

# 3D映像を利用した稚魚数計数システムの開発

神原 滉一† 遠藤 慶一‡  
†愛媛大学工学部情報工学科

黒田 久泰‡ 小林 真也‡  
‡愛媛大学大学院理工学研究科

## 1. はじめに

近年、世界的な魚食ブームの影響で世界の水産物消費量は年々増加している。消費の増加に伴って、水産資源の減少、枯渇が危惧される。このことから、漁船漁業と比べて、天然資源への影響がなく安定して魚を供給することのできる養殖漁業への期待が高まっている。

養殖漁業を効率的に行うためには、給餌量を適切にすることが重要である。給餌量が多すぎた場合、残余の餌による水質の悪化や餌代の増加、少なすぎた場合、魚が十分に成長できなかつたり、魚種によっては共食いが発生してしまう。給餌量を決定する際には、生簀や水槽内の魚の数を知る必要がある。中でも、稚魚育成においては、魚の数や一匹あたりの餌の量の変動が激しいことから特に重要性が高い。しかし、現状では、人が直接稚魚数を数えているため、手間がかかることと誤差が生じることが課題である。そこで本研究では、養殖漁業における適切な給餌量を決定するために水槽内の稚魚数を計数するシステムの開発を検討する。

## 2. 既存研究

### 2.1. 稚魚の識別

既存研究として、養殖漁業の生産量安定化を目的とした稚魚数計数システムに関する研究 [1] がある。この研究では、1台のカメラを使用して、水槽内の稚魚数を推定している。このシステムでは背景差分を利用して、入力画像と背景画像から、動体(稚魚)を検出し、二値化画像を作成する。また、二値化した画像にラベリングを用いることで動体の数を検出する。

### 2.2. 既存研究の問題点

既存研究には主に2つの問題点がある。1つ目は、画像内で複数の稚魚が部分的に重なっている場合、稚魚を1匹と判断してしまうという点で、2つ目は、カメラと稚魚の距離が遠すぎた場合に稚魚なのか、ノイズなのかという判断ができないという点である。

## 3. システム概要

既存研究の問題点に対して3台のカメラを使用して多視点から同じ領域を撮影することで解決する。3台のカメラは図1のA, B, Cの位置に配置する。この時のそれぞれのカメラから撮影範囲中心軸までの距離は43.3cmであった。開発したシステム概要を以下に示す。

### 3.1. CNN を用いた稚魚検出

既存研究では、複数の稚魚が部分的に重なっていた場合、1匹と判定してしまっていた。そこで、重なって

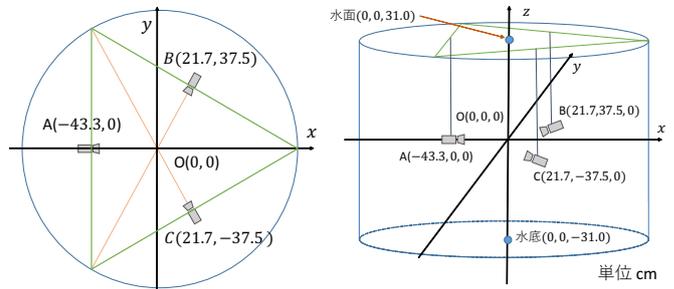


図1: カメラ設置位置

いても複数の稚魚がいることを判定できるように畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を用いて稚魚判定を行う。

### 3.2. 稚魚数計数領域の決定

カメラ内の視野角35度の部分に映る半径 $r$ の球を稚魚数計数領域とする(図2)。この時、カメラと撮影範囲中心軸までの距離は43.3cmであるので、図2より半径 $r$ は13.0cmとなる。よって撮影範囲中心から半径13.0cmの球の中にある稚魚数を数えるものとする。

### 3.3. 稚魚の三次元座標の算出

2台のカメラと三角測量を利用して、稚魚の三次元座標を求める。カメラのある位置をA, Bとして、稚魚のいる位置をPとすると図3のようになる。それぞれのカメラ内の稚魚の位置とカメラの視野角から $\theta_A, \theta_B$ を算出し、三角形ABPを利用して三角測量を行うことで稚魚の三次元座標を求めることができる。

しかし、2台のカメラでは、複数いる稚魚に対して三次元座標を求めることができない。具体的に図4のように2匹の稚魚が稚魚数計数領域内の $P_1, P_2$ にいた場合について考える。A地点のカメラから見た稚魚とB地点から見た稚魚の対応づけができないため、線が交わる4箇所( $P_1, P_2, P_3, P_4$ )のうちどこに稚魚がいるのかを特定することができない。この場合は $P_1, P_2$ のみではなく、 $P_3, P_4$ に稚魚がいる可能性も考えられる。

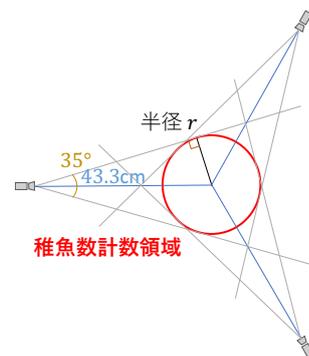


図2: 稚魚数計数領域

Development of young fish counter system using 3D pictures  
†K. Kambara  
Department of Computer Science, Faculty of Engineering,  
Ehime University  
‡K. Endo, H. Kuroda, S. Kobayashi  
Graduate School of Science and Engineering, Ehime University

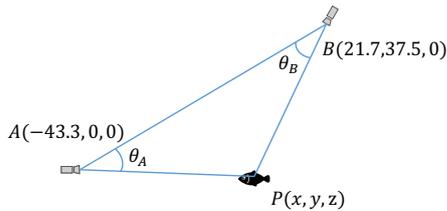


図 3: 三角測量

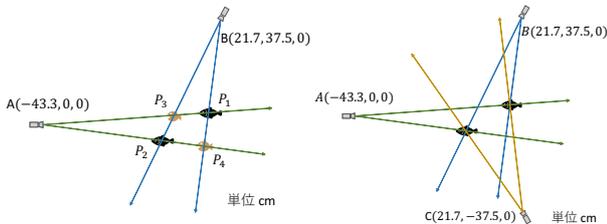


図 4: カメラ 2 台

図 5: カメラ 3 台

そのために図5のように3台目のカメラを使用する。3台のカメラから得られた画像を利用してどの方向に稚魚がいるのかを特定し、3本の線が交わる場所に稚魚がいるものとして判定する。

### 3.4. 水槽内の稚魚数推定

水槽内全体の稚魚数は以下の式から推定できる。

水槽内の推定稚魚数 (匹) =

$$\text{稚魚数計数領域内の稚魚数} \times \frac{\text{水槽内の水の体積}}{\text{稚魚数計数領域内の体積}}$$

精度を上げるには、複数の画像を使用する方法がある。複数の画像を使用することで、水槽内の稚魚の偏りを平均的にすることができる。また、稚魚数計数領域を疑似的に広げることになり、水槽内の水の体積と稚魚数計数領域内の体積の比が小さくなるので、精度の向上が期待できる。

## 4. 評価実験

陸上水槽内の稚魚を撮影したデータに対して画像内の稚魚数検出精度と水槽内の稚魚数推定精度について評価を行う。この時の水槽内の水の体積は  $900646\text{cm}^3$  で、稚魚数計数領域体積は、領域半径が  $13.0\text{cm}$  であるので、 $9203\text{cm}^3$  である。

### 4.1. 画像内の稚魚検出率

27枚の画像に対して、画像内の稚魚の検出精度を提案手法であるCNNと既存研究である背景差分を比較して評価する。27枚の画像には、のべ500匹の稚魚がいた。この500匹の稚魚に対してそれぞれの手法で稚魚検出を行った結果表1のようになった。誤検出は稚魚ではないものを稚魚と判定してしまった数である。

表1の結果から背景差分よりもCNNを利用した方が画像内の稚魚検出率が高いことがわかる。CNNで検

表 1: 稚魚検出精度

手法	検出稚魚数	未検出稚魚数	検出率	誤検出	誤検出率
CNN	469	31	93.8%	5	1.0%
背景差分	441	59	88.2%	19	3.8%

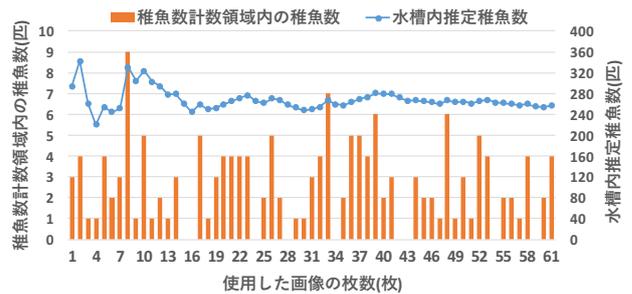


図 6: 水槽内の推定稚魚数の推移

出できなかった31匹の稚魚は他の稚魚と大部分が重なっているか、カメラから遠い場所にいた稚魚であった。重なっている稚魚については他のカメラから検出ができれば問題はないと考えられる。また、カメラから遠い場所にいる稚魚については、稚魚数計数領域外となるので検出できなくても水槽内の稚魚数推定精度への影響はないと考えられる。

### 4.2. 水槽内の稚魚数推定率

10分(600秒)間撮影した動画から、10秒に1回静止画像を切り取り、61枚の静止画像を用意した。1枚ずつ使用する静止画像を増やしながら水槽内の稚魚数を推定すると図6のようになった。図6では横軸が使用した画像の枚数を表している。棒グラフは静止画像を切り取った瞬間の稚魚数計数領域内の稚魚数を表しており、稚魚数は0匹から9匹の間で規則性がないことがわかる。また、折れ線グラフが水槽内の推定稚魚数を表しており、使用する静止画像の枚数が少ないと水槽内の推定稚魚数にばらつきがあったが、静止画像の枚数が43枚を超えたあたりから安定した。43枚から61枚使用した時の水槽内の推定稚魚数は約255匹から268匹であった。実際に水槽内の稚魚数を数えたところ266匹であったので、水槽内の稚魚数推定率は約95.9%から100.8%となった。既存研究の問題点を解決することで高い精度を得られたと言える。

## 5. おわりに

本研究では、養殖漁業の生産量安定化のために水槽内の稚魚数を計数するシステムを開発した。既存研究の問題点を解決することで水槽内の稚魚数推定率を向上させた。今後の課題として、水槽内の魚の密度によって稚魚の検出率や水槽内の稚魚数推定率が変わってしまうと考えられる。そのため、魚の密度により稚魚数推定率がどのように変化するかを調べる必要がある。密度が変化した時に稚魚数推定率を高める方法として、使用する画像の枚数を増やす、カメラの台数を増やすなどの方法が挙げられる。

## 参考文献

[1] 横田 蓮, 藤橋 卓也, 遠藤 慶一, 黒田 久泰, 小林 真也, “養殖漁業の生産量安定化を目的とした稚魚数計数システムに関する研究”, 情報処理学会第81回全国大会講演論文集(4), pp.711-712, 2019.