

平成 30 年 6 月 13 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K07677

研究課題名(和文) 気象環境・画像情報のリアルタイム特徴量抽出システムの開発と農業生産への応用

研究課題名(英文) Development of Real-time Feature Extraction System for Meteorological Environment and Image Information and Its Application to Agricultural Production

研究代表者

岡安 崇史 (Okayasu, Takashi)

九州大学・農学研究院・准教授

研究者番号：70346831

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、農業生産システムの高度化、植物フェノミクス研究への応用を目的に、栽培環境において気象環境や植物生育状態などの情報を長期間・連続的に計測可能なシステムの開発を行うとともに、開発したシステムの妥当性の評価を行ったものである。開発したシステムは、実際の農業生産現場において気象環境情報を長期間・連続計測できる能力を有し、植物生育特徴量である草高、葉状態、植物体の動き、発芽数等も十分な精度で検出できることを示した。

研究成果の概要(英文)：This study aims to develop a measurement and extraction system for meteorological environmental information and plant growth features as the objectives on advancement of agricultural production system and application to plant phenotyping research, and to verify its validity. It was clarified that the developed system was able to continuously measure meteorological environmental information for a long time in an actual cultivation field, and further to accurately extract plant growth features such as plant height, leaves' status, plant motion and germination count.

研究分野：農業情報学

キーワード：農業情報 圃場環境モニタリング 省電力無線 植物体画像計測 特徴量抽出 RGB-Dセンサ 画像処理
生育量計測

1. 研究開始当初の背景

農業生産は、気象、地形、圃場条件等に強く影響される。故に、気象や植物画像などの圃場環境情報は、管理作業、収穫等の適期判断のための極めて重要な情報となる。近年では、コンピュータや情報通信技術(以下、ICTと略称)の進歩により、国内外において、様々な圃場環境モニタリング装置の開発が進められており、実際の生産現場でも利用されるまでに至っている。

一方、クラウドコンピューティング技術の普及は、これまで個別に利用されていた種々の ICT 資源をネットワークで共有可能な資源として利用できる環境を実現した。これにより、サービス全体の信頼性、可用性、保守性が向上し、同技術は農業分野においても利用されており、現下、農業生産・経営支援システムの基盤技術ともなっている。

他方、圃場環境情報の自動収集により、圃場環境の監視、作業適期の判断(一部)等への利用が進みつつあるものの、これらの情報が有効に利活用されているケースは未だ限定的である。また、これらの情報は計測装置、各装置に搭載されるセンサやカメラの数の増加とともに急速に増大するので、これらの情報の二次利用は一段と困難なものになると予想される。

本研究では、長期間・連続的に収集・蓄積される一連の気象環境、植物体画像等の情報から農業生産に必要とされる様々な情報を効率良く自動検出するための特徴量抽出アルゴリズムの開発と同アルゴリズムに基づくリアルタイム特徴量抽出システムの構築を行うことを目的とする。加えて、近年では、マルチコプター、高画質カメラ等を用いて、品種の違いや生育環境の変化によって現出してくる植物体の形質変化を計測・追跡するフェノミクス研究も行われている。本研究では、MATLAB や OpenCV などの画像処理ライブラリを援用した画像特徴量抽出技術を構築することにより、農業生産に重要な葉面積、草丈、葉色等の生育量の計測のみならず環境ストレスによる形質変化や病害虫の発生確認などへの応用も想定したシステムの開発を試みた。

2. 研究の目的

農業生産の最適化、フェノミクス研究への応用を目的に、圃場において長期間・連続的に収集・蓄積される気象環境、植物体画像等の時系列空間情報から、圃場環境の変化や植物体の形質発現や生育をリアルタイムに演算・抽出可能な技術を開発する。具体的には、圃場において収集される気象環境、植物体画像等の様々な時系列空間情報および植物生育特徴量を効率的に抽出するためのシステムを構築する。同システムは研究代表者らが開発中の情報化農業支援システム(Agri-eye)と相互接続され、時々刻々得られる環境・画像情報から特徴量を高速抽出・分析することで、圃場環境の異常検出をはじめ、植物体の

形質発現や生育状態の計測が可能なシステムとしての完成を目指す。

3. 研究の方法

- ① 露地や農用ハウス内において、環境計測装置による気象環境の長期間・連続モニタリングおよび各種カメラによる植物体画像の撮影を行う。さらに、農作業履歴の入力も同時に行う。
- ② 変化点分析法に基づく特徴量抽出アルゴリズムと OpenCV 画像処理ライブラリを導入した圃場環境および植物体形質発現・生育状態のリアルタイム特徴量抽出システムの開発を行う。
- ③ 連続計測した環境情報から抽出した変化点情報と農作業履歴の比較・照査、ハイパースペクトルカメラ、深度カメラ等で撮影された様々な植物体画像の特徴量処理の速度および精度から、開発したシステムの妥当性を評価する。

4. 研究成果

2.4GHz 帯の省電力無線ネットワーク、乾電池および太陽光給電の採用により圃場環境情報を連続計測可能な計測システムを開発した(図1参照)。本装置はデータ集約・送信装置、温湿度センサ(乾電池)、照度センサ(太陽電池、CO2センサ(施設園芸用)から構成される。計測された情報は、5分間隔でデータ集約・送信装置に無線伝送され、3G回線を介してクラウド上のサーバに転送・保存される。計測情報はPCやスマートフォンなどでいつでも確認できるようにした。本装置により、圃場環境の変化を詳しく把握できることを示した。さらに、畑地など屋外での使用を前提に、920MHz帯域省電力無線通信モジュールを用いた気象環境計測装置を開発した。本装置の送信距離は、建物や樹木等による電波の減衰は認められたものの、見通しで2km以上の送信が可能であった。



図1 開発した計測システムの構成

他方、ToF (Time of Flight) 方式の廉価な RGB-D センサ (Kinect Ver. 2.0) を用いた植物体の生育特徴量計測システムの開発を行った。形状特徴量が既知の物体と試験栽培したコマツナの形状特徴量を計測することにより、計測精度の評価を行った (図 2)。形状特徴量が既知の物体に対する精度評価試験においては、対象物体の面積 (5%程度) および高さ (1mm 程度) を十分な精度で計測できることを示した。一方、コマツナを用いた計測では、面積および草高の計測はある程度可能であったものの、草高については植物体の姿勢によって計測位置が時々刻々変化するため、草高の減少などが発生する場合もあることが確認された。また、植物体表面での赤外線反射特性から ToF 方式では計測誤差が大きくなる可能性があることを示した。

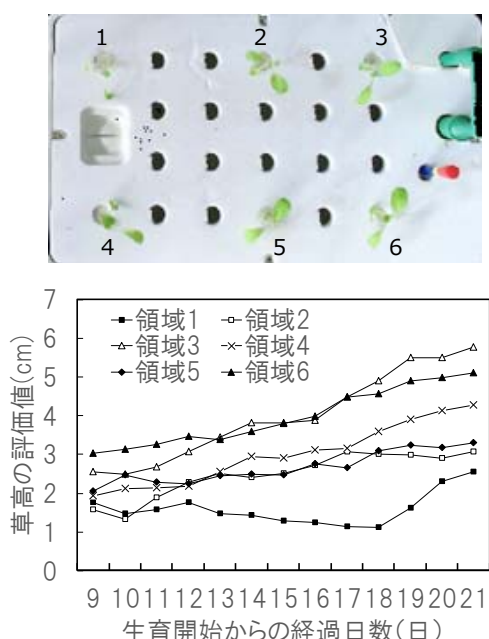


図 2 RGB-D センサによる植物生育量の計測

また、小型マイコンに RGB カメラや赤外線カメラを取り付けた簡易画像撮影装置を用いてトマトの時系列画像を撮影し、これに Optical flow と呼ばれる画像処理手法を適用することによって、植物体の動きを追跡できることを示した。

市販のカード型マイコン、温湿度、日射量、CO2 濃度等を計測する各種センサ、植物の生育状態を計測するカメラ、サーボモータから構成される移動式計測装置を開発した。本体フレームは、3D CAD で設計したものを 3D プリンタにより直接造形した。本計測装置は、市販の簡易レールを用いて走行できる仕様で、センサやカメラを用いて気象環境情報や作物生育画像を収集可能である。また、センサやカメラの増設は計測部フレームの連結により自由に行える仕様とした。走行時の消費電力は 4.5mW/m 程度であり、モバイルバッ

テリによって十分に計測できる性能を有することを確認した。一方、走行部は 2 つの車輪でレールを挟込む構造であるため、レールがカーブをしている部分では車輪のスリップが発生した。これにより、5%程度の走行性能の低下が生じることがわかった。

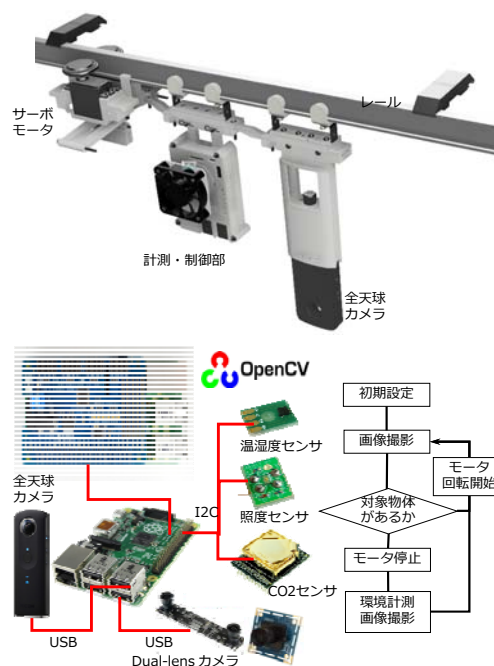


図 3 移動式計測装置の構成

植物の発芽特性評価のため、発芽数のカウントや発芽した植物の正常・異常判別を行うためのプログラム開発を試みた。前者は HSV 空間に変換した後、適当な色情報を用いて二値化処理により、ほぼ確実に発芽数をカウント可能であった。後者では、発芽した植物体を予め正常および異常の 2 種類に分けた供試データを作成した後、CNN に基づく深層学習により、異常と正常を判別しうる分類器を作成した。開発した分類器は供試データが少なかったこともあり、現状では 7 割程度の判別性能であった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

- 1) 岡安崇史, 農業・植物フェノタイプング研究における映像技術の利用, 映像情報メディア学会誌, 査読無, 260-263, 2018.
- 2) Okayasu, T., Nugroho, A. P., Sakai, A., Arita, D., Yoshinaga, T., Taniguchi, R., Horimoto, M., Inoue, E., Hirai, Y., Mitsuoka, M., Affordable Field Environmental Monitoring and Plant Growth Measurement System for Smart Agriculture, International

Conference on Sensing Technology (ICST), 査読有, 2017.

- 3) Nugroho, A.P., Okayasu, T., Horimoto, M., Arita, D., Hoshi, Kurosaki, H., Yasuba, K., Inoue, E., Hirai, Y., Mitsuoka, M., Sutiarsso, L., Development of a field environmental monitoring node with over the air update function, 農業情報研究, 査読有, [http://doi.org/10.3173/air.25.86.25\(3\)](http://doi.org/10.3173/air.25.86.25(3)), 86-95, 2016.
- 4) Nugroho, A.P., Okayasu, T., Taniguchi, R., Inoue, E., Hirai, H., Mitsuoka, M., Sutiarsso, L., Quantification of 2D Lateral Leaf Motion on Mature Plants Foliage using Optical Flow to Study the Circadian Rhythms, Proceedings of the 2nd International Symposium on Agricultural and Biosystem Engineering, 査読無, 2016.
- 5) Okayasu, T., Tanaka, D., Sakai, A., Sakai, Y., Shimada, K., Awai, K., Inoue, E., Hirai, Y., Mitsuoka, M., Plant growth evaluation for leaf vegetables using simple field monitoring system, Proceedings of the 8th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agriculture and Biosystems Engineering, 査読有, CD-ROM, 2016.
- 6) Nugroho, A.P., Okayasu, T., Sakai, A., Inoue, E., Hirai, Y., Mitsuoka, M., Sutiarsso, L., Automatic leaf motion analysis using optical flow to diagnose plant behavior in response to environmental changes, Proceedings of the 8th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agriculture and Biosystems Engineering, 査読有, CD-ROM, 2016.
- 7) Sakai, A., Okayasu, T., Yoshinaga, T., Nugroho, A.P., Arita, D., Inoue, E., Hirai, Y., Mitsuoka, M., Effective investigation of 3d feature value extraction for plant body surface using RGB-D sensor, Proceedings of the 8th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agriculture and Biosystems Engineering, 査読有, CD-ROM, 2016.

[学会発表] (計 22 件)

- 1) 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, 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, 農業食料工学会年次大会, 2017.
- 2) 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,

農業情報の可視化・共有のための仮想現実技術の応用, 農業食料工学会九州支部, 2017.

- 3) 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, 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, 農業情報学会年次大会, 2017.
- 4) 高場雄太郎, 岡安崇史, 吉永崇, 有田大作, 北野雅治, 安武大輔, 植物栽培空間の高密度計測・可視化手法の開発, 農業情報学会年次大会, 2017.
- 5) 入江田大輝, 岡安崇史, 境淳成, 森本透, 富吉袈裟右衛門, 井上英二, 平井康丸, 光岡宗司, オクトコプタを用いた作物生育情報の計測に関する研究, 2016 年度農業情報学会年次大会, 2016
- 6) 境 淳成, 岡安崇史, 松本千里, 吉永 崇, 有田大作, 谷口倫一郎, 井上英二, 平井康丸, 光岡宗司, 植物栽培空間の時空間情報計測に関する基礎的研究, 第 75 回農業食料工学会年次大会, 2016.
- 7) 岡安崇史, 尾崎彰則, 堀本正文, Amin, N.A., 緒方和夫, Ahmed, A., 宮島郁夫, 伊東正一, 井上英二, 平井康丸, 光岡宗司, 省電力無線方式圃場環境モニタリングシステムの実証実験と課題抽出, 第 70 回農業食料工学会九州支部例会, 2016.
- 8) Nugroho, A.P., Okayasu, T., Inoue, E., Hirai, Y., Mitsuoka, M., Sutiarsso, L., Smart Agriculture Framework and Its Implementation to Open-Field Tropical Horticulture Production, 70 th Annual Meeting on Kyushu Branch of The Japanese Society of Agricultural Machinery and Food Engineers, 2016.
- 9) Okayasu, T., Measurement and Visualization of Agricultural Information by Using ICT, Forum "Math-for-Industry" 2016 (招待講演), 2016.
- 10) Okayasu, T., Community-based approaches by ICT-using farmers towards 2050s, AASSA (The Association of Academies and Societies of Sciences in Asia) Regional Workshop -Role of Science for Inclusive Society (招待講演), 2016.
- 11) 岡安崇史, 中小規模農業で使える ICT を考える, 第 21 回テクノフェスター農と食のスマート化に向けた新たな取組み・新技術- (招待講演), 2016.
- 12) 岡安崇史, IoT による農業情報のセンシングとその利用, 農業×計測×情報通信ワークショップ 2016 (招待講演), 2016.
- 13) 岡安崇史, IoT とスマートセンサによる農業情報の見える化とその利用, 「セン

- サ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム (招待講演), 2016.
- 14) Okayasu, T., Introduction of ICT applications for small and mid-scale farmers in Japan, Conference on State-of-the-Art Technology to Drive Agriculture Productivity in the Next Quarter of the Century, 2016.
 - 15) Okayasu, T., Trials on ICT application for typical small and medium scale farmers in Japan agriculture, AWSSS2016, 2016.
 - 16) 境 淳成, 岡安崇史, 吉永 崇, 有田大作, 北野雅治, 井上英二, 平井康丸, 光岡宗司, RGB-D センサを用いた植物体情報の計測とその精度評価, 2015 年度農業情報学会年次大会, 2015.
 - 17) 岡安崇史, 堀本正文, アンドリ プリマ ヌグロホ, 有田大作, 星岳彦, 安場健一郎, 黒崎秀仁, 井上英二, 平井康丸, 光岡宗司, 圃場環境情報の高密度計測のための WiFi 内蔵ワンボードマイコンの利用, 2015 年度農業情報学会年次大会, 2015.
 - 18) 境 淳成, 岡安崇史, 吉永 崇, 有田大作, 北野雅治, 井上英二, 平井康丸, 光岡宗司, RGB-D センサにおける測距方式の違いが葉面情報の計測精度に及ぼす影響, 第 69 回農業食料工学会九州支部例会, 2015.
 - 19) 岡安崇史, 世界の農業の動きと ICT の活用, 農業食料工学会九州支部若手交流会 2015 (招待講演), 2015.
 - 20) 岡安崇史, アンドリ プリマ ヌグロホ, 堀本正文, 有田大作, 星岳彦, 安場健一郎, 黒崎秀仁, 井上英二, 平井康丸, 光岡宗司, 圃場環境情報の高密度計測のための簡易計測装置の利用, 農業環境工学関連 5 学会 2015 年合同大会, 2015.
 - 21) Okayasu, T., Agricultural informatics in Japan -For typical small and medium scale farmers-, The 11th international workshop on nondestructive quality evaluation of agricultural, livestock and fishery products (招待講演), 2015.
 - 22) 岡安崇史, Andri Prima Nugroho, 石丸俊介, 田中大介, 境 淳成, 入 江田大輝, 松本千里, 有田大作, 吉永 崇, 堀本正文, 谷口倫一郎, 井上英二, 平井康丸, 光岡宗司, 中小規模農家向けのスマート農業支援システムの開発, 農業情報学会 2015 年度秋季大会, 2015.

〔図書〕 (計 2 件)

- 1) Okayasu, T., Nugroho, A. P., Arita, D., Yoshinaga T., Hashimoto, Y., Taniguchi, R., Sensing and Visualization in Agriculture with Affordable Smart Devices, Smart

Sensors at the IoT Frontier, Springer-Verlag GmbH, 299-325, 2017.

- 2) 岡安崇史, アンドリ プリマ ヌグロホ, 有田大作, スマート農業バイブル『見える化』で切り拓く経営&育成改革「廉価なワンボードマイコンを利用した圃場環境と植物生育状態の計測と可視化」, 映像情報, 2016.

〔産業財産権〕

無

〔その他〕

無

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡安崇史 (OKAYASU Takashi)
九州大学・大学院農学研究院・准教授
研究者番号: 70346831

(2) 研究分担者

井上英二 (INOUE Eiji)
九州大学・大学院農学研究院・教授
研究者番号: 00184739