

カメラ映像による非接触魚脈拍推定手法の検討 Study of Noncontact Fish-pulse Estimation Camera

大野 憲人¹⁾

Kento Ohno

小林 大俊²⁾

Daishi Kobayashi

熊木 慧弥³⁾

Keiya Kumaki

熊木 武志⁴⁾

Takeshi Kumaki

蔭山 享佑²⁾

Kyosuke Kageyama

1 研究背景

魚を扱う産業は水産業、食品産業、観賞魚産業等、様々な分野において需要が高まっている [1]. 同一区域で飼育する魚は魚病が蔓延するリスクがあり、体調の悪い魚をいち早く発見することが重要である. 魚に対してセンサを取付けるバイオロギング [2] によって体調を管理すること知られているが、魚に傷をつけることやストレスを与えること等の課題がある. また、映像を用いて魚の脈拍数を検出する技術も提案されているが、麻酔をかけた状態で水槽の外に出す必要があり、魚にストレスを与える課題がある [3]. 本論文では、非接触で魚にストレスを与えることなく脈拍数を推定し、体調を管理する手法を提案する. 本システムは、緑色の光をより多く吸収する血液の吸光特性を利用し、緑色 LED を照射した魚に対して可視光カメラにより撮影する. 撮影した映像の魚の一部分から緑成分の平均輝度値変化を算出し、脈拍成分の信号を抽出することで脈拍数を推定する.

2 非接触魚脈拍推定手法

血液中のヘモグロビンは光を吸収する特性があると知られている [4]. 主に 540 ~ 577 nm の波長である緑色から黄色の光が吸収されやすく、血液による緑色光吸収率を可視光カメラを用いて計測する. 図 1 に示すように水槽の底面から緑色 LED を照射し、可視光カメラで魚を撮影する. 撮影した映像から魚の心臓部分に対して関心領域を指定し、この領域内における緑色成分の平均輝度値変化を計測する. 図 2 に非接触魚脈拍推定手法について説明する. 映像から関心領域内の平均輝度値変化に対してデトレンド処理を適用する. そして、この信号全体にバンドパスフィルタを適用し、脈拍成分が含まれる周波数帯域のみ抽出する. 次に、オーバーラップ処理を適用し 2,048 フレーム毎に複数の区間を切り出し、区間の両端成分に対して窓関数処理を行う. 次に、それぞれの区間における信号に対して高速フーリエ変換 (Fast Fourier Transform: FFT) を適用し、周波数解析を行う. さらに、周波数解析の結果に対して正規化処理を行い、60 秒を乗算することで周波数から脈拍数に変換し、スペクトログラムとして示す. また、式 (1) によって最大強度の周波数 f_{max} から推定脈拍数 HR を算出する.

$$HR = f_{max} \times 60 \quad (1)$$

- 1) 近畿大学大学院 総合理工学研究科 Kindai University, Graduate School of Science and Engineering
- 2) 近畿大学 理工学部 Kindai University, Faculty of Science and Engineering
- 3) 高知大学 総合人間自然科学研究科 Kochi University, Laboratory of Marine Biology
- 4) 立命館大学 理工学部 Ritsumeikan University, Department of Electrical and Electronic Engineering

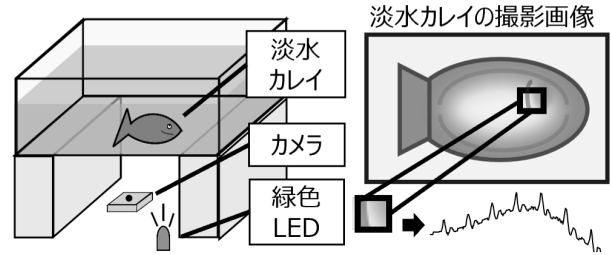


図 1 魚の撮影環境と関心領域の抽出

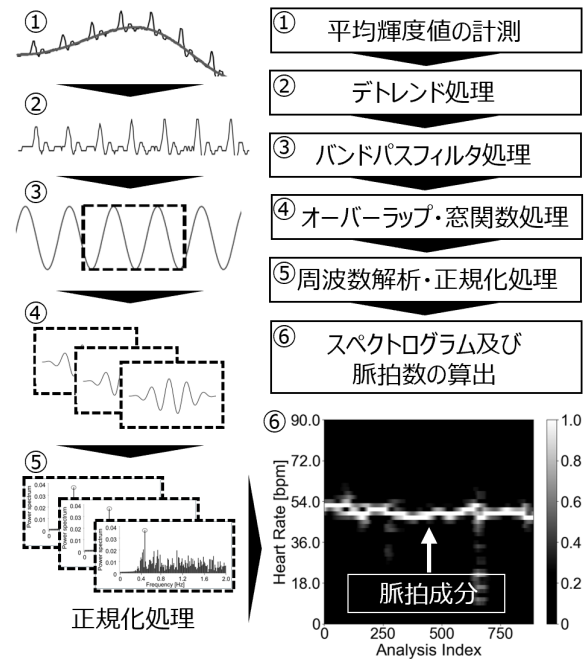


図 2 非接触魚脈拍推定手法における処理の流れ

3 実験方法

非接触魚脈拍推定手法の有効性を示すため、体長が約 100 mm の淡水カレイ A 及び B の 2 匹 (図 3) に対して脈拍数を推定する. それぞれの淡水カレイに対して 4 回の撮影を行い、解析を行う. 水槽の底面から緑色 LED を照射し、可視光カメラ (Raspberry Pi Camera V3) で淡水カレイを撮影する. また、水槽を黒い布で覆うことで外部の光を遮断し、環境光によるノイズの影響を低減する. 可視光カメラは 640 × 480 ピクセルとし、60 fps で 300 秒間淡水カレイを撮影する. 関心領域は 30 × 30 ピクセルで切り抜き、関心領域内の平均輝度値を計測する. 平均輝度値変化に対して第 2 節の処理を行う. 淡水カレイの脈拍数は 10 ~ 60 bpm (0.2 ~ 1.0 Hz) と知られているため、バンドパスフィルタを 0.2 ~ 1.2 Hz とする. オーバーラップ処理はフレームシフトを 15 フレーム、フレーム長を

2,048 フレームとし、複数の区間を切り出す。それぞれの区間における信号に対して周波数解析を適用し、正規化処理を行う。この結果に対して 60 秒を乗算することで周波数から脈拍数に変換し、スペクトログラムとして示す。また、式 (1) によって最大強度の周波数 f_{max} から推定脈拍数 HR を算出し、すべての区間における推定脈拍数の平均値である推定平均脈拍数を算出する。

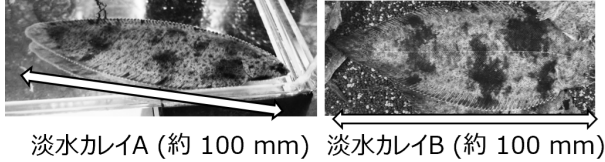


図 3 実験対象の淡水カレイ

4 実験結果

2 匹の淡水カレイに対して 4 回ずつ脈拍数解析を行った。図 4 に可視光カメラで撮影した映像から関心領域を指定した状況を示す。図 5 に非接触魚脈拍推定手法を用いて算出された脈拍数のスペクトログラムを示す。全ての解析結果において、最大強度の周波数が連続しており、脈拍数の推移を可視化した。また、2 匹に対して 4 回の解析を行った際の推定平均脈拍数を算出した結果を表 1 に示す。淡水カレイ A の推定平均脈拍数は 24.7~49.7 bpm であり、4 回目の測定についてはほかの 3 回と比較し 15 bpm 程低い値となった。この理由は水温に依存していると考えられる。1~3 回目の撮影時における水温は 26°C 前後であったのに対して、4 回目の撮影時においては 24°C であった。淡水カレイの心拍数は環境や水温の変化によって大きく推移することが確認されているため [5]、推定平均脈拍数も大きく変化しと考える。一方、淡水カレイ B の推定平均脈拍数は 36.6~40.1 bpm であり、すべての撮影時における水温は 26°C であったことから、脈拍数が安定したと考えられる。本実験においては 5 分間の撮影における解析結果であるため、さらに長時間の計測により、周囲の環境変化による魚の脈拍数推移を確認し、安静状態におけるデータを蓄積することで魚の体調の変化をより詳細に評価できると考える。

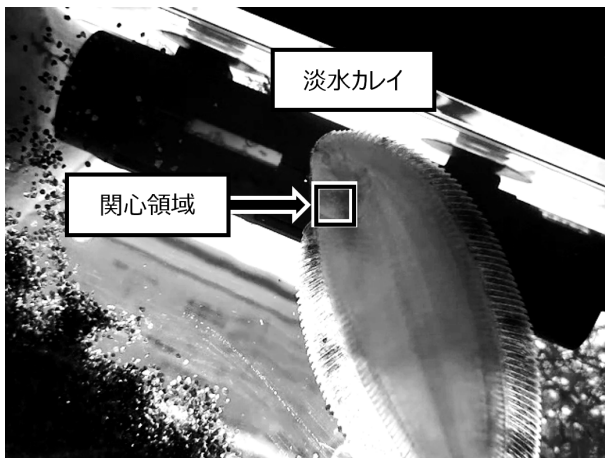


図 4 撮影した淡水カレイの映像及び関心領域の指定

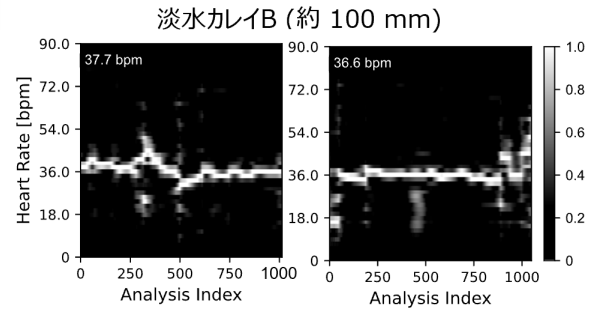
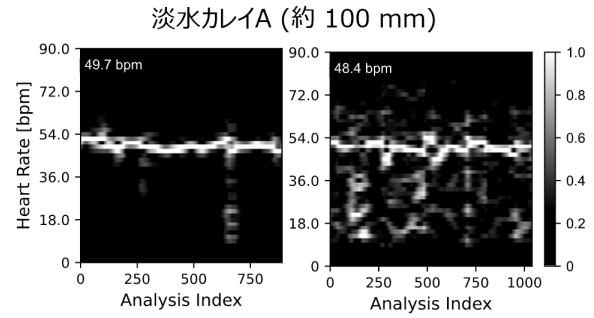


図 5 淡水カレイに対する映像の解析結果

表 1 淡水カレイの推定平均脈拍数の解析結果

脈拍数 [bpm]	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目
淡水カレイ A	49.7	48.4	41.6	24.7
淡水カレイ B	40.1	37.7	36.6	37.5

5 まとめ

本論文では、映像から魚の脈拍数を推定することによって、魚に負荷を与えることなく体調を管理する非接触魚脈拍推定手法を提案を行った。本システムは、緑色の光をより多く吸収する血液の吸光特性を利用し、可視光カメラで魚を撮影することにより、魚の一部分から緑成分の平均輝度値変化を算出し、信号処理を行い脈拍成分の信号を抽出する。そして、この信号に対して高速フーリエ変換を適用し、この結果をスペクトログラムとして示すことで、最大強度の周波数を算出し、脈拍数の推定を行った。この結果、淡水カレイ A の推定平均脈拍数は 24.7~49.7 bpm であり、淡水カレイ B の推定平均脈拍数は 36.6~40.1 bpm であった。また、水温の変化によって脈拍数が変化することを確認し、一定の水温であるときに脈拍数も安定することを確認した。

参考文献

- [1]農林水産省, “魚病被害の発生状況 (令和 4 年),” https://www.maff.go.jp/j/syouan/suisan/suisan_yobo/disease/attach/pdf/gyoyou_higai_jyoukyou-10.pdf. (2025/05/08 閲覧)
- [2]牧口 祐也 ほか, “小型記録計・発信機を用いた魚類の行動・生理解析,” 比較生理生化学, vol. 31, no 3, pp. 113–118 (2014).
- [3]Yacheng Deng et al, “Non-invasive methods for heart rate measurement in fish based on photoplethysmography,” The Company of Biologists, vol. 227 (2024).
- [4]B.L. Horecker, “The Absorption Spectra of Hemoglobin and its Derivatives in the visible and near Infra-Red Regions,” Journal of Biological Chemistry, vol. 148, pp. 173–183 (1943).
- [5]I. Kwon and T. Kim, “Monitoring the effect of water temperature on the heart rate of olive flounder (Paralichthys olivaceus) using a bio-logger,” Aquaculture, vol. 575 (2023).