



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Study on quantification of commercial fisheries echo sounder information for visualization of fish school distribution in Hyuga-nada, Miyazaki, Japan [an abstract of entire text]
Author(s)	朱, 妍卉
Description	この博士論文全文の閲覧方法については、以下のサイトをご参照ください。 https://www.lib.hokudai.ac.jp/dissertations/copy-guides/
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第15269号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/89666
Type	doctoral thesis
File Information	Zhu_Yanhui_summary.pdf



学位論文の要約

氏名 朱 妍卉

学位論文題目

**Study on quantification of commercial fisheries echo sounder information for visualization
of fish school distribution in Hyuga-nada, Miyazaki, Japan**

(日向灘における魚群分布の可視化に向けた漁業用魚群探知機の定量化に関する研究)

近年の日本水産業では、漁業従事者の減少や高齢化および海洋環境の変動等の影響による漁業資源量の減少に伴い、漁業生産量の減少が続いている。一方、技術の進化によって漁業に使用する機械が高性能になり、漁業従事者も資源保全・管理への意識が高くなっている。以上のような状況の下で、日本の水産業は、安定した水産資源の供給を維持し、水産資源の適切な評価・管理を目指している。現在の日本の水産資源は、漁獲圧力の過剰な系群が約 2/3 であり、その理由の一つとして、科学的に水産資源の推定が難しく、資源量を減らさずに漁獲を続けることが困難であることが挙げられる。そのため、持続可能な水産業を達成するためには、水産資源の状態を迅速・適確に評価し、コントロールする必要がある。

水産資源を正確に評価するには、漁業から得られた情報のほか、資源量やその動向を直接調べるための科学的にデザインされた調査から得られた漁業から独立した情報が

重要である。この中の魚群探知機から得られた魚群量情報は、官公庁船や大学等の調査船に搭載された計量魚群探知機（以下：計量魚探機）を用いて得られるのがほとんどである。計量魚探機は、対象物の反応が定量化できるため、資源量調査ではよく用いられているが、高価で装備されているのは大型の調査船が多いため、調査頻度と調査範囲などが制限されるデメリットがある。そのため、資源量評価に必要な魚群量情報を広範囲・高頻度に収集することが非常に困難である。

そこで、本研究では、沿岸漁業に使用する小型漁船のほとんどに搭載されている普通魚群探知機（以下：普通魚探機）を用いた魚群量調査を考えた。しかし、従来の普通魚探機で測定したデータに定量性がないため、資源量評価に用いるには普通魚探機の定量化が必要である。一般的に、調査船などで使用される魚群探知機の較正は、反射強度が既知の標準反射体である較正球を用いて行うが、この方法は時間的にも人力的にもコストがかかる。そのため、多数の漁船で定期的に較正、または複数の船間で行うには、簡易な較正方法が必要となる。以上のことにより、本研究は、普通魚探機の定量化および普通魚探機による魚群量・分布の可視化を目的とし、簡易な較正手法の確立および普通魚探機を用いた資源評価を実施した。

本論文の第2章では、普通魚探機から得られた反射強度の指標、または各指標を計算するための計算式について述べた。伝統の普通魚探機は、魚群の探知を主目的とし、受信したエコーを電気信号に変え、最終的にエコーグラムとして表示される。近年、普通

魚探機の受信エコーの中に TVG (Time varied gain)回路などの処理が取り入れられ、普通魚探機の定量化・高度化が可能となっている。TVG 処理は、距離補正となり、対象物の反射強度を推定するためのソナー方程式で重要な役割を果たしている。

本研究で使用する FURUNO 社製の普通魚探機では、受信電圧レベルに比例した LOG 変換データ(0~255 の digit 値)を出力データとなり、このデータに TVG 処理を加え、対象生物の音響反射強度を正確に計算することができる。TVG 処理は単体エコーと群体エコーによって異なるため、それぞれの計算式で求める必要がある。本研究では、単体エコーには $40 \log R$ の距離特性、群体エコーには $20 \log R$ の距離特性、海底面エコーには $30 \log R$ の距離特性を用いた。

本論文の第 3 章では、本研究で考案した一般的な較正方法（較正球を用いた較正方法）の代わりに使用できる簡易的な較正方法について紹介した。較正球を用いた較正方法は総合的に推奨されているが、海況と天気の影響で容易ではない。また、この方法は音軸に対しての較正であり、魚群量測定を行うときに必要なパラメータである指向特性を直接較正することができない。そこで、本研究では、海底面の反射強度を利用し、等価ビーム幅を含めた指向特性、送受信系および処理系を総合的に較正できる新たな較正方法を考案した。

この方法では、較正球の理論値の代わりに、較正済みの普通魚探機で測定した海底面反射強度を使用する。ある範囲の海底面の表面後方散乱強度(SS)、または体積後方散乱

強度(SV)を較正済みの普通魚探機で測定し、その海域の海底面の基準値として求めておく。次の検証機会に、同様の方法でその範囲の海底面の表面後方散乱強度(SS)、または体積後方散乱強度(SV)を求め、基準値とほぼ等しければ、魚探機のシステムに異常がないと相対的に較正できる。そのため、航走中に海底面エコーを測定することで、等価ビーム幅を含めた送受信器の総合的な較正が簡便に行える。また、同じ海域に複数の船がある場合は、複数の船がよく利用する場所の基準値を予め求めておけば、船間較正も可能となる。

第3章で示された較正方法を踏まえ、第4章では海底面の反射強度を使用する較正方法をフィールドで実施し、得られた結果を解析することでその妥当性を検討した。調査は、2020年7月4日～5日に宮崎島浦島の沿岸海域において、中型まき網船鶴島丸を使用して行った。本研究の場合は、普通魚探機の測定結果を検証するために、定量性のある計量魚探機を同時に使用することにした。使用する探知機は、鶴島丸に装備されている古野社製の普通魚探機(FCV-1500L, 15kHz/200kHz)と、外付け用のソニック社製の計量魚探機(KSE300, 38kHz/120kHz)であった。

調査手順としては、普通魚探機と計量魚探機を較正球で較正し、その後、較正済の普通魚探機と計量魚探機が海底面反射強度マップとなる特定の海域で走行し、同時に魚群と海底面の反射強度の計測を行った。また、音響データの収集と同時に、海底面反射強度マップの場所において、カメラと採泥器を用いて13地の海底質を調べた。解析手順

としては、まず、較正済の普通魚探機の精度を検証するために、測定された較正球の反射強度と理論値の差を各周波数で比較した。また、普通魚探機を資源量推定に使用するため、較正済普通魚探機と計量魚探機から測定した同魚群の反射強度から推定した生物量を比較することにより、較正済の普通魚探機の精度を二次検証した。次に、較正済の普通魚探機のデータを用いて海底面反射強度マップを作成する際に、マップに使用する基準値を決めるために、両魚探機から得られた海底面反射強度と海底質の関係を調べた。最後に、海底面反射強度マップで未較正普通魚探機を較正し、その精度を検証するために、較正球で較正した普通魚探機と同一魚群の反射強度を比較した。

結果としては、普通魚探機から得られた較正球の測定値と理論値はよく一致しているため、較正球の測定値を反映した普通魚探機は資源評価に使用できる魚探機であることは言える。また、較正済の普通魚探機と計量魚探機から求めた生物量は、低周波数ではほとんど差がなかったが、高周波数では差が見られた。そのため、普通魚探機を用いて資源量評価する場合は、高周波数より低周波数のほうが精度良く生物量の計算ができることが分かった。さらに、普通魚探機から得られた海底面反射強度を用いて海底面反射強度マップを作成する際に使用する基準値は、海底面二次反射の音響指標 SV を解析範囲 50 m で抽出した値が最も適していることが分かった。最後に、作成された海底面反射強度マップを用いて未較正普通魚探機を較正し、較正球で較正した普通魚探機と比較した結果、同一魚群においても、同海底面においても、両者の差が非常に小さかった。

そのため、海底面反射強度マップで較正した普通魚探機の精度が良く、海底面の反射強度を利用した較正方法は有効であることが検証できた。

第5章では、実際に海底面反射強度マップで較正した普通魚探機を用い、宮崎県日向灘沿岸海域の生物量評価に試みた。使用したデータは、2019年から2020年までの漁船から得られた音響データ（1隻分）と巻き網漁船の漁獲データ（24隻分）であった。音響データから、魚群密度の指標として単位面積あたりの反射強度である面積後方散乱強度(SA: dB)と単位体積あたりの反射強度である体積後方散乱強度(SV: dB)を抽出した。その後、正規分布を仮定した一般化加法モデル（Generalized Additive Model；GAM）を用い、統計的に魚群分布の水平構造と鉛直構造を推定した。さらに、調査海域に來遊する資源量指数を推定するために、魚群の音響情報と調査期間の巻き網の漁獲物組成を用いた。

結果としては、音響データで推定した資源量指数と巻き網の漁獲量が総合的に同じ変動傾向を示していた。そのため、従来の普通魚探機で捉えることができなかった魚群の定量化が可能となり、漁船で得られた音響情報で日向灘沿岸海域の生物量の変動を表現することができた。また、1隻の漁船で収集した1ヶ月の連続した音響情報を結合することによって、日向灘沿岸海域の魚群分布・魚群量の変動を詳細に把握することができ、より詳細な漁場特徴を得ることができた。複数の音響情報により魚群などの実態を三次元で効率的に把握することができ、将来的には、漁師さんの経験と併用することで、よ

り計画的な経営および操業の効率化が期待できる。

本研究では、漁船搭載型普通魚探機で捉えた音響情報を定量化する手法が確立できた。それによって、複数の音響情報により魚群などの実態を三次元で効率的に把握でき、今までできなかった直接的な水中の可視化が実現できた。また、本研究で確立した海底面の反射強度を用いた較正方法は、簡単に様々な地域、様々な漁船に適応することが可能である。しかし、周波数によって特性が異なり、海域によって海底質も異なるため、海底面を利用して普通魚探機を較正する際に、場所ごと・周波数ごとに基準マップの作成が必要となる。以上の2点を注意すれば、どこの海域でも、どの漁船でも、海底面を利用した較正方法を簡単に適応することができると考えられる。

将来的には、本研究で確立した較正方法を全漁業に応用することによって、漁船を中心とした資源評価の体制が可能となる。漁船から得られた生物情報を活用し、漁業者が魚群分布情報により港から漁場までの距離と、漁場における現存量を視覚的に把握することが可能となる。これにより、より効率的な漁場探索、または水揚金額に対する漁獲に必要なコストの割合を考慮した漁場選択が可能となり、漁業者の収益性の確保や、所得の維持・向上に貢献するが期待できる。最終的には、経験・勘だけで操業することではなく、基礎データを活かすことによって、勘と経験に基づく漁業からデータに基づく漁業へとスムーズに転換することが期待できる。