

# G4 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

Discrimination of bat species by echolocation call using machine learning approaches

地球循環共生工学領域

08E13703 増田圭祐 (Keisuke MASUDA)

**Abstract:** Ultrasound call of bats, "echolocation call", has a large variety depending on the species' characteristics, activities and surrounding environment, therefore it is difficult to identify the species by using conventional linear classification model of echolocation call records. In this study, I combined Random Forest and Support Vector Machine which are non-linear machine learning classification algorithms, and classified 11 species of bats by the feature set of echolocation calls. The classifier developed in this study could identify the bats species by the accuracy of 96.4 %.

**Keywords:** bats, echolocation calls, species discrimination, random forest, support vector machine

## 1. はじめに

コウモリは種の多様性とともにより多様な生態学的地位を有し、生態系の中においても重要な役割を担っている一方、環境の変化には敏感であるという特徴を持つことから、環境モニタリングの指標生物として非常に有効であるとして近年注目を集めている。モニタリングの際には、飛行時に発する超音波であるエコーロケーションコールを解析することで種の推定をする試みが進められているが、コウモリのエコーロケーションコールは種や行動、周囲の環境などによって周波数特性や振幅特性が異なるため、従来の線型的な分類方法では属の識別は可能でも種の高精度な識別は困難であった<sup>1)</sup>。そこで本研究では、機械学習を用いて高精度で種判別が可能な識別器を構築することを目的とする。

## 2. 分析方法

### 2. 1 エコーロケーションコールのデータベースの構築

識別器構築用の音声データについては、コウモリの会が「三国山地/赤谷川・生物多様性復元計画<sup>2)</sup>」の一環として2008~2012年の間に実施したコウモリ類の音声モニタリング調査で得たデータベースから音源の提供を受けた。504の音源から6,347のエコーロケーションコールを抽出し、表1に示す11種類のコウモリの種名と、それに対応したエコーロケーションコールのデータベースを構築した。

### 2. 2 特徴量の抽出

エコーロケーションコールからの特徴量の抽出には、コウモリの音声解析ソフトウェアであるSonoBat 3.1.6 p<sup>3)</sup>を用いて、各エコーロケーションコールの開始・終了時の周波数やピーク音圧時の周波数をはじめとする75種類の特徴量を抽出した。

### 2. 3 識別器の構築

識別器には、まず属の判別にランダムフォレスト (RF: random forest) を、次に種の判別にサポートベクターマシン (SVM: support vector machine) を用いた。RFにて作成する決定木の数は500、決定木一本に用いる特徴量の数は9とした。SVMはラジアル基底関数カーネルのソフトマージン型を選択し、k-交差検定の分割数は12とした。各種法においてコウモリ種別にコール数の90%をトレーニングデータ、10%をテストデータとして識別率を算出した。

### 2. 4 フィールドでの識別器の適用による妥当性の評価

構築した識別器の評価を行うために、大阪大学吹田キャンパスにてコウモリの音声モニタリングを実施し、2.3で最適化した識別器により種の識別を行った。この結果をコウモリの活動状況を示すマップとして作成するとともに、コウモリを研究対象とする専門家による識別の妥当性の評価を得た。

表 1 RF および SVM による各種コウモリの識別率

Scientific name (Japanese name)	Samples (test data)	Accuracy (%)	
		genus	species
<i>Pipistellus abramus</i> (アブラコウモリ)	600 ( 60)	91.7	91.7
<i>Miniopterus fuliginosus</i> (ユビナガコウモリ)	242 ( 25)	92.0	92.0
<i>Myotis ikonikovi</i> (ヒメホオヒゲコウモリ)	342 ( 35)	99.4	85.7
<i>Myotis frater</i> (カグヤコウモリ)	224 ( 23)		82.6
<i>Myotis macrodactylus</i> (モモジロコウモリ)	4036 (404)	92.7	99.8
<i>Murina hilgendorfi</i> (テングコウモリ)	69 ( 7)		57.1
<i>Murina ussuriensis</i> (コテングコウモリ)	331 ( 34)	100.0	94.1
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i> (キクガシラコウモリ)	128 ( 13)		100.0
<i>Rhinolophus cornutus</i> (コキクガシラコウモリ)	29 ( 3)	100.0	100.0
<i>Vespertilio murinus</i> (ヒナコウモリ)	39 ( 4)		100.0
<i>Plecotus sacrimontis</i> (ウサギコウモリ)	308 ( 31)	96.8	96.8
All genus / species	6347(639)	97.8	96.4



図 1 音声モニタリングによる種別観測点 (Google Earth 上に表示)

### 3. 結果および考察

#### 3. 1 識別器の性能評価

RF および SVM によりトレーニングデータの特徴量を学習させた結果、RF におけるアウトオブバグによるエラー率は 2.6 % であった。また、SVM における k-交差検定では識別率が属の平均で 95.0 % 以上の精度を得た。なお、識別率とは入力したテストデータのうち正確に識別できたコールの割合を示す。この識別器でテストデータを評価した結果を表 1 に示す。全属および全種類の識別率は、それぞれ 97.8 %、96.4 % であった。テングコウモリを除く 10 種においては 80 % 以上の精度で識別できた。識別率が低い種は、コールのサンプル数が少ない傾向にあることから、トレーニングデータの数が少ないため機械学習が十分にできていない可能性が考えられる。

#### 3. 2 フィールドでの適用結果の妥当性評価

キャンパスで行った音声モニタリングの結果をマップに出力した例を図 1 に示す。モニタリングルートおよびエコーロケーションコールの観測地点、さらに推定される種を色別にプロットした。102 のコールが観測され、67.6 % がアブラコウモリと識別された。次いでユビナガコウモリが 24.5 %、キクガシラコウモリが 7.8 % 検出された。アブラコウモリは人里を拠点に生息するため、高い割合で検出されたことは妥当であると評価できる。ユビナガコウモリもキャンパス付近でコロニーが確認された報告<sup>4)</sup>があることから、採餌活動のために飛来してきている可能性があり、妥当な識別であると評価できる。しかしキクガシラコウモリは、分布や生息環境などの生態学的な特徴を考えるとこの付近で観測されることが考えにくく、誤識別の可能性が高い。

### 4. 今後の課題

フィールドでのモニタリングに適用する場合は、コウモリのエコーロケーションコールは別の地域や性差、行動の違いなどそれぞれの条件で多様に変化するため、条件が変化した場合でも頑健に識別可能かの汎用性を評価する必要がある。

#### 参考文献

- 1) Aarón Henríquez, Jesús B. Alonso, Carlos M. Travieso, Bernal Rodríguez-Herrera, Federico Bolaños, Priscilla Alpízar, Karmele López-de-Ipina, Patricia Henríquez : An automatic acoustic bat identification system based on the audible spectrum, *Expert Systems with Applications*, pp.5451-5465, 2014.
- 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/>. (参照 2014.12.11).
- 3) J. Szewczak : “SonoBat”. <http://www.sonobat.com/>. (参照 2014.12.23).
- 4) OBSG 「大阪のコウモリを調べる会」 : 大阪のコウモリ. *Word Animals & Nature report*, なきごえ, vol.38-10, 2003.10.