HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	クロマグロ養殖生産管理効率化のためのモニタリング技術開発に関する基礎的研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	阿部, 悟
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(水産科学)
Dissertation Number	甲第14754号
Issue Date	2022-03-24
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/86072
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Satoru_Abe_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称：博士（水産科学）　　氏名：阿　部　　悟

審査委員
主査　教授　木村　暢夫
副査　教授　藤森　康澄
副査　准教授　安間　洋樹
副査　教授　髙木　力（環境科学院）
副査　教授　竹原　幸生（近畿大学理工学部）

学 位 論 文 題 目

クロマグロ養殖生産管理効率化のためのモニタリング技術開発に関する基礎的研究

養殖業では育成中の養殖魚の体長や尾数，健康状態などの把握は生産管理上欠かせないが，正確に把握することは困難なため，養殖魚現存数や生物量を効率的にモニタリングする技術開発が強く望まれている。しかし，これまでは生簀内の個体数を精度良く推定するまでには至っていない。そこで，本研究では，クロマグロ養殖を対象としたモニタリング技術としてPTV（Particle Tracking Velocimetry）解析技術に着目することにより，当該技術を養殖魚のトラッキングや計数に応用し，これまで実現することが難しかった生簀などの閉鎖空間内養殖魚の個体数を推定する基盤技術が示されたものとなっている。そして，得られたベクトル情報を解析することにより対象魚の状態評価が画像情報から行われ，本種養殖の生産管理効率化の実現を図る手法が提示されている。本研究で得られた成果は以下のとおりである。

1) PTV解析の基盤となる移動物体追跡アルゴリズムであるKC（Kalman filter and Chi-square）法を適用することにより，閉鎖空間内を遊泳する個体に対して撮影フレーム間で同定を行ない，個体の移動ベクトルを推定できることを確認し，生簀内養殖魚の追跡において本手法の有効性を示した。
2) 実際の養殖生簀内を遊泳する養殖魚個体の追跡アルゴリズムのロバスト性向上のために，生簀内の魚群を構成する個体遊泳画像の個体領域抽出手法として，深層学習を応用したセマンティックセグメンテーションを導入し，その適用性が検討され，個体移動ベクトル抽出性能の向上が図られた。また，個体画像領域を個体を構成する画素座標情報の集合と捉え，KC法適用したところ，さらに実海域における個体移動ベクトル抽出性能の向上を示した。
3) システム実装時の運用評価のため，照度と濁度パラメータが個体数検出性能に与える影響を分析したところ，濁度が0.66 FTU以上となると個体画像のラベリング能力および個体検出能力のばらつきが大きくなり，個体追跡を行う撮影環境としては適当でないことを示した。また，個体計数システム全体の個体検出性能に対して照度が与える影響をロジスティック回帰モデルを用いて解析したところ，検出性能は1400 lx程度でピークとなり検出率は0.75となり，濁度，照度とも個体計数に適当となる撮影環境が提示された。
4) 個体数計数システムの適用により取得された各個体の連続する移動ベクトル情報からベクトルのノルム差，なす角，渦度に類似した指標をそれぞれ算出し，養成環境の違いがこれらの指標に差をもたらすか分析したところ，給餌時の行動変化や強い風浪による施設波浪動揺時にこれら指標を用いて養殖魚群の状態評価を行える可能性を示した。

本研究では，流体の可視化技術の応用により養殖生簀内の個体数計数システムの基盤が構築され，画像内の個体領域抽出で深層学習を応用することによりシステムの堅牢性が図られた。また，濁度と照度がシステムを実装する際には重要な撮影環境パラメータとなること，さらに個体計数のために推定された移動ベクトル情報から養殖魚の状態を評価できる可能性が提示された。以上の成果は，クロマグロに限らず今後の海面養殖における生産管理効率化に資する研究成果であると考えられる。よって，審査員一同は申請者が博士（水産科学）の学位を授与される資格のあるものと判定した。