

論文内容の要旨

論文題目

Development of automatic tracking methods for the analysis of animal behaviors

(動物行動解析のための自動追跡手法開発に関する研究)

論文提出者 木村 敏文

人や動物の行動を解析することは我々の生活を豊かにするヒントがある。たとえば、衝突しない車や麻薬探知ロボットは、それぞれミツバチの飛行時における障害物回避行動、魚群の動きやカイコガのオスが示すメスのフェロモンでのみ行動する行動特性などからヒントを得ている。人や動物の行動のメカニズムを知るためには、対象となるものを観察し解析することが重要であり、短期、長期に関わらず、行動を記録し解析することは行動学において重要な手法の一つである。しかし、行動を記録した映像から解析に供するためのデータを得ることは容易ではない。

この問題の解決策として、これまでに様々な手法やソフトウェアが提案・開発されてきた。人間を対象とした場合には、その行動を撮影し、映像データから個体を識別・追跡する多くの手法が提案され、その有効性が示されている。これらの手法を人間以外の個体、例えば動物や昆虫などに適用することができれば、これらの動物の行動を解析する研究者にとって有用である。しかし現在の手法をそのまま、動物や昆虫などの追跡に適用することは難しい。なぜなら、動物や昆虫は人間に比べて、抽出できる特徴量が少ないことや各個体が小さいことなどがあり、個々の個体を識別することが困難である。近年、デジタルビデオカメラが安価で高性能になり、研究室レベルでも簡単に長時間の行動を記録することが可能である現在、動物や昆虫に対する自動個体追跡手法の開発が望まれている。

このような背景により、近年、動物や昆虫を対象とした追跡や解析支援を目的としたソフトウェアが開発されてきている。たとえば、ショウジョウバエ、ゼブラフィッシュ、マウスなどの個体を追跡するソフトウェアとして **Ctrax**, **idTracker** が利用可能である。**Ctrax** は対象動物が行う行動パターン判定を行うことを目的としている。あらかじめ設定している行動分類のためを行うための行動追跡のため、詳細な追跡ができない場合も多い。**idTracker** は上部から見た対象動物の色情報から個体コードを作成し、個体識別を行う。映像から消えた個体についても、再び、現れたときに同一個体として識別可能とされている。しかし、4Kのような高解像度映像と色情報が必要な手法であり、これまで取りためた映像や暗所での実験で撮影される赤外線映像などには適用が難しい。また、**RFID** や **AR** コード、**QR** コードなどを対象動物に張り付けることにより、撮像画像から個体を識別したり、位置を把握したりする方法も提案されている。これらの手法も

確かに有効なものであるが、対象動物の行動への影響が懸念され、実験途中で貼り付けたコードがはがれてしまうなどの問題もある。このように、これまでに提案されている手法では非侵襲かつ高速・高精度の動物個体の抽出および追跡が困難であることが明らかになっている。そこで、本研究では動物行動解析のコンピュータ支援を目的とした個体追跡手法の開発を目指す。

以下、本論文の構成について述べる。第1章は序章であり、本研究の背景、意義、目的について、これまでの関連研究と共に述べる。第2章では個体形状の時間な重なり関係と線形予測を用いた複数個体同時追跡手法について述べる。本手法では行動追跡手法の開発でも例が少なく、自動行動追跡が難しいと考えられるミツバチを対象としている。自然に近い状態である巣板上で行動するミツバチについて個体抽出を行うために、ミツバチと背景を分離する必要があり、その方法としてベクトル量子化領域分類法を用いている。また、行動を移動軌跡として示すため、それぞれの画像フレームごとの個体位置の関係から個体を識別し、移動軌跡を求めた。第3章では、背景差分法と個体ごとの位置の時間的変化の関係をを用いた研究室内に設置した実験アリーナ上を動く対象の追跡手法について述べる。また、この提案手法を基にプロトタイプソフトウェア **K-Track** を開発した。実験アリーナでは個体と背景のコントラストを調整することが可能となる。そのため、ミツバチと背景の分離を行うために背景差分法を用い、第2章にて説明した手法により個体の識別および追跡を行った。第4章では順方向、逆方向再生における追跡結果を利用した **K-Track-kai** (改良型 **K-Track**) について述べる。この手法では、実験アリーナ上での追跡においてミツバチの行動が著しく変化する可能性のある場面、例えば壁付近での接触や交差における追跡精度を上げる試みを行った。このような場合において、動画像を逆方向で再生して追跡を行う方が個々の行動を把握しやすいという経験則を基に、順方向再生による追跡結果と逆方向再生による追跡結果を比較することにより追跡結果を修正する。また、第5章ではこれまでの手法の応用として開発を行ったシャーレ内を動くミミズの追跡手法について述べる。ミミズの個体領域を検出するためには色情報を用いた。個体領域を細線化し、その両端から頭部、臀部を検出し、体の中心点を検出した。さらに、検出した頭部、臀部、体の中心の時間的変化を用いることで、それぞれの場所の位置を取得し、行動追跡を行った。提案手法よりプロトタイプソフトウェア **MimizuTrack** の開発を行い、その追跡精度についての評価を行った。最後に、第6章では本研究の成果をまとめると共に、今後の課題について述べる。