



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Locating productive sea areas using seabird foraging aggregations
Author(s)	馬, 鋭
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(水産科学)
Dissertation Number	甲第16564号
Issue Date	2025-09-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k16564
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/98174
Type	doctoral thesis
File Information	Ma_Rui_abstract.pdf, 論文内容の要旨 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/



学位論文内容の要旨

Dissertation Abstract

博士の専攻分野の名称：博士（水産科学）

氏名：馬 鋭

学 位 論 文 題 目

Title of dissertation

Locating productive sea areas using seabird foraging aggregations
(海鳥採餌群を用いた高生産性海域の特定)

海洋環境と生態系保全と持続的利用目的の海域保全のために、生態学的・生物学的に重要な海域（EBSA）を設定することが推奨されている。糧秣魚類の分布密度は海域の生産性と概ね関連するため、EBSA を特定するのに役立つ。しかし、従来魚類分布調査に用いられてきた調査船などによる方法は多大な労力と費用を要する。一方、海鳥の行動データを利用することにより低いコストで糧秣魚類の高密度海域を特定できるかもしれない。海鳥類の多くは群れで餌探索と採食を行うことにより効率を高めると考えられており、採餌群の存在を通じて高生産性、高多様性を示す重要海域を特定できる可能性がある。そこで本研究では、バイオロギング技術を海鳥類に用い、採餌群中に特有の採餌行動を調べることで、生産性の高い海域の特定を試みた。ウミネコ *Larus crassirostris* はロシア沿海州から東アジアに数多く生息し、広い海域を利用するチドリ目カモメ科の表面採食性鳥類である。本種は集団での採餌がよく観察され、採餌群の形成と促進のかなめとなる種の一つであることから、本研究の主対象とした。従来海鳥個体位置の特定に GPS が用いられてきたが、採餌群の位置の特定は不可能であった。本研究では GPS に加え加速度データを用い、更にビデオロガーやドローンによる映像情報を併用することにより個体の行動を分類し、採餌群中に特有の採餌行動から採餌群の分布位置を特定する手法の開発を試みた。

2021~2022 年、5~6 月にウミネコが抱卵する北海道西部の天売島にて採餌群の行動観察を行った。まず、ドローンとビデオカメラを使って、島から 2 km 範囲内で観察された 37 個の採餌群の特徴と採餌集団内の個体の行動と個体周辺の特徴を記録した。加えて、5 回の単独採餌イベントをビデオカメラで記録した。その結果、採餌群に行われた特徴的な行動は「ホバリング」と「短距離飛行」の二種類であることが分かった。個体の行動を目的変数、群と個体周辺の特徴を説明変数として、一般化加法モデルで分析したところ、ホバリングはウトウを含む高密度の採餌集団を示し、短距離飛行ではウミウを含む低密度な採餌集団を示すことが分かった。

次に、バイオロギング情報から採餌群を示すホバリングと短距離飛行を抽出する技術の開発を行った。ウミネコに加速度計とビデオロガーを同時に装着し、三軸方向の体加速度

を組み合わせ、個体の行動の連続的変化を推定し、身体に装着したビデオデータロガーで観察した実際の行動と比較して、体加速度による行動分類の精度をテストした。その結果、82%-99%の高精度ですべての行動を1秒単位で判定できた。

続いて、GPS位置と体加速度から判定されるホバリングと短距離飛行を使って、GPSデータのみから採餌群を予測できるかどうかを調べた。まず、GPS位置と体加速度で判定した80%個体のデータを教師データとして、長短期記憶モデル（LSTM）を用いた機械学習によって、ホバリングの有無をGPSデータのみに基づきモデル化し、の残り20%個体のデータをテストした。その結果、混合行列における再現率と適合率はそれぞれ86%と64%であり、良好な精度で予測が可能であった。さらに、実測ホバリングと予測ホバリングの空間的相関を異なる空間スケールで調べてみたところ、4 km以上ではおよそ一致したが、一般的に魚群のパッチサイズとされる1 kmの小スケールで予測頻度と実測頻度間の相関係数は最低0.4まで低下した。同様にGPSデータのみから判別可能な「着水」は1 kmスケールで採餌群の発生頻度の予測に使えるかを確かめるため、着水、正確の採餌群の指標（短距離飛行・ホバリング）の相関をスケール変えて調べてみたところ、10 kmで相関係数は最大値0.5を示した一方、1 kmスケールでは最大0.2と低い相関であった。以上のように、GPSのみから分類・予測した行動は、4-10 kmの粗いスケールでは採餌群の場所を特定するに使用可能である一方、1 kmスケールでは加速度データの併用により抽出した行動データを使う必要がある。

調査対象外の海域で重要海域を予測するために、GPSと加速度データを使って採餌群が形成されやすい環境を調べた。1 kmスケールで、採餌群の指標を目的変数、環境要因を説明変数として、一般化加法モデルでモデル化したところ、漁港とコロニーから近く、水深傾斜が3.5°前後、200 m等深線周辺に採餌集団が形成された。コロニーと漁港の位置に加えて、海洋地形情報を使えば、ウミネコ生息域の採餌群の形成しやすい場所を予測することが可能であると考えられた。

採餌群の実用性について、洋上風力発電所の立地を例として挙げた。GPSと加速度データから、ウミネコは採餌群が形成される場所で洋上風発のブレードが回転する高度を飛ぶことが多く、そうした海域は洋上風発の建設に適しないと判断され、本研究の成果は海洋開発の環境影響評価に役に立つことが示された。

本研究では、海鳥の個体の位置情報と加速度データから成る行動記録を用いて、高生産性かつ高多様性海域に該当するウミネコの群採食海域を、精密に特定する方法を開発した。また、4 km以上の粗い空間スケールであればGPS軌跡だけでこうした海域の特定が可能となり、バイオリギング手法による生態学的・生物学的な重要海域の特定に進展をもたらした。