

令和 3 年 6 月 11 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17K08036

研究課題名（和文）時系列画像や別視点の画像を利用し隠れて見えない対象を検出する画像モニタリング手法

研究課題名（英文）Image monitoring system to find hidden objects with time series data and different angle data

研究代表者

深津 時広（FUKATSU, Tokihiro）

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・農業技術革新工学研究センター・上級研究員

研究者番号：40355483

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：作物の生育画像から花や果実などの対象を検出する場合、対象物が葉や茎などで隠れて認識できない場合に対応するため、対象を様々な地点から撮影した別視点画像や、様々な時間推移で撮影した時系列画像を取得し、これらの情報を利用して効率的に検出・推定するモニタリング手法を構築した。具体的には時空間画像を自動取得できる移動計測装置の開発、解析する画像と関連性が強い画像を簡単に引き出すためのメタデータの定義・付与、メタデータを利用して抽出された関連画像を利用し、別視点による死角部分の推定や時間経過による作物状態の変化予測をもとにした画像解析手法の提案、を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、深層学習をはじめとする画像検出手法に貢献するものであり、特に作物生育といった場面に有効に作用するものと思われる。また本研究で開発された要素技術は、農業ビッグデータの構築や高度な生育モニタリングなどに利用できる基盤技術であり、社会的・学術的にも意義があるものである。

研究成果の概要（英文）：It is important for agricultural science to detect objects such as flowers or fruits from image data. However, these objects are sometimes hidden by leaves or stems, so that it may be difficult to detect them from the image data. In this study, we propose a new image monitoring method to find hidden objects using time series image data and different angle image data in order to deal with the issues. We have developed a movable platform with high-resolution image system so that it enables to collect spatio-temporal images automatically. We also constructed a framework to analyze image data with defined metadata that shows relationship to each image data. By using related image data extracted based on metadata, our proposed system enables to find hidden objects efficiently.

研究分野：農業センサネットワーク

キーワード：花果实検出 画像解析 時系列データ 移動計測

1. 研究開始当初の背景

作物生育情報の取得は農業生産の高度化・効率化に向けて重要であり、その代表的な手法として画像による作物生育状態のモニタリングが注目されている。また取得された作物画像は、多くの研究者がさまざまな解析手法を用いて、病害虫の検出・葉色やしおれの判定・開花の計数・果実の熟度判定などを行っており、画像モニタリングの重要性は刻々と増している。画像モニタリングを効率的に行うには、画像データを収集するためのハードウェアや取得したデータから目的の対象を検出するためのソフトウェアが重要となる。ハードウェアに関しては、近年 ICT の進歩も相まって、農業センサネットワーク技術をベースに、さまざまな農業環境下で画像データを長期に安定して取得するシステムの研究開発が行われている。ソフトウェアについては、取得した大量の画像データをもとに近年 AI などの深層学習を用いた対象物の検出・判定を行う研究が進められている。

一方で、現場サイドにおいては以下のような課題があげられている。作物の生育画像から花や果実などを検出するにあたり、実際の現場環境では対象物が葉や茎などで隠れてしまうことが多い。そのため、たとえ優れた画像処理手法を用意したとしても、対象物が見えていない画像からは精度良く検出することは難しい。また時間経過とともに対象は花から果実へといった具合に形態が変化するため、検出の難易度が上がるとともに検出対象の時間的関連性を把握するのが難しい。また施設園芸では、露地栽培と異なり長期にわたり開花・結実などが施設内の各所で繰り返される。そのため、常に施設全体の作物の状態を把握する必要があるが、これまでの画像モニタリング手法は定点観測が基本であるため、移動計測を実現するには新たなハードウェアの課題を解決する必要もある。

2. 研究の目的

そこで本研究では、与えられた画像単体から目的の対象を検出する解析処理手法ではなく、その画像と関連が深い複数の画像データを取得・利用することで、隠れて見えない対象を効果的に検出できる画像モニタリングシステムについて検討・開発を行う。具体的には、与えられた画像に対し、同じ撮影地点をさまざまな角度から撮影された別視点画像データや、同じ地点をさまざまな時間推移で記録された時系列画像データなどを加味した、画像モニタリングシステムを構築する。本研究では特に、花や果実といった対象が葉や茎などで遮蔽されることの多いトマトやイチゴといった施設園芸の環境を対象とし、別視点画像データや時系列画像データを取得するためのハードウェア、取得画像データを効率的に関連づけて処理できるようにするためのフレームワーク、複数の画像データを用いて目的とする対象を効率的に検出するためのアルゴリズム、などの構築を行っていく。

3. 研究の方法

まず、農業センサネットワーク技術や ICT/RT を活用し、施設栽培環境下で長期にわたり安定して作物の別視点画像データおよび時系列画像データを高精細に取得できるハードウェアの開発を行う。特に別視点画像データの取得は、施設内の温湯管パイプを利用した移動プラットフォームを開発し、これに画像計測装置を取り付けて移動計測することで実現を目指す。

次に、取得した別視点画像データや時系列画像データに対し、画像解析を行うさいに関連する画像データを効率的に引き出せるようにするため、画像間の関連性や解析対象に関するメタデータを設定する。またメタデータの抽出やメタデータから関連画像を選出するプログラムについても作成する。

また、開発したシステムの試験・評価を行うテストベッドとして、ハウス内で栽培を行っているイチゴ・トマトの花・果実の検出を対象とした評価・検証実験を行う。施設栽培では対象となる花や果実は長期間、栽培ベッドのいたるところで観察されるため、移動計測ユニットで広域を数か月にわたりデータの取得を行い、それぞれのデータに対して提案したメタデータを付与し、これを元に関連性の高い画像を抽出できるかを確認する。また、得られた関連画像データを利用し、目的の対象物を効果的に検出・推定する手法について検討を行う。

4. 研究成果

高精細な時系列データを安定して簡単に取得できるよう、デジタル 1 眼レフカメラを制御する専用回路を実装した画像計測システムを開発した。これにより、撮影間隔の制御やインターネットを経由した画像の取得、複数台での同期撮影などを実現した。またバッテリー駆動でも長期運用が行えるよう省エネ制御を実装し、従来の 1/30 の電力で駆動が可能となった。また移動計測システムとして温湯管レール上を電動で移動制御できる台車を開発し、これを長期に安定して

自動計測させるための充電ユニット、計測制御ユニット、遠隔管理ユニットなどの要素技術を開発した。これと画像計測システムを組み合わせ、3か月以上無人で栽培作物の生育画像を移動計測で取得できることを確認した(図1)。

次に、取得した画像データに対して付与するメタデータの項目策定や、画像やメタデータを管理するフレームワーク

の設計やプログラムの作成を行った。時系列画像データに関しては、対象物の短期間・日周期での位置変動推定量や検出に用いるパラメータの推移、一連のデータセットに対する検出・推定結果やこれを基にしたモデルデータなどの情報を、メタデータに付与することとした。また花から果実と形態が推移する対象を時系列で捉えるため、それぞれの段階での検出強度を求めることで対象の現段階における形態も推定し、その結果も利用することとした。また別視点画像データに関しては、撮影位置情報をメタデータとして付与するため、事前に画像内の特徴(QRコードなども含む)で識別できた計測位置のほか、画像間のオーバーラップや時間的推移など、位置を推定するプログラムで必要とされる情報をメタデータとして設定し、全ての画像で位置情報とその信頼精度を把握できるようにした。これらのメタデータを利用することで、ある画像に対し関連する別の画像を紐づけて抽出できることが確認できた。

また、得られた時系列画像データや別視点画像データに対し、付与したメタデータを利用して対象を検出するアルゴリズムとして次のようなものを提案した。時系列画像データを見た場合、対象物は位置および形態による特徴量パラメータが変化するため検出推定精度が低下する。これを補間するため、時系列画像に検出のためのメタデータを付与したが、更に同じ検出対象に対し別視点画像データも用いて

最も検出強度の強い画像を利用することで、より効果的な検出推定が行えるようにした。時系列画像データと別視点画像データを組み合わせた総合システムを用意し、取得したデータに対して適用したところ、単体画像では検出できなかった花・果実などの対象を適切に推定できる傾向を見出すことができた(図2)。ただし、データ内の検出対象を紐づけるアルゴリズムに関して、幾つか課題が明らかになったため、その部分を修正して再実験を行ったのち原著論文などで研究成果を取りまとめていく予定である。

ほかに、本研究を進めていくにあたり、時系列画像データや別視点画像データだけでなく、意図的に風圧などの外乱を対象範囲に加えることで、作物の対象部位の検出より効果的に行えることが確認された。また、外乱の与え具合により認識率がどのように変化するか、対象作物にどのような影響を与えるか、などについても調査を行った。一方で、外乱によって時系列画像や別視点画像が連続的に推移せず提案手法の特徴が低減するため、時系列画像データと別視点画像データを組み合わせることである程度の推定が行える時は使用せず、推定精度が低い場合のみ利用することで全体の認識率が向上できることが確認された。



図1



図2

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 深津時広, 平藤雅之	4. 巻 29
2. 論文標題 個人によるモノづくりの視点から見た農業センサネットワークの課題と改善手法の提案	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 農業情報研究	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3173/air.29.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 1件/うち国際学会 4件）

1. 発表者名 深津時広
2. 発表標題 農業ビッグデータとしてのフィールドサーバ・データ利用の検討
3. 学会等名 農業情報学会2019年度年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tokihiro fukatsu, Hirafuji Masayuki
2. 発表標題 All-in-One Camera Module to Perform Feasible Field Monitoring for Agricultural Big Data
3. 学会等名 AFITA/WCCA2018 Proceedings (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 深津 時広、平藤雅之
2. 発表標題 作物生育情報取得のための画像モニタリングシステムの課題と可能性
3. 学会等名 農業環境工学関連学会2018年合同大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 深津 時広
2. 発表標題 長期画像計測を簡便に実現するための省電力カメラモジュール
3. 学会等名 農業情報学会2018年度年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tokihiro FUKATSU
2. 発表標題 Smart field monitoring with Field Servers based on ICT and RT
3. 学会等名 Seminar on Enhancing Farm Management Efficiency by ICT for Young Farmers (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tokihiro FUKATSU, Masayuki HIRAFUJI, Takuji KIURA
2. 発表標題 Data harvesting system based on Field Server technology to construct agricultural big data
3. 学会等名 2017 EFITA WCCA CONGRESS (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 深津 時広
2. 発表標題 高精細カメラモジュールを簡便に長期運用するための電力消費の検討
3. 学会等名 農業×情報通信ワークショップ2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hiroki Naito, Keita Yoshinaga, Tokihiro Fukatsu, Shigehiko Hayashi, Satoshi Yamamoto, Shogo Tsubota
2. 発表標題 Developing Techniques for Counting Strawberry Flowers in Movable Bench Systems in a Greenhouse
3. 学会等名 Greensys 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 内藤 裕貴、吉永 慶太、深津 時広、太田 智彦
2. 発表標題 循環式移動栽培装置を利用した着花計数システムの開発
3. 学会等名 農業×情報通信ワークショップ2017
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	内藤 裕貴 (NAITO Hiroki) (20794118)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・農業技術革新工学研究センター・研究員 (82111)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------