

Development of a system for the Agricultural cooperative to prevent wildlife damage of crops.

Ryota Amamoto*, Takenobu Okabe*, Yusuke Hamano*, Ryo Mitsuoka*, Kosei Mori*,
Koichi Wada†, Shinichi Yamagiwa†

*Department of Computer Science, Graduate School of Systems and Information Engineering,
University of Tsukuba, Tsukuba Univ. Tsukuba, Japan.

Email: {s1320651, s1320662, s1320728, s1320743}@sit.cs.tsukuba.ac.jp, kosei@iplab.cs.tsukuba.ac.jp

†Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba. Tsukuba Univ. Tsukuba, Japan.

Email: {wada, yamagiwa}@cs.tsukuba.ac.jp

Abstract—Wildlife damage to agricultural crops has increasingly reported over the years. According to the guidelines of the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries in Japan, the effective method is suggested that the community should work cooperatively together for driving wildlife away. However, because it is very hard to predict the time and the place that the wildlife appear, it requires huge manpower and effort to guard the farmlands. In order to overcome the difficulty applying information technology, we have developed a system that detects the wildlife near the farmlands and notifies it to the people who owns the farmlands. Distributing the surveillance satellite boxes, in which the detection hardware is equipped, placed around farmlands, the system detects wildlife automatically when they are staying within 750m away from the surveillance satellite box. And then the system notifies the warning to the managers of the related farmlands immediately by email. The system also provides history information when and where the wildlife appeared and thus, it automatically predicts the estimated movements of wildlife using the history and visually reports it at the webpage.

Index Terms—Agriculture and ICT; Wildlife nuisance; Wildlife detection; Machine learning.

I. 背景

A. システム開発に至る経緯

近年、野生鳥獣による農作物への被害の増加が日本全国的な課題となっている。図1に、2005年度から2012年度にかけての日本全国の野生鳥獣による農作物被害の推移を示す[1]。年度により変動があるものの、全体として農作物被害は増加傾向にあることが分かる。

三重県においても野生動物による農作物被害は増加傾向にあり、2012年度における県全体での被害額は約3億9千万円と報告されている[2]。そこで私たちは三重県鈴鹿市のJA鈴鹿と協力して、2014年4月から12月にかけて、効果的な獣害対策を実施できるシステムの開発に取り組むことになった。鈴鹿市は山間部に位置しておりサルによる農作物被害が大きい[3]ことから、開発するシステムはサルを対象とするものとした。

B. 既存の獣害対策とその課題

既存の獣害対策としては、まず、防護柵による農地の保護が挙げられる。しかし特定の農地を完全に保護するには多大な費用がかかってしまう。仮に農地を完全に保護できたとしても、図2のようにサルは別の農地へ向かっていく

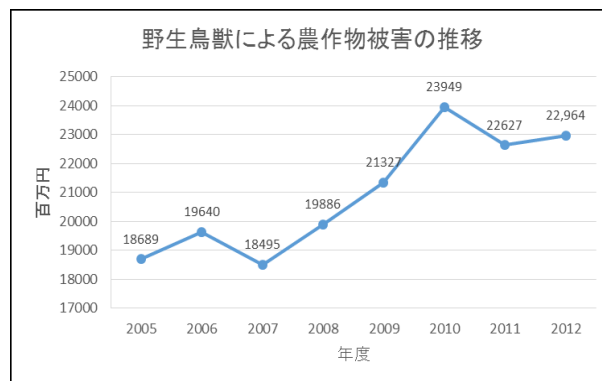


Fig. 1. 野生鳥獣による農作物被害の推移

だけであり、市や県という大きな視点でみた場合の根本的な問題の解決には至らない。

農作物被害を減らすためには、サルの高い学習能力を逆手に取り、人間への恐怖を覚えこませる「組織的な追い払い」や、「捕殺による個体数の調整」が有効であるとされている[4]。そこで鈴鹿市では、組織的な追い払いや、捕殺による個体数の調整を効率的に実施するために、電波の発信機・受信機を用いたサルの生息分布域調査を行っている[5]。これは図3に示すように、群れの中心となっているサルにテレメトリ発信機を内蔵した首輪を装着し、その発信電波を受信機で捕捉することでサルの群れの位置を逐次確認し、獣害対策に役立てようという試みである。



Fig. 2. 防護柵の効果は局所的

しかし現状では、この調査の方式は次の3つの課題を抱えている。

- 1) サルの位置の捕捉と監視が自動化できておらず、電波



Fig. 3. 電波の発信機・受信機を用いたサルの生息分布域調査

受信機の運用者が直接山野に入り、サルを探さなければならないこと。

- 2) サルの位置の捕捉結果が記録（蓄積）されておらず、サルの移動先の予測や、獣害に合う確率の高い農地の予測といった、データを活用した獣害対策への応用が利かないこと。
- 3) 農地にサルが近づいていることを農家が知るすべがなく、即時的な対応（追い払い）ができないこと。

これらの課題を解決することができれば、サルの群れの位置をリアルタイムに捕捉・監視し、既存の獣害対策をより効果的に実施できるようになる。以上の課題の解決を目的として、私たちは「一定距離内へのサルの侵入を自動で検知・記録する観測機器」および「サルの位置情報を地図上に可視化し、関係者に自動でサルの検知情報を通知するWEBアプリケーション」を併用した、農地へのサルの接近警戒システムを開発した。このシステムでは既存の電波発信機・電波受信機を活用しているため、現在と同様の生息分布域の調査を、より安価に、より確実に実施することができるようになる。

II. システムの概要

A. システム全体の概要

図4に、本年度の4月から10月にかけて開発した「農地へのサルの接近警戒システム」の概要図を示す。同図中の赤字の「観測箱」と「サルの接近警戒Webアプリケーション」が、それぞれ前述した「一定距離内へのサルの侵入を自動で検知・記録する観測機器」および「サルの位置情報を地図上に可視化し、関係者に自動でサルの検知情報を通知するWebアプリケーション」に当たり、私たちが開発した部分である。

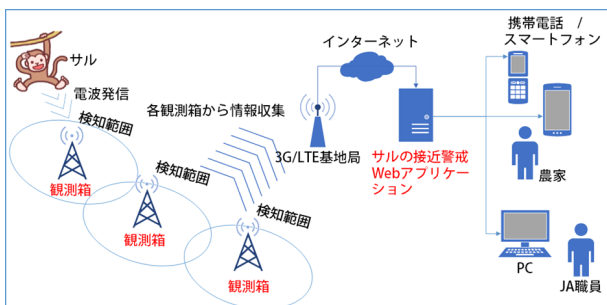


Fig. 4. システム全体の概要図

現行のシステムは次の機能を備えている。

- 1) サルの監視の自動化
山中に存在するサルの現在位置を、Webブラウザを用いて、いつでも地図で確認することができる。

- 2) 獣害に遭う可能性の高い農地の自動判別と自動警告
農地の位置情報や作物情報を元に、サルの次の移動先を事前に予測することができる。そして獣害に遭う可能性の高い農地の所有者に警告メールを自動で送付することができる。
- 3) 近隣住民への直感的通知
農地の近くにサルが現れた場合、システムがランプや警告音で近隣の住民にサルの出没を直感的に通知することができる。
- 4) 蓄積された検知データの活用
システムに蓄積されたサルの検知データを分析して、今後の獣害対策の足掛かりにすることができる。
- 5) 獣害対策に関する情報の集中管理
被害状況や、各関係者の意見をシステム上に記録することができる。

以下の2節では、上記の機能を実現するために私たちが開発した部分について詳細を記載する。その後、本システムの運用例を示す。

B. 観測箱

観測箱とは、電波発信機が取り付けられたサルの出没区域に設置することで、設置位置から半径750m程度の範囲内のサルの現在位置をリアルタイムに検知することができる観測機器である。図5に示すように、信号受信部、信号制御部、通信部から構成される。

この観測箱は農地の周辺に複数機設置することで、サルの位置情報をより正確に推定することができる複数機連携機能を備えている。

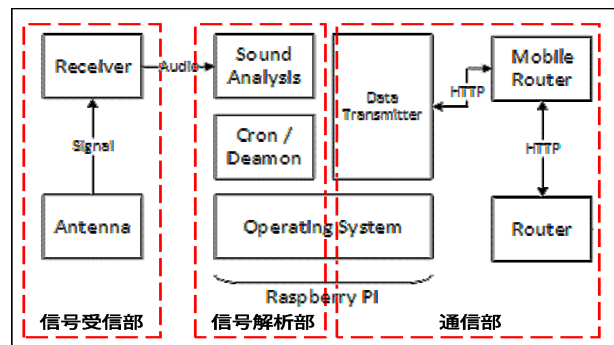


Fig. 5. 観測箱の構成図

C. サルの接近警戒Webアプリケーション

サルの接近警戒Webアプリケーションとは、電波発信機が取り付けられたサルが観測箱に近付いたことをシステムの利用者（農家や猟友会）にEメールで自動的に通知するWebアプリケーションである。システムの管理者（本プロジェクトではJA鈴鹿職員を想定）はサルの接近通知を受けたい人を登録することができる。また図6に示すように、動作中の観測箱の近くにいるサルの現在位置を地図上で確認することができる。図??中のアンテナアイコンは動作中の観測箱の位置を、サルアイコンは検知されたサルの位置を表している。

さらに、農作物の収穫時期や、過去のサルの検知記録、サルの行動特性 [6] から、次にサルが出没する確率が高い場所

を視覚的に確認することができる。図7中の水田アイコンの周辺に黄色や赤色で表示されている楕円（ヒートマップ）が、サルの出没確率の高低を表している。

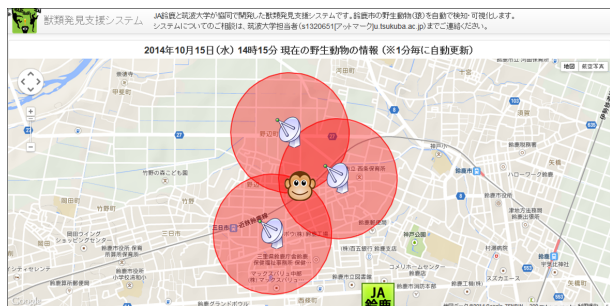


Fig. 6. 検知したサルの現在位置表示（観測箱の複数機連携時）

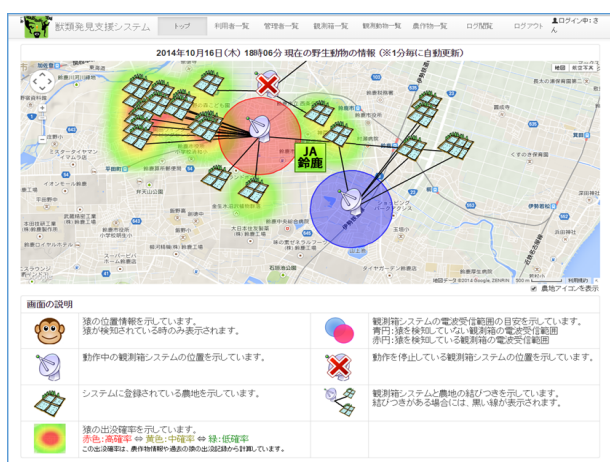


Fig. 7. サルの接近警戒 WEB アプリケーションのトップページ

その他にも、JA 鈴鹿職員をはじめとした農林業関係者と対話しつつ、サルによる農作物被害を防ぐために必要と思われる機能を実装した。表 I にサルの接近警戒 Web アプリケーションの機能一覧を示す。

D. システムの運用例

本システムは3種の運用方式を想定して開発している。以下にそれぞれの方式の概要，利点，欠点を示す。

1) メッシュ型配置（図8）

概要

サルの出沒区域に、観測箱の検知範囲が互いに重なり合うように設置する方式である。これにより、サルの群れの位置を常に監視できるようになる。

利点

サル群れの位置を常時、かつ高精度で監視できるため、既存の獣害対策はもちろん、生息分布域の調査や捕殺による個体数の調整を行う際にも非常に有効である。監視精度の高さを活かして、対象のサルをシステムが自動で追い払うといった新しい獣害対

TABLE I
サルの接近警戒 WEB アプリケーションの機能一覧

機能分類	機能の説明
管理機能	ログインの管理／管理者の設定
利用者管理	利用者の登録・編集／メール通知の設定／農地の場所や農作物の設定
観測箱管理	観測箱の登録・編集／観測箱の設置設定／観測箱の稼働状態の表示
野性動物管理	サルの群れ（名称や電波周波数）の登録・編集
農作物管理	農作物（名称や獣害発生時期）の登録・編集
地図表示／通知	サルの現在位置の地図表示／サルの出沒確率の高い場所を推定表示／サルの出沒通知メール発信
ログ機能	観測箱の動作記録の表示／サルの検知データの CSV 書き出し
その他	管理者と利用者の意見交換用掲示板／観測箱の複数機連携による高精度のサルの位置推定

策への発展も考えられる。また、システムを長期間運用した場合、蓄積された検知記録を分析することで今後の獣害対策に役立てることができる。

欠点

観測箱を相当数設置する必要があるため、システム運用にかかるコストが最も高く、機材のメンテナンスを行う人手が必要である。

2) ライン型配置（図9）

概要

サルの出沒区域と農地の境界線上に一定間隔で観測箱を設置する方式である。これにより、「山からサルが降りてきて農地に近付いている」状態を検知することができる。

利点

メッシュ型配置ほど費用をかけずに農地を保護することができる。

欠点

農地の近くに一定間隔で観測箱を設置しなければならないため、地元住民から許可を得る必要がある。また、「サルが監視区域内に侵入したこと」を検知することが目的であるため、サルの検知記録は部分的にしかならなれない。このため、検知記録を分析してその他の獣害対策に役立てることが難しい。

3) 個人利用型配置（図10）

概要

農家が個人で所有する農地に観測箱を設置する方式である。これにより、農家は自身の所有する農地にサルが近付いたことを高精度、かつ、即時的に知ることができる。

利点

観測箱の検知内であれば、サルの群れが近付いたことをほぼ確実に検知することができる。このため、農作物被害を直接抑えることができる。

欠点

農作物被害を抑えるためには最も有効な運用方法であるが、サルの追い払いは農家自身が行わなければならない。また、サルの検知記録の活用も難しい。さらに、観測箱の設置費用は農家個人が負担することになる。ただし、この欠点は、複数人の農家で観測箱を共同利用することや、観測箱をレンタルして利用することである程度負担を軽減できる。

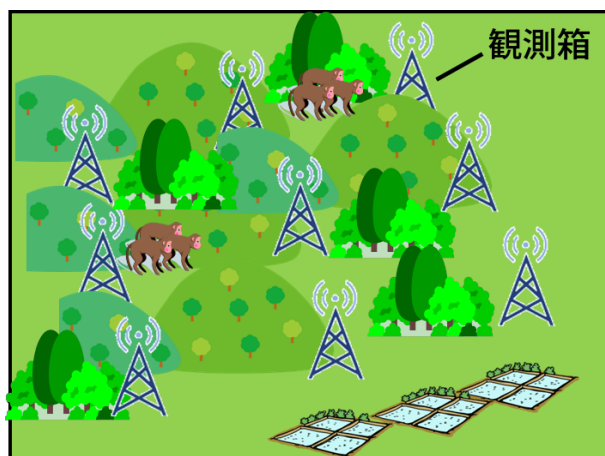


Fig. 8. 観測箱のメッシュ型配置のイメージ

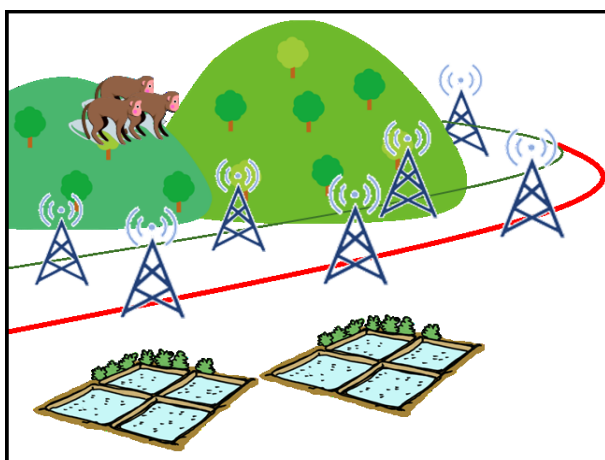


Fig. 9. 観測箱のライン型配置のイメージ

なお、本システムの評価は運用例3)「個人利用型配置」を想定して実施した。その理由は次の通りである。

- 1) 「メッシュ型配置」の評価には長期運用が必要であり、現時点では十分な評価ができないため。
- 2) 「ライン型配置」の運用試験を実施するためには、観測箱の設置場所の選定と、地元住民の許可が必要であ

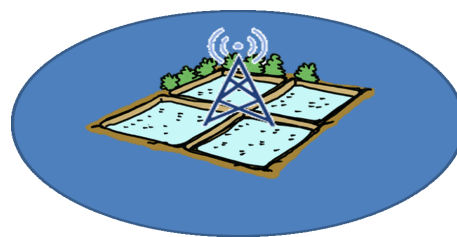


Fig. 10. 観測箱の個人利用型配置のイメージ

り、本システムの効果が確認されてからでなければ運用試験の実施が難しいため。

- 3) 「個人利用型配置」は、農家の実被害をまず最小限に抑えたいという JA 鈴鹿職員の強い希望があったため。また、運用試験の実施が比較的容易であり、獣害を防げたという実証が最もしやすいため。

これらの前提を踏まえた上で、本システムの評価の詳細を次章に示す。

III. システムの評価

A. 観測箱の検知可能距離の評価実験

観測箱の検知可能距離は、運用方式を問わず、本システムに最も重要な要素であると言える。そこで以下の評価実験を実施した。

【実験名】観測箱の検知可能距離の評価実験

【実験日】2014/09/06

【実験の目的】観測箱が、本システムで使用するテレメトリ電波発信機の信号をどの程度の距離まで受信可能かを評価すること

【実験場所】筑波大学内（かえで通り）

【実験環境】晴れ、遮蔽物なし

【実験の方法】観測箱を指定の場所に設置し、直線距離で約 100m 離れた場所でテレメトリ発信機の電源を ON にし、その場で約 5 分待機する。予めシステムに登録しておいたスマートフォンに、何回「サルを検知しました」という通知メールが届くかを評価する。本実験において、サルの検知判定は 1 分毎に行われるため、5 分間で 5 回の検知メールが届けば検知成功率が 100% となる。測定後は、テレメトリ発信機の電源を OFF にし、さらに 50m 間隔で距離を取り、同様の実験を行う。検知成功率が 0% になった時点で実験を終了する。

【結果】表 II に示す。

表 II から、半径 750m までは検知成功率が 60% を超えていることが分かる。この 60% とは、サルが観測箱の検知範囲内にいる時、1 分毎に行われるサルの検知判定が 60% の確率で成功するという意味である。サルの移動速度（時速 3.4km 程度）を考慮し、60% の成功確率は本システムにおいて許容範囲内とした。この実験結果から、観測箱の有効検知距離は半径約 750m であることが分かった。

B. 課題の解決度の評価

「I-B 既存の獣害対策とその課題」において、鈴鹿市の獣害対策の課題を以下の 3 つであると記載した。

TABLE II
観測箱の検知可能距離の測定結果

距離 (m)	検知成功確率 (%)
0-350	100
400	80
450	80
500	60
550	60
600	100
650	80
700	80
750	60
800	20
850	0

- 1) サルの位置の捕捉と監視が自動化できておらず、電波受信機の運用者が直接山野に入り、サルを探さなければならないこと。
- 2) サルの位置の捕捉結果が記録（蓄積）されておらず、サルの移動先の予測や、獣害に合う確率の高い農地の予測といった、データを活用した獣害対策への応用が利かないこと。
- 3) 農地にサルが近づいていることを農家が知るすべがなく、即時的な対応（追い払い）ができないこと。

本節では、これらの課題の解決度を評価する。

1) について

「観測箱の検知可能距離の評価実験」より、一つの観測箱当たり、半径約750mまで、電波受信機の運用者なしにサルの位置の捕捉と監視が自動化できることが分かる。

2) について

図7に示したヒートマップより、サルの移動先の予測や、獣害に合う確率の高い農地の予測といった、データを活用した獣害対策への応用が利くことが分かる。

3) について

本システムの運用例「3) 個人利用型配置」や、「III-A 観測箱の検知可能距離の評価実験」より、農家は農地にサルが近づいていることを察知し、即時的な対応が可能であることが分かる。

以上より、本システムは鈴鹿市の獣害に対する課題を解決可能なことが分かる。

IV. まとめと今後の展望

本稿では、主に鈴鹿市の獣害の現状と課題を述べた上で、その課題を解決するための「農地へのサルの接近警戒システム」を、JA 鈴鹿と協力して開発したことを紹介した。本システムの導入により、JA 鈴鹿ならびにその関係者（農家や猟友会など）は、以下の利益を得ることができると考えられる。

- 1) サルの位置の捕捉と監視が自動化できる。したがって、今までその作業に掛かっていた人件費や手間を削減することができる。
- 2) 農地にサルが近づいていることを農家が即時的に知ることができる。したがって、農作物に及ぶ被害を抑えることができる。

- 3) 農作物情報や、サルの検知記録に基づいたサルの出没位置予測（ヒートマップ）により、今後の獣害対策をより効果的に実施することができるようになる。

本システムの今後の展望としては、以下の2点が挙げられる。1つ目は検知精度と位置推定精度の向上である。本システムはサルの検知記録を蓄積するような仕組みになっている。このため、観測箱を量産し、メッシュ型配置で数ヶ月～数年間運用した後の検知データを解析することで、サルの好む場所や移動ルートを明らかにすることができる。また、地形の高度情報や、道路や建物などの建築物情報を活用することで、より高精度なサルの位置推定を実現可能である。2つ目は、サル以外の野生動物への対応である。鈴鹿市ではサルによる農作物被害が大きいですが、その他の野生動物による被害も決して少ないわけではない。本システムをサル以外の野生動物にも適用することができれば、野生動物による全国の農作物被害を大幅に軽減することができる。農業従事者の平均年齢が65.8歳（2010年調査[7]）と高い日本において、本システムのような獣害対策が受け入れられる可能性は今後ますます高まっていくだろうと考えられる。

ACKNOWLEDGMENT

本プロジェクトの進行に当たり、快くご協力くださいましたJA 鈴鹿営農指導課川出洋正様、栗田幸江様、亀山市環境産業部農政室宮崎哲二様、NPO 法人サルどこネット明石武美様、その他獣害対策プロジェクト関係者の皆様に深く御礼申し上げます。

REFERENCES

- [1] 農林水産省、「野生鳥獣による農作物被害状況」, 2014
- [2] 三重県農業研究所 (2008)「獣害対策研究」, <http://www.mate.pref.mie.lg.jp/Marc/jyugai/index.htm>, [accessed 2014-10-08]
- [3] 三重県鈴鹿市産業振興部農林水産課、「鈴鹿市鳥獣被害防止計画」, 2010
- [4] 農林水産省、「野生鳥獣被害防止マニュアル-イノシシ、シカ、サル、カラス（捕獲編）」, 2009
- [5] NPO 法人サルどこネット (2003), <http://www.sarudoko.net/>, [accessed 2014-10-08]
- [6] 戸田春華, 「三重県亀山丘陵におけるニホンザルの行動特性と猿害」, pp.614-634, 地理学評論, (社) 公益社団法人 日本地理学会, 東京, 2007
- [7] 木下大輔他, 「和歌山県における獣害対策の実態と農家および非農家の意識」, 農村計画学会, 2007, pp.323-328