

## カメラ映像を用いた夜間に高速で飛翔するコウモリの検出・追跡

杉本 翔<sup>1</sup> 牛尾 和嵯<sup>2</sup> 杉森 僚太<sup>2</sup>藤岡 慧明<sup>3</sup> 川嶋 宏彰<sup>4</sup> 飛龍 志津子<sup>5</sup> 波部 斉<sup>6,7</sup>近畿大学大学院総合理工学研究科<sup>1</sup> 同志社大学生命医科学研究科<sup>2</sup> 同志社大学研究開発推進機構<sup>3</sup>兵庫県立大学大学院情報科学研究科<sup>4</sup> 同志社大学生命医科学部<sup>5</sup>近畿大学情報学部<sup>6</sup> 近畿大学情報学研究所<sup>7</sup>

## 1. はじめに

コウモリはエコーロケーションを行うことで、自ら放射した超音波パルスを聴き、周囲の環境や標的を把握している。この生態を解明する為に、様々な研究[1]が行われており、その一環で撮影された映像からコウモリの移動情報などを読み解く取り組みが行われている。

しかし、コウモリは夜行性である為、映像が暗くなってしまう。また、その背景も複雑であることが多く、コウモリが小さく高速で移動する特徴から背景と同化する場合やブレが生じる場合がある。これらが原因で映像からコウモリを判断するのはとても困難である。

本研究では、ハイスピードカメラ、サーモカメラの2つのカメラで映像を撮影した。2つのカメラにはそれぞれ特徴がある。ハイスピードカメラはフレームレートが高く、高速に動くコウモリには対応する事ができるが、夜間である為、光を当てながらの撮影となる。サーモカメラは温度による識別である為、夜間でも撮影可能となる。しかし、フレームレートや解像度が低い為、高速に動く個体や奥行きのある個体が鮮明に映らない可能性がある。ここからはそれぞれのカメラの特徴を踏まえて、コウモリの検出・追跡を行っていく。

## 2. コウモリの検出・追跡アルゴリズム

本節では、2つのカメラに共通して用いるアルゴリズム(図1)について説明する。

Camera-based Detection and Tracking of Fast-Flying Bats  
1 KAKRU SUGIMOTO, Graduate School of Science and Engineering, Kindai University.

2 KAZUSA USIO, RYOUTA SUGIMORI, Doshisha University Graduate School of Life and Medical Sciences.

3 KEIMEI FUGIOKA, SHIUKO HIRYU, Doshisha University.

4 HIROAKI KAWASHIMA, University of Hyogo.

5 HITOSHI HABE, Kindai University.

## 2.1 フレーム間差分と論理演算による検出

この映像ではコウモリが高速に移動する事から、コウモリがぶれてしまう。また、複雑な背景の前を飛翔するのでコウモリが同化してしまう。これらにより検出精度が落ちると考えられる。そこでフレーム間差分と論理積による検出を行う[2]。通常のフレーム間差分は、2枚の画像の差分を取り、移動物体を抽出する手法だが、2枚の画像だけだと動きのある個体が大きく検出されてしまう為、以下の方法をとる。まず、連続する3枚の画像から、2枚目と1枚目の差分画像、3枚目と2枚目の差分画像を作成し、2枚の差分画像の論理積を計算する。そうすることで移動物体の形状を正しく抽出できる。得られた画像にはごま塩ノイズが発生する為、縮小・膨張処理でごま塩ノイズを消去する。その後、移動物体の明るさを+30、背景部分の明るさを-100にし、移動物体の位置を強調する。

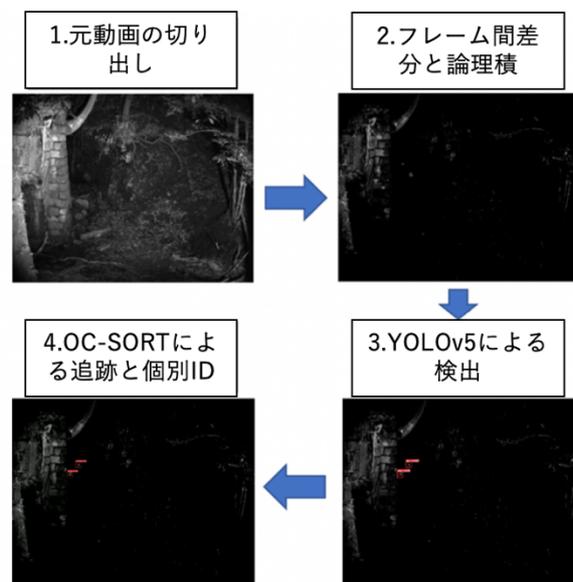


図1 提案したアルゴリズム

## 2.2 YOLOv5による2クラス分類での影除去

前節の結果では、壁などに映ったコウモリの

影が検出されるため、機械学習による物体検出を用いてそれを除去する。コウモリとその影を別の物体として物体検出器をあらかじめ学習し、検出時には学習した物体検出器を適用した結果、影と判定されたものを除去する。

物体検出モデルには、YOLOv5[3]を用いる。

## 2.3 OC-SORT による追跡

2.2 節で得られた検出結果を用いて、OC-SORT により、コウモリの追跡を行う。

Observation-Centric SORT (OC-SORT) は、2022 年に Cao らによって作成された物体追跡手法であり、従来の SORT の特徴であるシンプルかつリアルタイムなオンライン手法のまま、オクルージョンや非線形的な動きに頑強な手法である[4]。OC-SORT は従来の SORT の問題を解決し、最新のベンチマークにおいて最先端の性能を達成している。

## 3. 使用するカメラ

この節ではハイスピードカメラとサーモカメラの2つのカメラのそれぞれの特徴を今回の撮影環境を踏まえながら説明する。

### 3.1 ハイスピードカメラ

ハイスピードカメラは、人間の眼や一般的なビデオカメラでは捉えきれない瞬間の現象を高速撮影するカメラのことである。ハイスピードカメラでの撮影では光量が必要である為、コウモリの巣窟であるトンネルに向かって幾つかのライトを当てて撮影を行う。

### 3.2 サーモカメラ

サーモカメラは熱を検知して画像化して出力するカメラで、熱を持っている被写体ならば夜間でも撮影する事ができる。その為、今回の夜間での撮影に適していると言えるが、フレームレートがハイスピードカメラと比べて低いのでコウモリの速さに対応できない可能性がある。

## 4. 実験

本稿では、ハイスピードカメラでの評価結果を詳細に述べる。まず、2.1 節と 2.2 節で述べたフレーム間差分による検出と、2 クラス分類での影除去の有効性を確かめる。その後、最も精度の高かった結果を用いて OC-SORT による追

跡を行う。

全ての実験で同じシーンの 10 秒間の映像を 300 枚にした画像データを学習データとして用いた。また、学習時の epoch 数は 300 とした。

## 5. 実験結果

ハイスピードカメラで、フレーム間差分による検出と、2 クラス分類での影除去の有効性を確認した結果を表 1 に示す。表 1 において、Inter-Frame Diff はフレーム間差分実行の有無を示し、Number of classes は YOLOv5 で検出するクラスの数を示す。クラス数が 2 のとき、影の除去を行っている。表 1 からフレーム間差分と影の除去を行うことで精度が上がっていることが分かり、有効性を示す事ができた。

また、表 2 は実験結果から一番精度の良かったモデルの重みファイルを用いて追跡を行った結果である。コウモリが密集している領域で IDSw (追跡 ID の入れ替わり) が顕著に現れているが、それ以外では良好な結果が得られている。

表 1 ハイスピードカメラ実験結果

Inter-Frame Diff	Number of classes	Precision	Recall	mAP 50
w/o	1	88.0%	39.9%	45.5%
w/	1	83.1%	55.9%	61.4%
w/	2	83.8%	55.5%	65.6%

表 2 OC-SORT による追跡結果

MOTA	未検出(個)	誤検出(個)	IDSw
54%	364	29	52

## 6. まとめ

本研究では、映像からコウモリの移動情報を得る為に、2 つのカメラによる映像にそれぞれ効果的なアルゴリズムを提案し、複数個体追跡の評価を行った。評価では、提案手法はある程度の効果があることを確認したが、IDSw 等さらなる精度向上を今後の課題とする。

本研究の一部は科研費 JP21H05302、JP23K11158 の補助を受けて行った。

## 参考文献

- [1] K.Hase et al., Bats enhance their call identities to solve the cocktail party problem, *Communications Biology*, volume1, Article number :39, 2018
- [2] 中島太知 他, フレーム間差分法を用いた移動物体の検出に関する研究, 精密工学会学術講演会公園論文集, Vol. 2019A, pp.104-105, 2019
- [3] Ultralytics Yolov5 : <https://github.com/ultralytics/yolov5> (accessed on 30 November 2023)
- [4] J. Cao et al., Observation-centric SORT: Rethinking sort for Robust Multi-Object Tracking. CVPR 2023