

令和6年度 研究成果の概要(1/2)

研究テーマ:「不要な植物のみを検出・識別して除去可能な選択的除草ロボットシステム開発の技術研究」
研究代表者 ・氏名(ふりがな):中村 明生 (なかむら あきお) ・所属、役職: 東京電機大学 教授
研究期間:令和6年4月～令和9年3月
研究参加メンバー(所属団体名のみ) 東京電機大学
研究の背景・目的 不要な植物を検出・識別し、そのみを除去する、選択的除草ロボットの開発を目的とする。マッチング先である国営公園のニーズに基づき、花修景畑除草、芝生除草を応用先とする。当初は、道路交通環境および安全な生活環境の確保に重要な役割を果たす植樹帯の維持管理を想定していたが、植樹帯に限らず、国営公園、公的施設、堤防・高速道路周辺、にも適用範囲を拡張しうる。深層学習を利用した画像認識技術で、路面性状を認識するとともに、不要な植物を検出・識別し、その識別結果に基づき、個別かつ適切な除去を可能とする除草用マニピュレータ及びエンドエフェクタを開発し、試作ロボットシステムの構築する。
研究内容(研究の方法・項目等) 以下の3項目を実施する。 ■ 項目1: 選択的除草ロボットの設計・開発 i) 移動プラットフォームの設計・開発 ii) マニピュレータ、エンドエフェクタの設計・開発 ■ 項目2: 深層学習を利用した植物検出・識別手法の提案 i) 除去対象植物の検出・識別 ■ 項目3: 実証実験・評価 - 項目1,2を組み合わせた除草ロボットの構築、現地実証 なお、国営ひたち海浜公園、国営昭和記念公園、国営アルプスあづみの公園における現地調査、及び関係者との打ち合わせに基づき、以下の2つのサブPJTを設定、それぞれにおいて項目1-3を実施する。 ・ サブPJT1.花修景畑除草 ・ サブPJT2. 芝生除草 (シロツメクサ)
研究成果の概要 ■ 項目1: 選択的除草ロボットの設計・開発 1-i) に関して、傾斜角度約20°の傾斜地を含み、条間600mmの大規模花畑(サブPJT1)、特定雑草が繁茂した芝生地(サブPJT2)における雑草除去のため、移動ロボットを選定した。クローラ型ロボット BUNKER MINI 2.0、車輪型移動ロボット HUNTER SEを導入し、前者に関しては花畑にて走行実験を実施、走破性能を確認した。 1-ii) に関して、市販器具の除草性能を比較確認、ナイロンコード式除草エンドエフェクタからなる除草機構プロトタイプを作成、BUNKER MINI 2.0に搭載して除草ロボット試作機を製作、こちらも動作確認を実施し、問題点を抽出した。
 (a) BUNKER MINI 2.0  (b) HUNTER SE  (c) 除草機構プロトタイプを搭載した除草ロボット試作機

Fig. 1 購入したロボット・及び除草機構の試作機

令和 6 年度 研究成果の概要 (2/2)

■項目 2: 深層学習を利用した植物検出・識別手法の提案

A) サブ PJT1 として、花修景畑におけるロボットの走行路算出、及び作物列間除草のために画像分類モデルを利用した作物列検出、B) サブ PJT2 として、芝生地において、画像分類モデルを利用した特定雑草領域の検出に関する手法を提案した。処理の軽量化を目指し、画像分類タスクとして問題を捉えて解決策を提案した。

A) に関しては、入力画像をグリッド状に分割し、作物、作物と土壌、土壌、の三種分類として実装した。作物または作物と土壌ラベルに分類された領域を 4 分割し、再帰的に分類を繰り返して必要粒度の作物領域を得て、重心に対して最小二乗法を適用して作物列を計算することで、列状の作物領域を検出する。検出結果は、Precision は 0.76, Recall は 0.89 であった。

B) に関しては、A) 同様、各グリッドに分割し、芝生、雑草の二種分類として実装した。検出結果は、Precision は 0.92, Recall は 0.91 であった。

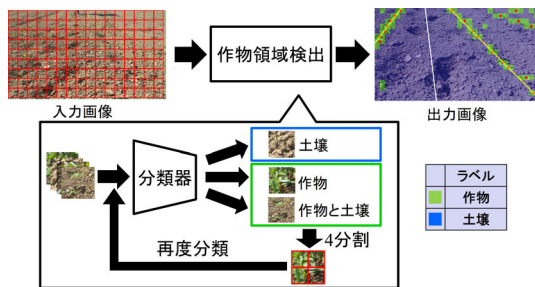


Fig. 2 作物列の検出例

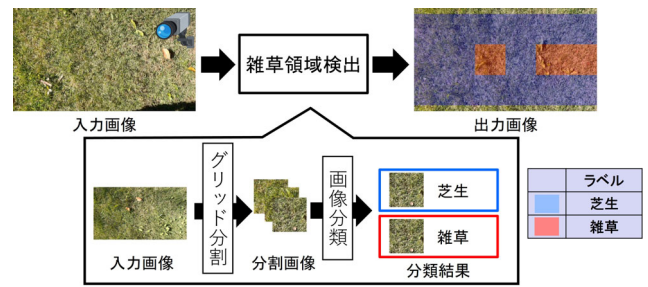


Fig. 3 特定雑草領域の検出例

C) サブ PJT1, サブ PJT2 に両者に関連して、ロボット移動による背景変化動画に対し、パーティクルフィルタと雑草の位置関係を利用した複数雑草追跡に関する手法を提案した。

物体検出モデル You Only Look Once version7 (YOLOv7)とパーティクルフィルタを組み合わせた追跡手法を実装した。追跡実験結果は、評価指標である Multi-Object Tracking Accuracy が平均で 0.98 であり、背景変化に頑健な追跡を実現した。

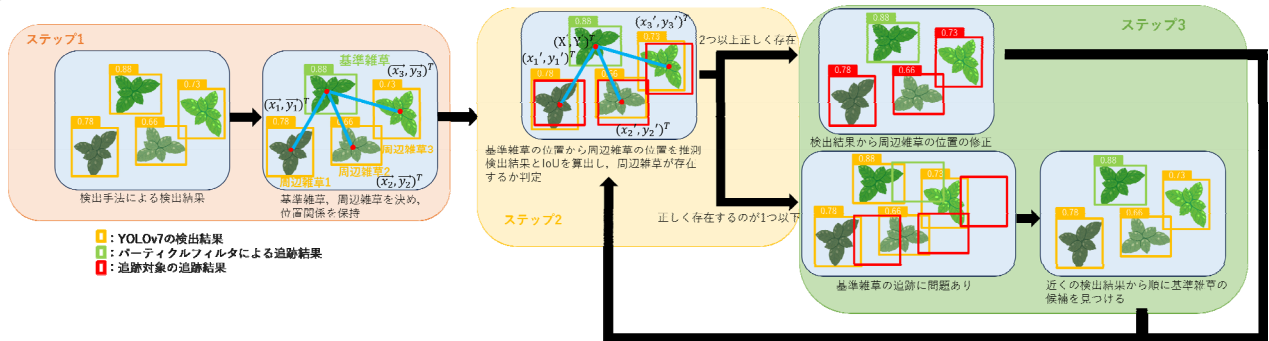


Fig. 4 雑草追跡手法の概要

■項目 3: 実地検証・評価

前述の通り、マッチング先の国営公園における適用環境調査、及び関係者からの要望聴取により、サブ PJT 2 種類を策定し、研究項目を決定した。

研究進捗に応じて、11月と2月に国営昭和記念公園にて、移動ロボットの走破性能確認、試作機の実地検証をそれぞれ実施した。2月の試作機実地検証 (Fig. 5) において、2点の問題点を抽出した。ナイロンコード式除草エンドエフェクタを2つ並列に設置、アクリルフレームで囲った除草機構プロトタイプにおいて、エンドエフェクタ間の雑草除去に失敗する傾向があること、並びに、傾斜地においてアクリルフレームによる地面を挟む可能性があること、が判明した。それぞれに対する解決案は考案済みである。



Fig. 5 実地検証・評価の様子