

大学院教育支援機構（DoGS）海外渡航助成金 報告書

Outcome report

計画名 Plan	国際稲研究所におけるイネ 3024 品種の乾物生産性の推定と遺伝的評価
氏名 Name	中嶋 洸太
研究科・専攻・学年 Graduate school/Division/Year level	農学研究科・農学専攻・博士後期課程 3 年
渡航国 Country	フィリピン共和国
渡航日程 Travel schedule	2023 年 11 月 20 日 ~ 2024 年 05 月 31 日

- ページ数に制限はありません。No limits on the number of pages
- 写真や図なども組み込んでいただいて結構です。You can include pictures or illustrations.
- 各項目について具体的に記述してください。Please fill in each item specifically.
- 日本語または英語で記載ください。Please use Japanese or English.

渡航計画の概要 Outline of the travel plan

【背景】

本渡航の目的は、①深層学習に基づく画像解析技術を用いたイネ 3024 品種の乾物生産性の連続推定、および②推定した乾物生産性の指標に基づく遺伝解析の実施とした。

目的①に向けた到達目標は、イネ 3024 品種の群落の画像を移植後から出穂期まで（11 月初旬～1 月末）週 2 回の頻度で無人航空機（UAV）を用いて撮影することとした。

目的②に向けた到達目標は、解読済みのイネ 3024 品種のゲノムデータを用いたゲノムワイド関連解析を行いイネのバイオマス生産性に関連する遺伝要因を生育時期別に検出することとした。

イネを含む作物の生産性向上および安定化は、世界の食糧安全保障の観点からも非常に重要である。作物の生育の基盤は光合成による乾物生産であり、地上部乾物重（バイオマス）は最も基本的な生育指標である。しかし簡便かつ汎用的なバイオマス推定手法がないため、これまで幅広いイネ品種のバイオマスを推定・評価した研究はない。ゆえにイネのゲノムデータの大量入手が実現している現在でもイネの乾物生産性に影響を与える遺伝要因を大規模に調査した研究も存在しない。

申請者は深層学習に着目し、簡便かつ汎用的なイネバイオマス推定手法の構築を進めてきた。これまでに学習データにない未知の 31 品種の出穂期までのバイオマスを可視画像から従来手法と同等以上の精度（決定係数、 $R^2=0.87$ ）で推定できた[Nakajima et al., 2023]。

国際稲研究所では 3K Rice Genomes Project[The 3,000 rice genomes project., 2014]によりゲノム解読済みのイネ 3024 品種が管理されている。申請者は自身の手法を用いて国際稲研究所にてイネ 3024 品種のバイオマスを出穂期まで連続推定し、推定値に基づくゲノムワイド関連解析（GWAS）を行うことでイネの乾物生産性に影響を与える遺伝要因について大規模に調査できると計画した。

【研究計画】

1. バイオマスの連続推定

ゲノム解読済みのイネ 3024 品種を IRRI で栽培する。栽培管理は IRRI に委託する。移植直後から出穂期まで（乾季作 11～1 月）、UAV を用いて群落の可視画像を 1 週間に 2 回以上撮影する。申請者が有する汎用的なイネバイオマス推定手法を用いて 3024 品種の出穂期までのバイオマスを画像から推定する。

2. ゲノムワイド関連解析

本研究では遺伝要因の検出力を高めるために生長解析のパラメータを GWAS に供試する。生長パラメータは作物のバイオマス生産性を時間や面積、光エネルギーベースで捉えた指標であり、連続推定したバイオマスから算出できる。GWAS を行いバイオマス生産性に関連する遺伝要因を生育時期別に解明する。

成果 Outcome

本渡航による成果は以下のようにまとめられる。

1. 田植え機を用いた多品種の精密かつ効率的な移植技術の取得
労力の制約と解析における反復の重要性を考慮した結果、3024 品種ではなく 983 品種を 2 反復もうけて供試することとした。多品種を複雑な設計で圃場に移植するために、田植え機を用いた移植を行った。田植え機を用いた移植による栽培実験は申請者および IRRI 双方に経験がなく移植までに試行錯誤を重ねたが最終的に全ての移植が 2 日間で問題なく完了した。遺伝解析および表現型計測技術は急速に発展している。今回習得した技術は申請者が自身の手で同様の栽培実験を実施するうえで重要な基盤となると考えられる。
2. UAV を用いたイネ 983 品種の移植 3 週間後から出穂期までの群落画像の取得およびその後の解析パイプラインの構築
栽培した全品種の群落画像を計画通り UAV を用いて撮影した。撮影後、各品種の画像を切り出してバイオマス推定モデルを利用するためのパイプラインを実装した(図 1)。UAV 画像を解析することで植被率や草高などの表現型を推定することも可能であり、本滞在期間中に構築したパイプラインは今後も複数の形質に対して利用できる。
3. IRRI での幅広い人脈の形成
滞在期間中に IRRI の多様な研究者と議論する機会を得た。自身の研究を IRRI のセミナーにて発表したり(図 2)、UAV を用いた解析技術を共有する勉強会を開いたりすることで多数の研究者と深い人脈を形成できた。具体的な共同研究のアイデアも生まれ、今後につながる渡航となった。

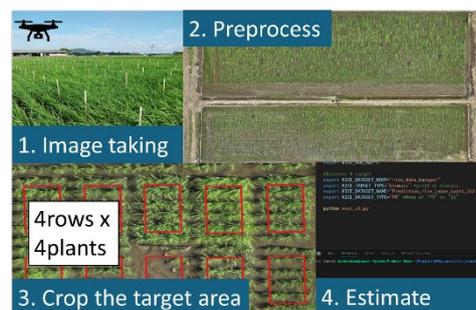


図 1. 構築したパイプラインの概要



図 2. セミナーにおける発表の証書

今後の展望 Prospects for the future

渡航中に達成できなかった点や明らかとなった課題に対する今後の展望は以下のようにまとめられる。

1. バイオマス推定モデルの UAV 画像に対する精度の向上
取得した UAV 画像をバイオマス推定モデルに入力し推定値を取得した。一部品種で取得した実測値と比較し推定精度を評価した。結果、移植 1 か月後以降の推定値が頭打ちしイネの生育に伴うバイオマスの増加を捉えられなかったことが明らかとなった。これは、現時点のモデルがデジタルカメラで取得した画像だけを学習しており UAV 画像を学習していないことが原因の一つと考えられた。今後は UAV 画像を追加で学習させてバイオマス推定モデルの UAV 画像に対する精度の向上を目指す。
2. GWAS の実施
先述の課題が明らかとなったためその後の解析である GWAS については実施できなかった。供試したイネ 983 品種のゲノムデータは公開されているため、先述の課題を克服した後 GWAS に取り組む。
3. 年次反復の確保
作物の生育は環境の影響を強く受けるため単年の結果に基づく GWAS では偽陽性率が高くなる可能性がある。次年度の乾季作にて同様の規模の実験を繰り返すことで年次反復を確保する計画である。さらに可能であれば UAV 画像と対応するバイオマスデータを追加で学習データとして取得することで IRRI のデータに特化したバイオマス推定モデルの構築を試みる。