

# 野生動物装着型センサの位置推定手法のための周辺環境音の クラスタリングに関する研究

Location Estimation for Animal Wearable Sensors by using Peripheral Environmental  
Sound Classification

学籍番号 47-156736  
氏名 合間 優陽 (Kamma, Yuya)  
指導教員 瀬崎 薫 教授

## 1. 研究背景

センサネットワーク技術の発展により、情報通信端末を用いた環境調査が近年盛んに行われている。この手法を用いた環境調査は都市部などの安定したインフラが存在する場所により行われることが多いが、森林や山間部などの環境において行うことが難しい。また、日本の国土の約 70%は森林であり多くは通信圏外となる。これは、モバイルセンシングを行うことを困難にすることのみならず、不測の事態が発生した場合にリスクが伴う。また、調査を行う場所が原生林のような環境であれば人間が立ち入ることにより、環境を破壊すると言える。さらに、調査現場が人間にとって危害を及ぼす場所であるかもしれない。

一例として、福島大学の高橋らは 2011 年 3 月に発生した福島第一原子力発電所事故による環境汚染調査を行うために野生のニホンザルを用いたセンシング手法を考案した。しかし、サルが生息地は限られるため、観測の範囲が限られてしまう問題が生じた。これらの問題を解決しようと、中川らは動物間マルチホップ転送システムを提案した[1]。これは、デバイスを搭載した動物同士がすれ違った際に近距離無線通信

を用いることにより自身が所持している情報を他のノードへ伝達していき最終的には基地局にまでデータを搬送するものである。この手法は野生動物を用いることにより立ち入りが制限されたような区域においてもセンシングが行える手法として挙げられる。しかし、この手法は野生動物の位置情報を記録できない問題点がある。これは、電池消費量を減らす目的や山間部においては衛星測位が難しいことからデバイスに GPS センサを搭載していないからである。そこで、我々はインフラが制限されたような区域においても用いることが可能な航空音を利用した位置測位手法を考案した。この手法は実際に手動計算で野生動物の位置を誤差 900m 程度で位置同定を実現している（未発表）。しかし、最終的には自動で位置同定を行えるようにする必要がある。具体的には、位置同定を行う際に航空音を用いているがその判定は調査員が手動でラベル付することにより行っている。この部分を自動化することで動物間マルチホップ通信が完成すると考えられる。

この位置同定を行うまでに必要となる周辺環境音と航空音を自動で分類することが本研究の大枠となる。

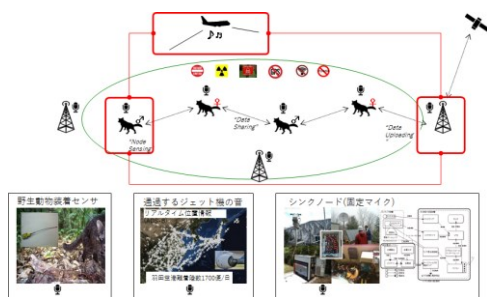


図1 位置同定システムの概念図  
(中川ら[1]を基に作成)

## 2. 関連研究

高木らはスマートフォンのマイクにより録音した電気・ハイブリッド自動車の音源分類に成功している[2]. この際、双方の自動車の走行音から発せられる特徴的な高周波帯の音に着目し、それを特徴量としている. また、分類は分割した音源に対してラベル付けをし、その後、分類器にかけることで実現している.

山田らは人間が水を飲む際に発せられる嚙下音を MFCC と呼ばれる特徴量を用いることにより、どれほどの水分量を摂取したかどうかの推定を試みている[3]. MFCC は従来、話者識別において有効とされてきた特徴量であるが、近年、環境音に対しても有効な特徴量であると報告が多数されている. この研究もその一つであり、実際に高い水分摂取量の推定に成功している.

## 3. 提案システム

小型マイクなどのデバイスを搭載した野生動物の位置同定システムの概念図を図1に示す. 用いるリソースは上空を飛行する航空音、野生動物に搭載されたデバイスのマイクにより録音された環境音、そして固定マイクで録音された環境音の三点である. 前提条件として、5km ほどの間隔で置かれた外部との通信環境が整えられた固定マイ

クを3台設置しているものとする. これらの固定マイクは周囲の環境音を記録する. また、その範囲において先述したセンサやデバイスが搭載された野生動物が行動しているものとする. そして、そのデバイスに搭載されているマイクにより環境音を録音する. さらに、航空機の位置情報は Flightradar24 という web サービスを通して取得する. この条件で環境音を記録すると、航空機が観測地帯において上空を通過し、そのジェット音が記録された際に、音速の到達時刻の観点から各マイクを通して録音された音源の記録時刻にズレが生じることが考えられる. このズレの開始時刻と三点測位を利用することにより、最終的には野生動物の位置を同定する.

上述したように、このプロセスを最終的には全自動で行う必要がある. それを実現するためには、録音された音源内で航空音を自動的に検知できる必要がある. 我々は、この課題に対して関連研究でも取り上げた機械学習、特に本研究では SVM および音声認識で MFCC を用いることにより航空音の自動分類を試みる実験および評価を行った.

## 4. 提案システムの評価実験

航空音を自動分類するにあたり、我々は航空機のジェット音に特徴的なスペクトラムが存在しないかを検証することにした. 検証するにあたり、千葉県の船田池、東京大学秩父演習林の栃本と矢竹と呼ばれる3箇所の環境音を用いた. 船田池の音源は mp3 形式、秩父演習林の音源は wav 形式である. wav 音源を解析してみたところ、航空音は 500Hz 周辺、野鳥音は 2kHz 帯以降

**表 1** 単純処理での ROC 曲線における AUC 値  
(航空機と全体平均のみ抜粋)

		船田	栃本	矢竹
Linear	航空機	0.81	0.91	0.99
	全体平均	0.59	0.93	0.93
Poly.	航空機	0.50	0.30	0.92
	全体平均	0.51	0.75	0.87
RBF	航空機	0.81	0.97	0.99
	全体平均	0.71	0.94	0.92

**表 2** MFCC 処理での ROC 曲線における AUC 値  
(航空機と全体平均のみ抜粋)

		船田	栃本	矢竹
Linear	航空機	0.87	0.98	0.82
	全体平均	0.92	1.00	0.94
Poly.	航空機	0.86	0.94	0.94
	全体平均	0.89	0.97	0.96
RBF	航空機	0.91	0.99	0.94
	全体平均	0.94	1.00	0.97

**表 3** サンプル数 300 における双方処理の AUC 値

		航空	野鳥	環境	平均
Linear	単純	0.99	0.78	0.49	0.76
	MFCC	1.00	0.92	0.94	0.96
Poly.	単純	0.98	0.69	0.67	0.79
	MFCC	0.99	0.99	0.96	0.98
RBF	単純	0.99	0.75	0.77	0.84
	MFCC	1.00	0.90	0.94	0.95

に特徴的なスペクトラムが伺えた。しかし、高周波帯において航空音や野鳥音に特徴的なスペクトラムは見受けられなかった。

今回、収録した音源を分類するにあたり航空音と野鳥音に加え、バイク音、環境音（何も音が発生していない状態）の計 4 つの音源を分類クラスとして用いることにした。また、矢竹では乗り入れが禁じられて

いたことからバイク音を除いた 3 クラスでの分類を行った。それぞれの音源は手動で分割し、1 クラスあたり 100 個と計 300 または 400 個のデータを用意した。その際に、音源の真値に関しては人の耳で判別しラベル付けをした。なお、一音源のサンプル数は 32768 (約 0.683 秒) とした。これら 1 クラスあたり 100 個のデータを、教師データ 75, 予測データ 25 とランダムに分割し SVM では 3 種類のカーネル (Linear, Polynomial, RBF) を用い分類を行った。また、分類の際に教師データに音声処理を施さず分類器にかけることを単純処理、認識率向上を図り MFCC にかける分類を行う手法を MFCC 処理と定義する。

分類の結果、今回は分類性能が最大で 95.0% という結果を得られた。また、単純処理と比較して MFCC 処理の分類精度が向上していることが判明した。さらに、分類器自体の評価を行うことが可能な ROC 曲線の AUC の値を用いることで分類器自体の評価を行うことにした。AUC 値とは分類器の評価指標であり、0 から 1 の値を取り 1 に近いほど性能が高いことを示す。結果を表 1 および表 2 に示す。この結果から見て分かるように、単純処理では、船田での音源に対して全体平均の値が最大でも 0.71 の AUC 値であったものが、MFCC 処理を通すことにより、同地帯において最大 0.94 と AUC の値が向上した。

## 5. 提案システムの改善

今回扱った教師データとなる航空音には、野鳥音が多く混在していることより、我々は野鳥音を分離することによりさらなる精度向上が期待できるのではないかと仮説を

たてた。そこで、航空音の特徴が出やすい500Hz帯より上の帯域をカットするローパスフィルタを設計することにより、野鳥音の分離を行った。また、サンプル数の少なさも懸念されたことから、三箇所音源を混在させた最大300個のデータを教師・予測データとして用いることにより分類を行った。表3は矢竹の音源を用いた結果となる。この結果から、やはりMFCCの結果が良好であり、野鳥音の分離は航空音の精度向上に有効な手法であると言える。

## 6. 考察

航空音と他の3クラスにおける分類を実験では行ったが、その分類を行う際に用いるカーネル次第では結果が大きく左右することも判明した。特に、ローパスフィルタをかけたMFCC処理でRBFカーネルを用いた結果は野鳥音の分類においてAUC値が低いことが判明した。また、サンプル数が百単位と少ない現段階では線形カーネルによる分類が円滑に行われているだけで、この数が増加した場合には非線形カーネルの有効性が高くなる可能性も考えられる。

この点に関しては、今後検証してゆく必要性がある。

## 7. 結論

本研究では、インフラが制限されたような地帯においても定期的に利用することができると考えられる航空音を用いることにより、動物間マルチホップ通信用のデバイスを搭載した野生動物の位置を同定する手法を提案した。また、その手法を実現するにあたり必要と考えられる、環境音から航空音を分類する手法の提案および実験から評価までを行った。また、その手法におけ

る懸念事項を解消した改善案を用い再度検証を行った。その結果、今回用いたサンプル数程度であればSVMとMFCCを用いた航空音分類が可能であることが判明した。

動物間マルチホップ転送システムは従来の手法では調査を行うにあたり人が行うとなれば手続きなどで多大なる手間がかかることや、長期間の滞在が難しいと言われる場所においてもセンシングを行うことを可能とする技術である。そのような技術の一端として本研究が貢献できる可能性があると言えよう。今後、実用化され、このセンシングにより得られた結果が社会に還元をもたらすことを期待する。

## 参考文献

- [1] K. Nakagawa, H. Kobayashi, K. Sezaki, "Carrier pigeon-like sensing system: animal-computer interface design for opportunistic data exchange interaction for a wildlife monitoring application.," Proceedings of the 5th Augmented Human International Conference, pp. 12. ACM, Kobe, Japan, (2014).
- [2] M. Takagi, K. Fujimoto, Y. Kawahara, T. Asami, "Detecting Hybrid and Electric Vehicles Using a Smartphone," Ubicomp, 2014.
- [3] 山田 侑太郎, 西村 雅史, 峰野 博史, "個人差のない特徴量を用いた水分摂取量推定手法の検討," 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2016)シンポジウム, pp.1814-1820, 2016.7.

## 発表文献

- Y. Kamma, K. Sezaki, H. Kobayashi, "Spatio-Temporal Information Correction Mechanism for Wild Animal Wearable Sensors", 1st Asian Students Symposium on Emerging Technologies (ASSET 2016), Singapore, June 2016.
- 合間 優陽, 大西 鮎美, 中村 和彦, 瀬崎 薫, 小林 博樹, "野生動物装着センサ用の空間情報補正機構の基礎的検討", マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2016)シンポジウム, 3E-3, 2016年7月
- 合間優陽, 瀬崎薫, 小林博樹, "立ち入りが制限された地域における航空音自動認識を用いた位置推定手法の提案", 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 知的環境とセンサネットワーク, B-18-32, 2016年9月