



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	計量スキニングソナーを用いた魚群の行動と音響散乱特性に関する研究 [全文の要約]
Author(s)	高橋, 竜三
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(水産科学)
Dissertation Number	甲第11324号
Issue Date	2014-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/55380
Type	doctoral thesis
File Information	Ryuzo_Takahashi_summary.pdf



主論文の要約

氏名 高橋 竜三

学 位 論 文 題 目

計量スキャニングソナーを用いた魚群の行動と音響散乱特性に関する研究
(Study on swimming behavior and acoustic characteristics of fish school using
quantitative scanning sonar)

第 1 章 諸言

計量魚群探知機を用いた魚群量推定の原理は、船下の魚群からの後方散乱係数を測定し、これを対象 1 個体あたりの散乱強度であるターゲットストレングス (TS) の線形値で割って、個体数密度を算出するものである。計量魚群探知機で用いる TS は、魚の pitch 角方向の TS と姿勢分布を考慮した平均 TS が必要となる。

一方、近年開発された計量スキャニングソナー(計量ソナー)は、水平方向に音響ビームを走査して探索範囲を一段と拡大するとともに、魚群の後方散乱強度を定量化する機能を有しており、魚群量推定への応用が期待されている。しかし、計量ソナーでは水平方向入射になるため、TS の yaw 角特性が必要であり、また、魚の水平面姿勢も未知なので、魚群量推定に用いる適当な平均 TS が簡単に得られない。

そこで本研究では、まず、漁船に搭載した計量ソナーを用いて魚群を追跡することにより、魚群の移動進路と移動速度を推定した。さらに、異なる方位から魚群の後方散乱強度を連続的に測定することにより、魚群の後方散乱強度の指向特性を推定した。次に、この魚群の後方散乱強度の指向特性を基に魚群内の魚の水平面姿勢分布を推定した。最後に推定された魚群の移動方向と魚の姿勢分布から、時々刻々と変化する魚群の適応平均 TS を求める手法を考案し、これを用いることにより、従来の方法に比べて魚群量推定の精度が向上することを明らかにしたものである。

第 2 章 計量ソナーを用いた魚群データの解析

実験は、計量ソナー FSV-30R(古野社製, 24kHz)を用いて 2007, 2009~2011 年に東北沿岸の太平洋で旋網漁船第一惣宝丸(99t)に乗船し、また、2007 年にバレンツ海で旋網漁船 Zeta(2218t)に乗船し行った。解析は、専用ソフトウェア ScientificSonar(古野社製)を用いて、船位、魚群位置、魚群の後方散乱強度などを抽出し解析に用いた。対象とした魚種は、サバ、アジ、カタクチイワシ、イナダ、capelin の表層性魚種である。

第 3 章 計量ソナーを用いた魚群行動の解析

計量ソナーによって測位された魚群位置を用いて魚群の移動進路、移動速度を算出し、それらを、魚種・昼夜別に、船舶の進路、流向との相対進路の違いを見ることで、船舶からの逃避行動や潮流に対する行動の違いを見た。また、昼夜別に計測できた魚種については、ウィルコクソン順位検定を用いて、魚群の平均移動速度に昼夜間の差があるか検定を行った。

昼間のサバ魚群については潮流に向かう向流行動が見られ、夜間計測されたサバ魚群と、イナダ

魚群については船舶と同方向に移動する行動が見られた。また、昼夜間のサバ魚群の移動速度には有意な差が生じており、夜間のサバ魚群の移動速度は、昼間のサバ魚群の移動速度よりも速かった。これらから、夜間に計測されたサバ魚群とイナダ魚群には逃避行動が生じていると考えられ、夜間の魚群の計測では断続的なノイズが発生し、それが原因で逃避行動が生じると推察された。

第4章 計量ソナーを用いた魚群の散乱指向特性の解析

計量ソナーで計測される魚群の後方散乱強度は、鉛直ビームの広がりや魚群の分布水深との関係により距離依存性が生じる。そのため、鉛直ビームの広がりや船舶から魚群までの距離に応じて魚群の後方散乱強度を使い分けることで、距離依存性の無い魚群の後方散乱強度を算出し、次に、魚群位置、船位を用いて求めた魚群への音波の入射方位 φ_0 の変化による魚群の後方散乱強度の変化を、2 次関数に近似することで、この 2 次関数を魚群の後方散乱強度の指向特性として、魚群の移動進路との関係を見た。

魚群への音波の入射方位 φ_0 の変化により、魚群の後方散乱強度の指向特性を得ることができ、それを、魚群行動と共に解析した結果、魚群の後方散乱強度の指向特性は、7 魚群中 5 魚群で魚群の移動進路と直角方向で最大となった。これは、魚群内の魚の TS の yaw 角特性を反映していると示唆され、また、同魚種でも魚群の後方散乱強度の指向特性の鋭さの違いが生じていたことから、魚群の後方散乱強度の指向特性の鋭さは、魚群内の魚の水平面姿勢分布を表していると考えられた。

第5章 計量ソナーを用いた魚の水平面姿勢分布の推定

魚群の後方散乱強度の指向特性は、魚群内の魚の水平面姿勢分布と TS の指向性関数との積で表される。そのため、TS の指向性関数を魚種・体長を定めることで回転楕円体モデルにより推測し、魚群内の魚の水平面姿勢分布を魚群の移動進路を平均とする正規分布と仮定することで、魚群の後方散乱強度の統計モデルを考案した。それを、計測された魚群の後方散乱強度の指向特性に最小 2 乗法を用いて近似させ、その時の水平面姿勢分布の標準偏差 sd を推定した。

capelin3 魚群とカタクチイワシ 3 魚群の魚群内の魚の水平面姿勢分布の推定を行い、魚群内の魚の水平面姿勢分布の標準偏差 sd は、capelin 魚群で $14^\circ \sim 36^\circ$ 、カタクチイワシ魚群で $1^\circ \sim 12^\circ$ と推定され、魚群の後方散乱強度の指向特性と魚群の後方散乱強度の統計モデルを近似させることにより、魚群内の魚の水平面姿勢分布が推定できることを示した。また、カタクチイワシ魚群の方が、capelin 魚群よりも移動速度が速く、魚群内の魚の水平面姿勢分布が一様であれば、魚群の移動速度が速くなる傾向が示された。

第6章 計量ソナーを用いた魚群量推定への応用

推定された魚群内の魚の水平面姿勢分布を基に、時々刻々変化する適応平均 TS(T_{S_HOD})を求め、従来の方法との魚群量推定の精度を検証した。従来の方法は、TS の yaw 角特性を全周平均して求めた TS_{AVE} 、TS の yaw 角特性である TS_{DIR} であり、それらと、適応平均 TS を用いて魚群への音波の入射方位 φ_0 の変化により推定される魚群量の変化をみた。

魚群への音波の入射方位 φ_0 の変化により推定される魚群量の変化は、TS の yaw 角特性を全周平均した TS_{AVE} や、魚群の移動進路のみを考慮した TS_{DIR} を用いて推定された魚群量よりも、適応平均 TS を用いた魚群量推定のほうが標準偏差が小さく、およそ半分以下であった。そのため、魚群への音波の入射方位に依らない魚群量推定が可能であることを示した。これにより、従来の方法よりも適応平均 TS を用いたほうが、計量ソナーを用いた魚群量推定の精度を向上させることが明らかとなった。