

戦略的創造研究推進事業 CREST  
研究領域「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」  
研究課題「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」

研究終了報告書

研究期間 平成23年12月～平成29年3月

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、  
特別教授)

## § 1 研究実施の概要

### (1) 実施概要

熱水地帯などに棲息する固有生物の生態系を観測し、生物多様性を把握し、変動予測を可能にするため、海底面のマクロからマイクロまでのマルチレゾリューションな広域連続計測するロボットシステムを構築することを目的として、複数のグループが有機的に連携しながら、以下のように研究を推進した。

複数の熱水系において周辺環境(地形・地質・地磁気・熱水の物理化学)への知見を基に最適なセンサと運用方式を検討し(熱水)、計測実施に最適なモデルフィールドの選定し、各グループと連携を推進した(総括)。1) 複数のタイプ(航行型、ホバリング型)の自律型海中ロボット(AUV)複数台を段階的に展開して、広域を高精度でマッピングする効率的観測手法および海底画像マッピング手法を開発し、実海域での複数ロボット展開を実施し、熱水域のみならず水産資源調査やサンゴ礁でのモニタリングを実施することでその有効性を実証した(ロボット部隊編成と展開、熱水)。2) マルチレゾリューションな3次元画像マッピングシステムの開発とロボットへの実装、実海域での展開により、海底面の広域/微細な高精度画像情報取得を実現、熱水地帯の広域にわたる底生生物の分布、棲息数を明らかにすることができるデータの定量解析手法を開発した(海底センシング)。海底の微細な画像データを広範囲にわたり取得するため、複数のホバリング型 AUV と海底ステーションから構成される観測ステーションを開発し、生物調査における有効性を実証した(海底モザイクング)。海底に生きる底生生物の高精度な画像情報を基に、対象生物をサンプリングできる新機軸のホバリング型 AUV「TUNA-SAND2」およびサンプリングシステムを開発した(サンプリング、ロボット部隊)。底生生物浮遊幼生の連続画像解析およびサンプリングを可能とする AUV 搭載用装置を開発することで、マクロからマイクロにいたる AUV を利用したマルチレゾリューションな計測技術についてより微細な方向に向けて研究推進した(生物)。そして、開発したサンプリング AUV「TUNA-SAND2」が航行中に取得した画像データを利用したビジュアルフィードバックにもとづくサンプリングアルゴリズムを実装し、実海域にて「TUNA-SAND2」による生物サンプリングの試験を実施し、開発したサンプリングアルゴリズムの有効性を実証し、AUV によるサンプリングを可能とする。

### (2) 顕著な成果

#### 1. マルチレゾリューションな3次元画像マッピングシステムの開発と実用化

AUV/ROV に搭載可能な海底面の微地形を計測できる3次元画像マッピングシステム(低高度/高高度)を開発した。2m の「低高度」ではスワ幅 2m の海底面の3次元画像を1mm 程度の分解能で計測、10m の「高高度」では、スワ幅 10m の海底面の3次元画像を1cm の分解能で計測、「低高度」の 20(AUV)/10(ROV) 倍以上の面積を一度の潜航でカバーできる。本技術によりはじめて広範囲のハビタットスケールでの底生生物の分布状況の高精度で効率的な定量化を実現した。2012 年から複数年にわたって複数 AUV また ROV を用いて実施した伊平屋北熱水フィールドの海底面の広域マッピングにおいては、掘削による生物の分布状況及び熱水チムニーの成長速度の定量評価を行い、また、年単位で起きる生物の空間的移動、微小な増加・減少を定量評価することに成功した。成果は国内外で高く評価され、オーストラリアとの国際共同研究に発展している。

航行型 AUV を用いることで、1 潜航あたり数 10ha の広範囲にわたって調査が可能のため(H27、伊平屋北 AE2000f 調査にて実証)、今後、熱水地帯の環境モニタリングのみならず、水産資源やサンゴ礁、海藻、海草の分布調査への応用展開が期待され、海洋科学の進展と海洋産業の発展に大きく貢献できる。

1) Thornton B, Bodenmann A, Pizarro O, Williams SB, 他 10 名, Biometric Assessment of Deep-sea Vent Megabenthos using Multi-Resolution 3D Visual Maps, Deep-sea Res. 1, 116, 200-219, 2016

2) Adrian Bodenmann・Blair Thornton・Tamaki Ura:” 3D Seafloor Mapping With Autonomous Data Analysis - The Generation and Application of 3D Color Reconstruction For Quantitative Algorithm-Based Analysis- ”, Sea Technology, Vol. 53, No. 10, pp.41-46, 2012

## 2. 複数 AUV 同時展開システムの基礎の構築

支援船のシフトタイムを効率的に活用し、かつ、多様なパラメタを同時に計測するには、複数 AUV を同時展開することが有効である。AUV の展開中は、AUV が支援船を占有しない支援船フリーの状態になれば、支援船は別の調査活動を行うことができる。AUV が一台の場合には調査活動を倍に加速することができ、支援船経費を大幅に削減できる。複数台になるとさらに加速的に運用効率を向上させることができる。

そこで、支援船の代わりにロボット位置を管理し通信する自律型バーチャルムーアリング・ブイ (VMoB: Autonomous Virtual Mooring Buoy) を開発し、VMoB に搭載した音響装置を用いて、AUV の位置の監視と緊急時のコマンドリンクの確保とを行う複数 AUV 同時運用システムを開発し、2012 年 11 月、海洋研究開発機構の航海 KY12-13 において、航行型 AUV 「AE2000a」と「AE2000f」およびホバリング型 AUV 「TUNA-SAND」の計 3 台を、スミスカルデラに同時展開し、自律潜航させた。2015 年 10 月には、伊平屋北フィールドにおいて、民間船を用いて、航行型 AUV 「AE2000f」とホバリング型 AUV 「TUNA-SAND」、あるいは ROV の同時展開を行い、広域にわたる 3D 画像データと局所的な微細なデータを取得した。また、2016 年 5 月には、オホーツク海における水産資源調査において、ホバリング型 AUV 「TUNA-SAND」、「TUNA-SAND2」および「ほぼりん」を同時展開した。これは、AUV の調査実績に裏打ちされた高い信頼性と高い自律性に基づいて実施されたものである。オホーツク海の水産資源調査のための AUV 同時展開を例にとれば、「TUNA-SAND」の単独航海時と比較して約 3 倍に調査効率が向上しており、開発手法の有効性を示している。すなわち、ここに、複数 AUV の同時展開システムの基礎を構築したと言える。

今後、それぞれの AUV の実績を上げて複数展開および夜間潜航を行い、調査効率を向上させるとともに、民間による AUV 運用を進めることで、海洋科学を発展させることが期待される。また、更なる研究の展開として、複数 AUV の同時展開の次ぎの段階を目指す必要がある。複数 AUV を展開しながら、かつ、支援船をすべての AUV からフリーにすること、それぞれの行動が他の AUV の行動に影響を与え相互に関係し合うことで母船の支援を必要としない AUV による自動管理システムの研究開発が期待される。

1) Yuya Nishida, Junichi Kojima, Yuzuru Itoh, Kenkichi Tamura, Harumi Sugimatsu, Kangsoo Kim, Taku Sudo and Tamaki Ura, “Virtual Mooring Buoy ABA for Multiple Autonomous Underwater Vehicles Operation”, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.28, No.1, 2016.

2) Y. Nishida, T. Ura, T. Hamatsu, K. Nagahashi, S. Inaba, T. Nakatani:” Resource investigation for Kichiji rockfish by autonomous underwater vehicle in Kitami-Yamato bank off Northern Japan”, ROBOMECH Journal, Vol.1, Issue 1:2, 2014.

## 3. サンプリング AUV「TUNA-SAND2」の開発

海底面のマクロからマイクロまでのマルチレゾリューションな広域連続計測のためのロボットシステムを開発し、ついには、AUV によるサンプリングを実現することが本研究の大きな目的である。そのため、ホバリング型 AUV 「TUNA-SAND」の実用機としての運用成果 (ロバストで信頼性の高い運用とメンテナンスの利便性) を基に、2000m 級のサンプリング AUV 「TUNA-SAND2」を開発した。

「TUNA-SAND2」は、センシンググループが開発した低高度 3 次元画像マッピングシステムを標準装備とし、生物探索機能、生物捕獲機能および音響画像伝送機能を有している。2016 年 2 月に実施した実海域試験においては、AUV としての基本的な性能を確認、海底に設置した生物模型を発見、画像伝送し、撮影した位置に戻ることに成功した。同年 7 月に実施した沖縄瀬底近傍の海域試験では、サンゴ礁の広域 3D 画像マッピングに成功し、8 月には、ビジュアルフィードバックにもとづくサンプリングアルゴリズムを実装した。2017 年 2 月の実海域で「TUNA-SAND2」による生物サンプリング試験を実施し、開発したサンプリングアルゴリズムの有効性を実証、世界初のサンプリング AUV による対象生物捕獲システムのための基礎を構築した。

1) Nishida, Y., Sonoda, T., Yasukawa, S., Ahn, J., Nagano, K., Ishii, K. and Ura, T. “Development of an Autonomous Underwater Vehicle with Human-aware Robot Navigation”, In Proc. OCEANS’16

Monterey, Monterey USA, 2016.

2) Jonghyun Ahn, Shinsuke Yasukawa, Takashi Sonoda, Yuya Nishida, Kazuo Ishii, Tamaki Ura, "Image Enhancement and Compression of Deep-Sea Floor Image for Acoustic Transmission", In Proc. OCEANS' 16 Shanghai, Shanghai, China, 2016.

### <優れた基礎研究としての成果>

#### 1. 複数 AUV 同時展開システムの基礎の構築

概要: 支援船の代わりにロボット位置を管理し通信する VMoB を用いた複数 AUV 同時運用システムを開発することで、複数 AUV を同時展開し、かつ、支援船をすべての AUV からフリーにすること、それぞれの行動が他の AUV の行動に影響を与え相互に関係し合い母船の支援を必要としない、複数 AUV 同時展開のための自動管理システムの研究開発の基礎を構築した。

#### 2. AUV による自動観測経路生成システムの基礎の構築

概要: ホバリング型 AUV によるサツマハオリムシサイトを対象とした観測において、1 回の潜航で対象観測領域をもれなくマッピングするよう観測結果をリアルタイムに処理し、観測もれエリアを再観測する自動観測経路生成システムを開発することで、AUV が 1 回の潜航で取得する観測データをリアルタイムに処理し、再観測が必要とされる対象/領域を自動で推定し、再観測する高度な AUV の自動観測システムの基礎を構築した。

#### 3. AUV による自動サンプリングシステムの基礎の構築

概要: 探索機能、生物捕獲機能および音響画像伝送機能を有するサンプリング AUV 「TUNA-SAND2」を開発することで、人間の指令によることなく、AUV が全自動で最適なサンプリング対象生物を認識し、かつ捕獲する研究開発の基礎を構築した。

### <科学技術イノベーションに大きく寄与する成果>

#### 1. マルチレゾリューションな 3 次元画像マッピングシステムの開発

概要: AUV/ROV に搭載可能な海底面の微地形を計測できる 3 次元画像マッピングシステム(低高度/高高度)を開発した。2m の「低高度」用システムはサンプリング AUV「TUNA-SAND2」に、10m の「高高度」用システムは航行型 AUV「AE2000f」に標準装備され実運用されている。今後、AUV 搭載標準観測ツールとして汎用化され、水産資源やサンゴ礁、海藻、海草の分布調査など幅広い領域へ応用展開することで、海底の調査手法にブレークスルーをもたらすことが期待される。

#### 2. 複数 AUV 同時展開システムの基礎の構築

概要: 支援船の代わりにロボット位置を管理し通信する VMoB を用いた複数 AUV 同時運用システムを開発し、さまざまな海域で運用展開を実施して有効性を実証した。今後、支援船から完全にフリーの複数台 AUV 同時運用のための自動管理システムの研究開発を推進することで、19 世紀以来の支援船を中心とした海洋調査手法にパラダイムシフトをもたらすことが期待される。

#### 3. サンプリング AUV の開発

概要: 生物探索機能、生物捕獲機能および音響画像伝送機能を有するサンプリング AUV 「TUNA-SAND」を開発し、世界初のサンプリング AUV による対象生物捕獲システムの基礎を構築することで、AUV の持つ機能を刷新した。今後、AI を取り入れた AUV による対象物認識アルゴリズムの研究開発を推進することで、人の指令によることなく、全自動で最適なサンプリング対象生物を識別、選択、かつ捕獲できる新しい AUV の開発と誕生とが期待される。

## § 2 研究実施体制

### (1) 研究チームの体制について

#### ①「研究総括」グループ

氏名	所属	役職	参加時期
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、特別教授	H23.12～
杉松 治美	東京大学生産技術研究所	特任研究員	H23.12～

#### 研究項目

- ・研究総括
- ・他課題および他の研究プロジェクトとの連携
- ・国際共同研究の推進

#### ②「ロボット部隊」グループ

##### 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
浅田 昭	東京大学生産技術研究所	教授	H23.12～
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	H23.12～
高川 真一	東京大学生産技術研究所	特任教授	H23.12～H26.3
巻 俊宏	同上	准教授	H23.12～
ブレア ソーントン	同上	特任准教授	H23.12～
金 岡秀	同上	特任助教	H23.12～H26.3
杉松 治美	同上	特任研究員	H23.12～
西田 祐也	同上	協力研究員	H23.12～
佐藤 芳紀	同上	特任研究員	H23.12～
永橋 賢司	同上	協力研究員	H24.6～
長野 和則	同上	特任研究員	H26.6～
水島 隼人	同上	特任研究員	H26.4～
Adrian Bodenmann	同上	特任研究員	H23.12～
Mehul SANGEKAR	同上	特任研究員	H23.12～
Umesh Neettiyath	同上	特任研究員	H26.4～
小原 敬史	同上	シニア協力員	H28.4～
松田 匠未	同上	特任研究員	H23.12～
増田 殊大	同上	学術支援専門職員(技術)	H26.4～
坂巻 隆	同上	技術専門職員	H23.12～
Painumgal Viswambharan Unnikrishnan	東京大学新領域創成科学研究科海洋技術環境学専攻	博士課程学生	H23.12～H26.1

欒 明	同上	博士課程学生	H23.12～H26.3
佐藤 匠	同上	博士課程学生	H23.12～
高橋 朋子	同上	博士課程学生	H23.12～
関根 司	同上	修士課程学生	H24.6～H26.3
安井 風太	同上	修士課程学生	H24.4～H25.3
白久 レイエス樹	同上	修士課程学生	H24.4～H26.3
稲葉 祥悟	同上	修士課程学生	H25.4～H27.3
逢澤 正憲	同上	修士課程学生	H25.4～H27.3
村田 幸輔	同上	修士課程学生	H26.4～H28.3
岡田 宣義	同上	修士課程学生	H26.4～H28.3
大槻 祐斗	同上	修士課程学生	H27.4～
蔵永 圭則	同上	修士課程学生	H27.4～
伊藤 高明	同上	修士課程学生	H28.4～
森 祐斗	同上	修士課程学生	H28.4～
瀧澤 亮太	同上	修士課程学生	H28.4～
野口 侑要	同上	修士課程学生	H28.4～
吉野 聡一	同上	修士課程学生	H28.4～
堀 航	九州工業大学	博士過程学生	H28.4～
近藤 逸人	東京海洋大学	准教授	H23.12～
本荘 千枝	東京大学大気海洋研究所	研究員	H24.4～H27.3
石井 和男	九州工業大学	教授	H23.12～
中谷 武志	海洋研究開発機構	技術研究副主任	H23.12～
小島 淳一	(株)KDDI 研究所	プロジェクトリーダー	H24.4～

#### 研究項目

- ・ロボット部隊編成と展開
- ・海底センシング技術開発
- ・海底モザイクング技術開発

#### ③「サンプリング」グループ

##### 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
石井 和男	九州工業大学大学院生命体工学研究科	教授	H23.12～
浦 環	九州工業大学者社会ロボット具現化センター	センター長、特別教授	H23.12～
神酒 勤	同上	教授	H23.12～H25.3
ジャン ドーソップ	同上	教授	H23.12～H28.3
園田 隆	同上	特任准教授	H24.4～
アミル アリ フォロー ナシライ	同上	准教授	H24.4～
西田 祐也	同上	特任助教	H27.4～
有馬 正和	大阪府立大学大学院工学系研究科	准教授	H23.12～
渡辺 啓介	東海大学海洋学部	准教授	H23.12～
伊藤 仁	東北工業大学 工学部	講師	H23.12～

ブレア ソートン	東京大学生産技術研究所	特任准教授	H23.12～
中谷 武志	海洋研究開発機構 海洋工学センター	技術研究副主任	H23.12～
タリンドウ ウイラ コン	九州工業大学大学院生 命体工学研究科	D3→研究員	H24.4～
横道 匠	同上	D3	H24.4～H28.3
李 氷賀	同上	D3	H24.4～H28.3
アン ジョンヒョン	同上	D2	H24.4～H28.3
武村 泰範	西日本工業大学工学部	准教授	H27.4～
眞田 篤	同上	講師	H27.4～
松尾 貴之	北九州工業高等専門学 校	講師	H27.4～
安川 真輔	同上	研究員	H27.4～

#### 研究項目

小型 AUV において検証した時間遅れシステム制御系を実海域試験用 AUV へ導入し、水槽試験において機能を検証

- 水中マニピュレータをサンプリング AUV に搭載し、実証試験
- 生物をクラスタリングする画像処理アルゴリズムについて、リアルタイムでの特徴抽出、及び把持対象候補推定試験を行い、機能を検証
- 超音波通信のマルチパス、温度、ドップラー効果等をモデル化し、チャープ信号を用いた通信技術に関してシミュレーション及び実験を通じて性能向上

#### ④「生物」グループ

##### 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
デューグル リン ジー	国立研究開発法人海洋 研究開発機構	主任技術研究員	H23.12～
藤原 義弘	同上	分野長代理	H23.12～
丸山 正	同上	アドバイザー	H23.12～
窪川 かおる	東京大学大学院理学系 研究科	特任教授	H23.12～
山本 智子	鹿児島大学水産学部	准教授	H23.12～
山中 寿朗	岡山大学大学院自然科 学研究科	准教授	H23.12～
土田 真二	国立研究開発法人海洋 研究開発機構	技術副主幹	H25.4～
渡部 裕美	同上	技術主任	H25.4～
笠井 綾香	同上	派遣実験補助員	H24.12～
河戸 勝	同上	技術主任	H27.4～

#### 研究項目

- 底生動物のプランクトン幼生を AUV で連続的にサンプリングするために、平成 26 年度購入した連続プランクトンサンプラーを深海仕様にして、UROV/AUV に装着出来るようにする
- AUV で底生動物をマーキングし、その行動を追跡するため、飼育下での生体染色を試みる。ま

- た、底生動物の形態を3次的に把握するため、X線CTによる解析を試みる
- ・深海底生および浮遊・生物をAUVで解析するために、DNA解析などで生物リストを整備する

⑤「熱水」グループ  
研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
沖野 郷子	東京大学大気海洋研究所	教授	H23.12～
飯笹 幸吉	東京大学新領域創成科学研究科	教授	H23.12～
山崎 俊嗣	東京大学大気海洋研究所	教授	H25.4～
福場 辰洋	海洋研究開発機構	技術研究主任	H23.12～
岡村 慶	高知大学	准教授	H23.12～
山中 寿朗	岡山大学	准教授	H27.4～
小林 真理	岡山大学	大学院学生	H24.4～
金原 富子	東京大学大気海洋研究所	技術補佐員	H24.4～
望月 齋子	東京大学大気海洋研究所	事務補佐員	H27.4～
石渡 まり子	東京大学大気海洋研究所	事務補佐員	H27.4～
藤井 昌和	東京大学大気海洋研究所	大学院学生	H26.7～H28.3
本荘 千枝	東京大学大気海洋研究所	研究員	H24.4～H27.3
金銅 和菜	岡山大学	大学院学生	H24.4～H25.12
大西 雄二	岡山大学	大学院学生	H25.12～H28.3
多良 賢二	東京大学大気海洋研究所	大学院学生	H24.7～H25.3 H26.7～H27.3

研究項目

- ・既存データに基づく観測要件の検討と提示(過年度)
- ・海域調査試験で得られた地形・地質・海洋化学データの解析と手法の検証
- ・AUVを利用した地形・地質調査結果の解析
- ・AUV/潜水船を利用した磁気異常調査結果の解析と手法の検証
- ・AUVを利用した海洋化学調査結果の解析にもとづくセンサの検証
- ・データ可視化技術の開発

(2) 国内外の研究者や産業界等との連携によるネットワーク形成の状況について

1. 本研究で開発したマルチレゾリューションな3次元画像マッピングシステムを用いたロボット運用およびデータ解析に関しては、シドニー大学と国際連携して底生生物モニタリング手法の構築のための研究を推進している。共同でのフィールド調査の対象として、琉球大学瀬底研究所近傍の30m以深のサンゴ礁をモニタリング対象のひとつとして選定、クレストの他課題および琉球大学のサンゴ研究者も巻き込んだ生物モニタリングチームを形成して、サンゴ礁のマッピングプロジェクトを計画している。
2. 生物チームとの連携により、AUVによる底生生物浮遊幼生の連続画像解析およびサンプリング

グを可能とするセンサの開発を進め、ホバリング型 AUV に搭載可能なサンプリング装置を開発した。ユーザーが満足する高品位な連続画像取得のため、スコットランドのアバディーン大学と連携して深海用小型ホログラフィックカメラの開発へと研究を進めている。

3. 底生生物観測の対象を水産資源調査にまで応用して、水産総合研究センターの研究者らとの共同研究へと発展し、2013 年度より、ホバリング型 AUV による海底面の広域画像マッピングと底生生物の資源量調査のための継続的なモニタリングを実施している。

### § 3 研究実施内容及び成果

#### 3.1 総括(九州工業大学、東京大学生産技術研究所)

熱水地帯などの深海底に棲息する底生生物やその周辺環境の広域・連続的なセンシングおよびモニタリングすることをミッションとして、複数 AUV から成るロボット部隊を創出、海底面のマクロからマイクロまでのマルチレゾリューションな広域連続計測を実施するための研究開発を統合推進、ついには AUV によるサンプリングを実現し(図 3-1-1 左)、ロボット部隊による総合的な広域海底面の高精度連続マッピング+サンプリング+データ解析システムの基礎を構築した(図 3-1-2)。熱水域のみならず水産資源調査やサンゴ礁でモニタリングを実施し、その有効性を実証した。今後は、研究成果を幅広く成果を社会に還元すべく、海底の有効な観測ツールとして社会に提案していく。

観測海域の選定と観測戦略策定には、周辺環境(地形・地質・地磁気・海水の物理化学)への知見が不可欠である。このため、総括グループとして、ロボット部隊とサンプリング、生物および熱水グループから構成されるグループ全体の取り纏めを行い、観測海域を選定。観測に最適なセンサと運用方式を検討し、ロボット部隊グループを中心に、複数回/年度の計測を実施した。観測結果を基に、技術的フィードバックを行い、ロボットの効率的な運用手法を検討・検証するとともに、ユーザーが求めるデータを取得するためのデータ評価を行い、高精度なデータを定量的に取得・解析することができる技術開発を統括した。

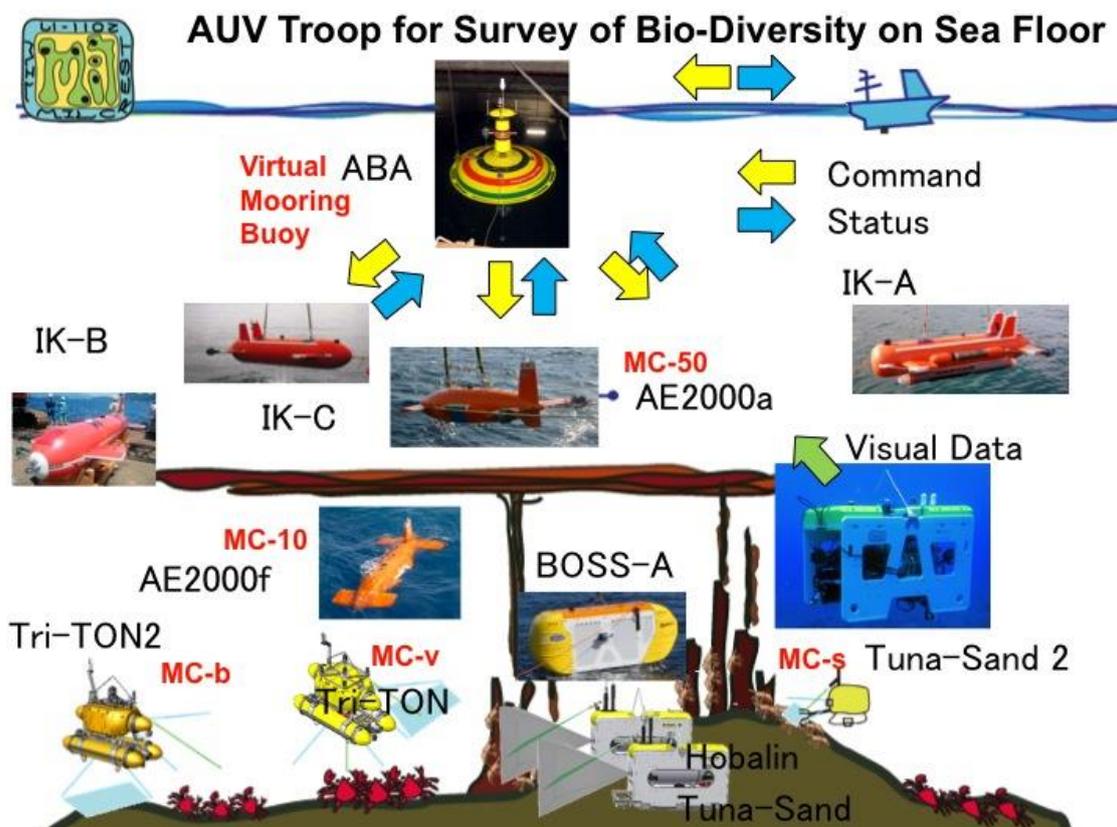
観測対象を底生生物一般へ拡大することで、水産総合研究センターの研究者らとの共同研究へと発展し、2013 年度より、ホバリング型 AUV による海底面の広域画像マッピングと底生生物の資源量調査のための継続的なモニタリングが実施されている(図 3-1-1 右)。

環境の異なる複数の海域において、複数課題連携および国際連携による観測を推進し、琉球大学の瀬底研究所近傍のサンゴ礁を観測対象として、AUV によるサンゴ礁の広域画像マッピングをオーストラリアのシドニー大学らを含めた国際研究チームで実施した。関連する国際ワークショップを開催するなど、サンゴ礁の分布調査に関する新たな国際共同研究の枠組が形成されつつある。

さらに、文部科学省の新基盤ツール課題「海洋鉱物資源広域探査システム開発」プログラムや「戦略的イノベーションプログラム(SIP)」における海洋関連課題「次世代海洋資源調査システムの開発(海のジパング計画)」との連携により、伊平屋北フィールドなどの熱水地帯での複数 AUV 運用展開を行い、環境影響評価につながる広域・高精度のマッピングデータを取得、領域内の生物の種/個体数および分布を特定するとともに経年変化に関する知見を得る国際プロジェクトへと展開している。



図 3-1-1 左)開発したサンプリング AUV「TUNA-SAND2」の駿河湾での実海域試験(2016 年 2 月)、右)オホーツク沖に始まった AUV による底生生物調査(水産資源調査)プロジェクトは、東北地方太平洋沖での調査にまで発展、「TUNA-SAND」一族が活躍している(2015 年 4 月)。これに航行型を加えたい。



## AUV Troop Ready for Diving

Name	Payload Device / Performance	Status	First Dive
<b>Virtual Mooring Buoy</b>			
ABA	Positioning and Communication	O	2014
<b>Cruising Type AUV</b>			
AE2000a	Interferometry Sonar	O	2011
AE2000f	High Altitude Camera	O	2011
IK-A	Synthetic Aperture Sonar	O	2016
IK-B	Sub-Bottom Profiler	O	2016
IK-C	Multi-Narrow Beam Sonar	Ready	(2016)
<b>Hovering Type AUV</b>			
Tuna-Sand	Still Camera	O	2007
Tuna-Sand 2	Simi-Autonomous Manipulation	O	2015
Hobalin	2 Still Cameras	O	2015
BOSS-A	Cobult Rich Crust Sensing	O	2014
Tri-TON	Image Mozaiking	O	2012
Tri-TON 2	Docking and Image Mozaiking	O	2013

赤字：開始以前の建造    青字：CRESTにて建造    O：Operational

図 3.1.2 ロボット部隊勢揃い

## 3.2 ロボット部隊(東京大学生産技術研究所、九州工業大学)

### 3.2.1 ロボット部隊の編成と展開

自律型海中ロボット(AUV)複数台を段階的に展開して海底の広域を高精度でマッピングする効率的観測手法を開発し、海表面から深海底までのマルチスケールのデータをマルチレゾリューションで取得し、ついにはサンプリングにより「実物」を得ることを目指して、ロボット部隊(自走式ブイ、航行型 AUV、ホバリング型 AUV、海底ステーション等から構成)を創出し、システムチックな観測システムを構築するために、以下の研究を推進した。

- 海底面形状の高分解能、高精度観測手法の開発と実施
- サンプリングなど海底と干渉のできる AUV の研究開発
- 情報密度の濃い画像データの取得
- AUV 開発と並行した AUV 展開によるデータ取得と解析
- AUV によるサンプリングの実施

#### ミッション策定 -マルチレゾリューションな観測-

観測対象海域と観測対象について、地質構造的特徴や生物学的背景等を考慮して、展開のための全体システムを設計し、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および運用手順を検討し、実際にさまざまな海域の異なる環境下で AUV を展開することで、成果を機能向上へとフィードバックさせた。熱水地帯でのロボット展開の成果を基に、観測対象海域を拡大し、水産資源調査、メタンハイドレート地帯の調査、サンゴ礁の調査等、さまざまな海域の異なる環境下でロボット展開を実施し、その成果をロボット性能や運用技術の向上(マルチプルロボットの段階的運用など)へとフィードバックさせた。

ハードウェアの性能向上とともに、取得したデータの解析を進め、ユーザーが求めるデータを取得するためのデータ評価を行い、高精度なデータを定量的に取得・解析することができる技術開発を行った。広範囲の海底面(1潜航に 50,000m<sup>2</sup>)を 1cm より高い分解能で 3D 画像マッピングする技術を開発し、従来の詳細な画像マッピング手法(1潜航に 5,000m<sup>2</sup>を 1mm 程度の分解能で計測)技術の革新は、さらなるマイクロな世界のマッピング技術へと応用展開され、センシンググループと生物グループとが連携して、ホログラフィックカメラによるマイクロな世界の連続高精度計測技術の開発を進めている。

#### 複数 AUV 同時展開

支援船のシフトタイムを効率的に活用し、かつ、多様なパラメタを同時に計測するには、複数 AUV を同時展開することが有効である。そこで、支援船の代わりにロボット位置を管理し通信する自律型バーチャルマリング・ブイを開発し、2012 年 11 月、海洋研究開発機構の航海 KY12-13 において、航行型 AUV 「AE2000a」と「AE2000f」およびホバリング型 AUV 「TUNA-SAND」の計 3 台を、スミスカルデラに同時展開し、自律潜航させた(図 3.2.1.1)。2015 年 10 月には、伊平屋北フィールドにおいて、民間船を用いて、航行型 AUV「AE2000f」とホバリング型 AUV 「TUNA-SAND」、あるいは ROV の同時展開を行い、広域にわたる 3D 画像データと局所的な微細なデータを取得した(図 3.2.1.2)(詳細は海底センシングの項目参照)。また、2016 年 5 月には、オホーツク海における水産資源調査において、ホバリング型 AUV「TUNA-SAND」、「TUNA-SAND2」および「ほぼりん」を同時展開した(図 3.2.1.1 右図)。これら 3 回の複数 AUV 同時展開においては、それぞれの AUV は相互作用のない独立したエージェントとして扱われ、支援船から音響装置を使って、(1)位置の監視と(2)緊急時のコマンドリンクの確保とおこなっている。これは、AUV の調査実績に裏打ちされた高い信頼性と高い自律性に基づいている。つまり、本研究においては、複数 AUV の同時展開技術の第一段階をクリアし、同時展開運用の基礎を構築したと言える。

今後、それぞれの AUV の実績を上げて複数展開および夜間潜航を行い、調査効率を向上させることが海洋科学を発展させるひとつの道である。それには、民間の参加が不可欠であり、民間による AUV 運用を進めるには、船を選ばない安全でコンパクトな着揚収システムの開発が必要である。また、複数 AUV の同時展開の次ぎの段階を目指す必要がある。複数 AUV を展開しながら、かつ、支援船を AUV からフリーにすること、それぞれの行動が他の AUV の行動に影響を与え相互に関係し合うことで母船の支援を必要としない AUV による自動管理システムの研究開発が期待される。



図 3.2.1.1 複数 AUV 同時展開例 左)図左から、「AE2000f」、「Tuna-Sand」、「AE2000a」(2012 年スミスカルデラでの同時展開)、右)図左から、「Tuna-Sand 2」、「Tuna-Sand」、「ほぼりん」(2015 年オホーツク沖展開)

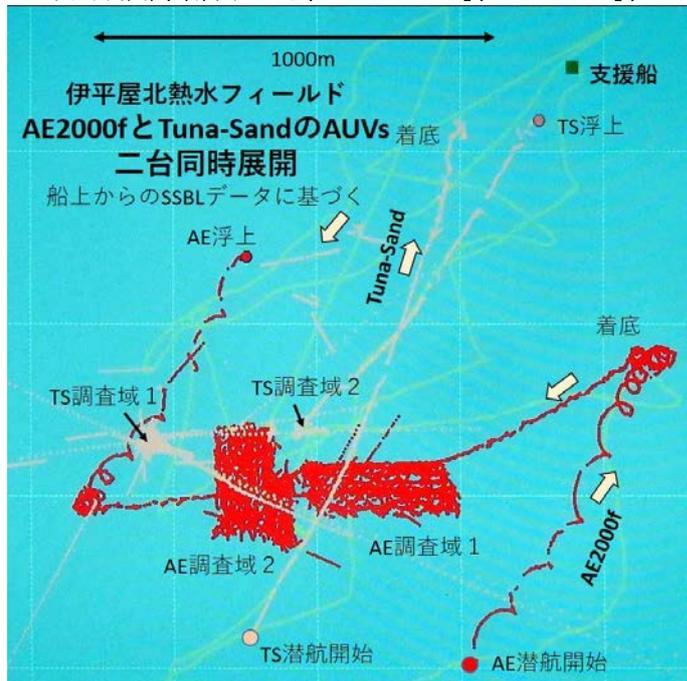


図 3.2.1.2 「AE2000f」と「TUNA-SAND」、および支援船の航跡(2015 年、伊平屋北での同時展開)

### ロボット技術の水産資源調査への応用

生物観測アプリケーションとして、ホバリング型 AUV による海底面の広域画像マッピングのミッションと底生生物の資源量調査を策定。水産総合研究センター北海道区水産研究所の研究者らとの共同研究により、2013 年から毎年、北海道日本海側およびオホーツク海にてホバリング型 AUV ホバリング型 AUV「TUNA-SAND」、「TUNA-SAND2」、「ほぼりん」および水中カメラ装置「江戸っ子 1 号」を展開。ロボットに搭載したカメラによる底生生物の画像マッピングを実施、水深 100m~1000m の海底に棲息する底生生物の分布密度と環境状況そして体長の分布を定量化することで、AUV による底生生物の定量的評価手法を構築した。2013 年の調査では、海底でのキチジの分布の定量化に成功(図 3.2.1.3、図 3.1.2.4)。2014 年の調査では、キチジの分布する海域の近い場所にイバラガニモドキの大群を発見している。2015 年からは、複数 AUV 展開を実施し、2016 年の 3 台同時展開では、調査効率の飛躍的な向上を実現した(2013 年の 1 日当たりの単位調査面積の 3 倍)(表 3.2.1.1)。支今後、さらに継続的なモニタリングを実施し、魚種班別の自動化を推進して高品位のデータを取得することで、水産資源量推定へ貢献することが期待される。また、支援船の問題があるが航行型 AUV を投入することで広域にわたる海域の水産資源のさらに効率的な調査を実現し、生物分布の時空間的变化を把握することができるため、今後の課題としたい。

■ The biomass of kichiji rockfish

No.	Start depth	End depth	Pictures	fish
#73	144m	145m	992	0
#74	1,045m	1,050m	1,039	2
#76	690m	764m	1,310	23
#77	310m	375m	2,077	2
#79	555m	560m	238	10
Total			5656	37

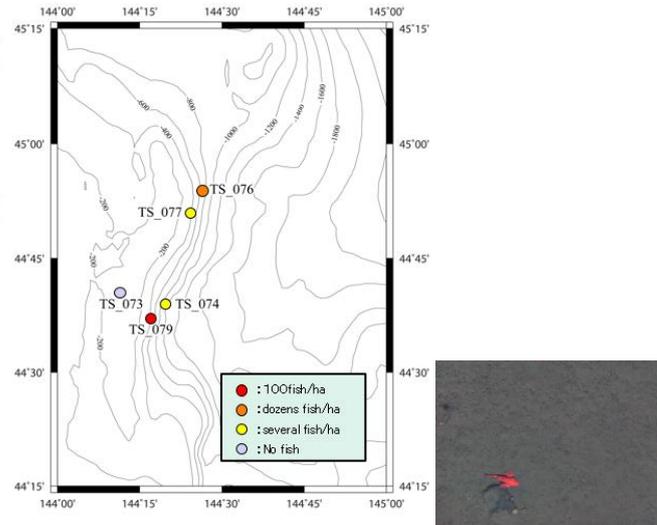
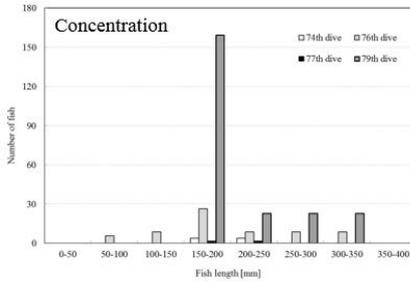
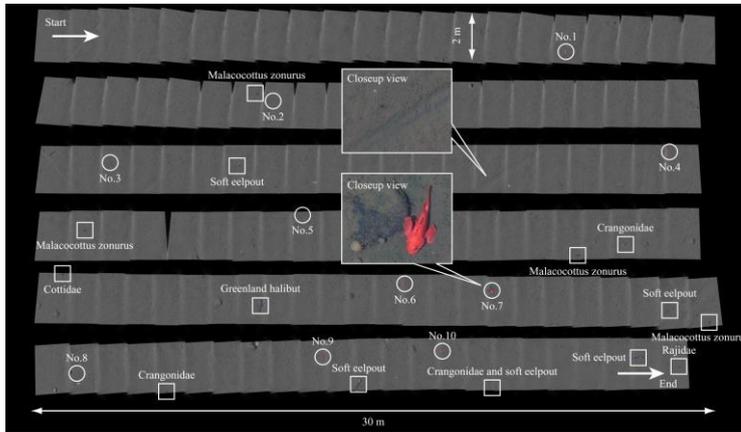


図 3.2.1.3 左)北見大和堆におけるキチジの密度と体調分布(2013年取得データ)。右)体長340mmのキチジ(ロボットは定高度で航行しているため、体長推定が容易に行える)



Tuna-Sand 撮影画像のモザイク:キチジの森と木



イバラガニモドキの森

図 3.2.1.4 ホバリング型 AUV「TUNA-SAND」撮影画像モザイク 左)キチジの森と木 右)イバラガニモドキの森(2014年取得データ)。

表 3.2.1.1 4年間(2013年~2016年)の水産資源調査のまとめ

調査年 [Year]	使用機器	有効作業日 [day]	総調査面積 [m <sup>2</sup> ]	単位調査面積 [m <sup>2</sup> /day]	備考
2013	Tuna-Sand	5	16,968	3,394	2次元モザイク
2014	Tuna-Sand	6	13,434	2,239	2次元モザイク
2015	Tuna-Sand ABA 江戸っ子1号	6	33,084	5,514	3D動画
2016	Tuna-Sand ほばりん Tuna-Sand2	3	29,956	9,985	3次元モザイク

### サンプリングロボットの開発と運用

サンプリンググループ、生物グループらと協議を重ね、ホバリング型 AUV「TUNA-SAND」の実用機としての運用成果(ロバストで信頼性の高い運用とメンテナンスの利便性)を基に、2000m 級のサンプリング AUV「TUNA-SAND2」を開発した(図 3.1.2.5)。「TUNA-SAND2」は、センシンググループが開発した低高度 3 次元画像マッピングシステムを標準装備とし、生物探索機能、生物捕獲機能および音響画像伝送機能を有している。2016 年 2 月に実施した実海域試験においては、AUV としての基本的な性能を確認し、海底に設置した生物模型を発見、画像伝送し、撮影した位置に戻ることに成功した(図 3.1.2.6)。同年 7 月に実施した沖縄瀬底近傍での海域試験では、サンゴ礁の広域 3D 画像マッピングに成功し、8 月には、ビジュアルフィードバックにもとづくサンプリングアルゴリズムを実装した。2017 年 2 月、実海域にて「TUNA-SAND2」による生物サンプリングの試験を実施し(図 3.1.2.7～図 3.1.2.8)、開発したサンプリングアルゴリズムの有効性を実証、AUV によるサンプリングにより「実物」を得ることを可能とし、生物サンプリング完成に向けた課題を抽出した。

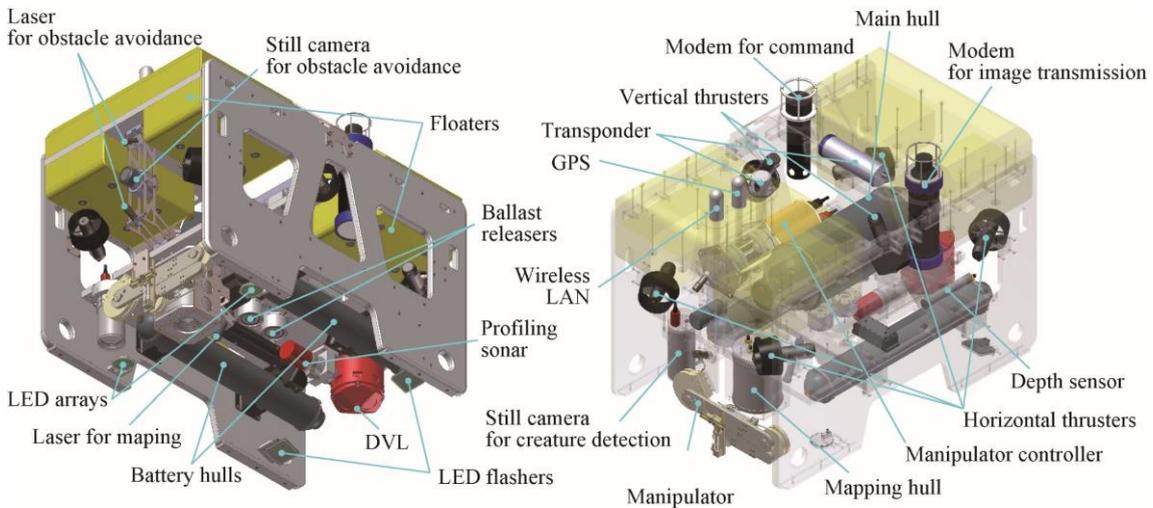


図 3.1.2.5 開発したサンプリング AUV「TUNA-SAND2」

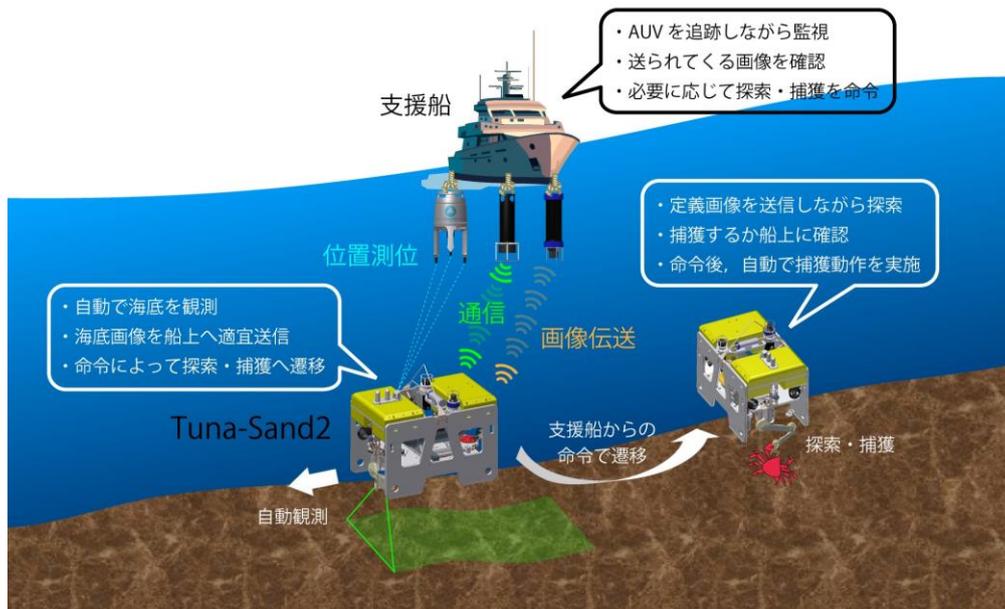
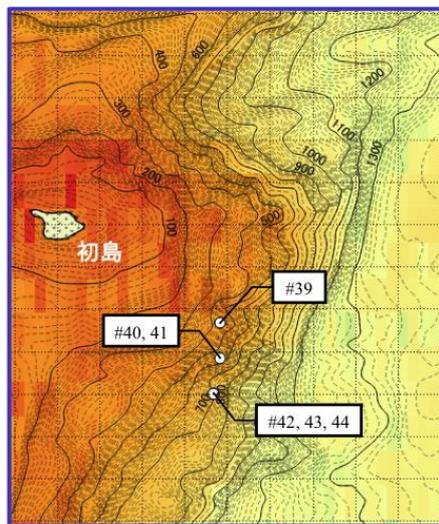


図 3.1.2.6 「TUNA-SAND2」の調査手法

### AUVによる生物サンプリング完成のための課題

2017年2月、相模湾初島沖(当初予定していた大室ダシには、悪天候のため行けず、予備海域でサンプリングを実施した、このため、サンプリング対象の変更が必要となった)興味のある対象画像を選んでから、現場海域にピンポイントで戻り、さらに微細な生物のサンプリングを行うためには、ロボットのナビゲーションシステムとマンピュレータによる対象生物サンプリングの際の位置情報、距離情報等に整合性を取る必要があることが判明した。特に、傾斜地では、深度を測る装置(DVL)の取り付け位置が、前方のマンピュレータから離れている場合には、対象までの距離を正確に計ることができない。このため、対象までの距離を計測できるスキャニングソナーなどのセンサを、マンピュレータの前方に搭載するなどの対策の必要がある。次ぎに、船上からロボットに捕獲生物の指示を与える指令コマンドが通りづらいという問題が確認された。これについては技術的に対応するとともに、船上からの指示が通らない場合には、ロボットが捕獲対象を選択的に判断することができるアルゴリズムを開発する必要がある。これらの問題を解決し、「TUNA-SAND2」に実装して、実海域試験を行うことで、生物サンプリングは完成する。



#### 実験概要

期間 : 2017年2月2日～2月8日  
 海域 : 相模湾 初島沖  
 水深 : 400 ~ 800 m  
 出航地 : 横須賀 (JAMSTEC岸壁)

#### 潜航概要

潜航	水深	タスク
#39	608 m	海底マッピング, 音響画像伝送
#40	456 m	音響画像伝送, <b>サンプリング</b>
#41	472 m	音響画像伝送, <b>サンプリング</b>
#42	703 m	音響画像伝送, <b>サンプリング</b>
#43	689 m	音響画像伝送, <b>サンプリング</b>
#44	690 m	音響画像伝送, <b>サンプリング</b>

図 3.1.2.7 2017年2月、相模湾でのサンプリング試験

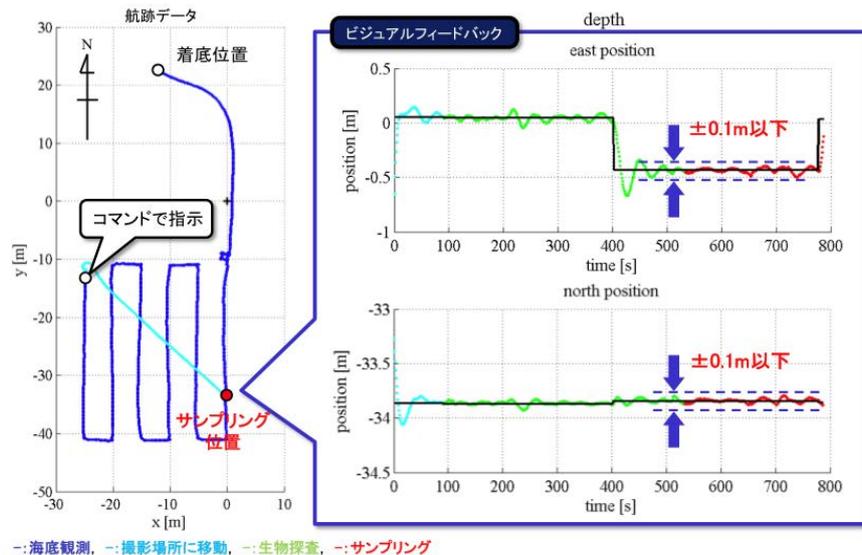


図 3.1.2.8 「TUNA-SAND」#43 潜航時、ナビゲーションデータ

### 3.2.2 海底センシング技術開発

ハビタットスケールで広範囲に渡って海底の環境調査・底生生物の同定及び定量的分布調査が可能なセンシング技術(高高度画像マッピング+低高度画像マッピング)を開発した(図 3.2.2.1)。

広範囲の海底面(1潜航に数10ha)を1cmより高い分解能で高高度から3D画像マッピングする技術を開発し、従来の詳細な画像マッピング手法(1潜航に0.5haを1mm程度の分解能で計測)と統合し、ハビタットスケールで多種類の底性生物の分布状況を定量的に把握調査する技術の研究開発を推進した。多様な生物の分布状況を統計的に解析する技術を開発した。これらの技術の有効性を実証するため、これまで継続的に計測を行ってきた以下の2箇所のモデルフィールドに加えて、

- ① 伊平屋北海域:2010年に人工熱水噴出孔が設置された深さ1000mの熱水海域
- ② 南三陸沖:2011年の津波による、デブリーがある場所と無い場所

生態環境として重要な役割を果たし、多様な生物が高い密度で生息するサンゴ礁をモデルフィールドとして加えて、観測を実施した。

- ③ 沖縄本島瀬底沖:深さ30m以深におけるサンゴ礁

モデルフィールド①においては、熱水噴出の周辺にゴエモンコシオリエビ、イバラガニ、イトエラゴカイ、ヒバリガイなど、多様な熱水性底生生物が存在しており、また人工的な掘削活動によって生物の分布状況が変化していることが知られている。最終年度には、H26年年度に調査したデータの解析を進め、高高度から観測したデータから大型捕食生物の分布と(図3.2.2.2)、詳細データで観測した複数生物の空間的關係をもとに(図3.2.2.3)、広範囲における底生生物のバイオマスを、複数haの広範囲において定量化した(図3.2.2.4)。熱水フィールドの全域にわたって、バイオマスを定量化し、さらにその精度を検証できたのは、本研究が初の例であり、Deep-sea Research Part Iの国際ジャーナルでその成果を公表した[参考文献]。なお、本観測では、観測時間8hで6種の生物を100,000匹以上観測し、その数と分布を定量化した(表3.2.2.1, 表3.2.2.2)。

モデルフィールド③では、生物サンプリングのために開発したホバリング型AUV「TUNA-SAND2」を用いて、サンプリンググループおよびシドニー大学と連携して、低高度3D画像マッピングを実施した。図3.2.2.5に調査の概要を示す。4箇所において、深さ40m程度の海底で、詳細な3D画像データを取得した。また、南側のロガーサイト(図3.2.2.6)に関しては、2回観測を実施、ロボットの位置精度の高さから再観測が可能であることを実証し、サンゴ礁の面的な分布を把握することに成功した。

このように、開発したセンシング技術、海底の環境調査・底生生物の同定及び定量的分布調査手法が、様々な海中環境において適用可能であり、かつ極めて有効な観測ツールであることを実証した。

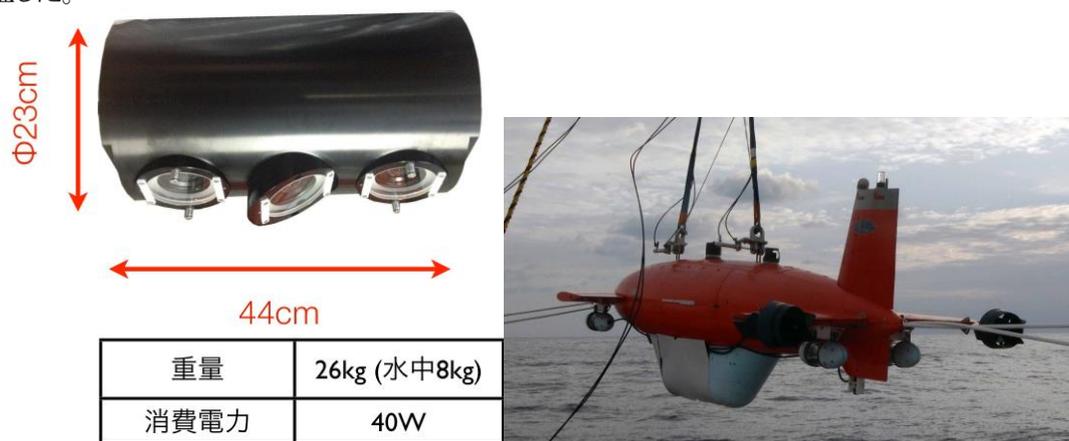


図 3.2.2.1 中型 AUV に搭載可能な高高度画像マッピングシステム「SeaXerocks3」(左)およびシステムを実装した航行型 AUV「AE2000f」(H27 年度、伊平屋北フィールド調査)

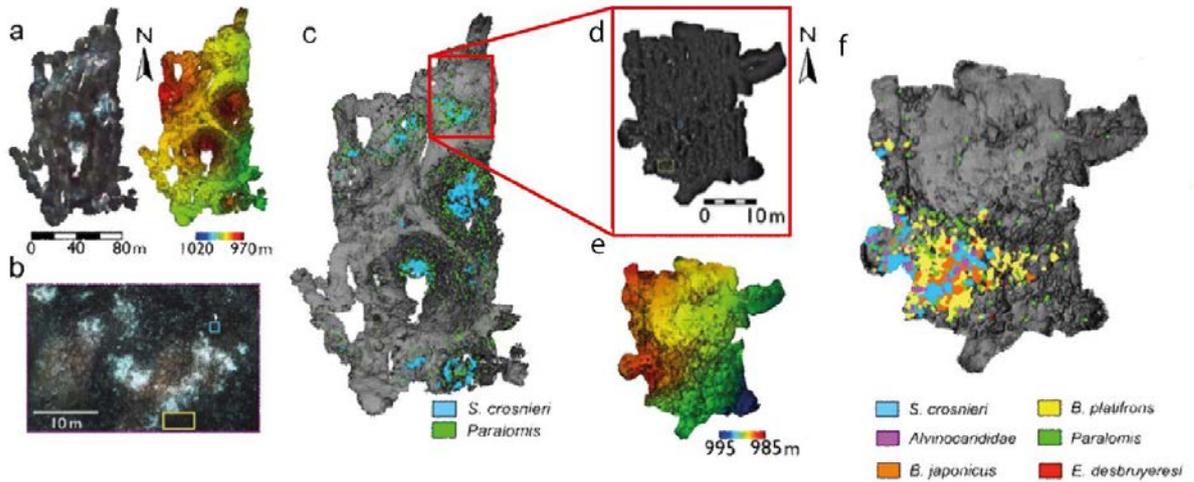


図 3.2.2.2 H26 年度に ROV により計測した伊平屋北海域のデータの一部。a)は高高度からマッピングした 3D 画像データであり、約 2 時間で 1.2ha を 1cm 以下の分解能で観測した。b)はその一部の拡大である。c)はこの中のゴエモンコシオリエビとイバラガニの分布を示す。d)と e)は、b)と重なる低高度から取得した詳細マップ (1mm 分解能)を示す。f)はこの中のゴエモンコシオリエビ、イバラガニ、イトエラゴカイ、ヒバリガイの分布を示す。翌年の H27 年度に航行型 AUV「AE2000f」を用いて、本サイトをより広範囲にわたって再観測(高高度)した。現在、経年変化に伴う生物の分布の変化の定量化を進めている。

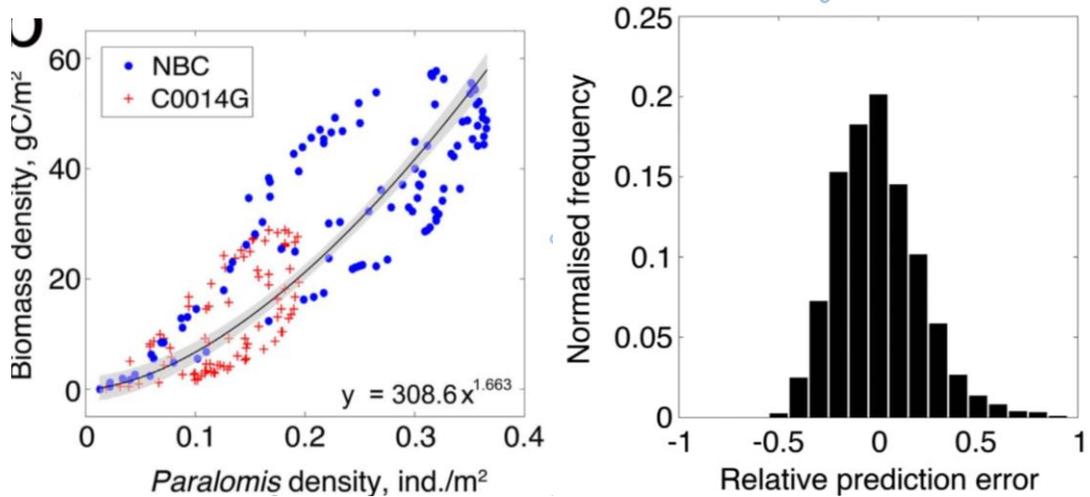


図 3.2.2.3 左)詳細分布データによる捕食生物であるイバラカニと、その他の底生生物のバイオマスの分布の関係。右)左のデータにおける、統計モデルを用いたイバラカニによるバイオマス推定の精度

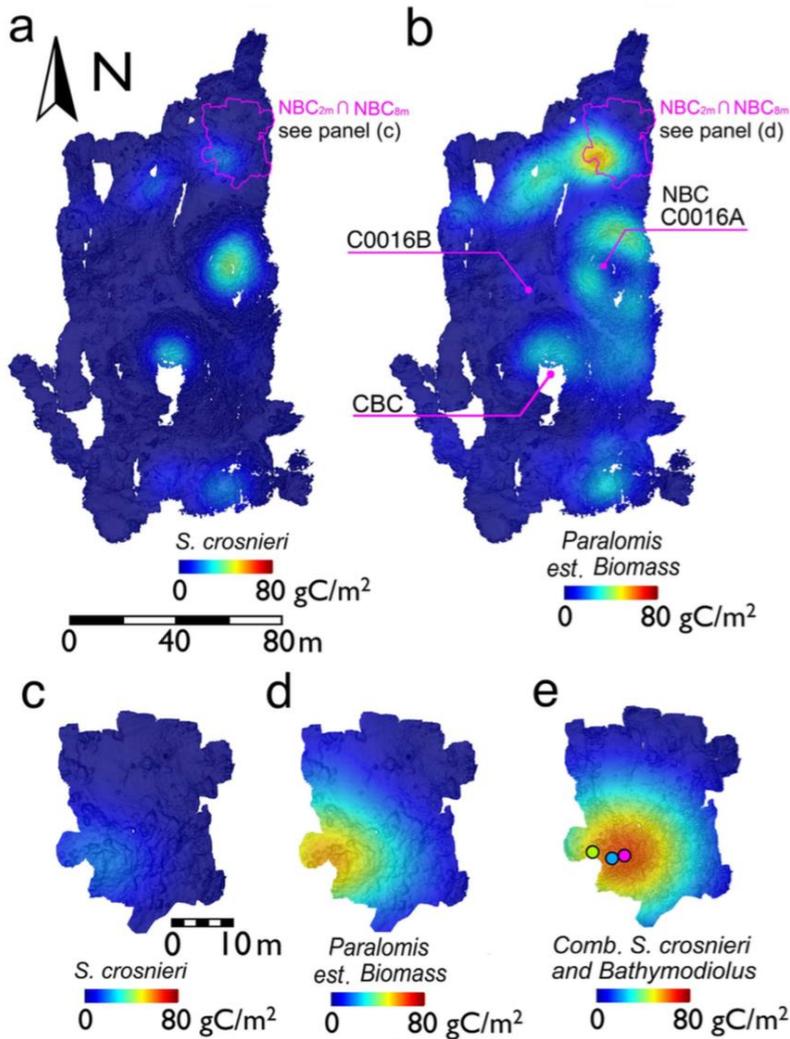


図 3.2.2.4 伊平屋北海域の広範囲における底生生物のバイオマスを、複数 ha の広範囲において定量化した。a) ゴエモンコシオリエビのバイオマス分布及び b) イバラガニの分布と、図 3.2.2.2 (左)のモデルによる底生生物のバイオマス推定。e)は詳細マップによるバイオマス。

表 3.2.2.1 伊平屋北海域において同定された 6 種における合計 100,000 匹の生物

Species	C0014G <sub>2m</sub>		NBC <sub>2m</sub>		$\sigma_{2m}$ ind./m <sup>2</sup>	C0014G <sub>8m</sub>		NBC <sub>8m</sub>					
	Ind.	Density ind./m <sup>2</sup>		ind.		density ind./m <sup>2</sup>		ind.	density ind./m <sup>2</sup>				
		Av.	Max.			Av.	Max.		Av.	Max.	Av.	Max.	
<i>S. crosnieri</i>	3,536	4.2	319	7,160	10	465	54	6,336	0.50	274	47,335	3.9	393
<i>B. platifron</i>	7,282	8.6	863	12,885	19	597	99	-	-	-	-	-	-
<i>B. japonicus</i>	6,780	8.0	498	7,339	11	494	99	-	-	-	-	-	-
Alvinocaridid	170	0.20	170	500	0.72	186	16	-	-	-	-	-	-
<i>Paralomis</i>	96	0.11	29	109	0.16	18	2.8	195	0.015	11	1,050	0.086	16
<i>T. desbruyeresi</i>	12	0.014	19	7	0.010	19	3.8	-	-	-	-	-	-
Total ind.	17,876	-	-	28,000	-	-	-	6,531	-	-	48,385	-	-

表 3.2.2.2 伊平屋北海域における底生生物バイオマス

Region	Biomass from high-resolution reconstructions			Biomass from wide-area reconstructions		
	Method	Abundance, kg C	Max. density, g C/m <sup>2</sup>	Method	Abundance, kg C	Max. density, g C/m <sup>2</sup>
C0014 <sub>2m</sub> ∩ C0014 <sub>8m</sub>	Combined <i>S. crosnieri</i> and <i>Bathymodiolus</i>	7.94 ± 0.01	30.0 ± 0.1	<i>S. crosnieri</i>	2.7 ± 0.9	14 ± 5
NBC <sub>2m</sub> ∩ NBC <sub>8m</sub>	Combined <i>S. crosnieri</i> and <i>Bathymodiolus</i>	13.24 ± 0.01	57.6 ± 0.1	<i>Paralomis</i>	8.6 ± 2.3	27 ± 7
				<i>S. crosnieri</i>	2.9 ± 1.0	19 ± 6
				<i>Paralomis</i>	12 ± 3	56 ± 15
C0014G <sub>8m</sub>	-	-	-	<i>S. crosnieri</i>	5.7 ± 1.9	14 ± 5
NBC <sub>8m</sub>	-	-	-	<i>Paralomis</i>	25 ± 7	27 ± 7
				<i>S. crosnieri</i>	42 ± 14	39 ± 13
				<i>Paralomis</i>	140 ± 40	56 ± 15



図 3.2.2.5 ホバリング型 AUV「TUNA-SAND2」による瀬底沖のサンゴ礁調査

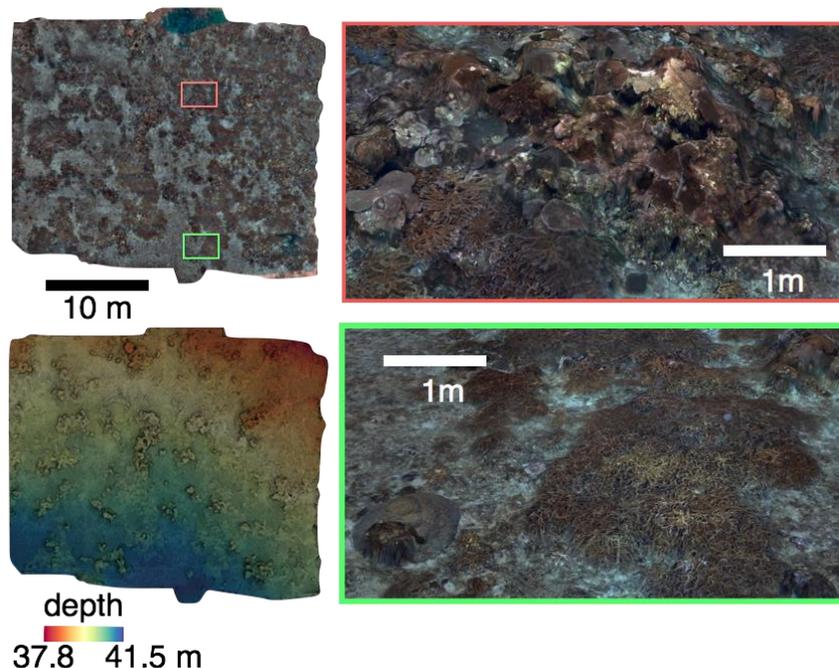


図 3.2.2.6 TUNA-SAND2 を用いて観測した瀬底沖のサンゴ礁の 3D 画像。データの分解能は 1mm である。赤枠は成長が 0.2 から 2.5cm/year と遅い塊状サンゴを示し、緑枠は枝状サンゴでは～10cm/year 程度と成長が早い。再観測により実環境での経年変化を計測する十分な解像度を持つ。

[参考文献] Thornton B, Bodenmann A, Pizarro O, Williams SB, Tamaki Ura, 他9名, Biometric Assessment of Deep-sea Vent Megabenthos using Multi-Resolution 3D Visual Maps, Deep-sea Res. 1, 116, 200-219, 2016

### 3.2.3 海底モザイクング技術開発

海底の広域かつ精細な 3D 画像マッピングのため、複数の AUV と海底ステーションから成るプラットフォームシステムを開発した。

具体的には、AUV のナビゲーション手法として 1) 海底ステーションとの連携による高精度測位手法(図 3.2.3.1)、2) 観測漏れなくデータを取得するための経路生成手法(図 3.2.3.2)、3) 後処理によるミリメートルオーダーの画像マッピング技術および新たな展開として、4) 複数 AUV の相互測位やデータ通信に関する技術開発(図 3.2.3.3)を行い、広範囲、高品質、長期データ取得を取得してきた。

このため、観測プラットフォームとして 3 台のホバリング型 AUV(Tri-Dog 1, Tri-TON, Tri-TON 2) および 3 種類の海底ステーションを整備し、これらを用いて水槽試験でのデバッグ、改良、そして実海域試験での実証試験を繰り返し、ハードウェアだけでなく観測アルゴリズムについても並行して研究開発を実施した。

開発したプラットフォームを実海域へ展開した結果の例として、平成 24 年 12 月に海底ステーションと AUV「Tri-TON」の連携により、鹿児島湾熱水噴出孔分布域において熱水チムニーの観

測に成功、光切断による地形形状データと画像貼り合わせによる3次元画像マッピングに成功した(図3.2.3.4)。また、鹿児島湾奥ハオリムシサイトにおいて、海底ステーションとAUV「Tri-TON2」の連携により約1,000平方メートルを観測し、ハオリムシ群集の観測に成功した(図3.2.3.5)。また、熱水チームとの連携により、若尊カルデラの熱水噴出域直上における水質パラメタ(水温・pH)の高密度マッピングを実施、ホバリング型AUVが熱水噴出域近傍の水質パラメタ計測に有効であることを実証した。図3.2.3.5に示した画像マップは、鹿児島水族館チームの海底設置物の回収作業に活用されており(平成28年7月)、水族館などのアーカイブデータとして有効であるため、成果の社会還元として、今後の継続的なモニタリングとアーカイブ化が期待される。

このように、入り組んだ複雑な海底を高い位置精度で移動可能なAUVシステムにより、海底環境の3次元画像マッピングおよび水質パラメタ計測を可能とするシステムを開発し、生物チームおよび熱水チームと連携した海域展開を実施することで、底生生物調査への有効性を示すデータを取得、成果を社会に還元している。

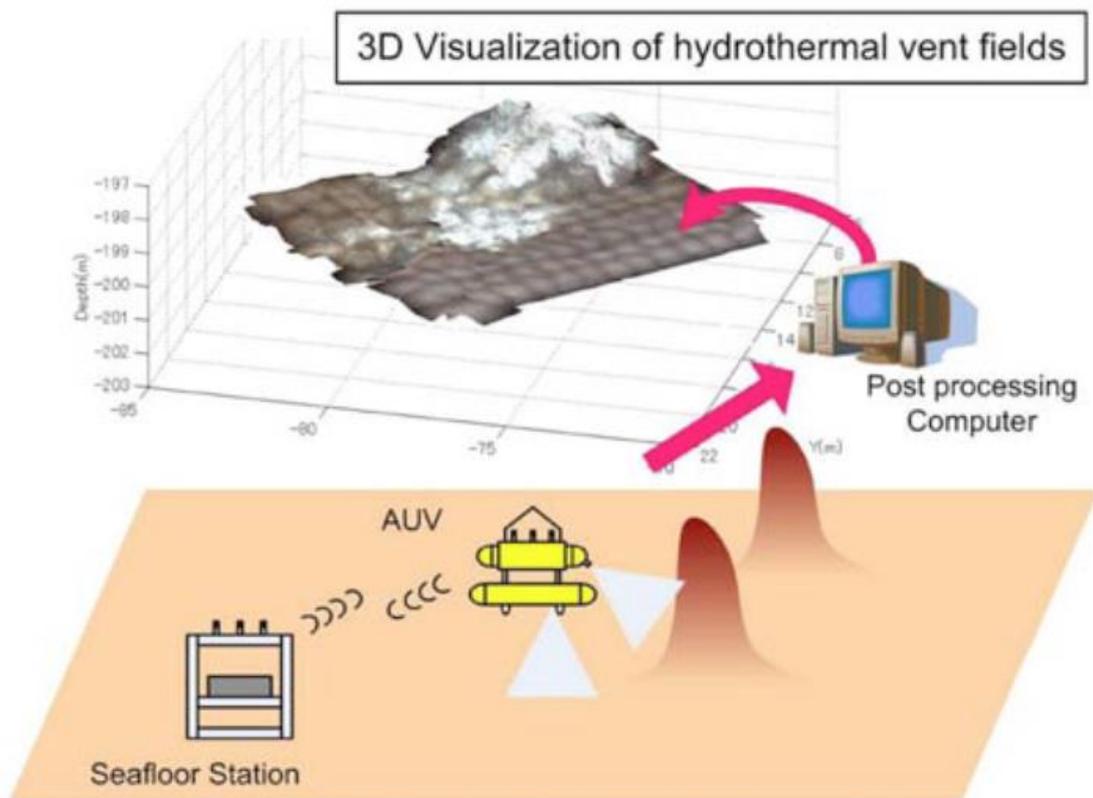


図3.2.3.1 海底ステーションとAUVによる複雑な海底環境の3次元画像マッピング手法。AUVは海底ステーションをランドマークとする音響測位により、3次元画像マッピングの鍵となる高精度なりアルタイム測位を実現する。

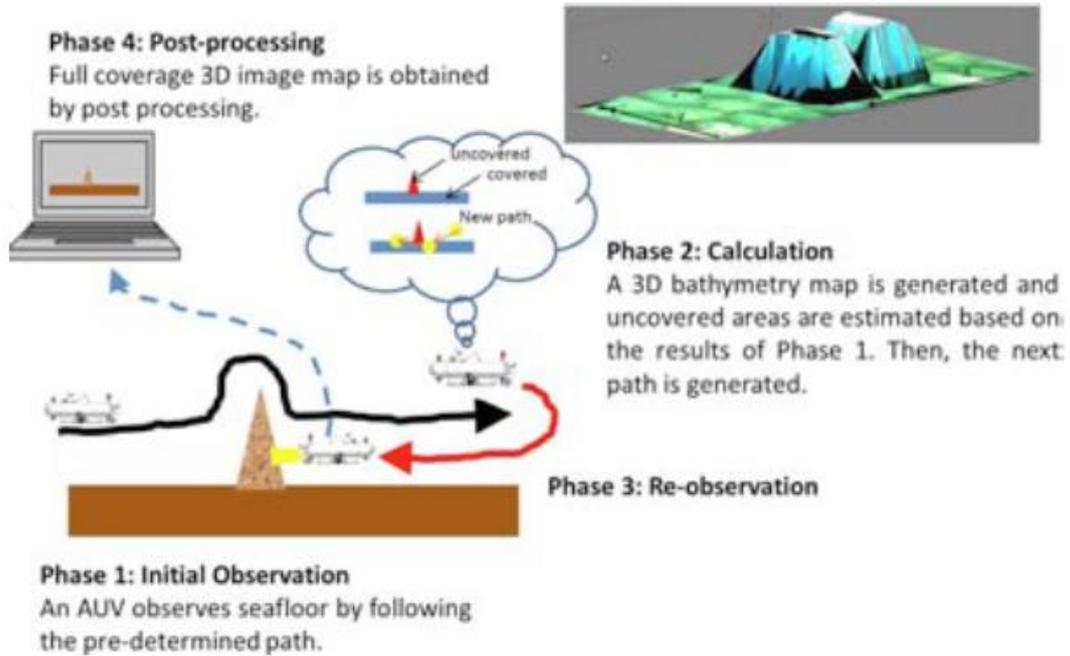


図 3.2.3.2 測結果に基づく再観測経路の自動生成手法。観測結果に基づき AUV 自身が自律的に観測漏れを判断し、それをカバーするための再観測経路を生成する。結果として、一度の潜航で漏れのない 3 次元画像を取得できる。

- 海底に着底／静止したロボットを基準として他のロボットは海底を観測
- 基準局を交互に交代して広域をカバー

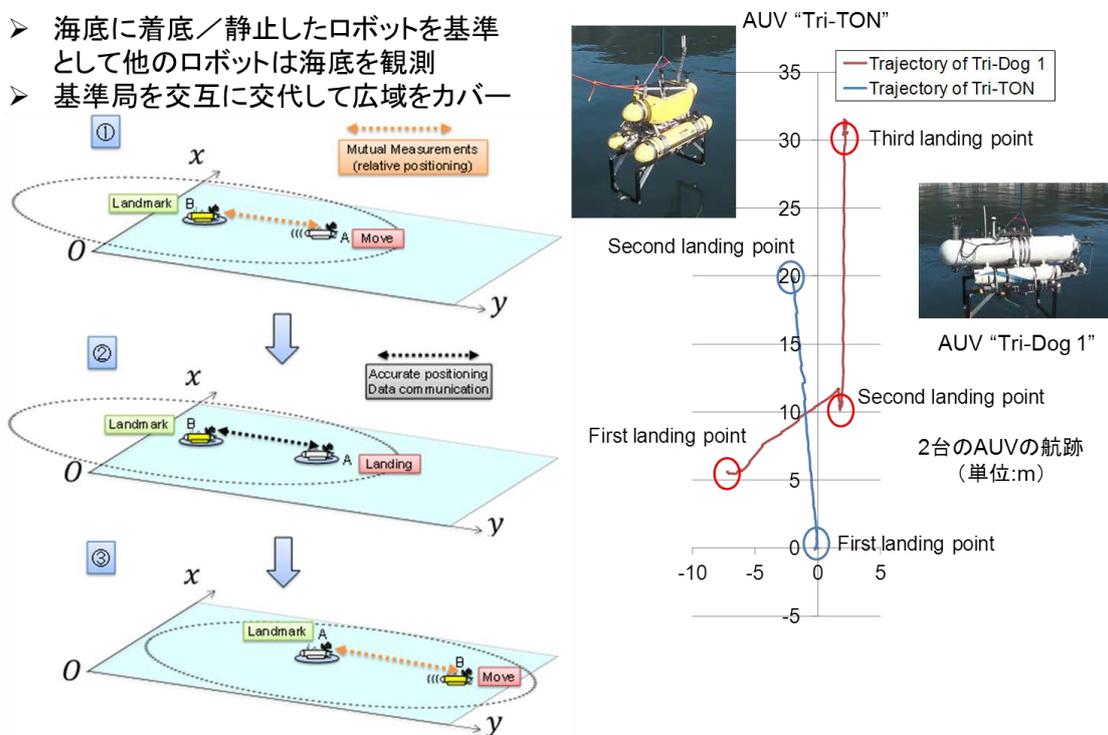


図 3.2.3.3 複数 AUV の連携による広範囲かつ高品質データ取得の概要

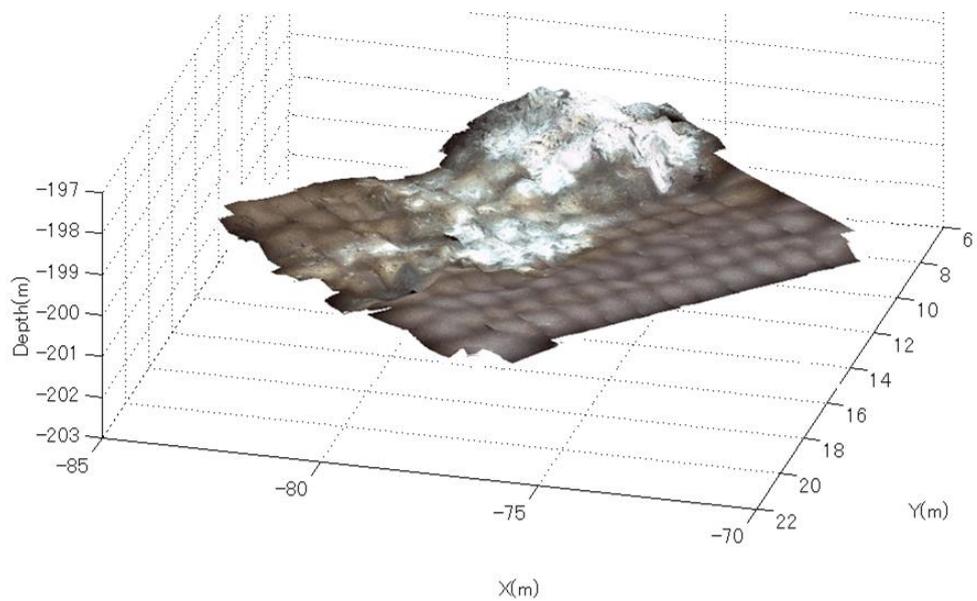


図 3.2.3.4 鹿児島湾熱水チムニーの3次元画像マッピングに成功(平成 24 年 12 月)

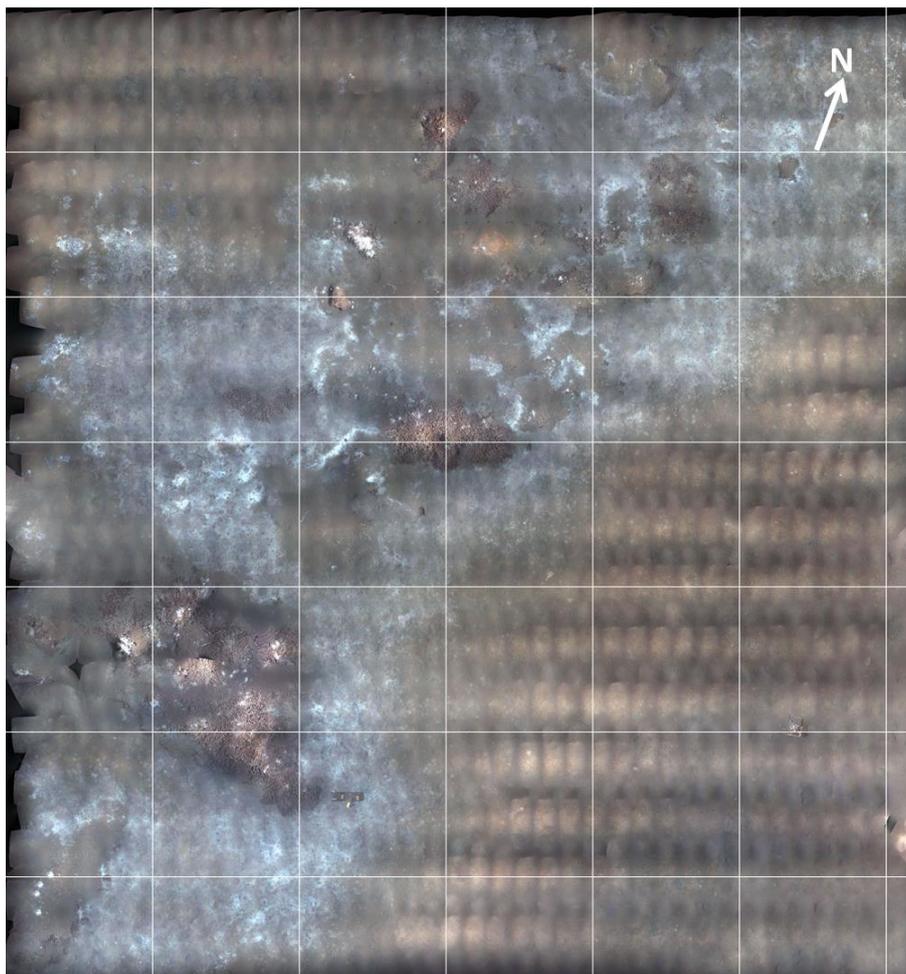


図 3.2.3.5 鹿児島湾ハオリムシ群集の画像観測に成功(平成 26 年 9 月, グリッド間隔:5m)

### 3.3 サンプリンググループ(九州工業大学)

#### (1)研究実施内容及び成果

##### 【海底生物のサンプリング技術の開発】

大水深で動作可能な水中生物サンプリングシステムを開発するにあたり、本研究ではアーム機構部を軽量化・小型化でき、大トルクが生成可能な油圧駆動方式を採用した5自由度マニピュレータを開発した。開発中の水中マニピュレータの概念図を図 3.3.1 に示す。ブラシレスモータによりシリンダ内の駆動ピストンを移動させ、アーム機構部の対となるピストンにより関節を駆動する構造とした。外部の水圧に対しては、スライダが受動的に移動することにより均圧を保つ構造としている。開発した水中マニピュレータを図 3.3.2 (a)に示す。空中重量が約 20kg、角関節の駆動範囲は 120 度として設計している。各関節はピストンの変位量に対し関節角度が線形的に変化するように設計されているが、耐圧試験装置において水深 2000m 相当の圧力を加えた角度制御実験において、若干のヒステリシスが存在するものの線形的に変化することを確認した(図 3.3.2 (b)。また、外圧に対してスライダが均圧するように動作することを確認した。

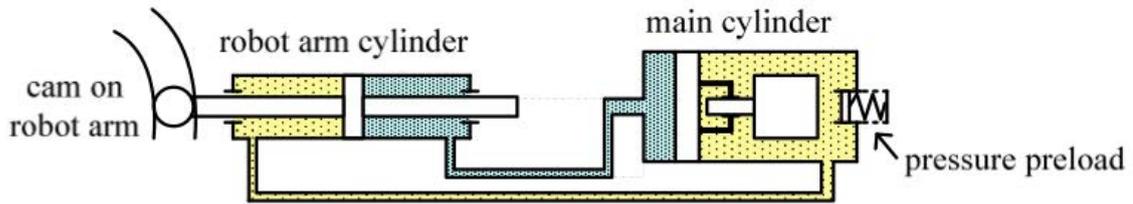


図 3.3.1 水中マニピュレータの概念図。ピストン駆動による関節のカムが回転する。

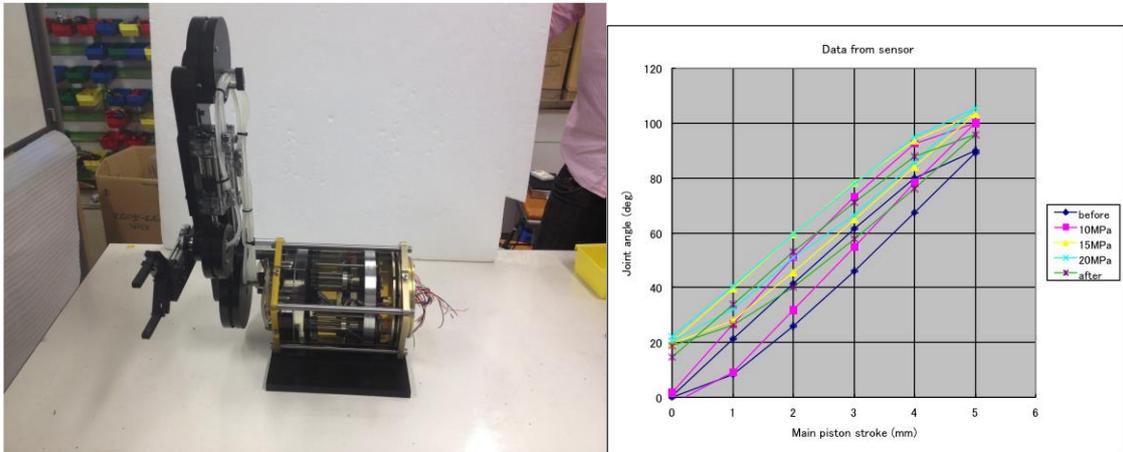


図 3.3.2 開発した水中マニピュレータ (a) 開発した水中マニピュレータ、(b)耐圧試験の結果

本研究で捕獲対象となっている生物は貝やカニなど全長 10cm 程度の熱水地帯の小型底生生物を考えている。具体的な対象については、熱水/生物グループとの連携で検討を進め、ゴエモンコシオリエビをターゲットとした。捕獲の際に使用する水中ロボットは AUV であり、人による遠隔操作ができないためロボットに細かい指示を与えることはできない。ここではスラップガンのように多少生物からの距離が離れたとしても吸引半径ならば捕獲することが可能であるエンドエフェクタを開発した(図 3.3.3)。その性能評価の結果、距離 4cm、横幅 10cm の空間で水中重量 100g の球の吸引に成功した。矢印は補助装置によって吸引可能となった範囲が向上した部分を示している。

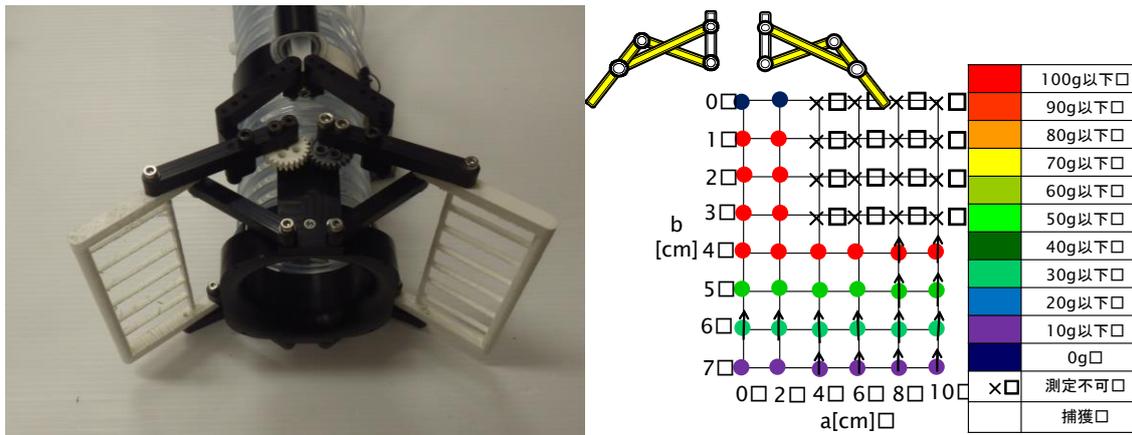


図 3.3.3 開発したスラップガン, 及び, 吸引実験の結果

【海底面画像の色補正技術と生物認識】

海底面画像は、光の減衰によって青みがかり、照明光により色むらが生じる。生物認識における認識率の向上、および支援母船に操作者に対し生物が認識しやすくなるよう色補正を行った。さらに、超音波通信による画像伝送のため、画像圧縮手法について検討した。

・色補正技術

本処理は、深海底画像の照明による色むらの影響を低減させ、サンプリング対象を認識しやすくすることを目的とする。人の視覚系の特徴である色恒常性を説明するためのモデルの一つである RETINEX モデルを利用して画像補正を行う。画像内の照明光成分と反射光成分を分離し、反射光成分を物体の色とする。次に、画像全体のコントラストの補正と明度の改善を加えて画像内の認識対象と海底面の差を増加させる。元画像と色補正後の比較を図 3.3.4 に示す。元画像では、照明むらの影響により画像中央と周辺で輝度が大きく異なるが、補正処理後の画像では、全体的に輝度が均一となり、周辺部のカニの認識がしやすくなっている。

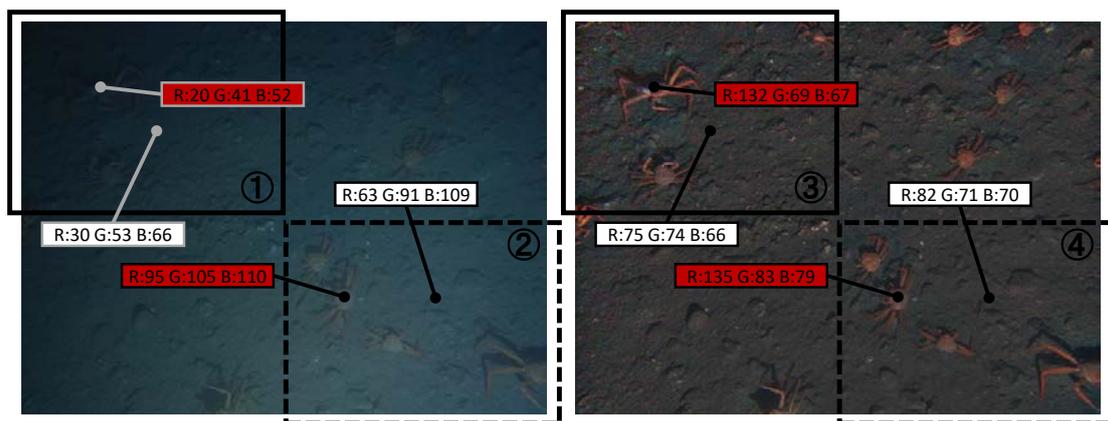


図 3.3.4 色補正処理前後の海底面画像の比較

生物の候補となる領域の抽出には、人の注目領域のモデルとして Itti らに提案された Saliency モデルを用いた。輝度、色差、エッジの強さを統合して注目領域を選定する手法であり、生物候補領域の抽出に用いた(図 3.3.5)。オホーツク海での海底生物資源量調査実験で得られた画像に対し、生物認識処理を行った結果も合わせて示す。

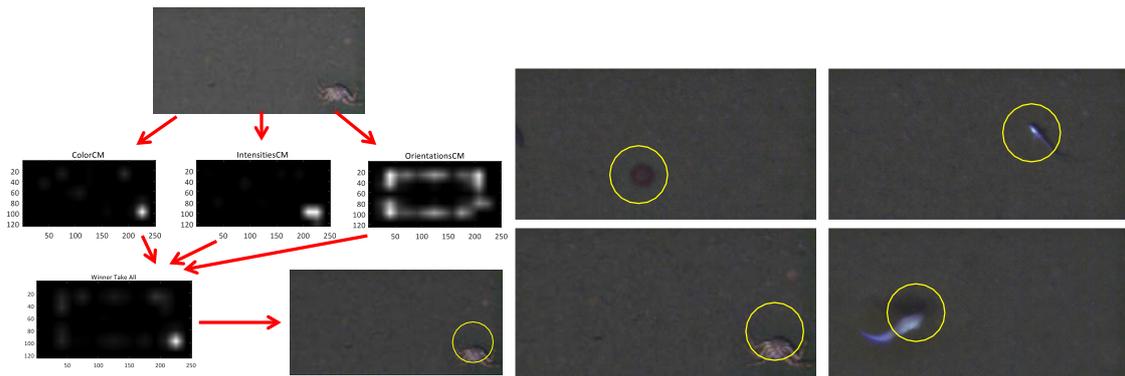


図 3.3.5 生物候補領域の抽出手法とオホーツク海実験における生物認識結果

【通信時間遅れを有する水中ロボットの制御及び実海域実験】

ロボットシステムの開発にあたり、プログラムの視覚化は開発の効率化や信頼性の向上の観点から非常に重要な課題であり、本研究では開発環境として MATLAB/Simulink を採用した。プログラムの視覚化、シリアル通信やソケット通信、ハードウェアプログラムのサポート、高機能なツールボックスが利用可能である。

生物サンプリングにおける水中ロボットに期待される行動シナリオを図 3.3.6 に示す。水中ロボットは海底面を撮影しながら航行し、注目領域を有する海底面画像を支援船へ送信する。支援船の操作者は取得画像にサンプリング対象が存在する場合、ロボットへ捕獲要求を出し、撮影された場所へ復帰行動を行い、生物をサンプリングする。

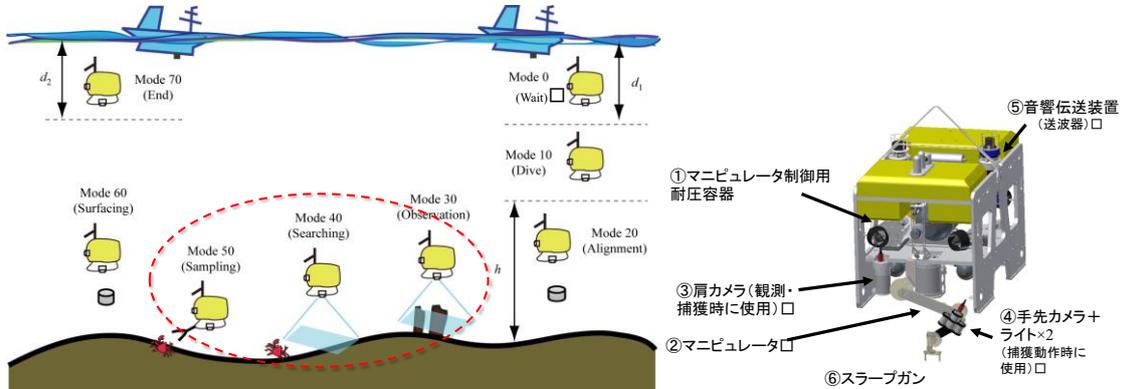


図 3.3.6 サンプリング AUV 「TUNA-SAND2」の行動シナリオ

画像の圧縮と復元は Indexed color 手法を導入した。これは画像を代表する色見本(カラーパレット)を作成し、カラーパレットとして選択された色で画像を表現する手法である。画像圧縮及び超音波通信による画像伝送の流れ、およびオホーツク海での生物調査実験において得られた海底面画像を図 3.3.7 に示す。AUV と支援船は同じカラーパレットを持っており、超音波通信で送信されるデータバケットは選択されたカラーパレット及び一列分の画像を有する。

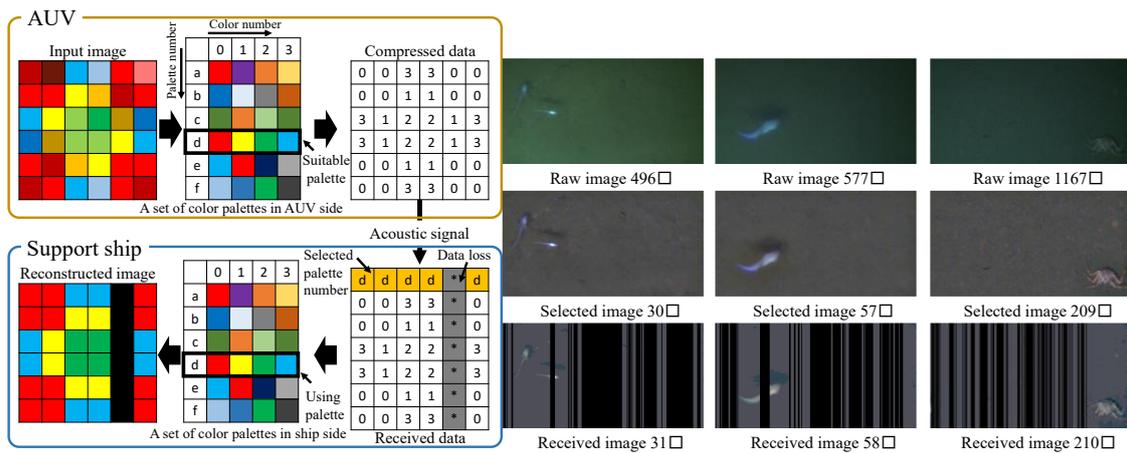


図 3.3.7 画像圧縮と超音波通信による画像伝送結果。右はオホーツク海、深度 700m の海底面であり、上から選択された注目画像の元画像、色補正後、超音波通信による画像伝送後の取得画像。

2016年2月に駿河湾において実施したロボットの行動確認実験の結果を図 3.3.8 に示す。3カ所にカニの模型を設置しており、AUV は注目画像として、支援船へ画像を送信している。船上から画像取得地点への復帰要求に対し、AUV は復帰に成功している。生物サンプリングを含め、シナリオで設定したプログラムの開発を済ませ、2016年11月に駿河湾沖で調整試験後、2017年2月、実海域でのサンプリング検証試験を実施した。試験概要と課題については、3.2.1 ロボット部隊の編成と展開を参照されたい。

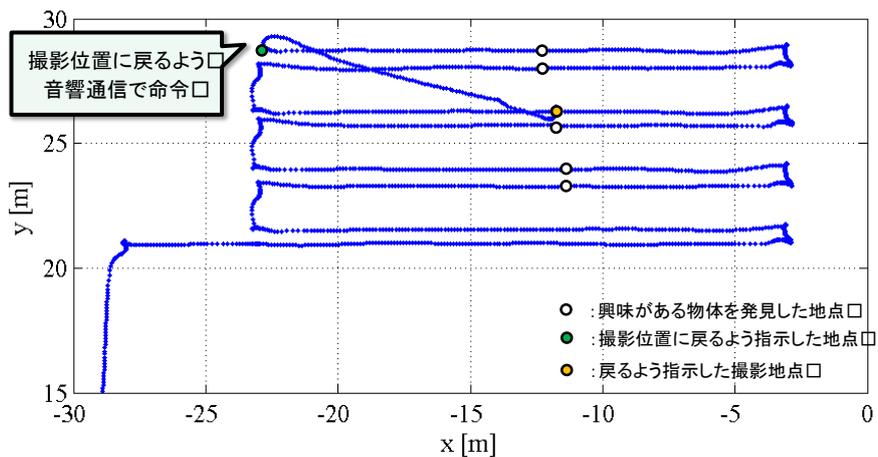


図 3.3.8 2016年2月、駿河湾で実施した行動シナリオ確認実験の結果



図 3.3.9 実海域試験では、熱水/生物グループらとの連携においてサンプリング対象生物として選定したゴエモンコシオリエビなどの実物大3Dモデルを海底に設置して、ロボット試験を行った。写真の手前右にある白いモデルが、ゴエモンコシオリエビである。

### 3.4 生物グループ(海洋研究開発機構)

AUVによる生物データ、特に広い範囲での3D画像情報に時間情報が加わったデータの抽出を目指した研究を進めた。ロボット部隊との連携を強化し、プロジェクト後半は、ユーザー目線にたち、AUVによる生生物浮遊幼生の連続画像解析およびサンプリングを可能とするセンサの開発を行い、底生生物プランクトン幼生の連続採取を実施、取得したデータによる連続画像解析手法構築のための研究に集中し、基礎を形成した。

#### 3.4.1 自律型海中ロボットAUVによる深海生物の画像解析に向けて

##### 鯨遺骸の分解過程解析

AUVを用いて海洋底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、鯨骨生態系(クジラ遺骸周辺に生じる生態系で、その遷移過程は初期の腐肉食期から、骨侵食期、化学合成期、および終期の懸濁物食期に分けられる)における底生生物群集の観察および化学分析解析システムの構築を、無人有索潜水調査船ROVを用いて行った。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に関しては、ロボット部隊グループとの連携研究を進め、沈設した鯨遺骸について(図3.4.1)、腐肉食期から骨侵食期にいたる鯨骨生物群集の変化と鯨遺骸の消費速度を、ロボット部隊グループが開発した3Dカラー画像計測システム(seaXerocks)により、無人潜水調査船(ROV)を用いた鯨遺骸の3Dマッピングによる鯨遺骸軟組織の容積変化の推定を行った。この3D計測により、鯨遺骸の分解に伴う容積の変化を示すことが出来た(図3.4.1右図)。

同時に鯨遺骸周辺の堆積物を採取し、化学分析を行った。その結果、鯨の軟組織に由来する有機物の分解に伴い、堆積物の無酸素化が進行し、総有機炭素や総窒素が特に堆積物表層で増加するなど環境の変化が認められた。このことから、AUVによる画像解析および化学分析の結果を総合的に研究できるようになった。但し、この研究ではAUVの代わりにROVを用いているため、AUVによる堆積物の採集という技術的困難を解決する必要がある。



図 3.4.1 2012年6月8日沈設直後(左)、約2週間後(中)のマッコウクジラ遺骸(相模湾、水深490m)および推定された容積変化(右)

#### 自律型海中ロボット(AUV)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

AUVのモデルとして、有索無人潜水ロボット(U-ROV)であるPICASSOに3Dカメラを2セット取り付けて、サイズ計測ができるシステムを構築した。サイズ計測はキャリブレーション後、実際の潜水中の映像を用いて、計測できることを示した(図3.4.2)。この場合にはカメラから見て斜めになっているために、通常では計測が難しい画像であるが、立体画像による解析では長さが684mmというデータが得られ、この方法の有効性が示された。このような立体映像でのサイズ測定を始めとする深海生物の3次元モデル化は、今後計画している、AUVでの画像中生物の自動認識・サンプリングシステムやプランクトン(底生生物のプランクトン幼生を含む)分布の3次元マッピングシステムの開発に重要な技術となる。



図 3.4.2 左図は PICASSO に取り付けられた2セットの立体カメラと単独カメラ(黄色矢印: 上部の青カメラはワイド視野立体カメラセット、中部の立体カメラは小型生物用で下部の単独カメラは、生物の詳細画像記録のための高精細カメラ)。右図は、立体カメラで計測したサメの体長。サメは斜めになっているが、このシステムを用いることで体長は 68.5cm であることが分かる。

### AUV による映像認識の基礎研究のためのデータベース作成

AUV で生態系の多様性を把握し、生物も採取するとなると、AUV による自動画像認識ソフトの開発が重要になる。様々なシステムを評価し、検討した結果、特に有効と思われるのが深海生物の3次元モデル化である。開発されているシステムは多数あるものの、実際の生物映像に基づいたトレーニングセットが存在しない。そこで、サンプリンググループと連携しながら、また分類学者の協力を得て熱水海域に生息する深海魚を種レベル(属レベルでは 13 タイプ)で38種の生物動画・静止画データベースを構築し、JAMSTEC 内で運用を開始した。このデータベースは、撮影メタデータも含んだ高解像度画像データベースである。そのデータベースの映像の一例を図 3.4.3 に示す。図に見る様にこのデータベースでは複数の異なる角度からの写真が集められており、画像自動認識に資するデータが集められている。ロボットの水産資源調査における種の特特定にも有益であるため、ロボット画像による個体識別アルゴリズムへの組み込みを推進する。

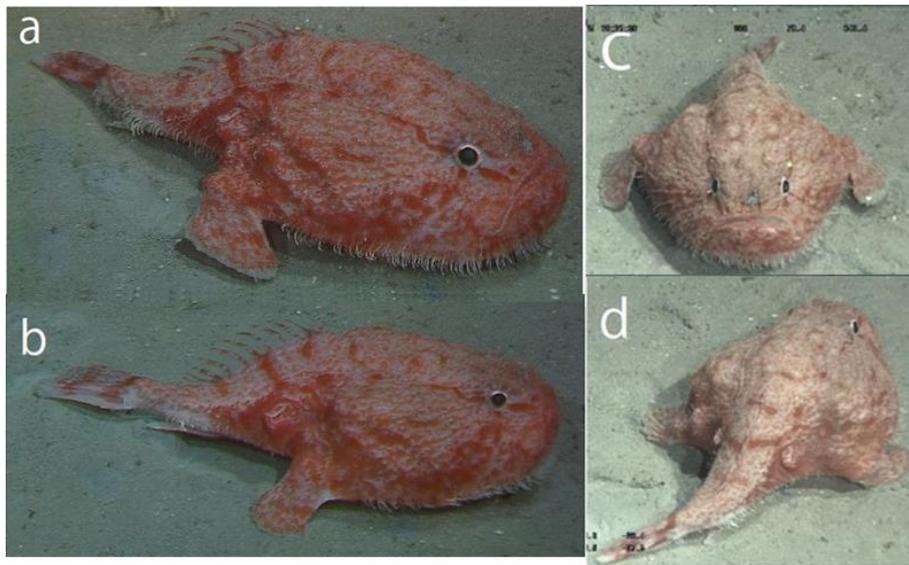


図 3.4.3 ハナグロフサアンコウ *Chaunax penicillatus*

背鰭第 1 棘は頭の上であり、誘引突起に変形すること、鰓孔が小さく、胸鰭の後方に開くこと; 誘引突起のあるくぼみの後端は眼の前縁を結ぶ線に達しないことなどの形態的特徴が映像からハナグロフサアンコウと同定された、同一個体のいろいろな角度からの写真。

### 深海生物のプランクトン幼生の AUV による映像および生物サンプルの同時取得装置開発、プランクトンサンプラーの AUV への搭載

海底付近生態系の生物多様性を正しく把握するためには、生物相への加入に成功した成熟個体だけでなく、加入し得る幼生の把握も必須である。海底付近ではプランクトンネットを曳網することは事実上不可能であること、単独の設置型プランクトンポンプ採集器では海底マッピングで得られた海底環境の影響が評価できないことを考えると、AUV に搭載できるプランクトンサンプラーを開発することが必須となる。そこで、ロボット部隊グループセンシンググループと連携して、浅海用の連続プランクトンサンプラーを深海仕様に設計し直して改造した。具体的には採集用長巻プランクトンネット布地(シルク)の駆動と制御を AUV で可能にするため、制御基盤、モーター、電源も AUV 用に改造し、それらの耐圧容器の設計・製作も行った。陸上での作動試験を経て、ホバリング型 AUV「BOSS-A」に装備した(図 3.4.4)。陸上では動作・機能することを確認した。瀬底研究所のサンゴ礁観測時の運用を計画した。台風の影響のため、水中での計測は実施できなかったが、その後の海域試験で単体での機能を検証した。

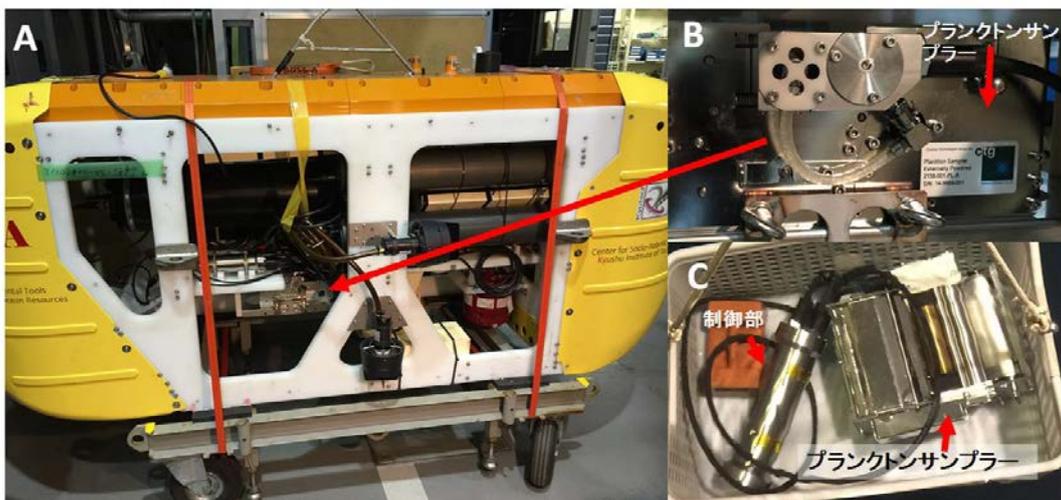


図 3.4.4 AUV, BOSS-A に取り付けけたプランクトンサンプラー。A) AUV「BOSS-A」に取り付けけたプランクトンサンプラー(矢印)。B) プランクトンサンプラー拡大図。C) プランクトンサンプラー単体とその制御部(矢印)。

### 映像取得装置の開発・研究

浮遊幼生の詳細な分布を把握するため、ロボット部隊センシンググループと連携して、深海用連続浮遊生物ンサンプラーの吸込口に付けるホログラフィックカメラシステムを開発している。数種類のホログラフィックカメラを検討し、スコットランド・アバディーン大学で開発されたものを AUV 用に小型化することに決定(図 3.4.5)。現在、アバディーン大学と共同でカメラの小型化を進めている。

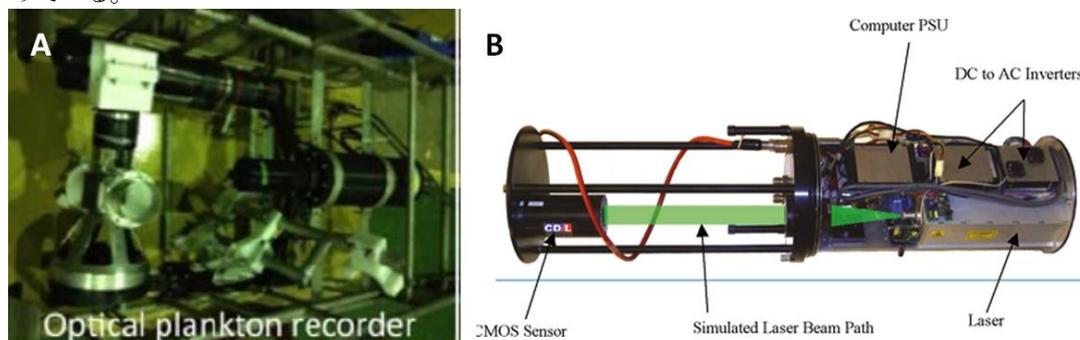


図 3.4.5 ホログラフィックカメラ。A) 外観 B) 内部構造

### 深海生物の DNA バーコーディング

プランクトン幼生の形態は成熟個体とかなり異なるため、正確な種同定をするには DNA バーコーディング法が有効であると考え、様々な分類群における最適な遺伝子配列を検討した。具体的には核遺伝子、ミトコン由来遺伝子を計7つ対象とし、甲殻類では2科、軟体動物類では3科に最も有効な遺伝子を選定した(図 3.4.6)。AUV による深海浮遊生物映像およびサンプル同時取得装置で採取されたサンプルの化学固定・保存と DNA 配列決定効率に関する実験も実施した。

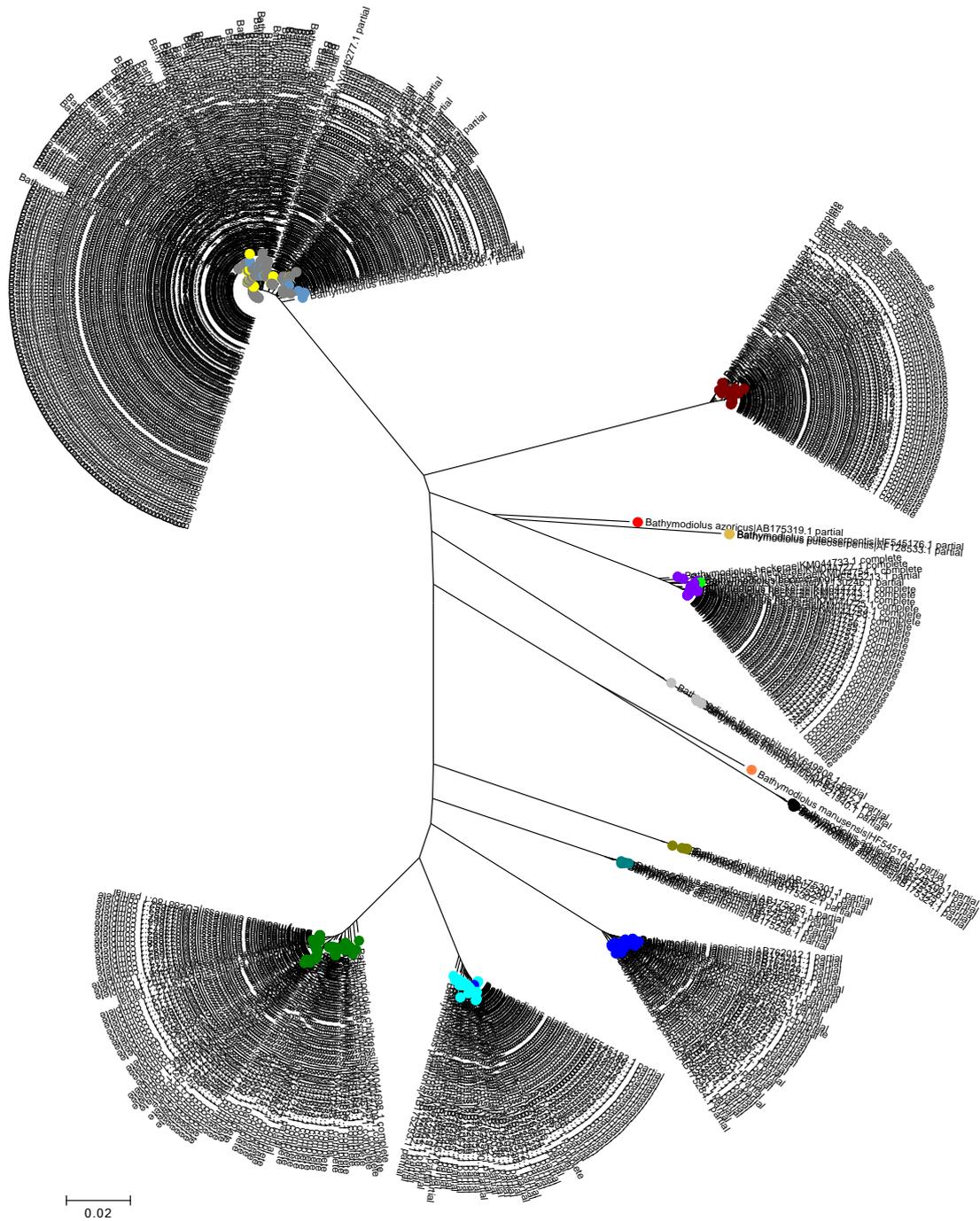


図 3.4.6 シンカイヒバリ貝に有効な DNA バーコード用塩基配列 (ND4 遺伝子)を基にした種間・種内遺伝子距離比較図

### 3.5 熱水グループ(東京大学大気海洋研究所)

複数の熱水系において周辺環境(地形・地質・地磁気・熱水の物理化学)への知見を基に最適なセンサと運用方式を検討することを目的として、総括グループと連携して、海底熱水域の三次元高解像度環境調査手法に関する研究を推進した。

#### ア 既存データに基づく観測要件の検討と提示

##### ・ 既存の磁気異常データの解析に基づく磁気観測要件の検討

伊豆弧の熱水系を対称として、ROV および AUV で得られるビデオ画像および微地形の精査を実施し、将来のロボット部隊に必要な観測要件を検討した。例えば、図 3.5.1 に示す AUV「うらしま」によって得られた明神海丘カルデラの精密海底地形を解析した結果、特徴的な地形が熱水流体、高粘性マグマ、堆積性火山物質など、異なる物理的性質(液体、固体、比重、粘性)をもつ流れによって形成されたことが明らかとなった。このような高解像度地形図は熱水活動分布や実態の把握のために有効であるが、活動域の規模が 100m 以下の場合や活動を停止していた場合は従来以上の精度および分解能の地形データが必須である。そのため、AUV を出来るだけ低高度且つ安定的に航走させる運用技術、取得データの迅速な処理手法、試料採取の併用が必要であることを総括およびロボット部隊に提言した。

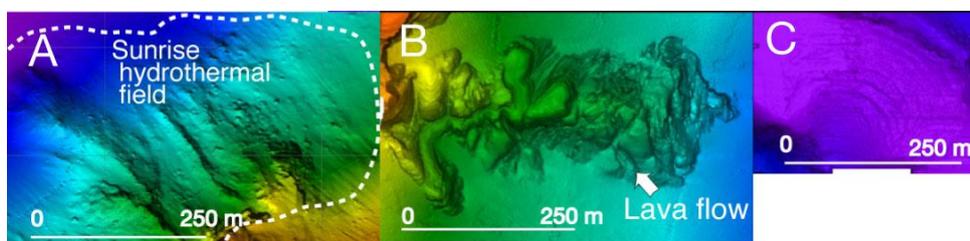


図 3.5.1 AUV「うらしま」による明神海丘カルデラの嶺状地形を伴う熱水活動域(A)、溶岩流(B)および扇状地形の崖錐堆積物(C)の 3 次元精密海底地形図。

##### ・ 既存の磁気異常データの解析に基づく磁気観測要件の検討

伊豆/ベヨネース海丘カルデラの AUV 磁気異常データの解析(Honsho et al., 2013)及びマリアナトラフ南部の3つの熱水系の AUV/潜水船磁気異常データの解析(Fujii et al., 2015)から、熱水変質による磁化減少や熱源となる貫入岩体の存在などが明らかになり、磁気異常探査が熱水活動域の探査や実態把握に有効であることを示した。また、AUV 船体磁化の影響を補正するためのキャリブレーション航走のガイドラインを作成した。

##### ・ 既存の ROV/AUV 搭載化学センサの観測結果の再解析によるセンサ性能の評価

鹿児島湾若尊熱水系において行われた、海上からの CTD/DO 観測と ROV 搭載の CTD 観測の結果を比較検討した。同じ熱水チムニー直近で得られたデータでも、ROV 搭載のセンサにより大きな塩分濃度の変化が記録されていること、センサのシグナルは ROV が微速前進もしくは着底している際により大きくなる傾向があることから、センサのレスポンスが熱水噴出といった点源の検出にとって重要なことを改めて確認した。

#### イ. 海域調査試験で得られた地形・地質・海洋化学データの解析と手法の検証

##### ・ AUV を利用した熱水域の地形探査の実施とデータ解析手法の高度化

伊豆・ベヨネース海丘カルデラにおいて AUV うらしまによる地形調査を実施した。通常の日データ処理過程の高精度化に加え、統計学的な手法を新たに導入して海底地質の自動判別(客観的な分類)を行うことに成功した(図 3.5.2, Honsho et al., 2015)。

##### ・ AUV を利用した熱水域の磁気探査の実施とデータ解析手法の高度化と検証

伊豆弧・マリアナ弧・沖縄トラフおよびインド洋の熱水系において AUV/潜水船を用いた磁気探査を実施した。プラットフォームの磁化を補正する新しいキャリブレーション手法を開発した(Honsho et al., 2012)ほか、海底の磁化強度を推定する手法の高度化を行った(Fujii et al., 2015)。また、同海域で得られた岩石試料の磁気測定を行い、AUV 磁気異常探査から推定し

た磁化強度が岩石磁気学的に整合性のある値であることを証明したほか、磁化を担う岩石・鉱物および熱水変質過程を明らかにした(図 3.5.3, Fujii et al., 2015; 2016)。

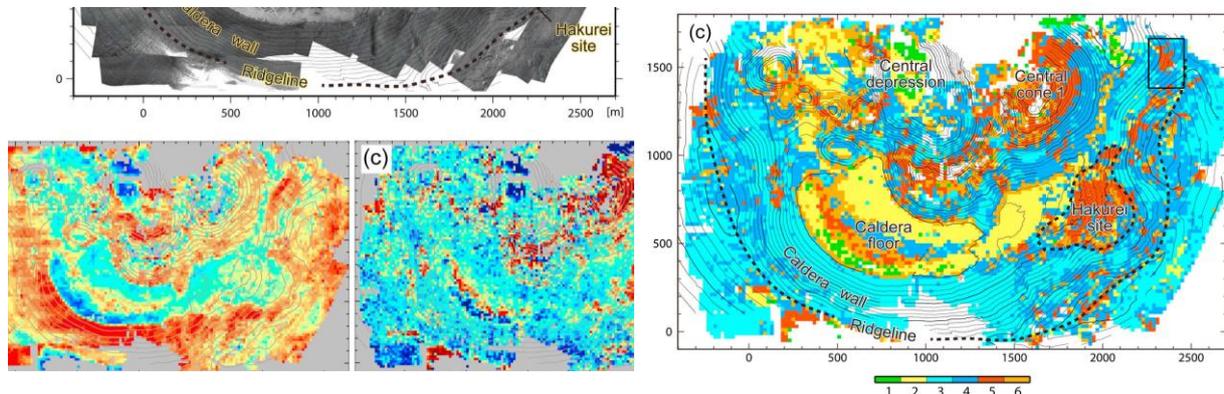


図 3.5.2 ベヨネーズ海丘カルデラの AUV サイドスキャンソナーイメージ(上)と、テクスチャ解析により識別した地質 6 類型の分布(下)(Honsho et al., 2015).

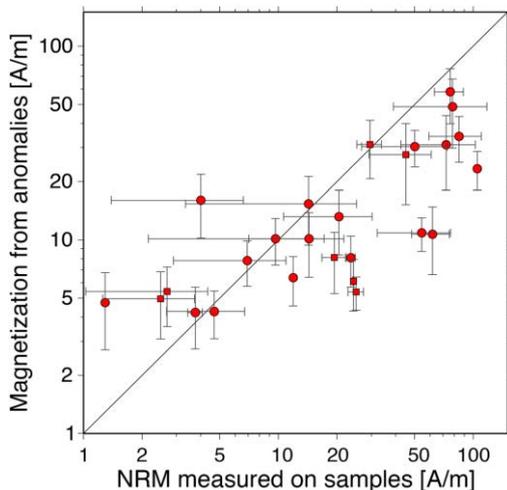


図 3.5.3 潜水船観測から推定した絶対磁化強度(縦軸)と岩石磁気測定による自然残留磁化強度(横軸) (Fujii et al., 2015)

・ AUV 等に搭載可能な小型化学センサの試験運用とその評価

伊豆弧・沖縄トラフの熱水系において、5 回以上の航海で AUV, ROV 搭載型 64 連式採水器 ANEMONE および 96 連式 MINIMONE の試験運用を行った。現在 1 サンプル=10ml で分析可能な項目は pH, DIC, アルカリ度、塩分、栄養塩 5 項目、細胞数、マンガン、チオ硫酸、亜硫酸である。また、熱水噴出孔における高温・高純度の熱水採取用に、バルブ操作により高温熱水をフラッシングすることが可能な採水器(採水筒 100ml)を導入し、温度計とともに運用試験を行った。さらに、海底下の間隙水中の組成把握のための化学センサの開発に着手し、第一段階として地中の 5 点の温度計測が可能な差し込み型温度計(空中重量 5kg)を開発した(図 3.5.4)。これらも実海域試験で良好な動作が確認できている。

鹿児島湾若尊海域においては、96 連式 MINIMONE などを AUV に取り付け実海域調査を実施した。得られた DIC 濃度の分布(図 3.5.5)は、ホバリング型 AUV に最適化された pH センサの観測結果(図 3.5.6)と良く一致する。また、AUV が海底で撮影したスチル写真を貼り合わせたモザイク画像とあわせると、熱水湧出域直上に pH 異常がまっすぐと立ち上がる様子が明らかである。このように複数センサ類の結果を 3 次元可視化することで、点源である熱水やガスの湧出域をピンポイントで容易に特定できることが実証された。

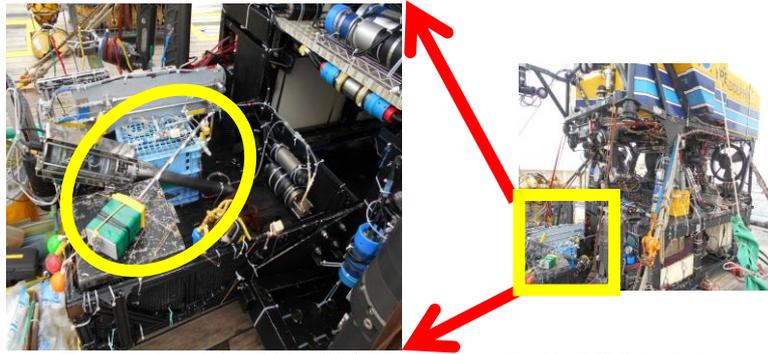


図 3.5.4 オフライン式地中温度計。空中5kg以下と軽量化に成功。

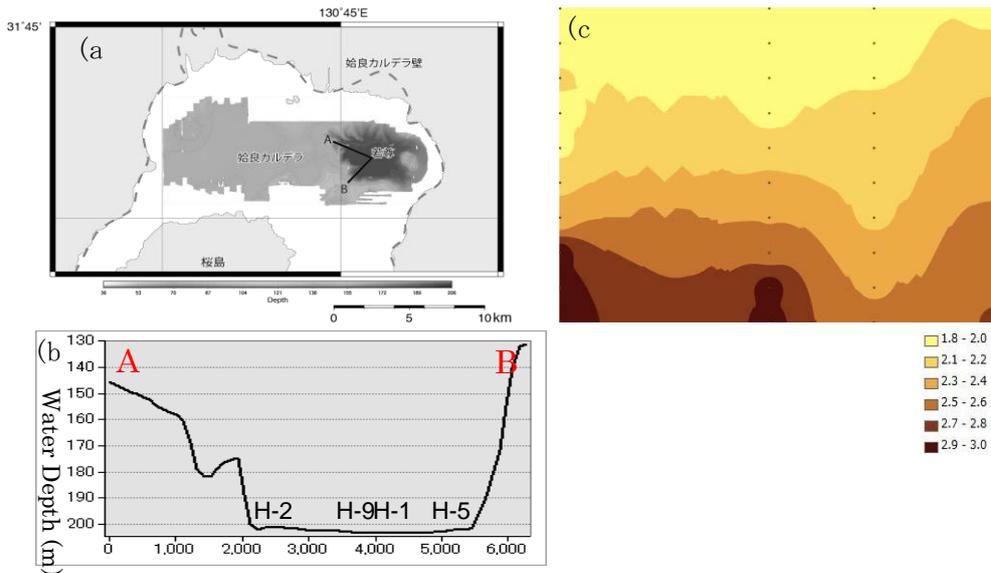


図 3.5.5 (a)鹿児島湾湾奥部の海底地形。この図中の実線 A-B における地形断面を(b)に示す。(b)図中の H に続く数字が付された部分は CTD による定点観測点を示す。(c)は DIC 濃度 (mmol/kg) のコンターマップであり、左端が(b)図中の H-2 サイト、右端が H-5 サイトである。

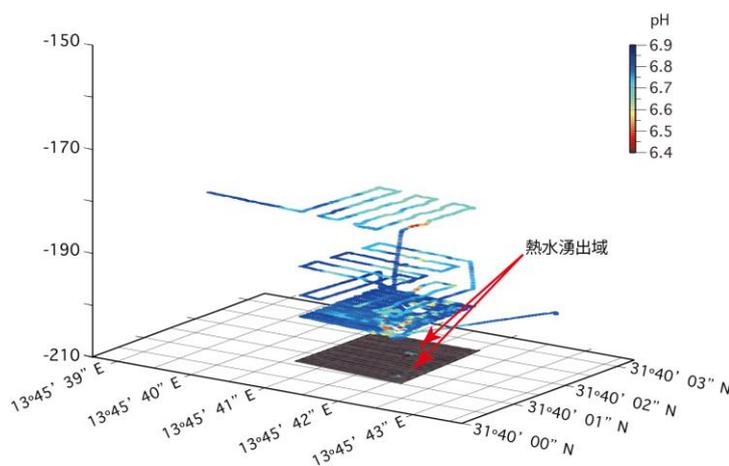


図 3.5.6 海底面の撮影とともに pH センサにて化学環境の三次元分布のマッピング結果。熱水湧出域直上で pH が低くなっている様子が表現されている。

- ・ 複数センサ観測・3次元高精度プルーム計測を効果的に行うためのデータ可視化技術の開発  
海中ロボットに搭載される化学・生化学センサによる現場計測データの3次元可視化について、操作が容易な市販ソフトウェアを用いて熱水プルームの広がりや熱水供給地点の特定に資する

ことができる可視化手法を開発している。特にロボットの位置データの補間をセンサデータ取得頻度に併せて行う手法、時間的及び空間的な平均データの算出法について検討し、生データから簡易的なグラフ化、2次元・3次元可視化までの処理を高度な専門的知識無しに簡便に遂行できる処理フローを実装したソフトウェアの実現に目処をつける事ができた(図 3.5.7)。ソフトウェアが完成すればセンサの専門家でなくとも海中ロボットなどのプラットフォームに搭載したセンサのデータを船上で迅速に処理し、地形データと併せて表示しながら熱水活動の分布や熱水プルームの挙動などについて議論をすることが可能になるため、本研究の目的である海底熱水域の3次元高解像度環境調査の効率と質を飛躍的に高めることにつながる。現段階のプロトタイプソフトウェアは市販ソフトウェアをベースとしているため、そのまま配布することは想定していないが、今後実用を繰り返しながらフィードバックを行って完成度を高め、最終的に専用のソフトウェアとして独立させることができれば、成果物として配布使用することは可能と考える。本ソフトウェアの設計については、国内の海洋計測に係わる研究者らと現状の問題点や今後必要とされる機能などについてのディスカッションを行い、ネットワークを強化してきた。今後はこのネットワークを国内のユーザ及び海外の研究者まで拡張したいと考えている。

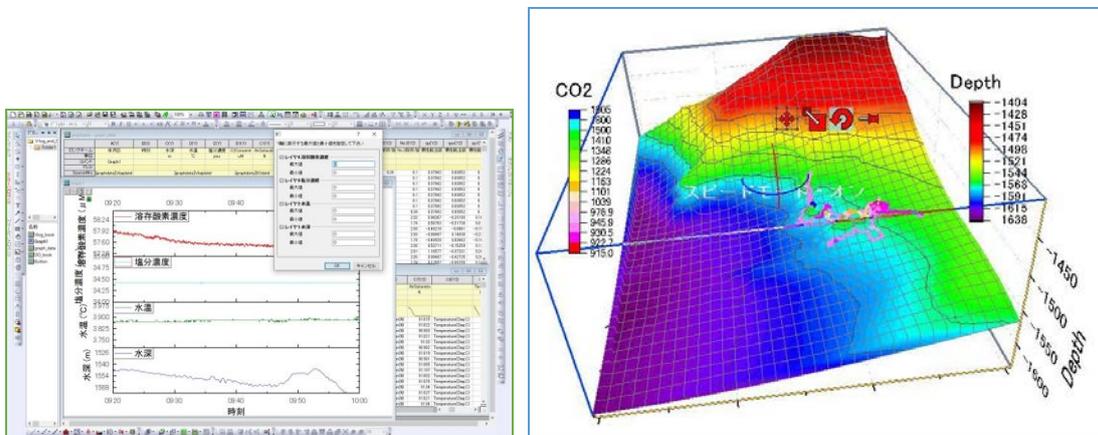


図 3.5.7 3次元データ可視化ソフトウェアのプロトタイプを用いた作業例

#### § 4 成果発表等

注) 成果記載の末尾の英字は、担当研究テーマを示す。(総括およびロボット部隊 A, サンプリング B, 生物 C, 熱水 D)

(1) 原著論文発表 (国内(和文)誌 18 件、国際(欧文)誌 121 件)

1. Matsuda, T., Maki, T., Sakamaki, T. and Ura, T. “Performance Analysis on a Navigation Method of Multiple AUVs for Wide Area Survey,” *Marine Technology Society Journal*, 46(2), 45-55, 2012. A
2. Yamanaka, T., Maeto, K., Akashi, H., Ishibashi, J., Miyoshi, Y., Okamura, K., Noguchi, T., Kuwahara, Y., Toki, T., Tsunogai, U., Ura, T., Nakatani, T., Maki, T., Kubokawa, K. and Chiba, H. ”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, 74-84, 2013, (DOI: 10.1016/j.jvolgeores.2013.04.007). A
3. Kume, A., Maki, T., Sakamaki, T. and Ura, T. “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*, 25(2), 364-374, 2013. A
4. Maki, T., Matsuda, T., Sakamaki, T., Ura, T. and Kojima, J. ”Navigation Method for Underwater Vehicles Based on Mutual Acoustical Positioning With a Single Seafloor Station”, *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 38(1), 167-177, 2013. A
5. Bodenmann, A., Thornton, B., Nakajima, R., Yamamoto, H. and Ura, T., “Wide area 3D seafloor reconstruction and its application to sea fauna density mapping”, Proc. MTS/IEEE OCEANS13, San Diego, 2013. A
6. Matsuda, T., Maki, T., Sakamaki, T. and Ura, T. “Primary Experimental Results of the Navigation Method of Multiple Autonomous Underwater Vehicles”, Proc. of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems 2013. A
7. 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*, 40(3), 149-156, 2013. A
8. 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. ROBOMECH13, Tukuba, Japan, 2013. A
9. 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. ROBOMECH13, Tukuba, Japan, 2013. A
10. 佐藤芳紀, 巻俊宏, 久米綾佳, 松田匠未, 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. A
11. Nishida, Y., Ura, T., Hamatsu, T., Nagahashi, K., Inaba, S. and Nakatani, T. “Resource investigation for kichiji rockfish by autonomous underwater vehicle in Kitami-Yamato bank off Northern Japan”, *ROBOMECH Journal*, 1(1:2), 2014-6, 2014. A
12. Nishida, Y., Ura, T., Nakatani, T., Sakamaki, T., Kojima, J., Itoh, Y. and Kim, K. “Autonomous Underwater Vehicle “Tuna-Sand” for Image Observation of the Seafloor at a Low Altitude”, *Journal of Robotics and Mechatronics*, 24(6), 519-521, 2014. A
13. Sato, Y., Maki, T., Kume, A., Matsuda, M., Sakamaki, T. and Ura, T. “Path Replanning Method for an AUV in Natural Hydrothermal Vent Fields: Toward 3D Image of a Hydrothermal Chimney”. *Journal of Marine Technology Society*, 48(3), 104-114, 2014. A

14. Matsuda, T., Maki, T., Sakamaki, T. and Ura, T. "State Estimation and Compression Method for the Navigation of Multiple Autonomous Underwater Vehicles with Limited Communication Traffic", *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 2014 (DOI:10.1109/JOE.2014.2323492). A
15. Sato, Y., Maki, T., Matsuda, T. and Sakamaki, T. "Detailed 3D Seafloor Imaging of Kagoshima Bay by AUV Tri-TON 2," *In Proc. Underwater Technology 2015*, Chennai, India, 2015. A
16. Nishida, Y., Ura, T., Hamatsu, T., Nagahashi, K., Inaba, S. and Nakatani, T. "Specific fish detection using vector quantization histogram for investigation of fishery resources", *In Proc. MTS/IEEE OCEANS'14*, St. John's, Canada, 2014. A
17. Bodenmann, A., Thornton, B. and Ura, T. "Visual 3D Mapping to Measure Hydrothermal Deposit Growth Rates at a Man-Made Deep Sea Vent". *In Proc. AUV 2014*, Mississippi, USA, 2014. A
18. Maki, T., Sato, Y., Matsuda, T., Shiroku, R.T. and Sakamaki, T. "AUV Tri-TON 2: An intelligent platform for detailed survey of hydrothermal vent fields," *In Proc. AUV 2014*, Mississippi, USA, 2014. A
19. Nishida, Y., Ura, T., Hamatsu, T., Nagahashi, K., Inaba, S. and Nakatani, T. "Investigation Method for the Biomass of Kichiji rockfish by Hovering Type AUV", *In Proc. MTS/IEEE OCEANS'14*, Taipei, Taiwan, 2014. A
20. Matsuda, T., Maki, T., Sato, Y. and Sakamaki, T. "Cooperative navigation Method of Multiple Autonomous Underwater Vehicles for Wide Seafloor Survey -Sea Experiment with Two AUVs-", *In Proc. MTS/IEEE OCEANS'14*, Taipei, Taiwan, 2014. A
21. 増田殊大, 巻俊宏, 鈴木浩嗣, "ホバリング型 AUV の長期展開に向けた電磁界共振結合方式による非接触給電システムの開発" *In Proc. ROBOMECH 14*, 富山, 2014. A
22. 西田祐也, 園田隆, 石井和男. "高出力関節機構を有する鰭型移動プラットフォームの開発", *In Proc. ROBOMECH 14*, 1P1-H07, 富山, 2014.5. A&B
23. 安鍾賢, 園田隆, 石井和男, 浦環. "AUV を用いた底生生物の観測システム構築に関する研究", *In Proc. ROBOMECH 14*, 日本機械学会, 富山, 2014. A&B
24. 園田隆, 西田祐也, 石井和男, "水中での高速サンプリング動作のための機構設計", *In Proc. ROBOMECH 14*, 日本機械学会, 富山, 2014. A&B
25. 西田祐也, 濱津友紀, 永橋賢司, 稲葉祥梧, 中谷武志, "自律型海中ロボットを用いたオホーツク海における底生水産資源量の調査 -第1報:画像観測手法と魚種識別手法の提案-", *ロボティクスメカトロニクス講演会予稿集*, 2A2-D02, 京都, 2015. A
26. 水島隼人, 巻俊宏, 佐藤芳紀, 坂巻隆, "自律型海中ロボットを用いた低コストな流向流速推定手法", 第25回海洋工学シンポジウム講演集, 東京, 2015. A
27. Sato, Y., Maki, T., Mizushima, H., Matsuda, T. and Sakamaki, T. "Evaluation of Position Estimation of AUV Tri-TON 2 in Real Sea Experiments", *In Proc. of MTS/IEEE OCEANS'15* Genova, Genova, Italy, 2015, A
28. Nishida, Y., Nagahashi, K., Sato, T., Bodenmann, A., Thornton, B., Asada, A. and Ura, T., "Development of an Autonomous Underwater Vehicle for Survey of Cobalt-rich Manganese Crust", *In Proc. of MTS/IEEE OCEANS'15*, Washington DC, 150610-116, Washington, US, 2015, A
29. Matsuda, T., Maki, T., Sato, Y. and Sakamaki, T. "Performance Verification of the Alternating Landmark Navigation by Multiple AUVs through Sea Experiments", *In Proc. of MTS/IEEE OCEANS'15*, Genova, Genova, Italy, 2015, A
30. Nishida, Y., Kojima, J., Ito, Y., Tamura, K., Sugimatsu, H., Kim, K., Sudo, T. and Ura, T. "Development of an Autonomous Buoy System for AUV", *In Proc. of MTS/IEEE OCEANS'15*, Genova, 141205-249, Genova, Italy, 2015, A

31. Honscho, C., Ura, T., Asada, A., Kim, K. and Nagahashi, K. "High-resolution acoustic mapping to understand the ore deposit in the Bayonnaise knoll caldera, Izu-Ogasawara arc", *J. Geophys. Res., Solid Earth*, A
32. Matsuda, T., Maki, T., Sato, Y., Sakamaki, T. and Ura, T. "A Cooperative Navigation Method of Multiple AUVs for Wide Seafloor Survey –First Performance Evaluation in Sea Environments–" *Marine and Underwater Science and Technology (MUST)*, 1(1), 11–22, 2015, A
33. Nassiraei, A.A.F. and Ishii, K. "Development of Ship Hull Cleaning Underwater Robot", *5<sup>th</sup> International Conference on Emerging Trends in Engineering & Technology*, 293–298, 2012, B
34. Matsuo, T., Sonoda, T. and Ishii, K. "The Improving Method of Energy Efficiency for a Snake-Like Robot Using Neural Oscillators", *Proc. of ICMA2012*, 6, 2012, B
35. Weerakoon, T., Ishii, K. and Nassiraei, A.A. "Dead-lock Free Mobile Robot Navigation Using Modified Artificial Potential Field", *In Proc. SCIS & ISIS 2014*, Kitakyushu, 2014. B
36. Arima, M., Tonai, H. and Yoshida, K. "Development of an ocean-going solar-powered underwater glider", *In Proc. The twentyfourth (2014) International Offshore and Polar Engineering Conference (ISOPE-2014)*, 2014.6.B
37. 岩根豊明, 横道匠, 石井和男. "教育・研究用遠隔操作型水中ロボットの開発", *In Proc. ROBOMECH 14*, 日本機械学会, 富山, 2014. B
38. 吉田桂奈, 藤内裕史, 有馬正和. "造礁サンゴモニタリングシステムの構築", *In Proc. ROBOMECH 14*, 日本機械学会, 富山, 2014.5. B
39. Ishii, K., Nassiraei, A. and Sonoda, T. "Design Concept of Underwater Robot for Ship Hull Cleaning", *In Proc. COMPIT' 14*, Redworth, UK, 540–545, 2014.B
40. Weerakoon, T., Ishii, K. and Nassiraei, A.A. "An Artificial Potential Field Based Mobile robot Navigation Method to Prevent From Deadlock", *Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing Research*, 5(3), 189–203, 2015, B
41. Lindsay, D.J., Yoshida, H., Uemura, K., Yamamoto, H., Ishibashi, S., Nishikawa, J., Reimer, J.D., Fitzpatrick, R., Fujikura, K. and Maruyama, T. "The untethered remotely-operated vehicle PICASSO-1 and its deployment from chartered dive vessels for deep sea surveys off Okinawa, Japan, and Osprey Reef, Coral Sea, Australia", *Marine Technology Society Journal*, 46(4), 20–32, 2013.C
42. Fujiwara, Y., Okutani, T. and Kimura H. "First occurrence of Alviniconcha from Japanese waters (Gastropoda:Provannidae)". *Venus* 71, 217–219, 2013. C
43. Grossmann, M.M., Lindsay, D.J. and 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. (DOI:10.1080/14772000.2013.825658), 2013. C
44. Lorion, J., Kiel, S., Faure, B., Kawato, M., Ho, S.Y., Marshall, B., Tsuchida, S., Miyazaki, J. and Fujiwara, Y. "Adaptive radiation of chemosymbiotic deep-sea mussels." *Proc Biol Sci*, 280, 20131243, 2013. C
45. Miyazaki, J-I., Kajio, S., Dobashi, A., Kawato, M., Fujiwara, Y. and Hirayama, H. "Dispersal Ability and Environmental Adaptability of Deep-Sea Mussels Bathymodiulus (Mytilidae: Bathymodiolinae)." *Open Journal of Marine Science*, 3, 31–39, 2013.C
46. Okutani, T. and Fujiwara, Y. "A new species of tiny clam (Veneroidea: Kelliellidae) occurring near submerged whale carcasses." *Venus*, 71, 223–226, 2013, C
47. Lindsay, D.J., Yamaguchi, A., Grossmann, M.M., Nishikawa, J., Sabates, A., Fuentes, V., Hall, M., Sunahara, K. and Yamamoto, H. "Vertical profiles of marine particulates: a step towards global scale comparisons using an Autonomous Visual Plankton Recorder." *Bull. Plankton Soc. Jpn.*, 61(1), 72–81, 2014. C

48. Nakajima, R., Komuku, T., Yamakita, T., Lindsay, D.J., Jintsu-Uchifune, Y., Watanabe, H., Tanaka, K., Shirayama, Y., Yamamoto, H. and Fujikura, K. "A new method for estimating the area of the seafloor from oblique images taken by deep-sea submersible survey platforms." *JAMSTEC Rep. Res. Dev.* 19: 59-66. 2014, (doi:10.5918/jamstecr.19.59). C
49. Grossmann, M.M. and Lindsay, D.J. "Estimation of calanoid copepod prosome length from pixel-based measurements derived from the ZooScan and ZooProcess systems." *Bull. Plankton Soc. Jpn* 61(1), 91-94, 2014. C
50. Arima, M., Yoshida, K. and Tonai, H. "Development of a coral monitoring system for the use of underwater vehicle", *In Proc. OCEANS'14 MTS/IEEE Taipei*, Taiwan, 2014.4.B
51. 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. Chapter 51, 639-666, 2015, (DOI:10.1007/978-4-431-54865-2\_51). C
52. Grossmann, M.M., Collins, A.G. and Lindsay, D.J. "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(2), 163-180, 2014, (DOI:10.1080/14772000.2014.902867). C
53. Nakajima, Y., Shinzato, C., Khalturina, M., Watanabe, H., Inagaki, F., Satoh, N. and Mitarai, S. "Cross-species, amplifiable microsatellite markers for neoverrucid barnacles from deep-sea hydrothermal vents developed using next-generation sequencing." *Int J Mol Sci.* 15, 14364-14371, 2014. C
54. Watanabe, H. and Beedesse, G. "Vent fauna on the Central Indian Ridge." pringer Open Access e-book: *Subseafloor Biosphere Linked to Global Hydrothermal Systems; TAIGA Concept.*, 205-212. Springer Open Access e-book. 2015.C
55. Kojima, S. and Watanabe, H. "Vent fauna in the Mariana Trough", Springer Open Access e-book: *Subseafloor Biosphere Linked to Global Hydrothermal Systems; TAIGA Concept.*, 313-323, Springer Open Access e-book, 2015. C
56. Malcolm, R., Ashley Rowden, C., Schlacher, T., Guinotte, J., Dunstan, P, Williams, A., Hara, T., Watling, L., Niklitschek, E. and Tsuchida, S. "Identifying Ecologically or Biologically Significant Areas (EBSA): A systematic method and its application to seamounts in the South Pacific Ocean", *Ocean & Coastal Management* 91, 65-79, 2014. C
57. Orui, S., Takishita, K., Gotoh, T., Shibata, H., Kojima, S., Tsuchida, S., Kitazato, H. and Fujikura, K. "Analyses of age and population genetic structure of the broadbanded thornyhead *Sebastolobus macrochir* in North Japan suggest its broad dispersion and migration before settlement." *Journal of Oceanography*, 70, 457-462, 2014. C
58. Higgs ND, Glover AG, Dahlgren TG, Smith CR, Fujiwara Y, Pradillon F, Johnson SB, Vrijenhoek RC, Little CTS, "The morphological diversity of *Osedax* worm borings (Annelida: Siboglinidae)." *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 94, 1429-1439, 2014. C
59. Lindsay, D.J., Grossmann, M.M., Nishikawa, J., Bentlage, B. and Collins, A.G. "DNA barcoding of pelagic cnidarians: current status and future prospects", *Bulletin of the Plankton Society of Japan*, 62(1), 39-43, 2015, (DOI:10.1007/978-4-431-54865-2\_51). C
60. Mitarai, S., Watanabe, H., Nakajima, Y., Shchepetkin, A., McWilliams, J.C. "Quantifying Dispersal from Hydrothermal Vent Fields in the Western Pacific Ocean." *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A.*, 113(11), 2976-2981, (DOI:10.1073/pnas.1518395113). C
61. Beaulieu, S.E., Sayre-McCord, R.T., Mills, S.W., Pradillon, F. and Watanabe, H. "Swimming speeds of polychaete larvae collected near deep-sea hydrothermal vents." *Marine Ecology*, 36(S1), 133-143, 2015, (DOI:10.1111/maec.12207). C

62. Yahagi, T., Watanabe, H., Ishibashi, J. and Kojima, S. “Genetic population structure of four hydrothermal vent shrimps (Alvinocarididae) inhabiting the Okinawa Trough, the Northwest Pacific”, *Marine Ecology Progress Series*, 529, 159–169, 2015, (DOI:10.111/maec.12207). C
63. Noguchi, T., Tanikawa, W., Hirose, T., Lin, W., Kawagucci, S., Takashima, T., Honda, M.C., Takai, K., Kitazato, H. and Okamura, K”, “Dynamic process of turbidity generation triggered by the 2011 Tohoku–Oki earthquake”, *Geochem. Geophys. Geosys.* 13(11), 1–7, 2012, (doi:10.1029/2012GC004360). D
64. Nakamura, K., Watanabe, H., Miyazaki, J., Takai, K., Kawagucci, S., Noguchi, T., Nemoto, S., Watsuji, T., Matsuzaki, T., Shibuya, T., Okamura, K., Mochizuki, M., Orihashi, Y., Ura, T., Asada, A., Marie, D., Koonjul, M., Singh, M. Beedessee, G., Bhikajee, M. and Tamaki, K. “Discovery of new hydrothermal activity and chemosynthetic fauna on the Central Indian Ridge at 18 ° – 20 ° S”, *PLoS ONE*, 7(3), e32965, 2012, (doi:10.1371/journal.pone.0032965). D
65. Kawagucci, S., Yoshida, Y.T., Noguchi, T., Honda, M.C., Uchida, H., Ishibashi, H., Nakagawa, F., Tsunogai, U. Okamura, K., Takaki, Y., Nunoura, T., Miyazaki, J., Hirai, M., Lin, W., Kitazato, H. and Takai, K. “Disturbance of deep-sea environment induced by the M9.0 Tohoku Earthquake”, *Scientific Report 2*, 270, 2012, (DOI:10.1038/srep00270), D
66. Yoshikawa, S., Okino, K. and Asada, M. “Geomorphological variations at hydrothermal sites in the southern Mariana Trough: relationship between hydrothermal activity and topographic characteristics”, *Marine Geology*, 303–306, 172–182, 2012, (DOI:10.1016/j.mergo.2012.02.013). D
67. Nakamura, K., Toki, T., Mochizuki N., Asada, M., Ishibashi, J., Nogi, Y., Yoshikawa, S., Miyazaki, J. and Okino, K., “Discovery of a new hydrothermal vent based on an underwater, high-resolution geophysical survey”, *Deep-Sea Research I*, 74, 1010, 2013, (DOI:10.1016/j.dsr.2012.12.003). D
68. Honsho, C., Ura, T. and Tamaki, K. “The inversion of deep-sea magnetic anomalies using Akaike’s Bayesian information criterion”, *J. Geophys. Res., Solid Earth*, 117, B01105, 2012, (DOI:10.1029/2011JB008611). D
69. Okamura, K., Noguchi, T., Hatta, M., Sunamura, M., Suzue, T., Kimoto, H., Fukuba, T. and Fujii, T. “Development of a 128-channel multi-water-sampling system for underwater platforms and its application to chemical and biological monitoring”, *Methods in Oceanography* 8, 75–90, 2013, (DOI:10.1016/j.mio.2014.02.001), D
70. Honsho, C., Ura, T. and Kim, K., “Deep-sea magnetic vector anomalies over the Hakurei hydrothermal field and the Bayonnaise knoll caldera, Izu–Ogasawara arc, Japan”, *J. Geophys. Res., Solid Earth*, 118, 5147–5164, 2013, (doi:10.1002/jgrb.50382), D
71. Okamura, K., Kimoto, H., Hatta, M., Noguchi, T., Nakaoka, A., Suzue, T. and Kimoto, T. “Potentiometric open-cell titration for seawater alkalinity considering temperature dependence of titrant density and Nernst response of pH electrode”, *Geochemical Journal* 48, 153–163, 2014, (doi:10.2343/geochemj.2.0296), D
72. Fukuba, T., Noguchi, T. and Fujii, T. “The Irabu Knoll: Hydrothermal site at the eastern edge of the Yaeyama Graben.” in J. Ishibashi et al. (eds.), *Subseafloor Biosphere Linked to Global Hydrothermal Systems; TAIGA Concept*, Springer Japan, Tokyo, 493–496, 2015, (DOI:10.1007/978-4-431-54865-2\_39). D
73. Okamura, K., Kimoto, H., Noguch, T., Hatta, M., Kawakami, H. and Suzue, T. “Colorimetric pH Measurement for Seawater Samples Using a Three Light Emitting Diodes Detector and a Calibration Method for Temperature Dependence”, *Analytical Sciences*, 30(12), 1135–1141, 2014, (DOI:10.2116/analsci.30.1135). D

74. Yamanaka, T., Shimamura, S., Nagashio, H., Yamagami, S., Onishi, Y., Hyodo, A., Mampuku, M. and Mizota, C. "A compilation of stable isotopic composition (carbon, nitrogen, and sulfur) of soft body parts of animals collected from deep-sea hydrothermal vent and methane seep fields: Variation in energy source and importance of subsurface microbial process at the sediment-hosted systems", in J. Ishibashi et al. (eds.), *Subseafloor Biosphere Linked to Global Hydrothermal Systems; TAIGA Concept*, Springer Japan, Tokyo, pp.105-129, 2015, (DOI:10.1007/978-4-431-54865-2\_10). D
75. Yamanaka, T., Nagashio, H., Nishio, R., Noguchi, T., Okamura, K., Nunoura, T., Makita, H., Nakamura, K., Watanabe, H., Inoue, K., Toki, T., Iguchi, K., Tsunogai, U., Nakada, R., Ohshima, S., Toyoda, S., Kawai, J., Yoshida, N., Ijiri, A. and Sunamura, M. "The Tarama Knoll: Geochemical and biological profiles of hydrothermal activity." in J. Ishibashi et al. (eds.), *Subseafloor Biosphere Linked to Global Hydrothermal Systems; TAIGA Concept*, Springer Japan, Tokyo, 497-504, 2015, (DOI:10.1007/978-4-431-54865-2\_40). D
76. Fukuba, T., Noguchi, T. and Fujii, T. "The Yoron Knoll: The shallowest hydrothermal system in the Okinawa Trough." in J. Ishibashi et al. (eds.), *Subseafloor Biosphere Linked to Global Hydrothermal Systems; TAIGA Concept*, Springer Japan, Tokyo, 489-492, 2015, (DOI: 10.1007/978-4-431-54865-2\_38). D
77. Noguchi, T., Fukuba, T., Okamura, K., Ijiri, A., Yanagawa, K., Ishitani, Y., Fujii, T. and Sunamura, M. "Distribution and Biogeochemical Properties of Hydrothermal Plumes in the Rodriguez Triple Junction", in J. Ishibashi et al. (eds.), *Subseafloor Biosphere Linked to Global Hydrothermal Systems; TAIGA Concept*, Springer Japan, Tokyo, 195-204, 2015, (DOI:10.1007/978-4-431-54865-2\_15). D
78. Okino, K., Nakamura, K. and Sato, H. "Tectonic background of four hydrothermal fields along the Central Indian Ridge", in J. Ishibashi et al. (eds.), *Subseafloor Biosphere Linked to Global Hydrothermal Systems; TAIGA Concept*, Springer Japan, Tokyo, 133-146, 2015, (DOI:10.1007/978-4-431-54865-2\_11).D
79. Morishita, T., Nakamura, K., Shibuya, T., Kumagai, H., Sato, T., Okino, K., Sato, H., Nauchi, R., Hara, K. and Takamaru, R. "Petrology of peridotites and related gabbroic rocks around the Kairei hydrothermal field in the Central Indian Ridge", in J. Ishibashi et al. (eds.), *Subseafloor Biosphere Linked to Global Hydrothermal Systems; TAIGA Concept*, Springer Japan, Tokyo, 177-194, 2015, (DOI:10.1007/978-4-431-54865-2\_14). D
80. Seama, N., Sato, H., Nogi, Y. and Okino, K. "The mantle dynamics, the crustal formation, and the hydrothermal activity of the Southern Mariana Trough back-arc Basin", in J. Ishibashi et al. (eds.), *Subseafloor Biosphere Linked to Global Hydrothermal Systems; TAIGA Concept*, Springer Japan, Tokyo, 215-228, 2015, (DOI:10.1007/978-4-431-54865-2\_17). D
81. Fukuba, T., Noguchi, T., Okamura, K., Kyo, M., Nishida, S., Miwa, T. and Fujii, T. "ATP Sensing in Deep-Sea Environments Using Continuous Flow Microfluidic Device, " *In Proc. The 18th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences ( $\mu$ TAS 2014)*, Texas, USA, 1912-1914, 2014. D
82. Komaki, K., Hatta, M., Okamura, K. and Noguchi, T. "Development and application of chemical sensors mounting on underwater vehicles to detect hydrothermal plume", *In Proc. Underwater Technology 2015*, Chennai, India, 2015. D
83. Nishida, S., Matsubara, N., Fujii, T., Fukuba, T., Kyo, M., Okamura, K. and Shitashima, K. "In-situ Underwater Atomic Force Microscope for Visualizing Microorganisms in Deep-sea Water", *In Proc. Underwater Technology 2015*, Chennai, India, 2015.D
84. Hidaka-Umetsu, M., Lindsay, D.J. and Yamamoto, H. "Management and use of multiple video formats and resolutions in ROVs", *JAMSTEC Rep. Res. Dev.*, 20, 1-28, 2015, (DOI:10.5918/jamstecr.20.1). C

85. Kelley, C., Kerby, T., Sarradin, P-M., Sarrazin, J. and Lindsay, D. “Submersibles and remote operated vehicles”, Chapter 13 in: Clark, M.R., Consalvey, M. and Rowden, A.A. (eds). *Biological sampling in the Deep Sea*. Wiley Blackwell, Oxford, UK, (DOI:10.1002/9781118332535.ch13). C
86. Fujii, M., Okino, K., Honsho, C., Dyment, J., Szitkar, F., Mochizuki, N. and Asada, M., “High-Resolution Magnetic Signature of Active Hydrothermal Systems in the Back-Arc Spreading Region of the Southern Mariana Trough”, *J. Geophys. Res*, 120(5), 2821–2837, 2015, (DOI: 10.1002/2014JB011714). D
87. Okamura, K., Sugiyama, T., Noguchi, T., Fukuba, T. and Okino, K. “Development of a deep-sea hydrogen sulfide ion sensor and its application for submarine hydrothermal plume exploration”, *Geochemical Journal*, 49, 603–611, 2015, (DOI:10.2343/geochemj.2.0391), D
88. Nakamura, K., Kawagucci, S., Kitada, K., Kumagai, H., Takai, K. and Okino, K. “Water column imaging with multibeam echo-sounding in the mid-Okinawa Trough: implications for distribution of deep-sea hydrothermal vent sites and the cause of acoustic water column anomaly”, *Geochemical Journal*, 49, 579–596, 2015, (DOI:10.2343/geochemj.2.0387), D
89. Okamura, K. and Noguchi, T. “Evaluation of the effect on temperature conversion of pHT at 25° C in the temperature range 0° C–40° C due to incorrect estimations of salinity, alkalinity, and phosphate and silicate concentrations”, *Analytical Sciences*, 31, 847–850, 2015, (DOI:10.2116/analsci.31.847), D
90. Yamanaka, T., Shimamura, S., Chikaraishi, Y., Haga, T. and Fujiwara, Y. “Re-evaluation of nutrient sources for deep-sea wood-boring bivalves using the isotopic composition of bulk carbon, nitrogen, sulfur and amino acid nitrogen”, *Marine Ecology Progress Series*, 540, 157–165. 2015, (DOI:10.3354/meps11510). D
91. Nakamura-Kasukabe, I., Nagasaki, T., Kinjo, A., Sassa, M., Koito, T., Okamura, K., Yamagami, S., Yamanaka, T., Tsuchida, S. and Inoue, K. “Effect of sulfide, osmotic, and thermal stresses on taurine transporter mRNA levels in the gills of the hydrothermal vent-specific mussel *Bathymodiolus septemdiemum*”, *Comparative biochemistry and physiology. Part A, Molecular & integrative physiology*, 191, 74–79, 2015, (DOI:10.1016/j.cbpa.2015.09.013). D
92. Gamo, T., Okamura, K., Hatanaka, H., Hasumoto, H., Komatsu, D., Chinnen, M., Mori, M., Tanaka, J., Hirota, A., Tusnogai, U. and Tamaki, K. “Hydrothermal plumes in the Gulf of Aden, as characterized by light transmission, Mn, Fe, CH<sub>4</sub> and δ<sup>13</sup>C–CH<sub>4</sub> anomalies”, *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 121, 62–70, 2015, (DOI:10.1016/j.dsr2.2015.06.004). D
93. Fuchida, S., Masuda, H., Fukuchi, R. and Yamanaka, T. “Concentrations of amino acids in hydrothermal sediments collected from the Izena and Yoron Cauldrons, Okinawa Trough”, *Geochemical Journal*, 49, 3, 295–307, 2015, (DOI:10.2343/geochemj.2.0357). D
94. 藤野恵子・山中寿朗・江原幸雄・藤光康宏, 鹿児島湾若尊火口と周辺での熱流量分布, 日本地熱学会誌, 37(1), 13–26, 2016. D
95. Ahn, J., Yasukawa, S., Sonoda, T., Nishida, Y., Ishii, K. and Ura, T. “Image Enhancement and Compression of Deep-Sea Floor Image for Acoustic Transmission”, *In Proc. OCEANS’16 Shanghai*, 2016. A&B
96. Thornton, B., Bodenmanna, A., Pizarro, O., Williams, S.B., Friedmann, A., Nakajima, R., Takaie, K., Watsujie, T., Hirayamae, H., Matsui, Y., Watanabe, H. and Ura, T. “Biometric Assessment of Deep-sea Vent Megabenthic Communities using Multi-Resolution 3D Visual Maps”, *Deepsea Research part I, A*
97. Watanabe, H., Yahagi, T., Nagai, Y., Seo, M., Kojima, S., Ishibashi, J., Yamamoto, H., Fujikura, K., Mitarai, S. and Toyofuku, T. “Different thermal preference for brooding and

- larval dispersal of two neighboring distributed shrimps in deep-sea hydrothermal vent field.” *Marine Ecology*, (accepted) C
98. Fujii, M., Okino, K., Sato, T., Sato, H. and Nakamura, K. “Origin of magnetic high at ultramafic hosted hydrothermal systems: insights from the Yokoniwa site of Central Indian Ridge”, *Earth and Planetary Science Letters*, D
  99. Nishida, Y., Nagahashi, K., Sato, T., Bodenmann, A., Thornton, B., Asada, A. and Ura, T. “Autonomous Underwater Vehicle “BOSS-A” for Acoustic and Visual Survey of Manganese Crusts”, *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol.28, No.1, 2016, A
  100. Thornton B, Bodenmann A, Pizarro O, Williams SB, Tamaki Ura 他 9 名, Biometric Assessment of Deep-sea Vent Megabenthos using Multi-Resolution 3D Visual Maps, *Deep-sea Res.* 1, 116, 200-219, 2016, A
  101. Adrian Bodenmann, Blair Thornton, Tamaki Ura, Generation of High-Resolution 3D Reconstructions of the Seafloor in Colour Using a Single Camera and Structured Light, *Journal of Field Robotics*, 2016. A
  102. Nishida, Y., Kojima, J., Itoh, Y., Tamura, K., Sugimatsu, H., Kim, K., Sudo, T. and Ura, T. “Virtual Mooring Buoy ABA for Multiple Autonomous Underwater Vehicles Operation”, *Journal of Robotics and Mechatronics*, 28(1), 2016. A
  103. Nishida, Y., Sonoda, T., Yasukawa, S., Ahn, J., Nagano, K., Ishii, K. and Ura, T. “Development of an Autonomous Underwater Vehicle with Human-aware Robot Navigation”, MTS/IEEE OCEANS’16, Monterey, USA, 2016.9.21 A&B
  104. Yuto Otsuki, Blair Thornton, Toshihiro Maki, Yuya Nishida, Adrian Bodenmann, Kazunori Nagano, Autonomous Adaptive Path Planning of Multi Resolution Visual Surveys Based on Scene Complexity, *in proc. IEEE AUV 2016*, Tokyo, 2016.11, A
  105. Matsuda, T., Maki, T., Sato, Y. and Sakamaki, T. “Sea Experiments and Tank Tests of the Alternating Landmark Navigation by Multiple AUVs -Toward Accurate and Efficient Survey of Seafloor by AUVs-“, *in proc. IEEE AUV 2016*, Tokyo, 2016.11, A
  106. 安鍾賢、安川真輔、園田隆、西田祐也、石井和男、浦環、自律海中ロボットの視覚情報共有を目的とした画像圧縮と復元手法, In Proc. Robomech 2016, 日本機械学会, 1A1-16b7, 4 頁, 2016, B
  107. 園田隆、安川真輔、安鍾賢、ナシライアミール、西田祐也、石井和男、浦環、深海底生生物サンプリングのための水中ロボットマニピュレータの開発 第一報:マニピュレータの構造及びシステム, in Proc. Robomech 2016, 日本機械学会, 1A1-17a3, 4 頁, 2016, B
  108. 河島晋、石井和男、水中ロボット用 SSBL 方式音源定位システムの開発, in Proc. Robomech 2016, 日本機械学会, 1A1-17b2, 4 頁, 2016, B
  109. 藤井直也、石井和男、自律型水中ロボットの異常行動に基づく自己診断システムの開発, 1P1-17a4, in Proc. Robomech 2016, 日本機械学会, 4 頁, 2016, B
  110. 望月隆吾、石井和男、ランドマークの事前情報を活用した環境画像のサリエンス検出 ソフトマシソ SVM によるランドマーク認識, in Proc. Robomech 2016, 日本機械学会, A1-20a2, 4 頁, B
  111. 日高翔太、河島晋、中西亮汰、石井和男、磁界共鳴方式を用いた水中ワイヤレス給電システムの開発 第 2 報, in Proc. Robomech 2016, 日本機械学会, 1P1-17a6, 2016, B
  112. Jonghyun Ahn, Shinsuke Yasukawa, Takashi Sonoda, Tamaki Ura and Kazuo Ishii” Enhancement of deep-sea floor images obtained by an underwater vehicle and its evaluation by crab recognition”, *Journal of Marine Science and Technology*, 2017.3.B
  113. Takeuchi, I., Tomikawa, K. and Lindsay, D.J. “A new genus and species of the Phtisicidae (Amphipoda) from abyssal depths in the Japan Trench, northern Pacific, with special

- reference to its similarities with Southern Ocean genera.” *Journal of Crustacean Biology* 36(4): 495-506, 2016. C
114. Pyataeva, S.V., Hopcroft, R.R., Lindsay, D.J. and Collins, A.G. “DNA barcodes unite two problematic taxa: the meiobenthic *Boreohydra simplex* is a life-cycle stage of *Plotocnide borealis* (Hydrozoa: Aplanulata).” *Zootaxa* 4150(1): 85-92, 2016. C
  115. Kayal, E., Bentlage, B., Cartwright, P., Yanagihara, A., Lindsay, D.J., Hopcroft, R.R. and Collins, A. “Phylogenetic analysis of higher-level relationships within Hydroidolina (Cnidaria: Hydrozoa) using mitochondrial genome data and insight into their mitochondrial transcription.” *PeerJ* 3:e1403; DOI 10.7717/peerj.1403, 2015. C
  116. Grossmann, M.M., Nishikawa, J. and Lindsay, D.J. “Diversity and community structure of pelagic cnidarians in the Celebes and Sulu Seas, southeast Asian tropical marginal seas.” *Deep-Sea Res. I* 100: 54-63. dx.doi.org/10.1016/j.dsr.2015.02.005, 2015. C
  117. Lindsay, D.J., Grossmann, M.M., Bentlage, B., Collins, A.G., Minemizu, R., Hopcroft, R.R., Miyake, H., Hidaka-Umetsu, M. and Nishikawa, J. “The perils of online biogeographic databases: A case study with the “monospecific” genus *Aegina* (Cnidaria, Hydrozoa, Narcomedusae).” *Marine Biology Research* (in press). C
  118. Mitarai, S., Watanabe, H., Nakajima Y., Shchepetkin, A. and McWilliams, J. C. “Quantifying dispersal from hydrothermal vent fields in the western Pacific ocean.” *Proceedings of National Academy of Science U.S.* 113: 2976-2981, 2016. C
  119. Sasaki, T., Ogura, T., Watanabe, H. K. and Fujikura, K. “Four new species of Provanna (Gastropoda: Provannidae) from vents and a seep off Nansei-shoto area, southwestern Japan.” *Venus* 74: 1-17, 2016. C
  120. Yorisue, T., Chan, B., Kado, R., Watanabe, H., Inoue, K., Kojima, S. and J. Høeg. “On the morphology of antennular sensory and attachment organs in cypris larvae of the deep-sea vent/seep barnacles, *Ashinkailepas* and *Neoverruca*.” *Journal of Morphology* 277: 594-602, 2016. C
  121. Watanabe, H., Yahagi, T., Nagai, Y., Seo, M., Kojima, S., Ishibashi, J., Yamamoto, H., Fujikura, K., Mitarai, S. and Toyofuku, T. “Different thermal preference for brooding and larval dispersal of two neighboring distributed shrimps in deep-sea hydrothermal vent field.” *Marine Ecology* (in press). C
  122. Chen, C., Ogura, T., Hirayama, H., Watanabe, H. K., Miyazaki, J. and Okutani, T. “First seep-dwelling *Desbruyeresia* (Gastropoda: Aabysochrysoidea) species discovered from a serpentinite-hosted seep in the southeastern Mariana Forearc.” *Molluscan Research* (in press). C
  123. Watanabe, H. K., Senokuchi, R., Shimanaga, M. and Yamamoto H. “Comparison of the efficiency of three methods of DNA extraction and amplification for deep-sea benthic copepods.” *JAMSTEC Report of Research and Development*. (in press). C
  124. Okumura, T., Ohara, Y., Stern, R. J., Yamanaka, T., Onishi, Y., Watanabe, H., Chen, C., Bloomer, S. H., Pujana, I., Sakai, S., Ishii, T. and Takai, K. “Brucite chimney formation and carbonate alteration at the Shinkai Seep Field, a serpentinite-hosted vent system in the Southern Mariana Forearc.” *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. DOI 10.1002/2016GC006449 (in press). C
  125. Xu, T., Sun, J., Lv, J., Watanabe, H. K., Li, T., Zou, W., Rouse, G. W., Wang, S., Qian, P.-Y., Bao, Z., Qiu, J.-W. “Genome-wide discovery of single nucleotide polymorphisms (SNPs) and single nucleotide variants (SNVs) in deep-sea mussels: Potential use in population genomics and cross-species application.” *Deep-Sea Research II*. (in press) C
  126. Yasuda, N., Miyamoto, N., Fujiwara, Y., Yamamoto, T., Yusa, Y. “Effects of food availability on growth and reproduction of the deep-sea pedunculate barnacle *Heteralepas canci*.” *Deep-Sea Res. I* 108: 53-57, 2016. C

127. Yang, C.-H., Tsuchida, S., Fujikura, K., Fujiwara, Y., Kawato, M., Chan, T.-Y. "Connectivity of the squat lobsters *Shinkaia crosnieri* (Crustacea: Decapoda: Galatheidae) between cold seep and hydrothermal vent habitats." *Bulletin of Marine Science* 92: 17-31, 2016. C
128. Sumida, P.Y., Alfaro-Lucas, J.M., Shimabukuro, M., Kitazato, H., Perez, J.A., Soares-Gomes, A., Toyofuku, T., Lima, A.O., Ara, K., Fujiwara, Y. "Deep-sea whale fall fauna from the Atlantic resembles that of the Pacific Ocean." *Sci. Rep.* 6: 22139, 2016. C
129. Patra, A.K., Kwon, Y.M., Kang, S.G., Fujiwara, Y., Kim, S.J. "The complete mitochondrial genome sequence of the tubeworm *Lamellibrachia satsuma* and structural conservation in the mitochondrial genome control regions of Order Sabellida." *Mar. Genomics* 26:63-71, 2016.
130. Jimi, N., Tanaka, M., Fujiwara, Y. "*Diplocirrus nicolajii* (Annelida: Flabelligeridae) from Japan, detailed morphological observation and DNA barcoding." *Marine Biodiversity Records* 9:1-8, 2016. C
131. Jimi, N., Fujiwara, Y. "Reproductive swarming of *Polyopthalmus pictus* (Annelida: Opheliidae) observed at Okinawa Island and adjacent island, Ryukyu Islands, southern Japan." *Fauna Ryukyuana* 28:29-35, 2016. C
132. Jimi, N., Fujiwara, Y. "New species of *Trophoniella* from Shimoda, Japan (Annelida, Flabelligeridae)." *ZooKeys* 614:1-13, 2016. C
133. Kelley, C., Kerby, T., Sarradin, P.-M., Sarrazin, J. and Lindsay, D. Submersibles and remotely operated vehicles. Chapter 13 in: Clark, M.R., Consalvey, M. and Rowden, A.A. (eds). *Biological sampling in the Deep Sea*. Wiley Blackwell, Oxford, UK. 285-305. 2016. C
134. Lindsay, D.J., Grossmann, M.M., Bentlage, B., Collins, A.G., Minemizu, R., Hopcroft, R.R., Miyake, H., Hidaka-Umetsu, M. and Nishikawa, J. (in press) The perils of online biogeographic databases: A case study with the "monospecific" genus *Aegina* (Cnidaria, Hydrozoa, Narcomedusae). *Marine Biology Research*. DOI: 10.1080/17451000.2016.1268261. in press. C
135. Honsho, C., Yamazaki, T., Ura, T., Okino, K., Morozumu, H., and Ueda S. "Magnetic anomalies associated with abundant production of pyrrhotite in a sulfide deposit in the Okinawa Trough, Japan", *Geochemistry, Geophysics and Geosystems*, 17, 10, 1002/2016GC006480, 2016. D
136. Kawagucci, S., Miyazaki J., Noguchi T., Okamura, K., Shibuya T., Watsuji, T., Nishizawa M., Watanabe H. Okino, K. et al., "Fluid chemistry in the Solitaire and Dodo hydrothermal fields of the Central Indian Ridge", *Geofluids*, 11, 10.1111/gfl.12201, 2016. D
137. Mito, S., Okamura, K., Kimoto, H., Colorimetric pH Measurement of Pressurized Groundwater Containing CO<sub>2</sub>, *Anal. Sci.*, 32(4), 437-442, 2016. D
138. Nakamura-Kusakabe, I., Nagasaki, T., Kinjo, A., Sassa, M., Koito, T., Okamura, K., Yamagami, S., Yamanaka, T., Tsuchida, S., Inoue, K., Effect of sulfide, osmotic, and thermal stresses on taurine transporter mRNA levels in the gills of the hydrothermal vent-specific mussel *Bathymodiolus septemdierum*, *Comp. Biochem. Phys. Part A: Molec. Integ. Phys.*, 191, 74-79. 2016.D
139. Fujikura, K., Yamanaka, T., Sumida, P. Y. G., Bernardino, A. F., Pereira, O. S., Kanehara, T., Nagano, Y., Nakayama, C. R., Nobrega II, M., Pellizari, V. H., Shigeno, S., Yoshida, T., Zhang, J. and Kitazato H. Discovery of asphalt seeps in the deep Southwest Atlantic off Brazil. *Deep-Research Part II*, doi: 10.1016/j.dsr2.2017.04.002, 2017. D

(2)その他の著作物(総説、書籍など)

1. Bodenmann, A., Thornton, N. and Ura, T. "3D Seafloor Mapping With Autonomous Data Analysis - The Generation and Application of 3D Color Reconstruction For Quantitative Algorithm-Based Analysis-", *Sea Technology*, 53(10), 41-46, 2012. A

2. 浦環 ”自律型海中ロボットで海底を見る”, Journal of Acoustic Science, Japan, 39(2), 49-55, 2012. A
3. 飯笹幸吉監修, 海底鉱物資源の産業利用 -日本 EEZ 内の新資源-, シーエムシー出版, 156-163, 2013. A
4. シリーズ(環境の世界)4 海洋技術環境学の創る世界, 東京大学大学院環境学研究系 編, 朝倉書店, 2012. A
5. 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, 40(3), 149-156, 2013. A
6. 卷俊宏, AUV Tri-TON -海底熱水地帯の 3 次元画像化を目指して-, 設計工学, 49(5), 225-229, 2014.A
7. 山口篤, Dhugal J. Lindsay, 小池一彦 ”イメージング技法によるプランクトン研究”, Bulletin of the Plankton Society of Japan, 61(1): 1-2, 2014.C
8. 藤原義弘 “深海 鯨が誘うもうひとつの世界”. 山と溪谷社. 192.2014.C
9. 岡村慶 “現場自動化学分析”, 地球と宇宙の化学事典 (編集: 日本地球化学会、朝倉書店), 133, 2012. D
10. Fukuba, T., Noguchi, T. and Fujii, T. “The Irabu Knoll: Hydrothermal site at the eastern edge of the Yaeyama Graben” in “Subseafloor biosphere linked to global hydrothermal systems; TAIGA concept” J. Ishibashi, K. Okino, M. Sunamura eds. Springer Japan, Tokyo 2013. D
10. Noguchi, T., Fukuba, T., Okamura, K., Ijiri, A., Yanagawa, K., Ishitani, Y., Fujii, T and Sunamura, M. “Distribution and Biogeochemical Properties of Hydrothermal Plumes in the Rodriguez Triple Junction” in “Subseafloor biosphere linked to global hydrothermal systems; TAIGA concept” J. Ishibashi, K. Okino, M. Sunamura eds. Springer Japan, Tokyo, 2013. D
11. Hanatani K., Fukuba, T. and Fujii, T. “Development of insitu microbial ATP analyzer and internal standard calibration method”, International Symposium Underwater Technology 2015, UT15-120, 2015, D
12. 卷俊宏 “海中ロボットと地図” 日本ロボット学会誌, 33(10), 766-772, 2015, A
13. 福場辰洋, 西田周平, 藤井輝夫 ”可搬型装置が拓く資源探査・海洋科学の新時代” 化学工学, 79(2), 125-127, 2015, D
14. Pyataeva, S.V., Hopcroft, R.R., Lindsay, D.J., Collins, A.G. DNA barcodes unite two problematic taxa: the meiobenthic Boreohydra simplex is a life-cycle stage of Plotocnide borealis (Hydrozoa: Aplanulata). Zootaxa 4150(1): 85-92.2016. C
15. 福場辰洋, 花谷耕平, 藤井輝夫 ”マイクロ流体デバイス技術を応用した現場計測システム - 深海環境における化学・生化学現場分析と光検出 (特集 海洋開発に挑む光技術) “ 光アライアンス, 26(5), 7-11, 2015, D
16. 福場辰洋、三輪哲也、”深海環境モニタリングの為の現場計測センサと観測プラットフォームの開発”, 海洋と生物, 38(2), 131-137, 2016, D

### (3)国際学会発表及び主要な国内学会発表

#### ① 招待講演 (国内会議 41 件、国際会議 19 件)

1. 卷俊宏, “自律型海中ロボットの展開”, 第 102 回海洋工学懇談会, 東京, 2012.6.13, A
2. 卷俊宏, “自律型海中ロボットによる水中環境の 3 次元画像化”, 土木研究所講演会, 茨城, 2012.7.2, A
3. 浦環 ”Observation of Deep Seafloor by Autonomous Underwater Vehicle”, ASLO2012, Otsu, Shiga, Japan, 2012.7.13, 基調講演, A
4. 飯笹幸吉 “海底熱水鉱床”, 第 31 回混相流シンポジウム, 柏(千葉), 2012.8.9, D
5. 卷俊宏, “自律型海中ロボットによる海底の広域画像マッピング”, 第 8 回学際領域における分子イメージングフォーラム, 東京, 2012.11.2
6. 浦環 “全自動ロボットが深海底で生物を見る”, 平成 24 年度マリンバイオテクノロジー学会講演会, 東京, 2012.11.15, A

7. 浦環 “Multi-Vehicle Operation –One Researcher One Customized AUV– “, UT13, Tokyo, Japan, 2013.3.7, 基調講演, A
8. 石井和男, “RoboCup Technology and Practical Robots”, Advances in Neuroengineering V, 大阪大学, 2013年3月8日, B
9. 飯笹幸吉 “最近の海底熱水鉱床の探査・商業開発に向けた官民の取り組み”, 第11回ナノテクノロジー総合シンポジウム, 東京, 2013.2.1, D
10. 石井和男 “RoboCup Technology and Practical Robots, Advances in Neuroengineering V”, 大阪大学, 大阪, 2013.3.8, B
11. Thornton, B., “Habitat mapping”, Deep sea vent ecology workshop, AORI Uni. Tokyo, 2013.5.28, A
12. 巻俊宏, “AUVによる鹿児島湾奥海底の画像マッピング”, 鹿児島大学海洋資源環境教育研究センター第113回センターセミナー, 鹿児島, 2013.6.21, A
13. Lindsay, D.J. “Towards a Global Deep-Pelagic Biogeography: Insights from surveys on the gelatinous fauna of the Pacific Ocean and High Latitudes”, 2nd Workshop of the Global Ocean Biodiversity Initiative (GOBI) Pelagic Working Group, Glasgow Scotland, 2013/07/12, C
14. Lindsay, D.J. “深海に漂う生物の世界へようこそ”, 読売テクノ・フォーラム, 東京, 2013/07/27 C
15. 巻俊宏, 海に光を、ロボットに冒険を！～自律型海中ロボットによる海底画像マッピング～, 日本機械学会 展示会「日本の先端科学技術の紹介」特別講演「特別企画展「深海」にせまる», 東京, 2013.8.3, 特別講演, A
16. 石井和男, “新たなロボット市場の開拓を目指して”, ひろしま IT 総合展, 広島産業会館, 2013.10.23., B
17. 岡村慶 “海底熱水鉱床の地球化学的探査手法の開発”, 物理探査学会第129回(平成25年度秋季)学術講演会, 高知, 2013.10.23, D
17. 石井和男 “産学官連携を通じて実用的なロボット開発を目指す”, 第1回ものづくり大分産学交流, 大分市, 2014.2.10. B
18. Ura, T. “New Program for Enhancement of Development of Marine Mineral Resources”, OCEANS’14 MTS/IEEE Taipei, Taiwan, 2014.4.7. 基調講演, A
19. ソートン・ブレア “コバルトリッチクラストの賦存量調査技術の実用化”, 海底鉱物資源広域探査システムワークショップ 2014, 東京, 2014.4.18. A
20. 巻俊宏 “化学計測システムを搭載してマッピングを行う観測プラットフォームに関する研究開発及び実用化”, 海底鉱物資源広域探査システムワークショップ 2014, 東京, 2014.4.18. A
21. ソートン・ブレア “レーザー誘起破壊分光法による深海底現場成分分析技術”, 海底鉱物資源広域探査システムワークショップ 2014, 東京, 2014.4.18. A
22. 藤原義弘 “死後の鯨がつかなく生命～深海ザメとホネクイハナムシ～”, 第53回海中海底工学フォーラム, 東京, 2014.4.18. C
23. Thornton, B. “深海における光計測技術”, 物理探査学会第130回学術講演会, 東京, 2014.5.29. A
24. 浦環 “海の学びの万華鏡”, 海洋教育セミナー&フォーラム, 2014.7.20. A
25. Thornton, B. “深海における光計測技術”, 第14回先端技術導入促進セミナー, 長崎, 2014.8.1. A
26. 沖野郷子 “海の磁気異常観測口船で、深海で、ロボットで”, 古地磁気夏の学校, 柏, 2014.9.3, D
27. 巻俊宏 “ロボットを海に潜らせよう –自律型海中ロボットによる海底詳細観測を目指して–”, 日本ロボット学会 第86回ロボット工学セミナー, 東京, 2014.9.12, A
28. 藤原義弘 “海底に沈んだ鯨が誘う深海生物学”, 東海大学海洋学部海洋生物学科シンポジウム, 東京, 2014.10.12. C
29. 浦環 “海洋産業創造の可能性ー海のジパング計画ー”, 第3回 日経スマートシティシンポジウム at 横浜市, 2014.11.6. A

30. 浦環 ”日本の海底鉱物資源開発はどうあるべきか-南鳥島レアアース泥開発への期待-”, レアアース泥開発推進コンソーシアム, 東京, 2014.11.7. A
31. 浦環 ”自律型海中ロボット達が見せてくれる深海底の不思議な世界”, 東田メディアパーク交流会, 北九州, 2014.11.21. A
32. Maki, T. ”Underwater Robotics Technology for Deep Ocean Explorations - The Japanese Experience-“, Underwater Robotics Technology for Deep Ocean Explorations (USYS'14 Workshop), Melaka, Malaysia, 2014.12.2 A
33. Maki, T. “Light for the sea, Adventures for the robots !”, The 5th International Conference on Underwater System Technology: Theory and Applications 2014 (USYS'14), Melaka, Malaysia, 2014.12.3. A
34. 藤原義弘 ”クジラから見た深海生態系”, 鶴見大学 環境教育研究会学術講演会, 神奈川, 2015.1.8. C
35. Ura, T. ”New Project of Japan for Enhancement of Development of Marine Mineral Resources Zipangu-in-the-Ocean-Program”, UT15, Chennai, India, 2015.2.24. 基調講演, A
36. 浦環 “海洋資源開発の夢とロマン～海賊として山賊に大いなる夢を語る～”, レアメタル研究会 第70回 非鉄金属、海洋資源開発, 東京, 2015.3.11
37. Thornton, B. “AUV 搭載の広域 3次元映像装置による底生生物の分布調査, 海洋の多様性保全と次世代水産業を拓く新技術, 東京, 2015.3.12 A
38. 浦環 “海の中をのぞいてみよう！私たちの海『海をまもる』”, 第20回海洋教育フォーラム, 横須賀, 2015.3.12 A
39. Thornton, B. and Bodenmann, A. ”Application of 3D visual mapping to benthic ecosystems”, Workshop on Scientific applications of 3D visual seafloor reconstructions, JAMSTEC Yokosuka, Japan. 2015.3.12.A
40. 浦環 “自律型海中ロボットは海底の研究者のために何ができるか”, 国際ワークショップ「海底マンガン鉱床の地球科学」, 高知, 2015.3.17, A
41. 石井和男 “地方創成を目指した次世代ロボット開発について”, ながさき次世代ロボット研究会設立シンポジウム, 長崎, 2015.6.26 B
42. 浦環, “海洋産業を創造『海のジパング計画』”, ヨコハマ ブルーカーボン アカデミー セミナー, 横浜, 2015.7.1, A
43. 巻俊宏 “海中プラットフォーム技術の現状と展望”, 第31回 SCOPE 講演会, 東京, 2015.7.1 A
44. 石井和男 “Robot Competition and Practical Robotics, The 1st International Symposium for Women Researchers on Advanced Science and Technology conjugated with Seminar for Young Researchers”, Kitakyushu, 2015.7.13 B
45. 浦環 “海のジパング計画”, 日本陸水学会シンポジウム, 函館, 2015.9.1 A
46. Okino, K. “Review of Japanese TAIGA project I. Indian Ocean”, InterRidge 3rd Theoretical Institute, Hanzhou, China, 2015.9.25, B
47. 石井和男 “競技用水中ロボットのシステム開発に関する話題提供”, 沖縄海洋ロボットコンテスト技術セミナー, 那覇, 2015.9.26 B
48. 石井和男 “新たな教育手法による人材育成を目指して ～国際学生競技会と大学院演習の実践で見てきた教育の未来～”, MATLAB EXPO 2015 教育カンファレンス, 東京, 2015.10.16 B
49. Thornton, B. “高高度からの海底 3D 画像マッピング”, 第56回海中海底工学フォーラム, 柏, 2015.10.16 A.
50. Thornton, B. “伊平屋北海域における高高度画像マッピング”, Interidge Japan, 東京, 2015.12.3 A
51. 浦環, ”新たなロボットの可能性の開拓”, 広島経済同友会産業・技術委員会, 2016. A
52. Thornton, B.” Benthic Habitat Mapping in the Iheya North Hydrothermal Field”, JPGU, Tokyo, 2016.5.23, A

53. Thornton, B. "Biometric Assessment of Deep-sea Vent Megabenthic Communities using Multi-Resolution 3D Visual Maps", 海中観測技術の実装に関するセミナー～大気海洋研究との連携を探る～, 2016.8.8, A
54. ソーントン・ブレア."インスタント・オーシャンとブルー・エコノミー", 2011 年海中の旅、東京、2016.8.22, A
55. Tamaki Ura, "AUV Boys Cronicle", IEEE/OES AUV2016, 2016.11. 基調講演, A
56. Tamaki Ura, "Autonomous Underwater Vehicles Research and Development", 中国海洋工学会, 2016.11. 基調講演, A
57. Tamaki Ura, "Autonomous Underwater Vehicles are doing something great and fascinating", IEEE ROBIO 2016, 2016.12. 基調講演, A
58. Tamaki Ura, "Demonstrations of Performance of Autonomous Underwater Vehicles ; Outstanding Images from the Deep", UT2017 Busan, 2017.2. 基調講演, A
59. ソーントン・ブレア."3D 画像によるハビタットマッピング", 鳥取国際メタンハイドレートフォーラム, 2017.3.15, A
60. 山中寿朗, "二枚貝の多様な栄養生態は化石に保存されるか? 深海の化学合成依存性から干潟のアサリまで、日本古生物学会第 166 回例会, 早稲田大学早稲田キャンパス, 2017.1.27, D

② 口頭発表 (国内会議 68 件、国際会議 58 件)

1. 岡村慶, 野口拓郎, 紀本英志, 鈴江崇彦, 江頭毅, 飯笹幸吉, 後藤浩一. "海水用 pH センサーの開発", 2012 年度日本海洋学会春季大会, 筑波, 2012.3.27, D
2. 力石嘉人, 藤倉克則, 土屋正史, 吉田尊雄, 藤原義弘, 喜多村稔, Dhugal J. Lindsay, 梅津裕一, 永堀淳志, 篠崎鮎太, 小川奈々子, 大河内直彦." アミノ酸窒素同位体比分析による海洋生態系の栄養段階推定(1): 光合成生態系と化学合成生態系の構造", 日本地球惑星科学連合 2012 年大会, 幕張メッセ, 2012.5, C
3. 岡村慶, 野口拓郎, 八田万有美, 紀本英志, 北山紗織. "海水中 溶存鉄の簡易型フロー式化学発光計測法の開発", 第 72 回日本分析化学討論会, 鹿児島大学工学部郡元キャンパス (G1007), 2012.5.19, D
4. 泉谷玲, 藤森啓一, 森内隆代, 澁谷康彦, 辻本賢太, 植田正人, 鈴江崇彦, 紀本英志, 岡村慶. "Tb 錯体の増感化学発光を利用した海底熱水探査用硫化水素分析装置の開発", 第 72 回日本分析化学討論会, 鹿児島大学工学部郡元キャンパス (G2008), 2012.5.20, D
5. Matuda, T., Maki, T., Sakamaki, T. and Ura, T. "Alternate Landmark Positioning Towards Wilde Area Observation by Multiple AUVs", Proc. MTS/IEEE OCEANS' 12 Yeosu, Yeosu, South Korea, 2012.5.24.A
6. Maki, T., Ura, T., Sakamaki, T., Kume, A. and Kondo, H. "Large-area mapping of Benthic Habitats through Autonomous Robotic surveys", Abstracts of ASLO2012, Otsu, Japan, 2012.7.1. A
7. Okamura, K., Noguchi, T., Hatta, M., Kimoto, H. and Suzue, T. "Newly developed 128 channel multi water sampler for AUV and ROV observation", 2012 ASLO Aquatic Sciences Meeting, Lake Biwa, Otsu, Shiga, Japan (SS69-273). Shiga, JAPAN, 2012/7/19.D
8. 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", 第 23 回海洋工学シンポジウム講演論文集, 東京, OES23-047, 2012.8.3, A
9. 松田匠未, 巻俊宏, 坂巻隆, 浦環. "相互音響測位手法の開発□海底ステーションを基準とする自律型海中ロボットの熱水域詳細観測□", 第 23 回海洋工学シンポジウム講演論文集, 東京, OES23-038, 2012.8.3, A
10. 岡村慶, 野口拓郎, 八田万有美, 紀本英志, 鈴江崇彦, 砂村倫成, 山中寿朗, 福場辰洋. "移動式プラットフォームにおける高密度ブルーム採水と化学分析", 第 23 回海洋工学シンポジウム, 日本大学理工学部駿河台キャンパス (107), 2012.8.3, D

11. 福場辰洋, プロバシキリストフ, 茂木克雄, 岡村慶, 許正憲, 藤井輝夫. “マイクロ流体デバイス技術を応用したマンガン濃度異常の現場検出”, 第 23 回海洋工学シンポジウム, 日本大学理工学部駿河台キャンパス (105), 2012.8.3, D
12. 山中寿朗, 金銅和菜, 石橋純一郎, 長原正人, 三好陽子, 米津幸太郎, 金光隼哉, 野口拓郎, 岡村慶, 村上浩康, 千葉仁. ”鹿児島湾奥部海底若尊熱水系における熱水活動の地球化学”, 日本地球化学会 2012 年度年会, 九州大学箱崎キャンパス (1A05), 2012.9.11, D
13. Bodenmann, A., Thornton, B., Hara, S., Hioki, K., Kojima, M., Ura, T., Kawato, M., Fujiwara, Y. ”Development of 8m Long Range Imaging Technology for Generation of Wide Area Color 3D Seafloor Reconstructions”, Proc. MTS/IEEE OCEANS’12 Hampton Roads, Virginia Beach, USA, 2012.10.18. A
14. Matsuda, T., Maki, T., Sakamaki, T. and Ura, T. ”State Estimation of Multiple AUVs with Limited Communication Traffic ” , Proc. MTS/IEEE OCEANS ’ 12 Hampton Roads, Virginia Beach, USA, 2012.10.17. A
15. Fukuba, T., Provin, C., Mogi, K., Kinoshita, H., Okamura, K., Kyo, M. and Fujii, T. “Microfluidic Devices for Ocean Science and Exploration” The 16th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences ( $\mu$  TAS 2012) “, Okinawa, JAPAN, 2012/10/29.D
16. Okamura, K., Hatta, M., Noguchi, T. and Sunamura, M. “Development of a 128-channel multi-watersampling system for underwater platforms and its application to chemical and biological monitoring”, International Symposium on Paleoceanography, Kochi University. Kochi, JAPAN, 2012/11/19.D
17. Okino, K., Nakamura, K., Morishita, T., Sato, H., Sato, T., Mochizuki, N., Okamura, K., Fukuba, T. and Sunamura, M. “Tectonic background of a unique hydrogen-rich Kairei Hydrothermal Field, Central Indian Ridge: Results from Taiga Project”, American Geophysical Union 2012 Fall Meeting, Moscone Convention Center (OS11E). SanFrancisco, USA, 2012/12/03.D
18. Noguchi, T., Hatta, M., Sunamura, M., Fukuba, T., Suzue, T., Kimoto, H. and Okamura, K. Carbonate system at Iheya North in Okinawa Trough~IODP drilling and post drilling environment, American Geophysical Union 2012 Fall Meeting, Moscone Convention Center (OS13A). SanFrancisco, USA, 2012/12/03.D
19. Fukuba, T., Kusunoki, T., Maeda, Y., Shitashima, K., Kyo, M., Fujii, T., Noguchi, T. and Sunamura, M. “In situ chemical sensing for hydrothermal plume mapping and modeling”, American Geophysical Union 2012 Fall Meeting, San Francisco, USA, OS13B-1747, 2012/12/03.D
20. Sunamura, M., Okamura, K., Noguchi, T., Yamamoto, H., Fukuba, T. and Yanagawa, K., Microbiological production and ecological flux of northwestern subduction hydrothermal systems, American Geophysical Union 2012 Fall Meeting, Moscone Convention Center (OS22A). SanFrancisco, USA, 2012/12/04.D
21. Honsho, C., Ura, T. and Kim, K. “Magnetic structure of Bayonnaise knoll caldera including Hakurei hydrothermal site obtained from near-bottom magnetic vector field mapping by autonomous underwater vehicle”, American Geophysical Union 2012 Fall Meeting, San Francisco, USA, T43D-2702, 2012/12/06.D
22. Fujii, M., Okino, K., Mochizuki, N., Honsho, C., Sztikar, F., Dymant, J., Nakamura, K. “Magnetic structure of backarc spreading axis with hydrothermal vents: the Southern Mariana Trough”, American Geophysical Union 2012 Fall Meeting, San Francisco, USA, T43D-2704, 2012/12/06.D
23. Bodenmann, A., Thornton, B. and Ura, T. ”Development of Long Range Color Imaging for Wide Area 3D Reconstructions of the Seafloor”, Proc. UT13, Tokyo, Japan, 2013.3.6. A

24. Maki, T., Sato, Y., Matuda, T., Kume, A., Sakamaki, T. and Ura, T. "AUV Tri-TON - A Hover-Capable Platform for 3D Visualization of Complicated Surfaces -", Proc. UT13, Tokyo, Japan, 2013. 3.6.A
25. Sato, Y., Maki, T., Kume, A., Matuda, T., Sakamaki, T. and Ura, T. "Filed Experimental Results of Path Re-planning Method for an AUV to Visualize Complicated Surface in 3D", Proc. UT13, Tokyo, Japan, 2013. 3.6.A
26. Okino, K., Nakamura, K., Nogi, Y., Fujii, M., Mochizuki, N., Asada, M. and Honsho, C. "Discovery and characterization of a new hydrothermal vent based on magnetic and acoustic surveys", International Symposium on Underwater Technology 2013, Tokyo, 5-8, March, 2013/03/06.D
27. Honsho, C., Ura, T. and Asada, A. "Mapping the Bayonnaise knoll caldera and the Hakurei hydrothermal deposit with autonomous underwater vehicle using side-scan and multi-beam sonars", International Symposium on Underwater Technology 2013, Tokyo, 2013/03/06.D
28. Fujii, M., Okino, K., Honsho, C., Dymont, J., Florent, S. and Mochizuki, N. "Developing near-bottom magnetic measurements using a 3D forward modeling technique: application to hydrothermal vent fields", International Symposium on Underwater Technology 2013, Tokyo, 2013/03/06.D
29. Matuda, T., Maki, T., Sakamaki, T. and Ura, T. "Toward Wide Seafloor Surveys Using Multiple Autonomous Underwater Vehicles", Proc. UT13, Tokyo, Japan, 2013. 3.7.A
30. 浦環, 永橋賢司, 金岡秀, 坂巻隆, 西田祐也, 関根司, 中根健志, 小幡忠正, 小山寿史, 田中裕也, 大藪祐司, 小島淳一, 中谷武志, 伊藤譲, 伊藤洋道, 野瀬勇伺, 岡村慶. "複数 AUV の同時展開による新しい海洋調査手法", Blue Earth'2013 要旨集, 東京, 52-53, 2013.3.14, A
31. Bodenmann, A., Thornton, B. and Ura, T. "広域海底 3D マッピングシステムの開発と観測活動", Blue Earth'2013 要旨集, 東京, 50-51, 2013.3.14, A
32. 本荘千枝, "白嶺熱水鉱床とベヨネーズ海丘カルデラの磁化構造および音響的特徴", Blue Earth'2013 要旨集, 東京, 30-31, 2013.3.14, D
33. 巻俊宏, 佐藤芳紀, 松田匠未, 坂巻隆, 浦環. "ホバリング型 AUV Tri-TON および海底ステーションによる鹿児島湾熱水サイトの画像観測", Blue Earth'2013 要旨集, 東京, 214-215, 2013.3.15, A
34. 巻俊宏, 佐藤芳紀, 松田匠未, 坂巻隆, 浦環. "ホバリング型 AUV Tri-TON および海底ステーションによる鹿児島湾熱水サイトの画像観測", Blue Earth'2013 要旨集, 東京, 214-215, 2013.3.15, A
35. Lindsay, D., Itoh, H., Sasaki, Y., Grossmann, M., Umetsu, M. and Fujikura, K. "水平方向生物ホンプ: プランクトンの多様性、群集構造、ニッチ分割への影響", Blue Earth'2013 要旨集, 東京, 63, 2013.3.15, C
36. Grossmann, M. and Lindsay, D. "Use of the ZooScan system to quantify the potential prey field of gelatinous predators", Blue Earth'2013 要旨集, 東京, 64, 2013.3.15, C
37. Umetsu, M., and Lindsay, D. "相模湾産クシクラゲ類の形態分類に基づいた多様性研究", Blue Earth'2013 要旨集, 東京, 2013.3.15, C
38. Fukumoto, N. and Lindsay, D.J., "浮遊性刺胞動物における DNA バーコーディング: 有用な領域の探索および有効性の検討", Blue Earth Symposium 2013, Tokyo, 2013.03.15. C
39. 岡村慶, 八田万有美, 紀本英志, 鈴江崇彦. "吸光光度法を用いた自動海水 pH 測定装置の開発", 2013 年度日本海洋学会春季大会, 東京海洋大学品川キャンパス (307), 2013.03.22, D
40. Lindsay, D. "In situ imaging-based tools for surveys of gelatinous macroplankton: insights from the PICASSO project", 2013 年度日本プランクトン学会春季シンポジウム, 東京, 2013.3.25, C

41. 本莊千枝, 深海巡航探査機を用いたマルチビーム測深機およびサイドスキャンソナーによるベヨネーズ海丘カルデラ熱水サイトのマッピング, 地球惑星科学連合大会, 幕張メッセ, 2013.5.22, A&D
42. Matsuda, T., Maki, T., Sakamaki, T. and Ura, T. "State Estimation of Multiple Autonomous Underwater Vehicles for Wide Area Survey of Seafloor", Proc. MTS/IEEE OCEANS'13 Bergen, Bergen, Norway, 2013.6.10. A
43. Yamanaka, T., Maeto, K., Akashi, H., Ishibashi, J., Miyoshi, Y., Okamura, K., Noguchi, T., Toki, T., Tsunogai, U., Ura, T., Nakatani, T., Maki, T. and Chiba, H. "Large contribution of the magmatic water to the seafloor hydrothermal fluid at the Wakamiko hydrothermal field and its associated mineralization in Aira Caldera, southern Kyushu, Japan", Proc. IAVCEI 2013, Kagoshima, Japan, 2013.7.A
44. Sato, Y., Maki, T., Kume, A., Matsuda, T., Sakamaki, T. and Ura, T. "Toward High-Coverage Imaging of Hydrothermal Vent Fields: A Recursive Path-Planning Method of an AUV", Proc. 18th International Symposium on Unmanned Untethered Submersible Technology - UUST 2013, Portsmouth, USA, 2013.8. A
45. 小倉 将人, フォローナ シライ アミルアリ, 石井和男. "海底生物捕獲を目的とした水中ロボットハンドの研究開発", MOVIC2013, 日本機械学会, 福岡, 2013.8.30, B
46. 北條正司. "海水と希硝酸の混合溶液に純金は溶解するか?", 日本分析化学会第 62 年会, 近畿大学東大阪キャンパス, 2013.9.11. D
47. Nishida, Y., Ura, T., Sakamaki, T., Kojima, J., Ito, Y. and Kim, K. "Hovering Type AUV "Tuna-Sand" and Its Surveys on Smith Caldera in Izu-Ogasawara Ocean Area", Proc. MTS/IEEE OCEANS'13 San Diego, San Diego, USA, 130510-001, 2013.9.24. A
48. Bodenmann, A., Thornton, B., Nakajima, R., Yamamoto, H. and Ura, U."Wide Area 3D Seafloor Reconstruction and its Application to Sea Fauna Density Mapping", Proc. MTS/IEEE OCEANS'13 San Diego, San Diego, USA, 2013.9.24. A
49. 松田匠未, 巻俊宏, 坂巻隆, 浦環. "複数の自律型海中ロボットの状態推定手法", 第 31 回日本ロボット学会学術講演会, 東京, 2013.9, A
50. 巻俊宏, 佐藤芳紀, 松田匠未, 坂巻隆, 浦環. "ホバリング型 AUV Tri-TON および海底ステーションによる鹿児島湾熱水サイトの画像観測", ブルーアース 2013, 東京, 2013.3, A
51. 小倉将人, フォローナシライアミルアリ, 石井和男. "海底生物捕獲を目的とした水中ロボットハンドの研究開発", 日本ロボット学会, 東京, 2013.9.5, B
52. Lindsay, D.J. "各種のニッチ把握における水中画像、遺伝子、そして分類学の重要性", 東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会:クラゲ類の生態学的研究の最前線、東京大学大気海洋研究所, 柏, 2013.11.19, C
53. 福場辰洋. "多成分計測に基づく熱水活動探査手法の検証と沖縄トラフ与論海穴及び伊良部海丘における探査結果速報", ブルーアース'14, 東京, 2014.2.19. D
54. 藤原義弘, "ガレキはどうなったか?-沖合生態系の理解と復興に向けた取り組みについて-", JAMSTEC2014, 東京国際フォーラム, 2014.3.5, C
55. Lindsay, D.J. and Grossmann, M.M. "浮遊性刺胞動物におけるDNAバーコーディングの現状と応用", 日本プランクトン学会 2014 年度春季シンポジウム「遺伝子解析とプランクトン研究」, 東京, 2014.03.26, C
56. Nishida, Y., Ura, T., Hamatsu, T., Nagahashi, K., Inaba, S. and Nakatani, T. "Investigation Method for the Biomass of Kichiji rockfish by Hovering Type AUV", MTS/IEEE OCEANS, 131130-010, Taipei, Taiwan, 2014.4.9.A
57. M.Arima, K.Yoshida, H.Tonai: "Development of a coral monitoring system for the use of underwater vehicle", OCEANS'14 MTS/IEEE Taipei, Taiwan, 2014.4.7-10. B
58. Matsuda, T., Maki, T., Sato, Y. and Sakamaki, T. "Cooperative navigation Method of Multiple Autonomous Underwater Vehicles for Wide Seafloor Survey -Sea Experiment with Two AUVs-", MTS/IEEE OCEANS'14 Taipei, Taiwan, 2014.4.8. A

59. Nishida, Y., Ura, T., Hamatsu, T., Nagahashi, K., Inaba, S. and Nakatani, T. "Specific fish detection using vector quantization histogram for investigation of fishery resources", Proc. MTS/IEEE OCEANS' 14, St. John's, Canada, 2014.9. A
60. Ishii, K. "Amir Ali Nassiraei, Takashi Sonoda: "Design Concept of Underwater Robot for Ship Hull Cleaning"", COMPIT' 14, Redworth, 2014.5.13.B
61. 土田真二. "資源生物の分布・行動の把握と個体群構造の解析〜キチジの遺伝的多様性、ズワイガニトラッキングの試み", 東北マリンサイエンス拠点事業全体会議, 仙台, 2014.5.17. C
62. M.Arima, H.Tonai, K.Yoshida: "Development of an ocean-going solar-powered underwater glider", The twentyfourth (2014) International Offshore and Polar Engineering Conference (ISOPE-2014), 2014.6.15-20. B
63. 堀航, 藤井直也, 石井和男. "MATLAB/Simulink を用いた自律型水中ロボット開発", ファジィシステムシンポジウム 2014, 日本知能情報ファジィ学会, 高知, 2014.9.2, B
64. 園田隆, 石井和男. "繰り返し計算によるマニピュレータの速度解析法", 日本ロボット学会学術講演会, 福岡, 2014.9.4, B
65. 鍾賢, 安川真輔, 石井和男, 浦環. "RETINEX モデルを用いた海底画像の補正と生物認識アルゴリズムの構築", 日本ロボット学会学術講演会, 福岡, 2014.9.4, B
66. Umetsu, M. and Lindsay, D. "中・深層性クシクラゲと画像技術の応用〜網の目を探査機の目に代えて〜", 日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会, 広島, 2014.9.5.C
67. 園田隆, 石井和男, "繰り返し計算によるマニピュレータの速度解析法", 日本ロボット学会学術講演会, 福岡, 2014.9.14, B
68. 安鍾賢, 安川真輔, 石井和男, 浦環. "RETINEX モデルを用いた海底画像の補正と生物認識アルゴリズムの構築", 日本ロボット学会学術講演会, 福岡, 2014.9.14, B
69. Bodenmann, A., Thornton, B. and Ura, T. "Visual 3D Mapping to Measure Hydrothermal Deposit Growth Rates at a Man-Made Deep Sea Vent". AUV 2014, Mississippi, USA, 2014.10.6.A
70. Maki, T., Sato, Y., Matsuda, T., Shiroku, R.T. and Sakamaki, T. "AUV Tri-TON 2: An intelligent platform for detailed survey of hydrothermal vent fields," AUV 2014, Mississippi, USA, 2014.10.6.A
71. Maki, T., Sato, Y., Matsuda, T., Shiroku, R.T. and Sakamaki, T. "AUV Tri-TON 2: An intelligent platform for detailed survey of hydrothermal vent fields", Proc. IEEE AUV 2014, Oxford, USA. 2014.10.7, A
72. Bodeanmann, A., Thornton, B., and Ura, T. "Visual 3D Mapping measure hydrothermal deposit growth at a man-made deep sea vent", Proc. IEEE AUV 2014, Oxford, USA. 2014.10.7, A
73. Watanabe H, Mitarai S, Kojima S, Kumagai H, Ishibashi J. Diversity of deep-sea hydrothermal vent faunas in the western Pacific. 3rd World Conference of Marine Biodiversity, Qingdao, China.2014.10.13.C
74. 沖野郷子. "伊豆背弧リフトの成り立ち", ベヨネース海丘ワークショップ、東京, 2014.10.14.D
75. Weerakoon, T., Ishii, K. and Nassiraei, A.A. "Dead-lock Free Mobile Robot Navigation Using Modified Artificial Potential Field", SCIS & ISIS 2014, Kitakyushu, 2014.12.4.B
76. Honsho, C., Asada, A., Ura, T. and Kim, K. "Processing of AUV sidescan sonar images for enhancement and classification", American Geophysical Union 2014 Fall Meeting, OS33D-03, San Francisco, USA, 2014.12.15-19. A&D
77. Komaki, K., Hatta, M., Okamura, K. and Noguchi, T. "Development and application of chemical sensors mounting on underwater vehicles to detect hydrothermal plume", Underwater Technology 2015, Chennai, India, 2015.2.23.D
78. Nishida, S., Matsubara, N., Fujii, T., Fukuba, T., Kyo, M., Okamura, K., & Shitashima, K., "In-situ Underwater Atomic Force Microscope for Visualizing Microorganisms in Deep-sea Water," Underwater Technology 2015, Chennai, India, 2015.2.23.D

79. Sato, Y., Maki, T., Matsuda, T. and Sakamaki, T. “Detailed 3D Seafloor Imaging of Kagoshima Bay by AUV Tri-TON 2,” Underwater Technology 2015, Chennai, India, 2015.2.24. A
80. 藤原義弘. ”鯨が育む深海のオアシス”, 第 3 回 海と命をめぐる公開講演会, 神奈川, 2015.2.28.C
81. 藤原義弘, 土田真二, 河戸勝, 福場辰洋, 渡邊佳孝, 吉田弘, 笠井彩香, 高橋幸愛, 後藤慎平, 力石嘉人, 大河内直彦, 加藤千明, 藤倉克則, 増田殊大, 卷俊宏, 田中彰. ”深海域におけるトップ・プレデターに関する研究”, ブルーアース 2015, 東京, 2015.3.19.C&A
82. Bodenmann, A., Thornton, B., Kawagucci, S., Takai, K. and Nakajima, R. ”Application of Visual 3D Mapping To Assess Changes in a Hydrothermally Active Area”, Blue Earth 2015, 東京, 2015.3.19, A
83. 藤井昌和, 沖野郷子, 佐藤太一, 佐藤暢, 中村謙太郎. ”超マフィック岩に支えられるヨコノワ熱水系における高磁化帯の起源”, ブルーアース 2015, 東京, 2015.3.19. D
84. 本莊千枝, 金岡秀, 浦環 ”ベヨネーズ海丘カルデラと明神海丘カルデラにおける AUV「うらしま」による地磁気・音響探査”, ブルーアースシンポジウム 2015, BE15-58, 東京, 2015.3.20, A&D
85. 沖野郷子, 浅田美穂, 野口拓郎, 小牧加奈絵, 藤井昌和, 多良賢二, 眞中卓也, 富田大貴, 小出聡子. ”多良間・伊良部海丘におけるうらしま潜航報告- YK14-16 概要-“, ブルーアース 2015, 東京, 2015.3.20. D
86. Maki, T. “Development of the AUV Tri-TON 2 for detailed survey of rugged seafloor”, AUVSI Unmanned Systems 2015, Atlanta, USA, 2015.5.6. A
87. Kojima, J. “Development of an autonomous buoy system for AUV”, OCEANS’15 MTS/IEEE Genova, Genova, Italy, 2015.5.21. A
88. Matsuda, T. “Performance Verification of the Alternating Landmark Navigation by Multiple AUVs through Sea Experiments”, OCEANS’15 MTS/IEEE Genova, Genova, Italy, 2015.5.20. A
89. Sato, Y. “Evaluation of Position Estimation of AUV Tri-TON 2 in Real Sea Experiments”, OCEANS’15MTS/IEEE Genova, Genova, Italy, 2015.5.20. A
90. 沖野郷子. ”多良間・伊良部熱水系うらしま潜航調査速報, 日本地球惑星科学連合, 千葉, 2015.5.27. D
91. 藤井昌和. ”多様な蛇紋岩の磁性: 中央インド洋海嶺ヨコノワライズ産の海底試料による制約”, 日本地球惑星科学連合, 千葉, 2015.5.27. D
92. 新谷昌人. ”海底鉱床探査のための移動体搭載型重力偏差計の開発”, 海洋調査技術学会第27回研究成果発表会, 千葉, 2015.5.27. D
93. Umetsu-Hidaka, Y. “Deep-sea calderas as a habitat for gelatinous zooplankton: A comparative study”, 8th Hydrozoan Society Workshop, Ischia, Italy, 2015.6.1. C
94. 浦環. ”自律型海中ロボットについて, 周波数資源開発シンポジウム 2015”, 東京, 2015.7.10. A.
95. 水島隼人. ”自律型海中ロボットを用いた低コストな流向流速推定手法”, 第 25 回海洋工学シンポジウム, 東京, 2015.8.7. A
96. 福場辰洋. ”熱水活動域における ATP 計測と資源探査への展開”, 第 25 回海洋工学シンポジウム, 東京, 2015.8.7. D
97. 飯笹幸吉. ”伊豆・小笠原背弧の海底カルデラにおける硫化物鉱化作用”, 第 25 回海洋工学シンポジウム, 東京, 2015.8. 7. D
98. 浅田昭. ”AUV 搭載合成開口インターフェロメトリソーナーを用いた東青ヶ島カルデラの熱水鉱床探査”, 第 25 回海洋工学シンポジウム, 東京, 2015.8.7. D
99. 岡村慶. ”海水の化学センシングのための多連式採水器と化学センサ開発”, 第 25 回海洋工学シンポジウム, 東京, 2015.8.7. D

100. Lindsay, D.J., “Horizontal advection of mesopelagic communities: effects on biodiversity and niche partitioning”, 14th Deep Sea Biology Symposium, Aveiro, Portugal, 2015.8.9. C
101. 石井和男. “海底生物採取のためのグリッパー付き吸引装置の開発”, 日本ロボット学会学術講演会 2015, 東京, 2015.9.3-5. B
102. 中村謙太郎. “中部沖縄トラフにおける海底熱水噴出孔の網羅的探査”, 日本地質学会第122 学術大会, 長野, 2015.9.13. D
103. 中村謙太郎. “マルチビーム音響測深器を用いた海底熱水噴出孔の探査: 中部沖縄トラフを例として”, 日本地球化学会第 62 回年会, 横浜, 2015.9.16. D
104. 大西雄二. “南部マリアナ前弧で発見されたシロウリガイ群集を支える化学エネルギーの起源”, 日本地球化学会第 62 回年会, 横浜, 2015.9.17. D
105. Fujii, M. and Okino, K. “Near-seafloor magnetics using AUV URASHIMA at the Tarama and Irabu hydrothermal fields”. Okinawa Trough, InterRidge 3rd Theoretical Institute, Hanzhou, China, 2015.9.25. D
106. Nishida, Y. “Development of an Autonomous Underwater Vehicle for Survey of Cobalt-rich Manganese Crust”, OCEANS’15 MTS/IEEE Washington DC, Washington DC, USA, 2015.10.21. A
107. 片瀬冬樹. “マルチビーム音響測深機等による広域かつ効率の良い探査手法を用いた東青ヶ島カルデラ海底熱水鉱床調査報告”, 海洋調査技術学会第27回研究成果発表会, 東京, 2015.11.13. D
108. 松田匠未. “複数の自律型海中ロボットによる海底広域探査手法 –浅海域試験による性能評価と考察–”, 日本船舶海洋工学会平成 27 年秋季講演会, 東京, 2015.11.16. A
109. 沖野郷子. “AUV 音響探査による伊良部・多良間熱水系を支える地質構造の研究”, 大気海洋研究所共同利用研究集会「海底拡大／収束と海底資源の形成過程 –InterRidge-Japan 研究集会–」, 柏, 2015.12.4. D
110. 藤井昌和. “AUV 磁気探査で迫る伊良部・多良間熱水系の実態と発達様式”, 大気海洋研究所共同利用研究集会「海底拡大／収束と海底資源の形成過程 –InterRidge-Japan 研究集会–」, 柏, 2015.12.4. D
111. Weerakoon, T. “Geometric Feature Extraction From 2D Laser Range Data for Mobile Robot Navigation”, 2015 IEEE 10th International Conference on Industrial and Information Systems (ICIIS), Sri Lanka, 2015.12.19-21. B
112. Thornton, B. “Wide Area 3D Visual Reconstructions to Survey the Distribution of Macrobenthos in Deep-sea Hydrothermal Vent Systems”, Ocean Sciences Meeting 2016, New Orleans, USA, 2016.2.26. A
113. 本莊千枝. “明神海岡カルデラの深海音響・地磁気調査”, ブルーアース 2016, 東京, 2016.3.8. D
114. 佐藤芳紀. “ホバリング型 AUV Tri-TON 2 および海底ステーションによる沖縄トラフ与論海穴の環境マッピング”, ブルーアース 2016, 東京, 2016.3.9. A
115. 望月隆吾. “船底清掃を目的とした水中システムの開発”, ロボティクスシンポジウム 2016, 長崎, 2016.3.17-18. B
116. Nishida, Y., Sonoda, T., Yasukawa, S., Ahn, J., Nagano, K., Ishii, K. and Ura, T. “Development of an Autonomous Underwater Vehicle with Human-aware Robot Navigation”, MTS/IEEE OCEANS’ 16, Monterey, USA, 2016.9.21, A&B
117. Takumi Matsuda, Toshihiro Maki, Yoshiki Sato, Takashi Sakamaki, “Sea Experiments and Tank Tests on Alternating Landmark Navigation Using Multiple AUVs –Towards Accurate and Efficient Survey of Seafloor by AUVs–”, *In proc AUV2016*, Tokyo, 2016. AYuto Otsuki, Blair Thornton, Toshihiro Maki, Yuya Nishida, Adrian
118. Bodenmann, Kazunori Nagano, “Real-Time Autonomous Multi Resolution Visual Surveys Based on Seafloor Scene Complexity”, *In proc AUV2016*, Tokyo, 2016. A

119. Lindsay, D.J. “北極海中層に生息するゼラチン質プランクトン群集調査(速報)”, 日本ベントス学会・プランクトン学会合同大会, 2016.9.8. C
120. Lindsay, D.J. “Current State of Underwater Video Acquisition - End to End Facility Perspectives on Acquisition, Logging & Archiving: A perspective from Japan.” Marine Video Workshop, Rhode Island, U.S.A. 2016.6.1. C
121. Maruyama, T. “Chasing a deep-sea galatheid crab, *Shinkaia crosnieri*, in deep-sea floor by using vital staining” The joint meeting of the 22nd International Congress of Zoology (ICZ) and the 87th meeting of the Zoological Society of Japan (ZSJ), Okinawa. 2016.11.15. C
122. 藤井昌和, 沖野郷子.” 沖縄トラフに発達した伊良部海底熱水系の磁気的特徴”, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 千葉, 2016.5.26, D
123. 本荘千枝, 浦環, 金岡秀, 浅田昭. “AUV を用いた明神海丘カルデラの深海音響・地磁気調査”, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 千葉, 2016.5.26, A, D
124. Fujii, M. and Okino, K. “Near-seafloor magnetics using the AUV URASHIMA at strongly magnetized active back-arc volcanoes of the Okinawa Trough”, American Geophysical Union 2016 Fall Meeting, USA, 2016.12.14, D
125. Okamura, K., Noguchi, T., Hatta, M., Ishibashi, J., Improvement of in situ glass electrode pH sensor for seawater by rapid response glass electrode and removable Ag/AgCl electrode with solid reference junction using vycor glass, Techno-Ocean 2016 Kobe, 2016.10. D
126. Fukuba, T., Hanatani, K., Okamura K., Fujii, T. Microfluidic device for in situ quantification of marine microbial ATP with in-line photolysis of caged ATP as internal standard, microTAS 2016, Dublin, 2016.10. D

③ ポスター発表 (国内会議 41 件、国際会議 9 件)

1. 小畑元, 脇山真, 馬瀬輝, 蒲生俊敬, 丸尾雅啓, 岡村慶, 紀本英志. “現場型自動分析装置を用いた海水中の極微量鉄(II) 分析法の開発”, 2012 年地球惑星科学関連学会合同大会, 幕張メッセ (MTT37-P04), 2012.5.21.D
2. 佐川拓也, 内田昌男, 池原研, 村山雅史, 岡村慶, 加三千宣, 多田隆治. “日本海南部の同位体ステージ 3 における千年スケール表層水変動”, 2012 年地球惑星科学関連学会合同大会, 幕張メッセ (APE33-P08), 2012.5.24. D 久米絢佳, 卷俊宏, 浦環, 坂巻隆. “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～リアルタイム撮影度評価に基づく観測経路生成～”, Proc. ROBOMECH12, 日本機械学会, 静岡, 2012.5.27-29. A
3. 西田祐也, 園田隆, 石井和男. “リンク機構を用いた高出力関節機構の提案”, Proc. ROBOMECH12, 日本機械学会, 浜松, 2012.5.28, B
4. 横道匠, 石井和男, 小倉将人, 浦環. “AUV に搭載可能な海底生態系への干渉装置に関する研究”, Proc. ROBOMECH12, 日本機械学会, 浜松, 2012.5.28, B
5. 福田一貴, 石井和男, 北住祐一. “非接触式センサによるデットレコニングに関する研究”, Proc. ROBOMECH12, 浜松, 2012.5.28, B
6. 眞田篤, 石井和男. “オプティカルフローを用いたエコモーション推定と障害物検出”, Proc. ROBOMECH12, 浜松, 2012.5.28, B
7. 小倉将人, 石井和男, 横道匠, 国際水中ロボット競技会 RoboSub2012 用 AUV の開発, Proc. ROBOMECH12, 浜松, 2012.5.28. B
8. Maki, T., 白久レイエス樹, Sato, Y., Matsuda, T., Sakamaki, T. and Ura, T. ” Docking Method for Hovering Type AUVs by Acoustic and Visual Positioning”, Proc. UT13, Tokyo, Japan, 2013. 3.7. A
9. 浦環, 永橋賢司, 金岡秀, 坂巻隆, 西田裕也, 関根司, 中根健志, 小幡忠正, 小山寿史, 田中裕也, 大藪祐司, 中谷武志, 伊藤譲, 小島淳一, 伊藤洋道, 野瀬 勇伺, 岡村慶. “複数 AUV の同時展開による新しい海洋調査手法”, ブルーアース 2013, 東京海洋大学品川キャンパス (BE13-23), 2013/3/14. A & D
10. 福場辰洋, 野口拓郎, プロバンクリストフ, 茂木克雄, 岡村慶, 許正憲, 藤井輝夫, 伊良部

- 海丘海域における化学センサ群を用いた熱水サイト探査, ブルーアース 2013, 東京海洋大学品川キャンパス(BE13-P38), 2013.3.14.D
11. 山中寿朗, 金銅和菜, 柏村朋紀, 石橋純一郎, 長原正人, 井上博靖, 米津幸太郎, 金光隼哉, 野口拓郎, 岡村慶, 土岐知弘, & NT12-08 乗船研究者一同. “金を伴う熱水性輝安鈷鈷床生成の地球化学的束縛条件の解明”, NT12-08 次航海概要, ブルーアース 2013, 東京海洋大学品川キャンパス (BE13-P40), 2013.3.14. D
  12. 金岡秀, 浦環, 坂巻隆, 中谷武志, 小島淳一, 岡村慶, 中根健志, 小幡忠正, 小山寿史, 大藪祐司, “AUV による海底熱水地帯調査の新戦略”, ブルーアース 2013, 東京海洋大学品川キャンパス (BE13-P85), 2013.3.15. A & D
  13. 西田祐也, 浦環, 坂巻隆, 小島淳一, 伊藤謙, 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. ROBOMECH13, 日本機械学会, 筑波, 2013.5.22-25. A
  14. 佐藤芳紀, 巻俊宏, 久米絢佳, 松田匠未, 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-, Proc. ROBOMECH13, 日本機械学会, 筑波, 2013.5.22-25. A
  15. 園田隆, 西田祐也, 石井和男. “水中生物捕獲のための高速サンプリングデバイスの開発”, Proc. ROBOMECH13, 日本機械学会, つくば, 2013.5.24, B
  16. 横道匠, 石井和男. “AUV に搭載可能な海底土類採取装置に関する研究”, Proc. ROBOMECH13, 日本機械学会, つくば, 2013.5.24, B
  17. 安鍾賢, 園田隆, 石井和男. “海洋生物サンプリングデバイスの開発”, Proc. ROBOMECH13, 日本機械学会, つくば, 2013.5.24, B
  18. 藤森啓一, 泉谷玲, 森内隆代, 澁谷康彦, 辻本賢太, 植田正人, 鈴江崇彦, 紀本英志, 岡村慶. “Tb 錯体の増感化学発光を利用した海底熱水探査用硫化水素分析法の開発”, 日本分析化学会第 62 年会, 近畿大学東大阪キャンパス (P3090), 2013.9.12. D
  19. Lindsay, D.J., Grossmann, M.M., Collins, A.G., Nishikawa, J. and Kiraby, R. “Integrative taxonomy in planktonic, gelatinous marine animals”, Ocean Sciences Meeting (ASLO), Honolulu, 2014.2.24. C
  20. Grossmann, M.M., Lindsay, D.J. and Collins, A.G. “The combination of morphological and genetic data sheds light on decade-old taxonomic mysteries in cnidarian siphonophores”, Ocean Sciences Meeting (ASLO), Honolulu, 2014.2.24. C
  21. 福場辰洋, 野口拓郎, 岡村慶, 下島公紀, 藤井輝夫, NT13-23・NT13-25 乗船研究者, 多成分計測に基づく熱水活動探査手法の検証と沖縄トラフと論海穴及び伊良部海丘における探査結果速報, ブルーアース 2014(東京海洋大学品川キャンパス(BE14-P75), 2014.2.19. D
  22. 本荘千枝. “伊豆小笠原弧ベヨネース海丘の地形・地質およびテクトニクスと黒鈷型鈷床胚胎の要因”, 日本地球惑星科学連合大会, S-CG67-P09, 2014.5.2. D
  23. 本荘千枝, 浦環, 浅田昭, 金岡秀, 永橋賢司. “伊豆小笠原弧ベヨネース海丘の地形・地質・テクトニクスと黒鈷型鈷床胚胎の要因”, 地球惑星科学連合 2014 年大会, SCG67-P09, 横浜, 2014.5.2. A&D
  24. 増田殊大, 巻俊宏, 鈴木浩嗣. “ホバリング型 AUV の長期展開に向けた電磁界共振結合方式による非接触給電システムの開発”, ROBOMECH 14, 富山, 2014.5.26. A
  25. 西田祐也, 園田隆, 石井和男. “高出力関節機構を有する鰭型移動プラットフォームの開発”, ROBOMECH 14, 富山, 2014.5.26. A&B
  26. 園田隆, 西田祐也, 石井和男. “水中での高速サンプリング動作のための機構設計”, ROBOMECH 14, 日本機械学会, 富山, 2014.5.26. A&B
  27. 安鍾賢, 園田隆, 石井和男, 浦環. “AUV を用いた底生生物の観測システム構築に関する研究”, ROBOMECH 14, 日本機械学会, 富山, 2014.5.26. A&B
  28. 岩根豊明, 横道匠, 石井和男. “教育・研究用遠隔操作型水中ロボットの開発”, ROBOMECH 14, 日本機械学会, 富山, 2014.5.26.B
  29. 吉田桂奈, 藤内裕史, 有馬正和. “造礁サンゴモニタリングシステムの構築”, ROBOMECH 14,

- 日本機械学会, 富山, 2014.5.26. B
30. Fukuba, T., Noguchi, T., Okamura, K., Kyo, M., Nishida, S., Miwa, T. and Fujii, T. “ATP Sensing in Deep-Sea Environments Using Continuous Flow Microfluidic Device”, The 18th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences ( $\mu$ TAS 2014), Texas, USA, 2014.10.27.D
  31. Fujii, M., Okino, K., Sato, T., Sato, H. and Nakamura, K. ”Origin of magnetic high at basalt-ultramafic hosted hydrothermal vent field in Central Indian Ridge”, American Geophysical Union Fall meeting, San Francisco (USA), 2014.12.19.D
  32. 河戸勝, 土田真二, 笠井彩香, 高橋幸愛, 藤原義弘. ”駿河湾の深海サメは何を食べている? ~深海トッププレデターの食性に関する研究~,ブルーアース 2015, 東京, 2015.3.19. C
  33. 西島教史. “底生物採取のためのサンプリング装置の開発” ロボティクス・メカトロニクス 2016 講演会, 京都, 2015.5.17-21. B
  34. 藤井直也. “通信時間遅れを有する半自律水中ロボットの行動計画システムの開発”, ロボティクス・メカトロニクス 2016 講演会, 京都, 2015.5.17-21. B
  35. 日高翔太. “磁界共鳴方式を用いた水中ワイヤレス給電システムの開発 水中環境下における磁気共鳴方式給電の性能評価”, ロボティクス・メカトロニクス 2016 講演会, 京都, 2015.5.17-21. B
  36. 安鍾賢. “深海底環境におけるロバストな色彩補正システム構築”, ロボティクス・メカトロニクス 2016 講演会, 京都, 2015.5.17-21. B
  37. 西田祐也. “自律型海中ロボットを用いたオホーツク海における低生水産資源量の調査 -第1報:画像観測手法と魚種識別手法の提案-“, ロボティクス・メカトロニクス 2016 講演会, 京都, 2015.5.19. A
  38. 金銅和菜. “鹿児島湾始良カルデラ海底から湧出するマグマ起源CO<sub>2</sub>フラックスの高精度化”, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, 千葉, 2015.5.27 D
  39. Umetsu-Hidaka, M. “Ctenophores above hydrothermal vents”, 8th Hydrozoan Society Workshop, Ischia, Italy, 2015.6.25. C
  40. Iizasa, K. “Discovery of Seafloor Massive Sulfides in an Andesite-Dacite Knoll Caldera off Present-Day Volcanic Front, Izu-Ogasawara Island Arc”, Japan, American Geophysical Union. Fall Meeting, San Francisco, USA, 2015.12.14 D
  41. 片瀬冬樹. ”YK15-09 航海概要報告 音響探査を主として発見された東青ヶ島カルデラ海底熱水活動”, ブルーアース 2016, 東京, 2016.3.8 D
  42. Ahn, J., Yasukawa, S., Sonoda, T., Nishida, Y., Ishii, K. and Ura, T. “Image Enhancement and Compression of Deep-Sea Floor Image for Acoustic Transmission”, *In Proc. OCEANS'16 Shanghai*, 2016. A&B
  43. Kuranaga, Y. and Maki, T. “The possibility of “Train type AUV” about its mobility and endurance”, IEEE AUV 2016, Tokyo, 2016.11, A
  44. 安鍾賢、安川真輔、園田隆、西田祐也、石井和男、浦環, 自律海中ロボットの視覚情報共有を目的にした画像圧縮と復元手法, *In Proc. Robomech 2016*, 日本機械学会, 1A1-16b7, 2016, B
  45. 園田隆、安川真輔、安鍾賢、ナシライアミール、西田祐也、石井和男、浦環, 深海底生生物サンプリングのための水中ロボットマニピュレータの開発 第一報:マニピュレータの構造及びシステム, *in Proc. Robomech 2016*, 日本機械学会, 1A1-17a3, 2016, B
  46. 河島晋、石井和男, 水中ロボット用SSBL方式音源定位システムの開発, *in Proc. Robomech 2016*, 日本機械学会, 1A1-17b2, 4 頁, 2016, B
  47. 藤井直也、石井和男, 自律型水中ロボットの異常行動に基づく己診断システムの開発, 1P1-17a4, *in Proc. Robomech 2016*, 日本機械学会, 4 頁, 2016, B
  48. 望月隆吾、石井和男, ランドマークの事前情報を活用した環境画像のサリエンシー検出 ソフトマージン SVM によるランドマーク認識, *in Proc. Robomech 2016*, 日本機械学会, A1-20a2, 4 頁, B

49. 日高翔太、河島晋、中西亮汰、石井和男、磁界共鳴方式を用いた水中ワイヤレス給電システムの開発 第 2 報, in Proc. Robomech 2016, 日本機械学会, 1P1-17a6, 2016, B
50. Umetsu-Hidaka M, Lindsay DJ, De Leo Cabrera F, Juniper SK & Yamamoto H. Gelatinous predators of benthic larvae above mineral resource sites: preliminary results and a proposal. VentBase 2016 Workshop, Horta, Azores, Portugal. 2 June 2016. C

#### (4)受賞・報道等

##### ①受賞

1. 2012.8.2.:日本海洋工学会「JAMSTEC 中西賞」共同受賞, 対象論文:小牧加奈絵, 浦環, 岡村慶, 小山寿史, 永橋賢司, 柴崎洋志, 細井義孝, ADCP 曳航と AUV 潜航で観測された伊是名海穴における底層流と高反射強度アノマリ, 海洋調査 技術, 22(2), 23-37, 2010. A & D
2. 2012.10.10.:経済産業省、(一社)日本機械工業連合会「第 5 回ロボット大賞「公共・フロンティアロボット部門」優秀賞共同受賞:自律型海中ロボット「TUNA-SAND」:東京大学生産技術研究所浦研究室・(株)海洋工学研究所・(独)海洋技術安全研究所
3. 2012.11.19.:テクノオーシャンネットワーク「海のフロンティアを拓く岡村健二賞」:巻俊宏
4. 2013.4.15.:第 54 回科学技術映像祭:「文部科学大臣賞(研究開発部門)」:「ピカソ 深海を撮る～無人探査機 PICASSO 開発の軌跡～」 C
5. 2013.5.22.:日本機械学会:「日本機械学会ロボティック・メカトロニクス部門技術業績賞」:浦環
6. 2014.5.27.:日本機械学会「ロボティック・メカトロニクス部門 ROBOMECH 表彰:対象論文: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. ROBOMECH13, 2013. A
7. 2014.10.3.:テクノオーシャンネットワーク「海のフロンティアを拓く岡村健二賞」:Blair Thornton. A
8. 2015.5.30: 日本設計工学会「平成 26 年度 The Most Interesting Reading 賞」:巻 俊宏:千葉 A
9. 2015.12.20:2015 IEEE 10th International Conference on Industrial and Information Systems 「Best Paper Award of ICIIIS2015」:Weerakoon, T., Ishii, K. and Nassiraei, A.A.F : Sir Lanka
10. 2016.4.12: OCEANS'16 Shanghai 「Student Poster Award, Second prize」: Ahn Jonghyun: Shanghai B

##### ②マスコミ(新聞・TV等)報道

1. 2012 年 10 月 17 日:日刊工業新聞:自律型海中ロボット「TUNA-SAND」のロボット大賞受賞が掲載.A
2. 2012 年 11 月 5 日:プレス発表(東京大学生産技術研究所):開発した異なるタイプの 3 台の自律型海中ロボット(AUV)を海底熱水鉱床の発見が期待されるスミスカルデラにて同時展開することに成功し、「AE2000a」に搭載したサイドスキャンソナーにより、マウンド状の地形を発見したと発表.A & D
  - ・2012.11.6 日本経済新聞(朝刊)、朝日新聞(夕刊)、日経産業新聞、日刊工業新聞等に記事掲載
  - ・2012.12. 2 日本経済新聞(朝刊)に特集記事が掲載
3. 2012 年 11 月 1 日:読売新聞(夕刊)科学欄に自律型海中ロボット「TUNA-SAND」等が取り上げられる
4. 2012 年 11 月 12 日:電気新聞:画像モザイクンググループが開発した海底観測・撮影を全自動で行う AUV「Tri-TON」が取り上げられる.A
5. 2012 年 11 月 14 日:電気新聞:東京大学生産技術研究所千葉実験所公開の紹介中、海底探査 3D化のための自律型海中ロボットらを紹介.A
6. 2013 年 6 月 19 日:プレス発表(東京大学生産技術研究所、九州工業大学、水産総合研究センター):自律型海中ロボット「TUNA-SAND」をオホーツク海にある北見大和堆で展開、減

少が危惧される底生魚キチジの資源量を評価するための海底写真を広域にわたり撮影することに成功したと発表.A

- ・2013.6.20 朝日新聞(朝刊)に記事掲載. A
- 7. 2013 年 11 月 3 日:岩手日報:震災後の三陸沖海底調査についての記事掲載、海底センシンググループ取得した 3 次元画像データを紹介. A&C
- 8. 2013 年 12 月 19 日:朝日新聞:研究者紹介コーナーにて Blair Thornton を紹介. A (TV 等)
- 1. 2012 年 3 月 2 日:鹿児島テレビ「KTS スーパーニュース」:鹿児島湾での画像モザイクンググループの調査の様子が取り上げられる.A
- 2. 2012 年 7 月 6 日:NHK World「Science View #25」:鹿児島湾での画像モザイクンググループの調査の様子が取り上げられる(A Mega-Volcano Lurking Beneath Kagoshima Bay).A
- 3. 2014 年 1 月 5 日:NHKTV「うまいッ!」でベニズワイガニ特集。2010 年 10 月「TUNA-SAND」が新潟沖で撮影したベニズワイガニのコロニーの画像を放映.A
- 4. 2014 年 1 月 23 日:NHK E テレ「情報システムの発展」で情報システムとしてのロボットの例として「TUNA-SAND」が取り上げられ、取得したカニのデータ等を紹介.A
- 5. 2014 年 3 月 16 日:テレビ朝日「報道ステーション SUNDAY」で三陸沖のデブリーが、海底生物に与える影響について、海底センシンググループの 3 次元画像マッピングシステムにより取得した 3 次元マッピング調査データを用いて説明. A
- 6. 2014 年 9 月 5 日:テレビ神奈川「NEWS930 α」:水中ロボット大会 高度な技術競う.A
- 7. 2013 年 7 月 28 日:NHK シリーズ「深海の巨大生物」第 2 回謎の海底サメ王国. C
- 8. 2013 年 11 月 2 日:「リアルが一番面白い! 知的好奇心を満たす3日間 オープニング SP!」. C
- 9. 2013 年 6 月 25 日:「ナショジオ×藤原義弘 地球最後のフロンティア『深海』の不思議な生き物」@アップルストア銀座. C
- 10. BS 朝日TV:”独占密着2年 よみがえる東北の海 最新鋭のロボットが撮影した深度500メートルの世界”, 2015.3.1.夜9時放送.A
- 11. 日刊工業新聞:”東大生研、水中構造物を自動で立体撮影するプログラム開発ーAUVに搭載し資源探索”, 2014.12.26. A
- 12. 2015.8.23:新島誕生 西ノ島 ～大地創成の謎に迫る～, NHK スペシャル, A

#### ④ その他

- 1. 日本科学未来館, 知的障がいをもつ生徒さん用のサポートツール開発協力.C
- 2. 日宣テクノ・コムズ『カレンダー 深海生物図鑑カレンダー 2015』の執筆および画像提供.C

#### (6)成果展開事例

##### ①実用化に向けての展開

- 1. ロボット部隊の海底センシンググループが開発した低高度/高高度 3 次元画像マッピングシステムは、(株)三井造船による JST 先端計測分析技術・機器開発プログラム「海底土放射能分布測定ロボットの開発」において、ROV 装備品としての実用化に向けた展開がなされている。また、文部科学省の新基盤ツール課題「海洋鉱物資源広域探査システム開発」プログラムにおいても海底鉱物資源賦存量計測システムとして応用展開されており、また、「戦略的イノベーションプログラム(SIP)」における海洋関連課題「次世代海洋資源調査システムの開発(海のジパング計画)」において海上技術安全研究所が開発する自律型海中ロボットの標準装備品としての組み込みが検討されており、関係する民間企業らとの連携が進んでいる。A
- 2. ロボット部隊の海底モザイクンググループが開発した 3 次元画像マッピング技術については、(株)NTT データ CCS と共同研究がすすんでいる。また、AUV ナビゲーション技術を活用した新たな海中プラットフォームについて、(株)海洋・水中計測研究事業所と共同研究である。さらに、観測で得られた鹿児島湾のサツマハオリムシ群集の画像データをもとに、鹿児島大学および鹿児島水族館と共同研究である。A

## ② 社会還元的な展開活動

- ・ 総括グループおよびロボット部隊グループを中心として、開発した自律型海中ロボット技術等が社会に広く認知されるように、小学校、中学校、高等学校への出前講義を積極的に実施している。また、研究機関の一般公開イベントでは、単なる展示だけでなくAUV のデモを行うなどの工夫を凝らしている。さらに、ロボット技術の普及のため、研究代表者が中心となり、特定非営利活動団体「日本水中ロボネット」を運営、水中ロボット工学および水中工学に興味のある者、研究開発や教育に携わる者のネットワーク化を図るため、水中ロボット競技会や講習会を開催し、次世代の水中ロボット工学および水中工学に関する研究開発および教育の推進および発展に寄与している(以下日本水中ロボネット URL 参照)。

<http://underwaterrobonet.org/>

## § 5 研究期間中の活動

### 5.1 主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2012/3/10-11	水中ロボコン in JAMSTEC'12 春	横須賀	70	水中ロボット競技会と講習会およびアウトリーチ活動
2012/6/1-2	生研公開 2012	東京	200	ロボット部隊関連展示および AUV Tri-TON のデモンストレーションと研究展示
2012/6/26	出前講義(八幡山小学校)	東京	60	ロボット部隊関連研究成果の紹介
2012/8/7	出前講義(鎌ヶ谷市立西部小学校)	千葉	25	研究成果の紹介
2012/9/1-2	水中ロボコン in JAMSTEC'12 夏	横須賀	70	自作水中ロボットの競技会とプレゼンテーション
2012/10/30	出前講義(富士高校)	静岡	50	研究成果の紹介
2012/11/9	千葉実験所公開 2012	千葉	300	ロボット部隊関連展示および AUV Tri-TON のデモンストレーションと特別講演会
2012/12/15	出前講義(横浜市立南高校附属中学校)	神奈川	40	研究成果の紹介
2013/3/5-8	International Symposium on Underwater Technology 2013 (UT13)	東京	180	研究成果報告・学術交流
2013/5/31-6/1	生研公開 2013	東京	200	ロボット部隊関連展示および AUV-Tri-TON のデモンストレーションと特別講演会
2013/6/4	出前講義(立花吾孺の森小学校)	神奈川	30	研究成果の紹介
2013/7/20	出前講義(横浜市立斎藤分小学校)	神奈川	40	研究成果の紹介
2013/10/26-27	水中ロボットフェスティバル in 北九州	北九州	300	水中ロボットの競技会及び小中高生への水中技術に関するアウトリーチ活動, 及び講演会
2013/11/8	千葉実験所公開 2013	千葉	200	ロボット部隊関連展示および AUV Tri-TON 2 のデモンストレーションおよび研究展示
2013/11/16	出前講義(横浜市立南高校附属中学校)	神奈川	30	研究成果の紹介
2013/11/25-26	九工大一理研合同ワークショップ	北九州	50	ロボティクス分野における共同研究に向けた情報交換会

2014/1/29	環境教育に関わる出前実験	高知市	36	高知県立高知南高校 2 年生向け講義で、環境計測の重要性について講義と実験を実施
2014/2/21	出前講義(新宿区立落合第六小学校)	東京	20	研究成果の紹介
2014/2/28	読売受験サポート「リケジョの理数教育」	東京	35	中高の理科教員向けの講演で海洋観測の魅力、人材育成について講演
2014/4/26	GR 科学講演会演題「深海にもある火山と温泉」	我孫子市	20	自治会主催の講演会で火山・熱水活動とその調査について講演
2014/6/6-7	生研公開 2014	東京	200	ロボット部隊関連展示および AUV Tri-TON 2 のデモンストレーションおよび研究展示
2014/7/12	出前講義(隅田川高等学校)	東京	30	研究成果の紹介
2014/7/28	出前講義(国分寺市立第六小学校)	東京	20	研究成果の紹介
2014/8/9	出前講義(千代田図書館)	東京	20	研究成果の紹介
2014/8/30-31	水中ロボコン in JAMSTEC'14	横須賀	70	水中ロボット競技会と講習会およびアウトリーチ活動
2014/10/2-4	TechnoOcean2014 水中ロボコン	神戸	200	水中ロボットの競技会、中高生へのアウトリーチ活動
2014/10/3-4	TechnoOcean 水中ロボコン	神戸	200	水中ロボットの競技会及び中高生への水中技術に関するアウトリーチ活動
2014/11/7	千葉実験所公開 2014	千葉	200	ロボット部隊関連展示、AUVTri-TON 2 のデモ、研究展示
2014/11/15	出前講義(横浜市立南高校附属中学校)	横浜	27	研究成果の紹介
2015/2/23-25	UT15 展示会出展	Chennai, India	1000	ロボット部隊関連技術紹介
2015/3/12	Scientific use of 3D imaging	横須賀 JAMSTEC	30	国際学術交流 シドニー大学 Stefan Williams 教授を招聘、招待公演
2015/3/25	イメージング技法によるプランクトン研究	東京 東京海洋大学	90	日本プランクトン学会主催のシンポジウム
2015/7/31	デジタル考古学 -水中ロボットによる地中海古代遺跡の記憶- 講演会	東京大学生産技術研究所会議室	15	国際共同研究交流 シドニー大学主席研究員 Oscar Pizarro 氏による招待

				講演および研究交流を行った。
2015/11/19	AUVによる3次元画像マッピング技術の応用展開 - ACFRの最新の研究動向紹介-講演会	東京大学生産技術研究所会議室	15	国際共同研究交流 シドニー大学教授 Stefan Williams および Dr. Ariell Friedman 助教による招待講演および研究交流を行った。
2016/3/8	バイオタギングと自律型プラットフォームによる南極の海洋/海氷相互作用の解明 講演会	東京大学生産技術研究所会議室	12	国際共同研究交流 タスマニア大学の「Future fellow」である Dr. Guy Williams による招待講演および研究交流を行った。
2016/3/25-26	水中ロボットフェスティバル	神戸	200	水中ロボットの競技会、中高生へのアウトリーチ活動
2016/7/29	出前講義(横浜市立南高校附属中学校)	横浜	22	研究成果の紹介
2016/8/22	2051年海中の旅	東京大学生産技術研究所会議室	109	近未来 2051年の海中技術について、若手研究者が思うところを語り合い議論するWSを行った。
2016/8/26-28	水中ロボコン in JAMSTEC'16	横須賀	200	水中ロボット競技会と講習会およびアウトリーチ活動
2016/10/22	出前講義(神奈川県平塚市立なでしこ公民館)	平塚	30	研究成果の紹介
2016/10/8	Techno-Ocean Underwater Robot Competition	神戸	200	水中ロボットの競技会及び中高生への水中技術に関するアウトリーチ活動

## §6 最後に

海底面のマクロからマイクロまでのマルチレゾリューションな広域連続計測するロボットシステムを構築することを目的として、複数のグループが有機的に連携しながら、研究の現場を駆け抜けてきた。2012年のスミスカルデラにおいて始まった複数台 AUV 運用展開は、2015年、伊平屋北での複数 AUV による広域/詳細マッピングへと繋がった。



上)2012年スミスカルデラ複数台 AUV 同時展開時集合写真、  
下)2015年10月、伊平屋北での複数 AUVによる広域マッピング実施時の集合写真

研究進展に伴い、当初予定していたさまざまな熱水地帯の観測から、さらに水産資源調査にまで観測の幅が広がり、それには、ホバリング型 AUV「TUNA-SAND」が大活躍、一族が増えるにつれて、ホバリング型 AUV の同時運用も開始され、観測効率が格段に向上した。水産総合研究センターの船には、中型航行型 AUV を展開できる大型クレーンの設備がなく、また航行型 AUV を運用するための支援体制が十分ではないため、航行型 AUV による広域マッピング本研究課題中に実現できなかった事が残念である。近い将来、実現できる日が来ると確信している。



上)2015年4月の東北沖の調査時に「TUNA-SAND」は100回潜航記念を迎えた。  
下)2016年5月のオホーツク航海では、「TUNA-SAND」、「TUNA-SAND2」、「ほぼりん」の3台のTUNA-SAND一族が同時展開した。