

戦略的創造研究推進事業 CREST
研究領域「イノベーション創発に資する人工知能基盤技術の
創出と統合化」
研究課題「FishTech による持続可能な漁業モデルの創出」

研究終了報告書

研究期間 2019年4月～2022年3月
(追加支援により、2023年3月まで延長)

研究代表者: 飯山将晃
(国立大学法人滋賀大学
データサイエンス学部
教授)

§ 1 研究実施の概要

(1) 実施概要

「海との共生に向け、漁船 IoT と水産・海洋学の知見を情報学で繋げた新たな技術～FishTech～により広大な海を理解し、そこから経済性と資源保護を両立させた持続可能な漁業を実現する。」これを研究ビジョンとして掲げ、水産海洋ドメイン知識・水産海洋センシング・AI 技術からなる FishTech を確立し、これにより経済性と資源保護を両立させた持続可能な漁業モデルを創出するための研究開発、および実証を行った。

研究開発は大きく以下の 3 つの要素に分けられ、これらの 3 要素を繋げることで気象予測から操業計画までをカバーする持続可能な漁業モデルが構築できる。

1) 海況の推定・予測 [田中チーム(一部は飯山チーム)]

漁業において必要不可欠な海水温などの海況情報を推定・予測する技術開発を行った。日本の周辺海域をカバーする水平解像度 2km のモデルを開発し漁業者に日々提供するシステムを構築した。また、2km 解像度のモデルでも再現が難しい沿岸の海況予測については、漁船からの観測情報も導入しながら 500m(静岡県沿岸)と 350m(三陸沿岸)、さらに 100m(浜名湖)のモデルを構築した。これらの成果は、漁場推定グループの研究開発に活用されている。また、深層学習による海況推定・予測についても研究を行い、ひまわり 8 号がカバーする広範囲の欠損のない海況情報を生成する手法を確立した。

2) 漁業情報の収集と集魚メカニズムの解明 [栗田チーム]

漁場予測および海況推定のための現地観測データ、およびそれらの性能検証のため、操業情報の収集と解析を行う仕組みを構築し、また水産学の見地からの集群メカニズム、来遊メカニズムを定量的に説明することを試みた。成果として、親潮上流域から三陸沿岸へのオキアミの輸送過程を明らかにし、歴史的に不漁となった 2020 年の現象がこの輸送過程の変化で説明できることを明らかにした。また、計量魚群探知機によりオキアミ分布量を広域かつ迅速に把握するシステムを開発した。この成果は漁場予測および中期的な操業計画の立案に活用することができる。

3) 海況情報と漁業情報からの漁場推定・漁業経営方策の立案 [飯山チーム(一部は栗田チーム)]

海況情報と漁業情報から教師有り学習によって良い漁場が形成される海域を推定する手法を構築した。海況の時空間パターンに加え、漁業者の行動や経験知を予測モデルに組み込むことで、遠洋カツオ漁の漁場予測で平均的な漁業者の成績を上回る結果を得、2021 年度に実施した漁業者への予測情報の配信でも従来の HSI モデルを大きく上回る予測精度を示した。沿岸の漁場推定において、三陸沿岸のミズダコの漁場推定手法を開発し海況情報から漁獲量を回帰する手法を開発した。また、オキアミの価格形成メカニズムを分析し漁場推定技術によって漁業効率が 30%改善する場合、価格減少が生じるものの漁獲金額が 20%向上することが示された。

研究ビジョンは、「海との共生に向け、漁船 IoT と水産・海洋学の知見を情報学で繋げた新たな技術～FishTech～により広大な海を理解し、そこから経済性と資源保護を両立させた持続可能な漁業を実現する。」である。

運用を開始した日本沿岸 2km 解像度予測はデータに基づく漁業を加速する基礎情報であり、漁業者への直接提供、自治体を經由した提供の両方で水産関係者へと浸透しつつある。また、漁場推定についてもインドネシアでの漁業 DX プロジェクトなどを足がかりに普及が進んでいる。このように FishTech の開発を通してソーシャルインパクトがある結果が得られた。

さらにこれらの研究成果を社会に展開するためのビジネスモデルの構築[小山田チーム]とそ

のビジネスモデルに基づいたスタートアップ(株式会社オーシャンアイズ)を設立した。本プロジェクトに参加した海洋モデルの研究者 2 名(主たる共同研究者の田中を含めると 3 名)、深層学習による衛星画像解析・漁場推定の修士学生・博士後期課程学生それぞれ 1 名が本スタートアップの社員として活躍しており、「アカデミックからスタートアップへ」のキャリアパスの構築に成果をあげている

研究ビジョンの達成指標である、静岡県(カツオ漁)での漁場情報の提供については 2020/8 より「AI 漁場予測図」として実現できており、岩手県・宮城県(イサダ漁)での提供についても 2022年 3 月漁期にて実施した。また、もうひとつの達成指標であるスタートアップを経由した海況データ利用事業者数については目標(200ID)をやや下回る結果となった。今後も普及を続けていく必要がある。

沿岸・沖合・遠洋のすべてをカバーする FishTech の実現を目標として 1 年間研究機関を延長し、漁場推定・海況予測技術の改善・運用・評価を実施した。具体的には以下の 3 点を実施した。(1)遠洋カツオ・沖合キハダマグロ・沿岸オキアミ漁の予測モデルをそれぞれ改良・新規開発し、その性能評価を行った。(2)これらの予測結果に加え、2km、400m 解像度の海洋予測モデルの実運用を開始し漁業者への情報提供を行った。(3)オキアミの生態解明および漁場予測のための操業データの収集と分析を行い、計量魚探による資源量推定技術の開発を行った。

(2) 顕著な成果

<優れた基礎研究としての成果>

1. 海面水温データの欠損修復技術に関する研究

概要:

人工衛星から観測される海面水温データに雲による欠損がある問題に対して、これを深層学習によって補完する技術を開発した。気象観測データに対する深層学習は国内外で事例があるが、本研究は海水温データの欠損の補間を高い精度(RMSE1°C未満)で実現し、かつ気象衛星ひまわりがカバーする広範囲の領域を短時間(数秒)で処理できる点に優位性があり、本研究はクロロフィルの欠損修復など他の衛星観測データの欠損修復にも応用可能なものである。

2. 自動解析、情報送信システムの構築

概要:

計量魚群探知機(以下、計量魚探)は魚の量を把握するために世界中で用いられている。得られたデータは専門の解析プログラムなどを介し、現存量を算出する。本事業では、機種異なる計量魚探で得られたデータに対応し、船上で自動解析するプログラムを開発した。本プログラムは対象のオキアミの分布量のみを数値化することでデータ量を軽量化する。さらに、軽量化されたオキアミ分布データを携帯電話によって定期的に陸上へ自動送信するシステムを構築した。複数の調査船に本システムを設置したことで、広域のオキアミ分布量を同時かつ迅速に把握することを可能とした。

3. 350m・100m 数値モデルの構築

概要:

沿岸の漁場予測に必要なより高解像度な海況データに対応するモデルを構築した。三陸沿岸 350m 解像度モデルと静岡県沿岸を中心とした 500m 解像度モデル、さらに、浜名湖を対象に 100m解像度モデルを構築した。リアス式海岸の沿岸における養殖業や、沿岸のシラス漁など、高解像度の情報が必要な沿岸海域での活用が期待されている。

<科学技術イノベーションに大きく寄与する成果>

1. 漁場ナビ

概要:

漁業における操業計画・漁場決定に重要な役割を果たす海況情報を漁業者に提供するシステム「漁場ナビ」を開発した。これは日本沿岸の高解像度の海中予測、日本・インドネシア・オーストラリアを含む広範囲の予測情報、ひまわりによるリアルタイム高解像度水温情報を提供するシステムであり、「データに基づく漁業」を普及するためのツールとして活用が期待される。

2. カツオ漁場予測システム

概要:

3 日先の遠洋カツオ漁の漁場を予測するシステムを構築した。既に漁業者向けに予測データの配信を行っている。従来の HIS モデルによる漁場予測の性能を凌駕するものである。今後、同様のアルゴリズムを用いて他の魚種にも適用可能な技術であり、本プロジェクトが提案するサステイナブル漁業に向けた漁業コストの削減に向けて重要なツールとなる。

3. 分布量広域把握システム

概要:

本事業で構築した分布量広域把握システムは、オキアミの他、イワシ類などの浮魚やマイクロネクトン等、様々な生物のモニタリングに幅広く適用可能であり、多様な種を対象とした生態系ベースのモニタリングにおいても有効な手段となることが期待される。

<代表的な論文>

1. "Cloud-Free Sea-Surface-Temperature Image Reconstruction from Anomaly-Inpainting Network", Nobuyuki Hirahara, Motoharu Sonogashira, Masaaki Iiyama, IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, early access, 2021.

概要: 人工衛星から海水温データには雲域による欠損がある。これに対し深層学習を用いた学習型インペインティングにより欠損した箇所の水温を推定する手法を提案した。提案手法の特色は敵対的学習に物理モデルに基づく海水温の 2 次元パターンを正事例として用いた点と平均水温からの差分を学習するモデルを採用した点にある。これにより気象衛星ひまわり 8 号がカバーするエリアすべてに対して欠測の無い海水温情報を提供可能となった。

2. "Unusually high sea level at the south coast of Japan in September 2011 induced by the Kuroshio", Norihisa Usui, Koji Ogawa, Kei Sakamoto, Hiroyuki Tsujino, Goro Yamanaka, Tsurane Kuragano, Masafumi Kamachi, Journal of Oceanography, Vol.77, pp-447-461, 2021.

概要: 北西太平洋を対象とした 4 次元変分法によるデータ同化プロダクトと、そこからのダウンスケールモデルによって、日本沿岸の異常潮位の発生が黒潮の流路変動によってもたらされることが明らかになった。日本周辺における沿岸の潮位変動と外洋の海況変動の関係性は未解明のものが多く、本研究はその解明において重要な示唆を与えるものである。

3. "Region Proposal and Regression Network for Fishing Spots Detection from Sea Environment", An Fu, Kalpesh Patil, Masaaki Iiyama, IEEE Access, Vol.9, pp.68366-68375, 2021.

概要:

カツオ漁を対象とした海況データからの漁場推定手法を提案した。単に漁獲量を回帰するモデルではなく、大量の漁獲データと水温パターンから、「良い漁場」となる特定のパターンを検出し、そのパターンとの類似度によって漁場推定を行う。さらに領域提案ネットワークを利用することで漁場に適さない海域を除外することで良漁場候補を絞り込む手法を開発した。この技術により、漁業者の平均漁獲量よりも高い性能を達成した。

§2 研究実施体制

(1) 研究チームの体制について

① 「飯山グループ」

研究代表者: 飯山将晃 (滋賀大学・データサイエンス学部 教授)

研究項目: FishTech による持続可能な漁業モデルの創出

- ・ 海況・漁業活動のマルチモーダル分析
- ・ 衛星観測とパターン情報処理に基づく海況推定
- ・ 海洋水産情報活用基盤の構築・運用

② 「田中グループ」

主たる共同研究者: 田中裕介 (国立研究開発法人海洋研究開発機構・付加価値情報創生部門地球情報基盤センター・招聘特任技術副主任)

研究項目: On Spot 海洋環境把握プラットフォームの開発

- ・ 漁船センシングデータを海洋水産情報活用基盤へ取込むための技術開発
- ・ 沿岸向け高解像度海洋数値モデルによる海洋環境推定技術の開発・運用
- ・ カメラ画像と機械学習による沿岸域海洋環境推定技術の開発
- ・ 推定された海洋環境をセンシングデータと統合する On Spot 海洋環境把握の技術開発

③ 「栗田グループ」

主たる共同研究者: 栗田 豊 (国立研究開発法人水産研究・教育機構・水産資源研究所・副部长)

研究項目: 漁場予測モデル検証と効率的・持続可能な漁業戦略策定

- ・ ツノナシオキアミの集群および漁場形成メカニズム解明
- ・ 効率的で持続可能な漁業戦略の策定
- ・

④ 「小山田グループ」

主たる共同研究者: 小山田耕二 (京都大学・学術情報メディアセンター・教授)

研究項目: 漁場予測モデルの分析とその影響評価

- ・ 漁場推定・海況推定の実証評価

※1 年追加支援時の体制

① 「飯山グループ」

研究代表者: 飯山将晃 (滋賀大学・データサイエンス学部 教授)

研究項目: FishTech による持続可能な漁業モデルの創出

- ・ 海況・漁業活動のマルチモーダル分析
- ・ 海洋水産情報活用基盤の構築・運用

② 「田中グループ」

主たる共同研究者: 田中裕介 (国立研究開発法人海洋研究開発機構・付加価値情報創生部門地球情報基盤センター・招聘特任技術副主任)

研究項目: On Spot 海洋環境把握プラットフォームの開発

- ・ 漁船センシングデータを海洋水産情報活用基盤へ取込むための技術開発
- ・ 沿岸向け高解像度海洋数値モデルによる海洋環境推定技術の開発・運用
- ・ 推定された海洋環境をセンシングデータと統合する On Spot 海洋環境把握の技術開発

③ 「栗田グループ」

主たる共同研究者: 栗田 豊 (国立研究開発法人水産研究・教育機構・水産資源研究所・副部长)

研究項目: 漁場予測モデル検証と効率的・持続可能な漁業戦略策定

- ・ ツノナシオキアミの集群および漁場形成メカニズム解明
- ・ 効率的で持続可能な漁業戦略の策定

(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

本事業による研究開発を足がかりとして、漁業の現場に近い地方自治体との連携、漁業関係者との連携をとれる体制を整えている。

静岡県環境衛生科学研究所と浜名湖の循環シミュレーションに関して共同研究事業を開始し、また、静岡県環境政策課が進める駿河湾の陸域と海域を繋いだ環境シミュレーションモデル構築の事業についてアドバイザーとして参加している。

ツノナシオキアミ漁のフィールドである東北沿岸地域においても、操業記録協力漁業者関係者との情報交換を行い、得られた操業データの解析結果のフィードバックや操業実態の聞き取りを実施するなど、漁業関係者とのネットワーク構築に務めている。

産業界との連携として、2つの事例を紹介する。連携の担い手となっているのは、いずれも株式会社オーシャンアイズである。

まず、通信機器大手や衛星ベンチャーとの共同研究を開始した。高解像度の衛星画像の解析と、数値モデルによる海況予測の組合せにより、河川プルームや潮目など、これまで衛星からは定常的に観測できなかった海況情報を得ることを目指している。

水産分野では、魚探やGPSプロッタなどの船載センサ情報の船団内共有サービスを展開する水産ベンチャーと連携し、彼らの顧客である沖合旋網船で「漁場ナビ」のテストマーケティングを行っている。将来的には、同社がユーザーの同意を得て収集している船載機器データの活用も視野に入っている。