

令和 2 年 7 月 16 日現在

機関番号：27301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01768

研究課題名（和文）栽培時農業情報の融合のための植物モデル構築

研究課題名（英文）plant modeling for cultivation information fusion

研究代表者

有田 大作（Arita, Daisaku）

長崎県立大学・情報システム学部・教授

研究者番号：70304756

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,500,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究で開発したセンサ搭載イチゴ収穫台車を使ってイチゴの収穫を行うことにより、圃場環境情報やイチゴ収量情報の2次元的可視化が可能となった。さらに、これらの情報を解析して、圃場環境情報とイチゴ収量情報の相関関係を求めることで、ハウス内の位置によるイチゴの収量のばらつき（イチゴ生長のばらつき）の原因がなにであるか推測できるようになることが期待できる。加えて、イチゴ収量情報から、作業者がどの程度の速さでイチゴ収穫作業を行っているのか、つまり農作業情報を計測することが可能である。この情報から、例えばイチゴの栽培方法の違いによる収穫作業の効率の違いを明らかにすることも可能となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果として開発された台車搭載型計測システムを農家や農業関係者に公開したところ、これまでにない情報を計測・可視化できるものとして、早急な商品化の要望など、好意的な意見が得られた。

研究成果の概要（英文）：This research developed an integrated sensing system which is attached on a strawberry-harvesting handcart for measuring field environmental data and harvested strawberry weight with time and position of the handcart. By integrating the information, various information useful for farmers can be generated, for example, 2-D maps of field environmental data and the amount of strawberry yields in a field. These maps show the relations between field environmental condition and the amount of yields.

研究分野：農業に関する情報の計測と可視化

キーワード：農業情報計測

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

農作物栽培において扱われる情報には、圃場環境情報、植物生体情報、農作業情報がある。

圃場環境情報とは、圃場(田、畑、果樹園、牧草地など農産物を生産する土地)の温度、湿度、日射量、二酸化炭素濃度、土壌水分量、土壌電気伝導度(土壌 EC)などである。植物工場やビニールハウスなどの施設の中の圃場環境情報を計測し、環境を農作物栽培に最適に制御することを目指す研究開発は以前から行われていたが、近年のビッグデータ、IoT、機械学習などの技術の進展に伴い、それらの応用先の一つとして研究開発や実利用が盛んに行われている。これにより、収量を増やしたり安定させたり、果実の糖度を上げるといったことを実現することが可能であり、大きな成果を上げている。また、暖房機等の設備の故障等に早く気づくことができることも大きなメリットである。しかし、どのように環境を制御すれば収量等の結果がどのように変わるのかといったことを厳密に計測するのは研究所等の実験圃場でなければ難しい。したがって、実際の農家の圃場では、気候や土壌等の外部環境の違い、品種の違い、農家の栽培方針の違い等により、実験圃場で得られた知見だけでは最適制御を行うことはできない。また、日本においては、欧米等と比較して小規模農家が多く、さらに高齢化率も高いことから、設備投資の余力と意欲が低く、圃場環境情報計測装置の普及率は低い。

植物生体情報とは、農作物の形質情報(形状や性質)、活動状況(光合成量、蒸散量、樹液流量)である。農作物栽培とは、目標とする農産物の形質を得るための活動ととらえることもでき、さらに、形質に直接の影響を与えるのが活動状況であることから、これらの情報は非常に重要である。そのため、欧米の実験圃場では、品種改良や遺伝子組み換えによる育種分野の大型プロジェクトにおいて、多数のセンサやオートメーションシステムなどを利用し形質情報を継続的に計測することが既に実用化されている。一方、圃場における形質情報計測は、欧米においては大型移動ロボットを用いた麦類の形質情報計測を目指した研究開発が行われている。また、日本においては、長らく主力作物である米の生産が過剰であり、増産意欲が低く、国として形質情報計測を重視していなかったという政策的な理由から、研究開発はほとんど行われてこなかった。ようやく、ドローンに搭載したカメラ映像からの葉色診断(光合成能力および窒素含有量の評価)や、茎高計測の研究開発が行われるようになったところである。

農作業情報は、誰が、いつ、どこで、どの作業を行ったかという情報である。農作業情報は、日々の栽培記録や従業員の労務管理だけでなく、出荷後の農産物のトレーサビリティのためにも必要となる情報である。そのため、トレーサビリティ情報が要求される農業生産工程管理(GAP)をいち早く取り入れている欧米では、その実現のために従業員の農作業情報を、手書きから情報端末を用いた記録(例えば、1畝の収穫が完了するごとに畝の端に設置された端末に作業者と作業内容を入力する)に切り替えつつある。一方、日本では手書きが主流であり、スマホアプリを用いた情報入力が入り入れられつつある程度であり、また、記録された情報そのものもトレーサビリティにはまったく不十分なものが多い。

このような課題を解決するために、研究代表者はすでに基盤研究(A)「次世代農業支援のための高機能センシング技術の開発」に参加し、上に挙げた3種類の情報の計測について研究を始めている。具体的には、(1) 温度計などの計測器を設置した点での計測ではなく、計測器を移動させながらの面での圃場環境情報計測、(2) 計測器とともにカメラも移動させ、その映像にSLAM技術を用いての3次元形状復元による植物生体情報計測、(3) 作業者が加速度等のセンサを装着し、データを認識することによる農作業情報計測である。

これらの取り組みの成果が出てきているいっぽうで、次の研究課題も見えてきた。具体的には、(1) 自然物である農作物に関する植物生体情報や、様々な個性を持った農家に関する農作業情報を高精度に計測することは難しいこと、(2) その一方で3種類の情報の間には関連性がありその関連性を用いることでより高精度な計測が可能であること、(3) 3種類の情報が高精度に得られたとしてもそれだけでは栽培支援にはつながらず、もう1段高度な情報が必要であり、これらの情報を農家に提示することで始めて栽培の最適化が実現できることである。

### 2. 研究の目的

以上の考察から、本研究課題の主な目標は以下のとおりとする。

- 圃場環境情報、植物生体情報(その中の植物色形状情報)、農作業情報、農家を結びつけるハブとなる植物モデルの提案
- 植物モデルを介して情報をやり取りすることによる、植物色形状情報、農作業情報の高精度化の実現
- 植物モデルを可視化し農家に提示することによる栽培支援の実現

### 3. 研究の方法

圃場環境情報の計測については、圃場環境情報については、市販のセンサを複数台用いて、継続的にトマトハウスの温度、湿度、日射量、二酸化炭素濃度を計測し、クラウド上のデータベースに蓄積を行なった。また、モノレール式移動センサの開発を行った。これは各種センサおよび全天球カメラを搭載し、指定された時刻に周回コースをまわって、環境情報の計測および作物画像の撮影を行うものである。さらに、モノレールではなく、農作業用台車装着式センサの開発も

行った。これらにより、圃場内の様々な位置の環境情報を計測することが可能となった。

植物生体情報については、植物の色形状データを茎や葉などの部分に分割する手法の確立を目指し、小松菜を対象として RGB-D 画像を継続的に取得し、それに対して深層学習を適用することで、自動的に 1 枚 1 枚の葉に分割したり、葉の生長を予測したりする研究を行った。さらに、時系列 RGB-D 画像から、作物の立体形状を復元した。複雑な形状を持つ作物に対して、時系列画像を用いた逐次的な形状復元を施すことによって、高精度な形状復元を実現した。

農作業情報については、トマトハウスで作業を行う農作業者の両腕にモーションセンサを装着することで収穫作業時の動きを計測し、それを認識処理することで収穫動作の検出を行なった。また、トマトハウスに Bluetooth ビーコンを多数設置し、その電波強度を農作業者が保持しているスマートフォンで計測することで農作業者の位置を推定した。これらを組み合わせることで、トマトハウスのどの位置で何個のトマトが収穫されたかを毎日自動的に記録できるようになった。

#### 4. 研究成果

実際のイチゴ農家のハウスにおいて、市販のセンサによる継続的な計測に加え、イチゴ収穫台車搭載式移動センサによる計測実験を行った。これは、1. 環境センサによる温度、湿度、二酸化炭素濃度といった圃場環境情報の詳細な計測、2. イチゴ収穫台車に取り付け、それに載せられた収穫コンテナの重量変化を計測することによるイチゴの収量の計測（イチゴの収量がわかるといことは、イチゴの生長速度という植物生体情報を得られることになる）3. RGB-D 位置姿勢センサによるイチゴ収穫台車の位置の計測を行うことを可能とするセンサである。

このセンサを搭載したイチゴ収穫台車を使ってイチゴの収穫を行うことにより、イチゴハウス内をくまなく計測できることから圃場環境情報の 2 次元的な可視化が可能となった。さらに、イチゴの収量についてもイチゴハウス内をくまなく計測できることから、2 次元的な可視化が可能となった。さらに、これらの情報を解析して、圃場環境情報とイチゴ収量情報の相関関係を求めることで、ハウス内の位置によるイチゴの収量のばらつき（イチゴ生長のばらつき）の原因がなにであるか推測できるようになることが期待できる。加えて、イチゴ収量情報から、作業者がどの程度の速さでイチゴ収穫作業を行っているのか、つまり農作業情報を計測することが可能である。この情報から、例えばイチゴの栽培方法の違いによる収穫作業の効率の違いを明らかにすることも可能となった。

これらの成果を農家や農業関係者に公開したところ、実際の農業において有益なシステムであるという好意的な意見が多数寄せられた。

現在のところ、センサの中にはまだシステムとして統合されていないものもあるので、今後はこれらを統合することによって、イチゴに限らず、（台車を使う）多くの農作物を対象とした圃場の統合計測システムとして活用することを目指していく。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Mishima Masashi, Uchiyama Hideaki, Thomas Diego, Taniguchi Rin-ichiro, Roberto Rafael, Lima Joao Paulo, Teichrieb Veronica	4. 巻 19
2. 論文標題 Incremental 3D Cuboid Modeling with Drift Compensation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 178 ~ 178
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.3390/s19010178">https://doi.org/10.3390/s19010178</a>	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 該当する

1. 著者名 Hashimoto Yoshiki, Arita Daisaku, Shimada Atsushi, Yoshinaga Takashi, Okayasu Takashi, Uchiyama Hideaki, Taniguchi Rin-ichiro	4. 巻 18
2. 論文標題 Yield Visualization Based on Farm Work Information Measured by Smart Devices	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 3906 ~ 3906
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s18113906	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15件（うち招待講演 1件/うち国際学会 10件）

1. 発表者名 Shunsuke Sakurai, Hideaki Uchiyama, Atsushi Shimada, Rin-ichiro Taniguchi
2. 発表標題 Plant Growth Prediction using Convolutional LSTM
3. 学会等名 the 14th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masashi Mishima, Hideaki Uchiyama, Diego Thomas, Rin-ichiro Taniguchi, Rafael Roberto, Joao Paulo Lima, Veronica Teichrieb
2. 発表標題 RGB-D SLAM based Incremental Cuboid Modeling
3. 学会等名 The European Conference on Computer Vision (ECCV) Workshops (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Daisaku Arita, Yoshiki Hashimoto, Atsushi Shimada, Hideaki Uchiyama, Rin-ichiro Taniguchi
2. 発表標題 Visualization of Farm Field Information Based on Farm Worker Activity Sensing
3. 学会等名 HCI International (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshiki Hashimoto, Daisaku Arita, Atsushi Shimada, Hideaki Uchiyama, Rin-ichiro Taniguchi
2. 発表標題 Visualization of spatial distribution of tomato yields based on action recognition
3. 学会等名 The International Workshop on Frontiers of Computer Vision (IW-FCV2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 橋本 幹基, 有田 大作, 島田 敬士, 内山 英昭, 谷口 倫一郎
2. 発表標題 農作業者の腕動作認識によるトマト収穫量の空間分布の可視化
3. 学会等名 信学技報パターン認識・メディア理解 (PRMU2017-134)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shunsuke Sakurai, Hideaki Uchiyama, Atsushi Shimada, Daisaku Arita, Rin-ichiro Taniguchi
2. 発表標題 Two-step Transfer Learning for Semantic Plant Segmentation
3. 学会等名 7th International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods (ICPRAM2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takashi Okayasu, Andri Nugroho, Atsushige Sakai, Daisaku Arita, Takashi Yoshinaga, Rin-ichiro Taniguchi, Masafumi Horimoto, Eiji Inoue, Yasumaru Hirai, Muneshi Mitsuoka
2. 発表標題 Affordable Field Environmental Monitoring and Plant Growth Measurement System for Smart Agriculture
3. 学会等名 International Conference on Sensing Technology (ICST) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hideaki Uchiyama, Shunsuke Sakurai, Yoshiki Hashimoto, Atsutoshi Hanasaki, Daisaku Arita, Takashi Okayasu, Atsushi Shimada, Rin-ichiro Taniguch
2. 発表標題 Sensing technologies for advanced smart agricultural systems
3. 学会等名 International Conference on Sensing Technology (ICST) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Daisaku Arita
2. 発表標題 Human sensing for smart agriculture
3. 学会等名 International Symposium on Frontier of Science, Technology and Engineering (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hideaki Uchiyama, Shunsuke Sakurai, Masashi Mishima, Daisaku Arita, Takashi Okayasu, Atsushi Shimada, Rin-ichiro Taniguchi
2. 発表標題 An Easy-To-Setup 3D Phenotyping Platform for KOMATSUNA Dataset
3. 学会等名 The IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV) Workshops (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡安 崇史, 高場 雄太郎, 有田 大作, 吉永 崇, 谷口 倫一郎, 井上 英二, 平井 康丸, 光岡宗司
2. 発表標題 圃場環境・植物生体計測のための小型移動ロボットの開発
3. 学会等名 農業食料工学会年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高場 雄太郎, 岡安 崇史, 吉永 崇, 有田 大作, 谷口 倫一郎, 安武 大輔, 北野 雅治, 井上 英二, 平井 康丸, 光岡 宗司
2. 発表標題 農業情報の可視化・共有のための仮想現実技術の応用
3. 学会等名 農業食料工学会九州支部
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 境 淳成, 岡安 崇史, 吉永 崇, 有田 大作, 谷口 倫一郎, 井上 英二, 平井 康丸, 光岡 宗司
2. 発表標題 RGB?D画像を用いた植物生育特徴量の計測とその精度評価
3. 学会等名 農業情報学会年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高場 雄太郎, 岡安 崇史, 吉永 崇, 有田 大作, 北野 雅治, 安武 大輔
2. 発表標題 植物栽培空間の高密度計測・可視化手法の開発
3. 学会等名 農業情報学会年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Nicolas Olivier, Hideaki Uchiyama, Masashi Mishima, Diego Thomas, Rin-ichiro Taniguchi, Rafael Roberto, Joao Paulo Silva do Monte Lima and Veronica Teichrieb
2. 発表標題 Live Structural Modeling Using RGB-D SLAM
3. 学会等名 International Conference on Robotics and Automation (ICRA) (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Takashi Okayasu, Andri Prima Nugroho, Daisaku Arita, Takashi Yoshinaga, Yoshiki Hashimoto, Rin-ichiro Taniguchi	4. 発行年 2017年
2. 出版社 Springer-Verlag GmbH	5. 総ページ数 27
3. 書名 Takashi Okayasu and Andri Prima Nugroho and Daisaku Arita and Takashi Yoshinaga and Yoshiki Hashimoto and Rin-ichiro Taniguchi, in Smart Sensors at the IoT Frontier	

〔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	岡安 崇史  (Okayasu Takashi)  (70346831)	九州大学・農学研究院・准教授   (17102)	
研究分担者	吉永 崇  (Yoshinaga Takashi)  (10598098)	公益財団法人九州先端科学技術研究所・オープンイノベーション・ラボ・イノベーション・アーキテクト   (87103)	
研究分担者	内山 英昭  (Uchiyama Hideaki)  (90735804)	九州大学・附属図書館・准教授   (17102)	