

農作業と鳥獣の自動記録・自動判別システム

研究者代表 高 木 正 則 岩手県立大学 ソフトウェア情報学部 准教授

1 はじめに

日本の農業では、後継者難と担い手の高齢化が問題となっている。農業就業人口は毎年減少傾向にあり、平成 28 年度の調査[1]では、65 歳以上の農家は全体の 63.5%で、平均年齢は 66.8 歳であると報告されている。岩手県も同様の水準となっており、後継者の育成が急務となっている。また、近年では全国各地で野生動物による被害が深刻化している。特に、農作物への被害は甚大であり、平成 27 年度の鳥獣による農作物被害金額は 176 億円となっている[2]。本学のある岩手県においても野生鳥獣による農作物の被害金額は 4 億円を越えている[3]。研究代表者が平成 23 年度から Web カメラを設置している岩手県紫波町赤沢の果樹園でもクマやシカ、サルなどによる農作物被害が報告されており、農家は対策に悩まされている。そのため、農家は電気柵を設置するなどの対策をしているが、コストがかかることや安全性の問題から全農家が対策できているわけではない。また、自分が管理している圃場にどんな動物が侵入し、被害を与えているのか把握することは困難である。

一方、研究代表者は平成 22 年度から食育事業の一環として農業体験学習を支援する農地モニタリングシステムの研究を行っている。先行研究では、紫波町立赤沢小学校で農業体験学習を実施している農地に Web カメラを設置し、農作物の定点観測や人感センサを活用した農作業の記録を行ってきた。また、赤沢小学校での農業体験学習に本システムを活用し、平成 23 年度から現在まで継続的に本システムを利用した授業を行っている。近年では、圃場モニタリングシステムの開発や製品化が進んでいるが、その多くはハウス栽培における環境の制御や農作物の品質管理のみに活用され、教育への応用について検討されていない。

これらの背景から、赤外線センサ付きネットワークカメラ（SIM 付きトレイルカメラを含む）で撮影された画像を、野生鳥獣による農作物被害の対策と農業人材の育成の両方に活用する着想に至った。本研究では、画像処理技術や撮影日時情報を駆使し、農地に設置した赤外線センサ付きネットワークカメラで撮影された画像から農作業の内容や鳥獣の種類を自動判別する手法を検討した。また、判別された農作業画像を利用して農作業内容を学習する教材を作成するための教材作成支援システムと、鳥獣の種類や過去の威嚇履歴を参考にして適切な威嚇方法を選択・実施する鳥獣適応型威嚇システムを試作した。

2 本研究の全体像

本研究で構想したシステムの概要図を図 1 に示す。本研究では、農作物の様子や農地の環境データを記録するために株式会社セラク社製の「みどりボックス」（SIM 付き）[4]を、農作業の様子や鳥獣を記録するために株式会社ハイク社製のトレイルカメラ「ハイクカム」（SIM 付き）[5]をリンゴの果樹園に設置した。「みどりボックス」で記録されたリンゴの画像と気温や湿度、日射量等の環境データは株式会社セラクが提供しているクラウドサービス「みどりクラウド」上にアップロードされ、インターネット経由で果樹園の様子（リンゴの画像や環境データ）をリアルタイムに確認できる。トレイルカメラ「ハイクカム」で記録された画像は株式会社ハイクが提供するクラウドサービス「Seneram」上にアップロードされる。また、メールでの通知サービスも提供されており、指定したメールアドレスに画像が送信される。本研究では G メールに画像を送り、G メールから画像を自動抽出して（データ抽出・記録モジュール）、センサ検知画像 DB に格納する。センサ検知画像 DB に格納された画像は、検知対象解析モジュールにより、農作業画像と動物画像に分類される。農作業画像は教材作成モジュールで検索可能になり、農作業内容を学ぶ教材の素材として活用される。画像に動物が写っていたと判断された場合は、農家が威嚇方法を選択し、農地に設置されている威嚇端末から威嚇が行われる。

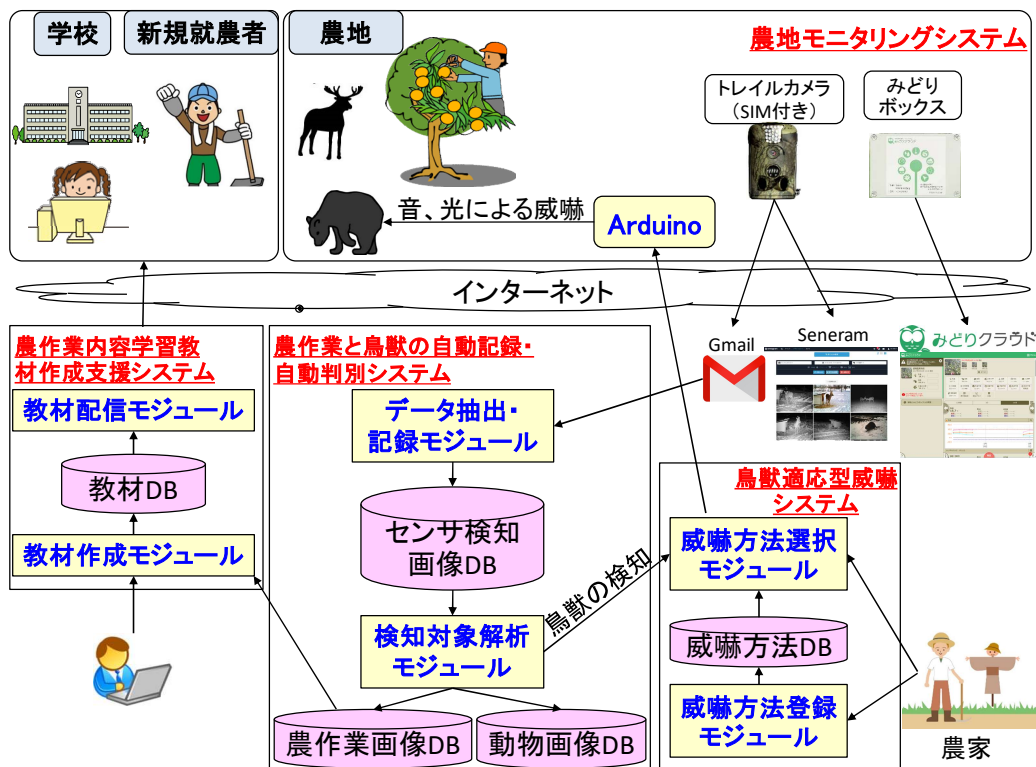


図 1 本研究で提案したシステムの全体像

3 みどりボックス・トレイルカメラの設置と撮影画像の分析

岩手県紫波町のリンゴの果樹園にSIM付きのみどりボックスとトレイルカメラを設置した。設置した「みどりボックス」の様子を図2に、「みどりクラウド」の画面例を図3に示す。また、設置したトレイルカメラの様子を図4に、トレイルカメラで撮影された画像を閲覧できるクラウドサービス「Seneram」の画面例を図5に示す。撮影された画像の内訳を表1に示す。表1のその他に分類されている画像は、カメラ周辺の草が伸びたことによってセンサが反応して撮影された画像で、人も動物も写っていない画像であった。動物はほとんど夜に撮影され、タヌキが写ることが多く、7月は毎日のように撮影された。実際に撮影された画像を図6～11に示す。



図 2 農地に設置したみどりボックス

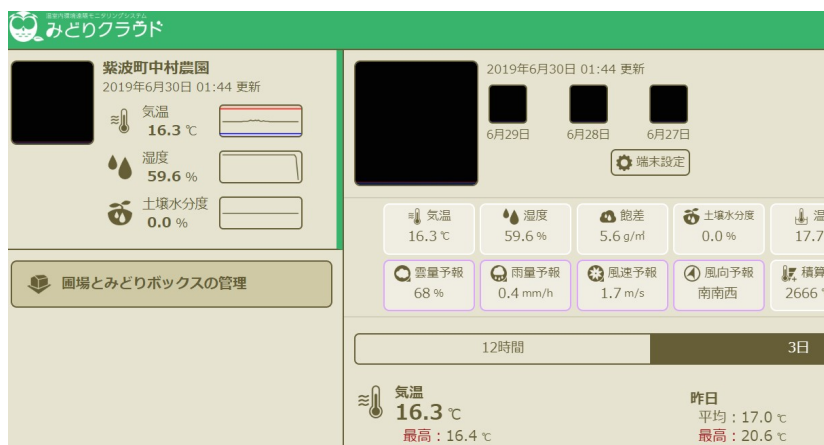


図 3 「みどりクラウド」の画面例



図4 農地に設置したトレイルカメラ

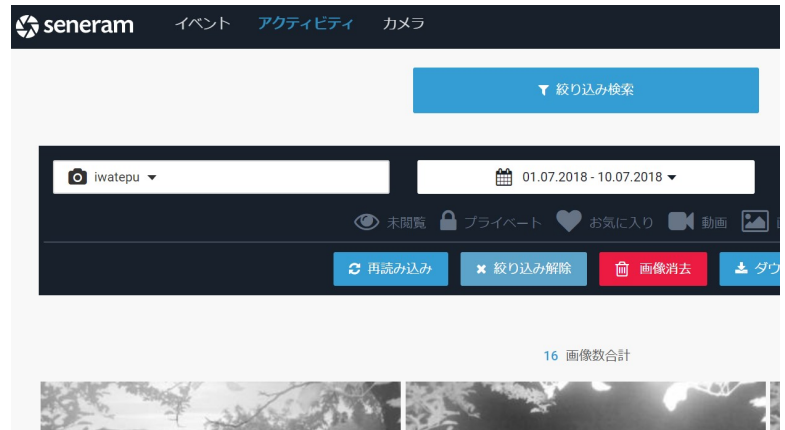


図5 「Seneram」の画面例

表1 トレイルカメラで撮影された画像の内訳

日付 (2018～2019)	タヌキ	シカ	ネコ	キツネ	ハクビ シン	ウサギ	その他	合計
5/15～6/12	33	0	2	1	0	0	978	1014
6/25～8/13	77	7	1	0	0	0	561	646
9/22～11/19	4	0	1	1	3	0	689	698
12/5～1/17	40	63	7	2	0	3	222	337
合計	154	70	11	4	3	3	2450	2695



図6 撮影された野生動物の画像
(タヌキ)



図7 撮影された野生動物の画像
(シカ)



図8 撮影された野生動物の画像(ネ
コ)



図9 撮影された野生動物の画像
(キツネ)



図10 撮影された野生動物の画像
(ハクビシン)



図11 撮影された野生動物の画像
(ウサギ)

4 農作業と鳥獣の自動記録・自動判別システムの設計・開発

図 1 中央の農作業と鳥獣の自動記録・自動判別システムにおいて、データ抽出・記録モジュールと検知対象解析モジュールを開発した。

4-1 データ抽出・記録モジュールの開発

データ抽出・記録モジュールの開発には PHP, HTML, CSS, JavaScript を用いた。既存のメール通知サービスを用いた画像抽出のモジュールは OS の cron を利用し、30 分に 1 回の起動で図 1 中のセンサ検知画像 DB に格納している。

4-2 農作業分類手法の開発

トレイルカメラで撮影された農作業内容と動物を自動判別する手法を検討した。図 12 に検討した自動判別の手順を示す。本研究では、特に、図 12 の(1)～(5)の農作業内容を自動判別する機能を開発した。

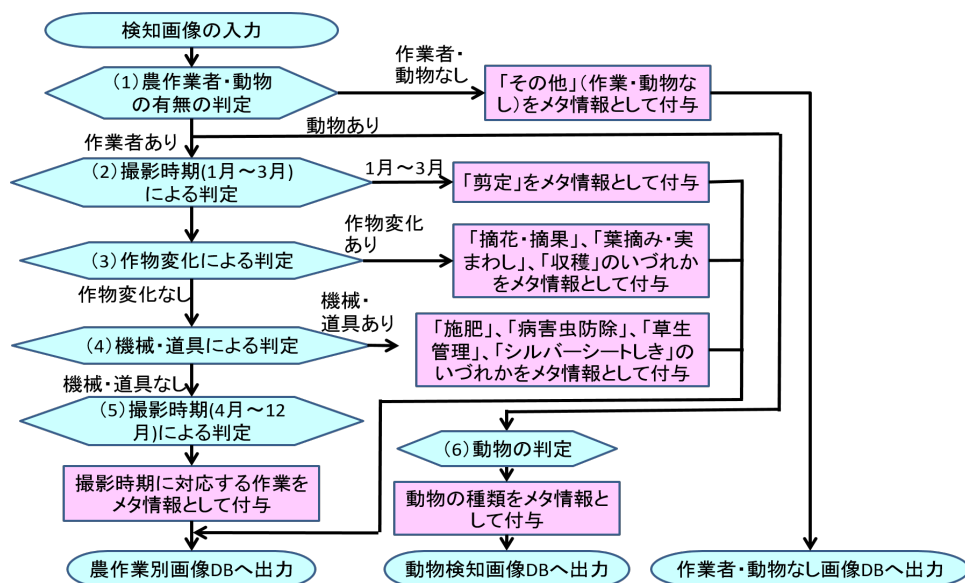


図 12 農作業内容と動物の自動判別手順

(1) 農作業有無の判定

トレイルカメラで撮影された画像には人が写っていない画像や、人が写っていても農作業を行っていない画像も記録されている。このような画像には「その他」のメタ情報を付与し、作業・動物なし画像 DB へ出力する。図 13 に農作業有無の判定手順を示す。本研究では、2 種類の判定手法を組み合わせることで人が写っていない画像や、農作業を行っていない画像、すなわち教材として活用できない画像をフィルタリングした。

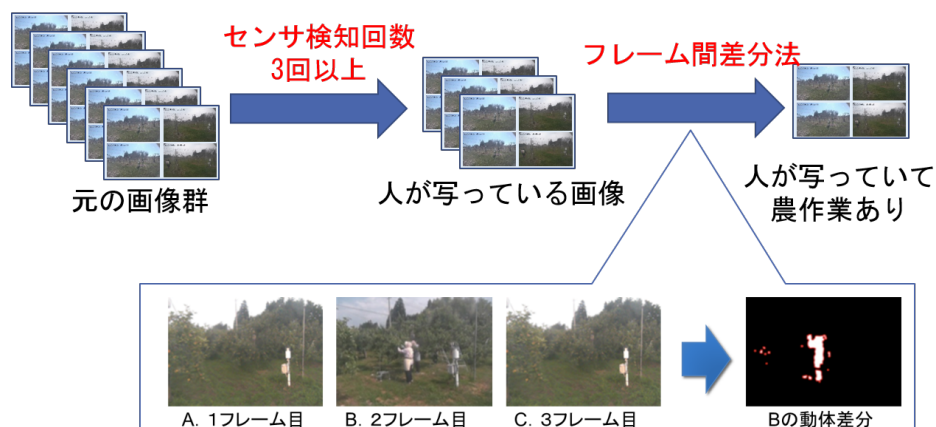


図 13 農作業有無の判定の手順

表 2 センサ検知回数と農作業の有無の関係

	検知日数	3 回以上/日	2 回以下/日
農作業あり	122	122	0
農作業なし	64	4	60
合計	186	126	60

A) センサ検知回数による判定

人が圃場を通り過ぎただけの画像や、圃場の様子を見に行っただけで作業を行わなかった画像など、農作業以外の目的で訪問した人を検知して撮影された場合は、圃場にとどまる時間が短い傾向がある。そこで、圃場に設置した赤外線センサの検知回数を利用して「その他」のメタ情報を付与する。平成 25 年度に撮影されたセンサ検知画像を対象にして、農作業の有無とセンサ検知回数の関係を分析した結果を表 2 に示す。表 2 の分析結果から、1 日のセンサ検知回数が 3 回以上の場合、何らかの農作業が行われていたことが確認できた。そのため、1 日のセンサ検知回数が 2 回以下のものを、人が写っているが農作業を行っていない画像と判定し、「その他」のメタ情報を付与することにした。1 日のセンサ検知回数が 3 回以上であった日に撮影された画像は農業者が何かしらの作業を行っているとは判定し、次項以降の判定を行う。

B) フレーム間差分法による判定

同じ日に撮影されたセンサ検知画像を撮影された順番に並べ、以下の手順で画像の差分値を測定し、画像差分の連続した変化が少ないものを人が写っていないと判断する。

- ① ある日付の画像（ n 枚）の 1 枚目から $n-2$ 枚目まで、3 枚ずつ画像を取得する（合計 $n-2$ 組の画像）。
- ② 各組撮影された順序に画像を並べ、1 枚目と 2 枚目、2 枚目と 3 枚目のフレーム間の差分画像を生成する。
- ③ 2 枚の差分画像の論理積を求める。
- ④ $n-2$ 枚の論理積の中で、差分面積が閾値 0.5 以上のものが 1 枚もない場合、その日にトレイルカメラで撮影された全画像に「その他」のメタ情報を付与する。

差分抽出には屋外での環境変化に強いフレーム間差分を用いた。その後、ラベリング処理（井村誠孝氏[6]のラベリングクラスを利用）をし、最大の差分領域が閾値に達している画像が存在しているか判定を行う。差分面積の閾値は、レンズにはほこりや水滴が付着した場合でも人がいたと判断できた 0.5 とした。

（2）撮影時期（1 月～3 月）による判定

リンゴの農作業では、剪定、摘花、葉摘み・実まわし、収穫、シルバーシートしきなど、大部分の作業が、例年、特定の期間中に行われている。表 3 に各作業に対応する作業期間を示す。この表は本研究のフィールドとなっている岩手県紫波町のリンゴの生産者にヒアリングをして作成した。表 3 から 1 月～3 月には「剪定」以外の作業は行われないため、1 月～3 月に撮影された画像には「剪定」をメタ情報として付与する。

表 3 主な農作業の年間スケジュール

作業項目	作業期間
剪定	1 月～3 月
施肥	4 月
摘花	5 月～6 月
摘果	5 月～6 月
病害虫防除	4 月～8 月
草生管理	5 月～8 月
葉摘み・実まわし	8 月～11 月
シルバーシートしき	8 月～11 月
収穫・選果	9 月～11 月
その他	通年

（３）作物変化による判定

収穫、摘花・摘果、葉摘み・実まわしのような作物に直接手をつける作業では、作物を撮影した画像の RGB 値の変化から作業を特定する．例えば、収穫日以降はリンゴの実がなくなるため、作物を定点撮影している画像中のリンゴの色の領域（本研究では赤色領域）が極端に減少する．また、摘花すると花がなくなるため、画像中の花の色の領域（本研究では白色領域）が極端に減少する．そのため、2 日間の赤色領域の色素差分が最大となる日を収穫日と判定し、白色領域の色素差分が最大となる日を摘花・摘果と判定して画像にメタ情報を付与する．図 14 に赤色領域の推移からの収穫日の判定例を示す．

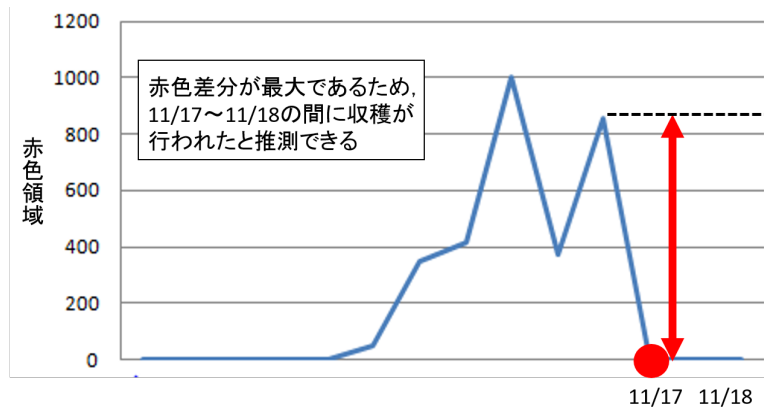


図 14 収穫日の判定例

（４）機械・道具による判定

センサ検知画像には農作業時に用いられる機械や道具の写真が撮影されている．そのため、機械や道具を検出できれば作業内容を特定できる．機械・道具による判定には OpenCV (ver. 2. 4. 1) のテンプレートマッチングを用いて、予め学習させた画像とのマッチングを行う．OpenCV を採用した理由は、機械を用いて農作業する場合、経路や方向がある程度決まっており、定点で撮影しているトレイルカメラでは、作業項目ごとに類似した画像が撮影されることを確認したためである．

この判定では、農薬散布車と乗車型草刈り機を検出対象とし、検出された画像にはそれぞれ「病虫害防除」、「草生管理」のメタ情報を付与する．また、本研究のフィールドである圃場に設置しているカメラの向きによって、撮影される機械の向きに違いが生じることを確認したため、それぞれ 7 枚のテンプレート画像を用意した．図 15 に農薬散布車のテンプレート画像の例を示す．テンプレートとして用意した画像は、異なる年度に撮影された様々な向きの農作業機械の画像を用意し、より精度の高い判定を目指した．また、トレイルカメラは屋外に設置しているため、レンズに雨やほこりが付着する可能性もあり、必ずしも鮮明な画像とは限らない．そのため、テンプレートマッチングにおける閾値を調整し、画質の悪い年度の画像であっても判別できた閾値 0.6 を採用した．テンプレートマッチングにより抽出された農薬散布車の画像を図 16 に示す．



図 15 テンプレート画像の例(代表 4 枚)



図 16 テンプレートマッチングによる抽出結果

(5) 撮影時期（4月～12月）による判定

(1)～(4)の判定でどの農作業にも分類されなかった場合、撮影日から、表3に基づいて作業時期にあった作業項目をメタ情報として付与する。ただ、4月から12月は、同時期に複数の農作業が行われる可能性があるため、撮影日に行われる可能性のある農作業全てをメタ情報として付与する。これにより、ある農作業を検索した際の再現率を低下させないことを狙った。

4-3 検知対象解析モジュールの開発とメタ情報の付与

4-2の手法を用いて農作業画像を自動分類する検知対象解析モジュールを開発し、撮影されたすべてのセンサ検知画像にメタ情報を付与した。これにより、センサ検知画像の中から閲覧したい農作業時の画像を検索することができる。画像処理部の開発にはOpenCV2.4.1のテンプレートマッチング、labeling.h[6]によるフレーム間差分法、C/C++を利用したRGB値による画像の分析手法を用いた。

4-4 農作業画像の分類精度の評価実験

提案手法による農作業内容の分類精度を評価するための実験を実施した。

(1) 実験概要

分類精度の評価実験では、人手で画像を分類した結果と提案手法で判定した結果を比較した。本実験で分類対象とした画像は、センサ検知画像の欠損が少なく、表3に示した全農作業が含まれている平成25年のセンサ検知画像(22,321枚)とした。人手による画像分類作業は、日付ごとにフォルダ分けされたセンサ検知画像をPCのデスクトップ上に配置して行った。この作業にはPCを利用した操作が必要となるため、PCの操作に慣れている本学ソフトウェア情報学部と大学院ソフトウェア情報学研究科の学生11名(大学2年生3名、3年生5名、4年生2名、大学院修士1年生1名)を被験者とした。実験の様子を図17に示す。

分類対象の農作業は被験者の負担も考慮し、撮影枚数の多かった草生管理、病虫害防除、剪定の3つとした。最初に剪定の画像分類を行い、続いて病虫害防除、草生管理の順番で作業を行ってもらった。被験者にはデスクトップ上の全画像を確認し、1日ごとにどんな農作業が行われていたかを判断してもらい、分類対象の農作業をしていると判断した画像が含まれる1日分の画像を農作業名のついた別フォルダにコピーするよう指示した。この際、分類にかかった時間を計測した。そして、手動による分類結果から、再現率、適合率、F値(再現率と適合率の調和平均)を求めた。再現率、適合率、F値は以下の式で算出した。

$$\text{適合率} = \frac{\text{検索された適合データの数}}{\text{検索されたデータ数}}$$

$$\text{再現率} = \frac{\text{検索された適合データの数}}{\text{適合データの数}}$$

$$\text{F値} = \frac{2 * \text{再現率} * \text{適合率}}{\text{再現率} + \text{適合率}}$$

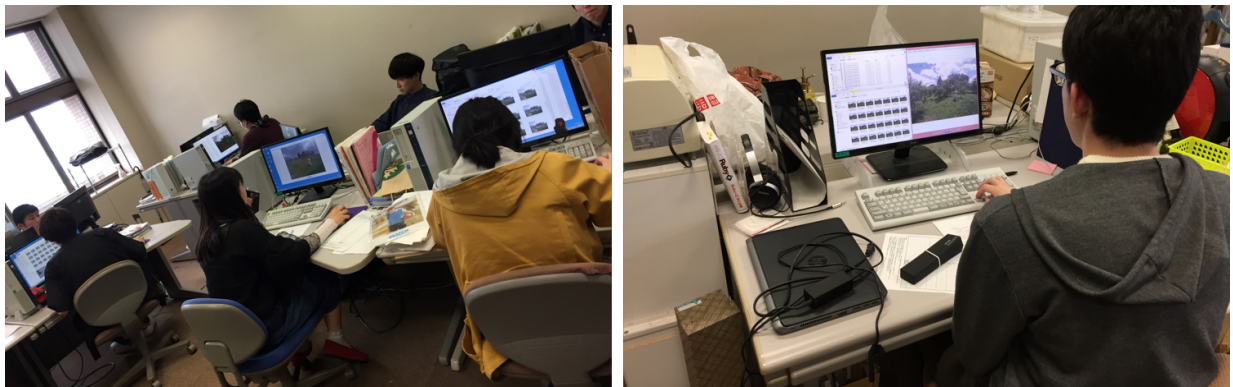


図 17 実験の様子

(2) 実験結果

図 18 に提案手法における実験結果を示す。実験の結果、再現率は 3 つの農作業のいずれも 90%を超え、剪定の作業では 100%を達成できた。また、病虫害防除と草生管理について再現率を下げる要因となった画像を分析した結果、レンズに付着した雨・ほこり・農薬などの汚れによる不鮮明画像の影響によるものであることが判明した。

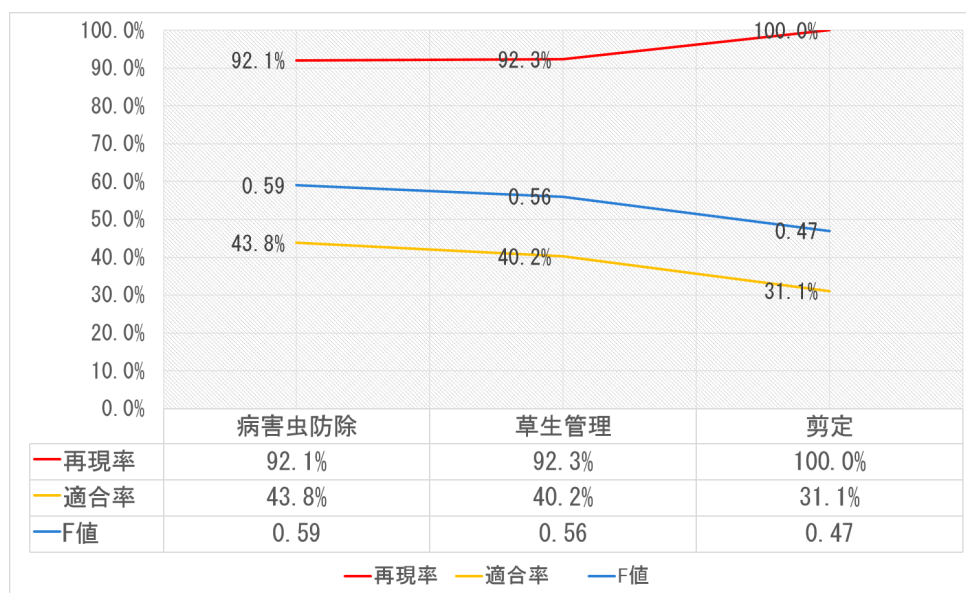


図 18 実験結果

続いて、手動による分類と本手法による比較結果を表 4～6 に示す。撮影されたセンサ検知画像は毎日夜間に解析し、メタ情報を付与することを想定している。この解析には数分程度の処理時間がかかるものの、ユーザがシステムを利用して教材を作成する際には、既に画像にメタ情報が付与されている状態であるため、表 4～6 の提案手法の所要時間は 0 分とした。

表 4～6 から、分類に要した時間は被験者によって大きく異なり、分類対象の農作業によっても時間が異なっていたことが確認できた。ただ、多くの被験者は一つの農作業画像を抽出するのに、30 分から 1 時間程度要しており、2 時間かかった被験者もいた。被験者による手動での農作業画像の分類結果では、「剪定」で適合率が 100%になった被験者が 2 名いたが、それ以外のすべての再現率、適合率は 100%にはならなかった。本実験では、剪定、病虫害防除、草生管理の順に実験を行ったが、被験者の疲労や作業への慣れから所要時間に差が生じ、病虫害対策、草生管理の所要時間が短くなった。また、分類時間同様、分類精度も被験者によって差があることが確認できた。

提案手法の再現率はいずれも 90%を超え、手動分類の再現率よりも高い傾向にあった。一方、適合率は、30%～40%程度となり、手動分類よりも低い傾向にあった。これは一つの画像に複数のメタ情報が付与されたことが要因と考えられる。

また、適合率と再現率にはトレードオフの関係があるため、2 つの指標をまとめた F 値を求め、提案手法と被験者 11 人の手動分類の結果を比較した。「草生管理」では提案手法の F 値が 4 番目に高く、「病虫害防除」では 2 番目、「剪定」では 7 番目に高い値となった。特に、剪定では、再現率 100%を達成できた。草生管理と病虫害防除ではテンプレートマッチングを利用した機械・道具による判定が必要となり、本実験で対象とした画像の中にレンズに付着した汚れ（雨、ほこり、農薬等）により不鮮明な画像が含まれていたため、抽出対象の農薬散布車や乗車型草刈り機を抽出できず再現率 100%を達成できなかった。しかし、不鮮明な画像は人間が目視で確認しても分類が難しい画像が含まれていたため、被験者の再現率も 100%を達成できておらず、草生管理の被験者 5 を除いて提案手法の再現率の方が高い結果となった。

表 4 分類精度の評価実験結果（草生管理）

被験者	所要時間(分)	正解データ(A)	分類データ(B)	適合データ(A∩B)	適合率(%)	再現率(%)	F 値
1	41	78	106	68	64.2	87.2	0.74
2	43	78	193	65	33.7	83.3	0.48
3	26	78	128	64	50	82.1	0.62
4	33	78	648	43	6.6	55.1	0.12
5	60	78	66	64	97	82.1	0.89
6	12	78	35	19	54.3	24.4	0.34
7	30	78	238	17	7.1	21.8	0.11
8	28	78	638	23	3.6	29.5	0.06
9	76	78	842	50	5.9	64.1	0.11
10	31	78	712	46	6.5	59	0.12
11	30	78	81	41	50.6	52.6	0.52
提案手法	0	78	164	72	43.9	92.3	0.59

表 5 分類精度の評価実験結果（病虫害防除）

被験者	所要時間(分)	正解データ(A)	分類データ(B)	適合データ(A∩B)	適合率(%)	再現率(%)	F 値
1	44	119	153	83	54.2	69.7	0.61
2	42	119	294	85	28.9	71.4	0.41
3	42	119	424	103	24.3	86.6	0.38
4	44	119	444	63	14.2	52.9	0.22
5	30	119	517	25	4.8	21	0.08
6	25	119	297	62	20.9	52.1	0.3
7	2	119	77	15	19.5	12.6	0.15
8	25	119	735	112	15.2	94.1	0.26
9	5	119	324	83	25.6	69.7	0.37
10	21	119	585	90	15.4	75.6	0.26
11	32	119	209	57	27.3	47.9	0.35
提案手法	0	119	277	111	40.1	93.3	0.56

表 6 分類精度の評価実験結果（剪定）

被験者	所要時間(分)	正解データ(A)	分類データ(B)	適合データ(A∩B)	適合率(%)	再現率(%)	F 値
1	75	566	995	566	56.9	100	0.73
2	49	566	2250	553	24.6	97.7	0.39
3	70	566	1742	566	32.5	100	0.49
4	48	566	1660	551	33.2	97.3	0.50
5	60	566	206	87	42.2	15.4	0.23
6	120	566	1111	410	36.9	72.4	0.49
7	87	566	621	194	31.2	34.3	0.33
8	73	566	1941	531	27.4	93.8	0.42
9	98	566	889	439	49.4	77.6	0.60
10	103	566	2,758	528	19.1	93.3	0.32
11	35	566	588	309	52.6	54.6	0.54
提案手法	0	566	1806	566	31.3	100	0.47

5 鳥獣適応型威嚇システムの設計と試作

5-1 威嚇方法選択モジュールと威嚇機器の開発

図1右下の威嚇方法選択モジュールと農地に設置する威嚇機器のプロトタイプシステムを開発した。威嚇方法選択モジュールの開発言語には PHP, HTML, CSS, JavaScript を用いた。図19に開発した威嚇方法選択画面を示す。この画面では、センサ検知画像 DB に格納された最新の検知画像を表示し、光または音による威嚇のどちらかをボタンで選択できるようにした。嚇方法選択ページで選択された威嚇方法（光または音）を出力する機器は、Arduino や LED 電球、スピーカーを利用して開発した。図20に開発した威嚇機器の配線図を示す。Arduino は ArduinoIDE（統合開発環境）を利用し、光や音の出力コードを書き込んでいる。また、威嚇方法選択ページで選択された威嚇方法の情報は無線でマイクロコンピュータに送信している。マイクロコンピュータと Arduino 間はシリアル通信で通信し、Arduino から各威嚇の出力が行われる。プロトタイプシステムでは、マイクロコンピュータの代用としてノートパソコンを使用している。ノートパソコンはモバイル WiFi ルータに接続してインターネットにアクセスできるようにし、ngrok を利用してノートパソコンにアクセスできるようにした。



図19 野生動物に対する威嚇方法の選択画面

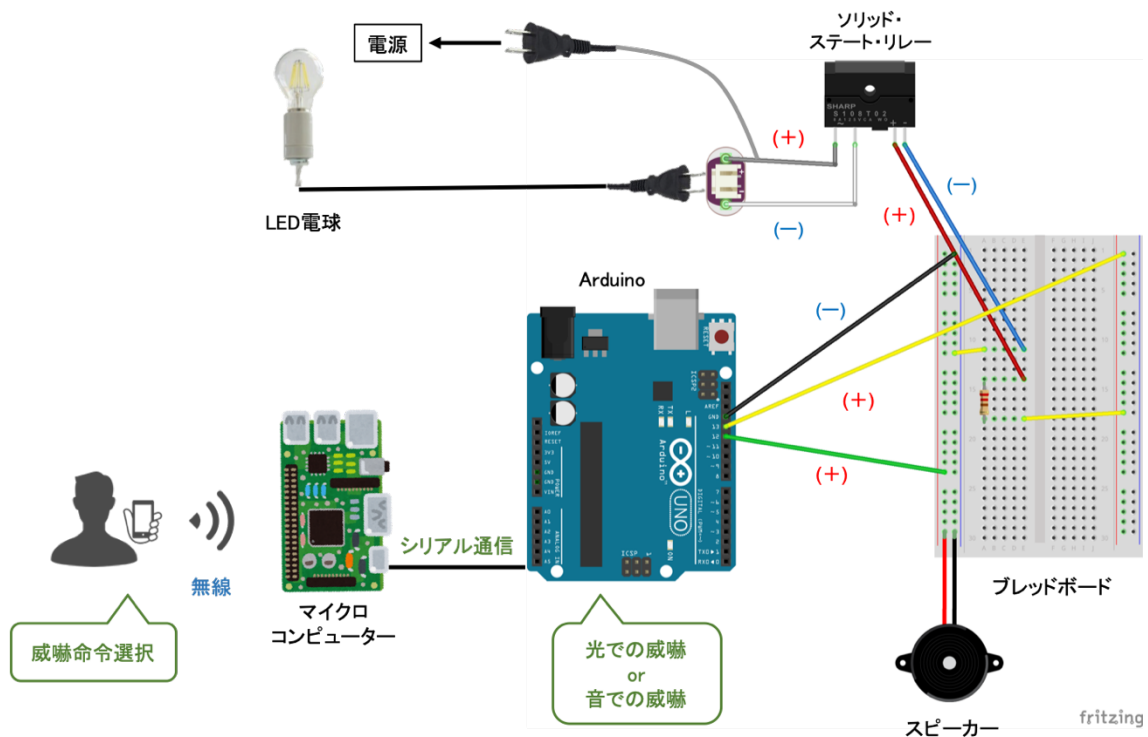


図20 威嚇機器の配線図

5-2 性能評価実験

プロトタイプシステムの出力の性能（検知から出力までの時間）を確認するための実験を行なった．実験は暗くした研究室で研究代表者の指導学生がトレイルカメラの前に出現し、手持ちのスマートフォンで通知を受け取り、そのまま威嚇機器への出力を選択した．

実験結果を表 7 に示す．トレイルカメラが検知してから威嚇が出力されるまではいずれも 1 分以上かかった．そのため、動物が農地に入る場所にトレイルカメラのセンサを向けるなど、農地への侵入を早い段階で検出できるようにする必要がある．また、威嚇を選択してから出力されるまでの平均時間は 71.57 秒のため、動物の侵入検知後は威嚇機器での威嚇の効果が期待できると考えられる．

表 7 性能評価実験の結果

	検知してメールが届くまでの時間(秒)	メールが届いてから威嚇方法選択して出力されるまでの時間
1	46.36	20.90
2	48.34	26.63
3	47.02	22.90
4	47.16	26.40
5	49.26	22.63
6	46.40	27.40
7	45.45	27.20

5-3 ペットへの簡易実験

研究代表者の指導学生が飼育するペット(犬)を対象にプロトタイプシステムを利用した簡易実験を行なった．実験は指導学生の自宅の廊下に餌と威嚇機器を置き、動物から見えない別室から威嚇機器を操作した(図 21, 図 22)．

実験結果を表 8 に示す．1 回目は光のみ出力し、2 回目、3 回目は光と音両方を出力した．1 回目は驚き、長く警戒をしていたが、直後に行った 2 回目は光と音に慣れてしまい、1 回目よりも早く餌を食べてしまった．3 回目は 4 日後に行ったが、1 回目、2 回目よりも早く餌を食べてしまった．今回の結果からは異なる威

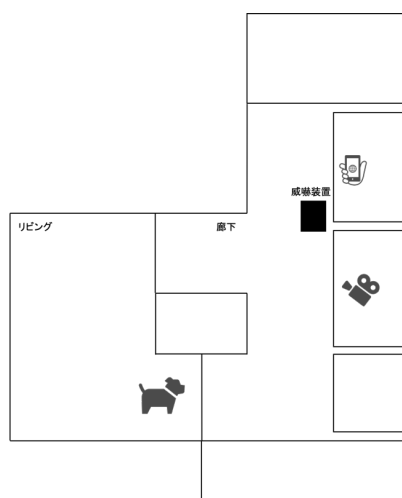


図 21 ペットへの簡易実験環境



図 22 威嚇機器の設置の様子(室内)

表 8 ペットへの簡易実験結果

	1 回目	2 回目	3 回目(別日)
餌を食べるまでの時間	1 分 18 秒	37 秒	25 秒

嚇を出力することで慣れを防ぐことができることは確認できなかった。しかし、1 回目の結果から威嚇機器での出力は効果があることが確認でき、今後の野生動物への適用が期待できる結果を得た。

5-4 野生動物への実験

プロトタイプの実用性を自然に実際近い環境で確認した。まず、近隣の草はらに野生動物が出現するのか確かめるためにトレイルカメラを設置した(図 23)。2018 年 12 月 24 日～2019 年 1 月 19 日の間、トレイルカメラを設置した結果、全部で 148 枚撮影された。その中で野生動物が撮影されたのは全部で 99 枚だった。野生動物を対象に開発している本システムのプロトタイプの実用性を確認するには十分だと考えたので 2019 年 1 月 22 日～2019 年 1 月 24 日の 3 日間で実験を実施した。



図 23 威嚇機器設置の様子

3 日間運用を試みたが 3 つの問題が起き、評価できる実験結果を得ることができなかった。1 つ目は、ngrok を起動してから 8 時間しかサービスを利用できないこと、2 つ目はバッテリーが 3 日間保たないこと、3 つ目はトレイルカメラの充電が切れてしまったことである。トレイルカメラは 2018 年 12 月 24 日から設置していたが、約 1 ヶ月間で充電の限界がきてしまい、実験途中で停止してしまった。

今回の実験結果からは、ngrok を使わなくてもいいようにシリアル通信部分には提案通りマイクロコンピュータを使用することやバッテリーの定期的な充電、トレイルカメラの設置にはソーラーパネルを併用することが実用性を高めると考えられる。

6 農作業内容の学習教材作成支援システムの設計・試作

図 1 左下の農作業内容の学習教材作成支援システムとして、教材作成者が教材に使いたい農作業画像を検索し、画像を加工・比較・統合できるシステムを設計した。また、教材作成支援システムのプロトタイプシステムを開発した。教材作成システムの構成図と画面例を図 24、25 に示す。図 25 の画面では、画像を選択して連続再生することや環境データをグラフ化することができる。また、生成した教材はシステム上で保存できるだけでなく、ダウンロードして活用することもできる。

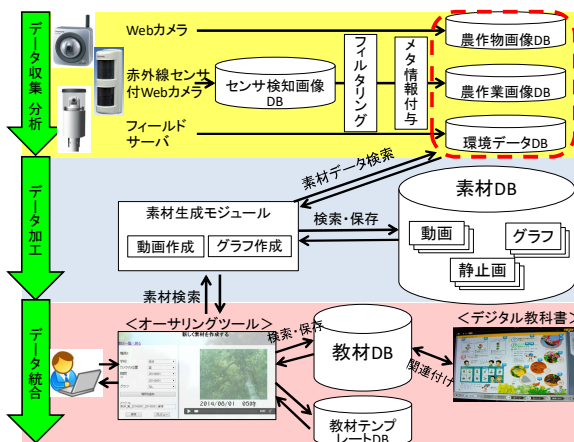


図 24 教材作成支援システムの構成図



図 25 教材作成支援システムの画面例

7 おわりに

本研究では、赤外線センサ付きネットワークカメラ（SIM 付きトレイルカメラを含む）で撮影された画像を、野生鳥獣による農作物被害の対策と農業人材の育成の両方に活用することを目的とし、農作業と鳥獣の自動記録・自動判別システム、鳥獣適応型威嚇システム、農作業内容の学習教材作成支援システムを設計、試作した。

農作業と鳥獣の自動記録・自動判別システムでは、トレイルカメラをリンゴの果樹園に設置し、8 ヶ月で約 2700 枚の画像が記録された。記録された画像にはタヌキやシカなどの動物も撮影されていた。また、画像処理技術や撮影日時情報を駆使し、農地に設置した SIM 付きトレイルカメラで撮影された画像から農作業の内容を自動判別する検知対象解析モジュールを開発した。検知対象解析モジュールの分類精度の評価実験を行った結果、再現率は 90%を超え、剪定の分類では再現率 100%を達成できた。さらに、人手で画像を分類した結果、分類に要した時間は被験者によって大きく異なり、分類対象の農作業によっても時間が異なっていたことが確認できた。剪定では再現率が 100%になった被験者が 2 名いたが、それ以外のすべての被験者の再現率、適合率は 100%にならなかった。以上より、本研究で開発した検知対象解析モジュールにより、教材に活用できる農作業画像の検索容易性の向上が期待できるといえる。

鳥獣適応型威嚇システムでは、威嚇方法選択モジュールと農地に設置する威嚇機器のプロトタイプシステムを開発した。ペット(犬)を対象にプロトタイプシステムを利用した簡易実験を行なった結果、異なる威嚇を出力することで慣れを防ぐことができることは確認できなかったが、1 回目の結果から威嚇機器での出力は効果があることが確認できた。農作業内容学習教材作成支援システムでは、教材作成者が教材に使いたい農作業画像を検索し、画像を加工・比較・統合できるシステムを設計・試作した。今後は引き続き野生動物を対象とした実験ができるよう、実用性の高いシステムへ改良することを検討する。

【参考文献】

- [1] 農林水産省、農業労働力に関する統計、<http://www.maff.go.jp/j/tokei/sihyo/data/08.html>
- [2] 農林水産省、全国の野生鳥獣による農作物被害状況について（平成 27 年度）：
http://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/h_zyokyo2/h27/h27.html
- [3] 農林水産省、野生鳥獣による都道府県別農作物被害状況、
http://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/h_zyokyo2/h27/attach/pdf/h27-2.pdf
- [4] 株式会社セラク、温室内環境遠隔モニタリングシステム「みどりクラウド」、<https://midori-cloud.net/>
- [5] 株式会社ハイク、IoT 自動撮影カメラ、<https://hyke-store.com/?mode=cate&cbid=1870598&csid=7>
- [6] 井村誠孝、ラベリングクラス、<http://imura-lab.org/products/labeling/>

〈発 表 資 料〉

題 名	掲載誌・学会名等	発表年月
通信機能付きトレイルカメラを用いた野生動物適応型威嚇システムの試作と評価	情報処理学会第 81 回全国大会講演論文集, 5ZE-09	2019 年 3 月
Proposal and Evaluation of a Method for Automatically Classifying Images of Agricultural Work and Animals Acquired with Motion Sensor Cameras	Conference Proceedings of 2019 IEEE 2nd International Conference on Information and Computer Technologies, pp.102-108	2019 年 3 月
赤外線センサ付きネットワークカメラで撮影された農作業画像の自動分類手法の提案と評価	教育システム情報学会誌, Vol.36, No.2, pp84-97	2019 年 4 月