HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	生物の回転運動解析のための頑健な画像パタン計測法に関する研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	松田, 朝陽
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第14143号
Issue Date	2020-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/78476
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Asahi_Matsuda_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称　博士（情報科学）　氏名　松田　朝陽

学 位 論 文 題 名

生物の回転運動解析のための頑健な画像パタン計測法に関する研究
（Study on a Method of Robust Pattern Measurement for Rotational Behavior Analysis of Creature）

我々が生活する地球上は生物多様性に富み, 多種の生物が生息している. 生物は厳しい自然環境の変動に適応するために進化を繰り返す中で, 生存するための戦略を獲得した. その戦略は身体の機能や構造, および行動となって現れる. 我々はそれらから知見を得ることが多々あり, 生物が発現する運動の特性や機構を理解することは大変有用であるといえる. 生物学や生命科学の分野において, 生物の計測には動画像をベースとした方法が一般的に用いられ, 専門家の目視により計測データから必要なデータを抽出する例が多い. しかし, この方法では, 時間コスト, ヒューマンエラー, 人為的なバイアス等の課題が生じる. また, 対象とする生物に特化した行動計測用のアプリケーションやソフトウェアは該当分野において需要がある一方で, コストが高く, 普及は進んでいない現状である.

本研究の主目的は, 生物の行動を記録した動画像データにおいて, 生物の行動解析のための動画像計測法を確立することである. 本稿では, 2 種の生物を対象とし, それぞれの行動解析の目的に則した手法を構築した.

一つは, 生物の群れ行動を計測するためにメダカ (*Oryzias latipes*) を対象とした. メダカはゲノムにおける塩基配列がほぼ解明されており, さらにヒトゲノムの塩基配列と共通する部分が数多く存在することから, モデル生物として広く取り扱われる. メダカの行動を解析する上で, (1) 照明による外乱, (2) 遊泳行動に伴う姿勢変化, および (3) バーストスイミングと呼ばれる急速な運動が解決すべき課題として挙げられる. これらに対し, 輝度変動に頑健な方向符号特徴をベースとする方向符号照合法と物体の不規則運動の推定に長けた粒子フィルタを組み合わせることで対応した. 方向符号照合法ではテンプレートと照合する画像をそれぞれ回転させ, 中心差分方向符号を新たに算出し照合に用いることで, 対象の姿勢の変化に対応した. また, 粒子フィルタでは,2 つの尤度を掛け合わせた二重尤度関数を設計すること, そして, 粒子の遷移範囲をメダカの最大遊泳力に則り設定することによりバーストスイミングを伴う遊泳にも対応した. 実際に 8 匹のメダカが遊泳する 1 分間の動画像データにおいて誤検出なく追跡および遊泳軌跡の生成を可能とした.

一つは, 生物が発現する超高速運動を計測するためにアギトアリ属 (*Odontomachus*) のアギトアリ (*O.monticola*) とオキナワアギトアリ (*O.kuroiwae*) の 2 種を対象とした. 近年のイメージセンサ技術の進歩に伴い, 昨今では従来計測できなかった高速な運動が高速度カメラを用いることで計測可能となった. 上述したアリは Trap-jaw と呼ばれる大顎を有し, 動物界最速のスピードで閉じることができる. しかし,10mm 前後の小さな体躯でどのようにして超高速運動を発現するのかが明らかになっておらず, この運動機構を解明することは生物学において需要なテーマである. 運動機構の解明に向け, 高速度カメラにて撮影した動画像を用いた計測を主として実施するが, 他にも多角的な計測を実施した. 高速度カメラで撮影された動画像はノイズを多く含み,CMOS センサの特性により生じるゴーストにも対応する必要がある. 本研究では, 同システムにより撮像した 2 種類の品質の画像を用い照合を行うアプローチを採用した. また, フレーム間の明度値の関係からゴーストを除去

し, 大顎部を抽出した. そして, 二値化画像における黒画素を点群とみなし,M-ICP に基づく照合を行うことで高速に運動する大顎の回転角度の算出を可能とした.