

学 位 論 文 題 名

音響を用いた底魚資源量の推定に関する基礎的研究

学位論文内容の要旨

【目的】

今日、音響学的手法を用いた水産資源量の推定技術は計量魚群探知機の出現により実用段階にある。しかしながら、その多くは表中層性の多獲性魚類を対象としており、底棲魚類を対象とした音響資源調査はあまり成果が現れていない。その理由は、底魚(そこうお)の音響資源調査にはいくつかの障害があり必要な精度が得られないからである。底魚の音響資源調査法がより高精度化し普及するためには、早急に解決しなければならない3つの問題点がある。

第1は、生物の特性に起因する問題である。魚の形状、鰾の有無、魚群の分布形態などの生態的な特徴は音響資源調査に大きく影響する。

第2は、魚群探知機の技術的な問題である。魚探信号の海底識別や海底オフセットの決定方法、魚種判別などは未だに不確定要素が多い。

第3は、物理的な問題である。特に、船底装備の単一ビームトランスデューサを用いた計量魚群探知機では、海底上のデッドゾーンといわれる探知不能域の発生は避けられず、底魚資源量の推定に大きな誤差をもたらす。

本論文は、音響的手法を用いて底魚資源調査を行う際に問題となる、これら3つの問題点を明らかにするとともに、誤差を軽減するための方法を論じたものである。

【方法】

東シナ海において着底トロールで漁獲された魚のうち主要魚種について、魚体形状の分類や鰾の有無の調査を行い、そのうち3魚種(ボラ、アイ

ナメ、メイタガレイ)のターゲットストレンジスを水槽において測定し、その姿勢特性と体長依存性を調べた。また、着底トロールでの漁獲データと計量魚群探知機による音響データを比較し、その両者から魚のターゲットストレンジスを推定し、魚種別、海域別にその値の検討を行った。

次に、海底エコーの形成過程を理論的に検討し、従来の魚探技術で使われているエコーレベル法による海底識別の不安定さを調べた。そして、海底エコー波形の立ち上がりの傾きが変化することから、海底エコー波形の微分波形に注目し、この微分波形による海底識別法および魚群エコーの積分層の下限を決める海底オフセットについて検討した。そして、現場データに対して、これら両方法での海底識別を行い比較を行った。

次に海底デッドゾーンに関し、その体積の理論的計算を行うとともに、海底エコーにマスクされた魚群エコー波形を、海底直前のエコー波形の形状を用いて求めることにより海底デッドゾーンで失われる魚群量を推定し、これを用いて底魚のエコー積分値の補正を行った。

【結果】

1. 音響資源調査で問題となる底魚類特有の生物的特徴は、魚体形状や鰾の有無などの個体の形態的特徴と、魚群の規模や密度など魚群の分布形態の特徴に分けられる。
2. 音響散乱の主要因は鰾とされているが、底魚類にはマナガツオ、クサウオ、アイナメ、カレイなどのように無鰾魚が比較的多く、そのターゲットストレンジスは浮き魚に比べて一般に小さい。
3. 底魚を紡錘型、側扁型、縦扁型、延長型に分類すると、後3者が比較的多い。そのターゲットストレンジスの姿勢特性は魚体形状によって大きな特徴をもち、扁平な体形の魚ほど、その反射指向性が鋭い。
4. 東シナ海における着底トロールの漁獲量と体積後方散乱強度SVから算出した体重1kg当たりのターゲットストレンジス TS_{kg} は、海域によって異なり25kHzの低周波で-35~-25 dB、100kHzの高周波で-40~-28 dBであった。なお、魚群密度とSVの相関は悪く、多魚種の混在によるTSの不均一性や漁獲効率の不安定性がその理由と考えられた。
5. 底魚の魚群エコー積分において、海底基準の不適切な設定や海底オ

フセット値の曖昧さは、底魚資源量推定の誤差要因の一つである。エコーレベルの閾値で海底検出を行う場合、閾値が大き過ぎると海底検出不能回数が増え、小さ過ぎると海底誤検出回数が増える。

6. 海底エコー波形は音響パルス波形関数、トランスデューサの指向性関数、そして海底の音響反射特性によって決まる。その立ち上がりの電圧変化率が最大になる点は唯一明確で、かつ船体動揺や海底傾斜によるレベル変動や濃密魚群の出現に対して安定な海底基準となる。またこのとき海底オフセット値を最小にすることができる。
7. 噴火湾および東シナ海で得られた海底エコー波形を、従来の方法と、本研究で考案した電圧最大変化率法の2種類の海底処理を行って比較したところ、新しい海底基準による魚群エコーのSVが従来の海底処理によるものと比べて4~6dB増加した。
8. 底魚の音響資源調査において、海底上の魚群エコーが海底エコーにマスクされるデッドゾーン体積は、音響パルス長とビーム幅および水深の物理的関係で決まる。
9. 海底上の魚群分布密度の変化パターンは発散型、平行型、収束型に分類することができ、海底上のエコー波形の形状から、そのいずれかを推定し、デッドゾーン内の魚群エコー波形を外挿することができる。
10. 現場の音響資源調査のデータを用いてデッドゾーン補正を行い、再評価したところ、噴火湾のスケトウダラ魚群で2~3dB、東シナ海の着底魚群では最大17dBも増加した。このことはデッドゾーンによる過小推定誤差は着底魚群で重大であり、デッドゾーン補正が不可欠なことを示した。

これらのことから音響的手法を用いて底魚の音響資源調査を実施するためには、まず海底エコーの識別を確実なものにし、魚群を海底から明確に分離して、魚群エコー積分のための海底オフセットを最小に設定することが必要である。さらに、デッドゾーン補正を行えば、従来実用的な精度を得ることのできなかった、底魚の資源量の推定が可能になるであろう。

今後さらに、魚の散乱周波数特性を利用した魚種判別や曳航式のトランスデューサなどを用いた船体動揺による測定誤差の軽減などが課題として残された。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 梨 本 勝 昭

副 査 教 授 天 下 井 清

副 査 助 教 授 飯 田 浩 二

学 位 論 文 題 名

音響を用いた底魚資源量の推定に関する基礎的研究

現在、地球規模で環境を保全することの重要性が論議される中で、環境を破壊することなく、海洋生物資源を合理的に管理しながら有効的に利用することが強く求められている。そのためには対象とする海洋生物資源の生物的特性と同時に、その資源の量的、質的な評価を正確に行うことが最も重要である。しかし、対象は水中に生活する生物であり、絶対量、体長組成などを知ることは容易ではない。

今まで資源量を推定する方法としては直接計数法と間接推定法によって行われ、前者では資源の一部を目視や部分観察、産卵数、魚群探知機などによって計数して全体の資源量を推定する方法がとられ、後者では資源量と関連する情報（体長組成の変化、単位漁獲努力当たりの漁獲量）を得て、比あるいは回帰によって推定するものである。広範囲にわたって、迅速に、連続的に、正確な資源量を評価することが大きな課題となっている。

最近の電子技術の発達に伴って、音響学的手法を用いた海洋生物資源量を推定する技術が大いに注目され、1980年代になって計量魚群探知機の出現によって実用的段階になっている。しかし、現在のところ、多くはニシン、イワシなどの表中層性の多獲性魚類を対象としており、底棲魚類を対象とした音響資源調査については十分な成果が得られていないのが現状である。この原因として次に挙げるような三つの大きな問題点があって、十分な推定精度を得ることができないためである。第1は生物の特性に起因する問題で、魚の形状、鰭の有無による音響学的特性、また魚群の分布形態などの生態学的特性は音響学的資源調査に大きく影響する。第2は計量魚群探知機の技術的問題で、魚群探知機の信号の海底識別や積分の下限值となる海底オフセットの決定方法、魚種判別などについては未だに十分な技術として確立されていない。第3は物理学的問題で、特に船底に装備した単一ビームトランスデューサーを用いた計量魚群探知機では海底上の一定の空間領域は探知が不能となり、底魚資源量を推定する場合には大きな誤差を生ずることになる。これらの諸課題を急いで解決することが強く要望されている。

申請者はまず音響学的手法を用いて底魚資源調査を行って、資源の量的、質的評価を行う場合の調査法の課題について考察した。次に東シナ海を対象に着底式トロール網と計量魚群探知機を使って調査を行い、漁獲された底魚の主要魚種について魚体の形状の分類、鰾の有無を調べ、代表的な3魚種（ボラ、アイナメ、メイタガレイ）のターゲットストレングスを見反響水槽内において測定し、姿勢特性と体長の影響について明らかにした。また、調査で得られた漁獲資料と音響資料を使って魚種別、海域別にターゲットストレングスを推定し、その妥当性について検討した。海底エコー波形の形成過程を理論的に考察し、エコーレベル法による海底識別の不安定さを指摘した。そして、海底エコー電圧波形の微分値の最大部分は常に海底基準を表すことに注目して、正確な海底基準と海底エコーの積分層の下限値を決定する海底オフセットについて検討した。さらに、魚群探知機の機能上から生ずる探知不能な空間領域（デッドゾーン）内の魚群量を推定する方法について提案し、音響を用いた底魚資源量の推定方法の課題と推定精度を向上するための技術的方法について論じている。

審査員一同は以下の諸点を高く評価した。

1. 東シナ海における底魚類はマナガツオ、クサウオ、アイナメ、カレイなど無鰾魚が多く、ターゲットストレングスは浮魚に比較して小さいことを指摘した点。
2. 底魚の体型として側扁型、延長型が比較的多く、ターゲットストレングスは姿勢、魚体形状によって大きな特徴を示すこと。また、扁平な体型の魚ほど反射特性は鋭いことを指摘した点。
3. 海底エコー電圧の波形は音響パルス波形、トランスデューサの指向特性、海底の音響反射特性によって変化するが、この波形の電圧変化率の最大を示すところは船の動揺、海底傾斜に影響を受けず、常に真の海底を示すことに注目して、正確な海底基準の決定と海底オフセットを最小にすることを可能にした点。
4. 海底付近において海底エコーにマスクされた魚群エコー波形を海底直上のエコー波形から予測して、デッドゾーン内の魚群量を推定して補正し得たこと。

以上の諸点は音響を用いて底魚資源量を正確に算定する技術的發展に大いに寄与するための重要な基礎的知見を得たものとして高く評価できる。

よって審査員一同は本論文が博士（水産学）の学位論文として価値あるものと認定した。