

研究ノート：

深層学習を用いた自動判別センサカメラの試作

金井 猛徳・*小山 修平

(2020年2月19日受理)

Prototype of an Automatic Sensor Camera Using Deep Learning

Takenori KANAI・Shuheï KOYAMA

要旨：現在、画像判別や画像分類の技術として深層学習が用いられ、業務の自動化や個人識別などで活用されている。これらの技術は、大量で複雑な構造の情報から自動的に判断・判別し、作業の効率化に繋がる。そこで本稿では、カメラトラップ法で用いられるカメラに深層学習の技術を組み込み、撮影したアライグマ (*Procyon lotor*) を自動的に判別するセンサカメラを試作した。

Key words：深層学習 転移学習 センサカメラ Raspberry pi 野生動物 アライグマ

1. はじめに

近年、ビッグデータ、人工知能 (AI)、IoT (Internet of Things) などのICT技術の急速な発展により、さまざまな産業が「非連続」なイノベーションに直面している¹⁾。これらの技術は、これまでのICT化で起こってきた定型的業務を代替えるだけでなく、非定型的業務や複雑な手仕事業務においても将来的には代替の普及が期待されている²⁾。これらのICT技術を取り入れた新たな産業革命を「第4次産業革命」と呼び、日本の経済成長の主要な原動力と期待されている³⁾。その中でも、注目されている産業として農業をあげることができる。

日本の農業は、生産従事者の高齢化が課題であり、65歳以上が全体の64.5%を超える状況である⁴⁾。また、生産従事者数は、過去10年間で約57%まで減少している⁵⁾。しかしながら、49歳以下の新規就農者 (新たに農業に従事する者) に限定すると、増加傾向にある。さらに、個人経営の農業従事者数は減少しているが、法人化して農業を行う経営体が急増するに伴い、雇用されている農業従事者も増加して

いる⁴⁾。特に、近年の新規就農者数は、3年連続で2万人を超えている状況である。この流れは、国による支援は必要であるが、農業の活性化にとって大いに期待できるものである。

このような背景のもと、農業の効率化、生産物の高品質化、農業技術の形式知化、定量的情報をもとにした農業経営、生産のシステム化などを実現するため、ICT技術を活用した農業である「スマート農業」が期待されている。政府も「未来投資戦略2018」において、農業にわたる改革とスマート農業の実現を掲げており、国家の重要な政策として位置付けられている⁶⁾。しかしながら、スマート農業におけるICT技術の利活用は、生産や経営における支援が中心である。本来、農業は、生産や経営だけでなく、農村環境の維持や整備も重要であり、それらの分野においても積極的な取り組みが重要と考えられる。

これまで、筆者らは地理情報システムや統計学的手法を用いて農村環境における獣害動物とされる野生動物の生息分布の把握や予測に関する研究を試み

*大阪府立大学 名誉教授

てきた。これらの研究課題は、いかにして多数で正確な生息情報をモニタリング（情報収集）できるかであり、モニタリングを効率化または自動化し、その技術を用いて広範な調査に適応できることが望ましい。野生動物のモニタリングとして一般的に用いられる手法として、カメラトラップ法を挙げることができる。カメラトラップ法とは、フィルムカメラやデジタルカメラに赤外線センサを取り付け、調査地点に設置し、センサに反応して撮影された野生動物の撮影率や撮影種別によりモニタリングを行う手法である。本手法の課題は、撮影された写真から対象種別を判別し、整理することに労力を要する点である。そのため、撮影時に特定の種のみ撮影することや撮影された写真群について種別をもとに整理することで調査労力を大幅に軽減できると考えられる。現在、画像判別や画像分類の技術として、前述した人工知能の深層学習が用いられ、業務の自動化や個人識別などで活用されている。これらの技術は、大量に撮影された写真データから自動的に特定種の抽出を可能にし、その技術をカメラトラップ法に適用することで作業の効率化に繋がると考えられる。

本稿では、カメラトラップ法で用いられるカメラに深層学習の技術を取り入れ、撮影された野生動物

を自動的に判別するセンサカメラを試作した。特に、深層学習の機能として、特定の種のみを深層学習で自動判別し、撮影する機能を取り入れた（以下、本稿で試作する深層学習で特定の種を自動判別するセンサカメラを「AIセンサカメラ」と称する）。また、本稿では、特定の種をアライグマとした。

2. 深層学習機能を取り入れたセンサカメラの試作

2-1. 材料と準備

まず、AIセンサカメラを試作するにあたって、準備する材料およびシステムを表1に示す。センサカメラは市販されているタイプもあるが、市販のセンサカメラに深層学習の機能を組み込むことが困難なため、組み込みのシステムを用いることができるARMプロセッサを搭載したRaspberry piを用いた。Raspberry piとは、安価で購入できる名刺サイズの超小型コンピュータで、組み込みソフトウェア開発に適したハードウェアである⁷⁾。Raspberry piには、モジュールとしてカメラや赤外線センサなどを接続することができ、それらをPythonなどで作成したプログラムによって制御できる。また、Raspberry piには、特有のGPIO（汎用入出力）が搭載されており（図1）、GPIOとモジュールや外部

表1 AIセンサカメラの材料およびモデル構築・学習環境

項目	種類	種類名
センサカメラ	ベースシステム	Raspberry pi 3 model B (OS:Raspbian Stretch 2019-4-8 ver.)
	赤外線カメラ	Kuman カメラモジュール
	赤外線センサ	Raspberry Pi 赤外線モーションセンサー(HC-SR501)
	ストレージ (OS)	SDカード (32GB)
	ストレージ (出力ファイル用)	USBメモリ (32GB)
	電源	Anker PowerCore 10000 (10000mAh)
	基盤用保護ケース	Smraza Raspberry Pi 3B+ ケース
	センサとカメラの固定	3Dプリンタで作成 (固定用のねじを含む)
	野外設置用ケース	LeMotech 防塵・防水ケース (160mm x 160mm x 90mm)
	制御プログラム	Python 3.5.3
深層学習モデルの構築・学習	OS	ubuntu 18.04 remix
	数値計算ライブラリ	numpy 1.13.3
	深層学習ライブラリ	Tensorflow 1.4.1
	ニューラルネットワークライブラリ	Keras 2.0.5
	プログラム言語	Python 3.5.3

デバイスと通信を行うことが可能である。本稿で用いたモジュールは、夜間調査に対応可能な赤外線カメラと対象動物が出現したことを把握するため（カメラのシャッタを切るため）の赤外線センサを用いた。カメラは野外に設置するため、防水タイプのケースを用いているが、ケースは専用設計ではなく、市販のものを用いた。また、電源は試作機ということもあり、数時間動作可能なバッテリーを用いた。

深層学習モデルの構築・学習は、Raspberry pi上で実施すると膨大な時間が必要となるため、ubuntu上に深層学習のモデル構築・学習が行える環境（Tensorflow、Keras、numpy、Python）を構築した。また、深層学習に必要な学習用データセットは、立命館大学で公開されているRaccoon Database⁸⁾を用いた。Raccoon Databaseは、表2のとおりアライグマ、タヌキおよび背景の画像が学習用と検証用に分類・格納されている。本稿では、アライグマの画像11,600枚を用いて学習を行った（学習用：10,000枚、検証用1,600枚）。

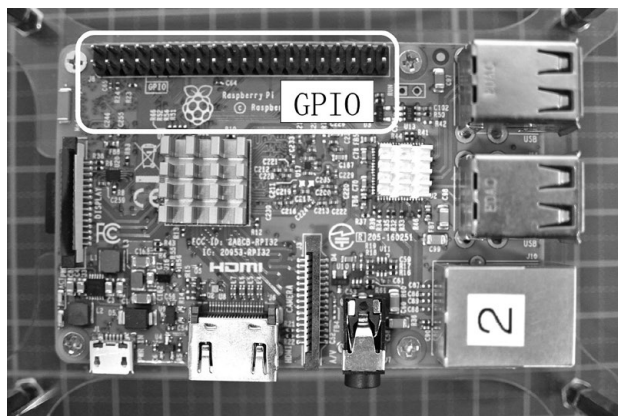


図1 Raspberry piに用いられているGPIO

表2 Raccoon Databaseの構成

動物種	学習	試験
アライグマ	10,000	1,600
タヌキ	2,500	200
背景	20,000	1,500

2-2. センサカメラの試作

試作するセンサカメラは、Raspberry piと赤外線カメラと赤外線センサを接続し、プログラム（Python）によって制御することでセンサカメラを

試作した。カメラの動作時間を限定（例 夜間のみ）する場合、ubuntuのスケジュール機能（cron）を設定する方法（方法1）と別途、制御回路を作成する方法（方法2）がある。本稿では方法1を選択した。もし、方法2を用いる場合は、付録を参考に制御回路を作成することができる。

赤外線カメラや赤外線センサを固定するため、3Dプリンタで固定器を印刷した。3Dデータは、Makerbot社によって提供されている3Dデータの共有サイトであるThingiverse⁹⁾から取得した。

カメラの制御プログラムは、図2のフローチャートに従って作成した。撮影の流れは、センサに反応すると自動的にカメラのシャッタを切り、その時の日付時刻をファイル名とするものである。カメラの動作時間は前述したとおりubuntuのスケジュール機能を使用し、19:00から翌日の7:00までである。また、撮影した写真データは、Raspberry piに接続したUSBメモリに蓄積させるようにした。

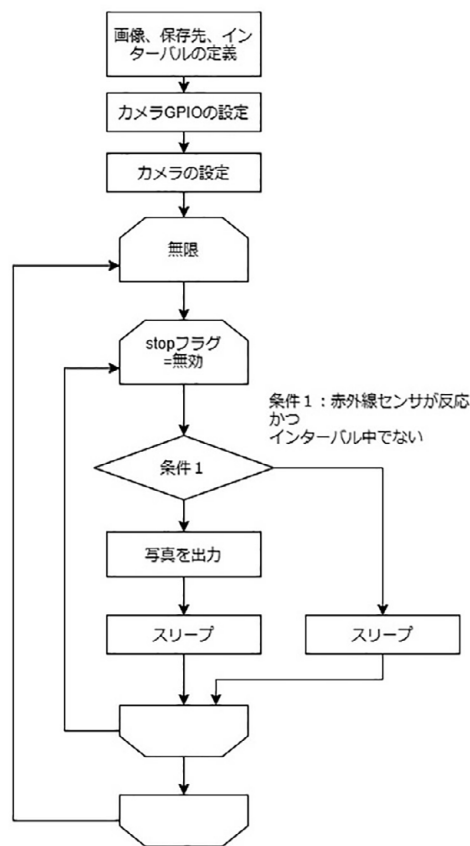


図2 制御プログラムのフローチャート

2-3. 深層学習モデル構築・学習

本稿では、深層学習の特徴抽出および分類器として深層畳み込みニューラルネットワーク (DCNN) を用いた。DCNNは、入力層、畳み込み層、プーリング層および出力層を持つニューラルネットワークである¹⁰⁾。DCNNの特徴は、機械学習のように人が提供した特徴情報を必要とせず、入力した画像の特徴を自動的に抽出し、対象の識別に有効な特徴量を獲得できることである¹¹⁾。一般的にDCNNの学習には大量の学習データが必要となるため、本稿では、転移学習の手法を用いて、大量の自然画像で事前学習したモデルにアライグマの画像を追加して再学習させた。転移学習にはVGGNetを用いた。VGGNetは、畳み込みおよびプーリング層13層と全結合3層の計16層から成るネットワークで、2014年のILSVRCにおいて、2位の成績を収めたモデルであり、そのシンプルなモデルアーキテクチャや学習済みモデルが配布されたことから、現在においてもベースラインのモデルとして特徴抽出器などとしても利用されている¹²⁾。本稿のモデル構築のための学習は、50epochs、ミニバッチサイズを5とした。また、効果的な学習のために、ImageNetで公開されている学習済みモデルを重みとして再利用した。ImageNetは、2万以上のカテゴリからなる1400万枚以上の大規模画像データセットであり、非商用の研究目的として一般物体認識などの画像認識の研究で広く利用されている¹³⁾。

2-4. AIセンサカメラ

AIセンサカメラは、前述したセンサカメラと深層学習モデルを組み合わせることで実現した。方法は、センサカメラの動作時間 (19時から翌日7時) の1時間後即ち8時に、動作時間内に撮影された写真データを判別用プログラムによって確認し、アライグマが撮影されているかどうかを判別させる。判別用プログラムを8時に実行させるため、ubuntuのスケジュール機能を用いた。また、判別した結果は、写真データと同様にRaspberry piに接続したUSBメモリに蓄積させるようにした。

3. 結果・考察

本稿で試作したセンサカメラを図3に示す。Raspberry pi、モジュールおよび制御プログラムを用いることで、比較的容易にセンサカメラを試作できた。本稿では、野外に設置するところまで至らなかったが、概ね目的に達するセンサカメラを試作できたといえる。電源に関しては野外設置を実施し、さまざまなケースで検証を進める必要はあるが、設置期間や周辺環境を踏まえ、それらに適合した電源を選択することで対応可能と考えられる。電源には、バッテリーやソーラータイプがあり、それらも含めて検討していく必要がある。ただし、センサカメラを設置する環境は、大抵、日の当たらない箇所が多く、設置に関して、十分な注意が必要である。

DCNNによる学習モデルの検証については、学習に使用していない検証用データから50枚選択し実施した。その結果を図4に示す。学習モデルは、入力した画像データに対してアライグマであるかどうかを100%のスコアで判断した。その結果、50枚の検証データの内、70%の検証データが90%以上の確率でアライグマであると判断した。一方、非常に低いスコアもあった。これは検証データにアライグマの特徴が確認しにくいものもあり、それらが影響したものと考えられる。そのため、さまざまな特徴を抽出できるように学習用データを増やし学習強化を実施する必要がある。本稿の結果だけでは、本学習モデルが実用可能とまで言及できないが、試作段階としては、ある程度の精度が得られたと考えられる。そして、今後、判別の精度が高くなるように、アライグマの写真情報を増やすことやアライグマによく似たタヌキ、アナグマなどのモデルを新たに構築し、分類精度を向上していく必要がある。

AIセンサカメラについては、センサカメラと同様に想定したとおりの動作が得られた。本稿では、判別した結果をUSBメモリに蓄積できるようにしたが、AIセンサカメラの周辺でスマートフォン・タブレットにより蓄積データを同期または取得できるように非接触型のデータ回収方法にするなど機能の向上が望まれる。

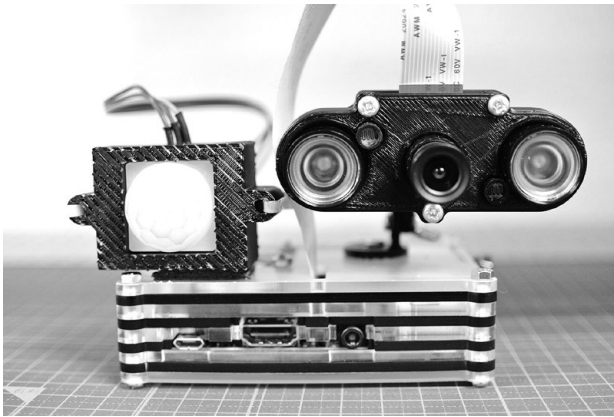


図3 試作したセンサカメラ

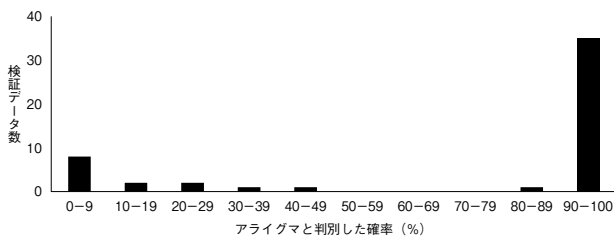


図4 検証結果

4. おわりに

本稿では、カメラトラップ法で用いられるカメラに深層学習の技術を取り入れ、撮影したアライグマを自動的に判別するセンサカメラを試作した。深層学習の機能としては、撮影された野生動物がアライグマかどうかを深層学習で自動判別できるようにした。また、構築したアライグマを判別する学習モデルを構築し、その検証も行った。その結果を以下に示す。

- ・Raspberry piと赤外線カメラと赤外線センサと制御プログラムによって、汎用的なセンサカメラを製作できることが分かった。
- ・転移学習により深層学習モデルを構築し、そのモデルを用いて検証すると、70%の検証データが90%以上の確率でアライグマであると判断した。
- ・検証データによっては、非常に低いスコアとなることもあった。

本稿で試作したAIセンサカメラは比較的容易に製作することが可能である。また、構築したモデルは、より精度を向上させることが必要であるが、得られたモデルは、他のRaspberry piで製作したセンサカメラにも適用することが可能であるため、モデ

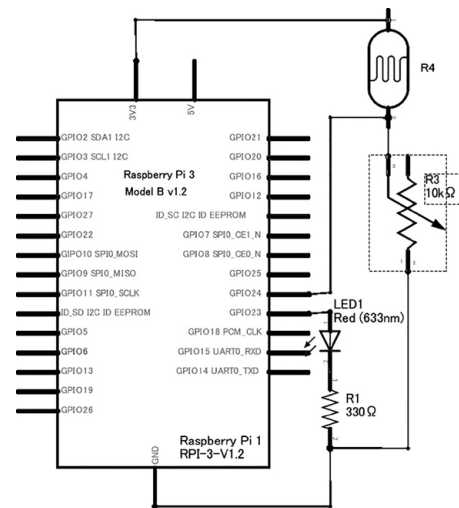
ルを共有できる環境を整備することも必要と考える。そのため、今回試作したAIセンサカメラの技術を公開できる段階まで早急に研究を進めていきたい。

謝 辞

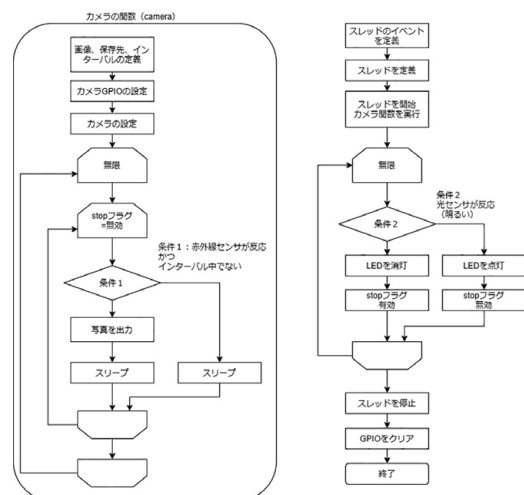
本稿で実施した研究は、令和元年度、福井仁愛学園共同研究費助成を受けた研究成果である。深謝申し上げます。

付録. 光センサによる夜間に限定した動作機能

夜間のみ動作する機能をセンサカメラに搭載するためには、光センサによる制御がひとつの方法である。下記に光センサのモジュールの一例を示す。物理回路は付図1に示し、その制御用フローチャートを付図2に示す。



付図1 光センサの回路図



付図2 光センサの制御用フローチャート

引用文献

- 1) 一般財団法人 国際IT財団 (2018) 『「ビッグデータとAI が変える産業分野：農業を事例に」 調査研究報告書』 一般財団法人 国際IT財団
- 2) 総務省 (2015) 『平成28年版情報通信白書 PDF版』 <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/pdf/index.html>, 最終アクセス日 2019年4月28日
- 3) 株式会社三菱総合研究所 (2017) 『第4次産業革命における産業構造分析とI o T ・ A I等の進展に係る現状及び課題に関する調査研究報告書』 総務省
- 4) 農林水産技術会議 『スマート農業の展開について』 https://www.affrc.maff.go.jp/docs/smart_agri_pro/attach/pdf/smart_agri_pro-11.pdf, 最終アクセス日2019年4月28日
- 5) 政府統計の総合窓口 (e-Stat) 『農林水産行-農業センサス』 <https://www.e-stat.go.jp/stat-search?page=1&toukei=00500209>, 最終アクセス日2019年4月28日
- 6) 首相官邸 (2018) 『未来投資戦略2018』 https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/miraitousi2018_zentai.pdf, 最終アクセス日2019年4月28日
- 7) 金丸隆志 (2016) 『カラー図解 最新Raspberry Piで学ぶ電子工作 作って動かしてしくみがわかる』 講談社
- 8) 泉知論 (動的再構成システム研究室) 『Raccoon Database』 <http://www.ritsumei.ac.jp/se/re/izumilab/dist/raccoon.htm>, 最終アクセス日2019年8月28日
- 9) Makerbot 『Thingiverse』 <https://www.thingiverse.com/>, 最終アクセス日2019年10月4日
- 10) 植村知規・陸慧敏・金亨燮・橘理恵・弘中亨・Näppi Janne J.・吉田広行 (2017) 『転移深層学習畳み込みニューラルネットワークを用いたCTコロノグラフィ候補陰影からのポリープ分類法』 医用画像情報学会雑誌, 34(2), pp.80-86
- 11) 鈴木真太郎・張曉勇・本間経康・吉澤誠 (2017) 『Deep Convolutional Neural Networkの転移学習による乳房X線画像上の腫瘍検出』 計測自動制御学会東北支部第307回研究集会資料, 307-8, pp.1-7
- 12) 内田祐介・山下隆義 (2017) 『畳み込みニューラルネットワークの研究動向』 信学技報, 117(362), pp.25-38
- 13) 高岡賢人・土屋誠司・渡部広一 (2017) 『畳込みニューラルネットワークを用いた画像分割による複数物体認識』 知識ベースシステム研究会 (人工知能学会), 110, pp.12-17