

ワイヤレスセンシングによるアナツバメの非接触型行動モニタリングシステムの構築

内山 彰（情報科学研究科）

工藤 寛樹（情報科学研究科）

太田 貴大（人間科学研究科）

Aswin USUP(University of Palangka Raya)

1 研究の背景

東南アジアでは、アナツバメの営巣を目的としたビル（以降、ツバメビルと呼ぶ）を建築し、巣を採取・販売する人々が存在する。しかし、産卵後に巣を採取すると卵は廃棄されるなど、animal welfare への配慮や持続性に欠ける。アナツバメは産卵前に巣を採取するとすぐに営巣を行うことが知られているため、animal welfare への配慮および生産性というトレードオフの観点から、ビル内の多数のツバメの営巣活動をモニタリングし、営巣活動終了後、迅速に採取することが望ましい。

ビル内は暗く、天井に張り巡らされた梁による死角が多いため、カメラの利用は困難である。そこで本研究では、animal welfare と生産性・持続性の両立支援を目標に、電波を用いたセンシングにより、ツバメの営巣行動認識手法を構築する。

2 研究の目的

Animal welfare と生産性の両立を実現するためには、営巣活動を終了した巣がどこにあるのか、を把握することが重要である。このためには、(1) 3次元空間における巣の位置推定、(2) 巣ごとの営巣活動終了の把握、の2点を実現する必要がある。食用に用いられるアナツバメの巣は、アナツバメが営巣活動時に分泌する特殊な唾液により作られており、乾燥してしまうため電波により直接巣の形状をセンシングすることは難しい。

一方、アナツバメの身体や動きによって電波には変動が生じると考えられる。アナツバメの位置、および動きは、それぞれ巣の位置、および営巣行動と関連付けることができるため、本研究では、巣そのものを対象にセンシングを行うのではなく、巣を作るアナツバメの位置や動きを対象にセンシングを行う。

3 研究の方法

使用する電波の周波数によって、物体の透過特性やセンシング可能な物体の大きさが変化するため、本研究ではアナツバメの体長が10cm～16cmであること、および、近年普及が進んでいることの双方を考慮し、周波数帯79GHzのミリ波レーダーを使用することとした。

ミリ波レーダーには、エスタカヤ電子工業株式会社製のT18.01010101.3Dを用いた。また、赤外線カメラにはYKS-WF500PTZDMを用いた。

まず、アナツバメと同程度の大きさの身近な鳥類を対象に、データ収集を実施した。飼育されている鳩を対象に、ミリ波レーダーとビデオカメラを用いて、10日間継続的にデータ収集を行った。通常、飼育されている鳩は動きが少なく、センシングの観点では動きが無い場合の検出が難しい。このため、給餌

のタイミングなど、比較的動きが大きいと思われる期間が含まれるよう、長期的なデータ収集を実施した。

さらに、これまでの知見を基に、長期的に安定したデータ収集が実現できるよう、モニタリングシステムの改善を行った。令和7年3月にインドネシアのツバメビルを再訪し、改善したモニタリングシステムのテスト運用と、追加でのデータ収集を実施し、アナツバメの営巣行動認識の実現可能性の検討を行う。

4 研究成果

4.1 鳩を対象としたデータ収集

図1に示すように、鳩を入れたケージから1.5-2m程度離れた位置にミリ波レーダーを設置し、データ収集を行った。図2に鳩がいない場合と鳩がいる場合におけるミリ波レーダーから得られるRange-Dopplerマップを示す。Range-Dopplerマップでは、ミリ波レーダーのセンシング範囲において、距離と速度ごとに信号の反射強度を示す。従って、Range-Dopplerマップで強い反射強度を示す距離および速度において、何らかの物体が存在することが分かる。この結果より、鳩がいる場合には、約2mの距離にほぼ静止状態の物体が存在することが分かる。鳩がいない空のケージのみを置いた場合と比較して、明確な差が出ていることから、鳩の存在がミリ波レーダーの反射波に影響を与えることが確認できた。



図1: 鳩のデータ収集環境

4.2 ツバメビルでのデータ収集

画像を用いたラベル付け

2025年3月にインドネシア パランカラヤ大学の協力を得て、

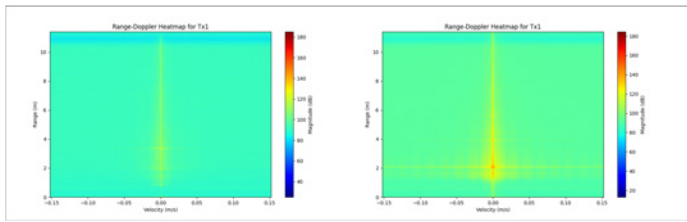


図 2: Range-Doppler マップ: (左) 鳩なし (右) 鳩あり

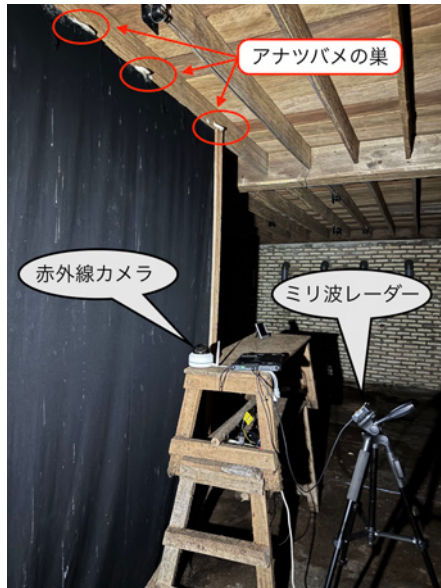


図 3: ツバメビルでのデータ収集環境

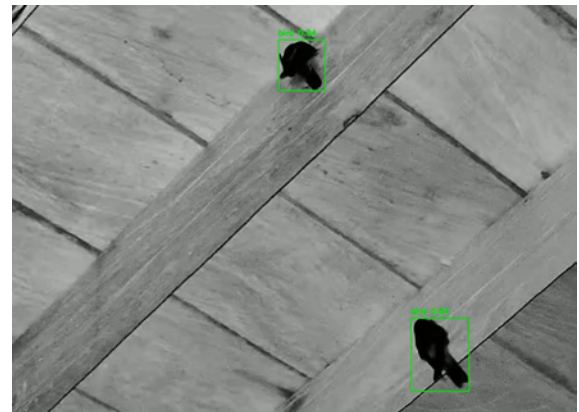


図 4: 画像を用いたツバメ検出の例

ただし、実験期間中に落雷による瞬間的な停電が発生し、赤外線カメラが再起動した結果、その後のデータが利用できなくなる現象が確認された。今後のデータ収集では、これを解決するため、無停電電源装置を導入する必要がある。また、遠隔でのモニタリングを実現するため、不安定なセルラー通信に代わる通信手段として、Starlink を導入する予定である。

ツバメビルでのデータ収集を実施した。図 3 のようにツバメビル内にミリ波レーダーと赤外線カメラを設置し、データの記録を行った。赤外線カメラ映像に対して、YOLO を用いた物体検出を適用し、アナツバメの検出を行った結果を図 4 に示す。この結果から分かるように、画像からの物体検出は高精度に実現可能な見込みである。赤外線カメラ映像から得られるアナツバメの位置を正解データとして、3D-CNN などのモデルを訓練し、アナツバメの位置検出モデルを構築する予定である。また、位置検出を実現した後、同様のアプローチでアナツバメの行動認識モデルを構築する計画である。

データ収集システムの改善

鳩のデータ収集では、1 回あたりの記録時間を 10 分間とし、10 分ごとにデータを保存して、次の記録を開始するスクリプトを作成した。しかし、インドネシアのツバメビルで同じ条件で記録を行ったところ、数時間後に I/O エラーが発生した。このため、1 回あたりの記録時間を 1 分間に短縮し、1 分ごとにデータを保存して、次の記録を開始するよう、修正を行った。その結果、安定したデータ収集が行えるようになることを確認した。

また、セルラー通信が非常に不安定な環境であったため、クラウドサーバと連携して動作する赤外線カメラに代わり、Wi-Fi 直接でスマートフォンと接続し、セルラー通信なしでの設定が可能な赤外線カメラを利用することとした。