

魚の位置姿勢変化モデルを用いた魚群映像中の個体追跡

竹内 よしき[†] 本郷 昂貴[†] 寺山 慧[‡] 波部 斉[†]

近畿大学理工学部[†] 理化学研究所／京都大学[‡]

1. はじめに

魚群中の魚同士のとる行動は完全に解明されていない。例として、トラス状に泳いでいる魚群(図1)の個々の魚の遊泳している位置は常に同じなのか、魚はお互いに接触することなく一定の間隔を保ち続けながら泳いでいるのか、などが挙げられる。魚の動きの獲得は、これらのメカニズムの解明の第一歩となる。以前から映像などを用いて自動的に動きを獲得する試みが行われている。しかし大規模魚群を構成する魚を対象にする際、魚同士の重なりが多発により、追跡に失敗する問題があった。

本研究では、魚の遊泳時の姿勢変化を表現するモデルを導入し、パーティクルフィルタを用いた魚同士の重なりにも頑健な追跡を行う手法を提案する。魚の姿勢を表現するために魚が遊泳する際の姿勢変化を表現する魚影の時系列変化モデル[1]を導入し、その変化を観測するために、対象物体の状態を逐次的に推定する上で汎用性の高い、パーティクルフィルタ[2]を用いた。パーティクルフィルタとは、多数のパーティクルを用いて、前状態からの予測と現在の観測情報から現在の状態を推定する手法である。このパーティクルフィルタに対して位置・遊泳方向・姿勢の推定を導入する。これにより魚同士の重なりが発生している箇所であっても、追跡を行うことができるようになる。

2. 提案手法の概要

本節では、提案手法について詳しく述べる。2.1節では、魚の姿勢を表現する際に使用している、魚影の作成方法と作成された魚影画像から得られる情報の注意点を記述する。2.2節では、魚の位置・遊泳方向・姿勢として位相(図2(b)-A)・振幅(図2(b)-p)の情報とその変化を表現する際に使用するパーティクルフィルタについて記述する。

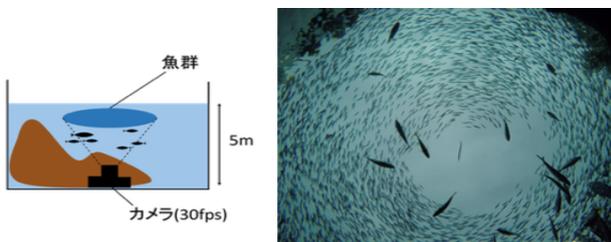


図1 水槽の底から撮影したイワシの魚群

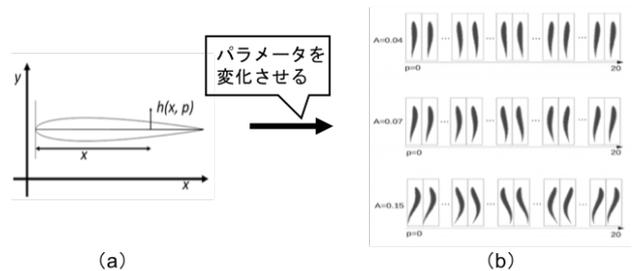


図2 魚影の作成

2.1 NACA0012 翼型を利用した魚影の作成

魚影モデルを用いた個体追跡手法[3]にならって魚の姿勢を表現し、各時刻での魚の位置と姿勢を獲得する。この手法では、飛行機の翼の断面形状の一つとして知られている図2(a)のNACA0012翼型を利用する[1]。これを利用することによって魚の姿勢をパラメトリックに表現できるだけでなく、姿勢を表すパラメータを連続的に変化させることによって、図2(b)のように魚の自然な動きを表現できる。

2.2 パーティクルフィルタによる状態推定

パーティクルフィルタによる推定は図3、4の手順で行う。図3では、入力画像に対して大津の二値化によって魚領域と背景領域を分ける。図4(a)では魚の位置、遊泳角度、姿勢(位相・振幅)を設定する。図4(b)ではパーティクルの生成・再生成を行う。図4(c)では、状態方程式を用いて状態更新を行う。図4(d)では観測画像との輝度の差の絶対値を求め、魚影全体でのその和を尤度とする。これらを繰り返すことで魚同士の重なりに対応した追跡ができる。

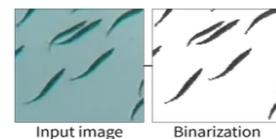


図3 二値化処理

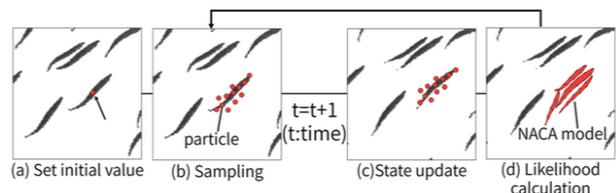


図4 状態推定

Individual Tracking of Swimming Fish in Fish School using Silhouette Model

[†]Kindai University

[‡]RIKEN/Kyoto University

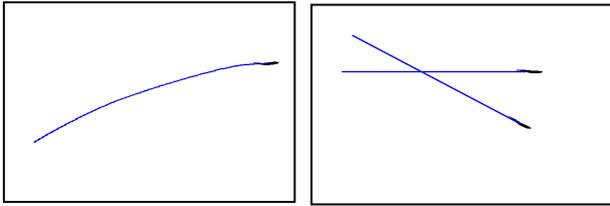


図5 単独遊泳する魚影 図6 交差する魚影

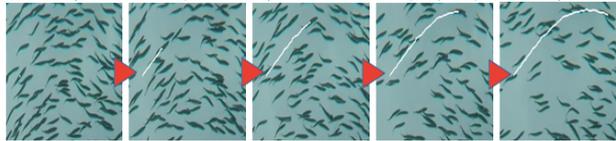


図7 複雑かつ連続的な重なりが発生する魚群映像

3. 実験

提案手法の有効性を検証するために2つの実験を行った。実験1ではあらかじめ定めた各パラメータから魚影を作成し、提案手法で推定したパラメータとの比較を行い、提案手法の有効性を示す。実験2では複雑かつ連続的な重なりが多発する状況であっても、追跡に失敗しないかどうかを調べ、提案手法の有効性を検証する。

3.1 データセット

実験1では、各パラメータをあらかじめ定め、それを基に、単独遊泳する魚影、2匹で交差する魚影を作成したもの(図5, 6)を用いる。実験2では西海国立公園九十九島水族館にて撮影されたものの一部を用いる(図7)。そこでは図1のように水深約5mの水槽にGoProを沈め、水槽の底から魚群を撮影した。

3.2 実験1

実験1での位置・遊泳方向・姿勢の誤差平均を表1に、例として単独遊泳をしている魚影の姿勢(振幅・位相)の作成データと推定値を比較したグラフを図8, 9に示す。誤差平均は提案手法で推定した値とあらかじめ定めておいた正解値との差の絶対値を各フレームで求め、全フレームで求めた値の平均を求めた。魚の位置誤差は最も大きいものでも2画素程度のものであった。この誤差は1匹の魚の領域内に収まるものであり、他の魚の影響を受ける危険性は少ない。遊泳角度、姿勢(位相・振幅)の誤差についても、大きくずれることはなかった。

表1 各パラメータの誤差平均

誤差平均	位置誤差 (画素)	遊泳方向 (度)	振幅	位相
単独遊泳	0.796	0.822	0.010	0.524
交差(a)	0.710	0.831	0.009	0.469
交差(b)	1.090	0.861	0.014	0.671

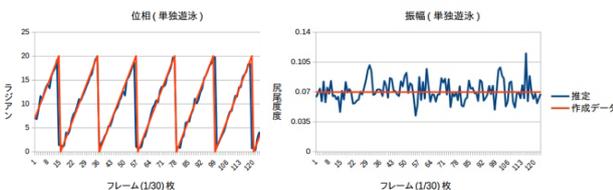


図8 位相の比較

図9 振幅の比較

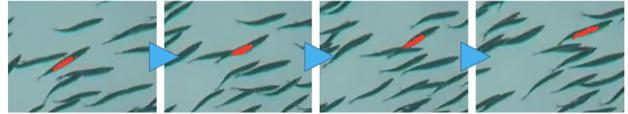


図10 重なりが起きた部分の抜き出し

3.3 実験2

複雑かつ連続的な重なりが発生する実映像の追跡では、魚同士の重なりによる追跡の途切れや追跡対象の魚が他の魚と入れ替わらないかどうかを確かめる。連続的に起きていた重なりの中から1つを図10に示す。図中の赤い点はパーティクルを図上に重畳したものである。魚同士の重なり時間は平均20フレーム程度であり、最も長く重なっていた時間は40フレームであった。今回用いた映像中の魚群から3匹を選び、100フレーム程追跡した結果、追跡の失敗は見られなかった。このことから頑健に追跡ができていることがわかる。

4 結論

本論文は、大規模魚群中の個々の魚を追跡することによってその行動を把握することを目標として、NACA0012翼型による魚の姿勢表現とパーティクルフィルタによる魚の状態によって、個々の魚の追跡を行うものである。実験では、提案手法を適用することによって、作成したイワシの魚影を用いて、検出と追跡が高い精度で成功した。そして実際の水族館で遊泳しているイワシの魚群映像を用いて、様々な魚同士の重なりが起きる状態に対して追跡が成功したことから、本手法の有効性が示されたといえる。今後の課題として、長時間姿勢推定が困難な状況を対象とした個々の魚の位置推定や、個体検出手法との組み合わせによる追跡システムの実装などが挙げられる。

謝辞

本研究で利用した映像データは、京都大学大学院人間・環境学研究科阪上雅昭教授、西海国立公園九十九島水族館川久保晶博館長、並びに水族館スタッフの皆様のご協力を得て撮影した。ここに深く御礼申し上げる。また、本研究の一部はJSPS科研費JP17H05981, JP26240023の助成を受けて行った。

参考文献

- [1] H. Akimoto, H. Miyata. "Finite volume simulation of a Flow about a Moving Body with Deformation" Proc. 5th ICCFD, Vol.1, pp. 13-18(1993).
- [2] 生駒哲一. "パーティクルフィルタ: 基礎から最近の動向まで" システム/制御/情報 Vol. 59, No. 5, pp. 164-173(2015).
- [3] K. Terayama, H. Habe, M. Sakagami. "Appearance based Multiple Fish Tracking with an NACA Airfoil Model for Collective Behavior Analysis" IPSJ, CVA, Vol. 8, No. 4, pp1-7(2016)