

MC3 生物多様性評価のための音響モニタリングシステムの開発

—深層学習による画像分類・物体検出モデルを用いた

エコロケーションコールによるコウモリの種判別システムの性能向上—

Development of Acoustic Monitoring System for Biodiversity Assessment: Improving Performance of a Species Identification System of Bats from Echolocation Calls Using Deep Learning Technologies in Image Classification and Object Detection

指導教官 町村尚 准教授・地球循環共生工学領域 28H19037 小林啓悟 (Keigo KOBAYASHI)

Abstract: Bats have enormous potential as bioindicators, therefore, monitoring bats helps us to understand the surrounding environmental changes. In this study, I proposed bat species identifier method based on the analysis of ultrasound called echolocation calls. I developed two deep learning-based bat species identifiers using an image classification algorithm and an object detection algorithm, respectively. The image classification algorithm system achieved 98.1 % (S.E. 0.05 %) as overall accuracy and the object detection algorithm system achieved 67.6 % (S.E. 0.9 %) as mAP@.5. Finally, I verified the applicability of the image classification algorithm system using the data collected in four forests with the different management types.

Keywords: convolutional neural network, MobileNetV1, YOLOv3, biodiversity

1. 背景・目的

コウモリの発する超音波 (echolocation call, 以下コール) から種を高精度で判別する技術を開発することで、コウモリを指標生物とした環境モニタリングや生物多様性の評価が可能となる。そのため、国内外で機械学習を用いた種判別システムの開発が行われてきた。しかし国内の先行研究では対象種が国内に生息する全 33 種のうち 11 種のみであるなどの課題があった¹⁾。本研究では深層学習 (画像分類・物体検出) を用いて、対象種を 30 種に拡張した種判別システムを開発することを目的とした。また北海道で録音された定点モニタリングデータからコウモリの種多様性と林相の相関を分析した。

2. 研究手法

2. 1 スペクトログラムの生成と画像分類アルゴリズムによる種判別システムの構築

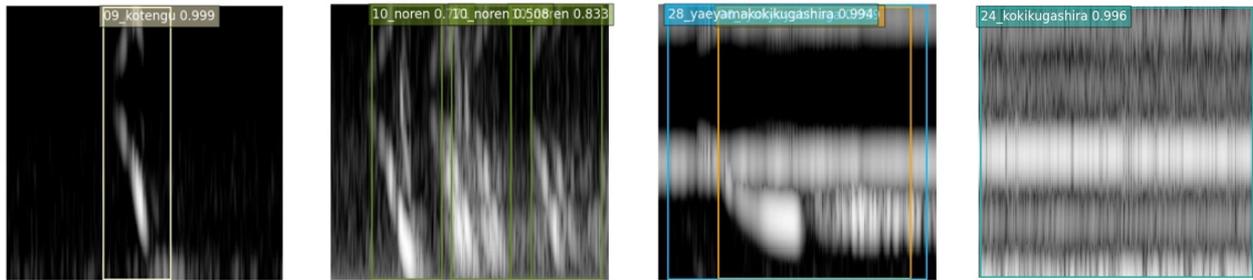
識別器の学習には、1999~2019 年に日本の 19 地域と韓国鎮川郡で録音した音源を使用した。計 1,400 の音声ファイルから音圧のバーストを検出 (Sound Pressure level: 10 dB, Frequency: 10~220 kHz, Time window: 200 ms) し、計 54,525 のスペクトログラムを生成した。data augmentation (cutout, random erasing, salt-and-pepper noise) を学習用データに適用した。ImageNet の画像分類タスクで pre-trained された MobileNetV1²⁾ を fine-tuned した。ベイズ最適化による nested cross-validation (CV) を用いて、ハイパーパラメータの特定と汎化性能を評価した。

2. 2 アノテーションデータの作成と物体検出アルゴリズムによる種判別システムの構築

2.1 節で生成したスペクトログラムに種とコールの位置を示す Bounding Box を付与することで、計 35,829 個のアノテーションデータを作成した。この際、周波数情報を保存するために Bounding Box の縦幅を画像サイズと一致させた。ImageNet で画像分類タスクで pre-trained された 416×416 YOLOv3³⁾ (You Only Look Once) を fine-tuned した。10-fold CV を用いて、汎化性能を評価した。

2. 3 未知の定点モニタリングデータへの適用

2.1 節で構築した種判別システムに、2016 年 6 月に東京大学北海道演習林 (富良野) の 4 つの林相で録音された計 31,484 個の定点モニタリングデータを入力した。種を推定することで、各林相の属レベルの種多様性を評価し、専門家の意見をもとに種判別システムの実環境での適用可能性を検討した。



(a) 単一コール (単一種) (b) 複数コール (単一種) (c) 複数コール (複数種) (d) ノイズ環境下
 図 1 YOLOv3 による検出結果例. 図中の枠がコールの予測位置を示す. 予測種は枠の上部を参照.

3. 結果・考察

3.1 画像分類アルゴリズムモデルの汎化性能評価

画像分類アルゴリズムモデルの汎化性能は Overall accuracy で 98.1 ± 0.05 (標準誤差) % であった. コウモリ種別の F1 score (適合率と再現率の調和平均) は 30 種中 24 種が 95 % 以上と高い精度を達成した. 特に *Murina* 属と *Myotis* 属の F1 score が 99.1 ± 0.1 %, 99.0 ± 0.1 % であり, 国内の先行研究¹⁾と比較して改善された (各々 94.9 ± 0.0 %, 98.6 ± 0.0 %). 一方コウモリのコールとノイズ間で誤判別が確認された.

3.2 物体検出アルゴリズムモデルの汎化性能評価

物体検出アルゴリズムモデルの汎化性能は, IoU (Intersection over Union) が 0.5 以上であれば検出成功とする mAP@.5 (平均適合率, mean Average Precision) で評価した. 全コウモリ種の mAP@.5 は 67.6 ± 0.9 % であった. 図 1 (a) に単一種・単一コール, (b) に単一種・複数コール, (c) に複数種・複数コール, (d) にノイズ環境下の検出結果例を示す. 複数コールが混在するスペクトログラムに対して各コールを区別して検出でき (図 1 (b)-(c)), ノイズ環境下でもコールを頑健に検出できた (図 1 (d)). 一方, 同属間で予測種を間違える例が確認され, 学習が十分でなかった可能性も示された.

3.3 実環境での適用可能性

画像分類アルゴリズムモデルを北海道での定点モニタリングデータに適用したところ, 専門家の事前調査 (図 2 S2) と同様に全ての林相で *Myotis* 属が多く検出された (図 2 S1). 林内のねぐらや餌の量が多い保存林ほど活動量が高くなる傾向が確認され, 林相別の種多様性が評価できた. この結果から, 種判別システムを応用した実環境での生物多様性モニタリングの有用性が示された.

4. 今後の課題

今後の課題は, 汎化性能を向上させるために多様な録音環境でとられた音声データで学習すること, Transformer が組み込まれた物体検出アルゴリズムモデル⁴⁾を用いて検出精度を向上すること, 種判別システムを多様な実環境で適用することが挙げられる.

参考文献

- 1). Masuda et al. (2017) : Bat species classification by echolocation call using a machine learning system. *Honyurui Kagaku (Mammalian Science)* 57, 19-33.
- 2). Howard, A.G. et al. (2017) : MobileNets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications. arXiv:1704.04861 cs.
- 3). Redmon, J. and Farhadi, A. (2018) : YOLOv3: An Incremental Improvement. arXiv:1804.02767 [cs].
- 4). Carion, N. et al. (2020) : End-to-End Object Detection with Transformers. arXiv:2005.12872 [cs].

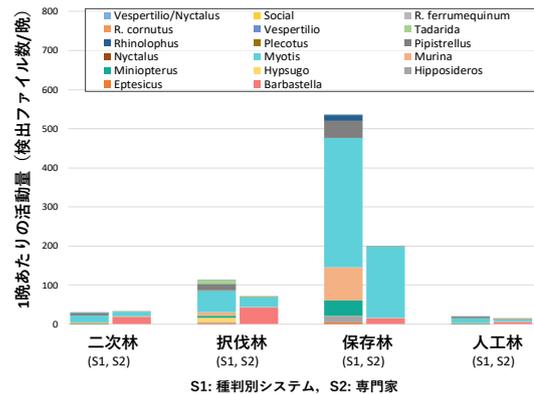


図 2 コウモリの種多様性と林相の相関