

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

中村武道^{†1} 高木正則^{†1}

我々は農地に設置したWebカメラを通じて農作物の成長過程を遠隔地から観察できる農業体験学習支援システムを開発し、平成23年度から岩手県内の小学校で運用してきた。本システムでは、リンゴの実やリンゴの木全体の画像、農作業画像、各種環境データを記録できる。しかし、蓄積された画像の枚数が膨大で分類が行われていないため、教材として利用するには多大な負担がかかる。そこで、本研究では蓄積された画像を教材に活用できるようにするために、画像を自動分類する手法を提案し、画像に写っている農作業内容をメタ情報として付与する機能を開発した。本稿では、メタ情報付与機能の概要と評価結果について報告する。

Development and Evaluation of a Function for Extracting Meta-Data of Agricultural Work Images Used in Teaching Materials for Elementary School Children

TAKEMICHI NAKAMURA^{†1} MASANORI TAKAGI^{†1}

We have developed an agricultural experience learning support system to observe agricultural work and crop growth process by using Web cameras placed at a farm field. Moreover, We have used it in an elementary school since 2011. Our system can record various farm field data such as apples' images, apple tree's images, and environmental data. However, these data was not used as teaching materials because the number of data was enormous and these were not categorized by types of agricultural work. In order to solve this problem, we proposed an automatic image categorized method and developed a function for extracting meta-data of agricultural work images. In this paper, we report the function overview and its evaluation result.

1. はじめに

我々は平成23年度より農業体験学習支援システムを開発し、岩手県内の小学校で運用してきた。本システムは農地に設置したWebカメラで撮影される写真を閲覧できるWebアプリケーションとなっている。これにより、小学校にいながら農地の様子が確認できるようになり、児童のリンゴへの興味を喚起させることにつながった[1]。

しかし、本システムで撮影されるリンゴの実やリンゴの木全体の写真、さらに農作業の写真は、年間1万枚を超え、それらのデータのほとんどは学習のために活用されていないのが現状である。この膨大な写真の中から授業に活用できる学習に有効な画像を検索することが困難であること、また、検索した画像を活用して学習コンテンツを生成するのに時間がかかることなどが問題点として挙げられた。そこで、我々は農業体験学習用オーサリングツールを構築し、教育現場で教員が簡単に教材を作れる環境を提供することを目指している。

本研究では、収集された農作業画像へのメタ情報の自動

付与を目的とする。これにより、オーサリングツールから利用した農作業画像を容易に検索可能になり、学習コンテンツの作成負担の軽減が期待できる。本稿では、農作業画像の収集手法、農作業画像の分析によるメタ情報の選定、メタ情報付与機能の概要とその評価結果について述べる。

2. オーサリングツールの概要と本研究の位置付け

2.1 農業体験学習支援システム

先行研究で開発した農業体験学習支援システムの画面例を図1に示す。本システムでは、小学校と連携している農地にWebカメラを設置し、撮影された写真がポータブルWiFiルータを経由してサーバへ自動的にアップロードされる。リンゴの実と木の写真は5時から19時まで毎時一枚の間隔で自動撮影される。現在、岩手県内の3箇所の農地にWebカメラを設置している。そのため、児童たちは普段、農業体験で訪問している農地の様子だけでなく、他の地域の農地の様子と比較することもできる。児童はWebページ(<http://kansatu.net>)にアクセスし、小学校を選択することで、実の写真、木の写真を確認できる。しかし、主に使われているのは一年間のリンゴの成長を捉えた画像の連続再生動画に留まっており、蓄積された大量の画像や環境デー

^{†1} 岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究科
Graduate School of Software and Information
Science, Iwate Prefectural University

タが有効に活用されていないという問題がある。一方で、農作業画像を取得し、作物画像や環境データと組み合わせることによって、理科や社会などの他の科目の教材として活用できる可能性が示唆されている[2]。

2.2 農業体験学習用オーサリングツール

農業体験学習用オーサリングツールの概要図を図2に示す。本ツールでは、農業体験学習が主に実施されている総合的な学習の時間は、総合的・横断的な学習が重要視されているため、児童たちが育てた作物の周辺データをサーバに蓄積し、それら蓄積データを理科や社会などの学習教材に活用できるようにすることを目指している。オーサリングツールは以下の3つの領域から構成される。

(1) メタ情報付与

センサの情報や画像に写っている被写体を分析し、収集したデータにメタ情報を付与することで、教材作成の際に利活用し易い形にする。

(2) データ加工

収集データに付与されたメタ情報に基づき、教材に用いる素材を自動生成する機能(素材作成モジュール)を活用して、各教科の学習指導要領に対応した素材集や、教員が定義した素材集を作成する。

(3) データの統合

素材集を用いて教材を作成する。各科目の学習単元ごとに教材テンプレートをあらかじめ用意し、教員が教材テンプレートに素材やテキストを埋め込むことによって教材を作成する。作成された教材はデジタル教科書の関連する科目の単元とリンクできるようにする。

オーサリングツールによって、教員の少ない負担で蓄積データを他科目の授業で有効活用でき、学習効果の向上につながることを期待される。

2.3 本研究の位置付け

本研究は、オーサリングツールの構成要素の一つであるメタ情報付与の領域を担い、児童が農業体験学習で育てている農作物周辺の農地情報の取得と蓄積画像へのメタ情報の付与を目指す。また、取得する農地情報や付与するメタ情報はデータ加工の際に利活用しやすいものとなるように考慮する。



図1. 農業体験学習支援システムの画面例 (<http://kansatu.net>)

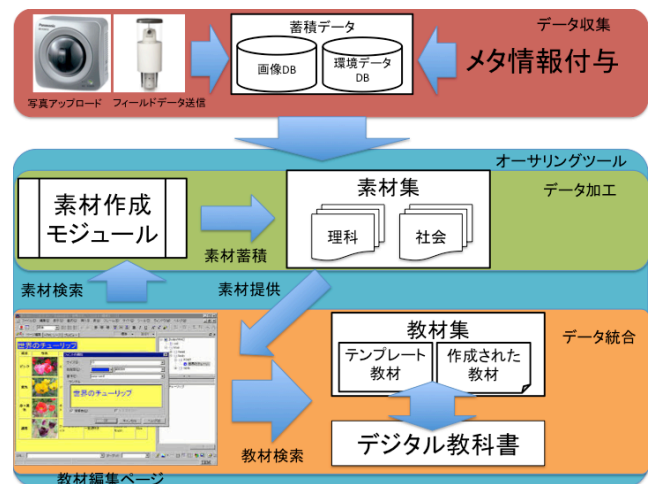


図2. オーサリングツールの概要

3. 関連研究

農作業情報を記録する関連研究としては、RFIDを用いた農作業自動認識システム(南石ら)[3]、GPSを利用した農作業記録の自動化に関する研究(神谷ら)[4]などがあり、どちらの研究も農作業記録の自動認識を目的としている。

しかし、いずれも農家にウェアラブル端末をつけることによる位置情報の取得が前提のため農家に負担がかかるという問題がある。農業体験学習の受け入れ農家は通常ボランティアとして協力することが多いため、農家に農業体験以外での負担をかけるのは望ましくない。そこで、データ収集・メタ情報付与のための人的負担を一切かけないシステム設計・開発を検討する。

4. 目的とアプローチ

本研究で提案する分類手法ではデータ収集・メタ情報付与にかかる負担を考慮しつつ、素材作成の際に正しいデータを提供するために、メタ情報の付与精度を高くすることが課題となる。

そこで、本研究では赤外線センサとWebカメラを活用した農作業画像の自動記録環境を構築し、画像処理を用いたメタ情報付与機能の実装を行う。また、本研究で取り扱う農作業画像は、現在記録しているりんごの農作業のみを対象とし、他の農作業へのデータ収集、メタ情報付与は考慮しないものとする。

5. 農作業画像の収集

5.1 農作業画像記録環境の構築

農作業画像を収集するための環境構成を図3に示す。農地にはWebカメラ(Panasonic製BB-SW174W)と赤外線センサ(竹内エンジニアリング製MS-12FA)、ポータブルWi-Fiルータ(バッファロー製BF-01D)を設置する。そして、農作業画像を自動記録する手順として、まず、赤外線

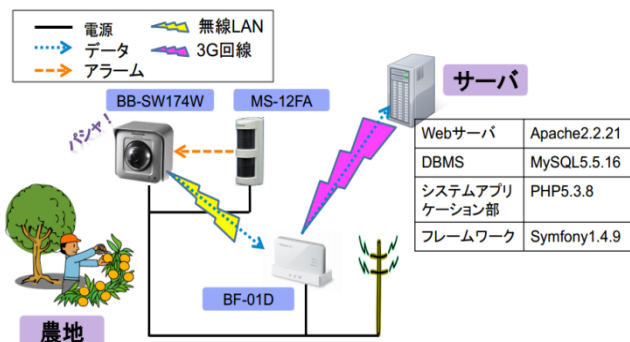


図3. 農作業画像記録環境の構成

センサが人を検知すると Web カメラに検知アラームが送信される。Web カメラは検知アラームを受信すると、受信時から1秒間に1枚間隔で100秒間の連続撮影が行われる。次に、Web カメラによって撮影された検知画像はポータブル Wi-Fi ルータを経由し携帯電話の 3G 回線を経由してサーバへリアルタイムにアップロードする。

5.2 農作業画像の分析

農作業画像自動記録環の構築後、平成 25 年 1 月から平成 26 年 12 月まで 156 日分の検知画像計 51,322 枚が記録された。その後、検知画像内にどのような農作業が記録されているか分析するため、以下の 3 つの方法を用いて作業日単位で農作業内容の分析を行った。

- (1) 記録された時期と作業日誌を照らし合わせた農作業内容の判別
- (2) 木、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必要であると考えられる。

本研究では、以下の 10 通りの作業を機械による自動判定によってメタ情報付与を行う機能を構築する。

6. メタ情報付与機能の実装

6.1 農作業分類手法の提案

メタ情報付与機能では、検知画像に正しいメタ情報を付与するため、農作業の有無の判定、撮影時期による判定、作物変化による判定、機械・道具による判定の 4 つの判定基準によって、画像に付与するメタ情報を 10 種類の作業項目から決定する。なお、検知画像は 1 日単位で扱い、メタ情報は撮影日毎に付与されるものとする。

6.2 農作業の有無の判定

農作業の有無の判定では、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。

表 1. 検知画像の種類

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、実を回転させる
シルバーシー	シルバーシートの反射によって、果実下方方向の着色を行う
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

人が写っているかどうかの判定では、明るさや天候によって視界がぼやけて見えない画像などが当てはまる。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。そのため、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）[5]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。

また、農地を通り過ぎたり、様子見だけで作業を行わなかった画像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 3 回以下のものを、人は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作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判定して次の判定へと回す。その後、どの判定にも農作業として該当しなかった場合、「その他」のメタ情報が付与される。

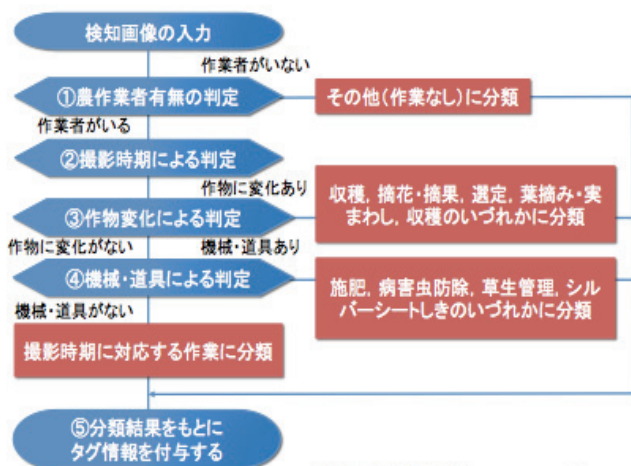


図 4. 農作業分類手法の流れ

6.3 撮影時期による判定

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 JA 全農青森が公開しているりんごの主な 1 年間の作業[6]にもとづいて作成したものである。撮影時期の判定では、検知画像が撮影された日付を画像から抽出し、この表と照らし合わせることによって、作業時期にあった作業項目をメタ情報として付与することができる。また、撮影時期と作業期間が被っている作業項目が複数存在していた場合は、時期からどちらか一方であると判定することが困難であるため、複数のメタ情報付与を行う。

表 2 各作業項目の作業期間

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～10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

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の判定をする。具体的には作業項目の収穫、摘花・摘果を対象としており、収穫は実の収穫日を赤色領域から、摘花・摘果は花の開花日を白色領域から、画像中の RGB 値を計測することで判定する。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。図 5 のグラフは平成 25 年の収穫日を赤色領域から求めたものである。

6.5 機械道具による判定

データ収集によって蓄積された検知画像の中には、図 6 のような農作業時に用いる機械や道具が写っている。そのため、機械や道具を検出することによって農作業を判定する。これらに対して、Deep Learning や SVM (support vector machine) を代表とする機械学習を用いることで付与すべきメタ情報を明らかにすることができれば、前述の作業項目の判定と合わせることで高精度のメタ情報付与を行うことが期待される。現在は、実装にまで至っていないが、研究精度の向上のために今後実装を行う予定である。

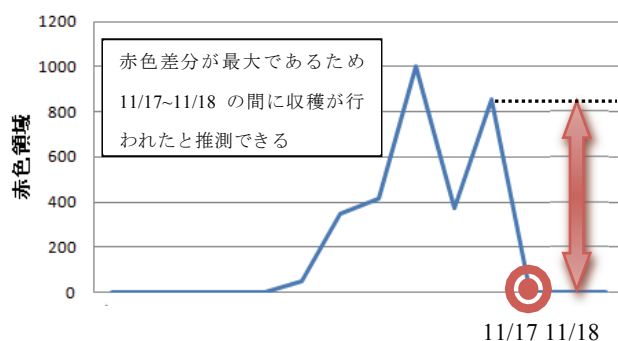


図 5. 収穫日の判定



図 6. 農作業機械・農作業道具

表3. 評価結果

作業名	手動付与データ	自動付与データ	手動付与データ ∩自動付与データ	適合率 (%)	再現率 (%)
剪定	4	9	4	44.4%	100%
摘花・摘果	5	29	5	17.2%	100%
農薬散布・肥料散布	10	45	7	15.6%	70%
葉摘み・玉回し	3	18	3	16.7%	100%
収穫	1	4	1	25.0%	100%
シルバーシートしき	1	6	1	16.7%	100%
選果	1	3	1	33.3%	100%
草刈り	8	47	8	17.0%	100%
その他(作業なし)	39	15	15	100%	38.5%

7. 評価

7.1 評価方法

本研究で開発したメタ情報付与機能の評価方法として、農作業日誌と照らし合わせながら、メタ情報を手動付与したデータとシステムによってタ情報を自動付与したデータを比較することで、メタ情報付与機能の精度計測を行った。

7.2 評価手法

メタ情報付与機能によってメタ情報が付与された自動付与データがどれだけ手動付与による正解データと一致していたかという指標を適合率とし、メタ情報付与機能によって、手動付与による正解データを全体の内どれだけを含むことができたかという指標を再現率とする。適合率と再現率を求める式は以下ようになる

$$\text{適合率} = \frac{\text{手動抽出データ} \cap \text{自動抽出データ}}{\text{自動抽出データ}} \quad (1)$$

$$\text{再現率} = \frac{\text{手動抽出データ} \cap \text{自動抽出データ}}{\text{手動抽出データ}} \quad (2)$$

7.3 評価結果と今後の取り組み

評価の結果を表3に示す。結果として、再現率が100%を超える作業項目が多いが、剪定・その他以外の適合率が低い傾向にあった。これは、機械道具による分類によって付与する作業項目が一つに絞ることができない場合が多かったというが原因として考えられる。

今後は、単一の作業項目に絞るため、今回未実装であった機械学習を用いた農作業機械・農作業道具認識による作業項目の判定に取り組む。また、メタ情報付与機能によって少数の作業項目に絞り込むことができたため、システム

によって絞り込んだ作業項目を手動で編集することで、正確なメタ情報を付与していく半自動方式についても検討していきたい。

参考文献

- 1) 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.233-230, 2012
- 2) 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
- 3) RFIDを用いた農作業自動認識システム, 農業情報研究 Vol. 16 (2007) No. 3 P 132-140
- 4) GPSを利用した農作業記録の自動化に関する研究, 農業情報研究 4(2), 91-108, 1995 農業情報学会
- 5) 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>
- 6) JA 全農青森 りんごの主な1年間の作業
http://www.am.zennoh.or.jp/apple_work.html