

急激な動き変化に対応したクロマグロ稚魚の移動軌跡の獲得 Acquisition of motion trajectories of bluefin tuna fry in rapid movement changes

鈴木 励[†] 波部 斉[†] 大谷 雅之[†] 阿部 孝司[†] 井口 信和[†]
Rei Suzuki Hitoshi Habe Masayuki Otani Koji Abe Nobukazu Iguchi

1. はじめに

クロマグロ稚魚が起こす急激な動き変化（以降バーストとする）は多くの稚魚の死因になってしまう[1]。これはバーストを起こした稚魚が水槽の壁面や生簀の網に衝突してしまうためである。これを防ぐためにバーストの発生原因の解明が必要とされているが、そのためにはバースト発生時の状況から、バーストに関わったと考えられる事象を特定することが必要となる。しかし長時間の水槽の監視を人の目で行うには非常に手間がかかってしまう。

これに対して我々は稚魚 1 匹ごとの追跡を行うために CNN を用いたヒートマップ 推定による検出と、最近傍探索とパーティクルフィルタによる追跡を行う手法を提案している[2]が、追跡精度に改善の余地が残っていた。また現在、稚魚の検出については[3]のような研究を行っており、今後検出精度のさらなる向上が見込める。そのため、本稿では映像中の稚魚を正確に検出できることを前提としてその後の追跡処理に焦点を絞ることとし、[2]をもとにさらに正確な追跡を行う手法を提案する。そして過去的手法との比較により、提案手法の有用性を確かめる。

2. 提案手法

本研究は正確に検出された稚魚の座標情報をもとに、バースト時の稚魚の対応づけを 1 匹ごとに行う手法を提案するものである。その手法として最近傍探索とパーティクルフィルタを組み合わせた手法を提案する。

2.1 最近傍探索

最近傍探索とは時刻 t のフレームに存在する稚魚のうち、ある 1 個体を指定し、その稚魚の座標と時刻 $t-1$ のフレームの全個体の座標と比べて最も距離の小さい個体を指定した個体と同一個体であるとして対応づける手法である。本研究では処理時間の短縮のため、求めた距離があらかじめ決めた閾値よりも小さい値であれば、指定した個体と同一個体として対応づけ、閾値以上であれば、その個体は時刻 t では検出されなかったとする。

2.2 パーティクルフィルタ

本研究で用いるパーティクルフィルタでは検出された稚魚の位置を観測値として、各フレームにおける稚魚の位置推定を行う。パーティクルの重みを生成する際に参照する尤度は各フレームからガウシアンフィルタを用いて作成したヒートマップを用いて計算される。パーティクルの近くに稚魚が存在する場合には、そのパーティクルが持つ重みの値は大きくなる。

2.3 二つの手法の使い分け方

提案手法では最近傍探索とパーティクルフィルタを場合によって使い分けることによって追跡を行う。これは最近傍探索がバースト時の速度上昇中などの大きく移動していない場合に有効であることと、パーティクルフィルタが、稚魚が交差している場合には有効であるという 2 つの手法の長所を両方とも生かすためである。2 つの手法を組み合わせることにより追跡できる稚魚の数を増やすことができると考えられる。

提案手法では初めは最近傍探索での追跡が行われるが、稚魚が交差している場合にはパーティクルフィルタを用いて追跡を行う。稚魚が交差している場合を図 1 に示す。



図 1 稚魚の交差

このような状態にある稚魚に対してはパーティクルフィルタの追跡を行い、その後この稚魚同士の距離が十分に離れた場合には再び最近傍探索での追跡が行われる。稚魚が交差している場合には以下のようにして処理を行う。また図 2 に手順 1 の稚魚の距離の近いと判断する状況を示す。

1. 最近傍探索による追跡において、時刻 t のある稚魚 A に最も近い時刻 $t-1$ の稚魚 B が、すでに時刻 t の稚魚 C と対応づけられていた場合、稚魚 A と C が近くに存在すると判断する。
2. 稚魚 B の座標を用いてパーティクルフィルタを実行し、時刻 t での稚魚 B の座標を予測する
3. 稚魚 A, C のうち、予測した座標と最近となる方を稚魚 B の時刻 t での稚魚とする
4. 稚魚 B の最近とならなかった方は別個体のものであると判断できるため、再び最近傍探索による追跡を行う。

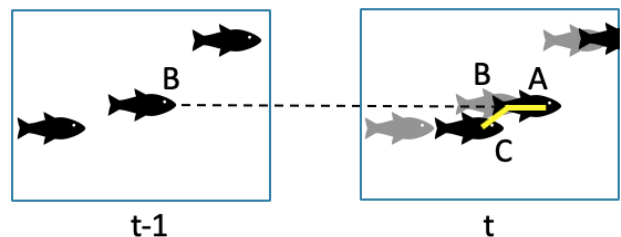


図 2 稚魚 A と C の距離が近い状況

[†] 近畿大学 Kindai University

3. 実験

3.1 映像データ

実験には近畿大学水産研究所で撮影した、水槽でバーストを起こしているクロマグロ稚魚の映像を用いる。映像中には波による水面の揺らぎや光の反射が映り込んでいるため、可能な限り魚影が鮮明な部分を縦横が 360×640 となるように切り取った。

3.2 実験方法

3.1 項で述べた映像 3 つとそれぞれの稚魚の座標のアンテーションデータを用いて追跡の実験を行なった。使用した追跡手法は最近傍探索、パーティクルフィルタ、提案手法の 3 つである。また追跡の評価方法はある稚魚が映っている全フレームにおいて、あらかじめ記録しておいた、その稚魚の正しい座標の周囲 20 ピクセル以内の座標を対応づけられていれば成功とし、使用した映像中の稚魚の全尾数に対して追跡できた稚魚の尾数で評価し、追跡手法ごとの精度を比較する。

3.3 実験結果

実験結果を表 1 に示す。表 1 の行は追跡手法を、列は使用した映像を示しており、映像 A には 187 尾、映像 B には 173 尾、映像 C には 92 尾の稚魚が映っている。また表中の数字は追跡が成功した稚魚の尾数を示している。表 1 から、どの映像を使用した場合でも提案手法が最も良い結果であることがわかる。

表 1 実験結果(単位: 尾数)

追跡手法	映像 A(稚魚数: 187)	映像 B(稚魚数: 173)	映像 C(稚魚数: 92)
最近傍探索	31	38	60
パーティクルフィルタ	14	26	16
提案手法	38	48	66

3.4 考察

表 1 より提案手法を用いた場合に追跡が失敗した数が多いのは映像 A と映像 B である。図 3 は映像 A、図 4 は映像 B、図 5 は映像 C でのバースト時の移動量を示している。各図中の太線が稚魚の 1 フレーム間の移動量を示している。



図 3 映像 A のバースト時の移動量

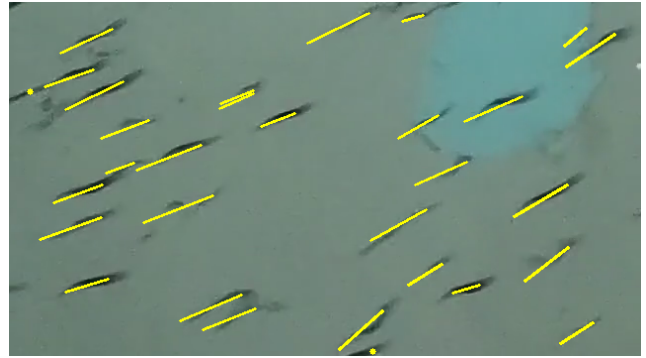


図 4 映像 B のバースト時の移動量



図 5 映像 C のバースト時の移動量

図 3、図 4、図 5 から映像 A、B の太線は映像 C のものより長いことがわかる。これは映像 A、B ではバースト発生前と発生時に稚魚の泳ぐ方向は変わらず右上の方向のままであるが、映像 C ではバースト前では右上に向かって泳いでいたが、バースト発生時には真上に泳ぐように変化したことが原因であると考えられる。

4. おわりに

本研究ではバーストに対応したクロマグロ稚魚の移動軌跡の獲得を行なった。実験の結果、最近傍探索とパーティクルフィルタを組み合わせた提案手法はそれぞれの手法をそのまま使う場合より、追跡精度が向上することが確認できた。今後の課題として稚魚が大きく移動する場合の対処が必要であると考えられる。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 JP19H04939, JP17K00256 の助成を受けて行なった。

参考文献

- [1] 石橋 泰典, 岡田 貴彦, 澤田 好史, 宮下 盛, 倉田 道雄他, “<研究成果の概要>クロマグロにおける衝突死の発生原因について”, クロマグロ等の魚類養殖産業支援型研究拠点: 21 世紀 COE プログラム 2003~2004(平成 15~16)年度 中間成果報告書, pp. 79-82 (2005).
- [2] 鈴木 励, 波部 齊, 阿部 孝司, 井口 信和, “クロマグロ稚魚のバースト発生時における移動軌跡の獲得”, 情報処理学会 第 82 回全国大会 (2020).
- [3] 岩井 佑樹, 竹長 慎太郎, 波部 齊, 阿部 孝司, 井口 信和, “Single Shot Detector を用いたクロマグロ稚魚の個体検出”, 第 26 回画像センシングシンポジウム(2020).