

追加学習不要な新しいAIによる 小型株間除草ロボットの開発

江丸 貴紀 [北海道大学大学院工学研究院/准教授]
泉 玲央 [株式会社パブリックリレーションズ/
取締役]
今岡 広一 [北海道立総合研究機構 工業試験場/
主査]
浦池 隆文 [北海道立総合研究機構 工業試験場/
主査]

背景・目的

畑作農業における除草作業は重要だが、手間がかかり農業者の負担が大きい。畝間の除草は機械で行えるが、株間は適用可能な機械がほとんどなく、多くは除草剤に依存している。しかし、有機農法や薬草栽培では除草剤の使用が制限され、手作業に頼らざるを得ない。さらに、高齢化や人手不足が進む中、株間除草を省力化できる機械の開発が求められている。加えて、農林水産省の「みどりの食料システム戦略」では2050年までに化学農薬の使用量半減が目標とされており、効率的な株間除草技術の開発が喫緊の課題である。そこで本研究では、深層学習により作物と雑草を識別し、畝に沿って自律移動しながら株間除草を行う小型除草ロボットを開発する。

内容・方法

本研究では、作物識別システムと小型株間除草ロボットの開発を目指す。

目標1:追加学習不要・高精度な作物識別システムの開発

従来のマルチモーダルMask R-CNNは高精度だが計算負荷が大きく、YOLOv8は高速だが大量の学習データが必要で環境変化に脆弱である。そこで本研究では、高速な汎用検出器と作物の位置関係を利用した分類器を組み合わせ、80%の精度で5fpsの識別を実現する新たな認識手法を提案する。

目標2:10cm/sでの株間除草を可能とするロボットの開発

開発済みの小型ロボットに作物を避けながら除草できるレーキ機構を搭載し、株間除草の自動化を図る。レーキは小さな雑草の除去に適するが、大きな雑草には効果が薄いため、ロボットアームによる抜き除草方式と組み合わせ、作業速度と除草性能を両立させる。最終的に、効率的な自律除草ロボットの実用化を目指す。

結果・成果

本研究では、北大が開発した「相対的な位置関係を活用した新しい検出手法」が、小型除草ロボットにおいて活用可能か確認するために、データの取得並びに評価を行った。従来の視覚的特徴に依存する手法とは異なり、作物の空間配置情報を用いることで、大量のアノテーションデータを必要

とせず、高い汎用性を持つ作物識別が可能であることを示した。

実験では、大豆を対象とし、異なる環境での検出性能を評価した。トレーニングデータに含まれない環境下でも、作物(大豆)の平均適合率(AP)が71.3%、雑草が27.2%を達成し、従来の視覚特徴ベースの手法と同等以上の精度を示した。特に、学習データにない環境でも適用可能であり、追加学習を行わずとも一定の精度が維持できる点が本手法の大きな強みである。また、既存の物体検出アルゴリズム(YOLOv8など)と比較しても、雑草の識別精度が向上し、より安定した作物検出が可能であることが確認された。

また、本手法は畑の列(畝)のパターンを考慮することで、作物が視覚的に異なっても識別可能であることを示した。従来のCNNやTransformerベースの検出手法では、異なる作物品種や光条件の影響で精度が低下する傾向があったが、本手法では作物の位置関係に着目することで、その影響を低減することが可能となった。

加えて、学習に必要なデータ量を削減できるため、データ収集やアノテーション作業の負担を軽減し、低コストで実用化しやすい作物検出手法の実現につながる。

一方で、本手法にはいくつかの課題も見られた。例えば、作物が少数しか写っていない場合や、雑草が極端に多い環境では誤検出が生じやすいことが分かった。また、畝の方向が明確でない場合には、作物と雑草の区別が困難になるケースもあった。今後は、畝の方向推定アルゴリズムを組み込むことで、より頑健な検出手法に改良する予定である。

また、目標2に関しては、作物識別システムと連動したレーキ式株間除草ロボットを開発し、室内試験により、

- ・疑似作物を認識し畝に沿って走行できること
- ・作物を避けるためのレーキ開閉制御が適切に機能することを確認した。以上から、当初の目標は概ね達成されたといえる。

本研究の成果により、汎用性の高い作物検出技術の開発が進み、環境や作物の違いに適応可能な農業ロボットの実現に貢献できる。特に、農薬の使用が制限される有機農業や、異なる作物品種が混在する農場においても活用が期待される。今後は、実際の除草ロボットに本技術を組み込み、完全自律型の除草システムの構築を目指す。

今後の展望

本研究では、作物の相対的な位置関係を利用した新しい識別手法を提案し、その有効性を示した。今後は、本手法を応用し、多様な作物や環境に対応可能な農業ロボットの開発を進める。具体的には、異なる作物種への適用、畝幅や植え付けパターンの変化への適応、リアルタイム動作の最適化などが課題となる。また、作物が少数しか写っていない環境や、雑草密度の高い環境での精度向上のため、畝方向推定アルゴリズムを統合することも検討する。最終的には、実フィールドでの長期運用試験を実施し、完全自律型の除草ロボットシステムを確立することを目指す。