

2台のカメラを用いた遊魚三次元位置測定における 擬検出抑止法の提案

山磨 虎多郎[†]遠藤 慶一[†]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、養殖漁業の現場では養殖魚の魚数や健康状態の管理手法において、非接触でリアルタイムな養殖魚群の状態を把握できる手法が求められている。

我々は、生簀内で遊泳している魚の様子を複数台のカメラで撮影し、各カメラで捉えた同一魚の画像座標から、三角測量を用いてその魚の三次元座標を求めることができる、遊魚三次元位置測定システムを開発した。また、このシステムで得られた魚の三次元座標の数を生簀内の魚数の推定や、同一魚の三次元座標を連続する時刻ごとに連結した遊泳ベクトルを用いた魚の活性の数値化を行った [1, 2]。

しかし、遊魚三次元位置測定システムを用いた魚の三次元位置測定において誤りなく位置測定を行うには、3台以上の水中カメラで同一魚を捉える必要があり、遊魚三次元位置測定システムのコストが増加し、システムを設置する予算によっては、十分なカメラの台数を用意できない。

そこで本稿では、遊魚三次元位置測定システムのコスト低下を研究目的とし、遊泳ベクトルを用いた2台のカメラでの擬検出抑止法を実現した。

2. 研究背景

我々の研究では、養殖魚を飼育している生簀内に水中カメラを複数台設置し、3台以上のカメラで捉えた魚影の画像座標から、魚の三次元座標が測定できる遊魚三次元位置測定システムを開発を行った。このシステムによって、生簀内で遊泳している魚の三次元位置座標を非接触に求めることができ、魚数推定や魚病の早期発見に応用することが期待される。

このシステムでは、魚の三次元位置座標を求める際に、カメラから見て他の魚の背後に位置する魚の検知精度を高め、複数の魚が2台のカメラと同一平面に存在するときに、本来魚が存在しない位置に魚が存在してしまう擬検出を避けるために、3台以上のカメラで同一魚を捉えている。そのため、遊魚三次元位置測定システムのコストが増加する課題がある。

そこで本稿では、2台のカメラを用いても、擬検出を抑止できる方法の実現により、遊魚三次元位置測定システムのコスト低下を研究目的とする。この手法を用いた場合の実際の収容魚数と推定魚数の誤差が、先行研究 [1] で実現した、実際に収容されている魚数の $\pm 5\%$ 以内に収まることを研究目標とする。

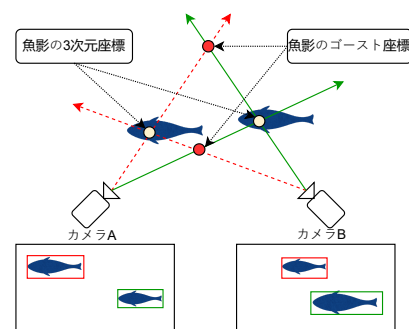


図 1: ゴースト座標が生じる様子

3. 提案手法

3.1. 遊魚三次元位置測定における擬検出

遊魚三次元位置測定システムにおいて、魚の三次元位置測定を行う際には、同一魚を3台以上の水中カメラで捉える必要がある。これは、図1のように、2台のカメラと複数魚が同一平面に存在する場合に生じる擬検出を生じさせないためである。図1では、各カメラで捉えた2匹の魚に対して、それぞれカメラを始点として魚の方向に伸びている視線ベクトル同士の交点が4つ生じる。これらの交点の内、2点は実際に魚が存在する座標であるが、残った2点は実際には魚が存在しない。このとき、実際には魚が存在しないが魚が存在すると誤認した座標をゴースト座標と呼称する。

また、擬検出によってゴースト座標が生成されることで、遊魚三次元位置測定システムでの魚の検知性能が低下し、魚数の推定や求めた三次元座標を基にした遊泳ベクトルの生成が阻害される。

3.2. 遊泳ベクトルを用いた擬検出抑止法

擬検出は、2台のカメラと複数魚が同一平面に存在する場合に生じる。しかし、それぞれの魚は遊泳することから、2台のカメラと2匹の魚は、同一平面に留まり続けるわけではない。従って、連続して魚の三次元位置測定を行うと、ゴースト座標として擬検出された魚は、擬検出をもたらす条件が成立しなくなり、消失する。

そこで本稿では、同時刻に各カメラで撮影された映像シーンにおいて得られた魚の三次元座標について、時系列上での連続数を求め、その連続数がある閾値以上の場合に、ゴースト座標を含まない遊泳ベクトルであると判断する手法を提案する。

4. 評価

4.1. 評価手法

評価では、提案手法における位置ベクトルの必要連続数の閾値を5とした場合での魚数推定の結果について

Removal of False 3D Coordinate for Measurement of Fish Position with Two Cameras

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

表 1: 魚の位置の必要連続数の閾値を 5 とした推定魚数

日付	シーン数	収容魚数 (匹)	推定魚数 (匹)	
			従来手法	提案手法
5/31	602	7,652	27,152	14,794
6/1	1,264	7,649	14,821	6,265
6/2	994	7,580	22,089	9,656
6/3	1,069	7,535	20,150	8,963
6/4	351	7,519	11,303	3,372
6/5	30	7,495	929	219
6/6	132	7,460	10,557	3,415
6/7	231	7,398	3,633	678
6/8	223	7,376	2,952	736
6/9	830	7,376	8,584	2,768
6/10	849	7,180	13,198	5,155
6/11	847	6,988	9,819	3,670
6/12	854	6,915	5,525	1,460
6/13	850	6,834	4,091	1,079

て、先行研究 [1] で実現した、実際に収容されている魚数と推定魚数の誤差が収容魚数の $\pm 5\%$ 以内に収まっているかを評価した。

推定魚数 F_e は、複数のシーンでの提案手法によって魚であると判断した魚の座標数の数 F_d の総和を用いて、水槽内の水の体積 W と遊魚三次元位置測定システムで魚の位置が測定可能な領域 V との比から、(1) 式を用いて算出している。このとき、(1) 式中の n は、魚数推定の際に使用したシーンの数である。

$$F_e = \frac{W}{nV} \sum_{i=1}^n F_d(i) \quad (1)$$

また、評価データには、スマの稚魚を 8,000 匹程度飼育している陸上水槽 ($W: 60.1\text{m}^3$) で、2022/5/31 から 2022/6/13 の期間の 10 時から 17 時までの間を 8 台のカメラで 20 秒おきに 5 秒間撮影した映像を使用する。このとき、遊魚三次元位置測定システムが魚の位置を測定可能な領域の体積 V は 0.192m^3 である。

4.2. 評価結果

表 1 は、それぞれのカメラで 5 秒間ずつ撮影した映像に対して、開始から 30 フレーム目を対象とした際の各撮影日ごとでの、提案手法を用いずに従来手法で 2 台のカメラを用いた三次元位置測定で推定魚数を求めた結果と、提案手法を用いて擬検出抑止を行い、2 台のカメラを用いた三次元位置測定で推定魚数を求めた結果である。このとき、各日の収容魚数は 2022/6/14 に水槽から回収した 6,735 匹と飼育期間中に斃死した個体数から逆算した値である。

4.3. 考察

本稿での評価では、位置ベクトルの必要連続数の閾値を 5 とした場合の評価を行った。表 1 の結果から、提案手法を用いた場合での魚数推定では、目標値である収容魚数と推定魚数の誤差が収容魚数の $\pm 5\%$ 以内に収まっておらず、5/31 から 6/3、6/10 については提案手法を用いることで収容魚数と推定魚数の誤差は小さくなっているが、それ以外の日では誤差は大きくなっている。また、表 2 は、評価方法と同様な手法で、各日での連続数の閾値を変化させ、収容魚数と推定魚数が誤差が最も小さい値となった際の推定魚数と位置ベクトルの必要連続数の閾値の値を示した表である。表 2 より、提案手法によって収容魚数と推定魚数の誤差

表 2: 各日における最適な閾値での魚数推定

日付	収容魚数 (匹)	推定魚数 (匹)	
		提案手法	閾値
5/31	7,652	7,191	9
6/1	7,649	7,798	4
6/2	7,580	7,711	6
6/3	7,535	7,199	6
6/4	7,519	8,306	2
6/5	7,495	616	2
6/6	7,460	7,873	2
6/7	7,398	2,234	2
6/8	7,376	2,117	2
6/9	7,376	6,448	2
6/10	7,180	6,519	4
6/11	6,988	7,711	2
6/12	6,915	3,906	2
6/13	6,834	2,895	2

が小さくなった日では、最適となる閾値の値が 4 以上であるが、それ以外の日では最適となる閾値の値は 2 となっている。そのため、提案手法を用いることで誤差が大きくなった日については、魚の三次元位置測定で魚がいる場所に座標を求めることができる検知性能が低くなっており、個体ごとの遊泳ベクトルが短く途切れてしまっていることが考えられる。さらに、提案手法を用いることで誤差が小さくなった日については、日ごとに最適となる位置ベクトルの必要連続数の閾値の値が異なるため、今後は映像データ群ごとに閾値を定める手法についての検討を行う。

5. おわりに

本稿では、遊魚三次元位置測定システムでの魚の三次元位置測定において、3 台以上の水中カメラで同一魚を捉える必要があるため、システムのコストが増加するという課題に対して、2 台のカメラを用いた三次元位置測定の場合に生じる擬検出を抑止する手法を提案し、2 台のカメラでの魚の三次元位置測定における検知性能を向上させることで、システムのコスト増加を抑えることに取り組んだ。しかし、現状の手法では目標値であった推定魚数と収容魚数の誤差を収容魚数の $\pm 5\%$ 以内に収まることを満たしておらず、最適な位置ベクトルの必要連続数の閾値も映像データ群ごとに異なることを示した。そのため、今後は、映像データ群ごとにゴースト座標を含んでいないと判断する位置ベクトルの必要連続数の閾値を定める手法についての検討を行う。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 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の早期検出”, 情報処理学会第 84 回全国大会講演論文集 (4), pp.819-820, 2022.