

電子制御を活用した獣害防止システムの開発

仲森昌也*、小原雅楽**、東田圭太***、坂本直弥**、齊藤公博*

Development of a Prevention System for Beasts Damage Using Electronic Control

Masaya NAKAMORI*, Uta KOHARA**, Keita HIGASHIDA***, Naoya SAKAMOTO**, Kimihiro SAITO*

We discussed the method to detect and repel the beasts found in the factories in Nabari-city. This study has been led by the students as an education in community-based project-based learning (PBL). The PBL Project has started since 2018. We describe the development on the utilization of the sensor networks, the tools to repel the animals, and detection method of boars by using the machine learning technique. We had installed the developed systems in the yard of the factory and confirmed the operation. In 2020, the transfer learning technique was implemented to make a learning model applicable to detect boars. The developed model runs faster and effectively to detect and distinguish boars from humans.

Keyword Electronic Control, Machine Learning, Internet of Things(IoT), Project-Based Learning(PBL)

1. はじめに

近畿大学高専の所在地である三重県名張市の鳥獣による被害額の合計は平成 30 年度については 1122 万円であり、その内訳の大半はニホンジカ(501 万円)とイノシシ(489.8 万円)となっている¹⁾。この中のイノシシについては、工場敷地内に入り込んでエサを物色するため土地を荒らし、人との衝突による被害が起きる可能性が高くなっており、地域からの問題解決要望が高くなってきている。

著者らは名張市との協力によりイノシシによる獣害問題に着目し、電子工学を応用した地域課題解決型学習(PBL, Problem-Based Learning)に取り組んでいる。

本研究では、2018 年度から行ってきたセンサネットワークを活用した獣害防止システムの開発、および 2020 年度から行っている電子制御と機械学習を活用した獣害防止システムの開発について報告している。

2. 獣害防止システムの開発

2-1. センサネットワークを活用した獣害防止システムの開発(2018 年度～)

2-1-1 目的

2018 年度は、対策の準備としてイノシシ等の害獣が工場へ

どのように進入しているかの状況を正確に把握し、電子制御を活用した追い払い装置を開発することを目的とした。

2-1-2 手法

① 害獣の進入状況を把握するための装置の開発

焦電型赤外線センサと小型のシングルボードコンピュータ(Raspberry Pi)²⁾を用いてインターネット経由で LINE に通知するシステムの開発を行った(図 1)。センサが反応すると、モバイルルーターを通して通知を行うと共に、赤外線投光器と赤外線カメラが作動し、画像を撮影する。長期間の自動観察を行うために、電源として自動車用のバッテリーを用いている。実際には、センサの反応距離が短いため動物をうまく捉えることができず、改良が必要であった。

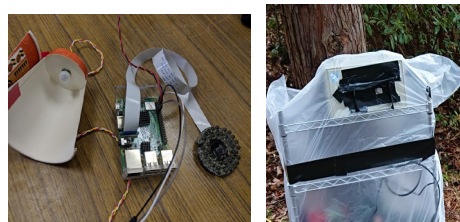


図 1 焦電センサを用いた監視装置

また、並行して監視カメラと HDD レコーダ記録を行い、害獣の侵入状況を確認した。工場敷地内に設置した装置を図 2 に示す。

*近畿大学工業高等専門学校

総合システム工学科 電気電子コース

**近畿大学工業高等専門学校専攻科

生産システム工学専攻 電気電子工学

***竹内電機株式会社



図 2 工場敷地内に設置した監視カメラおよび記録装置

② カラーセンサとレーザを用いた長距離センシング装置の開発

焦電型赤外線センサによるセンシング距離は数 m で環境によっては 2m 程度となってしまうため、工場のような広い敷地には向いていない。そこで、カラーセンサ[デジタルカラーセンサ S11059-02DT(浜松ホトニクス製)] および可視光レーザ[JPM-1-3 (A4) APC (Light Vision Tech., Corp.製)]を用いた長距離センシング装置の開発を行った。

コリメートされたレーザ光を物体が遮るときの光量の変化を利用してセンシングする装置を作製した。緑色レーザ光を用い、カラーセンサの RGB 値の G の値だけで判定できるようにした。距離に対する受信レーザ光の強度を図 3 に示す。この図より、昼間と夜間とでは、バックグラウンドの明るさが異なるため、On-Off の閾値を変更する必要があることがわかる。

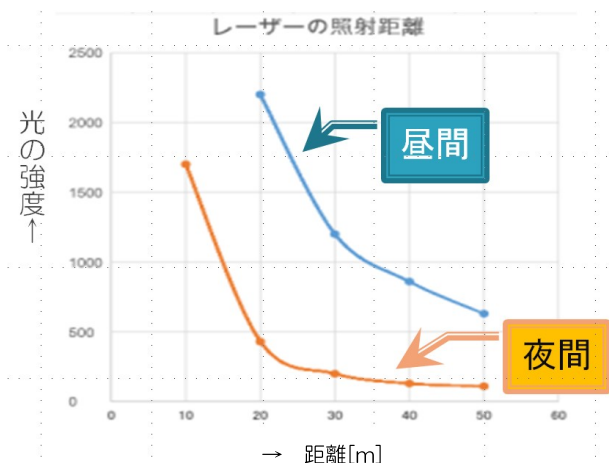


図 3. レーザ遮断光量を用いた長距離センシングの実験結果 (JPM-1-3 (A4) APC)の距離に対するカラーセンサの光強度の変化。使用した緑色レーザ:ダイオード励起固体レーザ(DPSS)、波長:532nm(緑色)、出力:1mW 以下(0.3~0.9mW)

昼と夜とのバックグラウンドの違いについては、緑以外の赤と青の値を使って計測し、自動で On/Off の閾値を変化させることができることがわかった。

③ 追い払い装置の製作

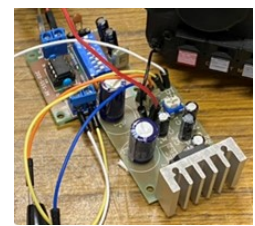


図 4 製作した気中放電装置(左)とマルチ発振器とアンプ(右)

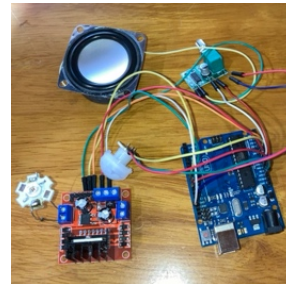


図 5 超音波(左)と高出力 LED(右)による追い払い装置

追い払い方法については、装置と設置方法の工夫により人体に影響を与えないようにする必要がある。今回は、強力なLEDを用いた光による方法、20kHz の超音波による方法、小型気中放電装置等を開発した。図4および図5に作製した放電装置と超音波発生用の発振器およびアンプを示す。

気中放電装置は火花と音により害獣を撃退する。また、超音波は通常のスピーカーを想定しているが、音声域を超える周波数のため、発振器と増幅器を新規に調達・作製した。

2-1-3 結果

上記のセンサ駆動・インターネットによる LINE へ通知装置の開発に成功した。可視光(緑)レーザとカラーセンサを用いてバックグラウンド光除去による昼夜センシング、および 20m 以上のセンシング距離が可能である。

追い払い装置として、センサの反応により、①強力なLEDを用いた光を用いる装置、20kHz の超音波による装置、小型気中放電装置を作製した。

2018 年の冬に、並行して工場敷地内に設置した監視カメラ・記録装置を 1 カ月程度稼働させて観測したが、小動物が 1 度捉えられたのみであり、イノシシ等の害獣侵入の観測は現状ではできていない。

2-1-4 考察

侵入経路を把握するために今回用いた監視カメラ・記録装置は、単純な画像変化による録画開始システムとなっており、太陽光と雲の具合、風による木のゆらぎ、雨や虫の飛来等に反応してしまう問題があった。この解決策として、サーモカメラや機械学習による画像認識システムの開発を行っている。

2-2. 電子制御と機械学習を活用した獣害防止システムの開発(2020 年度)

2-2-1 目的

これまでの焦電型赤外線センサや超音波センサなどによる追払い装置では、人間と害獣を判別できず、無差別に追い払いを実行してしまうことになる。そこで、2020 年度は AI による画像認識を用いて害獣を判別し、追い払いを実行する検討を行った。人間と害獣を誤認しない認識精度が必要であるが、画像認識を実行し、即座に追い払いを実行する為の画像認識の速度も必要である。今後の獣害対策で使用する学習モデルを決定する為に、様々な学習モデルの推論スコアと推論に必要な時間を調査した。

2-2-2 手法

システムの制御に「Raspberry Pi 4」、AI による画像認識の処理を実行するプロセッサに Google の「Coral Edge TPU USB Accelerator」³⁾を使用した。「Raspberry Pi 4」は、高速通信・大電力供給可能な USB3.0 規格の端子を搭載しており、高速演算可能な外付けの AI プロセッサを最大周波数で使用できる。

Google の「Coral Edge TPU USB Accelerator」はエッジデバイスで機械学習推論を実行するために開発されたシングルボードコンピュータである。USB3.0 接続でエッジデバイスに接続し、機械学習推論を容易に行うことができる。また、消費電力も 2.5 ワット程度と省電力である。これらにより、画像認識の処理を端末側で実行できるようになり、山間部などモバイルデータ通信の通信圏外においても、画像認識の推論を実行することが出来る。

既存の学習モデルとして、Coral が Edge TPU 向けに作成し、配布している画像分類用のモデルを使用した。Efficient Net、Mobile Net、Inception の三種類が配布されている。

今回識別する害獣を含む動物と人間について、目的に合った判定を行うために、既存のモデルを用いて転移学習により新たなモデルを作成した。転移学習とは、学習済みのモデルを利用し、少ない学習データ量と学習時間で、新しい学習モデルを作成する手法である。Mobile Net の学習済みモデルを使用し転移学習を行い、出没の多い鹿、猪、猿、そして人間について各画像 40 枚程度用意し、ラベルを作成した。本も出ると、配布されている学習済みのモデルを用いた場合の画像分類の推論時間、推論結果、スコアを比較した。また、対象の各害獣の全体が小さく写っている場合についてもスコアを比較し、誤認識率を調べた。

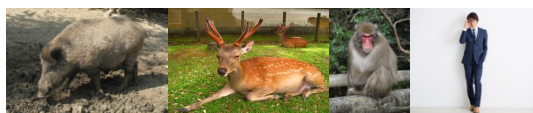


図 6-1 対象が大きく写っている画像の例



図 6-2 対象が小さく写っている画像の例

2-2-3 結果

それぞれのモデルはサイズが異なり、Edge TPU のメモリへの読み込みに掛かる時間による推論時間の違いがあった。それぞれの平均推論時間を図 7-1 にまとめた。最初にモデルを Edge TPU に読み込む時間を含めた初回の推論時間と、読み込み後の推論のみの時間の 2 種類を示した。

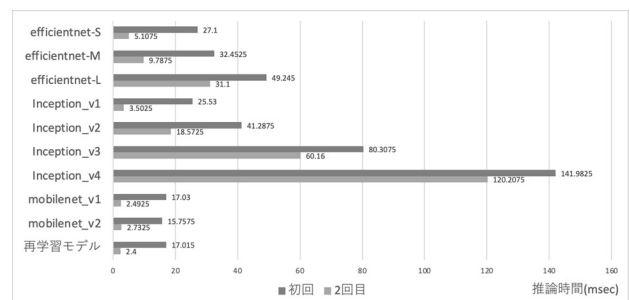


図 7-1 推論時間の平均

どのモデルを使用しても、推論時間は 1 秒以下であることが分かった。次に、猪、鹿、猿、人間の認識結果とスコアを調べた。画面サイズと比較して、各対象が大きく写った画像と小さく写った画像を 10 枚ずつ用意した。大きく写った画像の結果を図 7-2 に、小さく写った画像の結果を図 7-3 に示す。

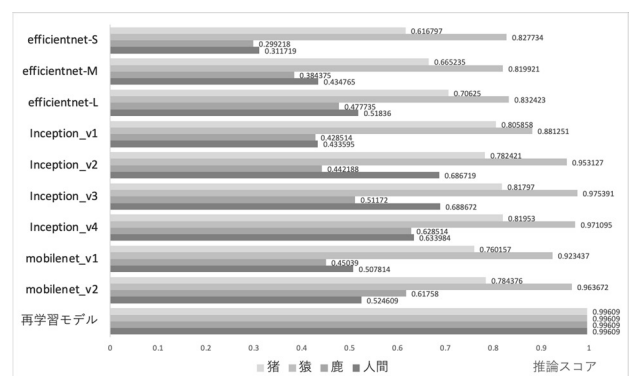


図 7-2 大きく写った画像の推論結果の平均

猿はどのモデルにおいても高いスコアで推論することが出来ているが、猪、鹿、人間などは、殆どが 8 割以下のスコアになっていた。転移学習で作成したモデルにより、9 割以上の高いスコアで推論が出来ていた。配布モデルでは、人間画像の推論結果は生物としての分類ではなく、服装で分類されていた。また、猿、猪、鹿なども、それらの種類まで分類されていた。対象が小さく写った場合の推論結果では、殆どの

画像分類モデルのスコアが落ちているが、再学習したモデルでは8割以上の高い平均スコアを保っている。

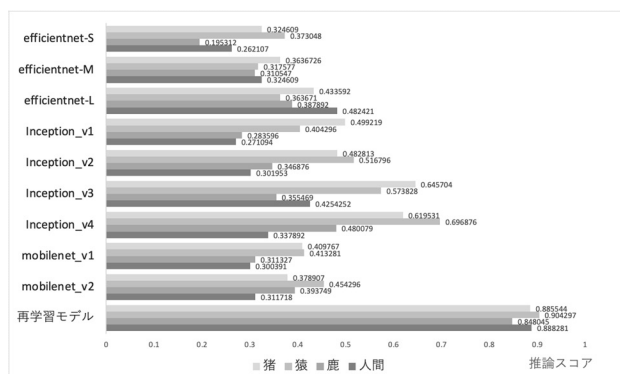


図 7-3 小さく写った画像の推論結果の平均

製作した害獣追い払い装置は、エッジ AI による画像認識によって害獣と判断した場合に、超高輝度 LED の点滅による威嚇、20kHz の高い音圧による威嚇および気中放電による威嚇の3種類の忌避機能を有している。また、インターネットに接続できる環境に設置する場合は、LINE Notify⁵⁾によって遠隔地に知らせることができ機能も搭載している。

2-2-4 考察

転移学習により作成したモデルでは、推論時間が早くなり、推論スコアの確度も高くなった。Coral が配布している学習済みモデルの画像分類の推論結果は、ラベル数が多く、猿や鹿の種類や人間の服まで推論することが出来る。その為、猪と人間など、生物を大きな分類で推論するには不向きであると考えられる。今回の Mobile Net の学習済みモデルを利用した転移学習では、生物を大きく分類するように再学習が行なわれたと考えられる。また、対象が小さく写った場合、配布モデルでは、背景の山や花、車などが優先的な推論結果となっているが、再学習により猪、鹿、猿、人間を優先的に推論結果として出力することができている。

3. まとめ

2018 年度より名張市との共同研究として行っている獣害対策について、焦型センサによる害獣の感知と LINE による通知装置、および、AI を用いた害獣認識技術の開発について述べた。

今回の研究は本校学生による地域課題解決型の教育研究として行った。その中では、学生が自主的に PDCA サイクルによって解決策を見つけ出した例もあり、その一例を図 8 に示す。

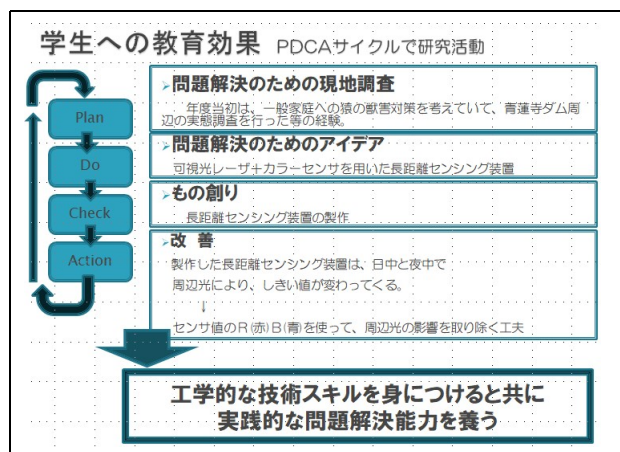


図 8. 学生の PDCA サイクルによる研究活動

また、追い払い装置の開発に関しては、学生からのアイデアを学生本人が実現し、より良いものへ改善が進められた。

地域における獣害対策では、企業、市や学校が共同で複数の方法(餌をなくす、囲い、捕獲)を効率よく行うことが重要であると考えられる。その他にも、地域への人材面での貢献という意味も込めて、今回のような学生による活動をさらに進めてゆきたい。

参考文献

- 1) 名張市鳥獣被害防止計画(令和2年度から令和4年度)
- 2) <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/>
- 3) <https://coral.ai/products/accelerator#description>
- 4) 「直観 Deep Learning」、オライリー・ジャパン、2018 等
- 5) <https://notify-bot.line.me/ja/>