

研究開発構想(プロジェクト型)

先端センシング技術を用いた海面から海底に至る海洋の鉛直断面の常時継続的な観測・調査・モニタリングシステムの開発

「海面から海底に至る空間の常時監視技術と  
海中音源自動識別技術の開発」

研究開発実施報告書(年次)

令和6(2024)年度

研究代表者

笠谷 貴史

国立研究開発法人海洋研究開発機構

経済安全保障重要技術育成プログラム統括プロジェクトチーム  
スマートセンシング技術開発プロジェクトチーム プロジェクト長

## 1. 当該年度における研究開発の実施概要

### (1) 研究開発概要

光ファイバーハイドロフォンを備えた先端センシングケーブルと洋上観測を行う自律型洋上航走体を開発し、海面から海底に至る空間の常時継続的な観測・調査・モニタリングシステムを構築します。観測された音響データを用いて、機械学習による音源の自動類別技術を確立し、類別された音源の移動様態の把握も目指します。また、観測される海況情報から、音波伝搬予測精度向上、全水深海況把握とモデル化による海況解析も可能とします。

### (2) 実施内容と成果の概要（研究開発開始から当該年度末まで）

#### <令和5（2023）年度>

本プロジェクト計画期間の初年度に当たる2023年度は、実施期間が2024年2～3月までの2ヶ月間のみであり2024年度から本格的な研究開発を推進できるよう着実な準備を行うことが主な実施内容となりました。具体的には、先端センシングケーブル試作機や洋上航走体の設計に必要な条件整理や資機材の調達、それぞれの研究開発に必要な人員・体制の整備などです。一方、先端センシングケーブル試作機敷設海域の現地調整に関しては多くの時間を要することが想定されるため、プロジェクト開始後ただちに現地機関やステークホルダーの方々への説明を開始しました。それぞれのサブテーマにおける実施内容としては下記のとおりです。

「先端センシングケーブルの開発」ではケーブル最大長100km以上の試作機による観測を目標としており、このシステム設計を2024年度に実施するため2023年度は試作機の多重化構成の設計方針を決めるための前提条件を整理しました。

「自律型洋上航走体等による複合観測技術と全水深海況解析」においては、洋上航走体の要件定義、船体の基礎設計やシステム実装設計などを実施し、2024年6月に予定している海域試験に向けて開発を開始しました。海況解析においては、2024年度達成目標である粗い水平解像度（約10kmメッシュ）、7日平均の分解能で5つ以上の海況モデルを比較するため、2023年度は43つのモデルを比較しました。

「環境音・人工音・生物音のパッシブデータを用いた海中音源カタログの構築」においては既存データのリストアップを開始したほか、雛形決定／アノテーションマニュアル確立に向け既存データを用いた音源切り分けの試行などを実施しました。敷設海域／船舶輻輳海域でのサウンドスケープ（SS）集音に向けてはスタンドアロン型ハイドロフォンを調達しました。

「環境音・人工音・生物音の類別技術及び物体の移動様態の検出方法の開発」については、参考文献の調査や昨今の音の分類で比較対象にもされているSSAST(self-supervised AudioSpectrogramTransformer)論文からの情報収集及び使われているモデル評価を行い、分類タスクの特徴把握などを行ないました。

上記の通り、2023年度の目標については計画通り実施しており、実現可能性検証期間と位置付けた2024年度末までの達成目標を実現するため引き続き研究開発を推進します。

#### <令和6（2024）年度>

2024年度末までをアウトプット目標を達成するために重要な要素技術開発や基本設計の見通しを得るための実現可能性検証期間と位置付け、重要な要素技術に注力して研究を推進いたしました。結果、全てのサブテーマで目標を達成するとともに、目標を上回る成果を得ることができました。

「先端センシングケーブルの開発」では、センサ素子の受信感度（周波数特性）及び耐用年数を確保するための検討を行い、センサ素子の試作サンプルを設計製造して、基本的な音響性能と光学性能を試作評価しました。多重伝送構成の設計については、光ファイバ芯数（48芯）やサブテーマ2-2のシミュレーションにより決定したセンサ数7、センサ素子数42の配置に基づいて、100kmのケーブルを伝送可能な多重伝送構成を検討しました。ケーブル試作機の敷設候補域を決定するため、計画開始直後から敷設候補域での関係部署、各漁業関係機関への交渉を開始し、プロジェクト概要や敷設に向けたスケジュールについての大筋での理解を得ることができました。また、海況情報を加味した音波伝搬解析を実現するために、2次元および3次元の計算コードの整備を行い、1-2のマルチモデルアンサンブル結果を用いた音波伝搬解析を前倒しで実施し、季節によ

る音波伝搬の様式の違いを検討しました。

「自律型洋上航走体等による複合観測技術と全水深海況解析」で重要なハードウェアである洋上航走体は、風速約 5m/s 以上の環境において設計値（航走速度 1.2knot 以上）と取得データとの比較を行いました。船体は 5 年目目標である全長 3m として設計・製作し、海上試験による設計上の性能が十分出ていることを確認しただけでなく、1 週間の連続航走に成功するなど、目標を大きく上回る成果を得ました。マルチセンサも試作機を製作して曳航試験を行うなど小型化への見通しを得ました。洋上航走体と共に海況データの取得を行う有人観測も目標を上回る隻数の漁業者の協力を得ることができ、取得したデータが妥当であることの検証を行いました。海況解析は目標を上回る 8 つの海況モデルを用い、5 日平均分解能でのマルチモデルアンサンブルを実施して混合層深度などの検討を行う事ができました。

「環境音・人工音・生物音のパッシブデータを用いた海中音源カタログの構築」について重要なとなる適切な手順により観測データから音源を特定し、人工音・生物音を大量に抽出する膨大な作業を適切に行うための準備を行いました。個別の音源データのカタログ掲載にあたって音データおよびメタデータとして要求する項目と基準を設定したデータ形式を選定しカタログ雛形を決定し、国内外の専門家 2 名からレビューを受けて改訂を行うことで、音源カタログ雛形を確定しました。取得されるサウンドスケープデータから個別音源を切り出しアノテーションする作業についてマニュアルの雛形を整備し、非専門家がマニュアルに従って作業を進めながら、専門家が隨時監督することでマニュアルの改訂を進めた上で、専門家 2 名から同案に対してレビューを受け、議論し適宜改訂を行うことで、アノテーションマニュアルを確定しました。

使用する音源について、既存の海中音・海洋生物音データのリスト化を行うと共に、駿河湾・伊豆大島沖でハイドロフォンによる集音を行って、各種の音源の切り出しとアノテーションを進めています。

「環境音・人工音・生物音の類別技術及び物体の移動様態の検出方法の開発」の目標であった関連論文 100 件以上のレビューを行い必要な要素技術の抽出を行うだけでなく、抽出した技術を用いたプロトタイプを作成し、処理フローの検討や個体識別の予備実験を複数行いました。移動様態検出における技術課題への対応として、数値シミュレーションを用いた、各種誤差の影響による性能劣化を受けづらいセンサ配置及び位置推定方式を検討しました。センサ配置の検討においては、複数のセンサ配置候補について検索可能範囲等を比較評価するとともに、サブテーマ 1-1 のケーブル設計と協調して位置推定性能 84% 以上を実現するセンサ配置を決定しました。

## 2. 主たる研究分担者一覧

中島 康行（沖電気工業株式会社 技術本部 部長）

広瀬 直毅（九州大学 応用力学研究所 教授）

長谷川 大介（国立研究開発法人水産研究・教育機構 水産資源研究所 主任研究員）

渡邊 修一（公益財団法人日本海洋科学振興財団 むつ海洋研究所 所長）

田中 広太郎（公益財団法人笹川平和財団 海洋政策研究所 研究員）

竹山 春子（早稲田大学 大学院先進理工学研究科 教授）