

IoT を用いた獣害対策システムについての検討

大石 海¹ 森信一郎¹

概要: 依然として地方の獣害被害は深刻な状況である。近年 ICT を用いた罠に設置する機器が開発されており、獣害対策に寄与率が高いとされる成獣を捕獲する機能や、罠の状態を見回る回数を減らすために通知機能を有している。近年さらなる高性能化のために罠内外の状態をカメラ画像付きメールで通知するシステムなども開発されている。また、センサーや画像データなどの情報を利活用するためのプラットフォームも存在する。しかし、機能追加により機材が大型化、複数併用しているものもある。システムをメンテナンスする従事者の多くが高齢者であることから、罠の状態を事前に把握することで作業工数を削減することが必要だと考える。また近年の獣害情報を収集し活用する傾向から情報の需要が高まっていると考える。このことから本研究ではメンテナンス工数の少ない IoT インフラを用いた箱罠内外部の情報収集システムの検討を行う。

キーワード: 獣害, 高齢者, IoT

Examination of animal damage control system using IoT

KAI OISHI¹ SHINICHIRO MORI¹

Abstract: The damage caused by animal damage in rural areas is still serious. In recent years, equipment to be installed in traps using ICT has been developed, and it has a function to capture adult animals, which are said to have a high contribution rate to measures against animal damage, and a notification function to reduce the number of times to look around the state of the trap. There is. In recent years, a system has been developed to notify the inside and outside of the trap by e-mail with a camera image in order to further improve the performance. There are also platforms for utilizing information such as sensors and image data. However, due to the addition of functions, the equipment has become larger, and there are some that are used in combination. Since most of the workers who maintain the system are elderly people, it is necessary to reduce the work man-hours by grasping the state of the trap in advance. In addition, it is considered that the demand for information is increasing due to the tendency to collect and utilize animal damage information in recent years. Therefore, in this research, we examine an information collection system inside and outside the box trap using IoT infrastructure with less maintenance man-hours.

Keywords: animal damage, elderly, IoT

1. はじめに

近年獣害被害は深刻な問題として、田畑に侵入し農作物を食べる食害、それに伴う農家の営農意欲減退が指摘されている。食害の被害額として農林水産のデータによると鹿の 56 億円に続き猪の 45 億円と他の鳥獣被害に比べ飛び抜けて大きい被害を出している。[1] また猪による被害は人的被害に及び、朝日新聞デジタル 2021 年 8 月 20 日の記事には、成人男性が猪に襲われた結果死亡した事故が掲載されている。[2] 猪が人の居住区に出没するようになっていくことからさらなる人的被害が懸念される。本論文では猪に焦点を当てて考える。まず初めに猪の特徴としてメスは一度の出産で 4 頭前後の子を産み、生まれた幼獣が繁殖できるようになるには通常 2 年以上かかる。このことからメス成獣の猪を効率的に捕獲することが個体数削減には効果が高いとされている。しかし、罠に使用する箱罠は猪の誘導に時間がかかり、警戒心の高い成獣は捕獲しにくい問題がある。[3] この問題を解決するために近年獣害対策にお

いて IoT や ICT を用いた罠が開発されている。製品の特徴として遠隔捕獲・自動捕獲器、捕獲通知機器、情報活用、生息管理を行うシステムがある。これらは成獣を優先して捕獲するシステムや捕獲情報を通知することで見回り回数を削減するもの。分散した情報を統合、処理し共有する鳥獣情報の見える化や集落全体での対策に用い作業の効率化を図ることを目的としている。しかし用いられる機器は高性能化に伴いメンテナンス工数が増加している。これらのシステムのメンテナンスを行う従事者の多くが高齢者である。下記図 1 [4] に従事者全体に対する 60 歳以上の割合の推移を示す。図からわかる通り平成 22 年度に 60% を超えて以降 65% 前後の高い割合を占めた状態が続いている。高齢な従事者は加齢に伴い身体機能が低下することから、現地での複雑なメンテナンス作業は怪我につながるものが危惧される。近年開発されているシステムを鑑みると効率的に獣害対策を進めるためには罠の情報を事前に把握し、高齢な従事者の作業工数を削減することが必要であると考え。本研究では情報を収集するにあたり IoT ネットワー

¹ 千葉工業大学
Chiba Institute of Technology

クを用いる。IoT ネットワークは安価に情報を収集するための技術である。特徴として低速度、低電力、低通信量が挙げられる。通信の規格として LoRa や sigfox, LTE Cat.1 などがある。[5]本論文では IoT ネットワークを用い分析に用いるためのデータ量を増やす方法を検討する。またメンテナンスを行う従事者が高齢であることを考慮したシステムとする。

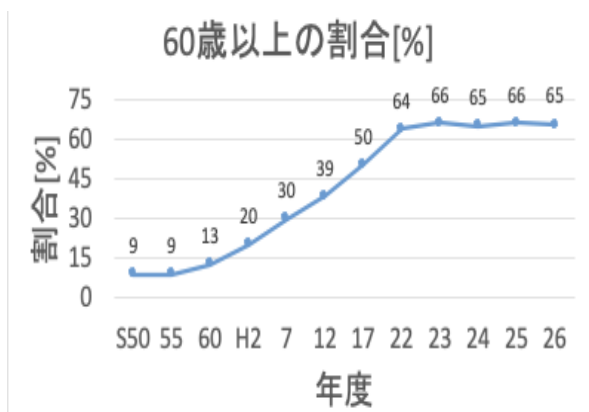


図1 従事者全体に占める 60 歳以上の割合

2. 関連研究

2.1 小型軽量化検討システム

参考文献[6]によると近年開発されている ICT システムの自動捕獲、通知機能により捕獲頭数が増加することが示唆されている。論文内で参考にしてしている参考文献 [7]から既存の罠に比べ 30 頭捕獲にかかる時間が短縮されたことが示されている。通知システムによる効率的な罠の運用によると示唆されていることから情報活用は効果がある。しかし近年開発されているシステムは高性能化に伴い大型化または複数機材を使用する必要があることから、従事者の保守時の負担が増大することが懸念される。また従事者の大半を占める高齢者と箱罠が設置されている環境から転倒する可能性が高く、近年の高性能 ICT システムは高齢な従事者に配慮した作りになっていないことが懸念される。この課題に対し小型かつ軽量のシステムを市販の IoT モジュールで構築することが可能か検討を行なっている。システムの特徴として罠の状態を通知する機能と獣の体高をもとにした成獣を優先的に捕獲する機能を一体化し、自宅で設定を行うことで実地において交換作業をするメンテナンス方法を提案している。従事者が運搬するハードウェアの小型軽量化にあたり、電子トリガーである永電磁ホルダーを外部で着脱可能にすることでメンテナンス時に持ち運ぶ物の軽量化を図っている。また 1CPU 化することで消費電力を小さくしバッテリーの小型化を行っている。1CPU で制御を行うために処理量を軽くする方法として、外部にサーバーを用意し従事者へのメール通知システムを構築している。評価内容として 1CPU で制御することが可能か試作し

評価している。論文のシステムでは罠内部に成獣、幼獣が何回出没したか、捕獲した情報をサーバーに転送している。しかし、罠の内部を監視するように検討しているためデータを大量に集めるには不向きである。

2.2 遠隔捕獲・自動捕獲器

獣の捕獲システムとして参考文献 [8]がある。このシステムは囲い罠に取り付ける機器で自動捕獲機能の他にネットワークカメラによる遠隔監視、罠トリガーの操作が可能となっている。従事者が抱える悩みである見回りの負担や罠の状態、捕獲個体の選択が可能であることから負担を軽減する機能を多く持つ ICT システムである。しかし高性能化に伴いシステムが大型で使用機材が多いという問題がある。従事者の年齢を鑑みると設置、メンテナンスにおいて負担が大きいことが考えられる。また、画像データや動画データを転送することは、少量多種のデータを集める IoT インフラにおいて対応が困難である。

2.3 情報活用システム

情報を共有するシステムの一例として参考文献 [9]がある。このシステムは出没情報や捕獲情報、鳥獣忌避センサ、人による出没情報をメールで収集するシステムになっている。情報を収集することでデータの利活用や作業の効率化、複数の関係者間での情報連携が可能となる。このシステムは情報をもとに鳥獣の有無を AI により自動判断するシステムも兼ね備えている。しかし、多種の情報を集めるためには複数種類の機材を用いる必要があることからメンテナンス工数において高齢な従事者には適していないと考えられる。

2.4 生体管理システム

生息管理システムの一例として参考文献 [10]が挙げられる。このシステムは IoT 自動撮影カメラであり熱感知センサーによる電源投入後、自動撮影した動画や画像をクラウドにアップロードする機能を持つ。しかし、画像データや動画データを送信するため IoT インフラを考えると対応が困難である。

獣害対策に求められることに被害防除、個体数管理、生息地管理がある。個体数の管理、生息地管理を行うためのデータは近年増加した猪の個体数を鑑みると広い範囲で収集する必要がある。開発されているシステムが収集するデータの粒度として、捕獲情報などのセンサーデータレベルのものからトレイルカメラのような画像や動画レベルのもの様々である。現状のシステムで収集できるデータのレベルを罠内部、罠外部、広域に分け、得られる情報を分類する。罠内部は獣の捕獲情報やセンサーデータ、獣侵入時の出没情報がある。罠外部は獣の出没データがある。広域はトレイルカメラによる画像、動画データをもとにした出没情報、獣の行動特徴などのデータがある。これを広帯域

公衆無線と IoT 回線に分類すると、広域公衆無線は広域に分類されるシステムが該当する。次に IoT 回線は罾内部、罾外部が該当する。下記に上記をまとめた図 2 を示す。

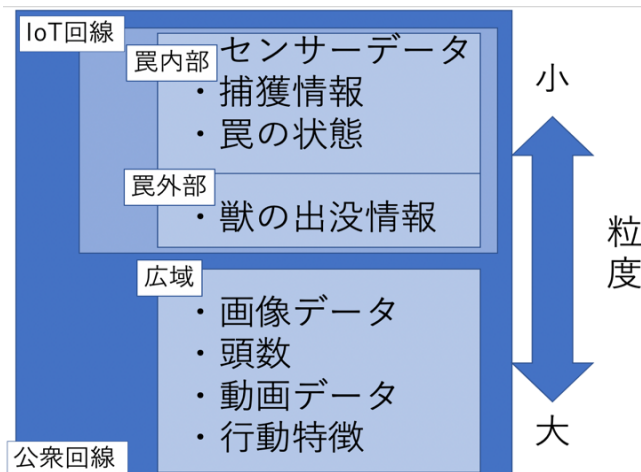


図 2 情報の粒度と回線の分類

近年獣害対策において様々なデータをネットワークに上げるシステムが考案されていることからデータ収集の需要が高まっている。既存のシステムや関連研究の課題として IoT ネットワークの使用にあたり画像や動画データは対応が困難であること。データ収集において使用機材が増加することはメンテナンスを行う高齢な従事者の作業負担増加につながる。分析に用いるデータ量を増やす必要があることが挙げられる。

3. 提案手法

3.1 システムの内容

獣害対策で高まるデータの需要に対し、IoT ネットワークを用い多種のデータを収集することを考える。課題にあげたデータ量増加に対し罾外部のデータまで収集することを考える。獣の出没情報収集にあたり動体検知センサーとカメラモジュールを用いる。カメラ設置箇所について、すでに設置された罾には獣が出没していた、または出没すると判断した要因があることから箱罾にカメラを設置することで猪出没の要因がないところに比べ品質の高い情報が得られると考えた。また収集データ量を増やすため大量に設置することから罾の内部を監視するシステムに組み込むことで使用機材の削減を図りメンテナンスの効率化を図る。効率化を図る上で高齢な従事者が使用することを考慮すると負担を増加させないために獣害対策データ収集システムの構築には小型化が必須となる。このことから本研究では小型軽量でメンテナンス工数が少ない、罾の内外部のデータを IoT 回線を用い収集するシステムを検討する。

3.2 システムの構想

システムを構築するにあたり、小型軽量化を検討した参考文献[6]のシステムに動体検知とカメラモジュールを組み込む。カメラ活用にあたり、参考文献 [11]を参考にす

る。論文で構築されたシステムはトレイルカメラを用いている。論文内で示されている撮影された画像の内訳にあるその他の項目は、カメラ周辺の草が伸びたことでセンサーが反応し撮影されたとある。獣を撮影した枚数とその他を比較すると獣撮影枚数が 245 枚に対しその他が 2450 枚であることから約 90%が獣を捉えていない。草の揺れによる獣の出没時データ以外が大量に混在することが考えられるため、撮影画像を用いた獣検知システムを構築する。

3.3 データ通信量の策定

少量多種のデータを転送するにあたり、画像情報を概念化し獣の出没検知データにすることでデータ量を削減する。データをどこまで削減する必要があるのか検討を行う。システムが通信するデータは獣の出没検知データの他に、罾の動作データ、センサーデータがある。本研究で使用する制御ボード WioLTE JP Version は一度に転送できるデータ量の制約が 1460byte である。このことから検討するシステムでは上記のデータ合計を 1460byte 以下とする。

3.4 データ削減方法の検討

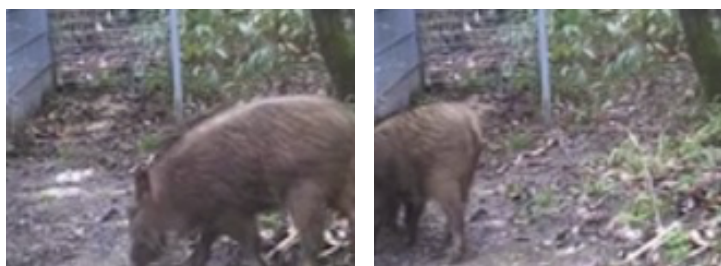
画像データを削減するために出没検知する方法としてフレーム間差分法を用いることを考える。フレーム間差分法とは複数の画像データとともに pixel の変化量を求めることで移動体を検出する方法である。課題として、比較画像間の変化量が少ない場合は塊としての検出が困難となる。塊を抽出する方法として複数の pixel のデータをまとめ、その平均値で比較を行う。用いるカメラモジュールは 24bit color JPEG 出力である。そのためフレーム間差分法を行うにあたり、デコードを行うことで pixel の値を抽出する。デコードは JPEG の DCT 変換をかける pixel サイズである MCU 毎に行うため、まとめる単位として MCU の大きさを用いる。

3.5 フレーム間差分法の評価

実際のトレイルカメラのカラー画像をもとに本システムで提案した塊検出について評価を行う。使用する画像はネット上の実環境のカラー動画から場面が連続している範囲内のフレームとした。切り出した場面は 4 種類、内 2 場面は 4 フレーム残り 2 場面は 3 フレーム切り出した。動画から画像を切り抜くにあたり時間間隔は 6 秒とした。画像のフレームサイズは本システムで使用する 160 × 120pixel に合わせる。MCU サイズについては PNG 画像データを JPEG に変換しプログラムで確認したところ、16 × 16pixel であった。この範囲で pixel データを平均し、差分を確認することで獣が写っているまたは写っていたフレームの変化量と写っていないフレームの変化量を確認する。

獣が写っている範囲の変化量の最大値を各場面ごとに抽出した結果 61, 120, 42, 83 であった。このことから場面における変化量最大値の中で最も小さい値が 42 であるこ

とがわかる。次に獣が写っていない範囲の変化量の最大値を各場面ごとに抽出した結果、31, 48, 34, 19であった。48の数値は獣による影ができたことによって生じている。同場面における獣が写っていない範囲での最大値は15であった。このことから獣が映らない状態での変化量の最大値は34であるとする。以上より34から42の範囲で動物検出の閾値を設定することで検知できると考える。次に画像データの削減について確認を行った。撮影した160×120pixelのJPEG画像データは5004byteに対し削減後のデータは最大3桁の数字を文字列に格納し送信するため3byteに削減できた。下記図3に評価に使用した画像例を示す。



出典:https://www.youtube.com/watch?v=0T_xtUeczJA
 (参照 2021-12-17)

図3 フレーム差分法評価画像例

3.6 カメラ、動物検知センサー設置角度の策定

罾の入り口は獣が侵入しやすい方向に向けて設置することが有効とされている。箱罾の大きさは高さ1m、幅1m、奥行き2mで、成獣を捕獲するためにはトリガーの設置位置を奥行き120cmに設置することが有効とされている。[12]このことからカメラモジュールと動物検知センサーを罾の入り口方向に向け設置し、罾の外側を撮影するために適した角度を決定する。カメラモジュールの設置角度を評価するため罾に取り付ける高さから写真を撮り、撮像範囲の確認を行う。端末設置位置からの距離がわかるように床に巻尺を設置し撮影を行った。カメラモジュールに取り付けるレンズは広範囲を監視するために広角レンズを用いた。モジュールボックス側面に対しレンズを平行に設置した状態で撮影したデータを確認したところ、カメラ設置場所から撮影された地面までの距離は205cmであった。このことからカメラモジュールの縦の撮影範囲はレンズ中心から約60度であることがわかる。箱罾に対しボックスを設置する位置が120cmであるため、箱罾の入り口から85cm先の地面以降を撮影することになる。撮影範囲は箱罾の入り口周辺から外側であることが望ましい。このことからカメラモジュールを設置する角度を45度とする。

次に動物検知センサーの設置角度について、センサー部に縦にスリットを入れる形で覆いをし120cm地点で反応する高さを確認する。スリットの幅は2mmとした。確認

を行ったところ地上高約15cmで反応した。ターゲットとする猪の体高を考えると一歳の垂成獣で50cmあることから動物検知センサーはモジュールボックスの壁と並行につけるものとする。機材設置のイメージを下記図4に示す。

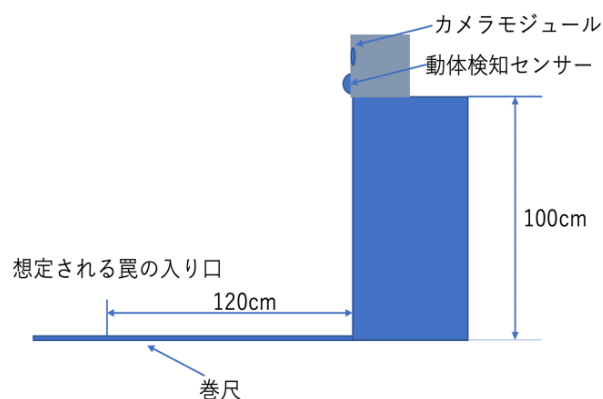


図4 動物検知センサー、カメラモジュール設置イメージ

3.7 撮影タイミングと撮影間隔について

本システムでは動物検知センサーによる電源投入後、カメラによる撮影を行う。獣出没検知にフレーム差分法を用いるため、少なくとも2枚以上の画像が必要となる。参考文献 [13]では、撮影可能間隔が1分間、3回シャッターが切れるように設定している。本システムでは1度の動物検知センサーの電源投入時間を1分とし、3回写真を撮影する。

3.8 システムに求められる仕様

構築するシステムの構成を下記図5に示す。

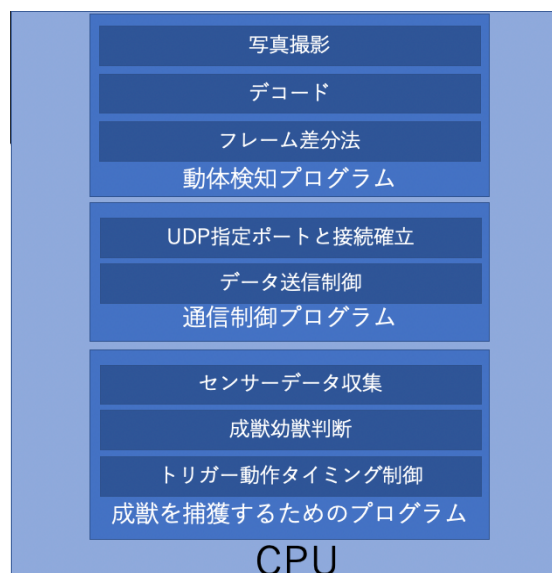


図5 システム構成図

小型システムを構築するためにバッテリーサイズは変更しない。参考にしたシステムは罾の内部を監視し成獣を捕獲するシステムと罾の状態を通知するシステムを1CPUで制御することで消費電力量を削減しバッテリーの

小型を図っている．このことから本システムは上記システムに加え獣の出没検知を1CPUで行う．

4. 評価実験

本論文ではシステムを構築し，参考文献[6]で使用したモジュールボックス内にシステムが収まるのか，重量が目標値をクリアしているか評価する．次にシステムが1CPUで動作するか，想定動作をもとに確認を行う．また想定動作における消費電流量を確認し，目標とする日数稼働が可能か試算を行う．

4.1 システムの概要

下記図6に全体システムのフローを示す．

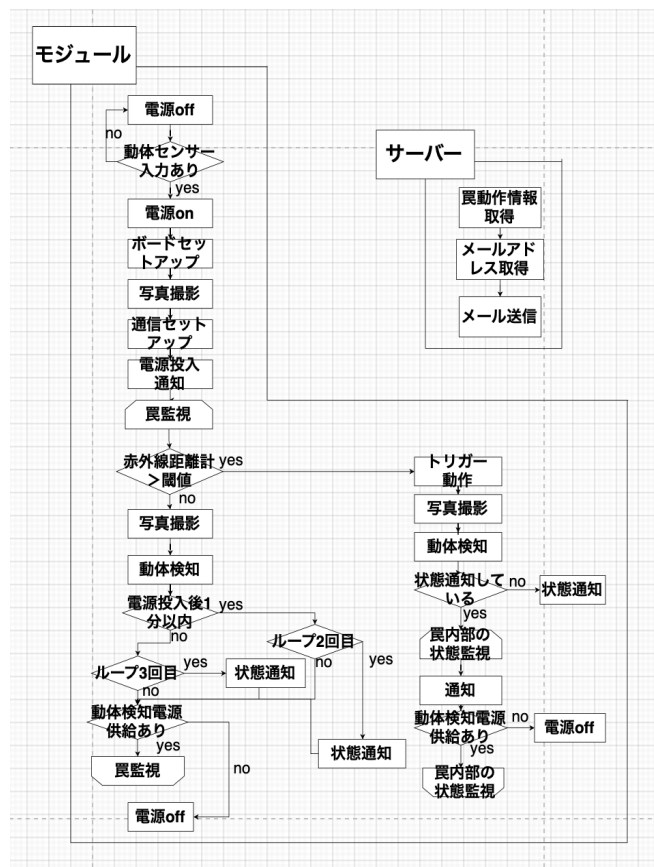


図6 動作フロー

本システムのフローとしてまず初めに罾に設置された端末が動体検知センサーによって起動し，ボードのセットアップ後1枚目の写真を撮影する．撮影終了後通信を確立し，システム起動通知として設置したモジュール番号，電源投入フラグ，箱内赤外線距離センサの値を外部に用意したサーバーに転送する．転送終了後，獣の体高をもとにした成獣幼獣判断プログラムが動作する．設定した高さ以下であった場合写真を撮影し，カメラ画像から動体検知プログラムによる獣出没検知を行う．電源投入後の1分は2回の動体検知プログラム動作後，その後は3回のプログラム動作後にセンサーデータによる罾の内部状態と獣出没検知の結果をサーバーに転送する．設定した高さ以上であった

場合は永電磁ホルダーを作動させ罾の扉を閉める．その後再度写真を撮影し動体検知を行い，出没検知の情報と捕獲した情報，センサーデータを転送する．通信後，赤外線距離センサー，三軸加速度センサによる x, y, z データを収集し罾の内部状態を定期的に転送する．サーバーは受信データから罾の動作情報を確認する．動作している場合サーバー内のデータベースに登録されたアドレスに向け捕獲情報を通知するシステムになっている．

プログラムを作成し各処理にかかる時間を計測した．その結果，電源投入後のボード，通信のセットアップが約28秒，写真撮影とデータ保存時間が約5秒，画像から獣を検知するまでの時間が約5秒，通信は約0.5秒，トリガーの動作は1秒であった．1度の想定動作時間1分の残り時間は赤外線距離計による獣の体高判断に用いるものとする．このことから赤外線による成獣幼獣判断時間は $60 - 28 - (5 \times 3) - (5 \times 2) - (0.5 \times 2) = 6$ 秒になる．よって監視時間を3秒とする．動作と時間を下記表1を示す．

表1 各動作と時間

動作	セットアップ	写真撮影	獣検知	内部監視	通信	トリガ動作
秒数 [秒]	28	5	5	3	0.5	1

4.2 システムの構成

構築したシステムの接続図とシステム構成図を下記図7, 8に示す．

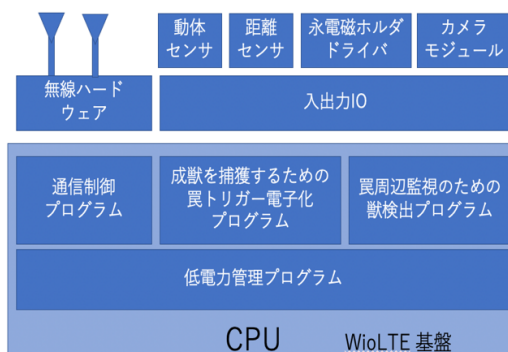


図7 構築システムの接続図

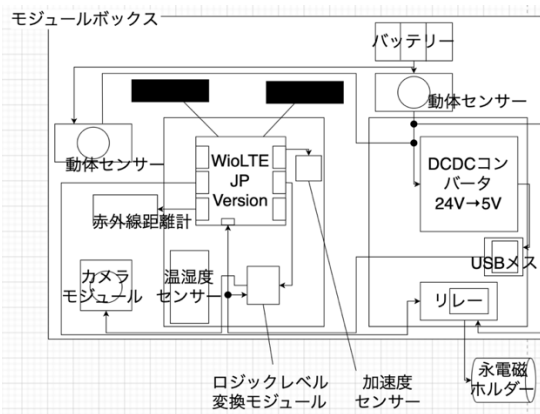


図8 システム構成図

使用機材

制御ボード WioLTE JP Version, バッテリー9V 650mAh リチウムイオン充電電池, 赤外線距離センサー SHARP 2Y0A21 F83, 動体検知センサー TDL-2023, 永電磁ホルダー LE80, DCDC コンバータ CPT C240505, モジュールボックス TA191209T, リレー Grove Relay v1.2, 加速度センサー Grove 3-Axis Digital Accelerometer v1.3, 温湿度センサー Temperature&Humidity Sensor v1.2v, カメラモジュール Grove Serial Camera Kit, UART レベル変換器 4ビット双方向ロジックレベル変換モジュール BSS138 使用, 東芝 16GB microSD card

4.3 評価結果

評価を行うにあたり小型軽量化の評価, 処理能力の評価, 消費電力の評価のためにデータを削減しない場合とデータを削減した場合についてそれぞれデータを計測し比較を行う。

大きさ

IoT を用いた獣害対策で使用したボックス TA191209T を小型化の目標値として定め, ボックス内に収まるか評価を行った。結果収まったことから小型化について実現可能とする。次に重量について目標値は参考文献[6]を参考にし 1 Kg 以下とする。UH-3201-W を用い計測をおこなった。永電磁ホルダーを取り外したメンテナンス時に持ち運ぶ重量を計測したところ 819g であった。目標値に対し下回っていることから軽量化したと考える。構築した罠設置ボックスの画像を下記図 9 に示す。

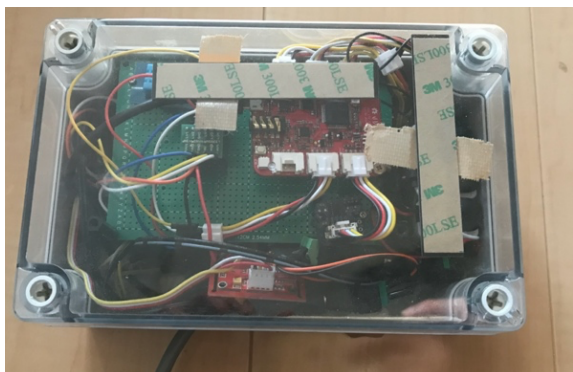


図 9 構築した罠設置ボックス

動作

動作について評価する内容はまずプログラムを書き込み, CPU の処理能力が十分であるか確認する。次に本システムで組み込んだ動体検知が移動体を判定するか確認する。最後にデータの通信について再送処理をなくした状態で通信が確認できるかを評価する。初めに CPU の処理能力については両プログラムで動作確認ができたことから処理能力は十分であることがわかった。動体検知は制作した PoC を地上高 1m に設置し, そこから 120cm 離れた地点に高さ 30cm の物体を設置した。その後電源投入を行い, 10

秒後物体をレンズに移らない場所に移動させた。比較を行うにあたり電源投入後, 移動物体が映り込まないようにした状態も確認した。評価の方法は送信データ内に物体の反応があった場合値を返すパラメータを用意することで判断を行った。結果は物体を移動させたときパラメータに値が入っていた。これに対して移動体が映り込まないようにした場合はパラメータは 0 のままであった。ことから移動物体があったことを判定したと評価する。次に通信について評価を行う。各 5 回動作させ確認を行った結果, 画像データを送る場合データの欠損なく受信を確認した。データを削減した場合, 電源投入データ, 罠内部データともに 5 回とも受信された。このことから両システムともにデータ収集が可能であることを確認した。

消費電力

消費電力の検討にあたり設置対象の罠の状態は餌付けを行っているものとする。餌を交換するタイミングでメンテナンスを行うため, 動作期間は餌の交換期間となる。これにあたりシステムの動作フローを電流値計測のためシーケンスに分け, 各シーケンスでの動作時間と消費電流値の平均を算出する。

・画像データを転送する場合

画像データを転送する場合について, 1 枚の画像を転送するにあたり 6 回通信を行う。また, 罠内を監視するセンサーデータはデータ削減時とは異なり, カメラによる画像データ送信を 3 回行うごとに罠の内部の状態データを転送する。1 枚の画像を転送するために必要な時間は約 2 秒だった。想定動作時間 1 分の残り時間は赤外線距離計による獣の成獣幼獣判断に用いるものとする。監視時間の合計秒数は $60 - 28 - (5 \times 3) - (2 \times 3) - 1 = 10$ 秒であることから写真撮影間の監視時間は約 5 秒とする。消費電流の計測にあたり動作フローをもとにシーケンスに分ける。動体検知センサーによる電源制御を待機モード。電源投入後からボード, 通信をセットアップする設定モード。写真撮影を撮影モード。カメラ画像の転送を画像転送モード。データの転送を行う動作を通信モード。獣の体高を基とした成獣幼獣判断を監視モード。成獣判別をした際のトリガー動作を捕獲モードとする。電流値の計測にデジタルマルチメーター CD732 を用いた。電流値の計測箇所はバッテリーと動体検知センサーの間で行った。待機モードで用いる動体検知センサーは低電力動作のため使用したデジタルマルチメーターでは計測ができなかった。待機モードの消費電流値は参考文献[6]の値を用いる。本システムでは動体検知センサーを 2 つ使用するため消費電流を 2 倍とする。よって待機モードの消費電流は 0.04mA とする。他の各フローによる消費電流は設定モードが 73mA。撮影モードが 55mA。画像転送モードが 78mA。通信モードが 85mA。監視モードが 58mA。捕獲モードが 558mA であった。下記

図 10 に画像データを転送する場合の各シーケンスの消費電流を示す。

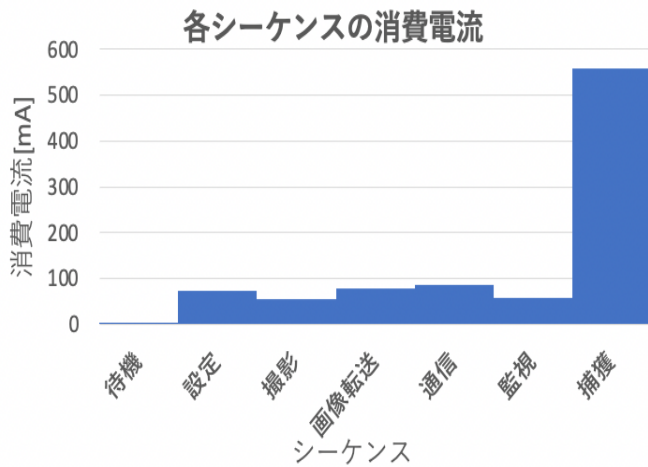


図 10 画像データを転送する場合の各シーケンス消費電流

・データ削減を行う場合

データ削減を行う場合の動作時間は 4.1 システムの概要にある時間とする。計測に当たりシーケンスとして、動体検知センサーによる電源制御を待機モード。ボード、通信のセットアップを行う設定モード、写真撮影を撮影モード。カメラ画像をもとにした獣出没検知を出没検知モード。データの転送を行う動作を通信モード。獣の体高を基とした成獣幼獣判断を監視モード。成獣判別をした際のトリガー動作を捕獲モードとする。各シーケンスにおける消費電流は設定モードが 73mA。撮影モードは 55mA。出没検知モードは 61mA。通信モードは 85mA。監視モードは 58mA。捕獲モードは 558mA であった。また、待機モードについては上記と同様に 0.04mA とする。下記図 11 にデータ削減を行う場合の各シーケンスの動作電流を示す。

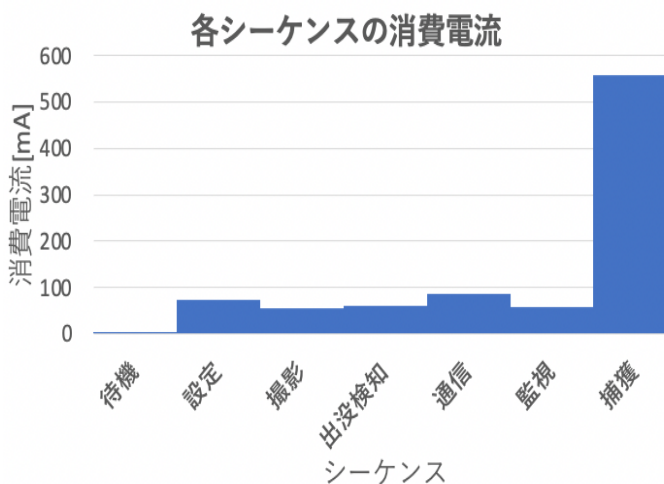


図 11 データ削減を行う場合の各シーケンス消費電流

推定稼働時間の評価

シーケンスをもとに消費電力とバッテリーから連続稼働時間の試算を行う。稼働時間の評価にあたり想定動作の検討を行う。

・想定動作

参考文献 [14]によると群れ構成における滞在時間の差として、成獣幼獣混合群が最も長く平均 2066 秒であることが示されている。このことから一度の罾周辺の滞在時間を 2066 秒とする。これを分に直すと 34.43 分である。構築したモジュールのシステムは電源投入後 1 分稼働することから獣の 1 度の出没で 35 分間動作する。獣の出没頻度については同論文内に調査実施期間 142 日間で鳥類を除き 257 回撮影されている。ここから 1 日あたりの動作回数を算出すると 1.8/日となる。罾のメンテナンス頻度は同論文によると週に 1-2 回餌付けに行くとする。このことから餌交換タイミングを 3 日に 1 回とする。餌付けを行う場合の想定動作として 3 日間で 5 回動作し、1 度の動作時間は 35 分とする。次に草葉の揺れによる誤動作の回数として、参考文献[11]の 5/15~6/12 に撮影されたその他の枚数から 3 日間で $978 \div 29 \times 3 \approx 102$ 回動作するものとする。この動作は電源投入後 1 分間の動作とする。また、3 日の内に一度トリガーが動作したものとして試算を行う。

稼働時間

想定動作と計測した消費電流から推定稼働時間を試算する。待機モードとして動作する時間は $3 \times 24 \times 60 - 35 \times 5 - 102 = 4043$ 分となる。次に設定モードの秒数は合計で $28 \times (5 + 102) = 2996$ 秒となる。以降画像データを送る場合とデータ削減のそれぞれにおいてバッテリー容量から稼働時間試算を行う。

画像データを送る場合、最初のセットアップ以降罾内部監視、撮影、データ転送の動作を 3 回行った後にデータ通信する流れをループすると考える。この各動作にかかる時間が罾内部監視に 5 秒、撮影に 5 秒、画像転送に 2 秒、通信に 0.5 秒となる。このことから一度の動作ループにかかる時間は $5 \times 3 + 5 \times 3 + 2 \times 3 + 0.5 = 36.5$ 秒となる。またこの間の消費電流値は $5 \times 3 \times 58 + 5 \times 3 \times 55 + 2 \times 3 \times 78 + 0.5 \times 85 = 2205.5$ mA となる。35 分の動作内で発生する回数が $(35 \times 60 - 28) \div 36.5 \approx 57$ 回である。3 日間で 5 回動作することから合計で $57 \times 5 = 285$ 回繰り返す。また 3 日間の間に一度 1 秒間永電磁ホルダーが動作すると考える。このことからおよそその 3 日間合計消費電流値は $4043 \times 60 \times 0.04 + 2996 \times 73 + (285 + 102) \times 2205.5 + 558 = 1082497.7$ mAs である。

次にデータ削減時について試算する。セットアップ以降罾内部監視、撮影、出没検知の動作を 3 回行った後 1 回罾の状態データ通信の流れをループすると考える。この各動作にかかる時間は罾内部監視に 3 秒、撮影に 5 秒、出没検

知に5秒、通信に0.5秒となる。このことから1度のルー
 プにかかる時間は $3 \times 3 + 5 \times 3 + 5 \times 3 + 0.5 = 39.5$ 秒とな
 る。またこの間の消費電流値は $3 \times 3 \times 58 + 5 \times 3 \times 55 +$
 $5 \times 3 \times 61 + 0.5 \times 85 = 2304.5$ mA となる。35分の動作内
 で発生する回数は $(35 \times 60 - 28) \div 39.5 \approx 53$ 回である。3
 日間で5回動作することから $53 \times 5 = 265$ 回繰り返す。ま
 た上記と同じく永電磁ホルダーは1度だけ動くものとする。
 このことからおよそ3日間合計消費電流値は
 $4043 \times 60 \times 0.04 + 2996 \times 73 + (265 + 102) \times 2304.5 +$
 $558 = 1074720.5$ mAhとなる。

本システムでは9V650mAh充電電池を直列に3本繋いでい
 る。充電容量として表記された容量 $650 \times 0.8 = 520$ mAh
 に対し比較を行う。その結果両プログラムとも想定動作に
 おける消費電力がバッテリー以下の消費電力であったこと
 から想定動作における稼働時間は目標値をクリアした。下
 記表2に想定動作における連続稼働時間の試算を示す。

表2 プログラムと罠管理状態による稼働時間比較

プログラム\罠状態	管理罠
画像データ送信	5.1日
データ削減	5.2日

5. まとめと今後の展望

本研究ではIoTネットワークを用い、獣害において少量
 多数のデータを収集するシステムの検討を行った。システム
 における収集データ量を増やすために罠外部のデータを
 収集することを考えた。獣の出没用法収集にあたり、設置
 されている罠にカメラモジュールと動体検知センサーを取
 り付けることでデータの精度が向上すると考えた。高齢な
 従事者がメンテナンスを行うことを考慮し、メンテナンス
 工数を削減するため参考文献[6]による獣捕獲と通知シス
 テムに組み込むことを考えた。カメラを組み込むにあたり、
 画像データをそのまま送信することはIoT回線には適さない。
 データを削減する為に、フレーム間差分法を用いた獣
 出没情報を送信データとすることを考えた。これらの検討
 に対し、高齢者向けの小型軽量のシステムの考え方に反し
 ない大きさ、重量になるか、カメラを用いた獣検知シス
 テムを組み込み1CPUで制御できるのか構築して動作の確
 認を行った。また動作をシーケンスに分け、各シーケンス
 における消費電力と想定動作をもとに目標とする日数連続
 動作可能か試算を行った。結果として動作の確認、大きさ、
 重量、想定動作における連続稼働時間が目標値を達成した
 ことから実現可能と評価した。また動体検知プログラムが
 実際の画像において有効か評価を行った結果、獣が写った
 範囲の差分が写っていない範囲の差分に比べ大きいことか
 ら有効性を示唆した。

本論文では提案システムの構築について実現可能である
 と評価した。今後の課題として実環境における動作試験と

データ収集の評価を行う必要がある。また、カメラモジュ
 ールはカラーカメラであるため夜間に動体検知センサによ
 る電源投入がされても移動体が撮影できない為別の方法を
 検討する必要がある。

6. 参考文献

- [1] “鳥獣被害の現状と対策 令和3年10月農林水産省農村振
 興局”。
<https://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/attach/pdf/index-349.pdf>,(参照 2021-12-17)。
- [2] “朝日新聞 DIGITAL 「イノシシに襲われ?男性死亡、体に
 傷7カ所 大阪の村道」 2021年8月20日6時45分”。
<https://www.asahi.com/articles/ASP8N054TP8MPTIL02N.html>,(参照 2021-12-17)。
- [3] “箱わなに対するイノシシ成獣と幼獣の行動の相違”。
<https://www.pref.shizuoka.jp/sangyou/sa-850/26f.pdf>,(閲覧日
 2021-12-17)。
- [4] “農林水産省(2017).第三節 獣害被害への対応”。
https://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h28/h28_h/trend/part1/chap3/c3_3_00.html,(参照 2021-12-17)。
- [5] IoT技術の最新動向。鈴木一哉, 森本昌治, 岩井孝法, 通
 信ソサイエティマガジン No.45 夏号 2018 p12-20。
- [6] IoTを用いた獣害対策。大石海, 森信一郎, 研究報告コ
 ンシューマ・デバイス&システム, 2021-CDS-31,
 2021-5-13, 1号。
- [7] 野生獣類捕獲罠におけるICT利用の費用対効果-囲いわ
 なのICT利用前後の比較-。中村大輔, 佐藤正衛, 平田滋
 樹, 山端直人, 竹内正彦, 農業経営研究 2019年57巻2号
 p83-88。
- [8] “ロボットまるみえホカクン”。
https://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/kiki_jo_uhou/attach/pdf/kiki_jouhou-11.pdf,(参照 2021-12-17)。
- [9] “鳥獣害対策システム”。
https://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/kiki_jo_uhou/attach/pdf/kiki_jouhou-17.pdf,(参照 2021-12-17)。
- [10] “ハイクカム”。
https://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/kiki_jo_uhou/attach/pdf/kiki_jouhou-35.pdf,(参照 2021-12-17)。
- [11] “農作業と鳥獣の自動記録・自動判別システム”。
<https://www.taf.or.jp/files/items/1558/File/%E9%AB%98%E6%9C%A8%E6%AD%A3%E5%89%87.pdf>,(参照 2021-12-17)。
- [12] “イノシシの撮り逃しを防ぐための箱罠の仕掛け”。
<https://www.pref.nagasaki.jp/e-nourin/nougi/theme/result/H27seika-jouhou/shidou/S-27-01.pdf>,(参照 2021-12-17)。
- [13] 自然撮影カメラを用いた静岡市中山間地の哺乳類の確認
 とその有効性について。三宅隆, 佐々木彰央, 東海自然史
 (静岡県自然史研究報告), 2011, 4号, p15-24。
- [14] イノシシ成獣と幼獣の箱罠に対する警戒行動の違い。石
 川圭介, 片井祐介, 大橋正孝, 大場孝祐, 日本畜産管理
 学会誌, 2015年51巻1号 p20。