

令和 6 年 6 月 1 0 日現在

機関番号： 1 2 1 0 2

研究種目： 若手研究

研究期間： 2022 ~ 2023

課題番号： 2 2 K 1 4 9 3 2

研究課題名（和文）深層学習を用いたワムシ健康診断システムの構築

研究課題名（英文）Construction of a health diagnosis system for rotifers using deep learning

研究代表者

家永 直人（Ienaga, Naoto）

筑波大学・システム情報系・助教

研究者番号： 3 0 8 9 9 1 3 3

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究ではまず、3万以上のインスタンスを含むワムシの動画データセットを構築した。このデータセットに物体検出、追跡手法を適用した。無携卵個体と携卵個体の2クラス検出の平均精度は83%であり、一定の精度を達成した。次に養殖現場での実用性を考慮し、画像を用いた検証を進めた。Oriented Bounding Boxを用いて、検出と同時にサイズ測定を行うようにシステムを改良した。まだ基礎的な検証段階だが、物体検出モデルの一般的な評価指標であるmAP50は95%程度あり、高精度な検出が期待される。今後は、上記成果まとめ、学術雑誌にて公開するとともに、システムの実用化と他プランクトンへの適用を目指す。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で構築した3万以上のインスタンスを含むワムシの動画データセットと、それに適用した物体検出・追跡モデルを、当該領域の研究発展のため公開した。現在手作業で行われているワムシの測定作業が自動化できれば、時間と労力の大幅な削減につながるだけでなく、誰にでも客観的な測定が可能となる。また本研究成果は、将来的にはワムシの培養自体の自動化や、アルテミアなどワムシ以外の生物餌料への応用にもつながると考えられ、水産業への大きなインパクトが期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, we first constructed a video dataset of rotifers containing over 30,000 instances. We applied object detection and tracking methods to this dataset and achieved an average accuracy of 83% for the detection of two classes: non-egg-bearing and egg-bearing rotifers.

Next, considering the practical applicability in aquaculture sites, we advanced our validation using rotifer images. We improved the system to perform size measurement simultaneously with detection by using oriented bounding boxes. Although still in the preliminary validation stage, the mAP50, a common evaluation metric for object detection models, is approximately 95%, indicating high detection accuracy.

In the future, we aim to publish these results in scientific journals and work towards the practical implementation of the system, as well as its application to other plankton species.

研究分野： 機械学習

キーワード： 深層学習 画像処理 物体検出 物体追跡 ワムシ 種苗生産 養殖

1. 研究開始当初の背景

海産魚類養殖の人工種苗生産においては、健康なシオミズツボワムシ (*Brachionus plicatilis* sp. complex, 以下、ワムシと表記) を安定的に供給することが重要である。ワムシは輪形動物門単殖綱に属する生物の総称である。種苗生産に用いられるワムシの大きさは 80~320 μm 程度で、7~14 日間の寿命の間に 20 個程度の卵を産むことから大量培養に向いており、海産魚類の初期餌料として広く使用されている。ワムシを大量培養する場合、培養用餌料の質や量の不適合、溶存酸素やアンモニア態窒素などによる水質悪化、原生動物や細菌の増殖など、さまざまな要因から、ワムシの増殖不良や培養密度の急減といった培養不調に陥りやすい。培養不調の兆候の把握や迅速な対処には、ワムシの状態を常に把握することが重要である。そのため、ワムシの数などを技術者が日々測定しているが、これは素人には難しく、非常に手間のかかる作業である。

2. 研究の目的

本研究では上記の問題を解決するために、深層学習を用いてワムシの動画像から、ワムシの健康状態を示す指標を測定するシステムの研究開発を行う。また、相互関係が明らかになっていない指標間の関係性についても究明する。将来的には、ワムシの培養自体を自動化するシステムにつなげたい。ワムシ以外のプラクトンへの適用も考えている。

3. 研究の方法

まずワムシの動画像のデータセットを収集し、アノテーション(画像中のどこにワムシがいるかを手動でマークする)を行う。このデータセットを使い、深層学習モデルを訓練する。物体検出モデルには、その精度と実行速度から、現在もっとも人気のあるモデルの 1 つの YOLOv8 を用いる。最初の YOLO (Redmon et al., 2016) が発表されて以来、多くの研究者が改善を続け、2023 年に YOLOv8 が発表された (Jocher et al., 2023)。マルチオブジェクトトラッキング (MOT) は、ビデオ内の各物体を識別し追跡することを目的としたタスクである。MOT も活発に研究されており、多くのモデルが提案されている。1 つのモデルで検出と追跡の両方を行うモデルもあるが、物体検出モデルの出力を使用して識別と追跡を行うモデルもあり、より高い精度を期待できる。SORT はその中でも代表的なモデルである。BOT-SORT は発表時 (2022 年 6 月) 最高精度を達成していた (Aharon et al., 2022)。そこで本研究では、物体検出には YOLOv8、追跡には BOT-SORT を使用する。指標間の関係性については、主成分分析や非負値行列因子分解などを用いる。

4. 研究成果

本研究期間は 2022 年度と 2023 年であった。以下に、年度ごとの成果と今後の方針を報告する。

(1) 2022 年度

まず、ワムシの動画データセットの構築とそのアノテーションを行った。ワムシを一定期間培養し、スマートフォンのカメラと顕微鏡によってワムシの動画を収集した。研究協力者の協力のもと、収集した動画の一部にワムシの領域をアノテーションした。アノテーションしたラベルは、無携卵個体、携卵個体、繊毛虫、その他(ゴミなど)の 4 種類で、アノテーションされたインスタンス数は 3 万以上であった。このデータセットは、当該領域の研究発展のため公開されている (<https://github.com/naotoienaga/rotifer-tool/>) (図 1)。

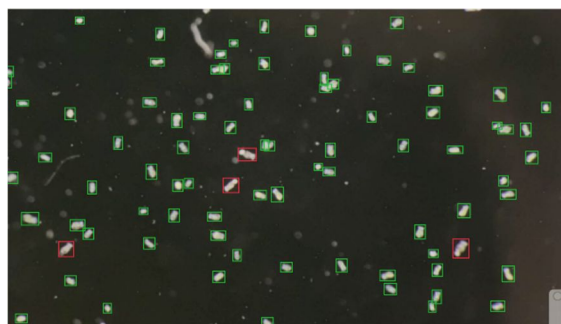


図 1. 動画データセットのアノテーション例

次に構築した動画データセットを使い、物体検出手法 (YOLOv8) と追跡手法 (BOT-SORT) を利用して、ワムシのカウンティング、卵の有無の認識、動きの評価手法、さらに繊毛虫の検出についても検討を進めた (図 2)。結果は無携卵個体と携卵個体の 2 クラス検出では精度 83% と、一定の精度を達成した。一方、追跡精度や、大きさが非常に小さくワムシよりも認識が困難な繊毛虫の検出精度には課題が残された。



図 2. ワムシの検出と追跡の様子

上記システムは簡単に利用できるように整備された上で、公開されている (上記リンク)。ここまでの成果をまとめた論文は preprint version として公開されており、今後 peer review を受ける予定である。さらに、この検出と追跡の枠組みはワムシ以外にも適用可能であると考え、他の課題(養殖クロマグロの親魚の行動解

析)に応用した。この成果は、第233回CVIM研究発表会にて口頭発表した。

(2) 2023 年度

2022 年度の成果をもとに、養殖現場の研究者と再度議論を重ねた結果、現場での実用性の観点から、画像を入力とした場合での検証をより十分に行う必要があることがわかった。この背景には、顕微鏡を使わずに培養液を流しながらプランクトンの画像を撮影可能で比較的安価な装置が、近年実用化してきたこともある。そこで、養殖現場で実際に飼育されているワムシの画像を収集し(ここでは2022年度と同様に顕微鏡を使い撮影。今後上記装置の購入を検討)、アノテーションを行い、データセットを拡充した(図3)。なお、ルゴール液で固めると携卵個体であってもワムシと卵が分離することがあるため、ワムシと卵は別々にアノテーションした。

Oriented Bounding Box (OBB) を用いることで、検出とサイズ測定を同時に行えるように2022年度のシステムを改良した(図4)。まだ基礎的な検証段階だが、物体検出モデルの一般的な評価指標である mAP50 は 95%程度あり、高精度な検出が期待される。今後、画像処理を用いた摂餌状況の認識や指標間の相互関係の解析も行う。

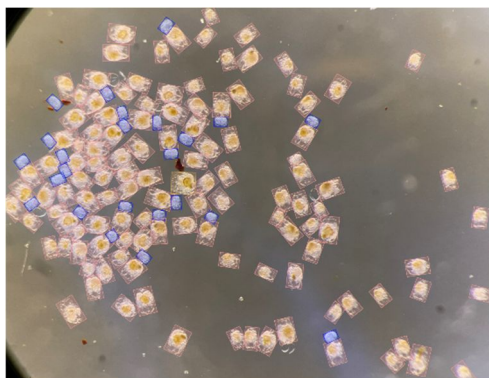


図3. 画像データセット例

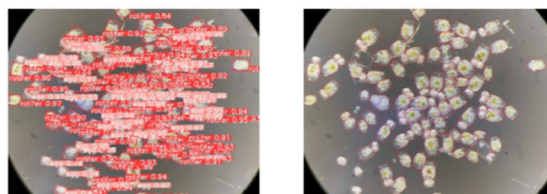


図4. OBBによるワムシ検出例。入力画像(右)と予測結果(左)。

(3) 今後

2022 年度の成果をまとめた論文の査読を済ませ、正式に学術雑誌論文として公開する。また、画像処理を用いた摂餌状況の認識や指標間の相互関係の解析の実装を進める。さらに、2023 年度の成果についても同様に、近いうちにまとめて論文誌への投稿を予定している。将来的には、本研究のシステムを前述の装置に搭載するなどして、より実用的なシステムとしたい。

本研究の成果として、ワムシの健康状態を自動診断するシステムの基盤を構築できた。今後は、養殖現場でのデータセット収集を引き続き行いつつ、システムの実用化に向けた改良を行う。また、アルテミアなどワムシ以外のプランクトンにも本システムを適用できるか検討することで、本研究のインパクトを拡大させ、養殖業界における生産性向上と労働負担の軽減に寄与したい。

5．主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1．発表者名 初見龍樹、高志利宣、玉水史子、寺山慧、黒田嘉宏、家永直人
2．発表標題 物体追跡による太平洋クロマグロの突進遊泳検出
3．学会等名 第233回CVIM研究発表会
4．発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

[preprint] Naoto Ienaga, Toshinori Takashi, Hitoko Tamamizu, Kei Terayama, Rotifer detection and tracking framework using deep learning for automatic culture systems, Research Square (2024). DOI: 10.21203/rs.3.rs-4302742/v1 [データセット、コード] https://github.com/naotoienaga/rotifer-tool/

6．研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7．科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8．本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------