

日本－インド 国際共同研究拠点「ICT 領域」 平成 30 年度 年次報告書	
研究課題名（和文）	データ科学で実現する気候変動下における持続的作物生産支援システム
研究課題名（英文）	Data Science-based Farming Support System for Sustainable Crop Production under Climatic Change
日本側研究代表者氏名	二宮 正士
所属・役職	国立大学法人東京大学 大学院農学生命科学研究科附属生態調和農学機構 教授
研究期間	平成 28 年 10 月 1 日～令和 3 年 9 月 30 日

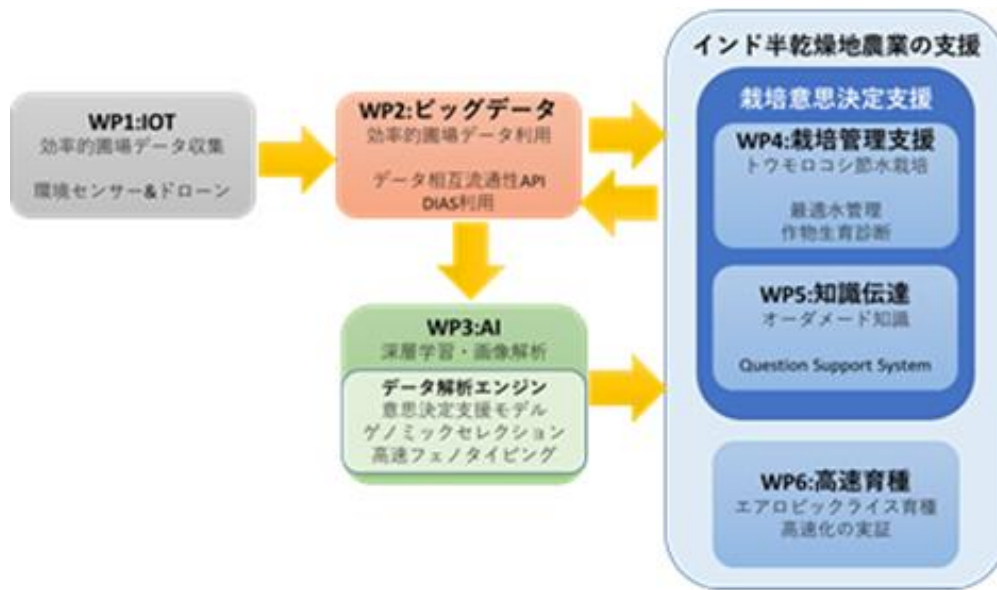
1. 日本側の研究実施体制

氏名	所属機関・部局・役職	役割
二宮 正士	東京大学・農学生命科学研究科・教授	研究統括および WP4:農業知識の効率的伝達システムの開発の主担当
川原 圭博	東京大学・情報理工学系研究科・准教授	WP1:IoT/圃場センサー研究開発の主担当
生駒 栄司	東京大学・地球観測データ統合連携研究機構・特任准教授	WP2: ビッグデータ管理・利用基盤の開発の主担当
佐藤 真一	東京大学・情報理工学系研究科・教授	WP3: 農業意思決定支援のための人工知能/深層学習の研究開発の主担当
溝口 勝	東京大学・農学生命科学研究科・教授	WP5: 作物の最栽培管理支援システムの開発の主担当
岩田 洋佳	東京大学・農学生命科学研究科・准教授	WP6: 高効率育種支援システムの開発の主担当

2. 日本側研究チームの研究目標及び計画概要

インドの主要な食料生産地帯である半乾燥地で、気候変動下でも持続的な農業生産を支えるための技術開発をデータ科学に基づき行うことを目的とする。本拠点国際共同研究は以下の 6 ワークパッケージ(WP)より構成されている。WP1 から WP3 はデータ科学に基づく気候変動下における持続的作物生産支援システム開発に必要な基盤的情報技術に関わる研究開発を行い、WP4 から WP6 は WP1～WP3 の研究成果を活かしながらデータ科学に基づく持続的作物生産支

援を行うための応用システム開発を行う（下図参照）。



- WP1: IoT/圃場センサー研究開発**
 圃場用の気象センサーや土壌センサーならびに作物生育評価のためのドローン画像撮影技術を開発する。WP1 で開発する環境センサーやドローン技術は、WP4 から WP6 において圃場気象データや土壌データ、作物生育状況の高速モニタリングに活用される。
- WP2: ビッグデータ管理・利用基盤の開発**
 圃場 IoT によって収集されたデータを効率的に統合、管理運用し、応用プログラムから効率的に利用できる基盤を開発する。データベースとしてデータ統合・解析システム（DIAS）を活用することも考える。ここで開発されるデータ相互流通性を確保するためのプラットフォームならびにアプリケーションプログラミングインターフェース（API）は、WP4、5、6 における各種アプリケーションからの効率的データ利用を支援する。
- WP3: 農業意思決定支援のための人工知能/深層学習の研究開発**
 独立変数の次元が極めて高い場合も精度良く予測できる機械学習、WP3 で開発される、深層学習モデルや画像解析手法は WP4 における生育予測モデルや、WP6 におけるゲノミックセレクションモデルおよび高速フェノタイピングに応用される。
- WP4: 作物の最適栽培管理支援システムの開発**
 半乾燥地における水利用を最適化したトウモロコシ栽培を実現するために、WP1 開発のセンサー群で土壌水分状況や地下水位、気象条件を、ドローン画像などより作物生育状況をモニタリングすることでデータ収集を行い、モニタリング結果を用いて、土壌水分の変化モデルやトウモロコシの生育予測モデルを開発し、最適水管理を支援するためのシステムを開発する。また、作物の生理状態の指標としてイオノームの解析も行う。モデル構築には WP3 の成果を利用する。
- WP5: 農業知識の効率的伝達システムの開発**
 無知な農民が適切な質問を専門家にすることを支援する「Question Support System」を開発し、意思決定支援のオーダメード化を実現する。インド側が全体を担当する。
- WP6: 高効率育種支援システムの開発**
 水稻節水栽培のための高機能エアロビックライスを開発するための手法開発を行い、品種改良に着手する。具体的にはエアロビックライス 288 系統の表現型、遺伝子型評価を行い、優良な候補をジェノミックセレクション（GS）で選抜して育種サイクルを高速化する。高速フェノタイピングやモデル構築には WP3 で開発する深層学習モデルや画像解析手法を利用する。

3. 日本側研究チームの実施概要

- **WP1: IoT/圃場センサー研究開発**
 - ✓ 低価格土壌水分センサーの電気接点などの耐久性を向上する改良を行うと同時に、土壌温度の深度差を利用した発電でセンサーを駆動することが可能なことを示した。また、水位センサーの開発を行い、誤差要因となる問題点の洗い出しや、改良設計を進めた。
 - ✓ 試験圃場に対応した高精度マッピングを行うためにリアルタイムキネマティック GPS (RTK-GPS) を導入した。また、マルチスペクトルカメラもドローンに導入し、RGB 画像と統合するパイプラインのプロトタイプ構築を開始した。
- **WP2: ビッグデータ管理・利用基盤の開発**
 - ✓ プロジェクト内のすべての IoT/圃場センサーのデータ、ならびに、PJ TSAU に設置されているインド気象局の長期気象データについて、国際標準 Sensor Observation Service(SOS)による統合サービスを各プロジェクト WP に向けて開始した。異種類のセンサデータの可視化、比較を行うアプリケーションによってその有効性を実証した。また、解析やスケーラブルなアプリ開発のための API に基づくデータパイプラインモデルを検討、気象ジェネレータ API、作物モデル API を実装した。
- **WP3: 農業意思決定支援のための人工知能/深層学習の研究開発**
 - ✓ 意思決定支援システムのエンジンや、植物高速フェノタイピング画像解析に必要なアルゴリズムの開発についてインド側データも利用可能となり、それを用いたアルゴリズム開発を開始した。
 - ✓ 成長早期の表現型をゲノミック予測に利用する際に何を計測すべきかを予測精度とコストに関して最適化する手法を確立した。
 - ✓ 水稻の出穂開花認識について畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を利用することで精度向上を実現し、出穂期推定も実現した。また、深層学習による学習プロセスを、弱学習による False Negative と False Positive の再学習による方法で学習時間コストを約 5 倍に効率化した。
- **WP4: 作物の最適栽培管理支援システムの開発**
 - ✓ 前年度、灌漑の後期に水を節約する余地があることを見出したが、今年度は土壌センサーを追加する事で灌漑前期にも節水の余地があることを見いだした。また、固定の赤外線カメラによる土壌水分モニタリングの可能性の検証を開始した。
 - ✓ トウモロコシを、PJ TSAU 圃場で 4 種類の灌漑条件のもと栽培し、各種センサーやドローンで栽培環境や生育状況に関する情報収集手法の確立を概ね終えた。
- **WP5: 農業知識の効率的伝達システムの開発**
 - ✓ 本 WP はインド側が進めるが、無知な農民が適切な質問を専門家にすることを支援する CROPDARPAN を実装した。
- **WP6: 高効率育種支援システムの開発**
 - ✓ 合計で 339 系統のエアロビックライス分子マーカー多型情報を得て、GS モデル化の準備が整った。
 - ✓ 実際に栽培し手動で計測された草丈などに関して、予備的な GS ならびにゲノムワイドアソシエーション解析 (GWAS) を実施し、得られた情報から予測モデル構築の可能性があると判断できた。
 - ✓ 時系列ドローン画像から植被率など生育パターンを高速に取得できることを確認した。