

戦略的創造研究推進事業 AIP 加速課題
研究課題「ビッグデータ駆動型 AI 農業創出のため
の CPS 基盤の研究」

研究終了報告書

研究期間 2021年04月～2024年03月

研究代表者：平藤 雅之
(東京大学 大学院農学生命科学研究
科 特任教授)

§1 研究実施の概要

(1)実施概要

ビッグデータ駆動型 AI 農業の CPS 基盤を構成する Cyber 部分に関しては、農場や作物等の 3D モデル構築手法及び 3D データの取得を簡便かつ高精度に行うためのハンディ型 LiDAR システムを開発した。また、ドローン空撮画像の解析支援ツールを開発し、公開した。さらに、ドローン空撮により正しいセンシングデータを得るための運用条件に関する新知見を得た。

Physical 部分に関しては高次元のディープツールースデータに関する研究に取り組み、テンサイ等の気孔コンダクタンス、蒸散速度、純光合成速度等多数のパラメータからなる高次元データを収集し、収量予測やハイスループットな選抜手法開発に、どのパラメータを活用すべきかを明らかにした。また、農業生産及び農学研究において最も重要なディープツールースデータの一つである作物の光合成速度、環境データ等を収集するデータ収集プラットフォームを開発した。大規模言語モデル等生成 AI の急速な進歩に対応して、このデータ収集プラットフォームを ChatGPT がソースコードを生成しやすいオープンソースハードウェアと広く利用されているソフトウェアで構築した。これによって、データ収集に必要なソフトウェア開発が大幅に省力化でき、新たなセンサの追加が迅速にできた。

機械学習用トレーニングデータでは多少の誤差は許容される一方、機械学習モデルの評価用データ、リモートセンシングのグラントツールースデータ、計測器のキャリブレーションに用いる真値データは技術の限界まで誤差を減らす必要がある。特定の対象について長期的に収集されたデータはディープデータと呼ばれているが、作物のディープデータは極めて少ない。そこで、信憑性の高い真値データからなるディープデータ(すなわち、Deep Truth Data)によって新知見を発見しつつ、新知見に基づいてデータ収集を改善することでデータと知見を自己増殖的に増やすことを目指した。

(2)顕著な成果

<優れた基礎研究としての成果>

1. ディープツールースデータによる知識発見

概要:テンサイ個葉の気孔コンダクタンス、蒸散速度、純光合成速度等のディープツールースデータを収集し、これらと収量構成要素(根重、根中糖分、糖量)との関係及び収量予測やハイスループットな選抜手法開発に、どのパラメータを活用すべきかを明らかにした。また、これまでのテンサイにおける新知見が他の作物に適用可能かを調べるため、ダイズに関しても同様の研究を行った。

2.植物個体の精密な 3D モデル

概要:室内における精密な 3 次元画像再構築パイプラインを開発した。これにより、作物の器官の撮影、画像の保存、画像上の関心領域を抽出する深層学習モデルの作成、3 次元画像再構築までの一連の作業をほぼ自動で行えるようになった。さらに、再構築された 3 次元データを自動で解析し、ブロッコリー花蕾に関する形質抽出手法を開発した。

3. ドローンと AI で規格外野菜を減らす

概要:ドローン空撮画像から深層学習によって畑で栽培されているブロッコリー全個体の花蕾サイズを自動推定するシステムを開発した。一部が葉で隠れていても予測精度は高く、かつ計算時間を短くした。このシステムを用いて最適な収穫日を決定するための栽培支援システムを開発した。これにより、規格外野菜を減らすことができ、生産者の収入増と環境負荷の軽減が期待できる。

<科学技術イノベーションに大きく寄与する成果>

概要:

1. ドローン空撮画像の解析を支援するソフトウェア PREPs

概要: PREPs はドローン空撮画像の解析を支援する Windows 単一アプリであり、空撮画像の

プロット分割からプロットごとの解析までをマウスで簡単に実行できる。Metashape や Pix4d などの SfM ソフトウェアで生成した TIFF 画像を元に、草高、体積、植被率を自動的に計算する。オープンソースソフトウェアであり、以下のサイトからダウンロードできる。
<http://cse.naro.affrc.go.jp/aitoh/PREPs/>

2. 小型・低コスト・高精度の LiDAR の開発

概要:ビッグデータ駆動型 AI 農業の基盤となる農場、栽培履歴、農作業履歴、自然災害等に関する 3D データを定点あるいは手持ちで手軽に記録できる LiDAR システムを開発した。これは、①人間やロボットが歩いて移動しながら 3D マッピングができる、②エッジデバイスとして定点観測に利用できる、③低コストかつ簡単に使える、という特徴を有している。

3. 生成 AI を活用したデータ収集プラットフォーム

概要:野外で光合成速度や土壌水分など様々なデータを長期間、連続的に収集することができ、新しいセンサの追加を迅速に行うことができるデータ収集プラットフォームを開発した。本プラットフォームを構成する IoT デバイスにはオープンソースハードウェアを用いており、生成 AI (GPT-4) を活用することで IoT デバイスのファームウェア開発が短時間できた。また、本プラットフォームで収集するデータのメタデータはウェアラブルカメラで動画データとして記録し、生成 AI (YOLO+BERT) で検索できる。

< 代表的な論文 >

1. Haozhou Wang, Tang Li, Erika Nishida, Yoichiro Kato, Yuya Fukano, and Wei Guo, Drone-based harvest data prediction can reduce on-farm food loss and improve farmer income, Plant Phenomics, <https://spj.science.org/doi/10.34133/plantphenomics.0086>

概要:ドローン空撮と深層学習によって、畑で栽培しているブロッコリー全個体の花蕾サイズを自動推定・予測し、最適な収穫日の決定を支援するシステムを構築した。農業現場での応用を見据え、一部が葉で隠れていても予測精度が高く、かつ計算時間が短くなる工夫を行った。このシステムは規格外野菜を減らすことで、生産者の収入を増やし環境負荷を減らせる可能性がある。

2. 大規模均一栽培圃場における生育調査のドローン空撮による代替手法の検討, 伊藤淳士, NJANE Stephen Njehia, 農研機構研究報告, https://doi.org/10.34503/naroj.2023.15_53

概要:大規模均一栽培圃場での生育調査はドローンを用いても大きな労力を要する。ドローン空撮画像を SfM 処理する手法は広く使われているが、空撮の際に地上基準点 (GCP) を適切に配置することでその精度を高める必要がある。圃場内部への GCP の設置は作業強度が高く、かつ圃場均一性への影響もあるため極力避けたい。検証の結果、圃場の 4 つの角および 4 つの辺の中程の計 8 箇所に GCP を設置すれば良いことが分かった。

3. テンサイ一代雑種およびそれらの親系統の個葉における気孔コンダクタンス, 蒸散速度および純光合成速度の系統間差, 臼井靖浩, 田口和憲, 平藤雅之, 生物と気象, <https://doi.org/10.2480/cib.J-22-075>

概要:テンサイの F1 とその両親の作物生理的特性を精査したところ、個葉における気孔コンダクタンスや蒸散速度には明らかな系統間差が認められたが、純光合成速度は判然としなかった。気孔コンダクタンスは群落表面温度との間に有意な相関関係がみられた。群落表面温度は放射温度計や熱画像カメラによって連続的かつ遠隔的な計測が容易にできるパラメータであるため、品種開発の選抜指標として応用が期待される。

§ 2 研究実施体制

(1)研究チームの体制について

①平藤グループ

研究代表者:平藤雅之(東京大学大学院農学生命科学研究科 特任教授)

研究項目

- 作物のバーチャル空間モデルの開発(
 - 3D 再構成データモデルの開発
 - 機械学習植物モデルの開発)
- ファイトバイオーム・ビッグデータの研究
 - グラントゥルースおよびリモートセンシングデータの統合
 - グラントゥルースおよびリモートセンシングデータの解析

②臼井グループ

主たる共同研究者:臼井靖浩(国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構中日本農業研究センター 上級研究員)

研究項目

- 作物のバーチャル空間モデルの開発
 - 機械学習植物モデルの開発
- ファイトバイオーム・ビッグデータの研究
 - グラントゥルースおよびリモートセンシングデータの解析

(2)国内外の研究者や産業界等との連携によるネットワーク形成の状況について

- CREST「農業ビッグデータ」において JST-NSF 連携の一環として 2017 年からアイオワ州立大学との共同研究を開始し、その一環として国際ワークショップ MLCAS (International Workshop on Machine Learning for Cyber-Agricultural Systems)を毎年、共同開催した。2022 年はアイオワで MLCAS 2022 を開催した。2023 年度は MLCAS 2023 を日本(北海道更別村)で行った。
- AIP 加速課題で開発された技術(特に育種 AR/VR プラットフォーム)を JPPN (Japan Plant Phenotyping Network)と共同で IPPS2022(7th International Plant Phenotyping Symposium, 2022 年 9 月、オランダ)に出展した。
- PAG30(Plant & Animal Genome Conference, 2023 年1月、アメリカ)に出展した。