

1. 研究開発の目的、目標及び内容

1.2. 研究開発目標

1.2.1. 高密度観測網

平成28年度に実施された農林水産省革新的技術開発・緊急展開事業・地域戦略プロジェクト（個別・F S型、単年度事業）「九州北部海域におけるスマート漁業の実現」において、複数のCTD測器（水温・塩分・深度計測機器）を沿岸漁業者に貸与し、実際に計測を行う現場実験を30回以上実施した。その結果、3県の様々な漁業者の声を集約すると、

- ・頼まれれば、操作はできる（受け身）
- ・操業に忙しく、CTDを操作する余裕がない
- ・漁具に付けて放置するなら楽
- ・漁場決定のため、底層水温をリアルタイムで（測器を入れている最中に）見たい
- ・活魚を輸送するときに取水する水槽水温の参考になる
- ・河川水や雨は気にしたこともなく、海中で塩分が変化することも知らなかった
- ・水温以上に現場では流向・流速が知りたい
- ・100万円前後では価格が高すぎる

のようになる。本事業では、こうした漁業者の意見を反映した測器開発と観測体制の構築を第一目標として掲げる。



図 12-1 JFE アドバンテック（株）にて Bluetooth 通信機能を追加した高精度 CTD。多数の小型漁船で実証実験した。普段の操業を阻害しないよう、より簡単な操作性が求められる。

従来の CTD 計測器は漁業活動を考慮したものではないため、漁業者が扱いにくいと感じるのは無理もないことである。当事業において我々は、スマートフォン時代にも適合した、小型で安価な漁業者向け CTD 計測器を開発する。海洋測器メーカーとして信頼される JFE アドバンテック（株）がこの新型 CTD 開発を主担当する。操業中の取り扱いやすさから重量目標を 1kg 以下とし、漁業者も購入しやすいよう

に販売価格 50 万円以下を目指す。そのためには、素材の再検討も含めて、様々な角度からコストダウンを検討する必要がある。

例えば、沿岸域の密度変化の大きさを考慮すると、計測精度は水温 0.1℃、塩分 0.1PSU、深度 1m 程度で十分といえる。耐圧性も 200m 深程度で済む。漁業者目線で CTD 測器を再設計することで、海洋観測の精度を追求してきた従来型機からのコストダウンは十分可能といえる。

JFE アドバンテックは、CTD 試作機を 3 県の水産試験場へ送り、各県担当者は地元漁業者の協力を得て、様々な漁業形態で操業中の実証試験を行う。各県担当者は実験結果と漁業者の意見を集約し、JFE アドバンテックに小型 CTD の改良を依頼する。最終的に日本の沿岸漁業に最適化されたスマート CTD を一般販売し、事業終了までに 3 県合計で 50 隻以上の漁船で同時に水温と塩分の鉛直プロファイル観測を実施できる体制を整える。(理論的考察：3 県の沿岸漁場は海岸線に沿って約 300km、岸沖方向に 100km 程度の範囲に形成されており、夏季のロスビー変形半径、つまり地球回転の影響スケールが 15km 前後まで小さくなるので、 $(30000\text{km}^2) \div (15^2 \pi) < 50$ 隻で概ね当海域で卓越する地衡流変動に伴う水温・塩分分布を捉えることができる。)

さらに当事業では、小型漁船にも搭載されていることが多いフルノや日本無線の潮流計(ADCP)を利用して、漁業現場の多層流速ベクトルデータを獲得する。国際規格の出力信号(NMEA 信号)を捉えることによって、測器の種類に依存せず、共通したフォーマットで観測データを得ることができる。NMEA データロガーは既に石川県等で十分な導入実績があるので、初年度から積極的に 3 県内の沿岸漁船に協力を呼びかけ、最終的には 20 隻以上の漁船や調査船にロガーを搭載して、スマホ等を通じて 年間 10000 時間 (500 時間×20 隻)を超える潮流観測データを獲得することを目標とする。(理論的考察：沿岸域における海潮流の変化は海底・海岸地形の影響を受けやすく、極めて複雑な構造を呈するため、実は CTD 観測以上の観測密度が望まれるところだが、ADCP 搭載船の協力次第である。)

2 年目から 3 年目(平成 30~31 年度)にかけては、デジタルビデオカメラを調査船および漁船に設置し、1 秒間隔で海面画像撮影を行い、画像データをレコーダーへ記録する。得られた多数のデジタル画像データから砕波領域を抽出し、10 分毎に平均化することによって、非定常波浪場においても十分な精度を有する白波被覆率の評価を行う。このような 10 分平均値の白波被覆率を 30 分間隔で算定する。

加えて、魚群探知機から新たに漁況情報を収集する(平成 30~31 年度)。これまで、ほとんどの魚群探知機の情報は操業の現場で確認されただけで破棄されていた。漁業者にとって魚群探知機の情報は極めて重要な漁業情報であり、水揚げ量と同等に将来の漁業を測るうえで利用価値の高い情報であろう。当事業では漁船に搭載された魚群探知機から、やはり NMEA 信号に含まれるエコーグラムを自動的に収集し、漁業者が容易にスマホ等で過去の魚探データを閲覧できるシステムを実現する。

漁船から得られた CTD, ADCP 等の観測データは、各県水試で品質チェックされるだけでなく、長崎大学(滝川)で横断的に検証され、計測精度を保証する。既に試験運用されている九州北部海況予測モデル DR_D の速報値を利用し、異常値の検出を高速化することもできる。重複観測を統計処理することによってさらに誤差を縮減した後に、下記の海況予測モデルに供される。

1. 研究開発の目的、目標及び内容

1.2.2. 高精度漁海況予測

平成28年度地域戦略プロジェクト（個別・F S型）では、海況予報の重要性についても聞き取り調査を行った。

- ・上下で潮の方向が違うと漁具が入れられない。弱すぎても不漁。
- ・経験豊富な方は、出漁前から潮の動きが見えているようだ。
- ・経験的に潮止まりの時間に定置網作業するが、予想が外れて潮が動くことが多くなった。
- ・イカ釣り漁ですら、集魚灯の燃料費よりも漁場への往復にかかる燃費の方が大きい。節約したい。
- ・底魚を狙う漁業形態では、海底水温を気にすることが多い。
- ・塩分はどこも同じだと思っていた。今後漁の参考にしたい。

といった主要意見に適応した予測モデルを作成する必要がある。

そこで当事業では、時空間的に高分解能の海況予報を目指して、3種類の海況予報モデルを作成する。即ち、（1）平成28年度地域戦略プロジェクト（個別・F S型）で試験開発された1.5kmメッシュ沿岸海況予測モデル（図12-2）を改良し、上記CTD, ADCPデータをほぼリアルタイムで取り込むDREAMS_Dash (DR_D)モデル、（2）海流や潮流の不安定化や島影渦の発生や移動まで予測する500mメッシュ漁場予測 DREAMS_Squid (DR_S)モデル、（3）沿岸付近や内湾などの小型の漁業活動まで対応可能な最小50mメッシュの内側域非構造格子(UCHI)モデルである。

漁業現場で得られたCTD, ADCPの鉛直観測データを、（1）の沿岸海況予測モデルDR_Dへ12時間以内に同化し、3日先までの水温・塩分予報を実現する。（2）DR_Sと（3）UCHIモデルによって、さらに詳細な流況変化を予測する。（2）DR_Sモデルは対馬海峡内の複雑な水深変化に対応し、（3）UCHIモデルは五島・松浦半島付近のリアス式海岸地形に適応する。当然すべての処理過程を自動化する必要がある。漁船漁業に有用な予測情報となるよう、（1）の予報精度は24時間後水温で $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、塩分 $\pm 0.2\text{PSU}$ 、（2）と（3）の24時間後流速予測誤差10cm/s以内を目指す。

高精度な海況予測モデルに基づき、漁場探索時の効率的な操業を支援する「漁場予測モデル」も実用化できる。近年、外洋域の漁場予測についてはHSIモデルの実用化など成功例が報告されているが、東シナ海から日本海南西部のような複雑な海洋構造を持つ沿岸・小規模海域での漁場予測モデルは、適切な海況予測情報がなかったことから、未だ開発の目処も立っていない。そこで、当該事業で開発した正確な海況予報を利用することで、対馬海峡で初めての「沿岸漁場予測モデル」を構築する。九州北部3県の重要沿岸魚種であるケンサキイカ・マアジ等の浮魚類およびトラフグ・アカムツ等の底魚類を分析対象とし、実用的なレベルで漁場の形成場所や漁獲量が予測できることを実証する。

漁場予測モデルの構築において、実際の海中の魚量（魚の存在有無、及び、その量）の計測データも有意義な入力になると考えられる。そこで本事業では、漁船に搭載している魚群探知機のエコーデータを常時収集するスキームを確立する。エコーデータを用いて、さらに漁場予測モデルの高度化（精度向上）が図られる。

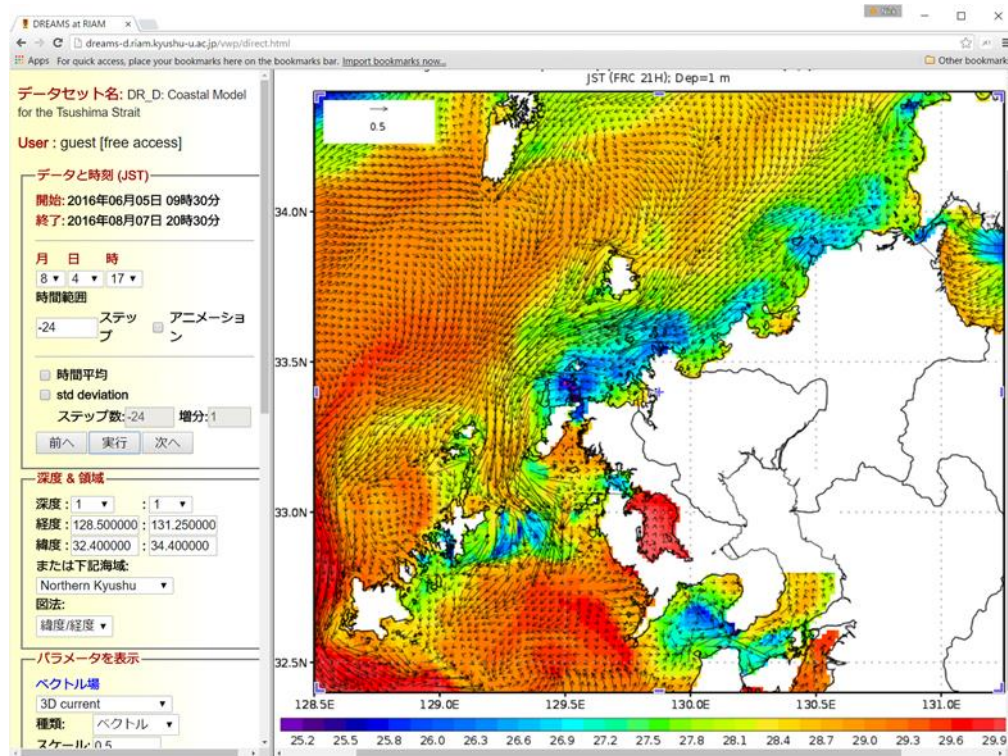


図 12-2 平成 28 年度地域戦略プロジェクト（個別・F S 型）「九州北部海域におけるスマート漁業の実現」によって試験開発された 1.5km メッシュ海況予報ホームページ

1.2.3. 通信・実証・普及

当事業のデータ配信においては、海況予報を広く公平に配信するホームページ(HP)情報と、個別対応に適したアプリ開発を両輪とする。

この海況予報 HP は、スマートフォンから漁協の大型スクリーンまで、様々な大きさの接続デバイスに自動対応で最適化させて、あらゆる漁業者に「見える化」する必要がある。データベースも世界標準 GIS に準拠させ、多目的に海況予報や市況情報を利用できる拡張性を担保する。漁場（魚群）の移動や紛失漁具の探索、有害生物・物質（大型クラゲや赤潮、海ゴミ等）の移流など、水産関連情報として様々な漂流物の経路予測が要望されることが多いため、ホームページ上で、初期位置・時刻を入力するだけで漂流物の移動経路を予測するサービスを提供する（JAFIC）。

いであ株式会社では、情報携帯端末（スマホ等）のアプリを開発する。操業現場で漁業者自身が計測した水温・塩分や流速の鉛直分布を表示し、漁具水深や漁場選択の一助とする。漁業者の意見を反映し、海況や波浪の情報を陸上の天気予報並みに分かりやすく表示させる。

個人向けアプリの長所を生かした機能として、電子的な漁業日誌が考えられる。2018 年度までの聞き取り調査の結果、漁業現場では多くの漁業者が既に電子情報として漁船の GPS プロッターに各漁場の情報をマーキングしており、その数が数万点にも上る漁師もいることが分かった。そこで、当事業では漁業者が船上で蓄えたプロッター情報をスマホ等端末に転送し、電子操業日誌として帰港後にプロッター情報を振り返り、海況情報と比較検討することができる機能（アプリ）をスマホ側に持たせる。揺れやすく雑音の大きい小型漁船では、スマホ等の画面操作や音声入力が困難となることも多いため、電子操業日

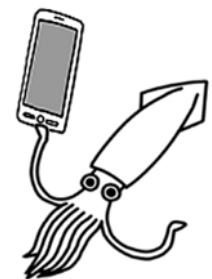
1. 研究開発の目的、目標及び内容

誌の主コンテンツとしては漁業者が船上で慣れた GPS プロッター情報を利用するのが確実に便利だと判断した。漁師は自宅で自分自身の漁獲ポイントをアプリ上で海況情報と比較し、今後の出漁計画に役立てることができる。自ら漁況と海況の関係を「考える」、科学的な視点を持った若手漁業者の育成が図られる。将来的には、正確な漁海況の電子情報が各県水産試験場に送信され、適切な資源管理に向けた客観的材料（ビッグデータ）となるにもなりうる。その第一歩として、漁船情報をスマホ等へ転送する技術を確認する意図もある。

各県では、漁業者説明会や勉強会などの様々な機会を通じて、海況予測情報を周知し、HP やアプリの利用方法を啓発する。漁海況予報の意義を理解することによって、より積極的な協力者も現れるだろう。現場漁業者の要望を反映して、HP やアプリを改良する必要もある。

当事業の性質上、開発する HP やアプリは沿岸漁業者に最適化したサービスとなるべきだが、できれば遊漁者や海運関係者など様々な海洋関係者を排除しない形態が望ましい。そこで当事業では、情報提供者へのインセンティブの設定を検討する。スマート CTD をキャスティングして、あるいは漁船 ADCP データを受信して、個人所有のスマホ等に現場情報が表示されたとしても、そのデータを海況予測システムへ提供するか個人的に秘匿するかでは、社会的利益や科学的成果に大きな差が生じる。当事業では、HP やアプリの利用において無償と有償の境界を設け、事業終了後の継続性を担保する。同時に、観測情報提供者へのインセンティブとして有償部分を特別に無償化する等の対応が考えられる。

当事業では、結果的に、スマホ等で最新情報を得た沿岸漁業者が、スマート化効率 15%以上を達成することを最終目標に定める。ここでいうスマート化効率は「単位漁獲量当たりの燃油使用量×出漁時間の減少率」と定義する。経費の削減と労働環境の改善を、単純化して分かりやすく数値化した。主要漁業対象種全てでスマート化効率 15%以上を実証した場合、当事業の自己評価はS評価である。（逆に、いずれも 15%を下回った場合の自己評価は最低のD評価。）



1.3. 研究開発の内容

1.3.1. 高密度観測網

安価で小型、かつ軽量の漁業者向け CTD（電気伝導度・水温・圧力）計測器を開発する。Bluetooth 等の無線で情報携帯端末（スマートフォン、タブレット PC 等）と通信可能な、いわゆるスマート CTDとする。漁業者の負担を軽減するためにも、測器を近づけると、端末上で即座に鉛直プロファイルを認識できるように便利なアプリケーションも同時に提供する必要がある。販売価格は 50 万円以下、重量 1kg 以下を目指して CTD を設計・開発する。安価にするため、カバーケースの素材や計測精度を多少は犠牲にする必要があるだろう。樹脂など様々な素材を検討してコストと耐久性の両立を図る。

実のところ、沿岸海域では水温や塩分の変動幅が大きいため、深海用センサーと比較して計測誤差も 1 桁以上の悪化を許容することができる（コストダウン）。陸棚海域の沿岸漁業形態を考慮しても、センサーの耐圧としては 200m 深程度で済む。他社製品と比較して、価格的に優位（安価）であるだけでなく、漁業者にも扱いやすい簡単な操作性とスマホ画面上での視認性を実現する予定である。

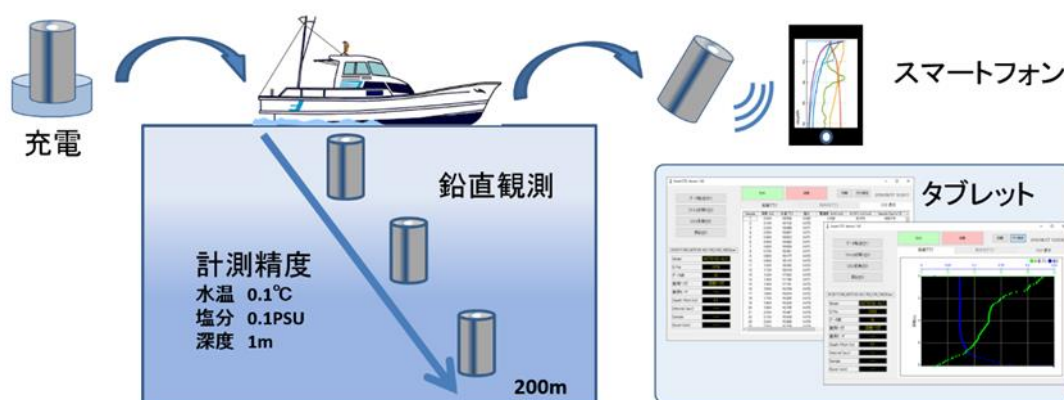


図 13-1 簡単操作の沿岸海域用スマート CTD 開発イメージ



図 13-2 沿岸漁業用スマート CTD (smart-ACT) の試作と検討

JFE アドバンテック（株）は、これまで高精度を追求する専門性の高いセンサー開発をしてきたおかげで、センサーの低性能化・低価格化はそれほど難しいタスクではない。むしろ、非接触充電や無線通信

1. 研究開発の目的、目標及び内容

(Bluetooth 等) 機能の導入といった、漁業者の「使いやすさ」に適合させるための作り込みの作業に時間を要するかもしれない。漁業活動を阻害しないよう、できるだけセンサーの反応速度を高める（CTD 観測に要する時間を短縮する）必要もある。そこでまず初年度中に数種類の試作品を提案し、2 年目から 多様な漁船で実証試験を繰り返し、漁業者の意見を積極的に取り込みつつ改良を施す方針である。最終的に沿岸漁業に最適化したスマート CTD を完成させ、一般販売に供する。

長崎県海域では、ヨコワなど表層回遊魚だけでなく、アカムツ・アナゴなど水産上重要な底魚資源も豊富である。これらを対象とした環境情報を得るためには、沿岸漁業とはいえ 200m 深を超える底層までの観測が必要とされる。計測が深部に達して測定時間が長くなり、漁業活動を阻害する恐れがあるため、リアルタイムで海中のデータを閲覧、発信できる CTD システム（既製品、以降 D-CTD と略記する）を導入し、協力者が常に底層の水温や塩分を意識しながら漁業活動を展開できるよう配慮する。こうして漁業者の協力によって得られた現場データは、第一に水産試験場が発信する海況情報となり、第二に海況予報モデルの修正用（同化）データとして利用される。（長崎県）

さらに、小型漁船の潮流計(ADCP)データを記録する装置を導入する。ADCP 信号を含む NMEA データロガー（既製品）を各県 5～10 隻程度に設置し、スマート CTD と同様に情報携帯端末との自動的な無線通信を行う（図 13-3）。いであ（株）が通信アプリ開発を担当し、各県水試がロガー設置と実証試験を行う。測器のモニターの役割を果たすスマホ等は、漁船内で漁師の目につきやすい壁面に固定する予定である。壁面に透明の防水ケースを固定しておく、と、作業中の濡れた指先でもタッチ操作しやすく、出し入れ容易だろう。2 年目からは、古野電気の協力を得て、魚群探知機のエコーグラムデータをも獲得する。潮流データと同様に、NMEA 信号の一部として得られるため、下図と同様の NMEA 信号ロガー（既製品）を用いることができる。ただし、潮流データの場合と比較して、データサイズが格段に増加するため、効率的なデータの圧縮方法（間引き方）を検討し、情報携帯端末（スマートフォン、タブレット PC 等）との接続方法も有線方式を含めて再検討する必要がある。

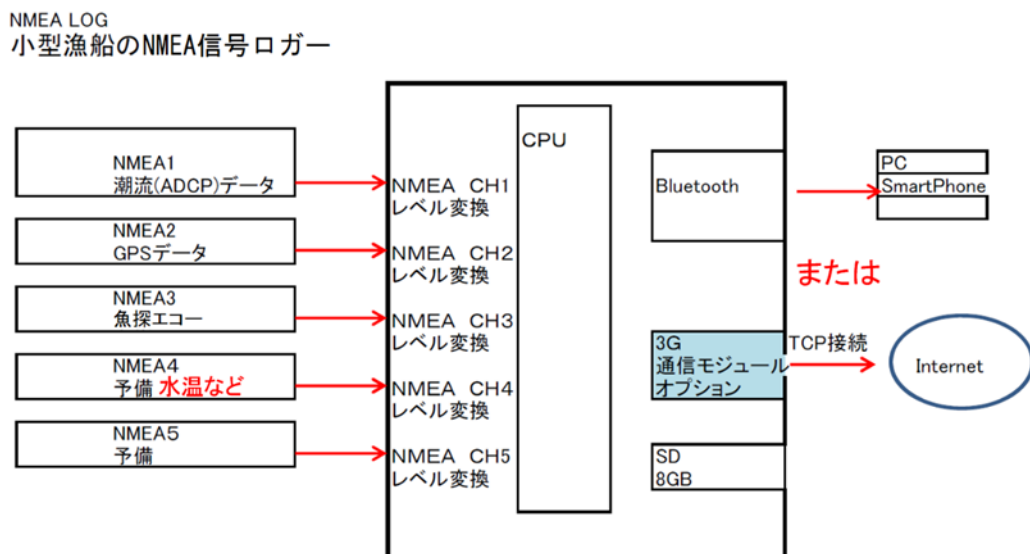


図 13-3 海上電子装置出力の国際規格(NMEA 0183)を利用し、潮流データや魚探エコーなどの漁船情報を取得、スマホ等へ無線データ送信する。

漁業者のスマホ等から陸上サーバーへと転送された CTD, NMEA データは、海洋観測専門船の計測値よりも品質が劣る（計測誤差が大きい）。こうした海洋観測データの事後処理に実績のある滝川（長崎大学）が漁船データの取得状況や異常値をチェックし、品質管理された同化用データセットを作成する。既に試験運用されている九州北部海況予測モデル DR_D の計算値と統計的に比較すれば、明らかに相関が低いなど、異常な傾向のある測器を簡単に特定することができる（力学的品質管理）。観測に起因する問題が生じている場合は、各県と協力して漁業現場で改善策を検討し、あるいは測器メーカーへのフィードバックを試みる。時空間的に近接する観測値を統合処理し(superobservation)、データ精度の向上と同化計算の負荷軽減を図る。

さらに衛星データや短波レーダー観測、定期フェリー観測などを加え、時空間的に世界最高密度の3次元沿岸海況モニタリングシステムが構築される。

2 年目（H30 年度）からは、船舶の高い位置から海面を画像計測し、白波碎波のモニタリングを行う。基本的には、デジタルビデオカメラによって撮影された海面画像の輝度情報から白波碎波面を検出する技術を応用する。俯角や撮影範囲がほぼ変化しない観測タワーなどの洋上施設に固定されたカメラによる画像計測技術は先行研究でほぼ確立しているが、それらの技術を、常に移動し動揺する小型船舶に取り付けたカメラによる海面画像計測へと展開・深化させる。ただし、小型船舶の場合、高い海上高度にカメラを設置することができず、大きな俯角を確保することが困難である。そのため、小さな俯角でかつ激しく時間変動する海面画像から統計的に精度の高い白波被覆率を算定するための要素技術の開発が不可欠である。小型船舶での海面画像計測の実例は少なく、その知見も乏しいため、2 年目の現場観測においては、まず比較的大きな俯角を確保しやすい（先行技術を応用しやすい）調査船での現地実験を行う。それらの知見を基に、最終年度において、大型船、さらに小型船へとカメラを設置する船舶を順次ダウンスケールし、浅い俯角でかつ動揺する状況下において、精緻な海面波浪情報を抽出するためのカメラ設置技術や画像解析手法を確立する。海面デジタル画像データの処理においては、1 秒間隔で得られた 600 枚程度のデジタル画像を平均化することで、非定常波浪場においても統計的に意味のある波浪状態量を抽出する。その際、大量のデジタル画像データを一元的かつ自動的に処理するために GIS 等の画像解析アプリケーションを利用することとなる。

1.3.2. 高精度漁海況予測

平成 28 年度地域戦略プロジェクト（個別 F S 型）で試験開発された、1.5km メッシュ構造格子モデル DREAMS_Dash (DR_D) をベースとする。平成 29 年度から始まった当該水産庁 ICT スマート沿岸漁業事業では、モデル再現性を抜本的に向上させるため、漁船観測データを数値モデルへ反映させる同化アルゴリズムを開発・改良する。各漁船で観測された CTD, ADCP データを当モデルへリアルタイム同化し、高精度に沿岸の海況変化を再現・予測する。同時に、九州大学応用力学研究所が長期間運用している短波レーダーと定期フェリー ADCP のデータも同化することによって、さらなる再現性と予測精度の向上を目指す。広範で不均質な観測データを正確に数値モデルへ反映させるためには、かなり高度なプログラムの技術と大容量・高速の大型計算機を要するが、代表者（広瀬）が開発してきた準最適データ同化手法（近似カルマンフィルター；Hirose et al., 2013 など）を利用することにより、計算の精度と負荷がバランスした同化モデルを構築することができる。

1. 研究開発の目的、目標及び内容

水平境界条件は日本海・東シナ海海況予報システム（日本海区水産研究所）の最新版 JADE2.1 に更新する。気象条件や漁船観測データ等の入力をすべて無人化し、海況予測計算が自動運用されるようシステム開発する。大規模プログラム開発のため大型計算機と計算サーバーをリースする。DR_D モデルでは、将来予測だけでなく、各県水試の定線 CTD データを入力した過去 10 年程度の再現計算を実施し、再解析データを作成する。この再解析データは漁場形成要因の特定に利用される。

当事業では、複雑な地形変化に伴う小規模な乱流構造を再現・予測するため、さらに高分解能の海況予測モデル DREAMS_Squid (DR_S) を作成する。DR_D と同様に九州大学応用力学研究所独自の海洋循環モデル RIAM Ocean Model を用いて、水平 500m メッシュ（鉛直 5m 以内）で長崎県から福岡県海域（主に対馬海峡）をカバーする。モデル計算の境界条件となる海底地形は電子海図をグリッド化し、海上気象条件は気象庁局地予報モデル GPV/LFM を利用する。水平境界条件は DR_D モデル（上述）である。

さらに複雑な海岸形状に対応するため、五島列島～松浦半島の沿岸域を最小 50m メッシュまで高分解能化した非構造格子モデル UCHI を作成する。計算負荷の増大を抑制するため、数値モデル作成者（九大・山口）と 3 県水試担当者が初年度前期に高分解能化すべき海域を綿密に検討し、計算資源の範囲内に絞り込む。有限体積法に基づく沿岸海洋モデル FVCOM を並列実行し、計算速度を向上させる。

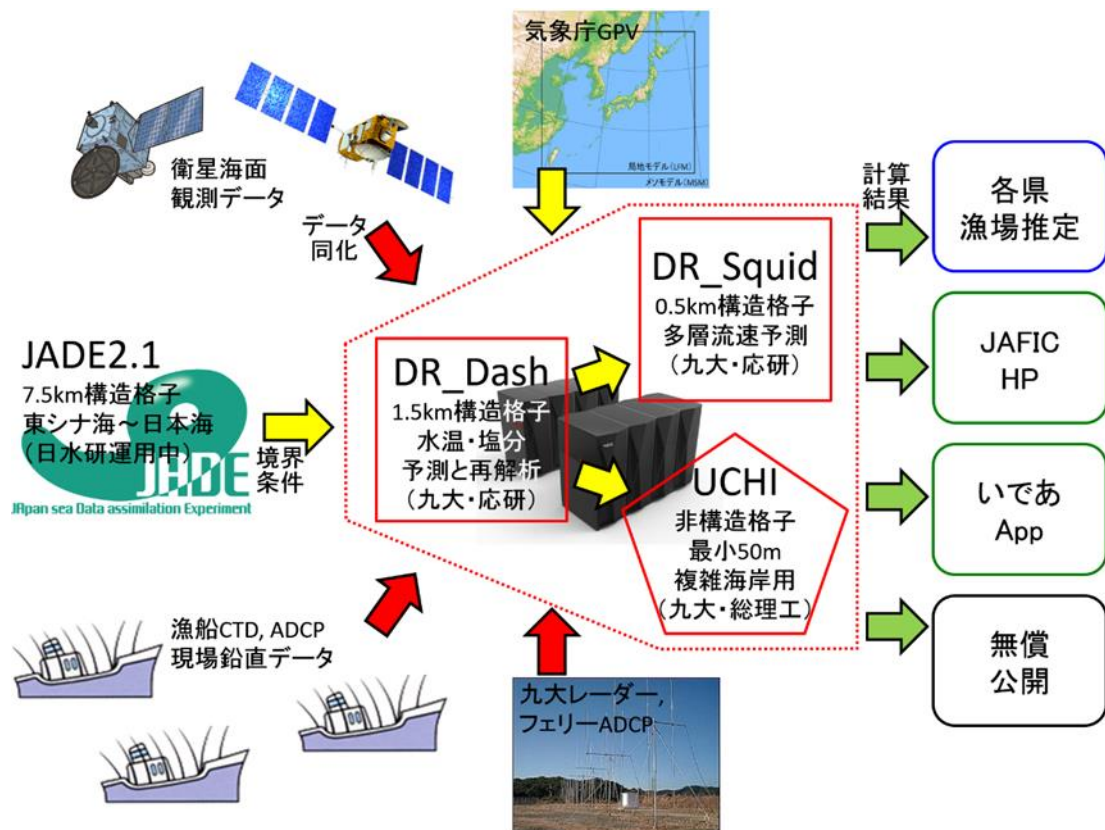


図 13-4 海況予測システムの開発イメージ（九州大学）

上記3種類のモデル試作後は、様々な現場・衛星観測データと計算結果を比較し、モデルの精度検証を行う（九大，JAFIC）。いずれも開発期間以上に試験運用とプログラム修正期間を十分確保し、高精度で信頼性の高い沿岸海況予測を実現する。漁業者の批判的意見を数多く集めるため、事業前半にホームページを開設する必要がある。JAFICでは、衛星観測データとの比較により精度検証を行い、その結果を逐次ホームページで発信する。事業期間後半には、蓄積した漁船NMEAデータから水深情報を抽出し、DR_SやUCHIモデルの海底地形データを修正、海流・潮流変動の更なる高精度化を図る。大容量の計算結果を管理・分析するために10TB級ハードディスクが20本以上必要となる見込みである。研究代表者（広瀬）は、これまでに多数の海況予測システムの開発に成功しており（東アジア縁辺海データ同化実験DREAMS、拡張版日本海海況予測システムJADE2、日本海リアルタイム急潮予測システムなど）、当事業の3モデル開発手順や期間は、従来の経験に基づいて最適化された計画となっている。

福岡県・佐賀県・長崎県の各水産試験場では、それぞれの主要魚種を対象に漁場形成と漁獲高を予測する統計モデル（HSIモデル）を作成する。上述したように、先行研究で既に各魚種の漁獲状況と水温分布との関係が確認されているので、まずはDR_Dモデルの水温・塩分分布を中心として、主要4魚種およびその他の漁獲データ（漁業者が記録する操業日誌をデータ化）を統計的に比較し、漁場形成要因（予測因子）を特定する。筑前海のマアジなど漁獲層がはっきりしない魚種については、漁具に極小型の水温計・深度計を設置し、漁獲層を把握しておく。モデル水温・塩分だけでは漁業記録を（統計的に）十分説明できない場合は、DR_SやUCHIモデルの流速データを利用する。事業後期には漁船CTD、ADCP観測データも蓄積し、統計分析が可能となる。魚探エコーデータを利用することによって、漁獲深度や餌環境の鉛直分布が明らかになり、漁場形成モデルの予測精度が一層改善する（図13-5）。

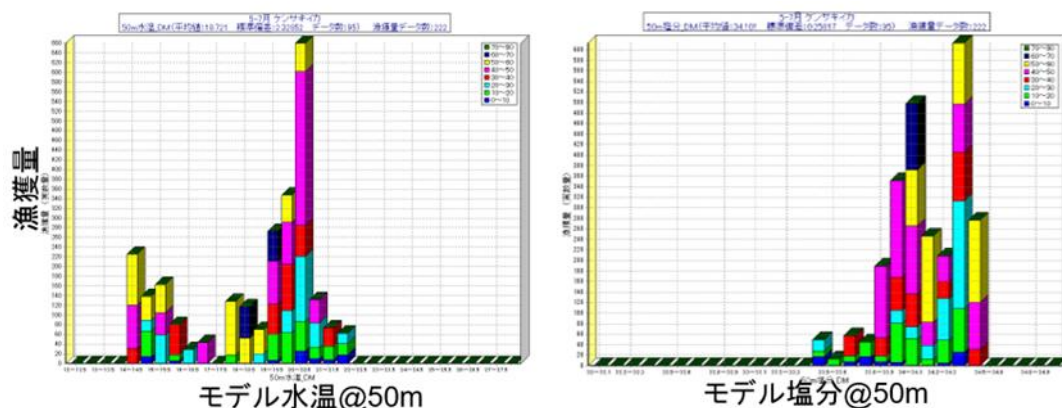


図 13-5 ケンサキイカ漁場・漁獲量データと海況予報モデルを統計的に比較し、表層(0m 深)よりも亜表層(50m 深)、さらに水温以上に塩分の変化によってケンサキイカ漁場が敏感に反応することが分かった。（佐賀県調査）

分析結果を元に HSI モデルの仕様を策定し、プログラム開発業務を漁場予測システムの開発実績がある民間会社に委託する。各県は、当プログラムを用いて漁場予測を試行し、漁業者との意見交換に基づいてプログラム改良を図り、漁場・漁獲量予測モデルを完成させる。

当事業における波浪予測モデルについては、船舶から得た画像から有意な情報を引き出せるかどうかの試験段階として、数値実験と技術開発に留めることとする。2年目（H30 年度）より、海面画像デー

1. 研究開発の目的、目標及び内容

タと波浪情報を連携的に活用するために、波浪予測シミュレーション手法の構築・精度検証を行う。波浪モデルとして第3世代波浪推算モデルの一つである SWAN (Simulating WAVes. Nearshore) を適用する予定である。まず、十分な波浪情報が収集された先行研究の現地観測データとの比較・検討に基づいて、現行波浪モデルの予測精度の詳細な検証と修正を行う。最終年度 (H31 年度) には、対馬海峡を対象として精緻化した波浪モデルによる波浪推算を実施する。波浪モデルによってシミュレートされた有義波高やピーク波周期、さらに碎波エネルギー散逸率のような碎波特性量を、海面画像計測から算出された白波被覆率のような波浪情報と関連づけることによって、海面画像情報から波高や周期のようなより基本的な海象情報を推定する手法の開発がターゲットとなる。

1.3.3. 通信・実証・普及

各漁船で得られた現場情報を広く配信することは、すべての漁業者に有利となる訳ではない。一部の熟練漁師は、必ずしも自船の活動記録を (特にリアルタイムでは) 公開したくないかもしれない。長年の経験で蓄積してきた漁業活動に関する有利な知見 (秘密情報) がライバル船に漏れる怖れがあるためである。共存共栄を目指す水産資源永続化(sustainability)の理想には反するかもしれないが、漁獲競争もまた日本で最後といわれる狩猟民の否定できない特性である。

漁業者との信頼関係なくして沿岸漁業の支援事業は成り立たない。当事業では、漁船 GPS 情報を含む漁業活動の記録は、すべて各県水産試験場管理とし、漁業者の秘密情報の取り扱いに細心の注意を払う。各県は、適切な資源管理や禁漁区域の取り締まりなど、公共の利益に照らして限定的に漁船データを利用できるものとする。

上述した海況予測モデルへの漁船データ入力も社会的利益の一環である。当事業では、モデル結果を無償公開することによって、漁船位置情報を守りつつ、グリッド化されて公平な海況情報を幅広い漁業者に還元する方針である。各漁船で得られた CTD, ADCP データをモデルに同化することにより、予測精度が向上するばかりか、過去から現在に至る海況 (再解析値) も数値モデルのグリッドで再現されるため、モデル結果で漁船位置は見えないのである。

モデル情報 (特に予測情報) のホームページ(HP)配信は、漁業情報サービスセンター(JAFIC)が担当する。平成 25 年度の情報通信白書 (総務省) でも推奨される G 空間情報を活用した HP を構想中である。具体的には、本研究で目指す GIS において利用可能なデータを精査し、GIS の基本機能を決定する。ベースとなるのは3種類の沿岸海洋モデル(DR_D, DR_S, UCHI)によって得られる水温、塩分、海流等の海況データである。さらに JAFIC で扱う人工衛星データなどを加える。GIS では面的なデータに加えてポイントデータも同列で扱うことができるので、各港や市場での水揚げ量や価格情報との GIS リンクを導入する。

GIS を使った情報配信の応用技術開発として、流動解析機能などの実装も予定している。赤潮や卵稚仔や魚群などの流動解析は、それらの予測・予察をする上では有効な情報となり得る。海況予測モデルの流速分布 (オイラー分布) を基に、漂流物 (ラグランジュ粒子) の移動をオンデマンドで計算するプログラムをウェブサーバーに導入する。

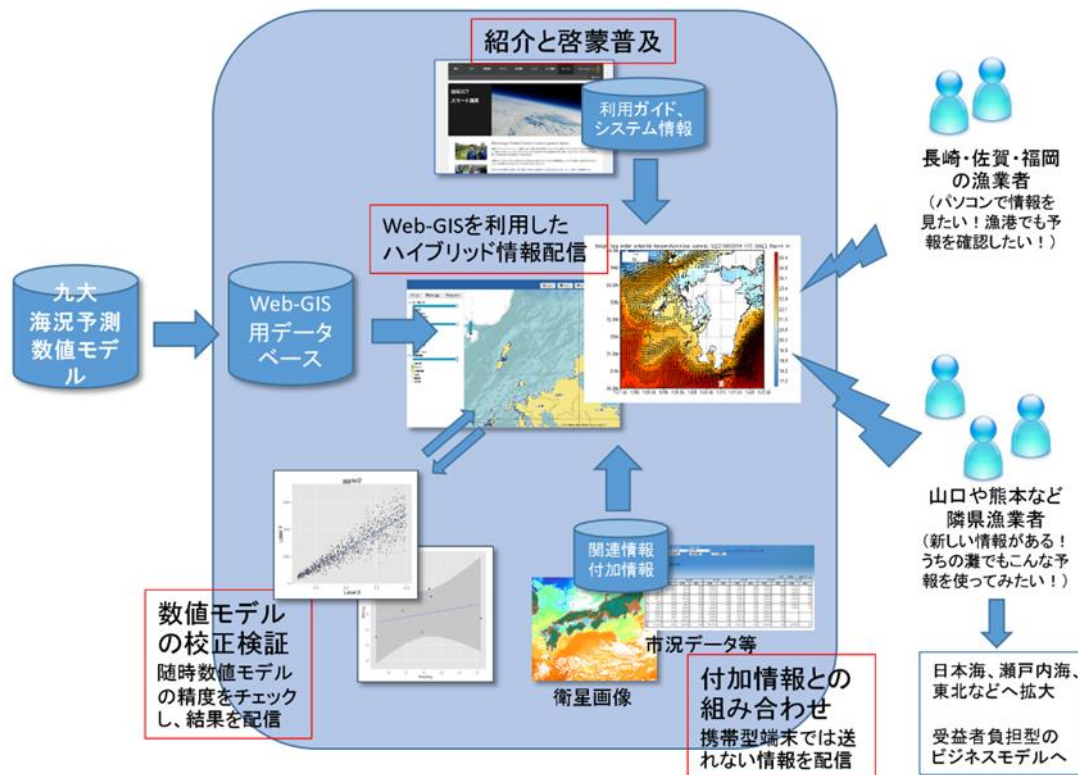


図 13-6 GIS をベースとした海況予報ホームページの開発イメージ (JAFIC)

いであ株式会社が開発するスマートデバイス用アプリでは、50 万人以上の会員を有する気象情報「ライフレンジャー天気」での技術や経験を活かし、海況予報や気象情報等をスマホ等へ分かりやすく提供する。さらに、季節情報共有アプリ「Sai-jiki」やセンサーゲートウェイアプリ「Canaria」等のノウハウを基に、双方向通信の有利さを生かした個別対応機能を充実させる。自船で獲得した CTD, ADCP, エコーグラム等の現場データを地図上で表示する機能により、漁業者はモデル予測との違いを即座に当日の漁業活動へ反映することができる。プロッターのマーク情報と連動した漁業日誌機能によって、過去の海況と海況を比較し、当日～翌日の客観的な出漁判断が促される。スマホ時代の若手漁業者（特に新規参入者）がゲーム感覚で楽しめる沿岸漁業支援アプリを構想している（図 13-7）。

3 県の水産試験場は、協力漁業者を主要 4 魚種で合計 40 人以上確保し、漁獲量や燃油使用量、労務時間をモニターする。開発した HP やアプリの見方を指導し、効率的な漁業を行うための助言を送る。さらに、スマート CTD や海況予報、特に HP やアプリの使用感について漁業者との意見交換を密に行って問題点を洗い出し、海況予報の有効性についても調査する。また、プロッターのマーク情報から、漁獲位置データの収集も同時に行う。意見交換を通じて、逆に漁業者から経費節減や漁場形成要因のヒントを得られる機会もあるだろう。

同時に、情報提供者への謝礼方法についても、当事業中に議論する必要がある。スマート CTD をキャスティングして現場観測データを得たとしても、その情報を海況予測システムへ提供するか個人的に秘匿するかでは、社会的かつ科学的利益に大きな差が生じる。HP やアプリの上級サービスを有償化し、漁船データの提供者にのみ無償提供する等のインセンティブを設定することで、事業終了後も民間企業の収益を確保しつつ、漁業者の協力意欲を刺激したい。

1. 研究開発の目的、目標及び内容

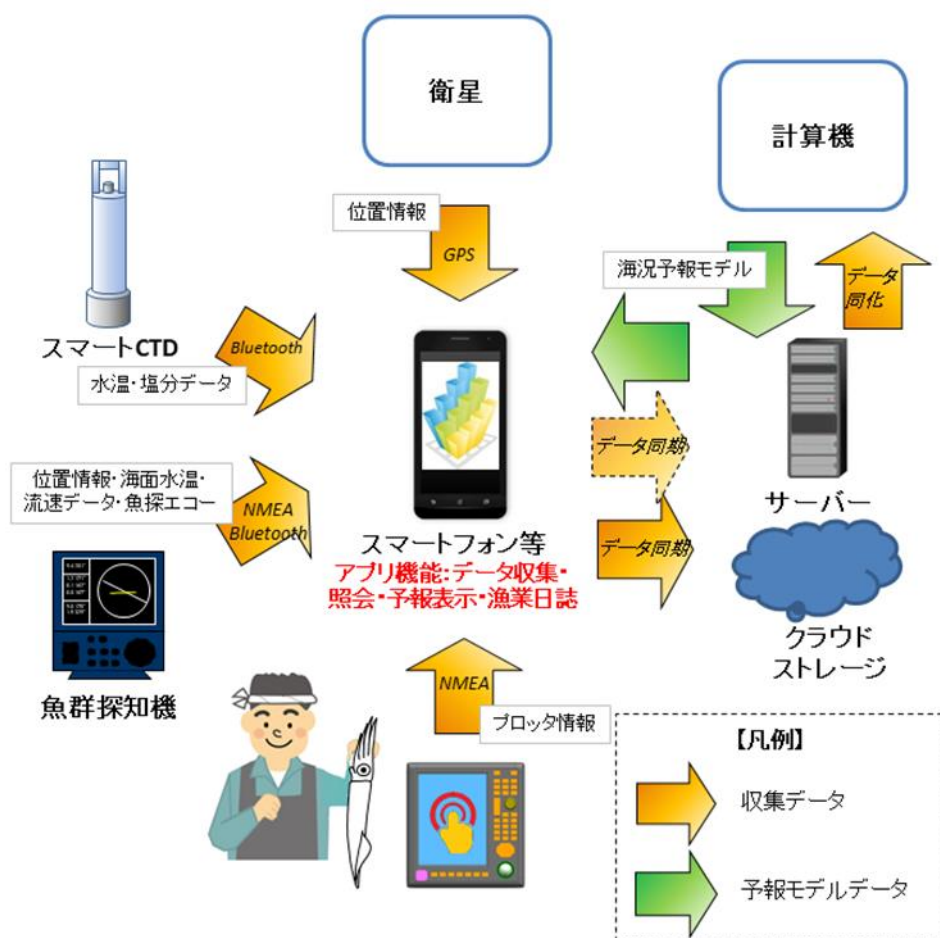


図 13-7 小型漁船漁業支援アプリの開発イメージ (いであ)

漁業者向けの説明会や学習会などの場を通じて、さらに広範な漁業者に対して開発した HP やアプリを啓蒙、普及、さらに反響調査していく。さらに漁協や行政に対しても、適宜「次世代スマート沿岸漁業技術開発事業」の成果として、海況予報による漁業の効率化や所得向上等の説明を行う。最終的に、漁業者の観測網整備が、精度の高い海況予報を通じて 漁家経営改善に資することを数値的に実証し、本事業終了後の継続性を担保する。

1.3.4. その他

実施計画の作成

現時点で考え得るベストな研究実施計画は、上述してきた内容と様式4中の「研究開発計画」に示すとおりである。1枚のポンチ絵に要点をまとめると、次ページのようになる。

事業を円滑に進めるため、毎年3月（技術検討委員会前後の期間）に、検討委員や水産庁担当者と意見交換しつつ、次年度の実施計画を作成する予定である。

技術検討委員会の開催

各年度初め（4月または5月）にキックオフミーティングを兼ねた技術検討委員会を開催する。3名の委員としては、現段階では、代表的な地元漁業者、水産資源研究の専門家、漁船ITに詳しい技術者、の3名を想定している。（受注後に水産庁担当者と協議し、決定する。）

年央（9月または10月）の委員会は漁業現場に近い場所で開催し、委員会の前後に漁業者説明会を設ける。可能な限り外部にも開かれた（オブザーバーを歓迎する）委員会としたい。

年度末（2月または3月）の委員会では、当該年度の成果を取りまとめ、次年度計画の確認と修正を行う。事業終了後（平成32年度以降）も、近隣メンバーで年1回程度の情報交換会を継続する予定である。

年3回の技術検討委員会のうち、1～2回はオンライン（ネット）会議の形式をとり、経費や時間のコストを縮減する。当事業の参加者は九州北部、兵庫県南部、関東地方のいずれかに拠点を持っているので、この3ヶ所それぞれに小会議室を設けて地区毎に集合し、SkypeやLineなどの無料グループ通話機能で3ヶ所と検討委員を結ぶ方式を想定している。

報告書の作成

毎年度末（履行期限まで）に、報告書を作成し、紙媒体および電子媒体を指定部数の通りに水産庁研究指導課へ提出する。複数のセキュリティソフトウェアで電子媒体のウィルス検査を行い、ウィルス対策に万全を期する。

1. 研究開発の目的、目標及び内容

1.4. 今年度の研究計画

1.4.1. 高密度観測網

表 14-1 高密度観測網の工程表（2019 年度）

平成31年度	2019 4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	2020 1月	2月	3月
S-CTD実機作成・修正	JFEアドバンテック											
S-CTDソフトウェア修正			JFEアドバンテック									
S-CTD現場検証実験	3県・長崎大											
D-CTD現場実証実験	長崎県											
NMEAデータロガー設置・通信	3県・いであ・フルノ											
NMEAデータ解析の基本設計	フルノ・いであ・3県											
NMEAデータ解析ソフトウェア作成				フルノ・いであ・3県								
海面画像に基づく波浪情報抽出	九州大(総理工)・いであ・福岡県											
精度検証	長崎大・3県											

JFE アドバンテック（株）は、S-CTDの実機作成へと移る。実機を50台以上作成し、現場へ提供する。各県や大学では、実機のほとんどを協力漁業者へ貸し出し、事業終了後も持続可能な観測体制を構築する。各県・大学は3ヶ月ごとに漁業者の声をまとめ、測器の改良に役立てる。ハードウェアは前年度までにほぼ完成しているので、今年度はソフトウェアの修正が中心となる。特段の問題がなければ、10月以降に一般販売を開始する予定である。

各県・大学では、並行して科学的（精密）な観測を実施し、漁船観測(CTD, ADCP, 等)データの誤差検証と漁場環境の把握を行う。長崎大学ではさらに漁船観測データの統計処理を行い、マップ化を試みる。深海用D-CTDとNMEAロガーについては、引き続き3県水試が既製の測機を使用して漁業現場で実証実験を継続、適宜改良を施す。古野電気（株）といであ（株）が協力して、魚探エコーデータとGPSプロッターのマーク情報をNMEAロガーから情報携帯端末まで転送する技術開発を行う。潮流データと比較して情報量が格段に増えるため、Bluetoothで転送量が十分確保できない場合は、無線LANによる接続方法を検討する。

福岡県が運行する調査船などにより小型のデジタルビデオカメラを設置して、多様な海象条件における海面画像の撮影を実施し、得られた海面画像データの処理手法の開発を行う。

精度検証はあらゆるレベルで行われるものだが、上表で示す長崎大学を中心とした精度検証は、データ間、あるいはデータ・モデル間のミスマッチ検出といった客観分析、あるいは物理学・生物学的知見に基づく学術的な検証を意味する。

1.4.2. 高精度漁海況予測

表 14-2 高精度漁海況予測の工程表（2019 年度）

平成31年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
DR_Dデータ同化(漁船・衛星)	九州大(応研)											
DR_D, S運用・修正	九州大(応研・総理工)											
波浪モデルと画像データの比較検証	いであ・九州大(総理工)											
漁場予測モデル作成	3県・いであ											
モデル精度検証(現場・衛星データ比較)				九州大(応研)・JAFIC								

さらに予測精度を向上させるため、DREAMS_Dash (DR_D)に漁船 ADCP データや S-CTD データだけでなく衛星データや短波レーダーの流速データ等もリアルタイム同化する。

DREAMS_Squid (DR_S) 500m メッシュ構造格子モデルと内側域非構造格子モデル (UCHI) の実運用を開始し、予測データの安定供給を図る。

いであ（株）が中心となって、上記数値モデルの予報値（水温、塩分、流速など）から GPS プロッターのマーク分布を予測するアルゴリズムを開発する。前年度までに得られた主要 4 魚種の漁場推定方法を元として、さらに魚探エコーデータの利用も検討する。

前年度において観測塔での先行研究データの検証を行った波浪推算モデル (SWAN) を用いて、当年度では、漁船などに設置したビデオカメラから得られる海面画像情報と波浪推算結果による波浪情報を結合し、海面画像に基づく波浪情報抽出技術を開発する。

精度の検証においては、データ同化によって高精度化している DR_D モデルを主な評価対象とする。（ネスティングによってさらに高分解能化する DR_S および UCHI モデルは、さらに高性能とみなす。）

1.4.3. 通信・実証・普及

いであ（株）は各県の現場からの意見を反映して、計測データ取得・表示と漁海況予報、操業日誌の各アプリを完成させる。海況予報の表示部には気象情報も付加する。NMEA データ（ADCP、魚探エコー、プロッター）に関しては、古野電気（株）と緊密に連携する。

操業日誌アプリには、基本的にプロッターのマーク情報を NMEA 信号を通じて表示し、さらに他のアプリ機能とのデータ連携を行う。アプリ側でも漁場位置や漁獲情報を追記できる機能を持たせる。過去の操業情報を船外に持出せる機能とし自宅などでの操業計画を支援する狙いである。

JAFIC は、ホームページを通じて海況予測モデル (DR_D) の予報値を表示する。漂流物の経路予測を実行・表示するプログラムを実装し、市況情報の提供も試行する。

各県水試は今年度も漁業者説明会や勉強会を各地で開催し、当事業への理解を促進、協力者を募る。3 県で合計 40 名以上の実証協力者に対してスマート化効率の聞き取り調査を行う。

1. 研究開発の目的、目標及び内容

表 14-3 通信・実証・普及の工程表（2019 年度）

平成31年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
NMEA信号処理・操業日誌(App)	いであ,フルノ											
CTD信号処理・可視化(実機化対応)			いであ									
モデル予報HP, App(修正)		いであ, JAFIC										
海況情報配信(運用)	いであ, JAFIC											
粒子解析プログラム開発	JAFIC											
市況情報配信(HP)				JAFIC								
漁業者説明会・勉強会・聞き取り調査	3県											

九州大学と各県は、当事業の技術開発と資源・漁獲情報ネットワーク構築事業との連携方法について協議する。特に、共有できる技術項目や計測データについて整理する。情報提供者へのインセンティブを考慮して、慎重な議論が必要である。

その他

表 14-4 計画・委員会・報告の工程表（2019 年度）

平成31年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
実施計画の作成	(前月) 											H32
技術検討委員会の開催	ネット					福岡					九大orネット	
報告書の作成												H31

2019年4月は年次計画の確認、2020年3月は成果取りまとめ及び次年度以降の計画打ち合わせのための会議である（できるだけオンライン会議とする）。年央の委員会は福岡県福岡市で開催し、前後に漁業者説明会を設ける。可能な限り外部にも開かれた（オブザーバーを歓迎する）検討委員会としたい。

共同9機関が7都県に分散しているため、実際にこの開発業務を遂行する上で年数回の会合だけでは意思疎通が延滞する恐れがある。適宜、インターネット回線を使ったオンライン会議を開催する（出張旅費や時間の節約にもなる）。