

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

合間優陽¹ 大西鮎美 中村和彦 瀬崎薫² 小林博樹

概要：本論文では、野生動物におけるウェアラブルセンサ用の空間情報補正機構を提案する。森林地域において、携帯通信を行うことやGPSセンサで位置情報を取得することは多くの場合、困難である。なぜなら、森林の地表付近における状況下においてリソースを提供することは費用がかかり、かつ、ユーザの数が限られている地域である傾向があるからである。そこで本研究では、位置情報の取得および補正を行ううえで、GPSセンサや移動通信に依存しない手法を提案する。

Fundamental research of the spatial information correction mechanism for wild animals mounted sensor

YUYA KAMMA¹ AYUMI OONISHI KAZUHIKO NAKAMURA
KAORU SEZAKI² HIROKI KOBAYASHI

1. 研究背景

近年モバイルセンシングが盛んに行われているが、その際に使われる技術はGPSが多数であろう。しかし、山間部や森林ではGPSセンサを用いた位置情報取得を行うことが難しい。これは、GPSにおける特性上起こりうる問題でありその問題を解決するために今日、数多くの研究が行われている。また、観光地などを除いた山間部においては、移動通信における基地局の数が望めない。これより、GPSの仕様が難しく、かつ、モバイルデータ通信の仕様が不可能な状況下であったとしても位置情報を取得できるような技術が必要であると言えよう。我々は、様々な手法を検討したが、本研究では山間部における野生動物に着目し、その動物に対しセンサを装着させることで、実現を試みる。

2. 研究内容

動物にとりつけるセンサには装着可能重量の制限がある[1]。特に、生物に装着可能なシステム総重量は体重の2%程度と定められている。この条件に鑑みると搭載システムの制限が大きいことが言える。さらに、大規模・長期間のセンシングを想定した場合は間欠運用、つまり、持続的になにかしらの給電を行う技術が必要不可欠となる。また、森林環境の地表付近では衛星から測位信号・電波時計信号も入りにくい事が判明している。このことから、野生動物装着型センサから得られた記録のみに着目した場合、正確

な時刻・位置情報を取得、推定することに対して期待できない。つまり、バッテリーのさらなる長寿命化や時刻・位置情報の欠損時の補正手法が必要不可欠となる。

そこで、当研究ではセンサおよび移動通信に依存せず、時刻および位置情報の取得を補正する手法を提案する。

3. 関連研究

Bertrandら[2]は、機械学習を用いた航空機の検出を計画建てている。機械学習を用い、航空機を識別する手法は本研究との親和性が高いように思われる。しかし、空港周辺を観測対象としていることや、フライトレーダを用いることにより航空機を同定している観点から、本研究とのユースケースが異なると言えよう。さらに、騒音対策を目的としている点が本研究とは根本的に異なる。

重田ら[3]は閑静な住宅街より取得した位置情報の誤差修正手法を提案、評価している。この研究に関しては、騒音が少ないと言った条件は本研究とマッチしている。しかし、取得しているデータがGPSという点で本研究とは異なる。本研究で取得する位置情報データは飛行機、二地点のシンクノード、野生動物に搭載されたマイクといった四箇所でのデータである。

4. 提案手法

本研究では環境音を用いて動物装着型センサでシンクノード（定点マイク、次ページ図1）上と同等の時刻・位置

1 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 社会文化環境学専攻

2 東京大学空間情報科学研究センター

情報取得を行う補正手法を提案する。



図1 ユビキタス型のリアルタイム環境音配信システム (シンクノード)

この手法を実現するために、航空機搭載型レーザスキャナーで対象地域の地形情報を取得および、シンクノードを設置し、環境音情報のリアルタイム取得を行う。その際に、垂直方向音源（例えば、旅客機のエンジン音）と水平方向音源（例えば、防災無線スピーカーからの時報）の検出時刻を記録する。

これにより、得られた地形情報と検出時刻および航空機位置情報から、対象地域全域における各音源の到達時刻推定を行う。以下に、具体的な手法を述べる。

1. 航空機搭載のレーザスキャナーにより対象地域の地形情報を取得する
2. シンクノードを設置し、環境音情報のリアルタイム取得を行う
3. 垂直および水平方向音源の検出時刻を記録する
4. 得られた地形情報および、検出時刻と航空機位置情報（図2）より、対象地域全域の音源到達時刻の推定を行う
5. 野生動物に装着されたセンサ（マイク）で得られた垂直/水平方向音源、および4により得られた推定到達時刻から、補正版の時刻・位置情報を計算する



図2 航空機のリアルタイム位置情報 (flightrader24)

これらの流れをまとめると、野生動物装着型センサ（マ

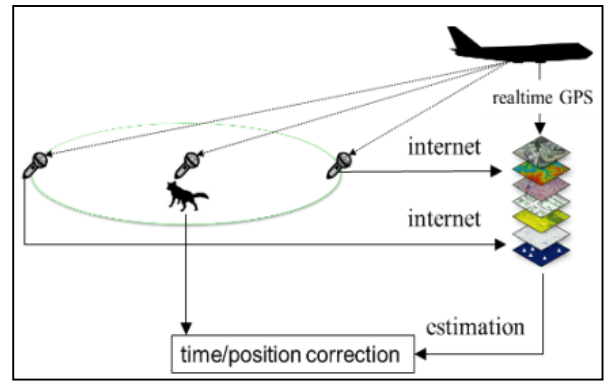


図3 提案手法

イク）で得られた垂直方向音源と水平方向音源記録，そして得られた到達時刻推定から，時刻・位置情報欠損時の時刻・位置情報を計算する（図3）

時刻情報の補正，および，位置情報の推定は以下のデータを用いる。

- 航空機の位置
- 二地点におけるシンクノードの位置，環境音源
- 野生動物に搭載されたマイクで得られた音源

航空機の位置に関しては，上記で述べた航空機リアルタイム位置情報のデータを用いることにより取得が可能である。また，シンクノードは定点である。野生動物の音源の取得には，中川ら[4]により動物間のマルチホップ通信を用いることで実現することが可能である。

時刻情報は，垂直水平方向音源の検出時刻のズレを以って補正する。位置情報の推定に関しては，三角測量を用いることにより行う。三角測量について簡単に解説すると，次ページにおける図4においてLの長さは， $\frac{d}{\tan \alpha} + \frac{d}{\tan \beta}$ である。この状態においてdは航空機の高度でありリアルタイムに取得することができる。また，角βに関してはdおよびシンクノードから飛行機までの水平方向における距離が判明することで値を得ることができる。また，未知である野生動物の位置は，シンクノードとの音源の検出時刻のズレより擬似的に距離Lを判別することで得ることができる。

つまり，野生動物の位置情報を推定することが可能である。実際には，シンクノードはもう一地点設置されているのでより精度が向上すると考えられる。

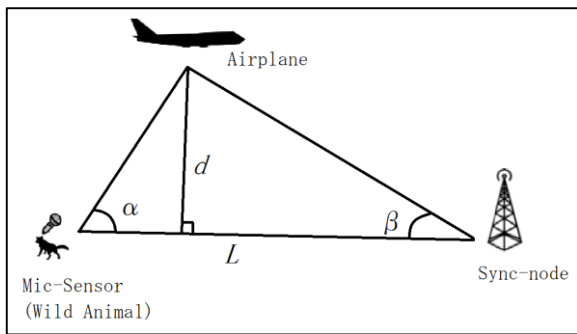


図4 推定手法

5. 課題

現在すでに、シンクノードの設置は完了しており、インターネットを介することにより、リアルタイム音源を取得することが可能である。しかし、その際に垂直方向音源である旅客機のエンジン音が鳴り響いているかどうかを取得することが難しい。そこで、シンクノードから取得した、リアルタイムに音源を単位時間あたりにパースし音声認識手法を使用することで通過、非通過を判別することを考える。その際には、音源を高速フーリエ変換することを始め、メル周波数ケプストラム係数 (Mel-Frequency Cepstrum Coefficients: MFCC) などを利用した音声認識を用いる予定である。一般的に MFCC は環境音などの認識には使用する手法ではないが、井上ら[5]は環境音などに対してもある程度の効果があることを実証している。

また、現段階でリアルタイム環境音を聞いてみると、鳥獣などの雑音が目立つことが挙げられる。この点に関し、飛行音の検出において軽視できない問題であると認識している。この雑音に関しては、ガウシアンフィルタを用いることで改善される手法[6]から、さらにそれとバイラテラルフィルタを組み合わせた手法が効率的であるといった報告[7]がありこのような手法を用いることにより、効率的なフィルタリングを目指すとする。

さらに、航空機における実際のフライトが予定通りに行われず、リアルタイム配信データと実環境において齟齬が生じた際の対応を考えることが大きな課題として挙げられよう。

6. 将来展望

実際にこのシステムの実装を試みる。特に、5節で述べた課題を解決することが望ましい。また、地理空間で高度な情報センシングを行うための技術体系の一角としての実用化を目指す。具体的には、野生動物装着型センサを用いた空間センシング[8]や同センサとの非接触給電機構[9]と組み合わせることにより、電源・情報インフラが利用できない地理空間で高度な情報センシングを行う技術体系の創出を目指す。

この技術が体系的になることにより、将来的には、移動

通信や GPS の使えないような場所においてもモバイルセンシングを行うことへの手法として期待する。

参考文献

- [1] Kobayashi Hiroki, Hiyama Atsushi, Kobayashi Shun, Izawa Masako, Matsushima Jun, Hirose Michitaka: "Wild Theremin: Wildlife Monitoring through Remote Microphone and Capacitance Sensors", The Transaction of Human Interface Society 12 (1), 15-22, 2010-02.
- [2] Barbo Bertrand, Rosin Christophe and Machet Jean-Marie, "A pattern recognition approach for aircraft noise detection", Internoise 2009.
- [3] Kohei Shigeta, Shunsuke Aoki, Guangwen Liu, Masayuki Iwai, Sezaki Kaoru: "A Detection/Correction Mechanism of Missing Measuring Points for User Participatory Sensing on Mobile Phones", DICO 2013.
- [4] Ko Makiyama, Keijiro Nakagawa, Maki Katayama, Miho Nagasawa, Kaoru Sezaki, Hill Hiroki Kobayashi, Synchronization of peripheral vision and wearable sensors for animal-to-animal interaction, In Proceedings of the 16th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI 2015), Los Angeles, August 2-7, 2015.
- [5] Nakamasa Inoue, Tatsuhiko Saito, Koichi Shinoda, Sadaoki Furui, "High-level Feature Extraction from Video Using SIFT GMMs and Acoustic Features", IEICE Technical Report (PRMU2 009-106), pp.97-102, 2009-11
- [6] Mario Lasseck, "Bird Song Classification in Field Recordings: Winning Solution for NIPS4B 2013 Competition", NIPS4B 2013 Competition, 2013
- [7] Yamada Keishiro, Tetsuya Takiguchi, Yasuo Araki, "Feature Extraction with Bilateral Filter for Real Environment Speech Recognition", Technical Report of IEICE, 2010.
- [8] Shinichi Watanabe, Hiroki Kobayashi, "Sound recording of vocal activity of animals inhabiting subtropical forest on Iriomote Island in the southern Ryukyus, Japan", Advances in Bioacoustics II, a special issue by the Slovenian Academy of Sciences and Arts in Razprave IV. razreda SAZU, vol 47-3, pp.213-228, 2006.
- [9] 牧山 紘, 瀬崎 薫, 小林 博樹, "効率的な動物間通信のための行動検知", DICO 2015.