

# 参加型痕跡センシングによる害獣生息予測のための 痕跡収集方法の提案

## Proposal of Traces Collection Method for Predicting Nuisance Wildlife Presence through Participatory Traces Sensing

由田 翔吾<sup>1\*</sup> 松田 裕貴<sup>1</sup> 諏訪 博彦<sup>1</sup> 安本 慶一<sup>1</sup>  
Shogo Yoshida<sup>1</sup> Yuki Matsuda<sup>1</sup> Hirohiko Suwa<sup>1</sup> Keiichi Yasumoto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 奈良先端科学技術大学院大学  
<sup>1</sup> Nara Institute of Science and Technology

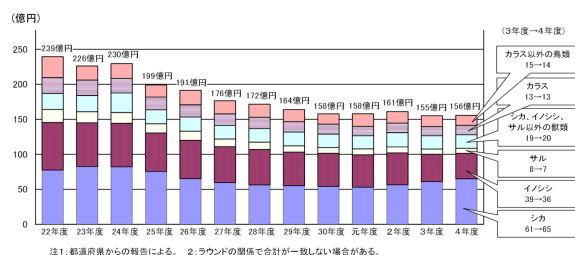
**Abstract:** In recent years, there has been an increasing trend in damage to crops and harm to humans caused by nuisance wildlife. Therefore, we propose a system that utilizes participatory sensing to collect trace information and estimate the habitats of nuisance wildlife based on this data. In this system, the discovery points of nuisance wildlife traces and geographic information are used to appropriately estimate the habitats of these animals, with the aim of supporting more efficient pest control and preventive measures. In particular, this study proposes specific trace collection methods and suggests trace species believed to be effective based on insights obtained through demonstration experiments in the mountainous areas of Fukui Prefecture.

### 1 はじめに

近年、日本全国で害獣による農作物被害が問題視されている。例として令和4年度の害獣による農作物被害額は、図1に示されている通り、156億円と深刻なものとなっており、被害額は近年減少傾向にあるものの、依然として数年にわたり高水準を維持している。被害の約60%はシカ、イノシシ、サルによるものである。これに加えて図2に示すように1989年から2021年までの32年間で、イノシシは約52万頭、ニホンジカは約194万頭増加している。

害獣による農作物被害は地域における経済的な損失だけでなく、農業従事者の農地管理の意識、営農意欲の低下に繋がっている。これらが原因となり、農地や里山の荒廃など、地域農業を維持する上での問題となっている。また営農意欲の低下により耕作放棄や離農、森林の下層植生の消失が原因となり土壌流出などの問題が起きている。耕作放棄地は害獣の餌場や隠れ家となり、生活がしやすく個体数の増加に繋がってしまう。結果として、さらに害獣による農作物被害が増加するという悪循環に陥っており、これら被害への対策が急務となっている。そこで環境省と農林水産省では、ニホンジカ、イノシシの生息頭数を令和5年度までに半減させることを目標とした「抜本的な鳥獣捕獲強化対策」

野生鳥獣による農作物被害金額の推移



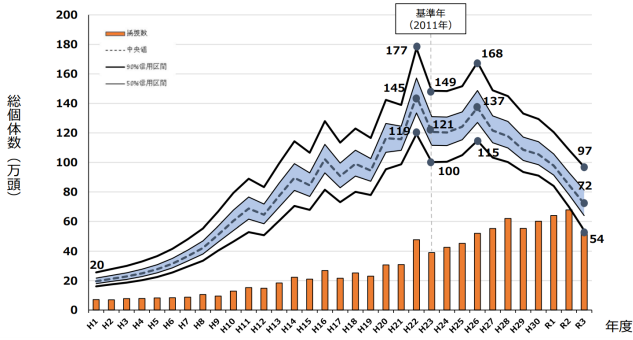
注1: 都道府県からの報告による。 2: ラウンドの順で合計が一致しない場合がある。

図1: 農作物被害額の推移 [3]

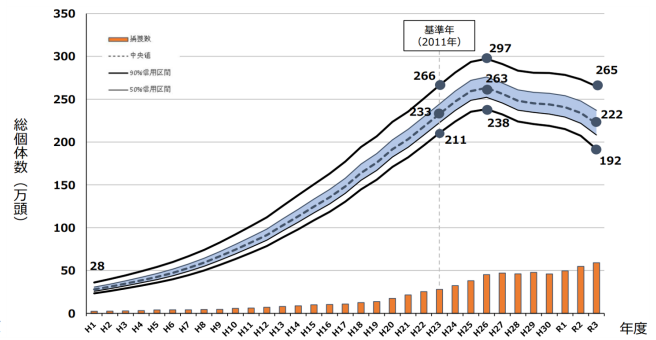
[1]を平成25年に策定した。現在もニホンジカは令和10年度までに生息頭数の平成23年度水準からの半減を目指し、イノシシは平成23年度水準の半減を早期被害軽減に向けて捕獲圧を維持することを目標としている [2]。

害獣による農作物被害への対策として、罠を用いた捕獲活動や防護柵の設置などが挙げられる。より効率的に対策・駆除を行うためには詳細な生息域や生息数を把握することが重要になる。しかし、野生動物の痕跡を調査することで生息域推定を行う手法は多数存在するが、いずれも専門家による協力が前提であり、専門的な知識を持たない一般人では調査に協力することが難しいという課題がある。しかし、専門知識を持たない一般人が痕跡調査に参加することができれば、よ

\*連絡先: 奈良先端科学技術大学院大学  
〒630-0192 奈良県生駒市高山町 8916 番地-5  
E-mail: yoshida.shogo.yo4@is.naist.jp



(a) イノシシの個体数推移



(b) ニホンジカの個体数推移

図 2: 全国の害獣個体数推定 [4]

り多くの痕跡情報を集め正確な推定を行うことができると考えられる。そこで本研究では野生動物の痕跡調査の補助を行うアプリを開発し、ユーザ参加型センシングを用いて収集した痕跡情報を基にイノシシとニホンジカの生息域を推定するシステムを提案し、福井県山間部での実証実験を通じて得られた知見を基に具体的な痕跡の収集方法や有効だと考えられる痕跡種について述べる。

## 2 関連研究

本研究では、参加型センシングにより、ユーザが発見した痕跡情報と地理情報を基に生息域の推定を行う。そこで本章では、野生動物の生息域推定手法、生息適地モデルを用いた推定手法、本研究の位置づけを述べる。

### 2.1 野生動物の生息域推定手法

野生動物の生息域推定手法として、区画法、ラインセンサス法、糞粒法、カメラトラップ法による手法などが存在する。

区画法は、調査対象となる地域をいくつかの区画に分割し、各区画に配置された調査員が一齐に調査を行い、直接観測された個体数を記録することで生息頭数を推定する手法である。ラインセンサス法は、あらかじめ設定された調査ルート調査し、観測範囲内で直接観測された個体数、もしくは鳴き声等を用いて推定する手法である。これら2つの手法は対象を直接目視する必要がある点や、調査員の経験によっては過少・過大評価される恐れがある点、調査範囲が広いほど調査にかかるコストが増大するなどといった問題がある。

糞粒法は、シカ等の糞の数から生息密度を推定する。区画法やラインセンサス法と違い、対象が目視することが困難な環境(見通しの悪い照葉樹林帯など)でも直接観察する必要が無い場合、見通しの悪い環境でも実

施できるといった利点があるが、調査によるばらつきが大きく、誤差幅が大きいという問題がある。カメラトラップ法は、山間部に設置された自動撮影カメラを用いて、野生動物を撮影し、撮影された画像を用いて生息域を推定する手法である。高精度に個体識別等を行えるという利点があるが、生息域全体に設置するにはコストがかかるという欠点がある。

### 2.2 生息適地モデルを用いた手法

野生動物の地理的な分布に影響を与えている環境要因の関係を用いて生息域を推定するモデルを、生息適地モデルと呼び、回帰型、プロファイル型、機械学習型の3つに大別することができる。

回帰型は、一般線形モデルに代表されるように、説明変数を使って応答変数を回帰的に推定する。応答変数には基本的に、対象の分布有/無データを用いる。具体的な手法としては Generalized Linear Model (GLM) [5] や Generalized Additive Model (GAM) [6] が存在する。

プロファイル型は、分布有データに基づき野生動物の分布した環境状態を特徴づけるモデルであり、Bioclimatic Analysis and Prediction System (BIOCLIM) [7], Ecological Niche Factor Analysis (ENFA) [8] などがある。

機械学習型は、応答変数と関係する説明変数をルールに従って分類し、それに基づいて分布の有無を推定するモデルである。説明変数には、対象の分布有/無データを用いる。Random Forest[9] や BERT[10] といった手法が存在し、最大エントロピーモデル (MaxEnt)[11] は分布有データのみでもモデリングできる手法である。

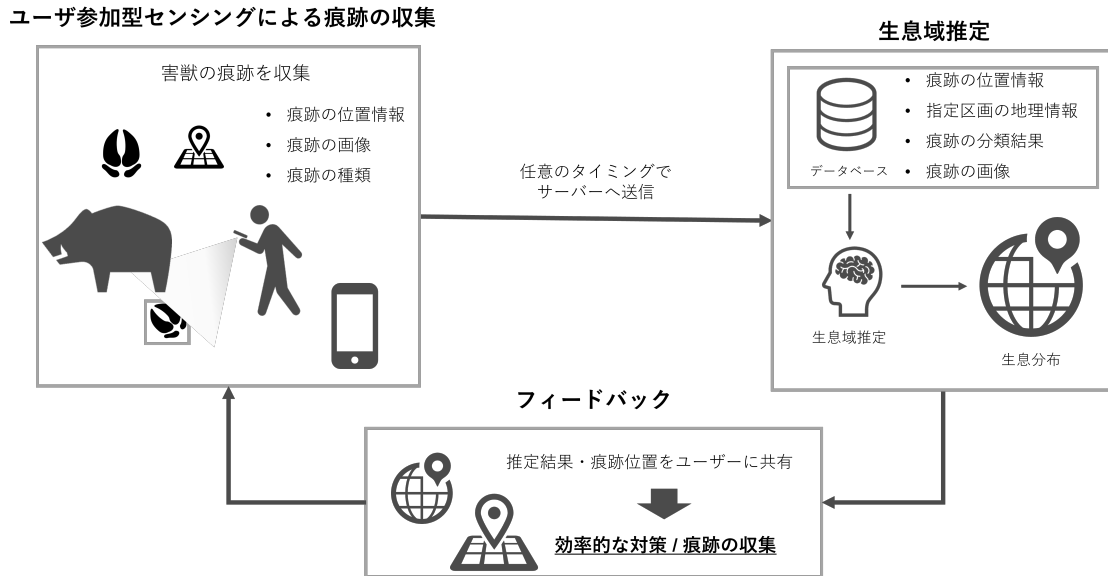


図 3: 提案するシステムの概要図

## 2.3 本研究の位置づけ

先述したような生息域推定手法では主に猟師や研究者といった専門知識を持つ人間が収集したデータのみを用いている。そのため、データ収集に参加できる人数が限られており、より多くのデータを集めるために参加人数を増やそうとした際に、専門知識の有無がボトルネックになってしまう。そこで本研究では、データ収集用アプリを作成し、ユーザに参加型センシングを通じて収集した痕跡の位置情報と地理情報を用いてイノシシとニホンジカの生息域を推定する手法を提案する。ここで参加型センシングとはコミュニティがセンシング情報を提供し、知識体系を形成するという概念である。また特に本稿では、福井県でのデータ収集実験の結果を基に収集した痕跡の割合や、収集する上で問題となった点について述べる。

## 3 提案手法

本章では提案システムの概要について述べる。その後、提案システム構成要素である、ユーザ参加型センシングによる痕跡収集、生息域推定、ユーザへのフィードバックについて述べる。

### 3.1 手案システムの概要

提案するシステムの概要図を図 3 に示す。提案システムは、1) ユーザ参加型センシングによる個人収集、2) 生息域の推定、3) ユーザへのフィードバックの 3 項目からなる。

### 3.2 ユーザ参加型痕跡センシングによる痕跡収集

本研究では、参加型センシングを用いて表 1 に示す痕跡を収集する。参加型センシングとは、ユーザが保有するスマートフォンなどのモバイル端末を用いて周囲の環境情報をセンシングし共有する手法の一つである [12]。モバイル端末で取得可能な様々なデータ（例えば位置情報付き写真データや慣性センサデータ、音声データなど）の収集をインフラレスで実現することが可能な方法である [13, 14]。痕跡収集の多くは電波の届かない山間部でも活動を行うことが想定される。そのため本研究では痕跡収集用のスマートフォンアプリを作成し、後述する実証実験において電波の届かない山間部で痕跡を収集した。痕跡収集用アプリには以下の機能が含まれている、1) 現在地表示機能、2) 獣種別痕跡 MAP、3) 痕跡の取得数等を競うランキング、4) 自分の痕跡の収集状態確認機能。また通信状況が安定していない環境で動作するように、一度スマートフォン上にデータを保存し、通信状況が安定した環境に移動した際に処理を行う。

### 3.3 生息域推定

本研究では、収集した痕跡の位置情報と、地理情報の 2 つのデータを組み合わせることでイノシシとシカの生息域を推定することを目指す。提案手法においては、痕跡による特定獣種の在情報しか得ることができないため、対象の不在情報が必要となる手法は適さない。そこで本研究では、機械学習手法の一種である MaxEnt

表 1: 提案手法で収集対象とする痕跡

イノシシの痕跡	説明
足跡, 糞	通った証拠となる足跡や排泄物
牙研ぎ跡	木などに牙をこすりつけた跡
ぬた場	泥浴びをする場所
泥擦り跡	体を泥でこすった跡
ニホンジカの痕跡	説明
足跡, 糞	通った証拠となる足跡や排泄物
角こすり跡	木などに角をこすりつけた跡
樹皮剥ぎ跡	木の表面の樹皮を食べた跡

(最大エントロピー法)を用いて生息域推定を行う予定である。

### 3.4 ユーザへのフィードバック

収集した痕跡を基に推定した生息域や、全てのユーザが収集した痕跡の位置情報等をマッピングすることでユーザがイノシシとニホンジカの生息域を把握できるようにフィードバックを行う。またこのほかにもユーザが発見した痕跡を有効度ごとにポイントを設定し、発見数や貢献度に応じてアプリ上でユーザにトロフィーやバッジといった報酬を付与することで、ユーザの射幸心や競争心を刺激し、参加率の向上を目指す。

## 4 福井県における痕跡収集実験

参加型痕跡センシングで収集する痕跡や生息域推定への活用方法を検討するために、福井県山間部において痕跡収集の実証実験を行った。本章では実験の条件、実証実験の結果、実証実験を踏まえたアプリの改善案について述べる。

### 4.1 実験条件

福井県武生町付近の山間部において、猟師4名の方の案内の下で表1に示すようなイノシシとニホンジカの痕跡を探し、作成したアプリを用いて痕跡データの位置情報と種類、写真を収集した。また探索時は完全に1人1人孤立して探索するのではなく、指定されたポイント内を大きく逸脱しないように固まってデータ収集を行った。

### 4.2 実験結果

収集した痕跡の位置情報を地図上に表示したものを図4に示す。データ件数としてはイノシシが21件、ニホンジカが63件、どの野生鳥獣の痕跡か判断できない痕跡が37件、全体で121件の痕跡を発見し、作成した

アプリを用いてクラウド上に保存することに成功した。ニホンジカに対してイノシシのデータ件数が少ない原因として、昨年度は野生のイノシシがCSF(旧称:豚コレラ)に感染した個体が増加傾向にあり[15]、山中においてイノシシの生息数が例年と比べて減少していることが原因だと考えられる。

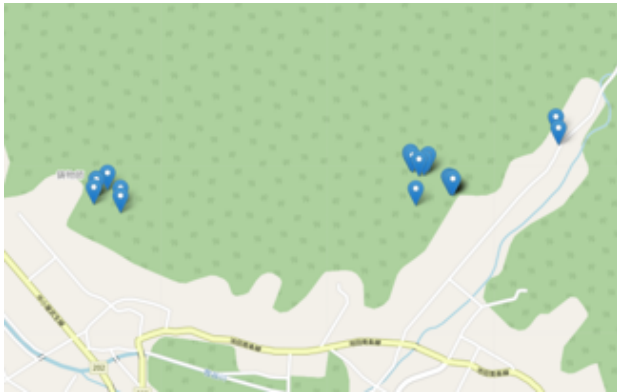
どの野生鳥獣の痕跡か判断できなかったケースは複数の動物の足跡が重なり合っているケースや、獣道のようなイノシシ、ニホンジカで共通する痕跡が含まれている。生息域を推定するには明確にイノシシかニホンジカか判断できなかった痕跡も活用することができれば、データ量が増えより精度が向上する可能性があると考えられる。

### 4.3 実験結果を踏まえたアプリ改善

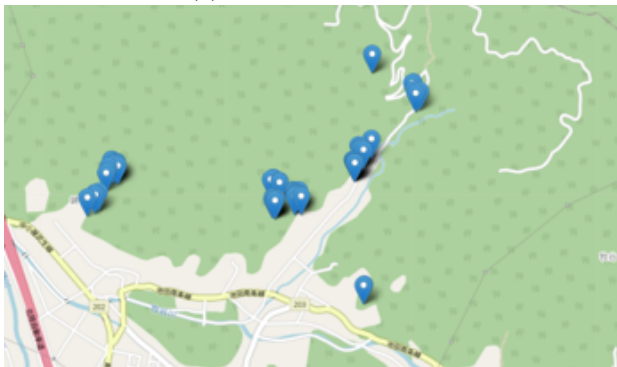
現在の痕跡収集用アプリでは撮影した痕跡の種類と獣種を選択し、クラウド上に送信することで痕跡を収集している。しかし、実験終了後に参加者が撮影した痕跡の画像を後日見返した際に、画像内で痕跡がどこに写っているのか特定できないケースが発生した。今回の実証実験で撮影された痕跡の例を図5に示す。図5a,5cのようなケースでは、現場では明確に足跡を認識できていたにもかかわらず、撮影時の画角、光源の配置が原因で、画像にした際に起伏が薄れ、具体的にどこに足跡が写っているか識別しづらくなってしまったと考えられる。また図5b,5dのように枯葉などに痕跡が隠れてしまい、どこに痕跡が写っているかを判断しづらいケースも発生した。これらの問題の解決策として、LiDARを用いて痕跡を撮影することで、痕跡の立体的な情報を保存することで解決できると考えられる。しかしLiDARは通常の画像と比較してデータ容量が増加するため、実際のシステムに耐えうるか検証する必要がある。もう一つの解決策として、痕跡撮影時にバウンディングボックスで痕跡を囲み、画像に加えてバウンディングボックスの情報を保持することで、ユーザのアノテーションコストがかかるものの、分析時に痕跡の位置を把握しやすくなると考えられる。

## 5 おわりに

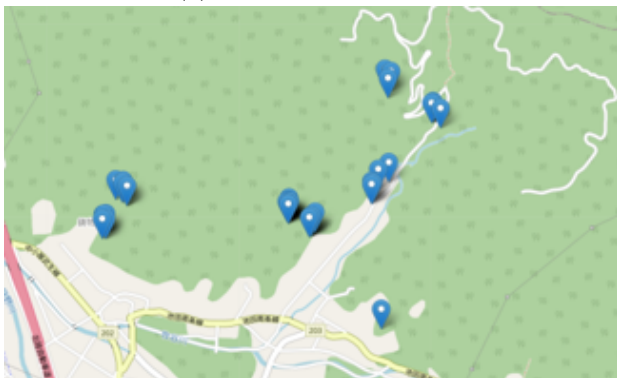
本研究では、近年増加している害獣による農作物・人身被害に対処するために、参加型痕跡センシングを用いた害獣の生息域を予測するシステムを提案した。本システムはユーザが発見した害獣の痕跡情報と地理情報を統合し、イノシシやニホンジカなどの特定の害獣の生息域を推定することを目的としている。本稿では、作成したアプリを用いて福井県山間部で実証実験を行い、実際に痕跡が収集可能であること、足跡等の



(a) イノシシの痕跡分布



(b) ニホンジカの痕跡分布



(c) その他分布

図 4: 収集した痕跡の位置情報

痕跡は画像になった際にどこに写っているか確認しづらいケースが発生するなどといった知見を得ることができた。今後は、さらに多くの痕跡を収集し、収集した痕跡を基にイノシシ・ニホンジカの生息域を推定し、精度評価実験等を行う予定である。

## 参考文献

[1] 環境省, 農林水産省. 抜本的な鳥獣捕獲強化対策. <https://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/pdf/kyouka.pdf>. (Accessed on 02/29/2024).



(a) イノシシ：足跡



(b) イノシシ：足跡



(c) ニホンジカ：足跡



(d) ニホンジカ：糞

図 5: 収集した痕跡の写真

[2] 環境省, 農林水産省. シカ・イノシシの捕獲強化対策と捕獲目標について. [https://www.env.go.jp/nature/choju/effort/effort9/kyouka\\_taisaku.pdf](https://www.env.go.jp/nature/choju/effort/effort9/kyouka_taisaku.pdf). (Accessed on 02/29/2024).

[3] 農林水産省農村復興局. 鳥獣被害の現状と対策. <https://www.maff.go.jp/j/press/nousin/tyozyu/attach/pdf/231128-2.pdf>, 2023. (Accessed on 02/29/2024).

[4] 環境省. 全国のニホンジカ及びイノシシの個体数推定等について. <https://www.env.go.jp/content/000124721.pdf>, 2023. (Accessed on 02/29/2024).

[5] Jeremy W Lichstein, Theodore R Simons, Susan A Shriners, and Kathleen E Franzreb. Spatial autocorrelation and autoregressive models in ecology. *Ecological monographs*, Vol. 72, No. 3, pp. 445–463, 2002.

[6] Hiroto Murase, Toshihide Kitakado, Takashi Hakamada, Koji Matsuoka, Shigetoshi Nishi-

- waki, and Mikio Naganobu. Spatial distribution of Antarctic minke whales (*Balaenoptera bonaerensis*) in relation to spatial distributions of krill in the Ross Sea, Antarctica. *Fisheries Oceanography*, Vol. 22, No. 3, pp. 154–173, 2013.
- [7] Trevor H Booth. Why understanding the pioneering and continuing contributions of bioclim to species distribution modelling is important. *Austral ecology*, Vol. 43, No. 8, pp. 852–860, 2018.
- [8] Alexandre H Hirzel, Jacques Hausser, Daniel Chessel, and Nicolas Perrin. Ecological-niche factor analysis: how to compute habitat-suitability maps without absence data? *Ecology*, Vol. 83, No. 7, pp. 2027–2036, 2002.
- [9] Anantha M Prasad, Louis R Iverson, and Andy Liaw. Newer classification and regression tree techniques: bagging and random forests for ecological prediction. *Ecosystems*, Vol. 9, pp. 181–199, 2006.
- [10] Owen F Anderson, John M Guinotte, Ashley A Rowden, Dianne M Tracey, Kevin A Mackay, and Malcolm R Clark. Habitat suitability models for predicting the occurrence of vulnerable marine ecosystems in the seas around new zealand. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, Vol. 115, pp. 265–292, 2016.
- [11] Steven J Phillips, Robert P Anderson, and Robert E Schapire. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling*, Vol. 190, No. 3-4, pp. 231–259, 2006.
- [12] J. A Burke, D. Estrin, M. Hansen, A. Parker, N. Ramanathan, S. Reddy, and M. B Srivastava. Participatory sensing. *Center for Embedded Network Sensing*, 2006.
- [13] Eiman Kanjo. NoiseSPY: A Real-Time Mobile Phone Platform for Urban Noise Monitoring and Mapping. *Mobile Networks and Applications*, Vol. 15, pp. 562–574, 2010.
- [14] Yuki Matsuda, Shogo Kawanaka, Hirohiko Suwa, Yutaka Arakawa, and Keiichi Yasumoto. Parmosense: Scenario-based participatory mobile urban sensing platform with user motivation engine. *Sensors and Materials*, Vol. 34, No. 8, pp. 3063–3091, 2022.
- [15] 福井県. 福井県内における野生イノシシの豚熱検査について. [https://www.pref.fukui.lg.jp/doc/021500/kachikueisei/yaseiinosisi\\_0.html](https://www.pref.fukui.lg.jp/doc/021500/kachikueisei/yaseiinosisi_0.html). (Accessed on 02/29/2024).