

# 動画像を用いた連続魚影検出における 検出漏れフレームに対する補間手法の提案

山磨 虎多郎<sup>†</sup> 遠藤 慶一<sup>†</sup> 黒田 久泰<sup>†</sup> 小林 真也<sup>†</sup>  
愛媛大学大学院理工学研究科<sup>†</sup>

## 1. はじめに

近年、天然資源への影響が少なく、水産物を安定供給することができる養殖漁業への期待が高まっているが、養殖漁業の現場では魚病の発生や養殖魚の尾数管理などさまざまな課題が生じている。

そこで我々は、これらの課題を解決することを目的として、養殖生簀内で養殖魚が遊泳している状態での、水中の映像から養殖魚の魚影を検出し、その検出座標から養殖魚の遊泳ベクトルを算出することで、尾数計数や魚病の早期発見を行えるシステムの開発を行っている [1, 2, 3, 4]。しかし、これまでに行った実証試験では、洋上生簀に水中カメラを設置した際に、海中の明るさや濁り具合によって、連続した魚影検出時に魚影の検出漏れが起こり、魚影の空間位置座標が算出できず、遊泳軌跡が途中で途切れてしまうことがあった。そこで本研究では、魚影検出の再現度を向上させることを目的として、魚影検出に失敗した画像に対して、魚影の個体同定が可能となる十分に短い時間内の前後の魚影検出画像に基づき、画像内での魚影画像座標を補間する手法を提案する。

## 2. 養殖魚の空間位置座標算出手法と魚影検出の課題

我々の研究では、養殖魚を飼育している生簀に水中カメラを複数台設置し、水中の映像から養殖魚の魚影の検出を行い、検出で得られた魚影の画像座標から養殖魚の空間位置座標をフレームごとに算出することで、養殖魚の遊泳ベクトルを求める手法を実現している。この手法を用いることで、尾数計数や魚病の早期発見などに応用することが可能となっている。この手法では、映像から養殖魚の魚影をフレームごとに連続検出を行っており、その際に映像の各フレームに対してYOLO(You Only Look Once)を用いて魚影の検出を行う。しかし、水中での魚影検出では、水中の明るさや濁り具合によって、連続魚影検出時に検出漏れが起こる。図1は30fpsで撮影した映像に対して、連続魚影検出を行った結果である。図1(b)の中央下部の魚影の検出に失敗している。魚影の検出漏れが起こった場合、検出に失敗した魚影の空間位置座標が算出が困難となり、遊泳軌跡が途中で途切れることがあった。そこで本研究では、図1(b)のような魚影検出に失敗した画像に対して、個体同定が可能となる十分に短い時間内の前後の魚影検出画像に基づき、画像内での魚影座標を補間する手法を提案する。

## 3. 補間手法のアルゴリズム

### 3.1. 補間可能な検出漏れ

養殖魚の追跡を行う際、魚影の個体同定が可能となる十分に短い時間内であれば、最大0.5BL未満(1BLは生簀内の養殖魚の標準体長を表す)の移動距離の追跡を行うことができる。このとき魚影の個体同定が可能となる十分に短い時間とは、魚の最大遊泳速度を $v$  BL/秒とした場合に、 $0.5/v$  で求められる時間を指す。本研究で研究対象としているマダイを例とすると、マダイの最大遊泳速度は3.5BL/秒 [5] であり、魚影の個体同定が可能となる十分に短い時間は1/7秒である。これは、30fpsのカメラで撮影を行った場合の4フレーム分に相当し、魚影の検出漏れに対して4フレーム以内に再検出できれば、同一の個体の追跡が可能である。

### 3.2. 補間手法のアルゴリズム

補間手法では、まず個体同定が可能な短い時間内の検出漏れに対して、魚影検出が行えた検出矩形の重心(魚影画像座標)の位置を比較し、画像座標上での位置が、フレーム間で以下の3つの条件を満たしている場合に同一個体の魚影とする。

1. 魚影画像座標の位置関係が最も近接している。
2. 検出矩形が重なっている。
3. 魚影画像座標の距離が0.5BL未満である。

次に同一個体の魚影と考えられる魚影画像座標を基に、フレーム間での座標同士の線形補間を行っている。例えば、第1フレームでの魚影検出で魚影画像座標 $(x_1, y_1)$ が得られ、第2フレームと第3フレームで魚影の検出漏れがあり、第4フレームで魚影画像座標 $(x_4, y_4)$ が得られた場合には、第2フレームでは魚影画像座標 $((2x_1 + x_4)/3, (2y_1 + y_4)/3)$ 、第3フレームでは魚影画像座標 $((x_1 + 2x_4)/3, (y_1 + 2y_4)/3)$ と推定する。

## 4. 評価

### 4.1. 評価手法

提案手法では、実際に検出した魚影画像座標(実検出座標)同士での線形補間を行っており、提案手法によって補間できた魚影画像座標(補間座標)とその魚影の検出が成功した場合に得られる魚影画像座標とでズレが生じることが考えられる。そのため、補間座標と実検出座標の位置を比較することで提案手法による位置精度の評価を行った。評価データには、研究対象のマダイを2020年11月(洋上生簀)と2021年10月(陸上生簀)に撮影したそれぞれ1分半(2700フレーム)の映像を用いており、図2は各映像で連続魚影検出を行っている様子である。

Interpolation Method against Fish Detection Failure among Sequential Frames

<sup>†</sup>K. Yamatogi, K. Endo, H. Kuroda, S. Kobayashi  
Graduate School of Science and Engineering, Ehime University

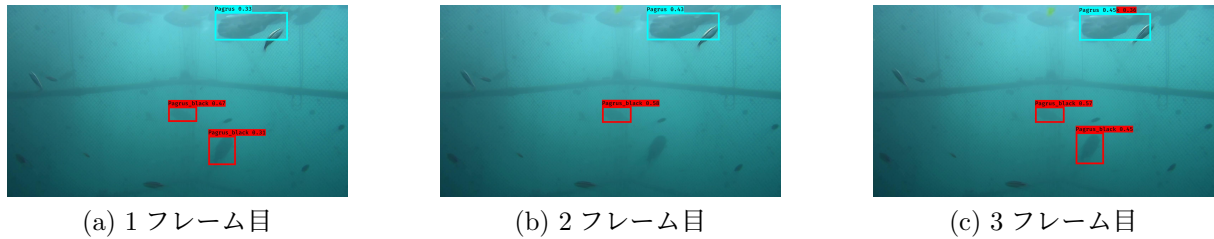


図 1: 連続魚影検出で生じている検出漏れ

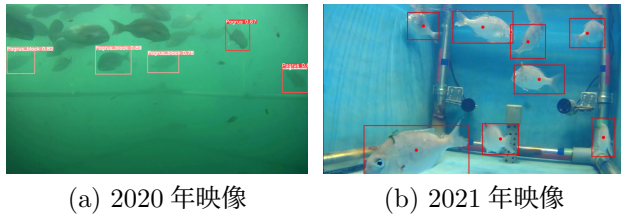


図 2: 各映像で連続魚影検出を行っている様子

表 1: フレーム幅ごとの補間座標と実検出座標とのズレ

単位:px	フレーム幅 1		フレーム幅 2		フレーム幅 3	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
2020 年						
x 座標	-0.114	3.884	0.124	4.676	0.030	4.712
y 座標	0.070	3.476	-0.126	4.252	-0.030	4.286
2021 年						
x 座標	0.022	5.602	0.022	6.954	0.014	8.020
y 座標	-0.014	4.328	-0.180	4.676	-0.018	5.292

これらの映像データに対して、連続魚影検出で得られた魚影画像座標から同じ個体と考えられる魚影の追跡を行っており、それぞれの追跡データ中に故意に連続したフレームで検出漏れを生じさせ、検出漏れを生じさせた魚影の追跡データに提案手法を適用した際の補間座標を基に評価を行った。このとき、補間座標の画像内での位置精度評価では、補間座標から実検出座標を引くことで、実検出座標を原点として補間座標がどの程度ずれているかを評価した。

#### 4.2. 評価結果

評価で使用している、実検出座標を用いた個体ごとの追跡データ数は、2020年の映像では403個、2021年の映像では286個となっている。これらの追跡データに対して、1フレームから最大で連続3フレームまでの検出漏れをそれぞれ生じさせた。このとき、検出漏れが起こるフレームはランダムで決定している。この過程を5回繰り返し、評価用画像データを生成し、実検出座標と補間座標のズレの分布を取得した。表1は検出漏れを生じさせたフレーム幅ごとの実検出座標と補間座標のズレの平均値と不偏標準偏差である。

#### 4.3. 考察

表1の結果より、補間座標と実検出座標とのズレの平均値と標準偏差から、補間座標と実検出座標とのズレの多くは数ピクセル程度に収まっており、数ピクセル程度のズレであれば魚影の空間座標算出に影響を与

えることはないと言える。また、表1の各検出漏れのフレーム幅の標準偏差の数値より、連続した検出漏れのフレーム数が増加することで補間座標と実検出座標とのズレのばらつきが大きくなっていることが分かる。そのため、補間座標と実検出座標とのズレを抑えるためには、検出漏れを連続して起こさないような工夫が必要になると考えられる。

#### 謝辞

この研究の一部は、令和2年度総務省「IoTの安心・安全かつ適正な利用環境の構築（IoT利用環境の適正な運用及び整備等に資するガイドライン等策定）」事業『洋上を現場とするIoT機器・サービス実現のための電波特性試験事業』、令和3年度科学技術振興機構「研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）トライアウトタイプ」『遊魚水中三次元位置測定装置で得られる遊泳ベクトルに基づく自動魚病感染検出の実用化』として実施されました。愛媛県農林水産研究所水産研究センターの川上秀昌様、原川翔悟様、愛媛大学南予水産研究センターの清水園子先生、竹内久登先生にご協力頂きました。

#### 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.
- [2] 神原 滉一, 遠藤 慶一, 黒田 久泰, 小林 真也, “3D映像を利用した稚魚数計数システムの開発”, 情報処理学会第82回全国大会講演論文集(4), pp.659-660, 2020.
- [3] 山磨 虎多郎, 遠藤 慶一, 黒田 久泰, 小林 真也, “遊魚3次元位置測定装置による魚の遊泳軌跡測定”, 情報処理学会第83回全国大会講演論文集(4), pp.651-652, 2021.
- [4] 小林 真也, “個体検出システム、撮影ユニット、個体検出方法、およびコンピュータプログラム”, 特開2021-152782号, 2021-09-30.
- [5] 横田 源弘, 山本 憲一, 平 雄一郎, 半田 岳志, “トラフグ, マダイおよびメジナの酸素消費量に及ぼす遊泳軌跡と水温の影響”, Journal of National Fisheries University 56 (3), pp.261-265, 2008.