A

3

巻俊宏・松田匠未・久米綾佳・佐藤芳紀・坂巻隆・浦環:"複雑な海底環境の画像観測用 AUV「Tri-TON」の開発", Proc. ROBOMEC13, Tukuba, Japan, 2013, A

4

佐藤芳紀・巻俊宏・久米綾佳・松田匠未来・坂巻隆・浦環、複雑環境の高被覆率な画像化に向けたAUV のナビゲーション手法(第 2 報) -リアルタイム撮影度評価に基づく観測経路生成による実海域画像マッピング- , ロボティクス・メカトロニクス講演会' 13, 2013.5, A

論文詳細情報（国際）

1(A-2)

Yuya Nishida, Tamaki Ura, Tomonori Hamatsu, Kenji Nagahashi, Shogo Inaba and Takeshi Nakatani, "Investigation Method for the Biomass of Kichiji Rockfish by Hovaring Type AUV", Proc. MTS/IEEE OCEANS14 Taipei, in press, 2014, A

2(A-3)

Adrian Bodenmann, Blair Thornton, Ryota Nakajima, Hiroyuki Yamamoto, and Tamaki Ura, 'Wide area 3D seafloor reconstruction and its application to sea fauna density mapping', Proc. MTS/IEEE OCEANS13, San Diego, 2013, A

3(A-4)

T. Matsuda, T. Maki, T. Sakamaki, and T. Ura, Primary Experimental Results of the Navigation Method of Multiple Autonomous Underwater Vehicles, Proc. of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems 2013, 2013. (DOI: 10.1109/iros.2013.6696730), A

4(A-5)

T. Matsuda, T. Maki, Y. Sato, and T. Sakamaki, Cooperative Navigation Method of Multiple Autonomous Underwater Vehicles for Wide Seafloor Survey –Sea Experiment with two AUVs-, Proc. of MTS/IEEE OCEANS 2014 Taipei, in press, 2014, A

5(A-6)

A. Kume, T. Maki, T. Sakamaki, T. Ura, A Method for Obtaining High-Coverage 3D Images of Rough Seafloor Using AUV – Real-Time Quality Evaluation and Path-Planning –, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol. 25, No. 2, pp.364-374, 2013, A

6

T. Yamanaka, K. Maeto, H. Akashi, J. Ishibashi, Y. Miyoshi, K. Okamura, T. Noguchi, Y. Kuwahara, T. Toki, U. Tsunogai, T. Ura, T. Nakatani, T. Maki, K. Kubokawa, and H. Chiba," Shallow submarine hydrothermal activity with significant contribution of magmatic water producing talc chimneys in the Wakamiko Crater of Kagoshima Bay, southern Kyushu, Japan", Journal of Volcanology and Geothermal Research, 258, pp.74-84, 2013 (DOI: 10.1016/j.jvolgeores.2013.04.007), A

7

Grossmann, M.M., Lindsay, D.J., Collins A.G, "The end of an enigmatic taxon: *Eudoxia macra* is the eudoxid stage of *Lensia cossack* (Siphonophora, Cnidaria)", .*Systematics and Biodiversity* 11(3): 381-387. 2013, DOI:10.1080/14772000.2013.825658, C

8(C-9)

Lindsay, D.J., Umetsu, M., Grossmann, M.M., Miyake, H. and Yamamoto, H, "The gelatinous macroplankton community at the Hatoma Knoll hydrothermal vent", in Ishibashi, J., Okino, K. and Sunamura, M. Subseafloor Biosphere Linked to Global Hydrothermal Systems; TAIGA Concept. Springer, Japan, in press, C

9(C-10)

Grossmann, M.M., Collins, A.G. and Lindsay, "Description of the eudoxid stages of Lensia havock and Lensia leloupi (Cnidaria: Siphonophora: Calycophorae), with a review of all known Lensia eudoxid bracts", Systematics and Biodiversity 12, in press, C

10

本荘千枝・浦環・金岡秀: " Deep-sea magnetic vector anomalies over the Hakurei hydrothermal field and the Bayonnaise lnoll caldera, Isu-Ogasawara arc, Japan", Journal of Geophysical Resarech: Solid Earth, Vol. 118, No. 1-18, 2013, (DOI:10:1002/jgrb.50382), D