

平成28年度

戦略的基盤技術高度化・連携支援事業

戦略的基盤技術高度化支援事業

「定置網モニタリングシステム高度化のためのユビキタス  
魚探とクラウド技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成29年3月

北海道経済産業局

補助事業者 一般財団法人ニューメディア開発協会

## 目 次

第1章	研究成果の概要	1
1-1	研究開発の背景・研究目的及び目標	1
1-2	研究体制（研究組織・管理体制・研究者氏名・協力者）	4
1-3	成果概要	5
1-4	当該プロジェクトの連絡窓口	6
第2章	ユビキタス魚探の開発	7
2-1	一体化浮体の開発	7
2-2	音響計測機器の開発	8
第3章	クラウド技術の開発	12
3-1	可視化アプリケーションの開発	12
3-2	漁獲データ収集システムの開	16
3-3	魚種判別、漁獲量推定アルゴリズムの開発	20
第4章	実証実験	24
4-1	実証実験概要	24
4-2	実証実験結果	25
4-4	実証実験結果の分析評価	26
第5章	全体総括	27

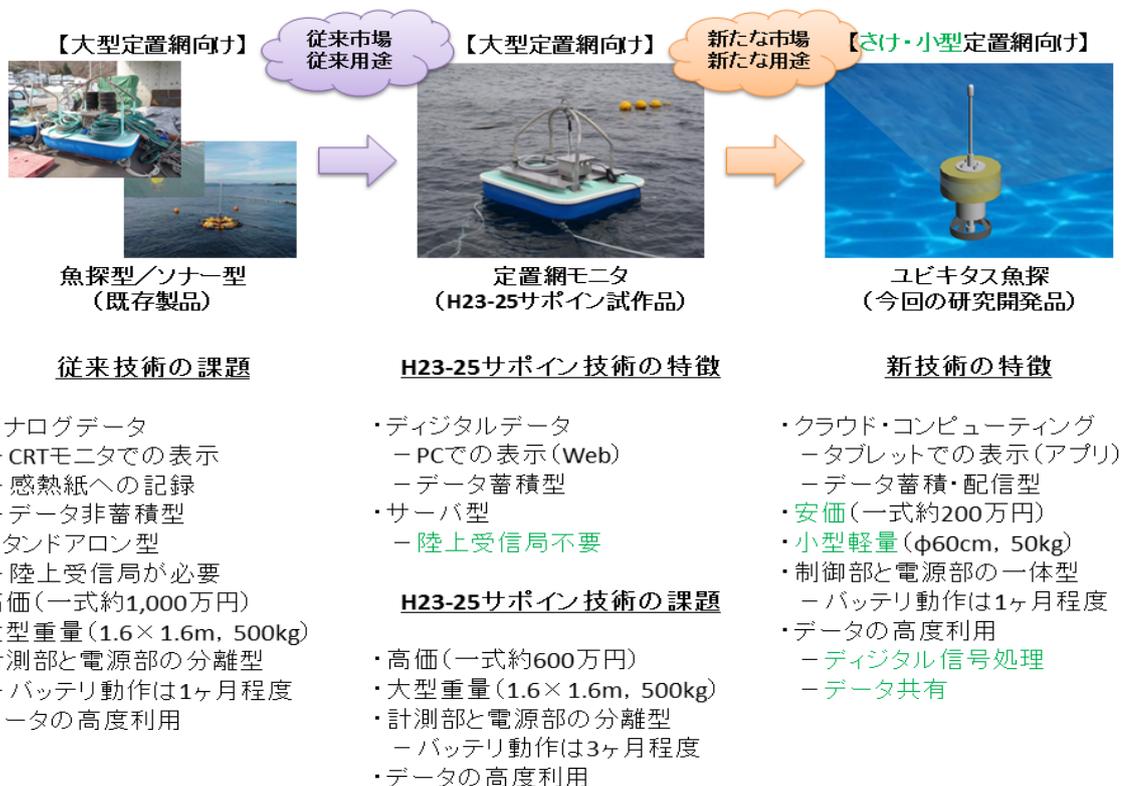
# 1章 研究成果の概要

## 1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

本研究開発は、さけ・小型定置網向けのクラウド型魚群探知機の開発への取組となっている。本研究開発期間終了後には、さけ・小型定置網向けのクラウド型魚群探知機とモニタリングシステムとして製品・事業化を志向するものである。

1970年代には魚群探知機の計測データを VHF 無線で送信するモニタリングシステム（テレサウンダー）やソナーの計測データをデータ通信で送信するモニタリングシステム（リモートソナー）が開発されたが、高価なシステムであるため、一部の大型定置網で利用されるにとどまり、潜在的な市場が見込まれるものの定置網漁業者のニーズに応じて普及するには至らなかった。また、消費電力が大きくバッテリー交換の頻度が高い、アナログデータであることから二次利用（魚種判別や漁獲量推定を目的としたデジタル信号処理やデータベース化）ができない、等々の課題も現れてきた。

一方で、ユビキタス社会の実現により、多数の定置網漁業者からは網起こしの効率化のために箱網の魚群を可視化したいという高いニーズに加え、データを用いて科学的に、いつでも、どこでも、簡単に魚群を監視したいという新たなニーズが生じた。定置網内の魚影の可視化に対するニーズは大型定置網に限らず、さけ定置網、小型定置網においても高く、これら市場に定置網モニタを普及させることによる市場拡大が喫緊の課題であると言える。図1-1-1に定置網モニタリングシステムの課題と特徴を示す。



### 図1-1-1 定置網モニタリングシステムの課題と特徴

大型定置網向けの定置網モニタを発展させ、さけ・小型定置網向けの定置網モニタ（ユビキタス魚探）とするには、整理すると以下のような課題解決が必要であった。

- 1) 小型化、省エネルギー化の課題・・・大型定置網で利用されている従来技術のソナー部は、消費電力が大きいことから大型のバッテリーと専用の浮体が必要である。また、大型であるがゆえ設置にはクレーンが必要となる。魚群探知機の小型化、省エネルギー化が実現すれば、既存の標識竿や灯浮標への取り付け、ならびに、専用の浮体との一体化が可能となり、船外機船などの小型船舶であっても設置が可能になることから、小型化・軽量化、ならびに、省エネルギー化が課題であった。
- 2) 低コスト化の課題・・・従来技術は、定置網モニタリング専門の技術として開発されたのではなく、既存の魚探を必要に応じて改造した特注品であったため、価格が高いことが課題であった。低価格化が市場（すなわち漁業者）の要望として最重要であることは周知の事実であり、低価格化の実現が課題であった。
- 3) 高機能化の課題・・・従来技術には、データ蓄積という発想がなく、ソナー部の計測データを受信部で表示し、記録紙に出力するという機能しかなかった。このため、データを二次利用して分析することは困難であり、ユーザである漁業者は受信記録と自身の経験則に頼る漁業を強いられていた。データの高度利用のためにはデータを蓄積とすることが重要であり、更にデータ分析も行えるよう高機能化することが課題であった。
- 4) 計測機器のネットワーク化の課題・・・従来技術では、ソナー部から受信部へのデータ転送は無線が使用されていた。この無線周波数は40MHz帯（VHF）であり、電波法の改訂により平成29年12月以降免許更新ができなくなることが課題となっていた。そのため、データ送受信に新たな無線技術を利用することが課題であった。また、従来技術ではデータは個々の漁業者のリソースであり、データの共有ができておらず、データ共有のためのネットワーク化、クラウド化が課題であった。
- 5) 製品・システムの高付加価値化の課題・・・定置網モニタリングシステムは海上に設置するユビキタス魚探とクラウド技術による取得した音響データを分析加工する情報システムにより構成されるが、単に現在の状態（魚群）を表示するだけではなく、タブレット端末での表示や計測機器の設定機能の付加やマグロなど高級魚の入網時にメールなどで通知する、データを共有することにより回遊魚の資源分布や資源量を把握するといった、クラウド技術を利用したデータの高度利用による高付加価値化も課題となる。
- 6) 新たな活用分野の開拓の課題・・・大型定置網モニタの研究開発では、魚種判別や漁獲量推定の開発を行った。大型定置網においては、漁獲対象の魚種をイワシ、サバ、その他の3種類に絞り込むなら82%の正解率で魚種判別が可能、漁獲量は100トン単位で推定する場合には93%の精度であったことを確認したものの、箱網のサイズが異なる小型定置網、さけ定置網において、これら推定手法が応用可能かどうかを検討し、分析技術を向上させることが課題である。

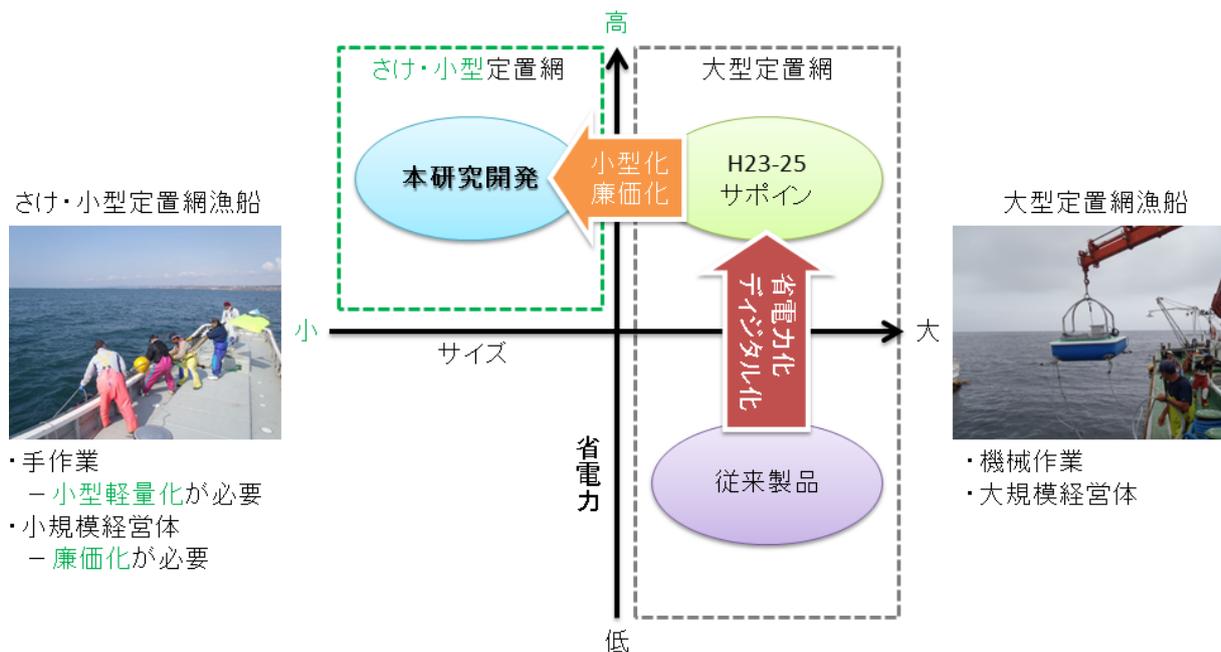


図 1-1-2 従来製品と本研究開発の位置づけ

図 1-1-2 に従来製品と本研究開発の位置づけを示す。本研究開発のテーマは「ユビキタス魚探の開発」と「クラウド技術の開発」に大別することができる。定置網に浮かべて、音響データを取得する小型、安価、低消費電力のユビキタス魚探を開発し、クラウド技術によって音響データを蓄積すると同時に、デジタル信号処理による魚種判別と漁獲量推定の手法を確立し、箱網の魚群を可視化する高度な定置網モニタリングシステムを完成させることを事業期間内の目標とし、以上の背景を踏まえ、5つのサブテーマを設定し、技術的目標値を表 1-1-1 のように設定した。

表 1-1-1 技術的目標値

サブテーマ	技術的目標値
1-1 一体化浮体の開発	寸法： 直径 60cm 以下 空中重量： 50kg 以下 防水性： 水深 10m (1 気圧)
1-2 音響計測機器の開発	プリント基板寸法： 130cm <sup>2</sup> 以下 動作時間： 1 週間/20Ah バッテリ
2-1 可視化アプリケーションの開発	マルチモニタ： 2 台以上 表示時間： 5 秒以内 (1 時間あたり)
2-2 漁獲データ収集システムの開発	操作時間： 1 分以内 登録魚種： 20 種類以上
2-3 魚種判別、漁獲量推定アルゴリズムの開発	魚種判定の正解率： 80%以上 漁獲量推定の正解率： 80%以上

## 1-2 研究体制（研究組織・管理体制・研究者氏名・協力者）

総括研究代表者：公立はこだて未来大学 システム情報科学部 教授 和田 雅昭

事業管理機関：一般財団法人ニューメディア開発協会

### 研究実施機関及び主な研究者

公立大学法人公立はこだて未来大学

システム情報科学部 教授	和田 雅昭
システム情報科学部 准教授	安井 重哉
システム情報科学部 准教授	長崎 健

株式会社光電製作所

営業3部次長・北海道営業所所長	萩原 豊
設計部企画担当課長	森口 和弘
設計部設計1課 主任	前田 久昭（副総括研究代表者）

日東製網株式会社

技術部総合網研究課 主任	細川 貴志
定置部門長	中川 智之
東京営業部 次長	関根 敏昭
海洋サポート室 課長	松井 信義
技術部製造技術課 担当課長	藪中 均

学校法人東京農業大学

国際食料情報学部 教授	畑中 勝守
-------------	-------

協力者

北海道立総合研究機構 稚内水産試験場

一般社団法人日本定置漁業協会

有限会社祐川商店

網代漁業株式会社

株式会社ゼニライトブイ

ソフトバンクテレコム株式会社

有限会社ヤマダイ尾上漁業部

株式会社日立産業制御ソリューションズ

### 1-3 成果概要

本研究開発の主たるテーマであるユビキタス魚探の開発においては、当初は、魚探の制御回路部、音響発振部、電源供給部を一つの浮体に入れた「一体型浮体」によるユビキタス魚探の開発を目標としたが、利用者である漁業者からの開発段階でのインタビューを通して、電源を別置きとする分離型のニーズが高いことが判明した。そのため、一体型浮体と分離型浮体の2種類の浮体を試作することとした。

平成26年度、平成27年度はプロトタイプを試作とフィールド実験を経て、製品化を意識した課題の抽出と改良点を把握した。平成28年度においては、製品化を踏まえて、小型化と回路部、発振部については分離型と一体型との共通化を図り廉価化を実現した。

また、洋上での設置時や設置後のメンテナンスの作業性を考慮した取り組みも行い、実用的なユビキタス魚探に成熟させて、製品化の直前の状況までに研究期間内で達成できた。

ユビキタス魚探の研究開発段階での発生した大きな課題は、音響計測の欠損率の低減とバッテリー交換作業の効率化及びバッテリーでの稼働時間の目標達成への省力化であったが、実証実験を重ねて、改善点を洗い出し、メール方式から HTTP 方式へのデータ転送の変更やファームウェアの改良などの対策に取り組み解決を図ることができた。

クラウド技術開発における可視化アプリケーションの開発では、アプリケーションの動作安定性の向上とユーザである漁業者にやさしいインタフェース（大きな文字、シンプルな操作）を実装した iPad アプリケーションを試作し、実運用による漁業者評価を受け、レイアウトの変更や表示感度の調整機能等の機能追加を実施し、App Store からのダウンロード可能なようにアプリケーションを登録した。また、事業化を踏まえた管理用アプリケーションを開発した。

漁獲データ収集システムの開発では、平成26年度に実験フィールドの漁業者に漁獲データの活用や運用方法などインタビュー調査を行い、システムに対する要求事項を明らかにし、漁獲データを閲覧するための iPad アプリケーションのプロトタイプを試作した。また、漁獲データを入力する機能について利用者である漁業者とともに画面デザイン等のニーズ設計を行い、平成27年度に実験フィールドである九鬼をモデルとして、3つの定置網の漁獲データを管理することのできる iPad アプリケーションをプロトタイプとして開発した。

平成28年度は、プロトタイプの実業務での運用による評価を通じて、要望への対応・改良を加え、アプリケーションを「競（せり）」として App Store に登録した。九鬼では「競（せり）」の運用を継続しており、漁獲データを収集するシステムを完成することができた。「競（せり）」は九鬼の定置網をモデルにしているが、汎用的になっており、魚名コード、規格コード、買主を変更することで、他の定置網事業者でも利用可能である。

漁獲量推定アルゴリズムの開発では、操業記録と魚探のソナー反射強度の統計情報を使い、漁獲量推定のアルゴリズム開発に取り組んだ。

漁獲量推定に用いた重回帰モデルでは5トンの階層で行う場合には、8割以上の正答率で推定可能と思われる。しかし、ユビキタス魚探の設置状況、漁場ならびに魚種によるさまざまな要因のため、漁獲量推定が必ずしも妥当な結果を提供できるとは言えず、魚探の

ソナー反射強度のみからの推定では信頼性は高くはないことが分かった。

魚種判別アルゴリズムの開発では、統計解析と画像解析の異なる二つのアプローチで研究開発を試みた。

統計解析による魚種判別アルゴリズムの開発では、線形判別分析の応用による魚種判別を検討した。統計解析による方法では、操業記録から魚種ごとの漁獲量を算出し、上位3魚種を判別目標として分析を試みたが判別分析の特徴を捉えることができず魚種判別は極めて困難であることが分かった。

また、画像解析による魚種判別アルゴリズムの開発では、魚探のソナー反射強度から作成した魚影画像に対して魚種固有の模様を抽出し、機械学習アルゴリズムの決定木による手法を用いて魚種判別器の作成を行なった。実験フィールドである網代のデータについてブリ類の判別を行なった。ブリ類の魚影としては、ブリ類が多く水揚げされた日の魚影画像から人の目で判断した魚影領域を正解データとした。また、魚影領域の抽出と特徴量の一般性について、2つの実験フィールドのデータを用いて確認したが、4トン未満の場合50%程度の反応が見られるのに対し、4トン以上では魚影領域の検出量が少なかった。人の判断によるブリ類の魚影領域を抽出していることもあり、ブリであると分かりやすいものだけを抽出したため、あまり多くの特徴が得られなかった。

魚種判別、漁獲量推定アルゴリズムの開発については、研究開発期間内には十分な知見を示すことができなかったが、漁獲量推定では、漁獲量推定は5トン単位での推定結果を提示することは可能であるものの、実用化のためには、より細かい単位での推定や網の映り込みの排除などへの対応が必要となることが判明した。

#### 1-4 当該プロジェクトの連絡窓口

一般財団法人ニューメディア開発協会

公共・地域IT利活用グループ 主幹研究員 関川 和行

(住所：東京都中央区日本橋小舟町3番2号 リブラビル地下1階電話番号：03-6892-5036 FAX：03-6892-5029)

## 第2章 ユビキタス魚探の開発

### 2-1 一体化浮体の開発

初年度の26年度は、漁業者の意見を受けて2つの様式の浮体を試作した。ひとつは既存の灯浮標用の浮体をベースにユビキタス魚探本体とバッテリーケース部分を別構成とする分離型であり、もうひとつはユビキタス魚探本体にバッテリーを収納する一体型である。

2年目以降の試作では、実際の利用の場面では、24時間の連続運用ではなく、1日6時間などの間欠運用となることも考えられるため、バッテリー2個の装備から80Ahの容量のバッテリー1個を装備する構造とし、より軽量化を図った。これにより最終年度に試作した浮体では全備重量を約50kgとすることができ目標を達成した。

一体型浮体は本体、アンテナ部、ハウジング部、フロート部が一体で構成される。平成27年度に製作した一体型浮体は、装備時の作業性を考慮して、浮体に接続するトランスデューサや流速計は水中コネクタを使用して接続する構造とした。また、フロート部下のバッテリーを収納する箇所は軽量化と重心の安定性を考慮して、円筒形からバッテリーのサイズに合わせた立方体へ変更した。

平成28年度は平成27年度の浮体をベースに筐体を加工しやすい構造とすることで軽量化とコストダウンに取り組んだ。その結果、平成27年度比で5kgの軽量化が可能となった。図2-1-1に平成28年度に製作した一体型浮体の外観を示す。平成27年度に実施した実験の中で、荒天のため操業中に船と接触することがあり、水中コネクタを損傷したことがあったため、その対策としてケーブル取り付け部にガードを設ける工夫を行っている。

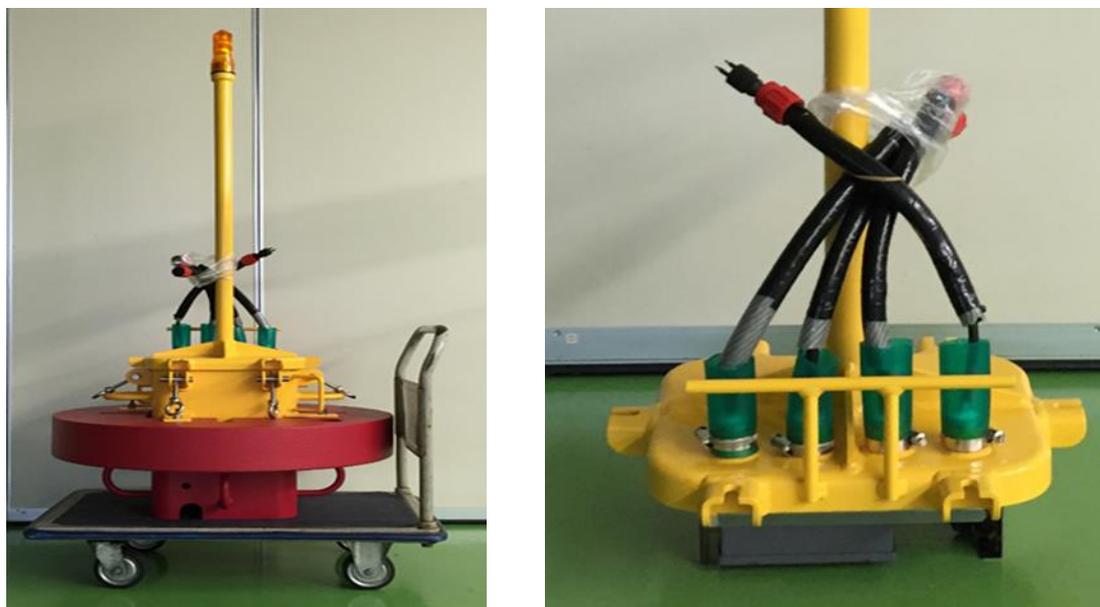


図2-1-1 一体型浮体（左）とコネクタガード部（右）

## 2-2 音響計測機器の開発

音響計測器は、1枚の電子回路基板による構成とし、これに1.2Vバッテリーを2系統接続可能とした。また超音波の送受波器であるトランスデューサをシーケンシャルに2個接続可能とした。その他、インターネットに接続するための3G通信モジュール用としてPCI express mini インターフェースを1チャンネル、潮流計測のための流向流速計用としてRS-485もしくはRS-422のどちらか1チャンネルを装備することとした。そのほかの諸元を表2-2-1に示す。

表2-2-1 音響計測器の諸元

信号処理方法	デジタル方式
表示色	64色
測深範囲	100 m
送信出力	10 W
送信周波数	50 kHz
外形寸法：重量	180(W) x80(H) mm 170 g
電源電圧	10.8~31.2V

### (1) 音響計測器のプリント基板開発

プリント基板の構成は内部ロジック回路と内部ロジック回路を動作させるための電源回路1、超音波の送受信回路用電源回路2、通信機器用電源回路3および、外部接続機器（流向流速計）用電源回路4、メモリバックアップ用電源回路5からなる。

内部ロジック回路はCPUとSRAM、不揮発性メモリ、RTCおよびシリアル通信用ICより構成される。超音波送信部は、CPUからの同期信号と昇圧回路により構成し、超音波受信部は2段の周波数ミキサを用いたスーパーヘテロダイン方式により構成される。おおよそ9kHzの中間周波数(IF)の信号を生成するためバンドパスフィルタを設けてある。IF信号はCPUに付属のADCにより直接サンプリングを行う。これにより特別なロジック回路を用いずすむため、大幅な回路の削減と小型化を実現した。

また、そのほかの改良点として回路最適化に基づく定数の変更や、蓄積するデータの増加や処理のためのメモリの増加などを行った。また、動作確認用のLEDを設けた。図2-2-1に製作した基板の写真を示す。



図2-2-1 電子基板 C49-700C

## (2) トランスデューサについて

トランスデューサのハウジングはステンレス（SS583）を使用している。また、定置網に取り付けるための取手をつけてあり極力突起物がない状態にして魚網に絡むことがないように丸みを帯びた外見に加工している。内部には50 kHz用の振動子と水温センサ（サーミスタ）を内蔵しており、その周りをポリウレタン樹脂で充填した構造となる。図2-2-2にその外観を示す。



図2-2-2 トランスデューサの外観

ケーブルは張力による破断を防ぐためにケブラー繊維を編み込んであり、約450 kgに耐えられる構造とした。また、超音波の指向角は53°と広角の振動子を選択することで広い範囲の魚影が観測できるようにした。

開発した音響計測機器には、オプションとして、流向流速計を接続することができる。流向流速計による潮流の計測は、潮流によっては定置網を起こす作業の可否に影響するため出漁の判断に有益な情報であるためである。通信インターフェースはRS-485による差動シリアル通信となっている。

## (3) ユビキタス魚探の音響計測部の処理概要

定置網の開口部と網中央部の2ヶ所を監視するために2基のトランスデューサを使用できるように設計した。研究開発の初期は2基のトランスデューサ用にそれぞれ送受信回路を用意したが、基板面積が小さくならなかったことから、1回路のみを実装し、シーケンシャルにトランスデューサを切り替えて使用することにした。

## (4) バッテリによる稼働状況

バッテリー消費の主な要因は通信に要する電力であるため、通信状態（つながりやすい、つながりにくいなど）に依存し、一概には定量化できないが、実験結果とバッテリー容量から算出した稼働時間の予測値を表2-2-2に示す。

実測した稼働日数とバッテリーの容量および搭載している個数から全容量を求め、1日当たりの消費電流を求めたところ、おおよそ1日当たり4 Ahとなった。このことから80 Ahのバッテリーで20日間稼働することを確認できた。漁業者の1日の利用時間を12時間とすると40日間の運用が可能となり、当初の目標を達成したと考える。

表 2-2-2 バッテリー容量と稼働時間の予測値

実験フィールド	稼働日数 (実測値)	バッテリー		Ah/日	稼働日数 (予測値)
		容量/台	台数		
網代 (1号機)	28日間	80Ah	1	2.86	28.0日間
網代 (2号機)	28日間	55Ah	2	3.93	20.4日間
九鬼 (2号機)	14日間	55Ah	1	3.93	20.4日間
九鬼 (1号機)	20日間	80Ah	1	4.00	20.0日間
氷見	25日間	55Ah	2	4.40	18.2日間

#### (5) データの損失対策

バッテリー消費の主な要因は通信に要する電力であるが、実証実験を開始するとデータ欠損が多発し、対策を講じる必要が発生した。研究開発の初期は、ユビキタス魚探からサーバへ音響データを6秒ごとにサンプリングしたデータを2分毎にまとめて送っていた。これは通信上のデータレートと表示上の1画面を約2時間分にするためであった。しかしながら、実証実験を重ねると漁業者からは細かい音響画像を見たいという要望が挙がり1画面当たり1時間分の映像を表示することとなった。このため3秒毎のサンプリングデータをサーバへ送ることとなり、データ量が2倍に増えた。実証実験前の陸上試験では、特に問題となることはなかったが、海上での実証実験ではデータが収集できない時間帯が発生した。

データ欠損の発生当初は電波伝搬上のフェージング現象等によりデータ通信ができない時間帯が発生しているとの判断から通信が確立できないおおよその時間を求め、その間のデータをユビキタス魚探に蓄積し通信が回復した時点でサーバに送る方法を検討し、対策を講じた。しかし、この対策は効果のある地区とない地区があり根本的な解決策とはなりえなかった。これは、通信環境の良くない地域では短時間の間に回線の切断が頻発し、恒常的に回線の接続・切断を繰り返していることに起因していた。すなわち、連続したデータを長い時間にわたって通信することが難しいことが判明した。

そのため、ユビキタス魚探とサーバ間の通信を短時間に終わらせる対策が必要となった。データ圧縮等の対策の実施結果から、通信プロトコルをSMTPによる電子メール方法からHTTPによるファイル転送方法へと変更した。HTTPはデータをバイナリデータのまま通信することが可能であり、結果的にアスキーデータで通信するSMTPに比べてデータを圧縮して送る効果を得られた。

表2-2-3は欠損率を比較したものである。なお、九鬼は漁期が他の実験フィールドと異なり、SMTP方式によるデータの取得が行われなかったため、SMTP方式の欠損率は提示していない。また、図2-2-3に網代でのデータ欠損の対策前後での欠損率をまとめたグラフを示す。

表 2-2-3 通信プロトコルと欠損率の平均の比較

実験フィールド	SMTP 方式	HTTP 方式
網代 (1号機)	5.75%	0.21%
網代 (2号機)	16.6%	0.19%
氷見	9.35%	0.45%
九鬼 (1号機)	---	0.25%
九鬼 (2号機)	---	0.25%

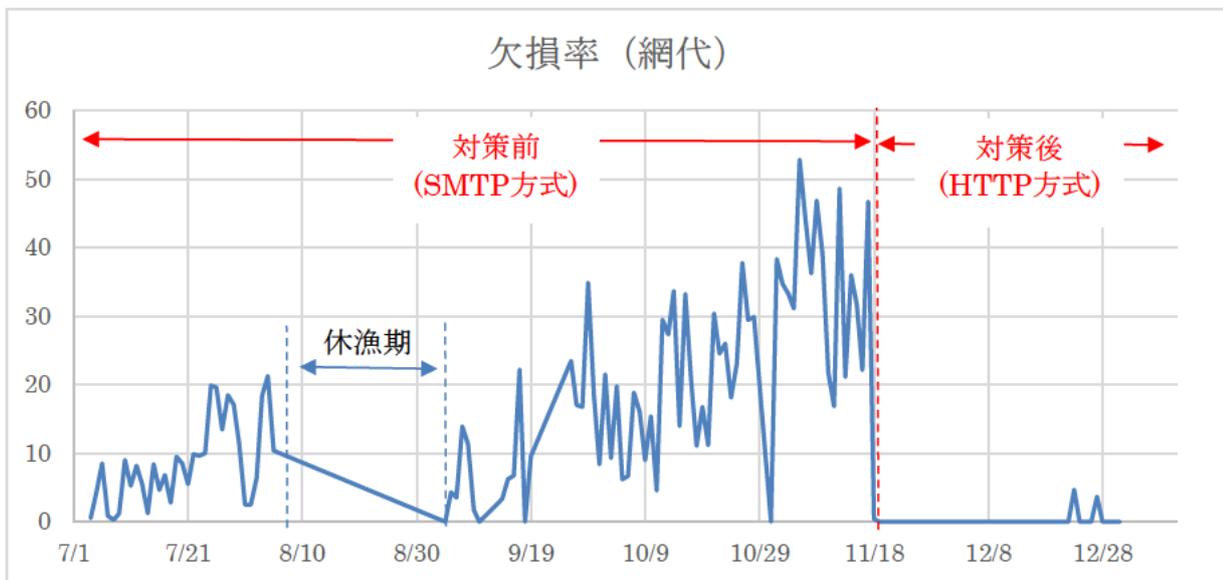


図 2-2-3 網代 2号機の欠損率の変化

### 第3章 クラウド技術の開発

#### 3-1 可視化アプリケーションの開発

視認性・操作性の向上をめざしたレイアウトや表示機能を有する箱網の魚群を監視するためのタブレット端末用の可視化アプリケーションの開発を行った。レイアウトや表示機能についてはユーザである漁業者にも設計に参加していただいた。

可視化アプリケーションは、サーバから取得した音響データを魚影画像として可視化する表示アプリケーションと定置網モニタリングシステムとしての顧客情報、顧客担当販売店サービス店情報、営業担当情報、海上端末名称等情報、顧客サーバ名称等情報、表示端末情報、携帯回線情報、マスタ管理や管理者情報などの各種設定情報の管理するための管理アプリケーションがある。

可視化アプリケーションの開発については、魚影画像の描画速度に課題があったため、平成28年度は表示アプリケーションの利用者に対する応答性の向上のためにサーバ間通信のマルチタスク化、カレンダー表示の高速化、2ヶ所のモニタリング機能の改良など、商品化製品を想定した改良を行った。また、アプリケーションは、App Storeからの無料配布（平成29年1月末現在）とし、利用者はダウンロードしてインストールする。このため特定の漁業者の情報が不用意に公開されないようにするために認証機能を設け、関係者以外は利用できない仕組みとした。魚影画像の描画速度については、機能の改良とともに、ハードウェア（iPad）の性能向上も相まって、商品化製品レベルに至ることができた。管理アプリケーションについても事業化により、製品提供後の実運用に備えた管理機能を構築できた。

図3-1-1はアプリケーションの表示画面例である。魚影記録機能部と外部センサ表示機能部がある。

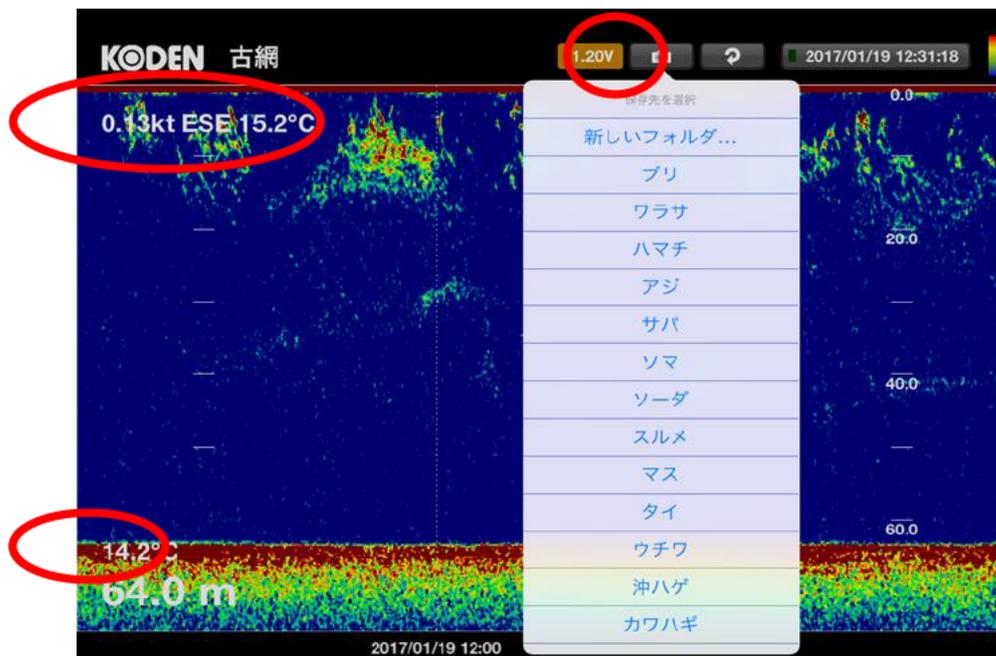


図3-1-1 魚影記憶機能と外部センサ（潮流計、水温）表示機能

カメラマークのアイコンを押すとあらかじめ登録した魚種名が表示され、その日の水揚げや、今までの経験によって判別した魚種を選択すると、魚影記録機能部にある魚影画像が選択した魚種ごとに分類されて保存される。なお、新しいフォルダとして顧客が新規に魚種を登録することも可能となっている。また、画面左上に流向流速計（潮流計）で取得したデータが、左から順に流速、流向、水温として表示される。

音響データは送信部より発信したパルス信号の反射波を時系列に受信することからなる信号強度であるため、それ自体はトランスデューサの感度やケーブル長、測定海域の状態、装備状況に依存する。一般的に魚群探知機による映像の表示は目標とする魚種の信号強度に合わせて表示感度を調整する。そのため、一般的な魚群探知機と同様に個別に調整する表示感度の調整機能を取り入れた。表示例を図3-1-2に示す。

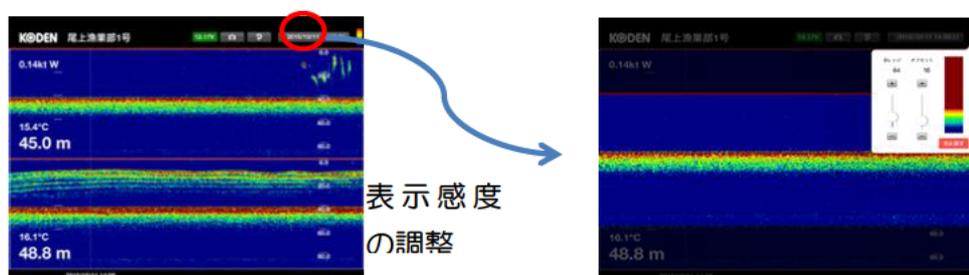


図3-1-2 表示感度調整

通常1画面に2基のトランスデューサの魚影画像を表示するが、片方のみを全画面に表示して単基トランスデューサの表示を可能とした。図3-1-3の左に2基トランスデューサの表示例を、右に単基トランスデューサの表示例を示す。

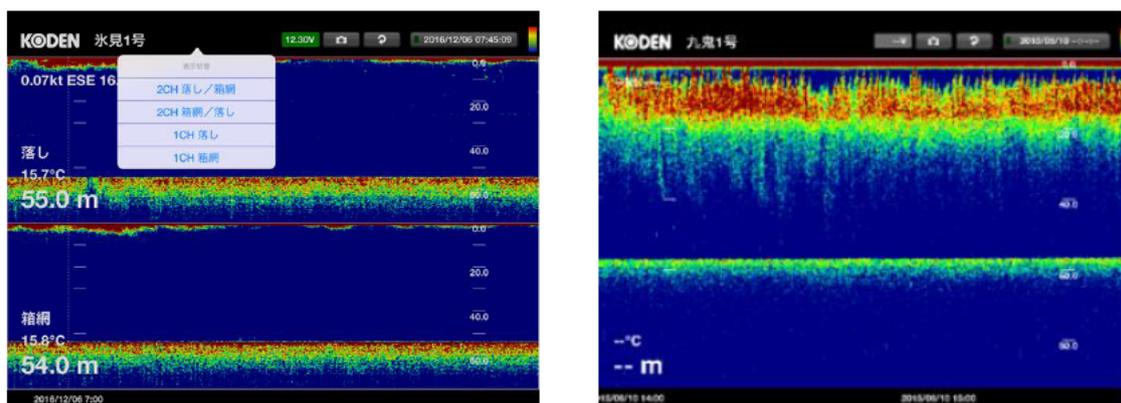


図3-1-3 2基表示例（左）と単基表示例（右）

平成26年度はサーバにて1画面に単基トランスデューサの魚影画像にするか、2基トランスデューサの魚影画像にするかの設定を行ったが、平成27年度はアプリケーションのメニュー操作にて選択できるようにした。アプリケーションでの設定画面は図3-1-3の左にポップアップ表示されている。また、2基のトランスデューサの場所の区別をするために名前を登

録できるようにした。図3-1-3の表示例では“落とし”と“箱網”と登録している。さらに、平成28年度では異なる2台の海上端末で取得した情報を、1つの定置網に設置された2基のトランスデューサの魚影映像と同様に表示できるようにした。また、図3-1-4に示すようにバッテリー電圧を3段階の色表示（緑色、黄色、赤色）にすることでバッテリー交換時期の目安となるようにした。



図3-1-4 バッテリー電圧表示

定置網に設置するユビキタス魚探の場合、測定海域の水深は一度固定すると変更することが無いことから平成26年度は測定レンジをサーバで設定していたが、実証実験を通じて設置時にアプリケーションの中で設定の変更を行い、すぐに確認したいとの要望があったことから、平成28年度はアプリケーションの設定で80mと60mのレンジが設定できるように修正した。

また、過去の音響データをクラウドサーバから読み込み、タブレット端末に表示するために図3-1-5に示すようにカレンダーを設けて見たい日付が設定できるようにした。



図3-1-5 カレンダー機能

通信環境 Wi-Fi 利用時における各機種別の初期表示時間と画面スクロールによるデータ更新時間を表 3-1-1 に示す。

表 3-1-1 機種別の表示時間

機種	条件：(Ver0.6.7) 初期画面で 1 日分のデータを 読み込む アスキーデータで通信		条件：(Ver0.7.0) 初期画面で 1 日分のデータを 読み込む バイナリデータで通信	
	初期表示読み 込み時間	画面更新時間	初期表示読み 込み時間	画面更新時間
iPad Mini2 (MD532J/A)	20 秒	8 秒	9 秒	5 秒
iPad Mini3 (MGYK2J/A)	13 秒	2 秒	6 秒	2.5 秒

## (2) データ欠損対策

平成 26 年度は、超音波を 6 秒に 1 回送信（6 秒ピング）し、2 分間のデータを蓄積して海上端末よりデータを通信して表示していた。平成 27 年度は、網の中の情報を増やすために 3 秒毎（3 秒ピング）に変更した。6 秒ピングから 3 秒ピングに超音波の送信間隔を短くしたことでデータ量が増えて通信が間に合わなくなり、結果として完全な魚影画像を表示できずにデータ欠損が増える問題が生じた。その際の表示例を図 3-1-6 に示す。黒帯の箇所がデータ欠損である。

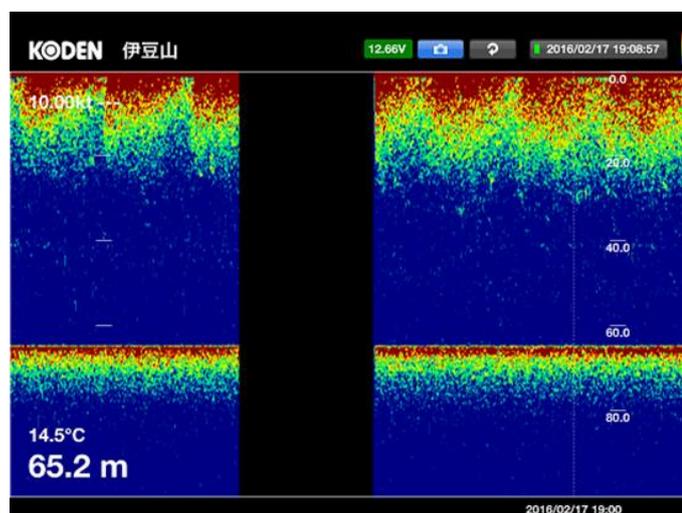


図 3-1-6 データ欠損時の表示

平成 28 年度はデータ欠損を削減する対策に取り組んだ。従来は海上端末からアスキーデータでメールサーバに音響データを送信していたが、バイナリデータで管理サーバに音響データを送るように通信プロトコルを変更した。その結果、通信時間を半分にすることができ、通信エラー時のリトライ回数が増加し、データ欠損率が大幅に改善した。

### 3-2 漁獲データ収集システムの開発

本サブテーマでは、魚種別の漁獲量（以下、「漁獲データ」という）を収集するシステムを開発した。定置網の日々の漁獲量については漁獲データとして管理しているが、漁業協同組合ごと、または、経営体ごとに管理が異なり、経営体の都合にあわせたシステムを提案、構築する必要があった。実証実験地の九鬼をモデルとして実際の漁獲データを収集するためのタブレット端末用アプリケーションのプロトタイプを試作し、iPadに触れたことのない年配の女性事務員による評価を行った。

女性事務員から寄せられた改善点を反映しアプリケーションをアップデートする作業を繰り返し、魚種コードと規格コード、買主コード等を書き換えることによって全国の魚市場で利用できる汎用的なアプリケーション「競（せり）」を完成させた。競（せり）は3つまでの定置網の漁獲データを管理することができる。平成29年1月末現在、App Storeで無料配布している。図3-2-1に競（せり）のスクリーンショットを示す。



図3-2-1 競（せり）のスクリーンショット

九鬼で取り扱いされる魚名を確認したところ、100種類を超えるとのことであった。そのため、リストから選択する方式ではなく、魚名コードを入力する方式とし、魚名コード（3桁）と規格コード（2桁）は入力担当者となる女性事務員に作成を依頼した。魚名と規格については、入力は数字、表示は文字としている。例えば、魚名「ブリ」、規格「活」を登録する場合には、ブリの魚名コードである100と、活の規格コードである10を組み合わせ、ポップアップ表示されるテンキーに

1 0 0 1 0

と5桁の数字を入力する。本数、数量、単価については、ポップアップ表示されるテンキーに数字を入力する。買主については、屋号をアイコン化し、ポップアップ表示されるアイコンの一覧から選択する。なお、金額は数量と単価から自動計算される。

漁獲データの修正については、カレンダー機能を追加することで当日を含む過去7日間の漁獲データを入力、または、修正できるようにしている。図3-2-2に示すように、カレンダー

一は白色、灰色、緑色の3色で表示される。緑色は当日を示しており、緑色と白色が入力、または、修正することのできる日を示している。



図3-2-2 競(せり)のカレンダー機能

また、本サブテーマでは定置網漁船のモニタリングにも取り組んだ。網代、氷見、九鬼の定置網漁船に装備されているGPSプロッタに3G通信モジュールを接続し(図3-2-3)、10秒毎の位置データ(緯度、経度、速度、進路、日付、時刻)を収集した。図3-2-4は平成27年9月13日の網代の定置網漁船の位置データを地図上に表示したものである。また、図3-2-5は船速をグラフ表示したものである。午前2時過ぎに出港し、1つめの定置網に移動したのち、午前2時30分過ぎから4時頃まで漁獲作業を行い、その後2つめの定置網に移動していることがわかる。このように、船速を利用することで漁獲時刻を把握することができ、漁獲時刻は「サブテーマ2-3 魚種判別、漁獲量推定アルゴリズムの開発」に活用することができる。さらに、データベースに蓄積されたレコードをカウントすることで、毎日の作業時間を算出することもできる。

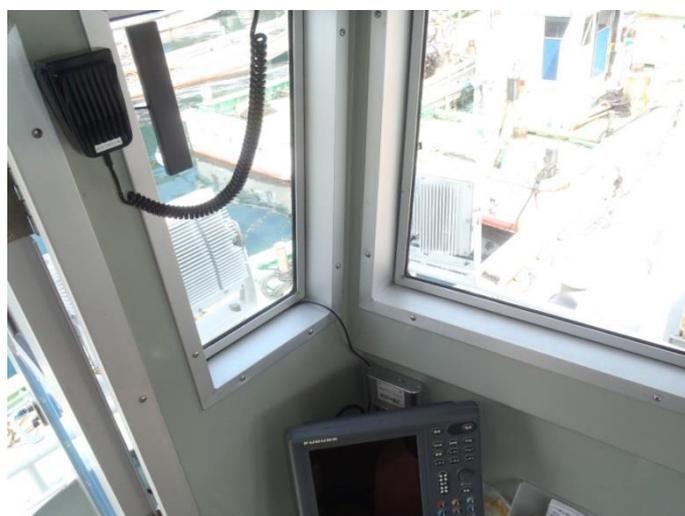


図 3-2-3 九鬼の定置網漁船に設置した 3G 通信モジュール

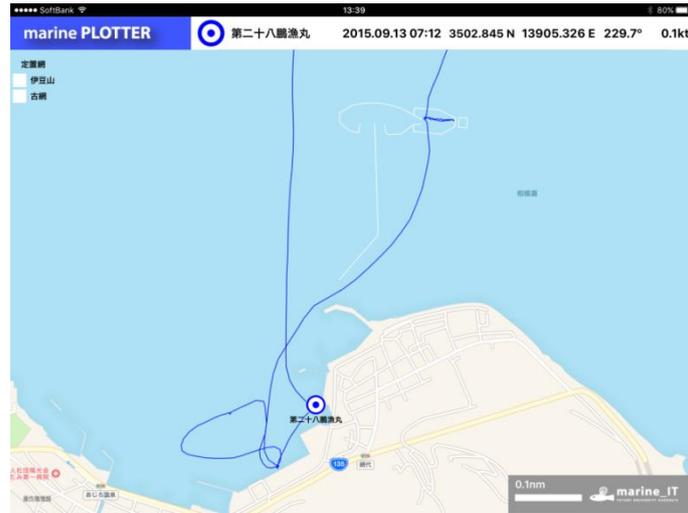


図 3-2-4 定置網漁船の航跡

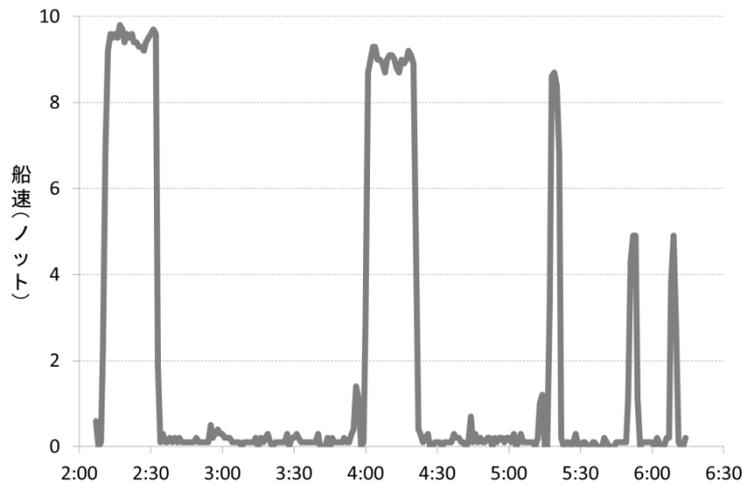


図 3-2-5 定置網漁船の船速

表 3-2-1 は九鬼における平成 28 年の漁獲量(トン)と作業時間(時間)、漁獲日数(日)、ならびに、作業時間を指標とした CPUE (トン/時間) を月別に比較したものである。また、図 3-2-6 は漁獲量と CPUE を比較したものである。漁獲日数の少ない 10 月を除いては、漁獲量が多いほど CPUE が高く、漁獲量が少ないほど CPUE が低くなる傾向が見られたことから、漁獲量と CPUE の相関を確認した。図 3-2-7 に示すように、漁獲量と CPUE は高い相関を示しており、相関係数は 0.997 であった。

表 3-2-1 九鬼における月別 CPUE (平成 28 年)

	3月	4月	5月	6月	10月	11月	12月
漁獲量	105.7	266.6	55.4	19.3	7.4	27.6	11.1
作業時間	112.3	125.6	94.6	90.3	9.4	76.6	89.1
漁獲日数	26	24	24	24	5	25	26
CPUE	0.94	2.12	0.58	0.21	0.79	0.36	0.12

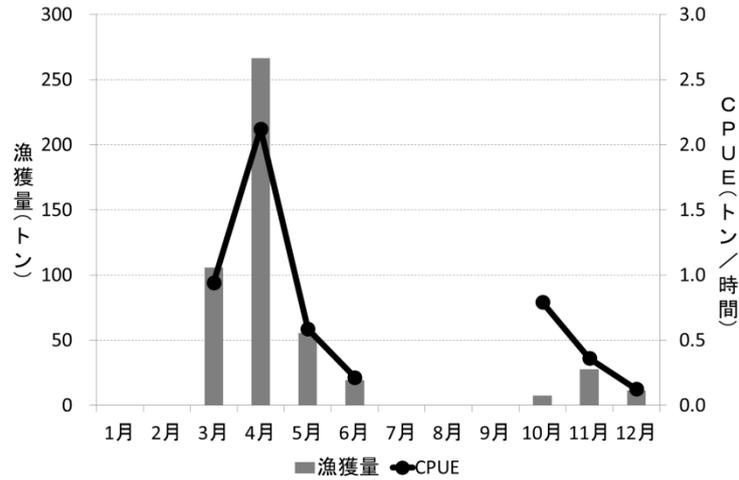


図 3-2-6 漁獲量と CPUE (平成 28 年)

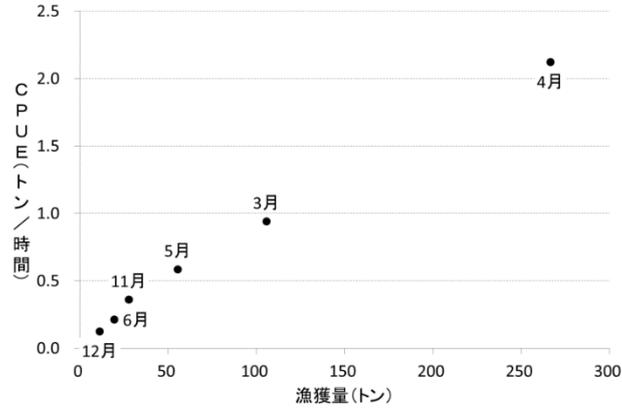


図 3-2-7 漁獲量と CPUE の散布図 (平成 28 年)

### 3-3 魚種判別、漁獲量推定アルゴリズムの開発

ユビキタス魚探の音響データを用いて、魚種判別および漁獲量推定を行うアルゴリズムを開発し、サーバにて30分ごとに解析することで、準リアルタイムに魚種判別、漁獲量推定を行う機能を実現する。加えて、画像処理によるテンプレートを用いた画像間の類似性評価、特徴の自動抽出による魚種判別にも取り組んだ。

氷見（富山県）、九鬼（三重県）、ならびに、網代（静岡県）の音響データを活用し、それぞれ漁獲量推定を実施し、試作アルゴリズムを評価した。

統計解析を用いた魚種判別アルゴリズムの開発では、重回帰モデルを用いて推定を行った。画像解析を用いた魚種判別アルゴリズムの開発では、画像の2値化処理の完全自動化を行い、多数のデータでアルゴリズムの妥当性の検証を行う。また、モデル漁場で作成したデータ判別処理が他の漁場でも適用可能かの評価を行い、共通で利用できる判別処理の開発、ブリ以外にも適用できる判別処理の検討を行った。

魚種判別、漁獲量推定アルゴリズムの開発については、研究開発期間内には十分な知見を示すことができなかった。すなわち、魚種判別は氷見では50%以下の正解率であり、九鬼では判別結果が得られなかった。また、漁獲量推定は5トン単位での推定という条件下で氷見、九鬼ともに当初目標である80%以上の正解率を達成したものの、実用化のためには、より細かい単位での推定が必要であることから、ユビキタス魚探の音響データや魚影画像に加えて、他の要素技術を加味する必要があることが判った。氷見における漁獲量推定の結果（重回帰モデルによる推定）を示す。氷見は次のような重回帰モデルを用いて推定を行った。

$$Y = \sum_{i=1}^5 \beta_i X_i + \beta_6 V_1 + \beta_7 D_1 \quad (1)$$

ここに、 $Y$  は日別漁獲量 (ton)、 $\beta_i$  は重回帰係数、 $X_1 \sim X_5$  は水深5～15mまでのソナー反射強度の時間平均であり、漁獲量を推定する日の前日22時、23時、当日0時、1時、2時である。また、 $V_1$  は漁獲量を推定する日の前日23時のソナー反射強度の分散であり、 $D_1$  は漁獲量の推定値を上限 (Upper) と下限 (Lower) で推定するためのダミー変数 (0 または 1) である。図3-3-1に漁獲量推定の結果を示す。

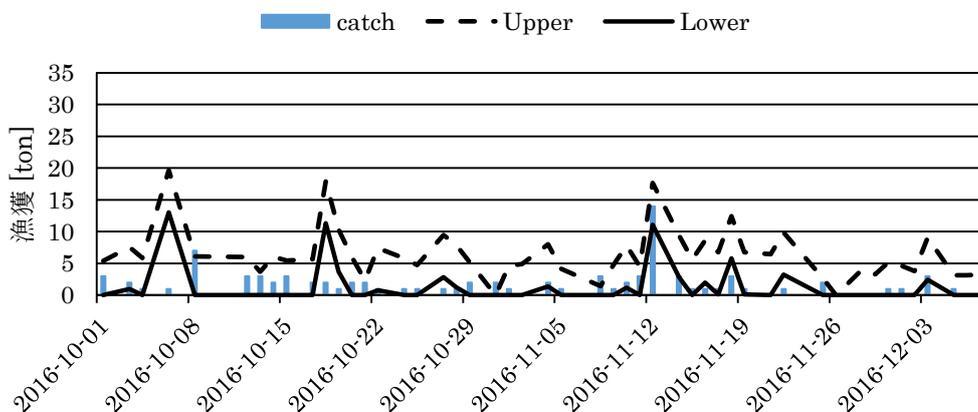


図3-3-1 氷見の漁場における漁獲量推定の結果  
(漁獲量推定のすべての結果は重回帰モデルによる推定)

九鬼（三重県）は、氷見の重回帰モデルと同じモデルを用いて推定を行った。九鬼は九鬼1号と2号と呼ぶ二つの漁場があり、それぞれにユビキタス魚探が設置されているため、それぞれについて解析を行った。図3-3-2に九鬼1号の漁場、図3-3-2に九鬼2号の漁獲量推定の結果を示す。

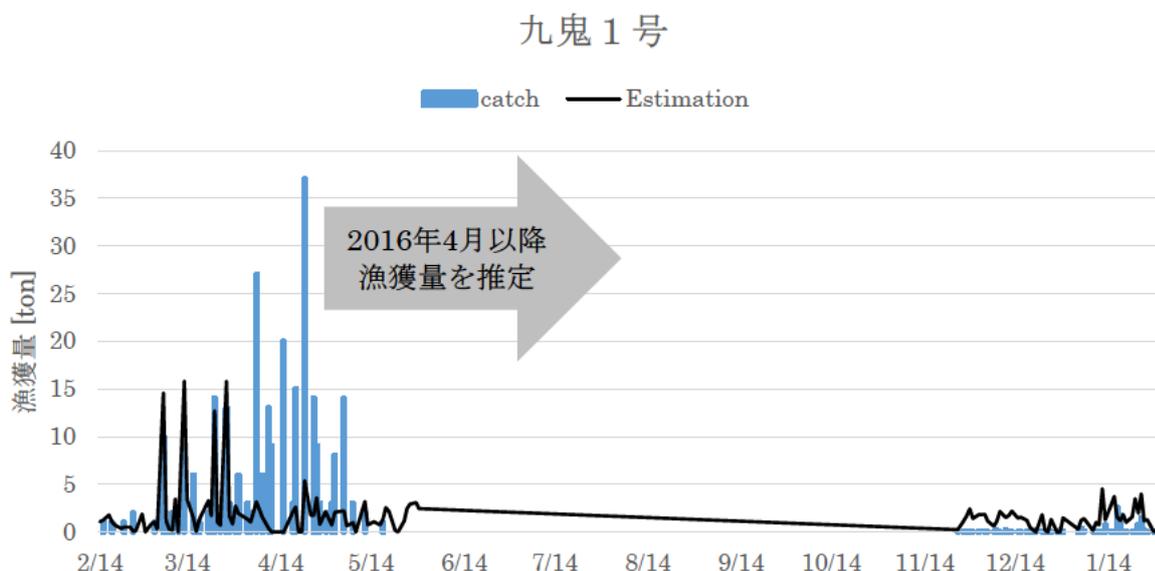


図3-3-2 九鬼における漁場（九鬼1号）の漁獲量推定結果

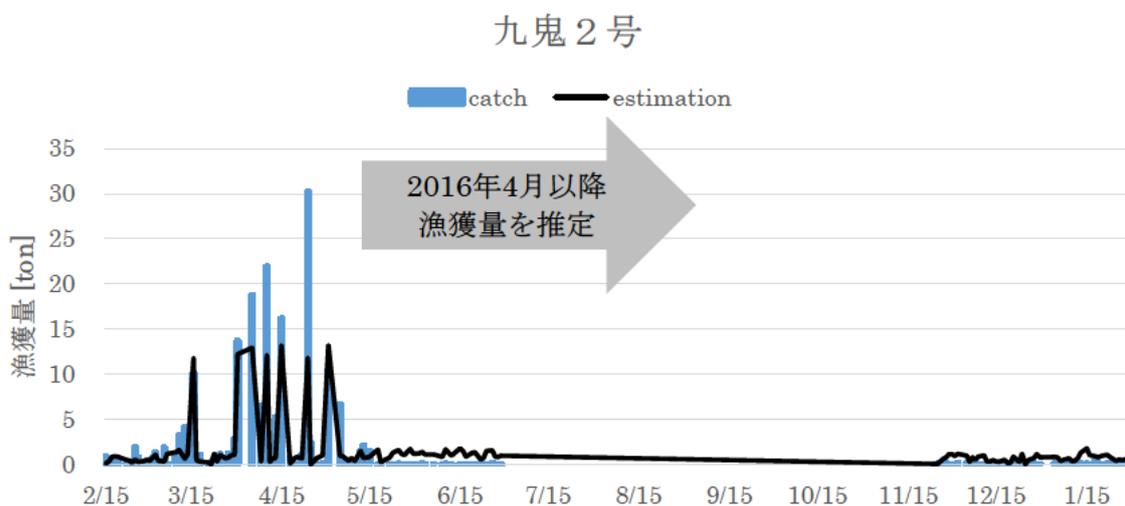


図3-3-3 九鬼における漁場（九鬼2号）の漁獲量推定結果

5トン単位を基準に推定誤差を検証したところ、九鬼1号は87.4%（87回中76回正答）、九鬼2号は95.0%（100回中95回）とそれぞれ良好な正答率であった。しかし、平成28年11月以降の漁獲量はいずれも5トン未満であり、漁獲量推定が5トン未満であったことから正答率が高くなったものと考えられる。日別漁獲量が10トン以上の場合において

は、例えば九鬼1号では27トンであった4月6日の推定結果は3トン、37トンであった4月22日は5トンと推定しているなど、推定誤差がきわめて大きい。

これらのことから、九鬼での漁獲量推定のアルゴリズムの特徴として、低めの漁獲量予測を行う場合が多いことがわかる。なお、しかしながら、九鬼2号で推定結果と漁獲量実績に際立った乖離は見られない。限定的な範囲での推定であるため決定論的な表現は避けるが、漁場により本アルゴリズムが適用可能な場合と適用が困難と思われる場合が混在している。

魚種判別アルゴリズムの開発では、統計解析と画像解析の異なる2つのアプローチで開発を試みた。統計解析による魚種判別アルゴリズムの開発では、線形判別分析の応用による魚種判別を検討した。判別分析では、特定の魚種について独立変数を選択し判別関数を作成し、判別得点の閾値により判別する方法が用いられる。本研究開発では、漁獲量推定のアルゴリズムで使用した水深5～15mのソナー反射強度の平均値を説明変数として採用することとし、魚種判別を行う前日の22時から当日午前2時までの1時間ごとの反射強度平均を用いて推定を実施した。

まず、氷見における平成27年10月23日～平成28年2月10日までの漁獲データを使い、魚種ごとの漁獲量を計算した。その結果からサバ、ソウダカツオ、カマスの上位3魚種を判別目標とし、その他を含む4品種の判別分析を試みた。しかしながら、結果的には判別分析の特徴を捉えることができず魚種判別は極めて困難であることが分かった。

画像解析を用いた魚種判別アルゴリズムの開発では、ユビキタス魚探の音響データから作成した魚影画像に対して魚種固有の模様を抽出し、機械学習アルゴリズムのひとつの決定木を用いて魚種判別器の作成を行なった。魚影画像に対して魚群を観測した魚影領域を抽出し、魚影領域から、図3-3-4と以下に示す4つの特徴を計測した。

- 魚影出現時間 [s] (00h00m00s~23h59m59s)
- 魚影の高さ [pixel]
- 魚影の幅 [pixel]
- 魚影の出現深度 [pixel]

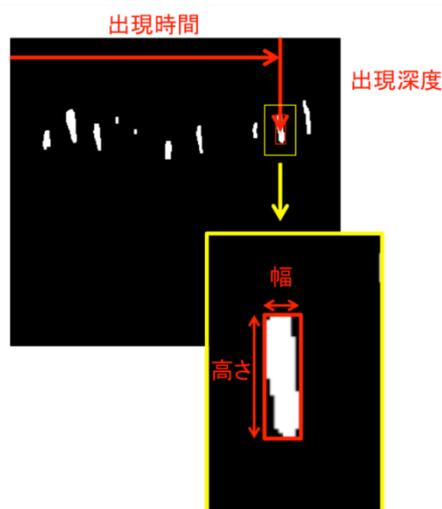


図3-3-4 魚影の特徴量

図3-3-5に魚影特徴の抽出処理のフローを示す。魚種判別する判別器の作成フェーズでは、漁獲された魚種データと魚影領域を用いて人の手で判別したい魚種の魚影かそれ以外の魚影か分類した。画像解析によるアルゴリズム開発では、魚影画像に特徴的な反応を見せるブリ類とそれ以外の魚種の魚影領域の分類を行い、決定木アルゴリズムにかけて判別器を作成した。魚種判別フェーズでは、決定木の学習に用いなかったデータを用いて評価実験を行なった。

評価実験では、平成27年4月10日から6月30日までの網代（古網）の音響データについてブリ類の判別を行なった。ブリ類の魚影としては、ブリ類が多く水揚げされた日の魚影画像から人の目で判断した魚影領域を正解データとした。また、ブリ類が水揚げされなかった日の魚影画像から抽出された魚影領域はブリ類以外のデータとして扱った。結果として、ブリ以外の魚影領域は高い精度で判別されるが、ブリ類の魚影領域の抽出については、正答率の平均では73%であった。また、魚影領域の抽出と特徴量の一般性を調べるため、網代（古網）の魚影領域で学習した判別器と特徴抽出法をそのまま氷見の魚影画像に適用した。その結果、氷見では4トン未満の場合50%程度の反応が見られるのに対し、4トン以上の日では、ブリ類の特徴とした魚影領域の検出量が少なかった。人の判断によるブリ類の魚影領域を抽出していることもあり、ブリであると分かりやすいものだけを抽出したため、あまり多くの特徴が得られなかった。その影響で、学習に利用する特徴数が少なく、正答率のばらつきが多くなった。

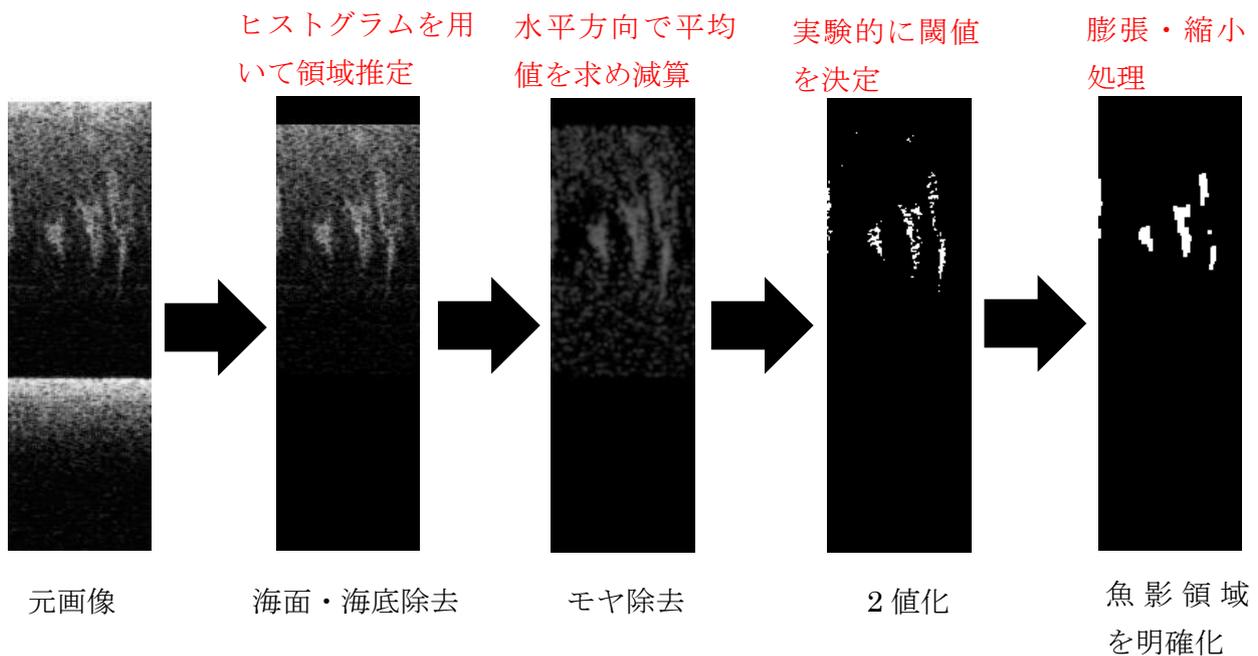


図3-3-5 魚影特徴の抽出処理のフロー

## 第4章 実証実験

### 4-1 実証実験概要

定置網モニタリングシステム高度化のためのユビキタス魚探とクラウド技術を研究開発し、事業化を目指すには実際に漁場に設置して日々の定置網の操業で使用することで、問題点や改良点を見出し、その機能性・耐久性・ユーザビリティの向上にフィードバックする必要がある。

実験フィールドとして、網代（静岡県）、氷見（富山県）、九鬼（三重県）、東通（青森県）、むつ（青森県）、富山（富山県）を選定した。それぞれ日本海側・太平洋側にそれぞれ面し、自然環境や季節に応じて来遊する魚種も異なることから、ユビキタス魚探の機能を確認する上で適切であると判断した。また、各実験フィールドとも定置網漁業が盛んな地域であり、事業終了後の普及を鑑みた上での波及効果も期待している。

図4-1-1に実験フィールドの位置を図示する。また、代表的な設置例を図4-1-2に示す。



図4-1-1 実験フィールド

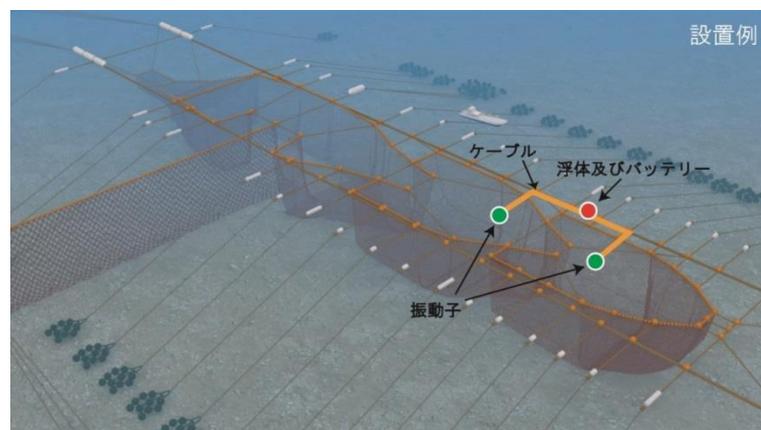


図4-1-2 浮体及びバッテリー・ケーブル・振動子の設置例

## 4-2 実証実験結果

平成27年度～平成28年度と2年間にわたりユビキタス魚探の実証試験を行い、各種の問題点に対して改良を加えてきた。平成28年度は6つの実験フィールドに設置し長期の運用を行ったが、浮体やケーブル、振動子、バッテリーケース、コネクタ類への物理的なダメージによる故障はほとんど見られなくなった。現在のところ波浪によるケーブル破損対策が最大の課題であるが、係留方法の工夫により被害は回避できると考えられる。また、データの欠損対策により、画像が途切れなく送信されるようになったことから、ユビキタス魚探はハード面・ソフト面ともに普及できるレベルに到達しつつあると言える。

平成28年度の実証試験の大きなテーマとして、テレサウンダーとの画像比較を東通にて実施した。図4-2-1に比較結果を示す。魚影画像の比較を定量的に行うことは困難であるため目視での確認となるが、魚群や魚網の反応の大小や画面に表示される色味が異なるものの、性能の大きな違いや不具合は見られなかった。また、テレサウンダーを継続的に使用している漁業者からも問題点は指摘されなかったことから、電波法の改正によるテレサウンダーからユビキタス魚探への移行はスムーズに行われるものと思われる。

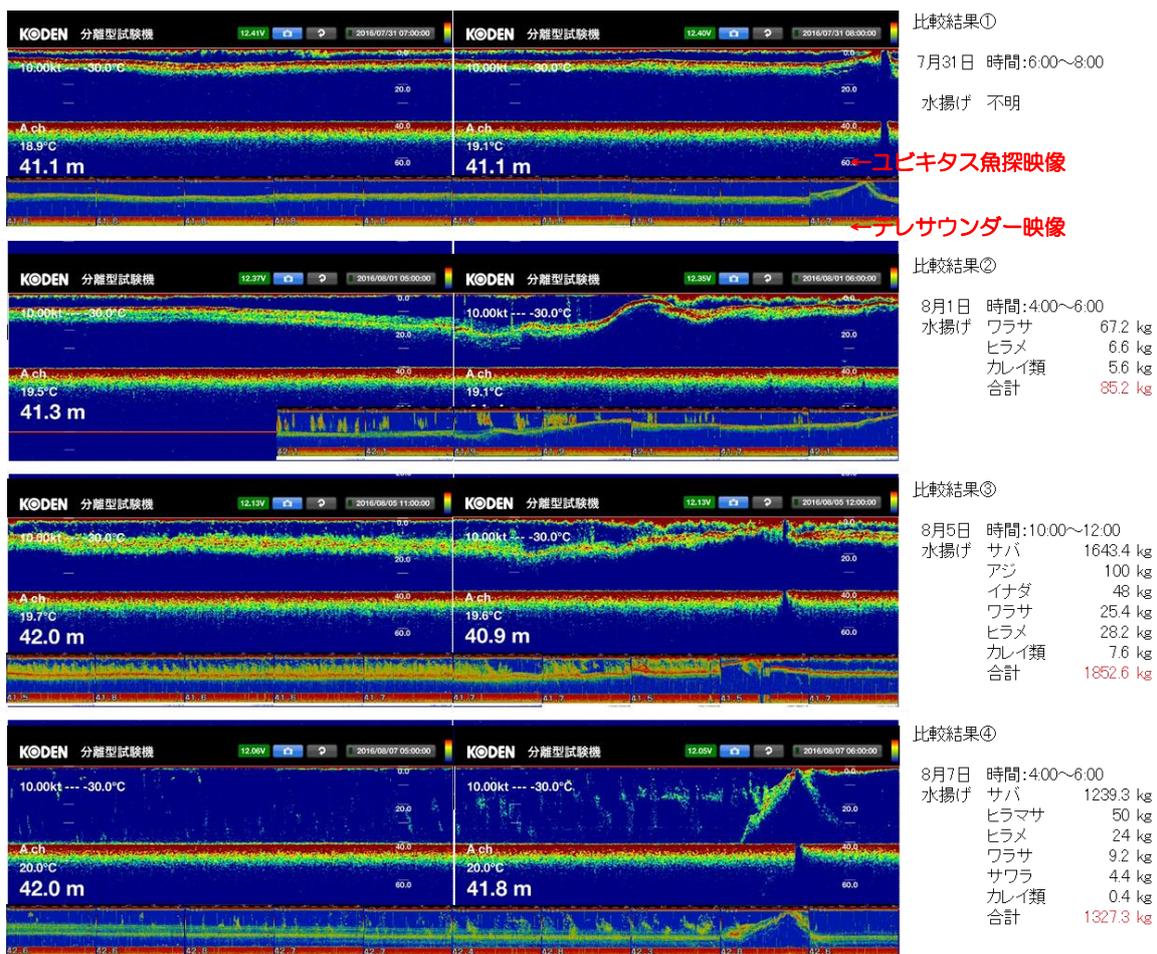


図4-2-1 魚影画像比較実験の結果

### 4-3 実証実験結果の分析評価

3年間にわたる実証試験を実施し、改善を重ねてきた結果、ユビキタス魚探のハード面は現在のところ問題なく使用できている。また、機器の設置に関しても操業に支障が出ることはない。ソフト面においても漁業者によるタブレットの使用方法に関して問題になることはほとんどない。漁業者は陸上にてタブレット端末の表示画面から振動子下の魚群をリアルタイムで確認することができている。また、魚群だけでなく網底の反応も出ることから、流向流速計の表示とあわせて、魚網の吹かれを陸上から確認することができる。さらに、特徴的な魚群の反応など魚影画像を残したい場合は静止画として保存し、また、過去のデータに関してもさかのぼって確認する機能も活用されている。バッテリー電圧の確認や感度調整機能といった機能も漁業者にとって使いやすいものとなっている。今後はタブレット上のデータ表示速度がさらに向上すればより使いやすくなると思われる。

研究開発成果であるユビキタス魚探の導入効果は次のようなことが考えられる。

#### ① 魚群の可視化による生産性の向上

陸上から事前に魚群の入網を確認することで、通常網起こしをしない時間帯にも水揚げすることが可能になり、漁獲量がアップする。入網した魚群の多くは外に出ていくため、特にマグロなどの価値の高い魚が入網した際はすぐに出漁して漁獲するという効率化が図れる。

#### ② 漁獲量を予測して船に積む氷の量を調節

陸上から事前に漁獲量を予想することで漁場に持っていく氷の量を調整できるため、効率的である。入網が少ない場合はコストダウンにつながり、多い時は十分な氷を用意できることから鮮度維持にも役立つ。

#### ③ 出漁のタイミングを見計らう判断材料として活用

2ヶ統以上の定置網を保有する場合、各定置網にユビキタス魚探を導入することで、より入網の多い方を先に揚網する等の選択ができ、効率化を図ることができる。

#### ④ 潮流による操業不可の判断材料として活用

潮流がはやい時は操業できない状態になる。従来は漁場に到着しても網起こしできずに帰港することが多かった。ユビキタス魚探では魚網の吹かれがタブレット上で表示されるほか、流向流速計のデータを併用することで、陸上から操業しないという決断ができる。漁場が遠い場合は燃料費の削減にもつながり、陸上での作業に時間を費やすことができるため、効率的である。

#### ⑤ 漁場研究に活用

水揚げデータと照らし合わせることで、特定の魚群が入網する季節や時間帯などのデータが蓄積され、各漁場の傾向を把握することができるようになる。操業時間や漁具の見直しにも活用することが期待される。

また、ユビキタス魚探の導入数が増えることで、漁獲データ、潮流、水温等の情報を定置網ビッグデータとして蓄積し、IT技術を活用し分析することで、漁業の様々な局面での活用が見込まれ、より高度な経営改善効果が期待される。

## 第5章 全体総括

本研究開発は、研究代表者らが平成23～25年度に戦略的基盤技術高度化支援事業（経済産業省）で実施した「海洋ユビキタスセンシングのための球状太陽電池を用いた小型電源モジュールの開発」の成果のうち、「端末、魚群探知システム、魚群表示方法、魚群表示プログラム」として特許出願（特願 2013-264821）した定置網モニタを基礎技術として、測定計測に係る技術である「ユビキタス魚探の開発」と、情報処理に係る技術である「クラウド技術の開発」に取り組んだものである。平成23～25年度の定置網モニタは北海道函館市の大型定置網を対象とした海上設置型の魚群探知機であり、本研究開発のユビキタス魚探は全国のサケ定置網、小型定置網を対象とした海上設置型の魚群探知機である。

本研究開発の実験フィールドは段階的に拡大させており、1年目は網代（静岡県）と氷見（富山県）の2ヶ統、2年目は九鬼（三重県）を加えた5ヶ統、3年目は東通（青森県）を加えた6ヶ統となっている。また、これに加えて3年目はもうかる漁業創設支援事業に採択された2ヶ統でも実証実験を行なっている。

研究開発は、研究開発推進委員会での情報共有と議論に基づいた意思決定により推進しており、1年目は2回、2年目は3回、3年目は2回の研究開発推進委員会を開催した。また、研究代表者は浮体開発ワーキンググループと事業化促進ワーキンググループの2つのワーキンググループを設置し、個別の課題について議論を加速させた。浮体開発ワーキンググループは2年目に2回、3年目に2回、事業化促進ワーキンググループは2年目に3回、3年目に4回開催している。

ユビキタス魚探の開発では、「一体型浮体の開発」と「音響計測機器の開発」の2つのサブテーマに取り組んだ。一体型浮体の開発については、ユーザインタビューの結果、氷見では一体型ではなく電源を別置きとする分離型を希望したことから、1年目は一体型浮体と分離型浮体の2種類の浮体を試作した。2年目は小型化を目的として一体型浮体の改良を図った。3年目は廉価化を目的として一体型浮体の改良を図った。その結果、小型化と廉価化を実現した一体型浮体が完成したことから、一体型浮体に別置きの電源を接続することで、分離型浮体を構成することができた。なお、一体型浮体は25kgと十分な余裕浮力を有しているものの、流向流速計などの係留により余裕浮力が不足する場合には、浮力材の外径を変更することで余裕浮力を40kgに増大することができる。また、水中コネクタを採用することで、洋上での設置や保守などの作業性も向上しており、実用的な浮体を開発することができた。

音響計測機器の開発については、欠損率の低減が大きな課題となった。音響計測機器で取得した音響データは3G回線でクラウドサーバに送信する。1年目と2年目は3G回線の監視機能が脆弱であったことから、切断時における再接続に時間を要し、または、失敗し、欠損率は10%を超える状況であった。そのため、組込みシステムを専門とするアドバイザーによるレビューを実施したところ、OSとプロトコルスタックが主たる原因であることが判明し、3年目はOSとプロトコルスタックの変更、さらに、SMTPからHTTPにプロトコルを変更することで欠損率を実用的な値である1%未満にまで低減することができた。このように、アドバイザーによる適切な技術指導が課題解決に結びついている。

クラウド技術の開発では、「可視化アプリケーションの開発」と「漁獲データ収集システム

の開発]、「魚種判別、漁獲量推定アルゴリズムの開発」の3つのサブテーマに取り組んだ。可視化アプリケーションの開発については、1年目は魚影画像の描画速度に若干の課題を抱えていたものの、当初見込みのとおり、ハードウェア（iPad）の性能向上によって解決している。

漁獲データ収集システムの開発については、研究代表者が所長を務める公立はこだて未来大学マリン IT・ラボの特徴的な開発手法であるユーザセンタードデザインにより実施した。ワークフローを観察したうえでユーザインタビューを行い、新たな道具、新たな方法を、スケッチを添えてユーザに提案する開発手法である。これにより、ユーザは初期段階からシステム開発に参加することができ、システム完成後はスムーズなサービスインが可能となる。九鬼ではiPadに触れたことのない年配の女性事務員がユーザであったが、プロトタイプを届けた初日からマニュアルを参照することすらなく、iPadアプリケーション「競（せり）」を利用することができている。加えて、ユーザから機能改善、機能追加の提案や要望を受けることにより、実用的な漁獲データ収集システムが完成した。

魚種判別、漁獲量推定アルゴリズムの開発については、研究開発期間内には十分な知見を示すことができなかった。魚種判別は氷見では50%以下の正解率であり、九鬼では判別結果が得られなかった。また、漁獲量推定は5トン単位での推定という条件下で氷見、九鬼ともに当初目標である80%以上の正解率を達成したものの、実用化のためには、より細かい単位での推定が必要となる。

本研究開発では、魚種判別と漁獲量推定のアルゴリズムの開発を独立して実施した。しかしながら、魚種判別の結果を漁獲量推定に用いることで、精度の高い推定が可能になると考えられる。そのためには、魚種判別の精度を向上する必要がある。近年、定置網内における魚種別の行動特性の研究が水産工学研究所の越智、東京海洋大学の秋山らにより進められており、その知見を活用することで精度の高い判別が可能になると考えられる。

浮体開発ワーキンググループは、1年目の一体型浮体の開発が大幅に遅れたことから、定期的な情報共有を目的として設置した。実験フィールドでの運用状況、実用化に向けての改善点などを議論する機会が増えたことで、一体型浮体の開発を加速することができた。また、事業化促進ワーキンググループは、市場調査と目標販売価格の設定、ならびに、販売体制の確立を目的として設置した。主な議題のひとつはトランスデューサの単価と納期の改善であった。本研究開発では海外メーカーにトランスデューサの製造を委託しており、発注毎に単価と納期が変動した。特に、納期は6ヶ月以上を要したことから、事業化に向けては国内メーカーによる製造が必須であり、現在、国内メーカーによる試作品の開発を進めている。なお、ユビキタス魚探に対する全国の経営体からの期待が高いことから、研究開発期間終了後1年以内の事業化を目標としている。

現在、市場にあるアナログのテレサウンダーは現行の電波法に則った無線機を使用してデータの転送を行っているが、電波法の改正により現行のままの無線機は、平成34年12月からは使用できなくなる。このため、この猶予期間内に置き換え需要が発生することが考えられる。

さけ・小型定置網は全国に12,000ヶ統あり、このうち市場シェア3%の定置網に設置することを目標とする。また、大型定置網は全国に合計700ヶ統あるが、この内市場シェア10%の定置網に設置することを目標としている。

製品用サーバ費用、表示端末 iPad の OS のバージョンアップによるアプリケーションのバージョンアップ費用、機能改善等費用などの設備投資を行うとともに、本研究開発に協力いただいた定置網漁業者には、研究開発期間終了後にも継続し、補完研究に協力していただけるように依頼するとともに、製品を購入いただく定置網事業者にも研究開発の趣旨を説明し、同様の協力をいただけるように依頼し、継続して改善を図って行く計画である。

地球温暖化による海水温などの海洋環境の変化は海洋生物の生態に大きな影響を与えており、魚種や漁獲量の年変動が激しく、熟練の定置網漁業者でさえ予測が困難となっている。2008年漁業センサス（農林水産省）では全国の定置網漁業の経営体数は7,647経営体であり、その内訳は大型定置網が490経営体、サケ定置網が906経営体、小型定置網が6,251経営体であった。2013年漁業センサスと比較すると、特に小型定置網の経営体数の減少が顕著であり、5年間で半数以下にまで減少している。

海洋環境の変化に順応し、持続可能な定置網漁業を実現するためには短期的な視点での費用対効果、中長期的な視点での投資対効果の最適化が必須である。研究開発期間内には、ユビキタス魚探の導入により、積載する氷の量の最適化、網起こしと水揚げの段取りの最適化など、短期的な効果が得られることを示した。今後は、全国のユビキタス魚探のユーザが音響データと漁獲データを共有することで定置網ビッグデータを生成し、分析した結果を中長期的な効果に結びつけたいと考えている。定置網ビッグデータをディープラーニングなどの人工知能で分析することで、魚種判別や漁獲量推定の精度が向上し、さらには、予測も可能になると期待される。そして、予測の精度が向上すれば生産と流通の最適化も実現する。

研究開発期間内の平成27年1月から、中西部太平洋まぐろ類委員会（WCPFC）での国際合意に基づき、水産庁はクロマグロのうち30kg未満の小型魚の漁獲規制を行っている。平成36年までに親マグロの資源量を歴史的な中間値である4.3万トンまで回復させることを目標として、小型魚の年間漁獲量の上限を4,000トンに設定した。日本では、クロマグロは主に巻網と定置網で漁獲しており、漁獲枠を按分している。さらに、定置網の漁獲枠は全国を6ブロックに分け管理している。第2管理期間（平成28年1月から平成29年6月まで）では、日本海西部ブロックでは平成28年12月16日付で、太平洋南部・瀬戸内海ブロックでは平成29年1月17日付で操業自粛要請が発出された。

しかしながら、定置網は受動的な漁法であり、かつ、クロマグロの漁獲量は年間総漁獲量の1%未満であることから、機械的な休漁期間の設定では資源管理は困難である。ユビキタス魚探、ならびに、定置網ビッグデータによる予測は、資源管理の最適化にも寄与するものである。

研究代表者らは、平成27年度には地域情報化大賞（総務省）において総務大臣賞を、平成28年度にはドコモ・モバイル・サイエンス賞（モバイル・コミュニケーション・ファンド）において社会科学部門優秀賞を受賞した。本研究開発の取り組みも、評価の対象となっている。

最後に、本研究開発の実験フィールドを提供くださいました網代漁業株式会社、森本漁業部、九鬼定置漁業株式会社、有限会社吉田漁業部のみなさま、ならびに、随所に的確な助言をいただきましたアドバイザーのみなさまに感謝と御礼を申し上げます。

平成29年3月末日

研究代表者 和田雅昭

平成 28 年度中小企業経営支援等対策費補助金（戦略的基盤技術高度化支援事業）

（北海道経済産業局補助金事業）

「定置網モニタリングシステム高度化のためのユビキタス魚探とクラウド技術の開発」

（平成 26 年度～平成 28 年度実施）

発行日 平成 29 年 3 月

管理法人 一般財団法人ニューメディア開発協会

住 所 〒103-0024 東京都中央区日本橋小舟町 3 番 2 号リプラビル B 1 F

電 話 03-6892-5030 F A X 03-6892-5029