

遊魚三次元位置測定における高精度フレーム同期手法の提案

山西 順也[†] 遠藤 慶一[‡]
愛媛大学工学部工学科[†]黒田 久泰[‡] 小林 真也[‡]
愛媛大学大学院理工学研究科[‡]

1. はじめに

近年、天然資源への影響が少なく、持続生産が可能な養殖漁業が注目されている。一方、安定して生産するためには適切な尾数管理や魚病の早期検出が重要である。そこで、我々は養殖生簀内で養殖魚が遊泳している状態を複数カメラで同時に撮影し、同一時刻に撮影されたフレームから遊魚三次元座標を算出することで、尾数管理や魚病診断を行うシステムの開発に取り組んでいる。しかし、安価なカメラと汎用の動画収録ソフトウェアでは、位置計測に必要な、複数カメラからフレームレベルで同期映像を得ることは、困難であった。

本研究では複数カメラが撮影したそれぞれの動画像を撮影直後の時刻に基づきフレームレベルで同期させることで、より高い精度で魚影の空間位置座標を算出できる手法を提案する。

2. 研究背景

2.1. 養殖漁業の課題と先行研究

養殖漁業の現場において、生簀内の養殖魚の尾数や魚病感染の有無を把握することは安定生産をするうえで重要な要素である。例えば、養殖魚の尾数が把握できなければ、過剰な餌の投与による経費の増加や水質の悪化を招く。加えて、出荷可能な尾数の推定よりも、実際の尾数が3%少なければ、14%の減収となる[1]。また、魚病感染の有無も早期に検出できなければ、生簀内に魚病が蔓延し損失が大きくなる。しかし、現状の養殖漁業の現場では尾数や魚病感染の有無の確認は、漁業従事者の目視や経験則によって行われており、これが安定生産を妨げている。

そこで我々は、複数カメラにより撮影した映像から遊魚の三次元位置座標を算出する遊魚三次元位置測定装置を開発した。この位置座標を解析することで、遊魚の尾数を定量的に算出することができる[2]。

また、遊魚の三次元座標を連続的に算出することで、遊魚の遊泳運動のベクトルを算出できる[3]。この運動ベクトルの特徴から、魚病感染魚群と健常魚群の識別が可能であることを示した[4]。

2.2. 遊魚三次元位置測定装置の原理と問題点

遊魚の三次元座標は以下の原理で算出される。

1. 水槽内に3台以上の複数カメラを固定し、複数方向から水槽内を撮影する。
2. 1で撮影した動画像の各フレームに魚影検出を行い、魚影二次元座標を算出する。

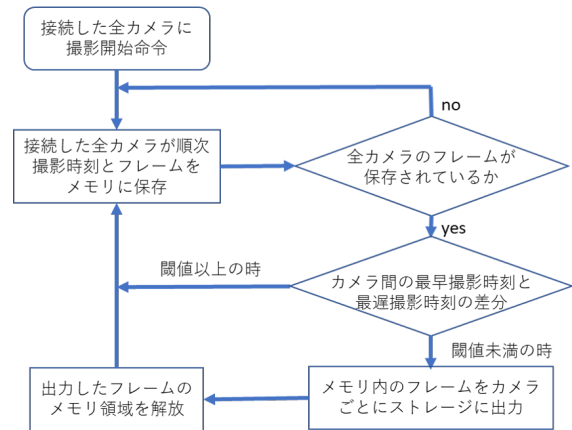


図 1: 提案手法のフローチャート

3. 2の魚影座標と、カメラの空間位置座標から、カメラから魚影に向かう視線ベクトルを算出する。
4. 3つ以上の視線ベクトルの交点を遊魚の三次元座標として算出する。

このように遊魚の三次元座標は、同一時刻に撮影された複数カメラの映像に対し三角測量を用いることで算出される。そこで我々は、複数カメラに対し同時に撮影開始命令を出し、撮影開始からのフレーム数が一致するものを同一時刻に撮影したとみなして、遊魚の三次元座標を算出していた。

しかし、同時に撮影開始命令を出したとしても、命令を受信した各カメラの撮影タイミングの違いや、撮影時にカメラに対する光量が変化することによりカメラごとにフレーム間の撮影間隔が変動することで、撮影開始からのフレーム番号によって遊魚の正確な位置計測ができないという問題があった。

2.3. 研究目的と研究目標

本研究では複数カメラから同一時刻に撮影されたフレームを抽出する手法を実現し、空間位置座標の算出精度を向上させることで尾数管理や魚病診断をより正確に行えることを研究目的とする。また研究目標では複数カメラで撮影されたフレームを誤差1フレーム以内で同期させることを研究目標とする。

3. 高精度フレーム同期手法

本研究では図1の手法で複数カメラで撮影した際の各カメラからのフレーム同期を実現する。同期するカメラは30fpsのカメラ内部の一定のクロックで撮影するフリーランモードのカメラである。

本研究では図1の手法に基づき撮影することで、同期のとれたフレームのみで構成された動画像をカメラごとに作成する。なお、図1の閾値は同一時刻に撮影

A Proposal for High-Precision Frame Synchronization Method for Fish 3D Position Measuring Devices

[†] J. Yamanishi
Department of Engineering, Faculty of Engineering, Ehime University

[‡] K. Endo, H. Kuroda, S. Kobayashi
Graduate School of Science and Engineering, Ehime University

表 1: 同期の検証結果について (ライト点灯時のフレーム番号)

撮影手法	試行	カメラ 1	カメラ 2	カメラ 3	カメラ 4	カメラ 5	カメラ 6	カメラ 7	カメラ 8	フレーム差
従来手法	1 回目	100	95	96	102	104	97	105	98	10
	2 回目	119	113	114	121	121	116	122	117	9
	3 回目	73	67	68	74	75	70	76	71	9
提案手法	1 回目	54	54	54	54	54	54	54	54	0
	2 回目	40	41	40	40	40	41	40	40	1
	3 回目	64	64	64	64	64	64	65	64	1



図 2: 試験環境 (ライトを点灯した状態)

したとみなせる差分で fps に応じて決定される。

例えば 30fps の複数カメラで撮影する場合、最早時刻と最遅時刻の差分が 1/30 秒未満であれば、最遅時刻と最早時刻の間に撮影されたフレームは同一時刻に撮影したとみなして動画像として出力する。

4. 実証試験

この検証では複数カメラに対し同時に撮影命令を出すことでフレームを同期させる従来の手法 (以後、従来手法と呼称) と、本研究で開発した撮影直後の時刻により複数カメラを同期させる手法 (以後、提案手法と呼称) では、どちらの方がより正確に複数カメラからのフレームを同期させることができるかを評価する。

4.1. 試験環境

今回の検証では 1 台のコンピュータに対し 8 台の USB カメラを接続し検証する。この USB カメラは全て 30fps の FHD 解像度に設定し、図 2 のように設置する。なお、この検証時の照度は 508lx だった。

4.2. 試験方法

今回の検証では以下の手順で各手法毎に 3 回実施する。

1. ライトを囲むようにカメラを設置した状態で、撮影プログラムを起動する。
2. 起動から数秒後、図 2 のようにライトをオンにする。
3. ライトをオンにして数秒後、撮影を終了する。
4. カメラごとに生成された動画像を先頭 1 フレーム目から目視で確認し、ライトがオンになったフレームが何フレーム目に現れるかを確認する。

このカメラごとに生成されたライトが点灯したフレーム番号のずれを調べることで、先頭からのフレーム番

号により各カメラからのフレームの同期を行ったとき、どの程度のずれが発生するのかを評価する。

4.3. 結果と評価

ライトが消灯された状態で、従来手法と提案手法のそれぞれで撮影を開始した後、ライトを点灯し、点灯したライトが初めて撮影された際のフレーム番号をカメラ毎に調べる検証を、それぞれ 3 回ずつ行ったときの結果を、表 1 に記載する。

表 1 から分かる様に、従来手法では、複数カメラを用いて同時に撮影を開始したとしても、実際には、撮影開始時刻に 10 フレーム程度のフレーム差が生じている。一方、提案手法では、複数カメラ間のフレーム差は 1 フレーム以内に収まっている。したがって、提案手法に基づき撮影を実施することで、複数カメラが従来手法よりも高い精度で同期することができる。これにより、泳泳が速い魚においても、その三次元座標を正確に求めることが可能となる。

5. おわりに

本研究では各カメラからの映像を撮影直後の時刻に基づき同期させることで、誤差 1 フレーム以内で複数台のカメラからの映像を同期させることに成功した。これにより、従来手法よりも正確に遊魚の三次元座標が算出できるようになり、養殖漁業の安定生産に貢献することが期待できる。

参考文献

- [1] 水産庁, “水産業に関する技術の発展とその利用～科学と現場をつなぐ～ICT の活用”, 平成 29 年度水産白書, 第 1 章, 第 3 節.
- [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] 黒澤 慶太, 遠藤 慶一, 黒田 久泰, 小林 真也, “遊魚の遊泳ベクトルに基づく魚病感染発生 of 早期検出”, 情報処理学会第 84 回全国大会講演論文集 (4), pp.819-820, 2022.