

# 赤外線センサ付きネットワークカメラで撮影された 農作業の自動判別手法の提案と評価

平野 竜<sup>\*1</sup>, 高木 正則<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 岩手県立大学大学院

## Proposal and Evaluation of an Automatic Distinction Method to Image Data Taken by Infrared Sensor camera

Ryu Hirano<sup>\*1</sup>, Masanori Takagi<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> Iwate Prefectural University Graduate School

We have installed web cameras and field servers in an agricultural land. In addition, we have developed a field monitoring system that enables elementary school children to observe the agricultural land from their classroom through the Internet and used it in primary school since 2011. However, a teacher could not use farm work images in her class because the number of the images taken by the web camera with sensor exceeds 50,000 per year. In this study, we developed a function to automatically add meta-information to the sensor detection images for the purpose of improving easiness of search of farm work images from all images. This paper describes a method of automatic discrimination of farm work using image processing technology and photographing date information et al.

キーワード: 農作業自動判別, 画像処理, ビッグデータ, 小学校教育支援, 農業人材育成

### 1. はじめに

全国約 80%の小学校, 33%の中学校では農業体験学習が実施されている。農業体験学習では、「自分でものを作り, 育てる喜びを教えたい」(87.5%), 「食べ物の大切さを教えたい」(83.2%)などを学習のねらいとしている一方, 「時間不足」(約 55%), 「準備に時間がかかる」(約 40%), 「学校や教師の農業に関する技術や知識・情報不足」(約 40%)等が問題となっている[1]。特に, 体験学習を行っている農地が学校から遠い場合, 毎日農地を訪れることができないため, 日常的に作物や農作業の様子を観察することは難しい。そこで, 著者らは平成 23 年度から農地にネットワークカメラを設置して教室から農作物(りんご)の画像を閲覧できる Web アプリケーションを独自に開発し, 岩手県内の小学校の農業体験学習で利用してもらっている。平成 24 年度からは赤外線センサ付きのネットワークカメ

ラとフィールドサーバを別途設置し, 農作業の様子と気温や日射量などのデータ(以下, 環境データ)も自動記録できるようにした。これらにより, 農業体験学習を行っている児童は小学校の教室にしながら, りんごの成長の様子や農作業の様子を確認できるようになり, 児童のりんごへの興味や農業に対する関心を喚起させることにつながった[2]。

過去 7 年間にわたる本システムの運用では, 本システムで撮影された写真は年間 5 万枚を超え, 環境データも 1~2 分に 1 回記録されているため, 膨大なデータが蓄積されている。しかし, 児童が教室に設置されている iPad を活用して定期的によりんごや農作業画像を確認することはあったが, 記録された画像のほとんどは授業で活用されていなかった。この要因を担当教員へヒアリングした結果, これらの膨大な写真から授業に活用する画像を選び出し, 教材を作成する負担が大きいことがあげられた。そこで, 我々は圃場で記録

されたデータ（以下、圃場データ）を利用した教材作成支援システムを構築し、教員が圃場データを活用して理科や社会などで活用できる教材を簡単に作成できるようにすることを目的としている。これにより、総合的な学習の時間で行われることの多い農業体験を、体験だけで終わらせるのではなく、教科の枠を越えた横断的な学習に結び付けることができ、総合的な学習の時間の目標達成の一助になると考えた。

この教材作成支援システムでは、蓄積された圃場データをあらかじめ分類し、検索可能にしておく必要がある。しかし、赤外線ネットワークカメラで撮影された画像（以下、センサ検知画像）には、様々な農作業が写っており、自動的に分類することが困難であった。そこで、本研究ではセンサ検知画像に写った農作業内容の自動判別を目的とし、画像処理技術や赤外線センサ検知回数等を利用した農作業内容の自動判別手法を提案する。自動判別された農作業情報をメタ情報としてセンサ検知画像に付与することで、教材作成支援システムで農作業画像を容易に検索可能になり、教員の学習教材の作成負担の軽減が期待できる。

以下、2章では先行研究で開発した圃場モニタリングシステムの概要を述べ、3章では関連研究と本研究の位置づけを明らかにする。4章では圃場モニタリングシステムで記録された圃場データの学習教材としての活用可能性を検証する。5章では過去に記録されたセンサ検知画像を分析し、6章ではセンサ検知画像に撮影された農作業判別手法を提案する。7章では開発した農作業自動判別システムの概要と提案手法の有効性を評価するために行った画像判別実験の結果を述べ、8章で本研究をまとめる。

## 2. 圃場モニタリングシステムの概要

我々が開発した圃場モニタリングシステムの概要図を図1に、システムの画面例を図2に示す。我々は平成23年度からりんご農園にネットワークカメラ（Panasonic製BB-SW174W）を2台とモバイルWiFiルーター（現在はNTTドコモWi-Fi STATION N-01H）を設置し、りんごの実とりんごの木全体を撮影している。それぞれ毎日5時から18時まで1時間に1枚自動撮影している。平成24年度からは赤外線

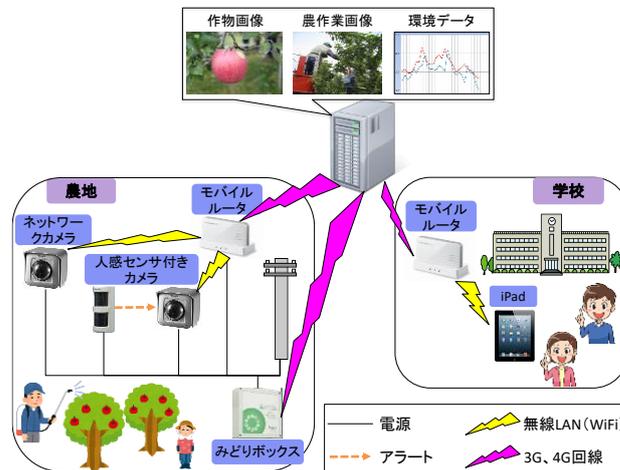


図1 圃場モニタリングシステムの概要図



図2 圃場モニタリングシステム画面例

センサ（竹内エンジニアリング製MS-12FA）を接続したネットワークカメラも設置し、農作業の様子も自動撮影している。赤外線センサ付きネットワークカメラでは赤外線センサが検知してから100秒間、1秒に1枚の画像を撮影している。100秒経過するまでに次の検知があれば、また100秒間撮影するように設定しており、農作業の様子を詳細に記録できるようになっている。また、平成24年度からフィールドサーバ（イーラボ・エクスペリエンス製）も設置し、環境データの記録も開始した。平成28年度からはフィールドサーバを撤去し、みどりボックス（株式会社セラク製）[3]を設置し、気温、日射量、湿度、飽差を記録している。

本システムで撮影された写真は自動的にサーバにアップロードされ、PCのブラウザからインターネッ

ト経由で本システムにアクセスすることで遠隔地（教室）から農地の様子を閲覧できるようになっている。これにより、小学生が農地に足を運ぶことなく、農作物の写真や、農作業の様子を教室から閲覧して学ぶことを可能にしている。

### 3. 関連研究

圃場のモニタリングや、生産性向上、営農計画支援、技術継承のための研究は多数実施されている。3章では圃場モニタリングシステムと、農作業の記録方法・自動判別の観点で、本研究と関連研究を比較する。

#### 3.1 圃場のモニタリング

近年、農林水産省では、農業従事者の減少や高齢化の対策として、農業分野へのICTの導入を推奨している[4]。農業分野でのICT活用事例の一つに、農地の様子や状態を観測できるモニタリングシステムがある。モニタリングシステムでは、農地にネットワークカメラや各種センサを設置して、遠隔地から農作物の画像や気温・湿度などの環境情報を確認でき[5][6][7][8]、生産性の向上や営農計画の支援のために活用されている。

農匠ナビ[5]は、新規就農者が農業機械操作における身体的技能、水管理、施肥管理における作業判断、作付け計画や、営農計画を策定する経営判断などを継承することを目的としている。

NEC 農業技術学習支援システム[6]はマニュアル化が困難とされてきた熟練者の農業技術を見える化し、若手や新規就農者の技術取得に活用されている。

Akisai[7]は(株)富士通が運営する生産から経営・販売までの企業的農業経営を支援するサービスである。

みどりクラウド[8]はスマートフォンやタブレット、PCなどの端末を用いて遠隔地からハウス内を撮影した画像や環境データを確認できる。藤本ら[9]は圃場モニタリングのためのフィールドサーバを開発した。深津ら[10]はフィールドサーバによるセンサネットワークに関する手法を提案した。

上記のように、既存の圃場モニタリングに関するサービスや研究は、農作業の判断や農業経営を支援することを対象としている。しかしながら、上記のいずれの研究でも本研究で対象としている初等教育を対象と

しておらず、初等教育に圃場モニタリングを活用した事例は著者らが知る限り存在しない。また、システムで利用している農作業情報も本研究とは異なっている。

さらに、上記のいずれの研究は新規就農者の直接的な技術やノウハウの支援を目的としてらず、経営のノウハウやビジョンの確定のために用いられることが多い。一方、本研究では圃場データを教育へ応用することを目指している点で異なり、圃場データを学習教材として活用するためのセンサ検知画像の自動分類手法に新規性がある。

#### 3.2 農作業情報の把握

表1に農作業情報の把握に関する関連研究と本研究の比較を示す。南石ら[11]は、RFIDを用いた農作業情報認識システムを提案した。このシステムでは、農作業者が農作業のたびにリーダーに読み込ませる必要がある。神谷ら[12]はGPSを用いた農作業記録の自動化の手法を提案した。この手法では農作業者にウェアラブル端末を装着し、位置情報を取得することが前提であるため、農作業者に事前準備の手間が発生する。

以上のように、既存研究における農作業情報の取得方法では、農作業者に普段の農作業時と異なる行動や準備をしてもらう必要があり、日常の農作業の負担になる可能性がある。また、本研究とは農作業情報の記録目的や取得方法も異なっている。本研究では、圃場に設置しているネットワークカメラの撮影画像から、初等教育等への教育に応用するための農作業情報を取得している点で新規性がある。

表1 農作業情報の把握に関する関連研究との比較

	利用情報	データの活用目的
南石ら[11]	RFID	農作業記録の負担軽減
神谷ら[12]	GPS	農作業機械の位置情報把握

### 4. 圃場データの教育応用の可能性

本章では、圃場モニタリングシステムで記録された圃場データが、教科教育の学習教材として活用できる

かを検証し、構想している教材作成支援システムの必要性を明らかにする。

#### 4.1 学習指導要領に関連付けた教材案

現在記録している圃場データを活用して、関連する教材が作成できる学習単元を学習指導要領から分析した結果、理科と社会のいくつかの単元が抽出された。関連する学習指導要領の単元については、それぞれ、教材の例と教材で活用するデータの抽出方法を検討した。

#### 4.2 理科の教材例

我々が開発した圃場モニタリングシステムで蓄積された画像と気温データを用いて、5年生の理科の学習内容「植物の発芽には、水、空気及び温度が関係していること」の学習時に活用できる教材を作成した。作成した学習教材を図3に示す。図3の教材では、2012年と2013年の4月14日から5月20日までの期間に同じ位置で撮影された画像を1日1枚抽出し、同じ日の画像を並べて連続再生させた動画と、2012年と2013年の同期間の気温データを折れ線グラフで表示したものである。これにより、農業体験で児童たちが育てている実際の作物の画像と気温データを利用して、作物の成長と気温の関係を学ぶことができ、理科の学習を支援できる。

#### 4.3 社会の教材例

センサ検知画像を用いて、5年生の社会の学習内容「食料生産に従事している人々の工夫や努力、生産地と消費を結ぶ運輸などの働き」の学習時に活用できる教材を作成した。作成した学習教材を図4に示す。図4の教材では、農作業が行われた日に撮影された1日分のセンサ画像を連続再生した動画を月ごとに閲覧できようになっている。これにより、農業体験の振り返り学習時の支援や、1年を通じた農作業の流れの確認、安全性や日程、授業時間の都合で体験できなかった農作業の確認ができるようになる。また、農家の隠れた工夫や努力を確認できるようになる。

#### 4.4 小学校での利用と考察

小学校で本教材を用いて授業を行い、教師から作成した教材についてヒアリング調査を行った。その結果、

「作業前にイメージをもつことができるため、意欲的な活動ができる。」、「授業時間の関係で、児童たちが体験できなかった作業があるが、その作業の補完ができる点が良い。」などの意見を得た。

以上より、過去7年間の農業体験学習の支援活動の中で蓄積された圃場データには授業で活用できるデータが含まれていることが確認できる。しかしながら、図3の教材は教材作成者が手動で画像を組み合わせ、動画を作成したため、学習教材の開発の負担が大きく、実際の教育現場で教員がこのような教材を作成することは現実的ではない。そのため、蓄積されたデータをもとにした学習教材を容易に作成できるシステムが必要であると考えられる。



図3 理科の教材例



図4 社会の教材例

## 5. センサ検知画像の分析

センサ検知画像に撮影された農作業を自動判別する手法を検討するために、センサ検知画像に撮影されている農作業を分析した。分析対象は平成 28 年 1 月から平成 28 年 12 月までに赤外線センサ付きネットワークカメラで撮影された 20,779 枚とした。分析は以下の 3 つの方法で行った。農作業は 1 日に 1 つの作業を行うことを想定し、センサ検知画像には 1 日単位で 1 つの農作業を割り当てた。

- (1) 記録された日時と作業スケジュールを照らし合わせた農作業内容の判別
- (2) 作物の変化による農作業内容の判別
- (3) 作業者が使用している道具等から農作業内容を判別

その結果、センサ検知画像を 10 通りの作業項目に分けることができた。分析結果を表 2 に示す。この中で、「その他」を除く 9 通りの作業項目はりんごを育てる上での基本的な作業であり、児童がりんごの農作業を学ぶ際に提示することで、学習に役立てられると考えられる。本研究では、センサ検知画像を入力すると以下の 10 通りの作業項目に自動判別し、メタ情報を付与するシステムを構築する。

## 6. センサ検知画像に撮影された農作業判別手法の提案

### 6.1 農作業判別手法の提案

本研究では、赤外線センサ付きネットワークカメラで記録されたセンサ検知画像に写っている農作業内容を、(1) 農業者有無の判定、(2) 撮影時期による判定、(3) 作物変化による判定、(4) 機械・道具による判定の 4 つの方法で自動判別する手法を提案する。図 5 にセンサ検知画像を分類する流れを示す。

### 6.2 農業者有無の判定

センサ検知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」のメタ情報を付与する。農業者有無の判定では、センサ検知画像の撮影日時の前後で、画像の差分値を測定することで、画像差分の連続した変化が少ないものを人が写って

表 2 主な農作業項目と内容

作業項目	作業内容
剪定	枝の配置，樹勢の調整
施肥	肥料をまくことで作物の成長を促進する
摘花	花芽の量と質を調整する(開花まで)
摘果	花芽の量と質を調整する(開花後)
病虫害防除	農薬散布により害虫を取り除く
草生管理	成長を妨げる雑草を刈り取る
葉摘み・実まわし	果実に光を当て着色するために草を摘み取ったり，実を回転させたりする
シルバーシートしき	シルバーシートの反射によって，果実下方向の着色を行う
収穫・選果	果実を収穫し，品質の良し悪しによって 5 段階に選別する
その他	誤検知（人が写っていない），人の通過，様子見，逆光・吹雪・暗くて作業分類できない，何の作業内容かわからない，画像の破損，農作業とは関係のない作業など

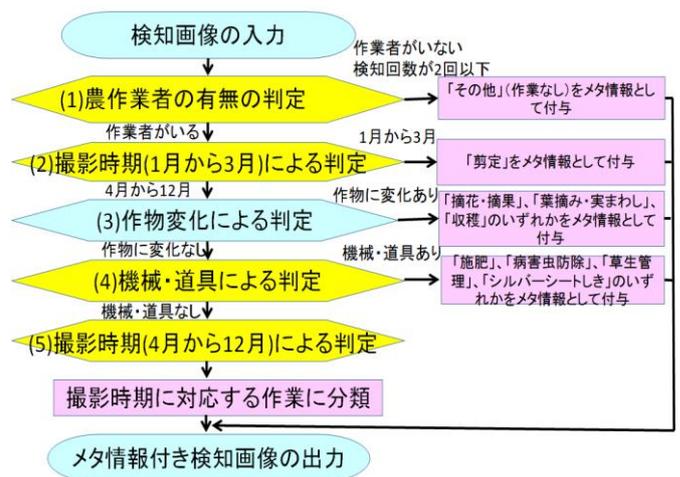


図 5 メタ情報の決定手順

ないと判断する。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る。その後、ラベリング処理 [13] (井村誠孝氏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連続して存在しているか判定を行う。そして、閾値に達した画像を連続して含まない1日の作業を「その他」の作業項目として判定する。

フレーム間差分法による判定だけでは、人が農地を通り過ぎただけのものや、農地の様子を見に行ったりするだけで作業を行わなかった画像を「その他」に判定することはできない。そこで、このような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、農地にとどまる時間が短い傾向があることから、農地に設置した赤外線センサの検知回数が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。

上記の2種類以外の画像は農業者が何かしらの作業を行っているとして判定し、次節以降の判定を行う。

### 6.3 撮影時期(1月～3月)による判定

りんごの農作業では、剪定、摘花、葉摘み・実まわし、収穫、シルバーシートしきといった大部分の作業項目が、例年、特定の期間中に行われている。表3に各作業項目に対応する作業期間を示す。この表はりんごの生産者にヒアリングをし、りんごの主な1年間の作業に基づいて作成した。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
病虫害防除	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

### 6.4 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、収穫日以降はりんごの実がなくなるため、作物画像中の赤色領域が極端に減少する。一方、摘花すると花がなくなるため、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・摘果と判定してセンサ検知画像にメタ情報を付与する。

### 6.5 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、機械や道具を検出することによって作業内容の判定を行う。機械・道具による判定にはOpenCV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。しかし、記録される画像は農作業中の画像のため、単純なテンプレートマッチングによる判定は難しいと考えた。そのため、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て学習させることで、より精度の高い判定を目指した。また、赤外線センサ付きネットワーク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、その中で認識精度の高かった閾値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6に示す。



図6 テンプレートマッチング抽出結果

## 6.6 撮影時期(4月～12月)による判定

6.1 節～6.5 節の判別でどの農作業にも判別されなかった場合、画像が撮影された日付から、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。

## 6.7 期待される効果

図7に教材作成支援システムの構成図を示す。教材作成システムは(1)データ収集、(2)データ加工、(3)データ統合の3つの階層から構成される。本研究で提案した自動判別手法は(1)データ収集のメタ情報付与に位置付けられる。

本研究によって農作業時の様子の自動撮影と撮影画像の自動判別が実現できれば、センサ検知画像を教材として利用する際の検索が容易になり、教員の教材作成負担の軽減が期待できる。また、農作業情報と環境データを関連付けた教育が可能になり、理科や社会といった科目からキャリア教育に至るまで幅広い教材開発に活用できる。図8に圃場モニタリングシステムを活用した教科横断的な学びの構想を示す。

図8に示すように、農業体験学習で体験する摘果から販売までの一連の流れを教科教育へ発展させることを構想している。また、圃場モニタリングシステムによって蓄積されたデータを活用することで、地域の特性を活かした学びにつながることを期待できる。本研究では小学校の農業体験学習を対象に進めてきたが、将来的には、キャリア教育や新規就農者支援に応用することも検討している。

## 7. 農作業自動判別システムの開発と評価

### 7.1 判定手法の開発

提案手法を用いた農作業情報自動付与システムを開発した。本システムにより、撮影されたすべての画像にメタ情報を付与することができ、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。開発はOpenCVのテンプレートマッチング、labeling.h[13]によるフレーム間差分法、C/C++を利用

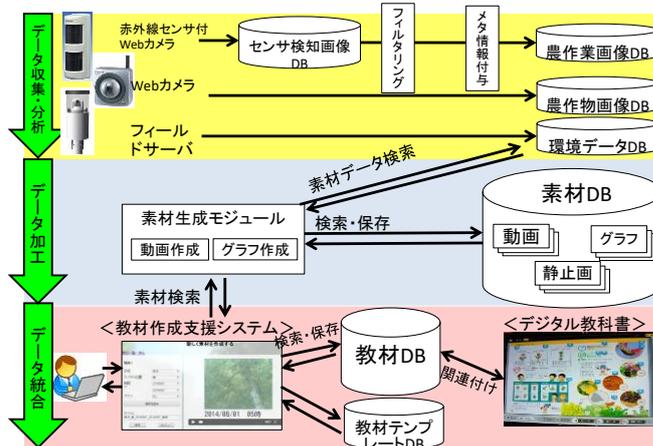


図7 教材作成支援システム構成図

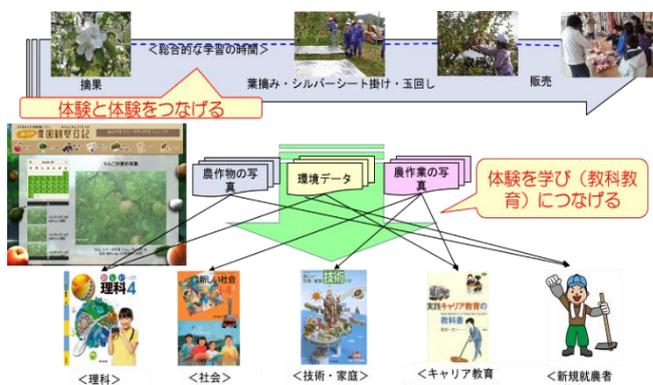


図8 圃場モニタリングシステムを活用した教科横断的な学びの構想

したRGB値による画像の分析手法を用いた。

### 7.2 評価実験

過去5年間で撮影されたセンサ検知画像の中で機械が含まれている画像を手動で判別した場合と、本研究で開発した機能によって判別した場合での再現率と適合率により評価を行った。平成28年度のセンサ検知画像のうち農業機械が含まれている4月から9月の画像においてテンプレートマッチングを行い再現率と適合率を測定した。表4に結果を示す。再現率は100%となり、農業機械が含まれている画像すべてに正しい農作業のメタ情報を付与できた、適合率は35.8%となった。農業者有無の判定(6.2節)、撮影時期による判定(6.3節)、作物変化による判定(6.4節)の判定機能を実装した先行研究[14]では、農業機械が含まれる画像の適合率は15.6%となっていたため、6.5節の

判定機能の実装により 20.2%の向上が見られた。また、再現率と適合率の調和平均を表す F 値を算出した結果、F 値は約 0.27 から約 0.53 に向上し、F 値からも 6.5 節による検索精度の向上が示された。

表 4 テンプレートマッチング結果

検索対象(センサ検知画像総数)	20,779 枚
正解データ数	226 枚
検索結果数	631 枚
検索結果に含まれた 正解データ数	226 枚

## 8. おわりに

本稿では、圃場モニタリングシステムで記録された膨大なセンサ検知画像から農作業画像の検索容易性の向上を目的とし、OpenCV を用いて画像処理を行った結果から農作業情報を判定する手法を提案した。また農薬散布車が撮影されている画像を対象にテンプレートマッチングを行った。農作業画像の分類については 4 つの手法を用いて行ったが、今後は各分類方法での精度向上について検討していきたい。また、農家でない人がセンサ検知画像を目視で農作業情報を付与した場合にかかる時間と本機能によって付与した場合で作業時間を比較し、農作業情報付与への時間短縮を示す。さらに、付与された農作業情報の正確性を検証する。

本稿では、支援対象を児童・教員と設定しているが、近年の日本における就農者の高齢化、新規就農者不足の対策のための活用可能性を検討し、6.7 節で述べた教材作成支援システムの評価を行いたい。

## 参 考 文 献

(1) 農林漁業体験学習ネット

[http://www.nou-taikens.net/report\\_h21/01\\_03\\_03.html](http://www.nou-taikens.net/report_h21/01_03_03.html)

(2) 高木正則,吉田昌平,中村武道,山田敬三,佐々木淳:児童を対象とした農業体験学習支援システムの開発と評価,SSS2012 情報処理学会情報教育シンポジウム,pp.233-240,2012

(3) 株式会社セラク, みどりボックス,

<https://midori-cloud.net/spec/> (2018 年 1 月 30 日確認)

(4) 農業分野における ICT 等の先進技術の活用の推進,  
[http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/miraitos\\_hikaigi/suishinkaigo\\_dai5/siryou6.pdf](http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/miraitos_hikaigi/suishinkaigo_dai5/siryou6.pdf) (2018 年 1 月 30 日確認)

(5) 農匠ナビ,

<http://www.agr.kyushu-u.ac.jp/lab/keiei/NoshoNavi/NoshoNavi1000/> (2018 年 1 月 30 日確認)

(6) NEC 農業技術学習支援システム,

<http://www.nec-solutioninnovators.co.jp/sl/nougaku/> (2018 年 1 月 30 日閲覧)

(7) 富士通 : 食・農クラウド Akisai ,

<http://jp.fujitsu.com/solutions/cloud/agri/> (2018 年 1 月 30 日確認)

(8) みどりクラウド <https://midori-cloud.net/> (2018 年 1 月 30 日確認)

(9) 藤本和久,内川智樹,高田一,王鷗,山崎宏和,櫻本直美,横山和成,駒谷昇一,田中二郎:農作業データ対応付け支援システム「Harvest」の開発,情報処理学会創立 50 周年記念(第 72 回)全国大会,6ZM-1,2010.3

(10) 深津時弘,平藤雅之:農地モニタリングのためのフィールドサーバの開発,農業情報研究 121),2003.1-12

(11) 南石晃明,菅原幸治,深津時弘:RFID を用いた農作業自動認識システム,農業情報研究,16(3):132-140,2007

(12) 神谷貴広,町田武美:GPS を利用した農作業記録の自動化に関する研究(第 2 報)-ファジィ推論による作業同定-,農業情報研究 11(3),2002,263-272

(13) 井村誠孝 ラベリングクラス,  
<http://imura-lab.org/products/labeling/> (2018 年 2 月 5 日確認)

(14) 中村武道,高木正則:児童向け学習教材に活用する農作業画像へのメタ情報付与機能の開発と評価,情報処理学会研究報告,Vol.2015-CLE-15, No.4, pp.1-5, 2015.1