

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: 2024-06-10 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	https://oacis.repo.nii.ac.jp/records/2000208

博士学位論文要約
Summary 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		

第1章は緒論であり、研究の背景及び目的について述べた。本研究の対象種であるナンキョクオキアミ（以降、オキアミと称す）の現存量推定には音響手法が用いられる。その過程で必要となるターゲットストレングス（TS）は体長や遊泳姿勢によって大きく変動するため、両者の把握が特に重要である。これまで、ネットによる生物採集によって体長を測定してきたが、時間・労力といったコストが高く、オキアミの群れに対する曳網範囲も部分的である。そこで、時空間分解能が非常に高い計量魚群探知機を用いた体長推定が望まれてきた。しかし、従来の狭帯域計量魚群探知機は周波数間隔が広いため、オキアミの連続した体積後方散乱強度（SV）スペクトルは測定できず、理論モデルによって推定したTSスペクトルとは完全に比較されていない。ほぼ連続したSVスペクトルの測定は、広帯域計量魚群探知機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。また、TS推定に必要な姿勢角分布は音響手法を用いた体長推定結果にも大きな影響を及ぼすが、実測例はあるものの依然として研究の必要性が指摘されている。そこで、本研究では、実測SVスペクトルと理論TSスペクトルの比較、オキアミの実測SVスペクトルを用いた姿勢角分布の逆推定、実測SVスペクトルを用いた体長組成推定を目的とした。

第2章は基礎理論であり、本研究で必要な用語および定義について述べた。ターゲットストレングス（TS）は、散乱体への入射波の強さに対する、散乱体から単位距離（1 m）の所に換算した散乱波の強さの比として定義される。魚や動物プランクトンは生態的に群れとして分布するものが多く、その場合、個々の単体エコーが合成された群体エコーを計測することになる。また、散乱体の分布がビームの開きよりも広く、一様かつランダムに分布している場合、単位体積あたりの散乱強度が測定でき、これをSVという。SVはTSと個体数密度の積で表される。SVスペクトルとTSスペクトルを比較するときは、120 kHzを基準とした相対周波数応答（ ΔSV , ΔTS ）を用いた。周波数間の差をとることで、個体数密度の寄与を消去し、スペクトル形状が直接比較できる。

第3章は、SVスペクトルを測定した。体長や姿勢角分布といった生物情報を逆推定するためには、SVスペクトルの特徴を明らかにし、実測したSVと理論推定したTSのスペクトル形状が一致することを確認する必要がある。観測は、2018/19年に水産庁調査船「開洋丸」が実施した南極海東インド洋区におけるオキアミを中心とした生態系総合調査の一部として実施し、そのデータを解析に使用した。航走中に発見した9つのオキアミの群れに対して、広帯域計量魚群探知機と矩形中層トロールによる同時サンプリングを実施した。オキアミのSVスペクトルを50–85, 95–255 kHzで測定し、レイリー散乱領域から幾何散乱領域への遷移領域にあることを特定した。小型に分類されるオキアミの ΔSV と ΔTS のスペクトル形状はよく一致したが、大型に分類されるオキアミの場合は一致しない傾向にあった。不一致要因を検討した結果、姿勢角分布と体形状パラメータ（fatness）の複合的なものであること示唆された。

第4章は姿勢角分布推定を行った。体長を逆推定する場合、第3章でスペクトル形状の不一致要因として示唆された、姿勢角分布やfatnessは既知の値である必要があり、その検討が重要である。そこで、ネット採集から得られたオキアミ100個体の体長と体積を測定し、fatnessの決定を行った。続いて、決定したfatnessをパラメータとして使用し、曳網範囲のオキアミの群れの姿勢角分布を、最小二乗法によって逆推定した。fatnessは、10–20%が適切であると考えられ、推定された姿勢角分布の平均

姿勢角の範囲は $-32-30^{\circ}$ で、標準偏差の範囲は $1-8^{\circ}$ であった。姿勢角分布を単一の値に決定することは困難であったが、資源管理の観点からは姿勢角分布に平均姿勢角 $7-9^{\circ}$ 、標準偏差 $3-4^{\circ}$ を使用することが望ましいと考えられた。

第5章は体長組成推定を行った。第3章、第4章で、実測と理論の不一致要因であった姿勢角分布と体形状は、一意の値に決定できず、理論モデルに依存した体長組成推定は現在のところ困難であることが明らかとなった。そこで、理論モデルに依存しない体長組成推定方法を提案した。矩形中層トロールで採集したオキアミから平均体長およびモード体長を求め、SVスペクトルからはスペクトルピークを求めた。両者には相関関係があることから、体長とスペクトルピークの関係式を求めた。次に、群れ全体のエコーデータを小セルに分割し、各セルごとにSVスペクトルピークを求めた。前述した関係式より、セルごとに体長を推定した。また、セルごとの体長よりTSを推定し、個体数密度の推定を行った。関係式の決定係数は、体長の大きいモード値を用いた場合に高く、これは大きい体長のオキアミの散乱が、小型のオキアミの散乱の寄与を上回っているためと考えられた。続いて、関係式より、群れ内の体長の空間分布を推定したところ、群れの内部に体長の大きな箇所があるのに対して、上縁部を中心に群れの縁部分に比較的小さい個体が集中していることがわかった。また、個体数密度の空間分布も一様でないことがわかった。本手法は、曳網を行っていない範囲に対してもある程度の根拠を持って個体数密度の推定が可能となるメリットがある。そのため、自立型水中ビークル、グライダー、係留系などネットやカメラを使えない調査プラットフォームにおける、オキアミの体長推定および個体数密度推定手法として有効であると考えられた。

第6章は結論であり、本研究の成果をまとめた。本研究の成果は、オキアミの音響調査技術を高度化し、本種の資源生態学的研究に貢献すると考えられる。