

1. 担当 PM

田中 邦裕（さくらインターネット株式会社 代表取締役社長）

2. クリエータ氏名

松村 優作（北海道大学 水産科学院 海洋生物資源科学専攻）

佐藤 寛通（北海道大学 環境科学院 生物圏科学専攻）

3. 委託金支払額

2,736,000 円

4. テーマ名

魚群や動物プランクトンの空間分布を可視化するシステムの開発

5. 関連 Web サイト

なし

6. テーマ概要

本プロジェクトでは、海洋物理環境データを基に魚群および動物プランクトンの空間分布を予測するシステムの開発を目的としており、漁獲量の将来予測および漁獲規制の正確な実施を可能にすることである。従来、魚群や動物プランクトンの空間分布の把握は困難であり、この問題は漁獲規制の精度に影響を及ぼしていた。

このプロジェクトの背景として、漁業資源である魚の量が、動物プランクトンによって決まっているにもかかわらず、動物プランクトンの資源量が正確に把握できないことから、十分な分析ができていないことが挙げられる。植物プランクトンについては、人工衛星や短波レーダーによるリモートセンシングができるが、動物プランクトンについては魚群探知機などで現地に行って調査する必要がある、かつ日中は深い水層に留まり、夜間になると浅い水層に移動する日周鉛直移動という行動パターンがあることから推測が難しい。また、魚の魚種や資源量は、実際に魚を採取して行わなければならない、リアルタイムに正確な把握を行うことは困難である。

本プロジェクトでは、海洋物理環境データと魚群および動物プランクトンの

空間分布データをもとにして、動物プランクトンの空間分布予測モデルと、スケトウダラの魚群空間分布予測モデルの開発を目指す（図 1）。これにより、海洋生物の空間分布予測に関する新たなアプローチを提供し、より正確な漁獲量予測や漁獲規制の実施が可能となることが期待される。



図 1：本プロジェクトで開発するモデル

7. 採択理由

本プロジェクトでは、海洋環境のデータと魚群・動物プランクトンの空間分布データを組み合わせ、1日単位で魚群・動物プランクトンの分布を可視化するアプリケーションの開発を通じて、海洋におけるSDGsの実現を目指すものである。

毎年のように、イカやサンマ、また他の多くの魚介類が不漁であるという報道がなされているが、その多くの原因は気候変動に加えて獲り過ぎという事実であり、正確な資源量を把握することは持続可能な漁業において必要不可欠である。現在は水産資源調査によるサンプリングにより資源量の把握を行なっているものの、魚類の偏在などもあり正確とは言いがたいことから、本プロジェクトでは実際の資源量と、センサーや人工衛星などで取得できる植物プランクトンや海水温などの客観的データを突き合わせて機械学習を行うことで、正確な空間分布を把握しようとする。

日本は海洋大国であり、このようなプロジェクトの重要性は非常に高いが、先行する実用事例は少なく、未踏性があると考えて採択した。

8. 開発目標

本プロジェクトは、海洋物理環境データから魚群や動物プランクトンの空間分布を予測するモデルを開発することを目的としており、海洋物理環境データを用いた動物プランクトンの空間分布予測モデルの開発と、動物プランクトン

の空間分布予測結果を基にした魚群の空間分布予測モデルの開発をもとにして、予測モデルの精度向上と実用化を行う。そのために、特に水温、塩分、流速などの海洋物理環境データのパラメータを基にして、動物プランクトンの日周鉛直移動を再現できることを必須として、動物プランクトンの空間分布を予測するモデルを開発する。また、動物プランクトンの空間分布予測結果を基に、魚群の空間分布を予測するモデルの開発を目指し、特にクリエイターが実際の資源量を把握しているスケトウダラの空間分布予測が行う。

これらの取り組みにより、海洋生物の空間分布予測に関する新たなアプローチを提供し、水産業や資源管理の発展のために、漁獲量の将来予測や漁獲規制の正確な実施に貢献することが期待されている。そのため、開発されたモデルの精度を向上させるために、データの質の向上やアルゴリズムの改善などが必要となり、予測モデルの正確性と再現性を高めることを目標としている。

9. 進捗概要

本プロジェクトにおいては、まず動物プランクトンの空間分布予測モデルの開発を進めた。機械学習技術を用いて、海洋物理環境データから動物プランクトンの空間分布を予測するモデルを開発し、動物プランクトンの日周鉛直移動を再現することに成功し、海洋生態系における重要な行動パターンを捉えることができた。まず、動物プランクトンの空間分布データの収集には、計量魚群探知機による調査を行い、スケトウダラと動物プランクトンの分布データを重点的に収集した。海洋物理環境データとしては、人工衛星や短波レーダーによるリモートセンシング技術、船舶による現地調査によって収集されたデータを活用し、特に水温、塩分、流速などのパラメータをモデルの説明変数として使用した。

それらのデータをもとに、動物プランクトンの空間分布予測モデルの開発には、XG Boost と U-Net という 2 つの機械学習のアプローチを採用した。XG Boost を用いたモデルでは、目的変数を 2014～2016 年の動物プランクトンの空間分布、説明変数を 2014～2016 年の海洋物理環境データ、場所のデータ（緯度、経度、深度）、海底の深さ、時間（昼か夜かを表す Day or Night、年度を表す Year）として開発した。このモデルを用いて 2017 年の海洋物理環境データ、時刻（日時は加えず時間だけ学習させた）から動物プランクトンの空間分布を求めた。U-Net を用いたモデルでは、目的変数を 2014～2016 年の動物プランクトンの空間分布、説明変数を 2014～2016 年の海洋環境データ、年月日を除いた時刻で開発した。目的変数および説明変数は全て標準化して用いた。入力チャンネル数を 5 としてそれぞれ、水温、塩分、東西方向の流速、南北方向の流速、時刻とした。出力クラスは動物プランクトンの空間分布とした。本プロジェクトで用いた U-Net のモデルは、主に二重畳み込み層、ダウンサンプリング層、アップサンプリング層、出力畳み込み層から構成され

る。二重畳み込み層では、 11×11 のカーネルと 5 のパディングを使用した。畳み込みの間には、バッチ正規化と ReLU 活性化関数を適用した。ダウンサンプリング層では、マックスプーリング (2×2) を適用させることで特徴マップのサイズを半分に減少させ、その後に二重畳み込み層を適用した。アップサンプリング層ではバイリニアアップサンプリングを用いて特徴マップのサイズを増加させ、次に二重畳み込み層を適用した。出力畳み込み層では、最終的な出力に成形するためにチャンネル数を整えた。このモデルを用いて 2017 年の海洋物理環境データ、年月日を除いた時刻から動物プランクトンの空間分布を求めた。

これらの開発されたモデルは、動物プランクトンの日周鉛直移動を再現することに成功し、海洋生態系における重要な行動パターンを捉えることに貢献したと考えられる。一方で、モデルの精度向上に向けた取り組みが引き続き必要であり、特に U-Net を用いたモデルでは、予測結果が実測値と完全に一致するわけではないため、今後の研究においてさらなる改善が求められる。

次に、スケトウダラの実際の空間分布データと、動物プランクトンの空間分布予測結果を基に、スケトウダラの空間分布を予測するモデルを開発した。計量魚群探知機による調査を行ったデータから、スケトウダラが北海道沿岸で漁獲される重要な魚種であることを考慮して、特にスケトウダラの分布データを活用することとした。収集されたデータは、各格子の値、各定線の値、海域全体の合計値に加工されており、特に海域全体の合計値は、水産庁が資源量調査の結果をもとに漁獲量を推定する手法と同様の方法で算出した。それらの、動物プランクトンモデルの空間分布を用いて、動物プランクトンを捕食するスケトウダラの空間分布と資源量を推定するモデルを開発した。このモデルは、2014 年から 2016 年にかけての定線における動物プランクトンとスケトウダラの SV から算出した総個体数を比較することにより、正の相関関係が見られたことを基に構築した。このモデルは、動物プランクトンの空間分布予測結果を基にスケトウダラの空間分布と資源量を推定することを目的としており、対象海域は北海道道南海域の沿岸から深度 10~600m の海域に設定した。

開発されたモデルは、北海道汐首岬沿岸でスケトウダラが多く分布することを予測できたように見られたが、再現性があるようには見られず、実際に他の海域の予測精度は低いことから、天然漁業に実用可能なものとは言い難い状況であった。予測精度が低い原因として、対象とした格子の水平解像度が高すぎることが挙げられているが、そもそもそれだけが原因なのかは検証できておらず、データの量だけでなく、そもそもモデルの設計に失敗している可能性も考えられる。

10. プロジェクト評価

本プロジェクトで開発した動物プランクトンの空間分布モデルは、既存の数値モデルでは再現できなかった日周鉛直移動を再現した。この予測に必要なパラメータは水温、塩分、流速、時刻であり、これらは気象庁の MOVE/MRI.COM-JPN において 2 週間後まで予測することができるとされているため、本プロジェクトで開発したモデルによって理論上は動物プランクトンの空間分布の将来予測が理論上は可能である。ただし、再現性に関する検証が十分にできていないことから、予想が実際に行えたわけではない。

また、本プロジェクトで開発された動物プランクトン量からスケトウダラの空間分布を推定するモデルであるが、クリエイータの成果報告書においては資源量予測をコンピュータ上の数値だけで予測できる可能性を示すことができたと考えているとされているが、その精度は低く、再現可能な形で予測できるまでには至らなかったのは残念である。

11. 今後の課題

本プロジェクトにおいては、動物プランクトンやスケトウダラの予測モデルの作成はできたものの、全体的に再現性が十分でなく、実用的なものには至らなかった。

これからデータをいかに充実させるか、それをどのような手法でモデル作成に繋げるかという部分については、さらに研究が進められる必要がある。