「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

H23 年度 実績報告

浦　環

東京大学生産技術研究所・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（東京大学生産技術研究所、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. 研究実施内容

(1)「ロボット部隊」グループ:A

研究総括に関しては、本研究課題の総合的に推進し、初年度から最終年度までを見通した研究全体のフレームワークを構築した。各グループ間の連携を図り、研究情報交換を行い、研究計画を練り、研究課題全体の進捗状況を確認しつつ計画の将来展望を検討した。

ロボット部隊編成と展開に関しては、多彩な機能を持つ自律型海中ロボット部隊編成と各ミッション展開のための全体システムを設計(図 1)、2 年度以降に予定する海域試験に関して、当該海域の熱水活動域の地質構造的特徴や生物学的背景等を考慮したミッション策定を行い、ミッションに必要とされるセンサ類やロボット航法を検討し、そのための既存 AUV の改良と整備を進めた。また、中継ブイや人口ランドマークの基本設計を行った。

海底センシング技術開発に関しては、高高度からの 3 次元画像撮影が可能なシステムを構成するため、高感度カラーカメラとライティングを同期するシステムを開発、水槽実験をおこなって遠距離からの撮影が可能である事を実証した(図 2)。

海底モザイキング技術開発に関しては、複数のカメラを搭載したAUVによる複雑な海底環境のリアルタイム観測程度評価手法並びに再観測経路の生成手法を提案し、AUVを用いた水槽試験により有効性を示した(図3)。また、画像観測用のAUVの設計を行った。

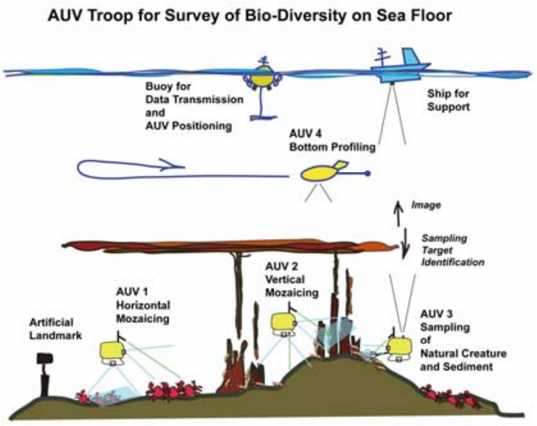

図1 研究全体概念図

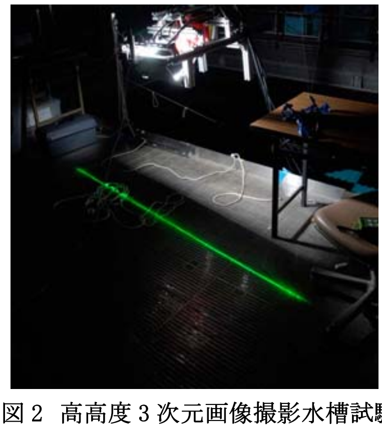

図 2 高高度 3 次元画像撮影水槽試験

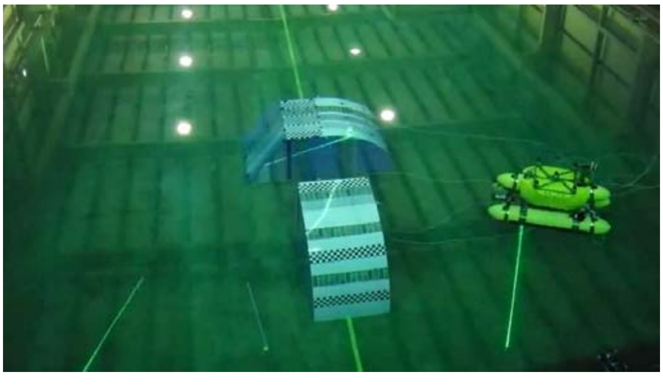

図 3 AUV による海底環境観測水槽試験

(2)「サンプリング」グループ:B

海底土のサンプリングを遂行するためのサンプリング装置の検討を行った。第一段階として、サンプリングを行う環境として、海底面が比較的平坦であり、起伏があっても緩やか、海底土の硬度はN 値 4 以下の柔らかいもと想定し、回転式バケット、ハサミ式バケット、リボルバー式バケット、回周式バケットの設計を行った(図 4)。

また、通信時間差を有するロボットシステムを想定し、映像が遅延して表示されるソフトウェアを開発中である。海底画像に対して半余弦ウェーブレット変換を用いた特徴量抽出手法を適用し、サンプリング対象(カニ)の存在領域を分別できることを確認した。

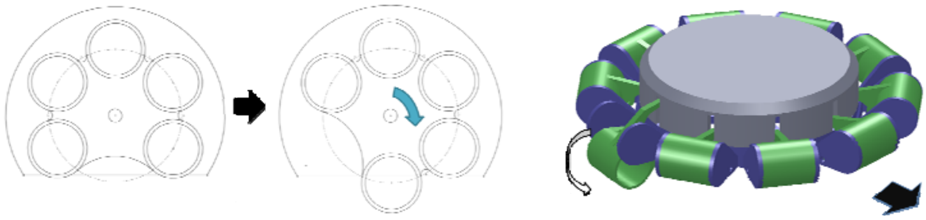

図 4 サンプリング装置例 (左:リボルバー式, 右:回周式)

(3)「生物」グループ: C

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に関しては、自律型海中ロボットを用いた生物サンプリングを実施するには, 対象海域にどのような生物がどのような産状で分布しているかを事前に把握しておくことが確実かつ効率的なサンプリングに必須である。このため、研究対象海域の一つである鹿児島湾において、水深約 200m の海底に位置する熱水噴出孔に棲息するベントスの多様性解析を実施した。軟泥の海底には極めて生物が少なく、散在する熱水噴出孔周辺にも無人探査機の HDTV カメラで視認できるサイズの底生生物は確認できなかった。熱水噴出チムニーを回収後に付着生物を確認した結果、体長 5~8mm 程度のコノハエビ類を多数採集した(図 5)。また本種以外に熱水噴出域に棲息するベントスは皆無であった。

深海生物 3D モデリング化の検討に関しては、多くの生物は移動やさまざまな行動に伴って外形を複雑に変化させる。従って、自律型海中ロボットが深海生物をサンプリングする場合、事前に生物の形態情報を三次元情報として与えておくことで、高精度な生物サンプリングを実施できる。そこで、安価かつ簡便に 3D 情報をスキャニング可能なシステムを導入し、スキャニングを実行した結果, 軟体動物や節足動物などで良好な三次元像を取得した(図 6)。

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に関しては、自律型海中ロボットが捕獲した生物の同定を速やかに実行するためには、古典的な形態観察に加え、DNA 配列を利用した分子生物学的解析が有効である。そこで DNA バーコーディングにより、深海生物の同定を速やかに行えるように、ターゲット遺伝子の選定を試みた。熱水噴出域や湧水域, 鯨骨域といった深海の還元環境に優占するベントスについて検討を行った結果、シロウリガイ類やシンカ

イヒバリガイ類、ハオリムシ類、ホネクイハナムシ類、コシオリエビ類、オハラエビ類など大部分の動物種ではシトクロム c 酸化酵素サブユニット I(COI)を PCR 増幅するための一般的なプライマーが利用できるのに対し、ハナシガイ類ではそのようなプライマーが利用できないケースがあることが判明した。

図 5 鹿児島湾内の熱水噴出域より採集したコノハエビ類

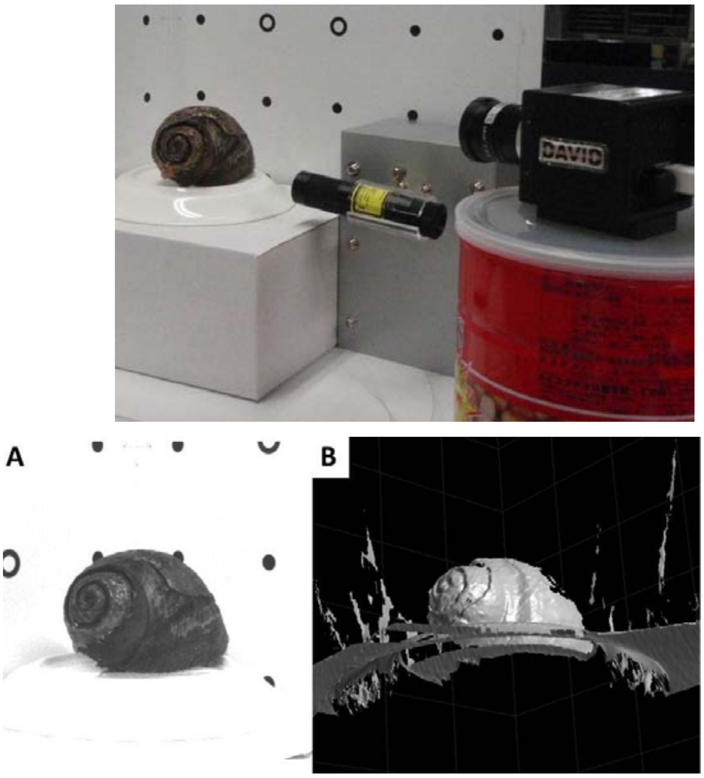

図 6 3D スキャナーおよび 3D スキャナーで取得したアルビンガイ *Alviniconcha hessleri* Okutani & Ohta の通常の写真(A)と三次元画像(B)

(4)「熱水」グループ: D

熱水地帯の海中・海底環境の観測に必要な新しいシステムの要件を検討するため、以下の予備的研究を実施した。1) 熱水活動域の地質構造的特徴ならびに高解像度地形データ・海底画像から地質構造を抽出する手法について文献調査を行った。2) 既に行われた熱水系調査データを用いて、沖縄トラフにおける AUV 搭載化学センサ観測結果の解析と評価、カルデラ地形内での ROV 搭載 CTD/DO センサのデータの再解析を行った。 3) pH センサに代表される各種化学センサの現場観測データについて、効果的に熱水プルームを可視化する手法について検討し、機材を導入評価した。また、海底画像データとの統合手法について基礎的な検討を開始した。