

8 水産業支援のための 画像処理技術とその利用



戸田真志 | 熊本大学 総合情報統括センター

榎本洸一郎 | 滋賀県立大学 工学部

海を「みる」ための画像処理技術

水産業において「海中をみる」ことは、水産資源の保全、漁獲計画の立案、漁具の改良等、多様で幅広い活動を下支えし、生産量の安定化、国際競争力の強化、漁場被害発生時の早期復旧等を可能とする意味にて必須の活動である。獲る漁業から育てる漁業への移行が著しく、また「持続可能な水産業」への変革が急務となっている近年において、海中の情報を緻密に獲得し、解析、利用することは、水産業の根幹を支える重要な行為である。

従来、海洋分野では超音波や温度計、潮流計等を駆使して「海中をみる」ことを行ってきたが、近年の撮像機器や耐水／耐圧部材の廉価化により、水中カメラを利用して「海中をみる」行為が盛んに行われている。カメラを用いた水産資源調査は、その代表格といえよう。カメラを用いた水産資源調査は、音響探査等に比して圧倒的な空間解像度を有し、さらに、ユーザにとって分かりやすく直感的な情報が得られるが故に、実用化が大いに期待されている。また、対象資源を直接的に捕獲し調査するサンプリング調査と異なり、対象資源に影響を与えずに調査することのできる間接的な手法であり、漁場の環境に影響を与えないという意味においても優位性が高い。一方で、得られた画像・映像等の視覚情報の解析はその多くを人手に頼っているのが現状であり、自動化技術はいまだ確立されていない。自動化にあたっては、撮影環境は照度差が大きく、砂、泥、

礫等の多様な背景を有する高ノイズ環境であり、さらに、解析対象が生物であるが故の個体差の問題に加え、日々変化する海況とそれに起因した対象生物の状態の差も大きく、解決のための課題は多い。

筆者らは、上記の課題を解決するために、画像処理技術を駆使することで、漁場の水中視覚情報を解析し、そこに写る水産資源の数や大きさ等を自動的に計測／解析が可能なシステムの構築とその実用化のための研究開発を続けている。筆者らが対象とする水産資源種は、ホタテガイやコンブ、ケガニ、マナマコ等、多岐にわたるが、特にホタテガイは筆者らが研究の開始当初から取り組んできた水産資源種である。日本の海面漁業における魚種別漁獲量において、ホタテガイは全体の約7%、北海道に限ると3割強を占め、海面養殖業における魚種別収獲量でも、ホタテガイは全体の約14%、北海道に限ると5割以上を占める基幹産業でもある。

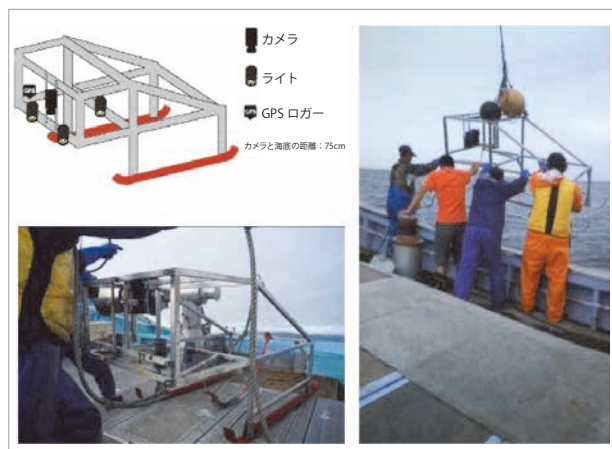
ホタテガイ漁業は地撒き式が、ホタテガイ養殖業は垂下式が代表的である。地撒き式は、ホタテガイの稚貝を漁場に放流し、海底で2～4年程度成長させ漁獲する方式であり、北海道ではオホーツク海や根室海峡で行われている。垂下式は、海中に設置した延縄式施設にホタテガイの稚貝を垂下して育成する方式である。ホタテガイの固定には籠を用いる方法、直接吊り下げる方法（耳吊り）等があり、北海道では、内浦湾（噴火湾）や日本海で盛んである。

本稿では、ホタテガイを主な対象とした資源調査支援活動における画像処理技術の利用事例として、

地撒き式ホタテガイ漁業に対する支援事例と垂下式ホタテガイ養殖業に対する支援事例を紹介する。

地撒きホタテガイ漁場における海底動画とその利用

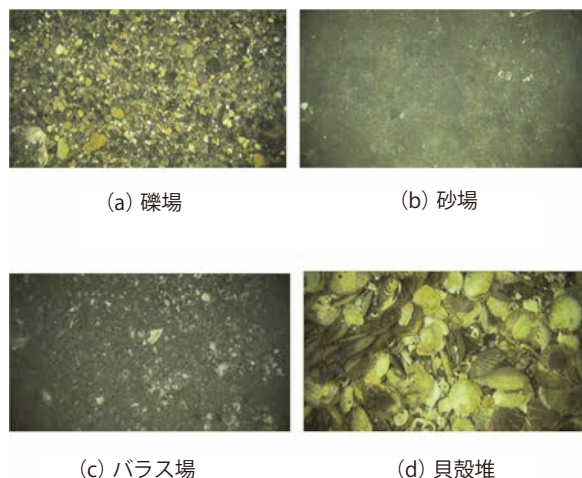
地撒きホタテガイ漁場での資源調査支援は、「海底動画の撮影」「海底環境推定」「ホタテガイ自動計測システム」「海底可視化システム」から構成される。漁船で撮影機材を曳航する牽引式の海底動画撮影装置を用いて海底動画を取得した後、得られた画像ごとに海底環境、具体的には、砂、礫、泥等に代表される底質の判別を行う。底質ごとに最適化されたホタテガイ抽出技術を用いて画像中に写るホタテガイの個数や大きさを自動計測し、適切な可視化技法を用いた海底可視化システムにて現場に情報を提供する。なお、海底動画撮影装置は漁船で曳航するが、漁船に搭載された GPS のデータと海底動画を統合することで、ホタテガイの空間分布を求め、マップとして提供する機能も有している。底質判別は、ホタテガイ自動抽出のための前処理として位置づけられる一方で、底質そのものも有用な情報であり、上記と同じ手法にて底質マップを提供する機能も有している。



■図-1 牽引式の海底動画撮影装置

海底動画の撮影方式

本稿で対象とする海底動画は紋別市、網走市、猿払村、野付郡等、北海道東部各地の地撒きホタテガイ漁場で撮影されたものである。撮影には市販のデジタルビデオカメラを用いており、海底からの高さが一定になるよう図-1に示すように海底動画撮影装置に設置されている。なお、カメラの向きは鉛直下方である。海底動画撮影装置には牽引用の鎖およびロープが結ばれており、潜水／着底させた後は漁船で曳航することで、海底を滑るように進ませ、海底の連続動画の撮影を可能とする。紋別市のホタテガイ漁場で撮影した海底動画から切り出した画像の例を図-2に示す。海底環境（底質）は礫場（図-2a）、砂場（図-2b）、バラス場（図-2c）が代表的であり、その視覚的な特徴は大きく異なる。次に、この礫場、砂場、バラス場を対象としたホタテガイの自動抽出技術を紹介する。なお、図-2dは時化等の影響でホタテガイが大量に死滅し、その死骸が堆積している場である（以下「貝殻堆」）。ホタテガイ自動抽出の対象とはしていないが、漁場の被害状況を把握する目的にて、後述する底質判別の対象としている。



■図-2 地撒きホタテガイ漁場における海底画像の例

ホタテガイの自動抽出技術

ホタテガイは主に礫場、砂場、バラス場に生息しており、その視覚的特徴は大きく異なる。そこで、筆者らは、個々の生息場に適したホタテガイ自動抽出アルゴリズムを構築し、提案している。

礫場環境での抽出技術

礫場は、粒子の直径が2ミリメートルより大きなもので構成されている底質である。礫場環境では、ホタテガイは表層に露出しており、貝殻の形状や色、特徴的な肋模様が確認できる。そこで、Hough変換を用いて楕円領域を抽出し、茶褐色の色特徴と肋模様特徴によりホタテガイを同定する(図-3)。

砂場環境での抽出技術

砂場は、主に細砂(粒径1/16～1/4ミリメートル程度)や粗砂(粒径1/2～2ミリメートル程度)で構成されている底質である。砂場環境では、ホタテガイの表面は砂に覆われ、わずかに殻縁部のみが確認できる。表出している殻縁部は背景に比して高い輝度を示し、かつ、楕円弧をなすことから、可変閾値による二値化処理により殻縁候補画素を抽出し、得られた候補点を入力とする楕円検出Hough変換によりホタテガイを検出する(図-4)。

バラス場環境での抽出技術

バラス場は、破碎されたホタテガイの貝殻が砂場の上に広く分布する底質である。バラス場環境では、



■図-3 礫場環境でのホタテガイ抽出



■図-4 砂場環境での殻縁画素抽出

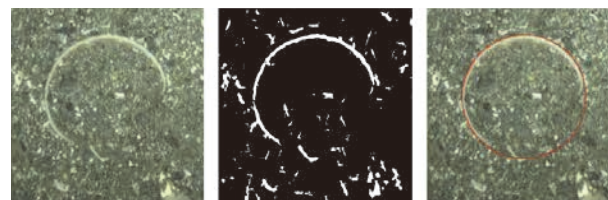
砂場と同様にホタテガイの表面は砂に覆われ、わずかに殻縁部のみが確認できるが、殻縁部以外にも同種の破碎殻が分布するため、砂場アルゴリズムをそのまま適用することは困難である。そこで、粒状のものを破碎殻、線状のものを殻縁部と仮定し、モルフォロジーフィルタバンク(Morphology Filter Bank)により線状成分を抽出し、殻縁特徴量に基づきホタテガイを検出する(図-5)。

底質の自動判別

個々の生息場に適したホタテガイ抽出アルゴリズムを有効に機能させるためには、撮影した画像ごとの底質を判別する必要がある。礫場、砂場、バラス場、貝殻堆などの海底環境の判別では、各々の環境において類似・共通する特徴が混在し、最適な特徴量を設計することが困難である。一方で、十分な量のデータが存在する場合は、深層学習を用いることで最適な特徴量と識別を構築することが可能となる。そこで筆者らは深層学習技術を用いた底質判別方式を提案している。底質判別の結果例を図-6に示す。なお、この実験では深層学習のフレームワークにCaffeを用いている。図-6で赤枠は砂場、青枠はバラス場、緑枠は礫場として推定されたことを示している。

垂下式ホタテガイ養殖業における画像情報とその利用

垂下式(図-7a)はホタテガイ養殖業の代表的な方式の1つであるが、近年、外来種であるヨーロッパパザラボヤが大量に発生し、ホタテガイに密生してしまうため、成長不良、へい死の増加、収穫作



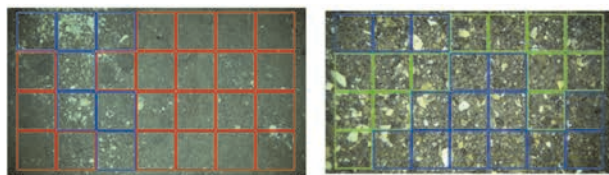
■図-5 バラス場環境での殻縁画素抽出

業の手間増加等、深刻な問題を引き起こしている(図-7b)。このような付着物の調査は、養殖施設の一部を調査船に引き揚げたあとに目視で行われており、作業負担が大きい。当該課題に対し、筆者らは、複数台のカメラを用いて海中の養殖施設の形状を3次元推定し、ヨーロッパザラボヤ付着量の自動計測を試みている。開発した養殖施設用撮影装置を図-8に、得られた画像群からヨーロッパザラボヤを3次元再構成した例を図-9に示す。得られた点群データからヨーロッパザラボヤの個体数や体積の推定を行う方式の検討を現在進めている。

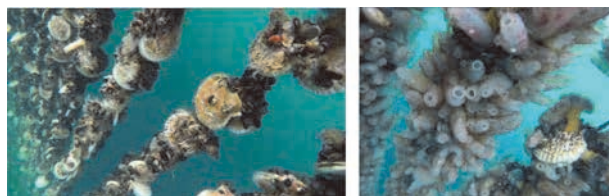
持続可能な水産業のために

本稿では、水産業における画像処理技術の利活用について、その背景や必要性を概観した。そして、地撒き式ホタテガイ漁業と垂下式ホタテガイ養殖業を取り上げ、画像処理技術による水産業支援について、筆者らの取り組みを紹介した。本稿で紹介した技術の一部は、すでに網走水産試験場(北海道網走市)などで活用されており、その精度等について高い評価をいただいている。

水産業は、筆者らが主に取り組む資源情報のほか、環境情報や気象情報など、多様な情報を大規模かつ



■図-6 底質判別の結果例



(a) ザラボヤ付着前

(b) ザラボヤ付着後

■図-7 ホタテガイ養殖施設の様子

長期間に渡り利活用することで成り立つ産業である。水産業の省力化、高度化に加え、海からの恵みを「持続可能」とするためにも、情報技術の果たす役割は大きい。もちろんその中で画像処理技術は重要な一翼を担っており、画像処理技術で解決すべき課題も多い。当該分野のさらなる発展が期待される。

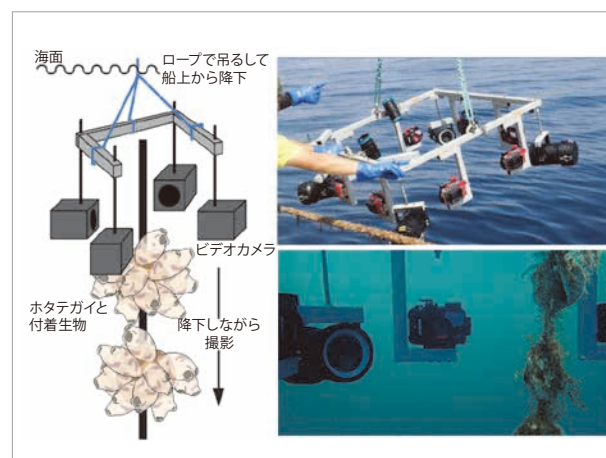
(2018年11月1日受付)

■戸田真志(正会員) toda@cc.kumamoto-u.ac.jp

1993年東京大学工学部計数工学科卒業。1998年北海道大学大学院工学研究科電子情報工学専攻博士後期課程修了。セコム(株)IS研究所、公立はこだて未来大学を経て、2012年より熊本大学教授、現在に至る。コンピュータビジョン、ウェアラブルコンピューティング、教育情報システムに関する研究に従事。博士(工学)。

■榎本洸一郎(正会員) enomoto.k@e.usp.ac.jp

2014年公立はこだて未来大学大学院システム情報科学研究科博士後期課程修了。同年公立はこだて未来大学特別研究員。同年新潟大学大学院自然科学研究科助教。2018年滋賀県立大学工学部電子システム工学科助教、現在に至る。コンピュータビジョンに関する研究に従事。博士(システム情報科学)。



■図-8 養殖施設用撮影装置



■図-9 ヨーロッパザラボヤの3次元再構成の例(同一物体を別視点から画像化したものである)