

氏名	榎本 洸一郎
学位名	博士（システム情報科学）
学位記番号	第24号
学位授与年月日	平成26年3月24日
学位論文題目	海底画像を利用した水産資源量の自動推定

論文審査委員	主査 川嶋 稔夫
	副査 三上 貞芳
	副査 高橋 信行
	副査 和田 雅昭
	副査 戸田 真志（熊本大学 教授）

論文要旨

デジタルカメラや DV カメラなどの普及により、様々な分野でのデジタル画像の応用が試みられている。水産業においては、水産資源の生態や水産資源量調査などの観測手法としての期待がされている。従来の手法では、ダイバーや漁具による標本採集によって得られた離散的なサンプルデータを用いて対象の状態を把握していた。しかし静止画像は対象資源を採集することなくデータ取得が可能であり、動画は連続的なデータであるため、従来までの調査手法と比較して広域化・高精度化が期待できる。一方で、水産業で対象となる環境は陸上ではなく海中であるため、画像データの取得や画像処理による計測には多くの問題があり、計測技術の確立が求められている。本研究では、海底画像を利用した水産資源量調査のための自動計測システムの開発を通して、水産資源量の自動推定および海中における観測技術の確立を目指すものである。

本研究では、表在性底生生物であるホタテガイに注目し、北海道のホタテガイ地撒き養殖で行われている水産資源量調査のための海底画像を用いた自動計測システムを提案する。北海道常呂のホタテガイの地撒き養殖では、個体数・発育状況を把握するために海底画像群の解析により資源量調査を行っている。2007年に行われた資源量調査では、漁獲面積約62.5km²中、625m²の画像を取得している。しかし、これらの画像を用いた自動計測技術が確立されておらず、画像中の対象資源を専門家が目視にて計測しているため、計測時間が長期化し、調査の広域化への大きな妨げとなっている。この問題に対して、海底画像から画像処理を用いたホタテガイの自動計測技術を確立することで解決を試みる。

海底画像で直接観測が可能なものは、海底の基質、ケガニやヒラメなどの海底に生息し

ている甲殻類や魚類の一部、ホタテガイやヒトデなどの表在性、サンゴやコンブなどの付着性底生生物である。このうち海底画像から直接観測可能なものは主に表在性底生生物やコンブなどの付着性底生生物である。対象となるホタテガイは、礫場環境では石や砂などの上に存在しているが、砂場環境では殻の上に砂を被せ、身を隠しているため、海底環境によって海底画像における視覚的特徴が大きく異なる。このため本提案システムでは、海底画像から底質を判別し、礫場環境と砂場環境に適したホタテガイ検出手法により計測する。本手法は、ホタテガイの生物学的特徴に基づき、ホタテガイに特化した特徴量を用いることで検出するものである。礫場環境下におけるホタテガイ検出手法ではホタテガイの殻の形状や色彩、肋と呼ばれる放射状の模様に着目し、形状特徴、色彩特徴、肋模様特徴を定義しホタテガイ領域を検出する。一方で砂場環境下のホタテガイは、礫場環境で見られるホタテガイ殻上の色彩特徴や肋模様特徴は砂に覆われているため確認することができない。このため砂に覆われていない殻縁部に注目し、形状特徴、殻縁特徴、殻特徴を定義し、ホタテガイ領域を検出する。提案した礫場環境と砂場環境のためのホタテガイ検出手法を、実際の資源量調査で用いられている海底画像に対して適応し、評価実験を行った。この結果、一定の条件下において礫場環境では検出率 95%、砂場環境では 91.4%と資源量調査への応用へ十分な精度を示した。これらの結果に基づき、他の底生生物の計測技術への応用についての知見を示した。

水産資源量調査では、海底画像と比較して広域の画像データが取得可能である海底動画への応用も求められている。このため本研究では、海底動画を用いたホタテガイ資源量調査のための自動計測システムも提案する。提案システムには、海底動画は海底画像と比較するとデータ量が多いため、自動計測とデータ指定、計測結果の解析などを、専門家や水産業従事者などのユーザーが操作するためのアプリケーションも含まれる。海底動画の応用例として、砂場環境下で撮影された海底動画に対して、砂場環境下のためのホタテガイ検出手法を用いた評価実験を行った。また海底動画を用いた自動計測のアプリケーションを開発し、計測結果と海底動画とともに記録されている GPS ログの位置情報を統合したホタテガイ資源量マップや海底のパノラマ画像など紹介し、さらなる海底動画の応用を検討した。

これらの結果から、提案システムの有効性と今後の展望を検討し、海底画像を用いた資源量調査の手法の確立を目指す。

審査結果の要旨

申請者は博士後期課程において、海底画像に基づいて水産資源量を自動計測する手法について研究を行い、申請者を第一著者とする 2 篇の原著論文のほか、11 件の国際会議等で成果を報告してきた。

昨年 12 月に提出された本論文は、これらの成果をまとめ、水産業が抱える資源量調査への問題に対して画像工学の立場から解決法を論じたもので、以下の 6 章から構成されている。

第 1 章は序論で、本研究の背景と目的、学術的な位置づけについて論じている。本研究は水産業における資源量調査のために、海底画像を用いた自動計測システムを開発することを目的としている。提案システムは、画像工学の分野に対して新たな解決法を提示するもので、水産海洋学や生物学に対しては新たな観測技術として期待される。

第 2 章では、水産業や水産資源量調査の現状や問題点について調査し、ホタテガイ地撒き養殖を例として論じている。また画像工学の非整備環境下における画像センシング技術についても現状を概観している。

第 3 章ではシステム設計手法について述べている。対象資源を表在性底生生物のホタテガイとし、海底静止画像を用いた自動計測手法を提案している。また海底動画への応用として、計測・解析・観測のための自動計測システムの枠組みも提案している。さらに、資源量調査の精度を向上させるための要件を、標本調査の観点から論じている。

第 4 章では海底が礫場環境である場合について、第 5 章では砂場環境である場合について、それぞれホタテガイ検出手法を提案し、実静止画像を用いた実験を通して精度評価を行っている。加えて第 5 章では海底動画像に対する検出精度評価を行うとともに、資源量調査のためのアプリケーションの開発手法、および、計測結果と位置情報の統合などの応用についても述べている。

第 6 章は結論で、本論文の成果を要約するとともに、結論と今後の展望を述べており、表在性底生生物であるマヒトデやイトマキヒトデ、コンブなどの海藻類などの調査への応用と、提案システムの海中観測技術としての今後の可能性について論じている。

論文審査委員会では、本研究が社会的に資源調査の需要が高い、表在性底生生物のホタテガイを事例とし、底質に則した画像処理に基づく検出手法を提案していることから、有益性の高い研究であると判断した。また、研究動向を的確に調査したうえで、先行研究が一般的な色彩情報や形状情報を機械学習により識別器を構成し認識しているのに対し、本研究が、海底環境において画像観測される生物学的特徴をモデル化することで、検出精度を向上させる方式を提案し、実利用環境での性能の向上を図っていることを評価した。

このように本論文は先行研究と比較して有意なものであり、水産業や海洋水産学、生物

学などに資する情報技術としての貢献が期待できる。

以上、論文審査の結果を要するに、本論文は水産業が抱える資源量調査への問題に対して画像工学の立場から解決を試みており、博士（システム情報科学）の学位に値すると判断した。