

MD5 CNN を用いたコウモリの種判別システムの開発と応用

Development and Application of Bat Species Identifier Using CNN

指導教官 町村尚 准教授・地球循環共生工学領域

28H15068 増田圭祐 (Keisuke MASUDA)

Abstract: Recently, bat has been attracting attention as a great indicator species for an environment monitoring. If we can identify the species and estimate a distribution and volume of bat activity by analyzing an “echolocation call” which is ultrasonic wave emitted from bat, the bat observation will be more efficient and effective significantly. In this study, we developed a high performance bat species identification system using convolutional neural network. This system obtains precisely and robust identification by converting the call sound to a spectrogram image. We applied some types of neural network constructions and finally achieved 98 % as overall accuracy for 11 species (except noise). In addition, we examined the system we built to acoustic monitoring in several types of managed forest to verify an applicability of this method.

Keywords: Deep learning, Echolocation call, Spectrogram, Acoustic monitoring.

1. はじめに

近年、環境モニタリングの指標生物としてコウモリ類が注目されており、世界中で超音波音声 (echolocation call) から種を判別する試みが行われている。我々はこれまで、Random Forest や Support Vector Machine 等の機械学習法を用いて判別精度の向上を試みてきたが¹⁾、コールの特徴が酷似する異種の存在 (図 1-a)、行動や周辺環境などの違いによるコール特性の変化 (b)、さらに自然環境下で発生する様々なノイズ (c) 等の処理が課題となっている。そこで本研究では、echolocation call を spectrogram 画像に変換し、画像分類問題で性能が高い畳み込みニューラルネットワーク

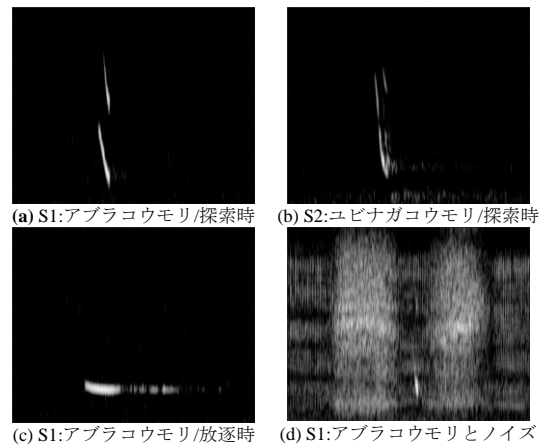


図 1 echolocation の spectrogram

(CNN : Convolutional Neural Network) を用いることで、高精度かつコール特性の変化やノイズに頑健な種判別法の開発を目的とする。さらに、森林内で新たに得たモニタリングデータに対して種の推定を行い、その結果の妥当性を評価することで本手法の環境モニタリングへの適用可能性を検討する。

2. 研究手法

2. 1 Spectrogram データベースの構築

CNN の学習に用いたデータは、三国山地/赤谷川・生物多様性復元計画²⁾の一環で 2008~2012 年に行われたコウモリの会による音声モニタリング調査から提供を受けた。計 506 の音声ファイルから音圧の burst 検出 (Sound pressure level l: 10 dB, Frequency : 15~150 kHz, Time step : 0.02 ms, Time window : 5 ms) を行い、表 1 に示す 11 種類のコウモリの call と、それ以外の音 (ノイズ) 計 30,530 の spectrogram を抽出した。さらに、多様なノイズに対応するため (2.3) で示す森林内のモニタリングデータから抽出した、雨だれや虫の声などを含む計 10,810 の spectrogram をノイズクラスに追加した。

2. 2 CNN による種判別アルゴリズムの構築

本研究では、CNN の基本構造を持つ LeNet³⁾ を始めとする複数のモデル候補から、最終的に最も性能が良かった ResNet⁴⁾ ベースのモデル (Input resolution : 224 px × 224 px, Number of layers : 50, Learning rate : 0.01, Optimizer : sgd, batch size : 16, epoch : 20) を採用した。学習ではクラス毎にサンプル数の 90 % を train data, 10 % を test data とした 10 分割交差検証を行い、入力した test data に対する交差検証誤差からモデルの性能を評価した。

表 1 ResNet (50layer) による種判別の結果

	Japanese name	Prediction											N (41340)	F-value (%)	
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11			S12
Reference	S1: アブラコウモリ	1687	6	5	4								8	1710	99
	S2: ユビナガコウモリ	2	644										5	651	99
	S3: モモジロコウモリ	4	2	9038	10	4							53	9111	99
	S4: ヒメホオヒゲコウモリ	4	2	6	1677	4	3	3	1				12	1712	98
	S5: カグヤコウモリ	3		5	7	1391	1						12	1419	98
	S6: ヒナコウモリ						267						9	276	97
	S7: テングコウモリ			3	6	1	1	605	2				5	623	97
	S8: コテングコウモリ				4			3	3635				42	3684	99
	S9: キクガシラコウモリ									1014			12	1026	99
	S10: コキクガシラコウモリ										440		12	452	97
	S11: ニホンウサギコウモリ											1423	13	1436	99
	S12: ノイズ (追加含む)	9	5	43	10	11	5	5	33	11	13	12	19083	19240	99

2. 3 未知のモニタリングデータに対する種の推定

2.2 節で構築した種判別アルゴリズムに、異なる森林施業（自然林対照区, 2 代目帯状伐採試験地 (40 m) , 2 代目帯状伐採試験地 (20m) , 間伐試験地, 広葉樹保残試験地 各 2 カ所) で管理された森林内での定点モニタリングデータを入力し、種および出現傾向、活動量 (コール数/晩) を推定した。その後、専門家の意見をもとに結果の妥当性を評価した。なお、モニタリングは 2014 年 6 月~10 月の間で合計 48 晩、日没 15 分前~日の出 15 分後にかけて行なわれ、計 18,267 の音声ファイルを得た⁵⁾。

3. 結果および考察

3. 1 種判別精度の検証

Test data に対する混合行列を表 1 に示す。全てのクラスで F-value (精度の再現率の調和平均) は 97 % を上回り、ノイズを除く 11 クラスで Overall accuracy は 98.3 % (S.D. 0.9) となった。入力として用いた spectrogram は、同種でも構造が異なるもの、コールの一部もしくは複数のコールが混在したものも多く含んでいた。加えて、対象が 12 クラスと多いことなどを考慮すると、先行研究と比較しても高精度かつ、コール特性の変化やノイズに対しても頑健に判別が行えたと言える。

3. 2 環境モニタリングへの適用可能性の検討

自然林対照区ではキクガシラコウモリ属 (S9, S10) , 2 代目帯状伐採試験地ではヒナコウモリ (S6) の活動量が多い傾向にあった。前者は森林内、後者は林縁部や比較的開けた空間を好む事が知られており、各種の行動特性に基づく結果が得られた。間伐試験地では最も活動量が低くなったことから、森林施業の方法がコウモリ類の活動量および多様性に影響を与える可能性が示唆された。またこれらの推定は専門家の判断とも概ね一致し、本手法の有効性を裏付ける結果となった。

4. まとめおよび今後の課題

本研究は、CNN を用いた echolocation call の spectrogram 画像に基づいたコウモリ類の種判別は、従来の手法よりも高い判別性能が得られることを示した。しかし、未学習の音声に対する精度は保障されないため、環境モニタリングに適用する際は対象地のノイズ特性やコウモリ相をあらかじめ把握 (学習) したうえで結果の妥当性を評価する必要がある。

参考文献

- 1) 増田圭祐, 松井孝典, 福井大, 福井健一, 町村尚 : 機械学習法を用いたエコーロケーションコールによるコウモリの種判別, 哺乳類科学, Vol .56, No.1, pp. 1-15, 2017.
- 2) 赤谷プロジェクト地域協議会, 林野庁関東森林管理局, 日本自然保護協会 : “AKAYA Project 生物多様性復元をめざす協働プロジェクト” . <http://www.nacsj.or.jp/akaya/>.
- 3) Y. Lecun, B. Boser, J. S. Denker, D. Henderson, R. E. Howard, W. Hubbard and L. D. Jackel: Back-propagation applied to handwritten zip code recognition, Neural Computation, 1, pp. 541-551, 1989.
- 4) K. He, X. Zhang, S. Ren, J. Sun : Deep Residual Learning for Image Recognition, In CVPR, pp.770-778. 2016.
- 5) 福井大 : 自然林復元試験地 (241 林班小班) のコウモリ類の活動状況と多様性 (2014 年度), 2014.