

# TUMSAT-OACIS Repository - Tokyo

University of Marine Science and Technology

(東京海洋大学)

ナンキョクオキアミの広帯域音波散乱特性とその応用に関する研究

メタデータ	言語: ja 出版者: 公開日: 2024-05-28 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 山本, 那津生 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://oacis.repo.nii.ac.jp/records/2000208.1">https://oacis.repo.nii.ac.jp/records/2000208.1</a>

博士学位論文内容要旨  
Abstract of Dissertation

専攻 Major	応用環境システム学専攻	氏名 Name	山本 那津生
論文題目 Title	ナンキョクオキアミの広帯域音波散乱特性とその応用に関する研究		

音響手法によるナンキョクオキアミ（オキアミ）の現存量推定には、体長情報が必要である。体長情報の取得にはネットやカメラが使用されるが、ネットの時空間分解能は低く、カメラの観測可能距離は短い。代替手法として、時空間分解能が高く、観測可能距離も長い計量魚群探知機（計量魚探）による体長推定手法が発達してきた。この手法では、体長によってターゲットストレングス（TS）の周波数特性が異なることを利用しており、実測した体積後方散乱強度（SV）の周波数特性（SV スペクトル）と体長を変数として理論推定した TS の周波数特性（TS スペクトル）を比較し、両者が最も適合する体長を決定する。しかし、従来の狭帯域計量魚探は周波数間隔が広く（例えば 38, 70, 120, 200 kHz）、周波数に対して連続的な SV スペクトルが測定できない。測定した SV スペクトルに曖昧さが残るばかりか、体長推定に使用する理論音響散乱モデルで推定した TS スペクトルとも完全に比較できていない。ほぼ連続的な SV スペクトルの測定は、リニア Frequency Modulation 信号が送受信できる広帯域計量魚探によって実現できるが、オキアミへの応用はまだ限られている。そこで、本研究ではオキアミの体長推定を目的として、広帯域計量魚探によって SV スペクトルを測定し、オキアミの理論音響散乱モデルである Stochastic distorted wave Born approximation 変形円柱モデル（SDWBA モデル）による理論 TS スペクトルとの比較を行った。

2018/19 年のオーストラリアの夏季に水産庁漁業調査船開洋丸が南極海東インド洋区で実施した生態系総合調査のデータを使用した。調査では、9 つの観測点において広帯域計量魚探と矩形中層トロールによるオキアミの群れを対象とした同時サンプリングを実施した。収録したエコーデータの解析により、50–85, 95–255 kHz におけるほぼ連続的な SV スペクトルを得ることに成功した。また、生物サンプルから得た体長組成と SDWBA モデルを使用して TS スペクトルを推定した。両者のスペクトル形状を比較した結果、小型（35 mm 以下）のオキアミが優占した観測点のスペクトル形状はよく一致したが、大型（35 mm 以上）が優占した観測点のスペクトル形状は一致しない傾向にあった。不一致要因について実測と理論の両面から検討した結果、SDWBA モデルで使用するオキアミの体形状の太さを表すパラメータである *fatness* と TS の平均化に用いるオキアミの姿勢角分布が、実際と異なっていた可能性が考えられた。

次に、SDWBA モデルによる TS スペクトルの推定確度をあげるために、*fatness* の検討と姿勢角分布の推定を行った。ネットで採集したオキアミの体長と体積を測定し、関係式を求めたところ、両者には強い正の相関が確認された。各観測点における平均体長の体積を関係式から求め、これと一致する *fatness* を求めた結果 10–20%であった。現在の推奨値である 40%より小さく、体長ごとに *fatness* を変えることにした。次に、前述した実測 SV スペクトルと、姿勢角分布を変数として推定した理論 TS スペクトルを用いて、両者が最も適合する姿勢角分布を推定した。SV と TS のスペクトル形状はよく一致し、姿勢角分布がスペクトル形状の不一致を説明できるものであった。推定された姿勢角分布は、平均姿勢角が $-39$ – $27^\circ$ 、標準偏差が $1$ – $19^\circ$ の範囲にあった。姿勢角分布の推定範囲は正から負と広く、代表値を決定することは難しかった。現在のところ、SDWBA モデルを使用した体長推定は難しいと結論付けた。

最後に、SDWBA モデルに依存しない体長推定手法を提案した。広帯域計量魚探の強みの一つは、スペクトルのピーク周波数を把握できることである。ピーク周波数は、体長と相関があることは理論

的にわかっているなので、実測 SV スペクトルのピーク周波数から体長推定が可能であると考えられる。実測 SV スペクトルからピーク周波数を特定し、ネットで採集したオキアミの体長との関係式を求めた。その結果、ピーク周波数とモード体長の間には負の相関が確認された。さらに、関係式を用いて生物採集をしていない部分のエコーデータから体長推定を行った。調査中に観測した最大規模のオキアミ群を解析対象とし、エコーデータを 2.8 m 厚×50 ピングのセルに分割し、セルごとに SV スペクトルのピーク周波数を得た。前述した関係式から各セルのモード体長を推定した。推定されたモード体長は一様ではなく、群れの内部に比較的大型のオキアミが存在し、小型のオキアミが群れの周縁に集中していた。

本研究は、広帯域計量魚探により体長の異なる複数のオキアミ群の SV スペクトルを実測した。SDWBA モデルによる理論 TS スペクトルと比較し、不一致要因として考えられた *fatness* の検討と姿勢角分布の推定を行い、SDWBA モデルによる TS スペクトルの推定確度をあげた。これは音響手法によるオキアミ現存量の推定確度の向上に寄与する。一方で、SDWBA モデルを利用した体長推定には限界があることを明らかにし、モデルに依存しない体長推定手法を提案した。推定精度の向上が課題として残ったが、エコーデータのみから個体数密度の推定までが可能であり、ネットやカメラを使えない船舶や海域、自立型水中ビークル、グライダー、係留系等において有効な手段になる。