

ドローンを用いたツシマヤマネコ位置測定システムの実証実験*

兼田 一幸** 前田 貴信** 槇田 諭**

An experiment of a position measurement system using a drone for Tsushima leopard cat

Kazuyuki KANEDA Takanobu MAEDA Satoshi MAKITA

Abstract : A position measurement system using a drone for a Tsushima leopard cat is proposed. A small oscillator is attached to the neck of a Tsushima leopard cat to indicate the position of the Tsushima leopard cat. To receive the amplitude of the radio wave from the oscillator, a small radio receiver, which supports with the software-defined radio, is attached on the drone. The small receiver, a global positioning system (GPS) sensor, micro-computers, and a data transmission module are put to the drone. The information of the amplitude of the received signal and the position of the GPS sensor are transmitted to the receiver side. From these data, the position of the Tsushima leopard cat is estimated. A demonstration experiment for the proposed measurement system is performed in Tsushima island to test the operation of the system. Practical problems of the measurement system are also discussed.

Keywords : Position measurement system, Drone, GPS sensor, Tsushima leopard cat, software-defined radio

1. はじめに

ツシマヤマネコは長崎県の対馬のみに生息している国内希少野生生物であり、天然記念物に指定されている。対馬では、このツシマヤマネコは太古の昔から人間と共生しており、野生動物が生息する山腹や水辺ばかりでなく、田畑の周りも主な活動エリアとしていた。しかしながら、近年の森林の伐採や植林、耕作地の放棄や道路の開発により生息環境が悪化しており、このため生存個体数が次第に減ってきており、現在、環境省の絶滅の恐れが高い絶滅危惧種ⅠA類に指定されている^[1]。

このツシマヤマネコの生息環境を保全するためには、この野生の猫の生息範囲とその行動を把握して保全対策を行うことが重要である。このツシマヤマネコの生息範囲を把握するために、従来、発信器を用いたテレメトリ調査が行われてきた^[2]。図1はそのテレメトリ調査の測定の様子を示している。このテレメトリ調査では、ツシマヤマネコの首にビーコン発信器を取り付け、その発信器の信号を携帯型の受信機で音に変換し、その音が大きくなる方向を指向性の強い八木アンテナを用いて検出し、これを複数の地点で行い、得られた発信器の方向を3点測位法を用いることで、ツシマヤマネコの位置を推定している。

しかしながら、この方法は測定地点から見通し範囲内にツシマヤマネコがいれば位置測定が可能であるが、山陰に移動した場合は山を越えてツシマヤマネコを探索する必要があるため、道路のない山中では追跡者の負担が大きく、ツシマヤマネコの位置の捕捉が難しいという問題がある。この問題に対処するために、送信機に Global Positioning System (GPS) センサを結合させた GPS テレメトリの利用が検討されている^[3]。しかしながら、現在、GPS に対応しているテレメトリのための最小の発信器^[4]は従来の発信器^[5]の重さ 17g の 10 倍程度の重さ 180g あり、ツシマヤマネコへのストレスが大きいという問題がある。また、特定小電力用の発信器を使うため、データを取得する

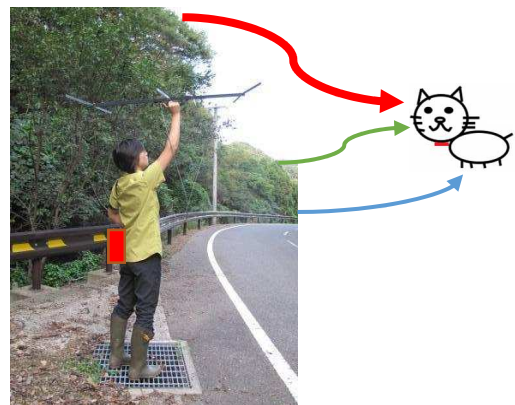


図1 ツシマヤマネコのテレメトリ調査

* 原稿受付 平成 30 年 10 月 31 日

** 佐世保工業高等専門学校 電子制御工学科

には山中で対象個体に接近する必要がある。更に、ツシマヤマネコが GPS 信号を捕捉できる場所にどの程度滞在しているかも不明である。そこで、本研究では、これらのテレメトリ調査の問題点を解決するために、ドローンを用いたツシマヤマネコの位置測定システムを提案する。ドローンに GPS センサと小型の送受信装置を搭載し、そのドローンを移動させることにより、ツシマヤマネコの位置を推定する。

2. ドローンを用いたツシマヤマネコ位置測定システム

図2に提案する位置測定システムの全体構成を示す。ツシマヤマネコには現在利用している 150MHz 帯のテレメトリ用のビーコン発信器を取り付け、その発信器の信号をドローンに乗せた受信機で取得する。テレメトリ調査で従来用いられてきた受信機は、サイズが 110×58×34mm あり重さが 270 g であるため、入手しやすいドローンの搬送能力を考慮するとドローンへの搭載は難しい。そこで、本研究では、ソフトウェア無線に対応した USB ドングル型の小型受信機を用いる^[6]。この受信機は全体サイズが 85×24×12mm と小さく、重量も 73 g と軽く、ドローンへの搭載が容易である。また、ドローンには、飛行の位置情報を取得するために、重量が 11g の GPS センサを搭載する。近年、ドローンには GPS センサを搭載しているものが販売されている。しかしながら、これらのドローンはその GPS センサの情報を他の用途に開放していない。このため、本研究ではドローンの外部に GPS センサを接続する。さらに、取得した発信器の振幅信号とドローン自体の位置情報を受信者に

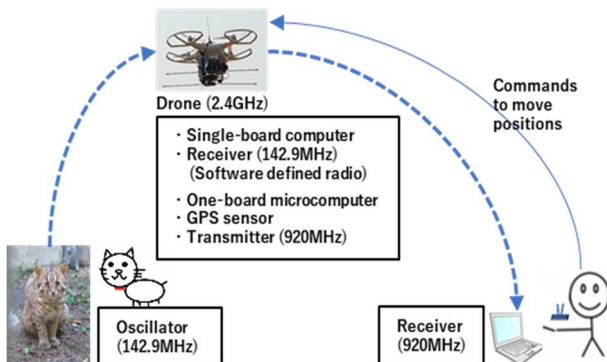


図2 ドローンを用いたツシマヤマネコ位置測定システム

リアルタイムに送信するため、送信モジュールもドローンに搭載する。この送信モジュールはインタープラン製の IM920 を用いる。その重量は 25g であり、見通し内であれば 7km 以上、アンテナ地上高を高くすると 15km 以上の通信が確保できる^[7]。この送信モジュールはプログラムを書き換えることにより、送信と受信を入れ替えることができるため、受信者側でもその送信モジュールを受信モジュールとして用いる。なお、このドローンは DJI Phantom3 を用いる。このドローンは周波数 2.4GHz の周波数の電波で位置制御を行うものであり、この周波数との干渉を防ぐため、送受信モジュールはこの周波数と異なる周波数の 920MHz を用いるものを選択する^[6]。この無線モジュールは技術基準適合証明を受けた小電力無線機である。

この位置測定システムは、ドローンを飛行させ、ドローンに設置した受信モジュールで受信電波強度を取得して、得られた電波強度の情報を受信側に送る。受信側からその電波強度の強い場所へドローンの飛行を指示し、その場所の周辺を探索することにより、ツシマヤマネコの位置を推定する。

3. 発信器の信号取得方法と GPS データの伝送方法

図3にアンテナと USB 受信機、GPS センサモジュール、小型計算機、送信モジュール及びバッテリーを搭載したドローンを示す。ドローンには飛行のためのバッテリーが搭載されているが、飛行時間の確保を考慮して、小型計算機とマイコン及び通信モジュールを動作させるため 125g のモバイルバッテリーをドローンに搭載する。

ツシマヤマネコからの発信信号を受信するために、

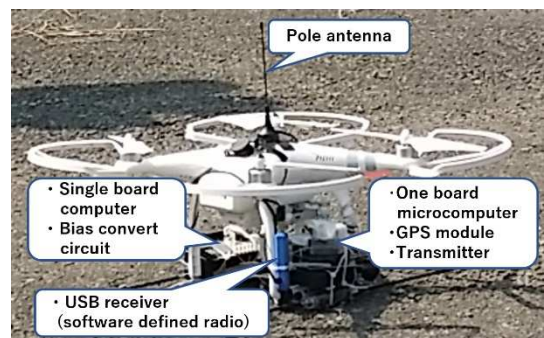


図3 アンテナ、USB 受信機、GPS モジュール、計算機、送信モジュールを搭載したドローン

無指向性のアンテナをドローンの上部に固定する。このアンテナより得られた信号を USB ドングル型のソフトウェア無線機に入力する。この無線受信器をシングルボード計算機に USB で接続し、ソフトウェア無線用のアプリケーションソフトウェアを用いて検波し、150MHz 帯の受信無線信号を音声帯域のアナログ信号に変換する。得られたアナログ信号はツシマヤマネコにつけた発信器と同じ 1.6 秒間隔で生じる正弦波信号となる。この正弦波信号の振幅の大きさがツシマヤマネコとドローンとの距離に対応する。この検波信号をそのシングルボードコンピュータの音声出力端子から取得し、ワンボードマイコン (Arduino Uno) のアナログ入力ポートに入力する。この際、この正弦波信号の平均電圧を取得しやすくするため、抵抗で分圧したバイアス信号をこの検波信号に加える。

このワンボードマイコンには位置情報を取得するため、GPS センサも接続する。ワンボードマイコンでは、この GPS センサより送られる NMEA0183 形式⁸⁾のデータ系列からプログラムを用いて緯度と経度の位置情報を取り出し、その位置情報をドローンに設置した送信無線モジュールを用いて受信者側に伝送する。受信側では、受信無線モジュールを介して、ドローンから得られたデータをパソコンに取り込む。パソコンではそのデータ信号の中から、受信電波の強度信号と GPS センサで得られた経度と緯度データを取得し、これらの信号を処理してツシマヤマネコの居場所を推定する。

このようなソフトウェア無線を用いて小動物の探索方法を行った研究が Santos ら⁹⁾によって既に提案されている。そこでは、本研究と同様に、ソフトウェア無線機をドローンに搭載し、このドローンを計画した飛行経路に沿って飛行させて、得られた計測データより小動物を探索する方法を提案している。この提案では、小型発信器を動物に取り付け、その発信器からの受信信号の電界強度をソフトウェア無線機で捉え、その際の受信電界の強度を飛行経路と共に、ドローンにセットした SD カードに記録している。そして、この記録データを飛行後に解析することにより、小動物の活動位置を推定している。

一方、本提案でも、Santos らの提案と同様に、ソフトウェア無線機をドローンに取り付け、そのソフトウェア無線機の受信信号の電界強度を用いてツシマ

ヤマネコとドローンの距離を推定している。但し、本提案システムでは受信信号の強度情報を送信するための送信機をドローン上に設置しており、得られた受信信号の強度情報と GPS の位置情報を合わせてリアルタイムで受信側に送信することを可能としている。このため、受信側から命令を出して無人機の飛行位置を任意に設定することが可能であり、定まった飛行位置を調査する Santos らの提案方法に対して⁹⁾、ツシマヤマネコの探索を柔軟にアクティブに行える利点がある。

4. 対馬におけるドローンを用いた実証実験

提案した位置測定システムを検証するため、離島対馬でデータ伝送の実証実験を行った。図4にその伝送実験の様子を示す。また、受信モジュールで得られたアナログ信号の平均値の変化を図5に示す。この図から、ドローンの移動に応じて、発信器からのアナログ信号の平均値の大きさが変化していることが分かる。但し、今回の実証実験ではツシマヤマネコが近くに



図4 対馬での位置測定実験の様子

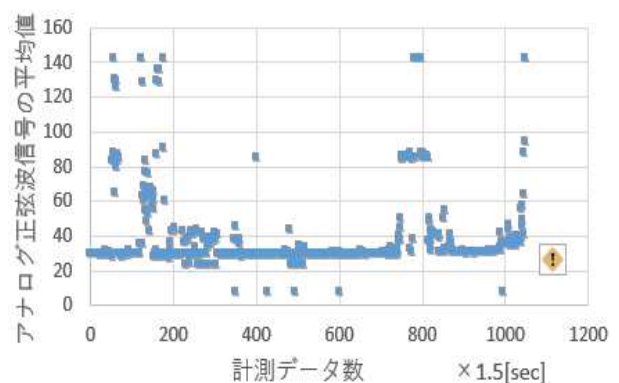


図5 ドローンで得た発信器の受信振幅変化



図6 GPSより取得した経度と緯度座標とそれに対応した地図データ (Google マップ参照)

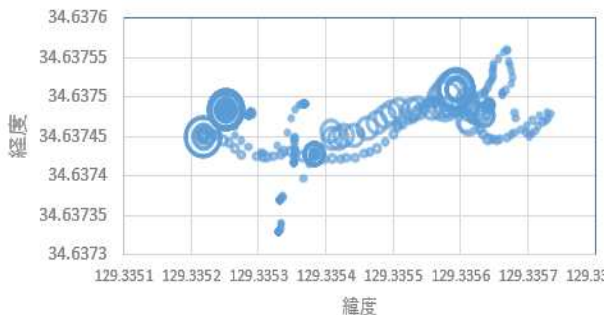


図7 位置座標における受信信号の平均値の大きさ (円の大きさがその地点の信号の大きさを示す)

なかったため、発信器を地上に固定して提案システムを動作させて計測実験を行った。図6はドローンに搭載したGPSセンサで取得した経度と緯度を地図上に表示したものを示す。更に、図7に、この得られた緯度と経度の座標と、その地点におけるアナログ信号の平均値の大きさの関係を示す。この図では円の大きさが受信信号のアナログ信号の平均値の大きさを示しており、取得位置座標の上に円を描いている。この図より、受信アナログ信号の振幅の平均値とGPSセンサで取得した経度と緯度の座標が同時に表示できていることが分かる。

5. まとめ

ドローンを用いてツシマヤマネコからの発信器信号を取得し、その信号を伝送してツシマヤマネコの位置を推定する位置測定システムを提案した。対馬で実証実験を行い本提案システムの有効性を確認した。

今後の課題として、山や谷などの伝送環境の変化に対する受信信号の振幅値と飛行位置関係の把握や、増幅回路の追加、ドローンの飛行動作を安定させるバランスを考慮した各装置の設置方法と軽量化の検討、ソ

フトウェア無線機からの信号をデジタル信号のまま取得するシステムの検討、及び、取得データのサーバへの保存方法の実現が挙げられる。

参考文献

- [1] 環境省, 九州地方環境事務所, 対馬野生生物保護センター, National endangered species tsushima leopard cat, <http://kyushu.env.go.jp/twcc/multi-lang/english/pamph.htm>.
- [2] ツシマヤマネコ保護増殖連絡協議会, ツシマヤマネコ保護増殖事業実施方針, <http://kyushu.env.go.jp/twcc/report/rep/pdf/policy2016.pdf>, pp. 13-31, May 2015.
- [3] ツシマヤマネコ保護増殖連絡協議会, ツシマヤマネコ保護増殖事業実施方針資料編, http://kyushu.env.go.jp/twcc/report/rep/pdf/policy_material_230214.pdf, pp. 103-104, Feb. 2012.
- [4] 古野電気株式会社, Dog navi ver. 2, <https://www.furuno.com/jp/gps-marker/>
- [5] 株式会社サーキットデザイン, ヤマネコ用発信器, https://www.tracking21.jp/products_survey/lt-03-7.
- [6] Rtl-sdr.com, About RTL-SDR, <https://www.rtl-sdr.com/about-rtl-sdr/>
- [7] Interplan Corporation, Forecast communication experiment report IM 920, http://www.interplan.co.jp/support/solution/IM315/app_note/TR01.pdf, pp. 3-4, Oct. 2015.
- [8] ウィキペディア, NMEA 0183, https://ja.wikipedia.org/wiki/NMEA_0183, Feb. 2018
- [9] G. A. M. dos Santos, Z. Barnes, E. Lo, B. Ritoper, L. Nishizaki, X. Tejeda, A. Ke, H. Lin, C. Schurgers, A. Lin and R. Kastner, "Small unmanned aerial vehicle system for wildlife radio collar tracking," 2014 IEEE 11th International Conference on Mobile Ad Hoc and Sensor Systems, pp. 761-766, Oct. 2014.