

人感センサ付き Web カメラで撮影された 農作業の自動判別システムの開発と評価

平野 竜^{†1} 高木正則^{†1} 山田敬三^{†1} 佐々木 淳^{†1}

概要:我々は Web カメラを通じて農作物の成長過程と農作業の様子を遠隔地から観察できる農地モニタリングシステムを開発し、小学校の農業体験学習で活用している。本システムでは、年間 5 万枚を超える農作物・農作業の画像が集積されている。これらの画像を学習教材として活用するためには撮影画像の分類が必要であり、多くの人的負担を要する。本研究では、画像の撮影時期や画像処理により画像に撮影されている農作業を自動判別するシステムを開発した。また、自動判別システムで画像の分類実験を行った結果、再現率は 100%、適合率は 35.8%であった。

Development and Evaluation of an Automatic Classification System for Farming Activities Taken by Motion Sensor Camera

RYU HIRANO^{†1} MASANORI TAKAGI^{†1}
KEIZO YAMADA^{†1} JUN SASAKI^{†1}

1. はじめに

全国 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ことが報告されており[1]、小中学校における農業体験学習の需要の高さが理解できる。また、農業体験学習における問題点の調査結果では「時間不足」と答えた学校が 55%と最も多く、次いで「準備に時間がかかる」(40%)、「学校や教師の農業に関する技術や知識・情報不足」(40%)と続いている。特に、体験学習を行っている圃場が学校から遠い場合、毎日圃場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。そのため、作物の変化や農作業の様子を可視化し、圃場で行われている作業の大部分を理解できるシステムが必要である。

先行研究では、岩手県紫波町立赤沢小学校の総合的な学習の時間で実施されている農業体験学習を支援する農地モニタリングシステム(<http://kansatu.net>)を開発した。平成 23 年度から授業で利用している。赤沢小学校では、従来からりんごの栽培から収穫、販売までを体験する農業体験を実施していたが、時間の制約から定期的な観察を行うことが難しかった。農地モニタリングシステムを導入することでりんごの成長を iPad から毎日観察できるようになったため、農業を身近に感じることができ第一次産業への興味喚起にもつながっている。平成 24 年度からは、農地に人感センサ付き Web カメラを新たに設置し、人感センサの検知信号を受信してから 100 秒間、毎秒 1 枚自動撮影できるシステムへと拡張した。人感センサ検知画像には農薬散布な

ど安全性の問題から児童が体験できない作業の様子も記録されており、これらの画像を提示することでさらなる興味喚起につながると考えられる。また、圃場で記録されたデータを理科や社会科で学ぶ内容と関連付けて提示することで理科や社会科で学ぶ内容の理解を深めることが期待できる。しかしながら、撮影される画像は年間 5 万枚を超え、これらの画像にはメタ情報が付与されずに蓄積されているため、圃場で記録されたデータは授業や教材等で活用されていない。

本研究では、すべての人感センサ検知画像に農作業情報を付与し、撮影された画像を農作業ごとに自動分類することを目的とし、テンプレートマッチング、フレーム間差分法、RGB 値を用いた人感センサ検知画像への農作業情報付与システムを提案する。

2. 先行研究

先行研究で開発した農地モニタリングシステムの構成を図 1 に示す。また、システムの画面例を図 2 に示す。平成 23 年度から Web カメラを農地に設置し、農地モニタリングシステムではこの Web カメラで毎日 5 時から 18 時まで 1 時間に 1 枚自動撮影した農作物(りんご)の画像を閲覧できる。平成 24 年度からは人感センサ付き Web カメラも設置し、農作業の様子をも自動撮影している。人感センサ付き Web 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 秒間撮影する仕組みとなっており、検知された農作業の様子がわかりやすく記録できるようになっている。また、フィールドサーバを設置し、気温、日射量、土壌温度などのデータ(以下、環境データ)も記

^{†1} 岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究所
Iwate Prefectural University

録している。撮影された写真は自動的にサーバにアップロードされ、遠隔地（教室）から農地モニタリングシステムにアクセスすることで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。

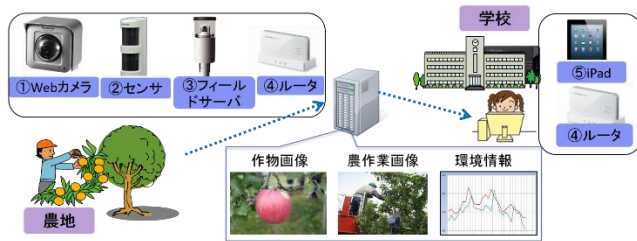


図1 農地モニタリングシステムの構成図



図2 農地モニタリングシステム画面図

3. 関連研究

1) 農匠ナビ[2]

九州大学は農林水産省委託研究として農家の作業技術の数値化及びデータマイニング手法の研究開発を行っている。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運営されている。

2) NEC 農業技術学習支援システム[3]

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できる農業技術学習支援システムが開発されている。主な機能としてはデータ化された熟練農家の技術やノウハウをタブレット端末などで参照し学習することで、新規就農者でも短期間で熟練農家の高度な栽培技術を身につけることを可能にしている。

3) 一農ネット[4]

農林水産省と青年新規就農者を直接つなげるネットワークとして運営されている。青年新規就農者が販路の確保方法や、経営ビジョンについて情報共有することができるシステムとなっている。

4) Akisai[5]

(株)富士通が運営するサービスで生産から経営・販売までの企業的農業経営を支援するサービスで現場でのICT活用を起点にして農業生産者と食品加工・卸・小売り・外食企業向けにサービスを運用している。

5) みどりクラウド[6]

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。また、気象庁による気象予報データを取得し、圃場に近い予報ポイントの気温・雲量・雨量・風向・風速を表示することもできる。

上述した関連研究として挙げたこれらの研究や、サービスはいずれも農業経営者や農業生産者、新規就農者等を対象にしている研究となっており、未来の農業を支える子供たちの学習を支援するための情報システムとはなっていない。また、どの関連研究においても新規就農者の直接的な技術やノウハウの支援が目的ではなく、経営のノウハウやビジョンの確定のために用いられる場合が多い。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手法に新規性がある。

4. 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月までに人感センサ付きweb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、1日単位で管理されたセンサ検知画像に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、検知画像を以下の10通りの作業項目に分けることができた。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。作業項目の概要を表1に示す。

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。

表1 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

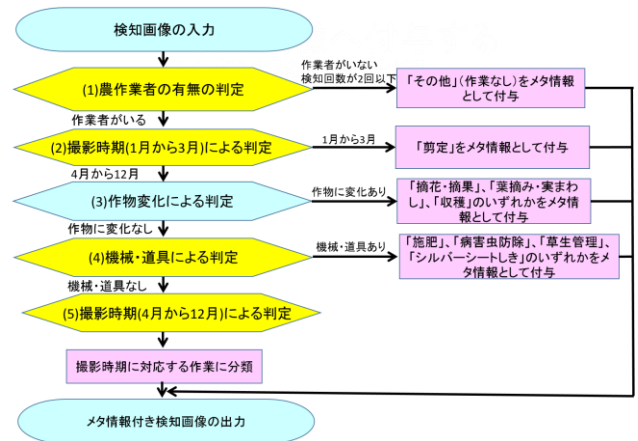


図3 メタ情報の決定手順

5. センサ検知画像に撮影された農作業判別手法の提案

5.1 農作業判別手法の提案

本研究では，農地モニタリングシステムに記録されたセンサ検知画像のうち，農作業内容を判別する手法について提案する．提案する手法でセンサ検知画像を自動分類することで，教員が農業体験学習で児童が学んだ農作業の内容と関連付けた教材を容易に作成できるようになる．

本研究では(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つの観点から農作業画像を分類する手法について提案する．図3に，人感センサ付きWebカメラで撮影された農作業画像を分類する流れを示す．以下に，4つの分類手法について述べる．

(1) 農業者有無の判定

農業者の有無の判定では，画像に人が写っていない場合や，農作業を行っていないと判定した場合に，「その他」のメタ情報を付与する．人感センサ検知画像には，明るさや天候によってぼやけて見えない画像なども含まれている．この場合は画像全体がぼやけていることが多く，目視では画像上の変化を確認することが難しい．そこで，前後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いないと判断し，「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る．その後，ラベリング処理（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．

中村ら[10]の先行研究の中でも農業者の有無の判定は行っていたが本研究ではさらなる精度向上を目的に判定条件を加えた．撮影されるセンサ検知画像の中には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も含まれていた．このように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ものが多い．そのため，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．

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ため，農作業を行っているとして(2)以降の判定を行う．

(2) 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，

表2 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

例年、特定の期間中に行われていることがわかっている。表2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年間の作業にもとづいて作成したものである。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。

(3) 作物変化による判定

作物に直接手をつける作業項目では、収穫のように作業後に作物がなくなるといった変化を作物画像から抽出することができる。このような作物画像の変化から作業項目を判定する。具体的には、作業項目の収穫、摘花・摘果、葉摘み・実まわしを対象としており、画像中のRGB値を分析し、収穫は実の収穫日を赤色領域から、摘花・摘果は白色領域から判定する。収穫日や落花日以降は実や花がなくなるため、赤色領域や白色領域が極端に減少する。そのため2日間の色素差分が最大となる日を収穫日と判定し、同時期に撮影された検知画像にメタ情報を付与する。

(4) 機械・道具による判定

センサ検知画像には図4のような農作業時に用いられる機械や道具の写りが撮影されている。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、人感センサ付きWeb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していることもあり、鮮明な画像ではない。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、そのなかで認識精度の高かったものを採用した。図3に表すのが、テンプレートマッチングにより得た、農薬散布車の図である。



図4 テンプレートマッチング抽出結果

(5) 撮影時期(4月～12月)による判定

上記(1)～(4)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. 農作業自動判別システムの開発と評価

6.1 システムの開発

提案した人感センサ付きWebカメラに撮影された農作業画像を判別する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、大量の画像を分類することができる。開発はOpenCVのテンプレートマッチング、フレーム間差分法、RGB値による画像の分析手法を用いた。

6.2 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。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。5.1節(1)～(3)、(5)を実装した先行研究[4]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、20.2%の向上が見られた。一般的に再現率と適合率はトレードオフの関係にあるため、再現率と適合率の調和平均を表すF値を算出した。その結果、F値は約0.27から約0.53に向上し、5.1節(4)による適合率の向上がF値を向上させたといえる。

7. 教材作成支援システムプロトタイプの開発

圃場データのうち、農作業の写真を除く農作物の写真と環境データを活用して素材を生成できるプロトタイプシステムを開発した。図5にシステム構成図、図6に素材閲覧時の画面例を示す。プロトタイプシステムでは、Webカメラが設置されている農地と、使用したい写真(りんごの木の写真、実の写真)を選択したあと、使用するデータの期間や環境データのグラフ表示の有無を指定すると、素材のプレビュー画面が表示される。また、プレビューされた素材の修正や保存ができる。

開発したプロトタイプシステムでは農作業画像を用いた教材作成はできていないため、本研究で分類された農作業画像を用いた教材作成機能の実装は今後行う予定である。

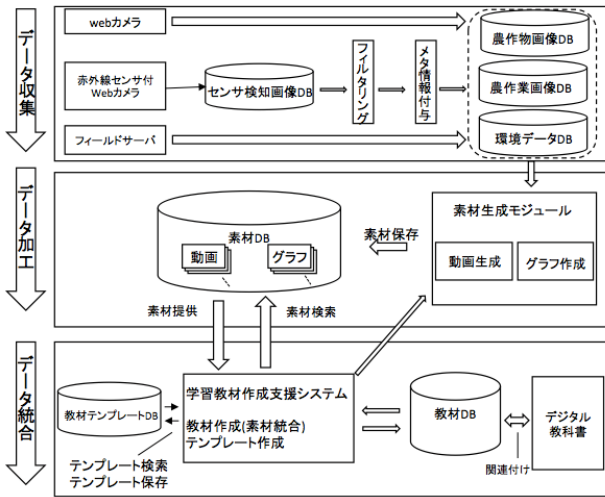


図5 教材作成支援システムシステム構成図

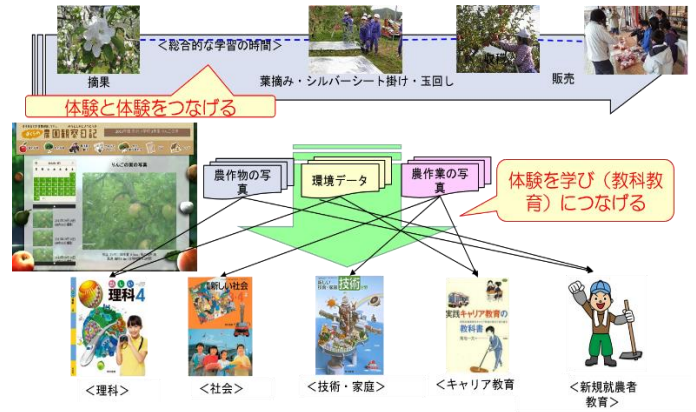


図7 農地モニタリングシステムを活用した学びの構想

にメタ情報を付与することにより、農作業時の画像を活用した社会や新規就農者向けの学習教材の作成が可能になる。

9. おわりに

本稿では、農地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。

8. 期待される効果

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教員への負担が軽減されることが期待される。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7に農業体験学習を活かした新たな学びの構想を示す。また、表3に学習指導要領と関連する教材例を示す。

図6に表すように、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、農地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して地域の特性を活かした学びにつなげることを目指している。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の仕組みとして確立させることで支援対象の幅を広げることが期待される。

また、7章で記述したプロトタイプシステムでは農作業画像を活用した教材作成ができていないが、すべての画像



図6 素材閲覧時の画面例

表3 圃場データの教材への活用例

教科	学年	学習指導要領	素材案	素材データ	抽出期間	抽出間隔	加工方法
理科	3年	日陰は太陽の光を遮るとでき、日陰の位置は太陽の動きによって変わること	晴れた日の一日の農地全体の画像の連続再生動画	農地全体の写真	晴れた一日分(気象庁より)	一時間間隔	動画
		地面は太陽によって暖められ、日なたと日陰では地面の暖かさや湿り気の違いがあること	晴れの日の土壌温度と気温	土壌温度と気温	温度差が激しい一日	一分間隔	グラフ
	4年	植物の成長は、暖かい季節、寒い季節などによって違いがあること	季節ごとに分類した実の画像の連続再生動画と気温を比較したグラフ	実の写真と気温	3か月ごと	一日間隔	グラフ
		天気によって一日の気温の変化の仕方に違いがあること	天気の異なる2日間の気温を比較したグラフ	雨と晴れの一日の気温	雨と晴れの日分(気象庁より)	一分間隔	グラフ
	5年	植物の発芽には、水、空気及び湿度が関係していること	2年分の開花までの実の画像の連続再生動画と気温と湿度を比較したグラフ	実の画像と環境データ	発芽前から開花まで(2年分)	一日間隔	グラフ 動画
		植物の成長には、日光や肥料などが関係していること	肥料散布中の農作業画像の連続再生動画	肥料散布中の農作業画像	農作業の開始から終了	期間中の全画像	動画
花にはおしべやめしべなどがあり、花粉がめしべの先につくとめしべのもとに身になり、実の中に種子ができること		開花してから収穫されるまでの実の画像の連続再生動画	実の画像	開花から収穫まで	一日間隔	動画	
社会	3.4年	地域には生産や販売に関する仕事があり、それらは自分たちの生活を支えていること	代表的な農作業画像を時系列上にまとめた年表	代表的な農作業画像	農作業の開始から終了	期間中の全画像	動画
	5年	食料生産に従事している人々の工夫や努力、生産地と消費地を結ぶ運輸などの働き	農作業ごとに分類した画像の連続再生動画	全農作業画像	農作業の開始から終了	期間中の全画像	動画

参考文献

- [1] 農林漁業体験学習ネット
http://www.nou-taikken.net/report_h21/01_03_03.html
- [2] 農匠ナビ
<http://www.agr.kyushu-u.ac.jp/lab/keiei/NoshoNavi/NoshoNavi1000/>
- [3] NEC 農業技術学習支援システム
<http://www.nec-solutioninnovators.co.jp/sl/nougaku/>
- [4] 一農ネット
http://www.maff.go.jp/j/new_farmer/n_syunou/1nou.html
- [5] 富士通：食・農クラウド Akisai,
<http://jp.fujitsu.com/solutions/cloud/agri/>
- [6] みどりクラウド <https://midori-cloud.net/>
- [7] 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, 情報教育シンポジウム 2012 論文集, pp. 233-240, 2012
- [8] 大阪大学 井村誠孝 ラベリングクラス
<http://oshiro.bpe.es.osaka-u.ac.jp/people/staff/imura/products/labeling>
- [9] 阿部勇人, 佐々木淳, 高木正則, 山田敬三, 中村武道, 加藤裕美, 山本晃大, 吉田理穂：定点カメラ画像を利
- 用したりんごの成長過程用学習コンテンツの試作と評価, 第76回情報処理学会全国大会, 2ZE-4, 2014.3
- [10] 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
- [11] 高木正則, 村上潤紀, 高橋亮, 漆原翔也, 平野竜：農業ビッグデータを活用した学習教材作成支援システムの研究開発, 2016.9 iMOS 研究成果発表会