

2023年 2月 14日

豊橋技術科学大学長 殿

情報・知能工学 専攻

学位審査委員会

委員長 岡田 美智男



論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、博士学位論文審査を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	松崎 成道		学籍番号	第 163373 号
申請学位	博士（工学）	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 情報・知能工学 専攻	
博士学位 論文名	Scene Recognition for Mobile Robots in Plant-rich Environments Considering Traversable Plants (植物繁茂環境における移動ロボットのための通過可能植物を考慮した環境認識)			
論文審査の 期間	2023年 1月 12日 ～ 2023年 2月 14日			
公開審査会 の日	2023年 2月 10日		最終試験の 実施日	2023年 2月 10日
論文審査の 結果※	合格		最終試験の 結果※	合格
審査委員会(学位規程第6条) 学位申請者にかかる博士学位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。 委員長 栗山 繁  委員 内山 直樹  三浦 純  印 印 印				

※論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

論文内容の要旨

近年、周囲環境を認識して自律的に移動するロボットの応用範囲が拡大している。自律移動の実現には対象とする環境に適した認識、特に通過可能領域の検出が重要であり、さまざまな手法が提案されてきた。本論文は植物が繁茂する環境における移動を対象とし、深層学習のための既存のデータセットが存在しない環境に対する認識モデルの獲得、および柔軟な植物と接触しながら移動した経験の利用に基づく、通過可能性判定のためのモデル獲得についての、新たなアプローチに関する研究をまとめたものである。第1章では、研究の背景、研究目的と本論文の貢献、論文構成について述べている。第2章では関連研究について述べている。第3章では、対象とする環境のデータセットが存在しない場合に、異なる環境に対する複数のデータセットから対象環境の認識モデルを構築する手法について述べている。第4章では、人がロボットを誘導して得られた幾何学的な接触の情報から、通過可能な植物領域を判定するモデルを獲得する手法について述べている。第5章では、獲得したモデルの改善のために、人が通過可能な植物に触れる動作をロボットが認識し、利用する手法について述べている。第6章では本論文の成果をまとめるとともに、今後の課題について述べている。

審査結果の要旨

自律移動ロボットの実用化には周囲環境の認識、特に移動可能領域の認識が重要である。従来手法のほとんどは周囲物体の形状や位置といった幾何学的情報のみを用いて移動可能性の判定を行っていた。しかし、植物繁茂環境で経路上に植物の葉が存在する場合に、接触しながら通過することが可能であるにもかかわらず、幾何学的情報のみでは移動不可能という判定になる。そこで、環境中の接触可能な通過可能植物を認識することが必要になる。また、近年、画像認識は深層学習に基づく手法が主流となっているが、そのためには学習のためのデータセットが必要となる。しかしながら、個別の植物繁茂環境へ適用する際には、そのためのデータセットが存在せず、また環境ごとにデータセットを作成する手間は膨大になる。本論文ではこれらの課題を解決するための新たな手法を提案しており、高い新規性を有する。

本論文の主要な成果は以下のようにまとめられる。1) 個別環境の画像のセマンティックセグメンテーションにおいて、複数の異なるドメインの公開データセットを用いてモデル学習を行う手法を提案している。異なるドメインで学習された複数のモデルの合意に基づいて、個別環境のための仮ラベルを生成し学習に利用することで、個別環境用のデータセットを手動で作成することなく、認識モデルを獲得することができることを示している。2) 画像中の植物領域のうち通過可能である部分を判定するモデルの獲得のために、人がロボットを誘導して通過可能な植物領域に接触した経験を利用する手法を提案している。ロボットの移動軌跡と物体配置を Visual SLAM 手法で推定し、接触があった画像領域を通過可能とラベル付けすることにより正例のデータを取得し、PU (Positive-Unknown) 学習手法を適用して通過可能植物を判定するモデルを構築できることを示している。3) ロボットが通過可能植物を間違えて障害物と判断して停止したときに、人がインタラクティブに正解を教えることで、認識モデルを改善する手法を提案している。人が通過可能な植物に触れる様子を観察し、新たな正例として Few-shot 学習を行うことにより、同様の見えを持つ領域が正しく判定されるようにモデルが改善されることを示している。

これらの成果は、学術的に高い評価を受けており、また画像認識用学習データセット作成の簡便化手法を提案していることから、ロボティクス関連分野への幅広い応用が期待される。以上より、本論文は博士（工学）の学位論文に相当するものと判定した。

なお、本学位論文は英語で記述され、成果発表および質疑応答は英語で行った。