

映像解析による飛翔するコウモリの検出と追跡

神山 恭祐¹ 藤岡 慧明² 浅野 幸輝³ 飛龍 志津子⁴ 波部 斉¹

近畿大学理工学部¹ 同志社大学研究開発推進機構² 同志社大学生命医科学研究科³ 同志社大学生命医科学部⁴

1. はじめに

コウモリは、放射した超音波パルスのエコーを聴くことで、周囲の状況や標的の情報を把握している。この特徴はエコーロケーションと呼ばれ、その詳しいメカニズムを解明するための取り組みが行われている[1]。

従来から、マイクロホンアレイを用いた野生のコウモリの飛行ルートと超音波パルスの放射方向を同時計測する試みが行われてきた[2]が、マイクロホンアレイでは、複数のコウモリが飛行すると超音波の混信が発生するなど、観測可能な環境に制限がある。より広い空間でコウモリが飛翔する様子をカメラで捉え、その飛行ルートを計測できれば、コウモリのナビゲーション戦略の解明に近づくことが期待される。

しかし、野生のコウモリが飛翔する空間では、背景に映る木などの動きや、コウモリが速く飛翔するため、画像上でコウモリをはっきりと観測することができない。このような条件下でも正しくコウモリを検出・追跡するために、本研究では、畳み込みニューラルネットワーク(CNN)とパーティクルフィルタを用いた手法を提案する。また、同じく物体追跡に用いられる Channel and Spatial Reliability Tracking(CSRT)との比較を行い、提案手法の有効性を示す。

2. 提案手法の概要

本研究では、コウモリの行動解析を目標とし、コウモリの飛翔映像から、CNNを用いた小物体の個体検出と、パーティクルフィルタを用いた検出の選別・追跡を提案する。

先述のとおり、野生のコウモリが飛翔するシーンでは、コウモリをはっきりと観測することができない。そのため本研究では(1)背景差分によって移動する物体による画像の明度変化を抽出し、(2)求めた明度変化パターンと、明度そのもののパターンからCNNによってコウモリを抽出する、という処理を行う。その後、(3)パーティクルフィルタによってコウモリを追跡し、その軌跡を取得する。また、この処理を行うことで(2)での誤検出を減らし、検出の精度向上を図る。

2.1 背景差分による移動物体領域抽出

今回使用するコウモリの飛翔映像では、背景に様々な物体がある上をコウモリが高速に飛翔するため、コウモリと背景との判別がつきにくい。そこで、あらかじめ得ておいた背景モデルと現時点の画像との比較(背景差分)を行い、背景シーンと異なる領域を抽出する。

これと現時点での画像を合わせ、移動物体の箇所が強調された画像を生成する。

2.2 CNNを用いた個体検出

前節で述べた手法によって求めた背景差分結果を用いてコウモリを検出する。飛翔するコウモリは様々な姿勢をとり、背景にも様々な物体が存在する。そこから正しくコウモリのみを検出するために、提案手法ではCNNから、コウモリが存在する確からしさを表す密度マップを生成し、そのピークをコウモリの位置として検出する。CNNは、畳み込み層とプーリング層を交互に接続することで、領域からの特徴抽出パラメータも学習可能にしたニューラルネットワークである。画像中から人や物を検出する手法として広く用いられている[3]。佐藤ら[4]は遊泳中の魚群にCNN・ベイズ最適化を用いて、少ない訓練データでの小物体の検出を行なっている。本研究で対象とする小さなコウモリが飛翔する映像も[4]での映像と共通する部分が多いため、この構造を採用する(図1)。提案手法では図1に示す密度マップを用いる。

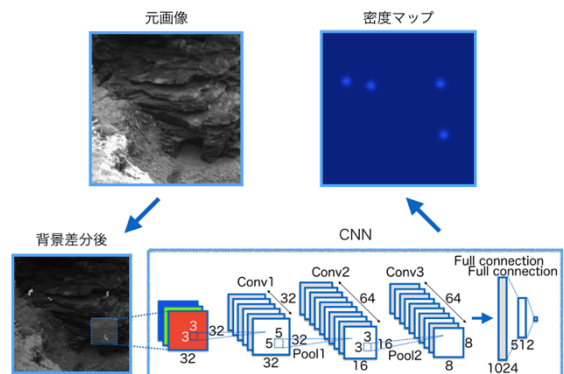


図1 CNNの構造

2.3 パーティクルフィルタを用いた検出の判定と追跡

2.2節で推定した密度マップを用いて、時系列での追跡を行う。時系列での対応をとることで、軌跡のデータが得られるだけでなく、CNNによる密度マップ推定で誤って検出されていた箇所を判定・除去していく。

パーティクルフィルタは、多数のばら撒かれたパーティクル(粒子)の尤度の高さから次の位置を推定する時系列フィルタの一種である[5]。

本研究では、パーティクルはCNNで検出された箇所から撒かれ、密度マップ画像中のコウモリらしい箇所である白色の存在率が高いものをコウモリとして判定し、追跡していく。

3. 実験

本章では、コウモリの個体検出と追跡の実験手法、結果を述べる。

Detection and tracking of flying bats by image analysis

1 Kindai University Faculty of Science and Engineering

2 Dosisha University Organization for Research Initiatives and Development

3 Dosisha University Graduate School of Life and Medical Sciences

4 Dosisha University Faculty of Life and Medical Sciences

3.1 用いるデータ

本研究で用いるデータは、和歌山県西牟婁郡白浜町千畳敷で撮影したユビナガコウモリの飛翔映像を用いる。撮影は、フレームレート 60fps の Digital high speed camera (HAS-U2) を使用した。

提案手法では、コウモリの飛翔映像を画像に分割し、2 節で述べた処理を適応する。

3.2 実験手法

本研究では、2 節に述べた手法を適応して、コウモリの軌跡を得た後、あらかじめ人の目で得た正しい座標、軌跡との比較を行う。比較の際には、推定した軌跡上の座標と、正解座標との距離を求め、10 画素以内であれば正しく検出されたものとみなすことにする。本研究での有効性を示す為、CSRT を用いたコウモリの追跡を行う。CSRT はチャンネルと空間信頼性を有する識別関連フィルタを用いた追跡手法である[6]。

3.3 実験結果

結果を表 1、図 2、図 3 に示す。

表 1 は検出精度を定量評価した結果である。これは 1 フレームごとにコウモリが正しく検出されたかどうかを評価したものである。表 1 より、提案手法では、概ね正確にコウモリの検出できていることがわかる。また、CNN のみで検出をした場合は、推定した物体の誤検出が多かった。よってパーティクルフィルタを行うことにより精度を高めることができたと考えられる。CSRT はコウモリが交差する際に他の対象を追跡したり、検出されずにそのまま動かないなどの要因が精度を低くしたと考えられる。

表 1 検出結果

検出精度	適合率	再現率	F 値
CNN	66.3	90.2	75.5
CNN & パーティクルフィルタ	90.1	89.1	88.8
CSRT	66.3	83.4	74.2

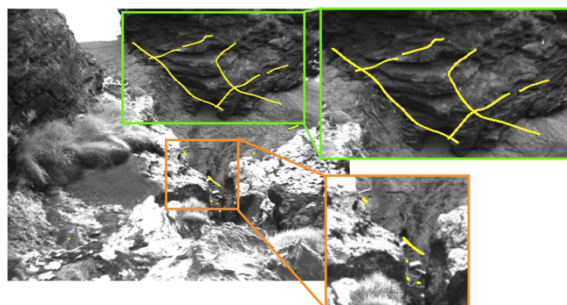


図 2 提案手法のコウモリの軌跡

図 2 は提案手法の結果から、図 3 は CSRT の結果から得たコウモリの軌跡を描いたものである。この軌跡は、画像上の位置から得た 2 次元のものである。提案手法の結果では、概ねコウモリの追跡を行うことに成功した。しかし、画像の下半分ではあまり軌跡を描くことができず、コウモリでないところにも軌跡が描かれている。これはコウモリの形がはっきりしない箇所が検出されない原因と考えられる。CSRT は検出の精度が悪く、コウモリ

の時系列での追跡精度も低下した。

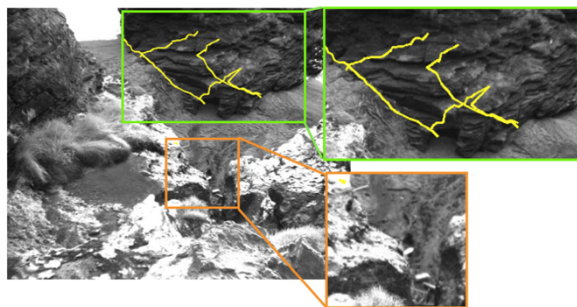


図 3 CSRT-DKF のコウモリの軌跡

5. 終わりに

本研究では、コウモリの飛翔映像から CNN・パーティクルフィルタを用いた検出・追跡を行なった。また、同じ物体追跡の手法として、CSRT を用いて、提案手法との比較を行い提案手法の有効性を示した。今回は使用データの推定したい物体と背景が同化し、CNN で検出を行うことが困難だった為、背景差分を用いてコウモリの特徴を強調する必要があった。提案手法より、CNN での推定に加え、パーティクルフィルタを行うことで検出率が向上した。

今回の研究の課題として、背景差分を用いてコウモリの推定を行なった為、フレーム間で動きの小さいコウモリは検出されないことが多かった。今後はこのようなコウモリにも対応していく必要がある。例えばコウモリの動きの流れをあらかじめ学習しておき、フレーム間での動きが小さくても、その前後の動きからコウモリかどうか判別するなどが考えられる。

参考文献

- [1] K. Hase et al., Bats enhance their call identities to solve the cocktail party problem, *Communications Biology*, volume 1, Article number: 39, 2018
- [2] E. Fujioka et al., Echolocating bats use future-target information for optimal foraging, *PNAS*, 2016,
- [3] 福井宏 他, Deep Learning を用いた歩行者検出の研究動向, *信学技報 PRMU*, 2016
- [4] 佐藤僚太 他, CNN を用いた画像解析による大規模魚群の個体検出手法, *SI2017*, 2017
- [5] M. Isard, A. Blake, CONDENSATION - conditional density propagation for visual tracking, *IJCV*, 1998
- [6] A. Lukezic et al., Discriminative correlation filter tracker with channel and spatial reliability, *IJCV*, 2018.