

# 山に棲む小動物の位置を空から推定する

## —生物に装着した電波発信機をドローンで検索—

### 概要

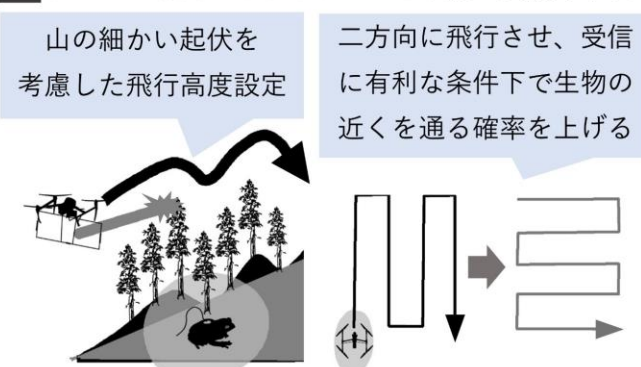
山には、基礎的な生態すら分からないまま絶滅の危機に瀕している野生動物が多く生息しています。動物に電波発信機を装着するラジオテレメトリーは、小動物の行動圏や生息地利用の調査に欠かせません。従来のラジオテレメトリーでは、電波受信機を持った人が現地を歩きまわることによって、動物を探してきました。この方法は、植生に覆われた急峻な山では応用困難でした。

京都大学情報学研究科 倭千晶（大学院生）、京都大学フィールド科学教育研究センター 市川光太郎 准教授、株式会社 田中三次郎商店 田中智一郎社長、および京都大学生態学研究センター 佐藤拓哉 准教授の研究グループは、電波受信機を載せたドローンを用いて、電波発信機を装着したニホンヒキガエルを遠隔から推定する方法を開発しました。この手法により、急峻な山においても、植生の奥深くや地中に隠れる動物の位置を高精度に推定できることが示されました。本手法は多くの小動物の位置推定に応用可能であり、生息地管理に有用な知見をもたらすと期待されます。本成果は、2023 年 6 月 7 日にカナダの国際学術誌「*Drone Systems and Applications*」にオンライン掲載されました。

#### 1 山での小動物の位置推定は困難である



#### 2 ドローン導入にかかるリスクを軽減・受信確率向上



#### 3 ニホンヒキガエルのドローンを用いた位置推定に成功

- ・受信確率： $89.7 \pm 14.4 \%$
- ・位置推定精度： $22.4 \pm 21.0 \text{ m}$
- ・最大追跡距離・期間： $1.7 \text{ km} \cdot 60 \text{ 日}$
- ・条件：地中約20cm・岩の下・樹洞の約35cm奥など



搜索範囲

本研究の概要

## 1. 背景

動物の位置情報は、生態調査、特に行動圏や生息地利用の調査に欠かせない基礎情報です。動物の位置情報取得には、生物に電波発信機を装着するラジオテレメトリーが広く用いられています。電波発信機の小型化が進んだことで、近年では小さな動物も追跡できるようになりました。従来のラジオテレメトリーでは、電波を受信するアンテナと受信機を持った人が現地を歩きまわり、電波発信機から発された電波を探す方法が主流でした。しかしながら、植生に覆われた急峻な山岳地帯などの、現地踏査が困難な場所では、この方法を応用することができません。山岳地帯に

は、生態が未解明なまま絶滅の危機に瀕している生物種が多く生息しています。このため、山岳地帯で小動物の位置情報を得る方法を早急に開発する必要があります。そこで、本研究ではドローンに電波を受信するためのアンテナと受信機を搭載し、電波発信機を装着した生物の位置を遠隔から推定する方法の開発に取り組みました（図1）。



図1. 電波発信機を装着したニホンヒキガエル（左）と電波受信機を搭載したドローン（右）

## 2. 研究手法・成果

電波を探し出すためには、アンテナと受信機を搭載したドローンが電波発信機の近くを通る必要があります。本研究で選んだ機材を使った場合、電波を確実に受信するために最適な飛行高度は 50m であることが、予備実験により示されました。

急峻な山岳地帯において、ドローンを 50m の高度で満遍なく飛ばすのは容易ではありません。ドローンを自動飛行させる多くのアプリでは、レーダーで観測された標高図をもとに飛行高度を計算します。この標高図は粗く、また樹冠を透過するレーダーを使って作られているために、斜面の細かい起伏や樹木の高さが反映されていません。さらに、標高図やドローンの飛行高度には誤差があるため、アプリの基本設定に従ってドローンを自動飛行させると、樹木に衝突するリスクが高まります。このため本研究では、調査地の画像をドローンで撮影し、調査地内のいくつかの地点の位置を実測することにより、調査地の精密な標高図を事前に作成し、作成した地図に基づいて飛行高度を計算しました。作成した標高図を用いた場合の飛行高度は、アプリが定める標高図を利用した場合に比べ、 $4.5 \pm 13.3$  m (−49.7–44.4 m,  $n = 2270$ ) 変わりました。このことから、精密な標高図を利用することが、ドローンを安全に飛ばし、さらに電波の受信条件を一定に保つのに重要であると考えられます。

また、山にいる生物から発された電波は、生物の隠れ家や周辺の植生に含まれる水分などにより減衰するために、遠くから受信することが特に難しいです。このため本研究では、ドローンの真下の電波を最も受信しやすくなるようにアンテナを搭載し、ドローンが対象生物に最も近づいた時に確実に電波を受信することを目指しました。この搭載方法を用いると、ドローンの横方向から来る電波を受信しにくくなります。このため本研究では、受信に不利な状況で対象生物の近くを通過する確率が低くなるように、同じ領域を二通りの方向で飛行するダブルグリッド飛行を行いました。

位置推定の性能を調べるため、京都大学和歌山研究林において、電波発信機を装着したニホンヒキガエル 4 個体を放しました。放した翌日から 3 か月間、1 ヶ月毎に、開発した手法を用いてヒキガエルを探しました。約 20 分間で 150 m×200 m の範囲を探索する飛行経路を作成し、ヒキガエルに装着した発信機から出た電波を

受信するまで、一つ一つの経路に沿ってドローンを飛ばしました（図 2）。ヒキガエルからの電波を受信した場合には、ドローンが電波を受信した位置と電波強度をもとにヒキガエルの位置を推定しました。推定位置から、従来の現地踏査による検索を行い、ヒキガエルが実際にいた位置を確認し、位置を計測しました。

全てのヒキガエルは、放してから 1-60 日の間にドローンによって位置推定されました。ヒキガエルが深さ 20cm の地中、岩の下、樹洞の 35cm 奥にいる場合などにも位置は推定可能でした。ヒキガエルは最大で約 1.7km 移動しました。また、ヒキガエルが飛行範囲内にいると分かっていた場合には、 $89.7 \pm 14.4\%$  の確率で電波を受信しました。全部で 48 回のフライトで受信があり、 $22.4 \pm 21.0$  m (3.7–145.2 m) の精度で位置を推定することができました。また、48 フライト中 28 フライトでは片方のグリッドのみで受信があり、単位時間あたりの電波の受信回数は二つのグリッド間で有意に異なりました。これらの結果から、ダブルグリッド飛行が受信に失敗する確率を下げるのに有効であることが示されました。

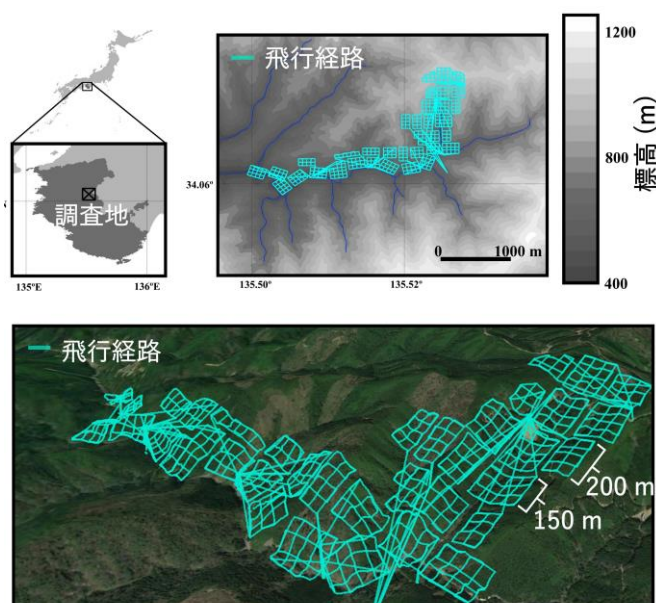


図2. 調査地の地図と作成した飛行経路

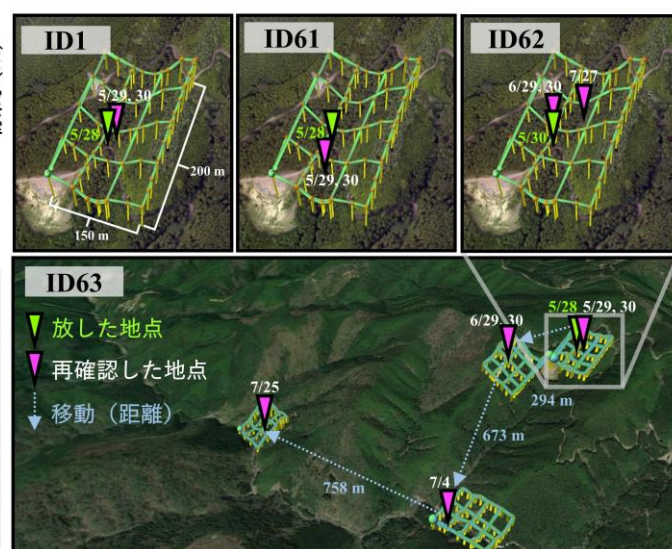


図3. ニホンヒキガエルを放した地点と再確認した地点

### 3. 波及効果、今後の予定

本手法により、急峻な山岳地帯においても、ドローンを飛ばすだけで電波発信機を装着した小動物の位置を推定できることが示されました。この手法は、狭い場所に隠れる多くの小動物に適用可能であり、複数個体の位置を同時に推定することもできます。本研究で得られた位置推定誤差は、対象生物の森林パッチや集水域間における移動などを調べるのに十分小さいと言えます。

本研究により、現地踏査が困難な環境においてラジオテレメトリーを運用することが現実的になりました。この手法により、絶滅危惧種を含む多くの小動物の行動圏や生息地利用を調べられるようになり、生息地管理に有用な知見をもたらすことが期待されます。本研究の現時点での限界は、検索に時間がかかることで、200 m×150 m の範囲を検索するのに約 20 分かかります。例えば、対象生物があらゆる方向に数キロ以上移動した場合には、全ての個体の移動を捉えられない可能性があります。また、対象生物が非常に小さい場合には、本研究で用いたものよりも軽く (0.56 g 以下)、出力の低い発信機をつけないといけないうために、受信確率が下がる可能性があります。

### 4. 研究プロジェクトについて

該当なし



#### <研究者のコメント>

この研究を通して、山での現地踏査によるラジオテレメトリーの危険さと大変さを実感しました。開発した手法が生態研究の発展に役立てば嬉しいです。(倭千晶 博士後期課程学生)

#### <論文タイトルと著者>

タイトル：Localizing Japanese toads in a mountainous terrain using drone-based radiotelemetry (ドローンラジオテレメトリーを用いた山岳地帯におけるニホンヒキガエルの位置推定)

著 者：Chiaki Yamato, Tomoichiro Tanaka, Kotaro Ichikawa and Takuya Sato

掲 載 誌： *Drone Systems and Applications*

DOI : [10.1139/dsa-2022-0060](https://doi.org/10.1139/dsa-2022-0060)