

戦略的創造研究推進事業 CREST
研究領域「科学的発見・社会的課題解決に向けた
各分野のビッグデータ利活用推進のための次世代
アプリケーション技術の創出・高度化」
研究課題「フィールドセンシング時系列データを主
体とした農業ビッグデータの構築と新知見の発見」

研究終了報告書

研究期間 2015年10月～2021年3月
(新型コロナウイルス感染症の影響を受け2021年9月まで延長)

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

本研究は、農業における栽培技術の向上や育種の効率化のため、農業ビッグデータの構築及び農学における有用な新知見を発見する手法の開発を目的とした。

まず、全グループによる合同実験で、本プロジェクトの計画の妥当性の確認と実用化の障害になる潜在的問題の探索を行った。これに対応して、東大・農研機構グループはセンサネットワーク・ドローン・植物体サンプリングによる作物・環境・植物共生微生物に関する時系列データの収集手法（図1）、筑波大グループは安全性を考慮した複数ドローン協調飛行及び画像の超解像化の研究に取り組んだ。野外で撮影した画像は、太陽の方向によって、影、逆光、反射の影響を受ける。東大グループは、この画像から植物の部分だけをロバストに識別し、植物の植被率、高さ、穂数、開花数等を精度良く数値化できる画像計測手法を開発した（図2）。NEC ソリューションイノベータグループは、ドローンを用いたフェノタイピングにおいて必要となる、これら複数のソフトウェア群を統合したツールを開発した。

農研機構・東大グループは、上記の手法で得られた時系列データから、収量に関わる新指標や微生物の動態と環境変化の関係等、多数の新知見を発見した。また、新型コロナウイルス対応研究として、IoT 機器吸気部のHEPA フィルタで捕捉された埃から、エアロゾル中のウイルス等の情報が得られることを明らかにした。

コロナ禍によって2020年に実施予定であった試験圃場におけるビッグデータ収集ができなかったが、2021年9月末までの延長措置により2021年に実施できた。このデータにより、本研究で開発して来た手法及びこれまでに発見された知見の検証を行うことができた。



(1) テンサイ（親と F1 の組み合わせ）の形質と植物共生微生物相データを時系列的に収集



(2) 秋播き小麦の時系列データの収集例（秋の播種期から翌年初夏の収穫期まで）

図1 センサネットワークやドローンによるビッグデータの構築及び新知見の発見

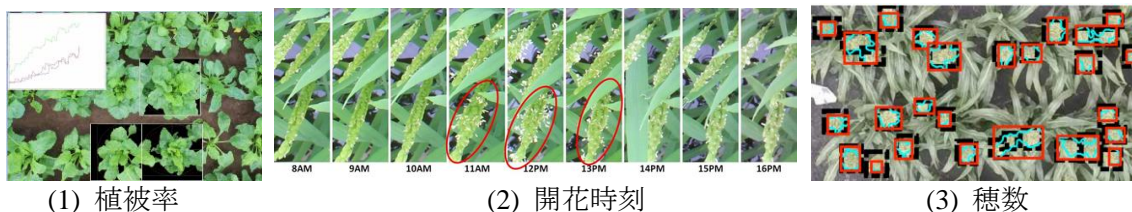


図2 多様な光条件で撮影された画像から作物形質データを高精度に抽出する手法

(2) 顕著な成果

<優れた基礎研究としての成果>

1. 多様な作物の形質情報を自動抽出する手法を開発（東大）

概要：

フィールドにおける多様な日射条件で撮影したドローン空撮画像に対して、ムギ等の出穂を検出・計数する機械学習モデルを開発し、目視とほぼ同等の実用的精度が得られた。果樹で最も重要と考えられる形質は樹冠の形状であるが、果樹園では複数個体の樹冠が重なって撮影されるため、その分離が困難かつ最も重要な課題であった。この課題に対して、時系列情報を利用して樹冠を画像から分離する手法を開発した（特許出願中）。

2. 画像によるフェノタイピングのための超解像手法及び転移学習最適化手法を開発（筑波大）

概要：

作物等の画像群から高さ情報を計測する手法の有用性が見出されたが、計測対象によっては超解像による画像高解像度化によって高精細な3次元画像が得られることが分かった。

3. サンプル数の少ない教師データによる転移学習手法の開発（筑波大）

概要：

既存の検出／分類に用いられる深層学習ネットワークをサンプル数の少ない教師データに転移学習させるための進化計算による最適化手法を開発した。この手法は普遍的であり、農業以外の分野への適用が可能である。トップカンファレンスに採択されるとともに、国際雑誌 **Scientific Report** にも採択された。

<科学技術イノベーションに大きく寄与する成果>

1. 実用性の高いフェノタイピングツール PPHAP（NEC ソリューションイノベータ）

概要：

圃場において空撮した画像から作物の3次元再構成を行い、それから得られた生長速度と環境データ等を統合的に管理するソフトウェアツールを開発した。育種、栽培研究、農業生産管理などに利用できる。

2. 画像による知識発見を支援するビューア（農研機構）

概要：

作物の時系列画像には非常に多くの有用な情報が含まれているが、ドローンで空撮した膨大な画像の中から特定の位置にある作物個体を探し出し、他の個体や異なる時期の個体と比較するのは容易ではない。複数地点で撮影した作物の画像を時空間的に比較しながら閲覧できるビューアを開発した。大規模圃場の管理や知識発見支援ツールとしての活用が期待される。

<代表的な論文>

1. Wei Guo, Bangyou Zheng, Tao Duan, Tokihiro Fukatsu, Scott Chapman, Seishi Ninomiya, EasyPCC: Benchmark Datasets and Tools for High-Throughput Measurement of the Plant Canopy

Coverage Ratio under Field Conditions, Sensors, 17, 798, 2017.

概要：

画像から植物体のみを多様な光環境条件においてロバストに抽出して植被率データを得る手法について報告した。本プロジェクトでの主要な課題の一つである。本手法の実用化によって、大規模圃場の作物個体・個体群について植被率の時系列データを大量に収集することができるようになり、生育評価や収量予測に活用された。

2. Muhammad Haris, Takuya Watanabe, Liu Fan, Muhammad Rahmat Widyanto, and Hajime Nobuhara, Superresolution for UAV Images via Adaptive Multiple Sparse Representation and Its Application to 3-D Reconstruction, IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, VOL. 55, NO. 7, 2017.

概要：

UAV から取得した画像からの 3D 再構成の精度を向上させる超解像手法について報告した。本プロジェクトでの主要な課題の一つである。ドローン等で撮影した画像の解像度が低い場合でも、ある程度の高精度化が可能である。

3. Ghosal,S., Zheng, B., Chapman, S.C., Potgieter, A.B., Jordan,D.R., Wang,X., Singh, A.K., Singh, A., Hirafuji, M., Ninomiya, S., Ganapathysubramanian, B., Sarkar, S., Guo, W., A weakly supervised deep learning framework for sorghum head detection and counting. Plant Phenomics, Article ID 1525874, 14 pages, 2019.

概要：

能動学習の概念を利用して、一般的な学習方法より数倍効率化できる学習データの収集手法を開発した。この論文は、アイオワ州立大学との国際共同研究の成果の一つである。

§ 2 研究実施体制

(1) 研究チームの体制について

① 「東大」グループ

研究代表者: 平藤 雅之 (東京大学農学生命科学研究科 特任教授)

研究項目

- ・画像データからの情報抽出
- ・大規模フィールドセンサネットワークの開発
- ・ビッグデータの構築
- ・新知見の発見に関する研究

② 「農研機構」グループ

主たる共同研究者: 深津 時広 (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)

研究項目

- ・大規模フィールドセンサネットワークの開発
- ・新知見の発見に関する研究

③ 「筑波大」グループ

主たる共同研究者: 延原 肇 (筑波大学システム情報系知能機能工学域、准教授)

研究項目

- ・複数 UAV による時系列データ収集のための機体開発
- ・UAV による取得画像から高精細 3D 画像を再構成するためのフィルタリング技術開発
- ・深層学習ネットワークの転移学習に関する汎用的最適化手法を開発

(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

- ① 他の CREST (植物頑健性)、さきがけ (情報協働栽培) 等植物・農学関連の研究者と連携し研究を実施した。
- ② SIP 及び農水省の研究プロジェクト及びスマート農業系の研究者と連携し研究を実施した。
- ③ INRAe (フランス、世界第二の農業研究機関)、CSIRO (オーストラリア)、アイオワ州立大等世界トップクラスの研究グループと共同研究を実施した。植物のフェノタイピング、農業ビッグデータ及び AI 応用に関して、国際な連携ネットワークが形成された。
- ④ 研究代表者の平藤が農研機構 (研究領域長) から東大 (特任教授) へ移籍する際に東大 (西東京キャンパス) に国際フィールドフェノミクス研究拠点ができ、国内外の研究機関及び企業とネットワークを形成した。
- ⑤ 南京農業大学の評価委員等で連携した。南京農業大学では 10 億元 (160 億円) の予算でフェノタイピング研究がスタートした。
- ⑥ 当 CREST プロジェクトのスタートと同時に北海道更別村に設立された十勝さらべつ熱中小学校をコアにして、北海道エリアにおけるネットワークが形成された。
- ⑦ 本研究において、北海道更別村農家圃場の一部を借り上げてデータ収集専用圃場を構築し、データ収集を実施した。それを発端として農水省のスマート農業実証事業 (農家が主体となってスマート農業を農家圃場で実施する実証試験) が更別村内で実施された (2019~2020)。さらに更別村が内閣府「スーパーシティ」に申請 (2021年3月) を行う際の事業プランのシーズとなった。
- ⑧ 本研究では北海道更別村に実験フィールド及び研究拠点 (東大サテライトオフィス) を設け、実験や計測機器の製作等を行った。また、アウトリーチ活動として地元の自治体、農家等と連携しながらセミナー等を開催した。当 CREST プロジェクト終了後は、これらの活動も終了予定であったが、地元自治体の更別村が東大へ寄付を行い、東大寄付講座 (講座名「フィールドフェノミクス講座」、2021年11月開講) が設置されたことにより、今後は発展的に継続される。

更別村の大規模圃場や施設を学生実習や教員等の研究拠点として活用することで、今後、我が国におけるスマート農業の最先端研究教育拠点として発展が期待される(※コロナ延長期間の成果)。