

オクルージョンに頑健なクロマグロ稚魚の複数個体追跡

進藤 克俊[†] 岩井 佑樹[†] 波部 斉^{‡,††} 大谷 雅之^{‡,††} 阿部 孝司^{‡,††} 井口 信和^{‡,††}近畿大学大学院総合理工学研究科[†] 近畿大学理工学部情報学科[‡]近畿大学情報学研究所^{††}

1. はじめに

現在のクロマグロ養殖において、稚魚の個体ごとの生育状況の把握はバケツや柄杓を用いた手作業にて行なっている。人手による方法は作業員への負担が大きい。さらに稚魚は外傷によるストレスに影響され、死滅に繋がる可能性が高い。そこで、カメラ映像から稚魚の位置や動きを獲得できれば、非接触による稚魚の生育状況の把握が可能となる。映像中には水面の揺らぎや光の反射及び稚魚の交差による遮蔽が存在する。水面の揺らぎによる乱れた魚影を図1に示す。乱れた魚影は、既存の物体検出手法では検出できず、時系列情報を用いた追跡を行うことが望ましい。提案手法では深層学習による物体検出の後、カルマンフィルタとハンガリアンアルゴリズムを組み合わせた追跡手法と二値化画像を用いた未検出の稚魚の再検出手法により、遮蔽に頑健な複数個体追跡手法を提案する。



図1 通常の魚影(左)と乱れた魚影(右)

2. 関連研究

鈴木らはクロマグロ稚魚が起こす急激な動きの変化に対応する複数個体追跡手法を提案している[1]。しかし、鈴木らは映像中の稚魚が全て正確に検出できていることを前提としている。現在、稚魚の検出において岩井らは部分画像の学習による稚魚の検出手法を提案している[2]。しかし、図1のような乱れた魚影を正確に検出することは難しい。さらに、鈴木らのように代表点の検出結果を用いた追跡ではなく、Bounding Box (以下、BBBox) による検出及び追跡を行うことで、得られたBBBoxから稚魚の姿勢推定などに本研究の追跡結果を活用することが可能となる。

Robust Multiple Object Tracking for Juvenile Bluefin Tuna
[†]KATSUTOSHI SHINDO, YUKI IWAI, Graduate School of Science and Engineering, Kindai University.

^{‡,††}HITOSHI HABE, MASAYUKI OTANI, KOJI ABE, NOBUKAZU IGUCHI, Faculty of Science and Engineering, Department of Informatics, Kindai University

3. 提案手法

追跡の概要を図2に示す。入力画像(a)に対して、事前に学習済みのYOLO等の物体検出による結果を取得し(b)、個別にIDを割り当てる(c)ことで、追跡を完了させる(e)。追跡手法は[3]を基にしており、カルマンフィルタによる予測されたBBBoxとの重なり度合いを表すIntersection over Union (以下、IoU)から稚魚の対応づけを行う。対応付けの際に割り当て問題にて用いられているハンガリアンアルゴリズムを使用する。そして、IDの割り当てやリストの更新を行う。さらに、1節で述べた魚影の乱れ等による未検出を補完する手法を提案する(d)。

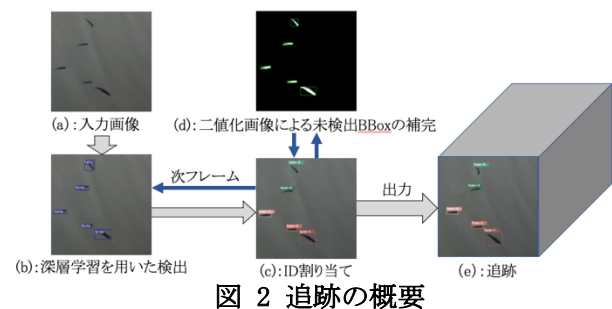


図2 追跡の概要

3.1. 稚魚の予測と割り当て

過去フレームの情報から追跡対象として登録されている稚魚の次のフレームでのBBBoxの予測と割り当てを行う。BBBoxの予測にはカルマンフィルタを用いる。稚魚の割り当てでは、カルマンフィルタにより予測された稚魚のBBBoxと検出されたBBBoxとのIoUから、ハンガリアンアルゴリズムによる対応付けを行う。対応付けの例を図3に示す。ここで、“一致(a)”, “検出の不一致(b)”, “追跡の不一致(c)”の三つの状態に分類する。一致状態は、検出されたBBBoxに対して予測結果との対応付けが成功した状態である。検出の不一致状態は、検出されたBBBoxに対して予測結果が存在しない状態であり、新規追跡対象として登録する。追跡の不一致状態は、予測結果に対して、BBBoxが検出されない状態である。

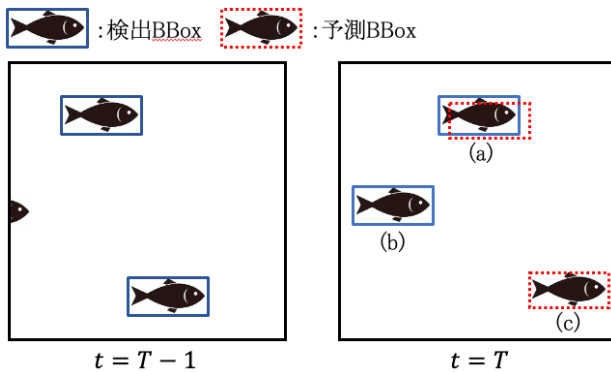


図 3 追跡状態の分類の例

3.2. 二値化画像を用いた BBox の補完

3.1 節の追跡の不一致状態が得られた時、次の二つの要因が考えられる。追跡対象が遮蔽物等により消滅した場合か、魚影の乱れ等による稚魚の未検出である。この際、魚影の乱れ等による稚魚の未検出の時、該当フレームの二値化画像から BBox を再検出する (図 2b)。再検出により得られた BBox とカルマンフィルタによる追跡の予測 BBox との IoU から、再度ハンガリアンアルゴリズムを用いて、追跡対象の BBox を取得し、未検出箇所の BBox を補完する。

3.3. トラックの作成と削除

トラックは追跡対象が ID と共に保持されている配列であり、追跡対象である稚魚ごとに新規追跡対象の作成及び、範囲外または追跡が不一致となったトラックの削除を行う。連続して 10 フレームの間、追跡の不一致状態が続いた場合、追跡対象の消滅と判断し、該当 ID のトラックを削除する。

4. 実験

BBox 補完機能の有無にて精度の比較実験を行う。精度は Multiple Object Tracking Accuracy (以下, MOTA) により評価する [4]。MOTA は式 (1) にて表される。ここで m_t , e_t , s_t , g_t はそれぞれ時間 t における未検出 (Misses), 誤検出 (Errors), 追跡 ID の切り替えの数 (ID Switches), 正解データを表している。

$$MOTA = 1 - \frac{\sum_t (m_t + e_t + s_t)}{\sum_t g_t} \quad (1)$$

4.1. 結果と考察

BBox 補完機能の有無での精度比較の結果を図 3, 表 1 に示す。図 3 から、BBox の補完により未検出の稚魚に対して検出ができていたことがわかる。また、表 1 より、MOTA は提案手法が補完無

しの場合に比べて 34.8% 向上していることを確認した。さらに、未検出を 70% 以上減少させることに成功しているため、本研究の目的を達成したといえる。しかし、魚影が交差する場合に対応できないことや、単純な二値化画像を用いるのみでは、水中のゴミといった不純物に影響されやすいことが問題点として挙げられる。

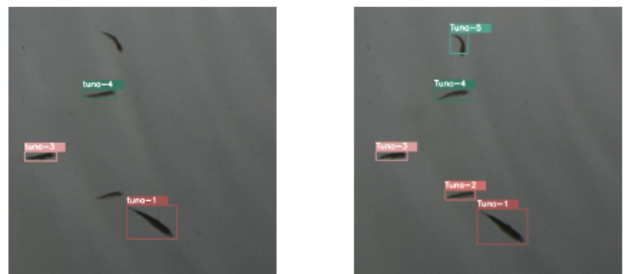


図 4 BBox 補完なし (左), 補完あり (右)

表 1 提案手法の評価

BBox 補完	MOTA	Misses	Errors	IDS w
あり	88.7%	51	6	3
なし	53.9%	232	0	12

5. まとめ

本研究では、水面の揺らぎといった遮蔽に頑健なクロマグロ稚魚の複数個体追跡手法を提案した。通常の物体検出では水面の揺らぎにより魚影の形状が大きく変化してしまい検出ができなかったが、時系列情報から未検出の稚魚を予測することが可能であることがわかった。しかし、魚影の乱れといった遮蔽などによる未検出状態には頑健であるが、魚影が交差する場合に対応できないという問題点がある。

なお、本研究の一部は科研費 JP21H05302 の助成を受けた。

参考文献

- [1] 鈴木励他, "クロマグロ稚魚の急激な動き変化に対応した複数物体追跡", ビジョン技術の実用ワークショップ (ViEW), 2021.
- [2] 岩井佑樹他, "部分画像の学習によるクロマグロ稚魚の検出", 第 24 回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU), 2021.
- [3] Bewley et al., "Simple online and realtime tracking", IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), 2016.
- [4] Bernardin K et al., "Evaluating Multiple Object Tracking Performance: The Clear MOT Metrics", EURASIP Journal on Image and Video Processing, 2008.