

補助事業番号 2024M-401

補助事業名 2024年度 サトウキビ圃場に適した自律型AIロボットによる
生育管理システム開発 補助事業

補助事業者名 法政大学 Capi Genci

1 研究の概要

本研究は、サトウキビの収量予測および生育調査の効率化を目的とし、ドローンおよびクローラロボットを活用した画像データの収集とAIによるデータ解析手法の開発を行ったものである。実用的な収量予測モデルの構築と、圃場内の自律走行ロボットによる茎径推定手法の基礎検証を行ない、限られたデータ収集期間で良好な精度結果が得られた。

2 研究の目的と背景

日本の南西諸島ではサトウキビが基幹作物であり、製糖工場の稼働計画には高精度な収量予測が極めて重要であるが、生育状況調査は専ら熟練従事者による目視に依存してきた。しかしながら、従事者の高齢化や後継者不足により従来の目視調査が困難になりつつある。

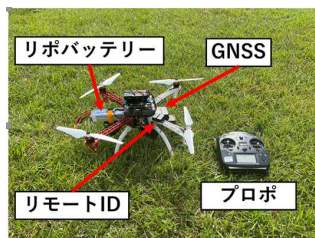
そこで、ドローンとロボットによる自動データ収集とAIによる解析を用いた新たな収量・生育情報把握手法の確立を目指した。

3 研究内容

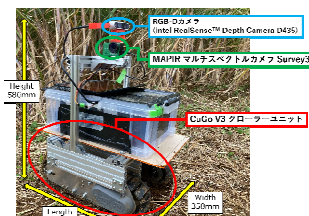
研究方法および成果(ドローンおよびクローラロボットの開発)

本研究では、サトウキビ圃場におけるデータ収集の自動化と精度向上を目的として、空中から圃場全体を可視化するドローンシステムと、地上レベルで詳細な茎径情報を取得するクローラロボットを開発した。ドローンにはRGBおよびマルチスペクトルカメラを搭載し、圃場の3Dマッピングおよび植生指標(NDVIなど)の算出を可能にした。一方、クローラロボットには深度カメラとセンサーを搭載し、圃場内を自律走行しながらサトウキビの茎径を推定した。

機体設計、センサーフュージョン、ナビゲーションアルゴリズムの実装などを通じて、両ロボットは現地圃場での試験走行および飛行に成功し、必要なデータを高効率かつ高精度で収集することが確認した。



Drone



Crawler robot

収量予測モデル

本研究では、鹿児島県農業開発総合センターが2012年から2023年にかけて実施した育成調査のデータを用いて学習を行った。入力データとしては、株出し栽培における7月および10月の仮茎長、品種に加え、気象庁が提供する同時期の総降水量 [mm]、平均気温 [°C]、および日照時間 [h] を用いた。

本研究で撮影対象とした圃場では、1つの圃場内に複数の品種が栽培されていたため、品種ごとに区分された栽培区画単位でデータを分割して解析を行った。以下の図には、それぞれ分割後のオルソ画像、元のオルソ画像、および対応する標高マップを示している。



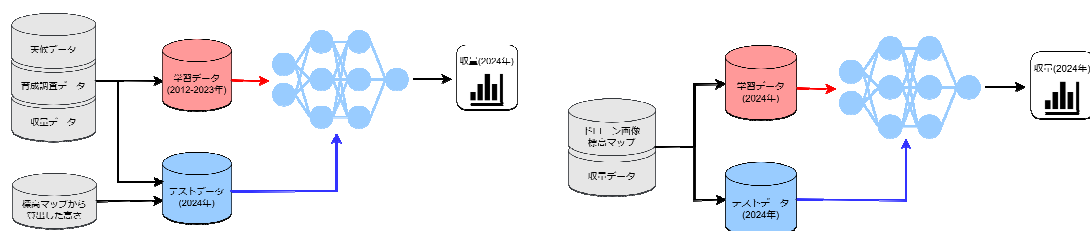
オルソ画像

元のオルソ画像

標高マップ

モデルの評価には、2024年のサトウキビに関するデータを使用した。具体的には、同年の品種、7月および10月の総降水量、平均気温、日照時間、およびサトウキビの高さ (Stem length) を評価指標として活用した。高さの情報は、鹿児島県による高成調査で得られた仮茎長データと、ドローンで取得した画像から生成した標高マップに基づいて算出した最大値を用いた。なお、ドローン撮影が7月および10月に限定されていることから、学習にはこれら2時点のデータを使用した。

学習モデルとしては、LSTM (Long Short-Term Memory) およびFFN (Feedforward Neural Network) を採用した。LSTMは、短期および長期の依存関係を同時に捉えることが可能なRNN (Recurrent Neural Network) の一種であり、サトウキビの成長過程を考慮した収量予測に適している。また、FFNは入力と出力の非線形な関係を学習する能力に優れ、収量の精度の高い予測に寄与することが期待される。



Stem length

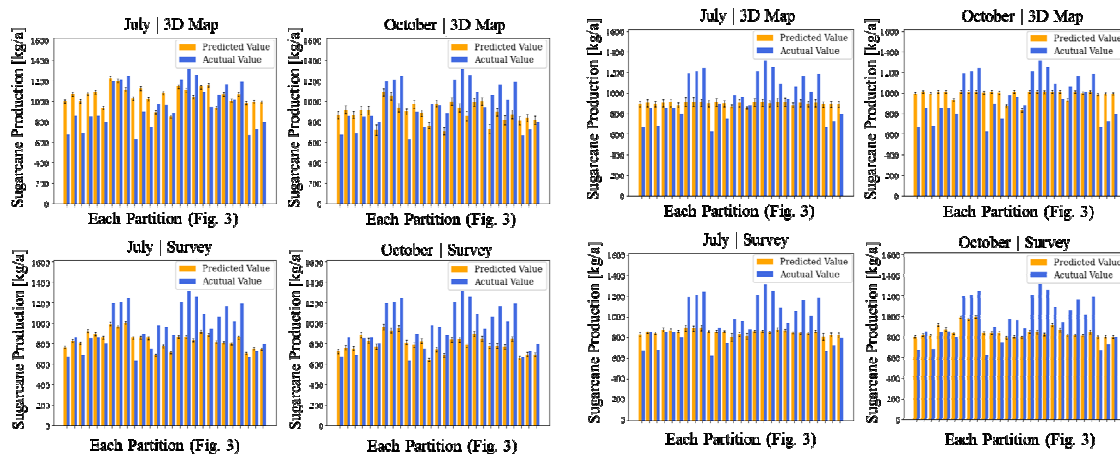
Image based

クローラロボットサトウキビ認識システム

本システムでは畳み込みニューラルネットワークを利用した物体検出アルゴリズムであるYOLO11を用いて機械学習を行いサトウキビの認識が可能である。取得したすべてのRGB画像に対して画像アノテーションツールであるLabelMeを用いて画像内のサトウキビ部分を抽出し、座標データへ変換した。処理後の画像をYOLO11n-segを用いて機械学習を行うことで出力としてサトウキビの認識とその認識確率を得る。YOLO11n-segとはYOLO11の中でも最軽量で高速で、画像内の物体を認識しセグメンテーションすることをタスクとしているモデルである。

成果

FNNよりもLSTMの方が誤差率は小さくなる傾向が確認された。特に、標高マップから算出した高さおよび育成調査の仮茎長をそれぞれ7月単独、7月と10月の2時点で入力とした場合のFNNおよびLSTMによる予測結果を以下の図に示す。これらの図から、FNNは収量の傾向をある程度捉えているのに対し、LSTMは予測値がほぼ一定となっており、効果的に学習できていないことが分かる。これは、LSTMが有効に機能するために必要な時系列の長さやデータ量が、本研究の条件下では不足していたためであり、その結果としてFNNの方が予測に適していたと考えられる。



Sugarcane yield predicted by FNN

Yield predicted by LSTM

以下の図のように茎径認識とセグメンテーションされたサトウキビについて画像水平方向の左端と右端のピクセル値の差を求める。この計算方法ではサトウキビが画像中で直立している場合に最も高い精度で計算できるが、栽培土壌が凹凸の激しいものであることや台風によって倒れてしまうことも多いことからむしろ画像に対して斜めに映りこむことが多いと考えられるため、実測値の平均値よりも大きく推定されてしまったと考えることが出来る。



Sugar Cane Stem recognition



Stem diameter calculation

(1) サトウキビ収量予測システムの開発

URL : https://assistrobotics.ws.hosei.ac.jp/research_group_robot_argri_jp.html

(2) サトウキビ生育調査ロボットの開発

URL: https://assistrobotics.ws.hosei.ac.jp/research_group_robot_argri_jp.html

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本研究成果は、スマート農業の普及促進、特に離島の基幹産業であるサトウキビ栽培のデジタル化・省力化に貢献できる。今後さらにデータを蓄積し、AIモデルの改良と実用化を進めることで、より正確な製糖工場の稼働計画や労働負担の軽減が期待される。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本研究は、チャピ研究室における農業×ロボティクス×AIの実応用研究の一環であり、これまでの基礎検証の成果をもとに、実圃場でのデータ取得とAIモデルの実装・評価を行った応用段階の位置づけとなる。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- 国際会議発表: Kotetsu Arakawa, Ryusei Shimizu, Shota Kikuchi, Genci Capi, Sugar Cane Yield Prediction Using Drone Data Processed by LSTM Algorithm, 2025 3th International Conference on Mechatronics, Control and Robotics (ICMCR) , Singapore, Feb. 14-16, 2025.
- 講演論文発表: ロボティクス・メカトロニクス 講演会 2025 in Yamagata (荒川虎徹、菊地翔太)
- 知財申請状況: 現時点ではなし(今後、ロボット制御アルゴリズムや収量予測モデルの実用化を踏まえ検討予定)

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

特になし

(2) (1)以外で当事業において作成したもの

特になし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 法政大学工学部(ホウセイダイガクリコウガクブ)

住 所: 〒184-8584

東京都小金井市梶野町3-7-2

担 当 者: Capi Genci(チャピ° ゲンツイ)

E - m a i l: capi@hosei.ac.jp

U R L: <https://assistrobotics.ws.hosei.ac.jp/>