

2026年 2月18日

豊橋技術科学大学長 殿

機械工学専攻
学位審査委員会
委員長

小林 正和



論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、学位審査会を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	佐藤 隆史		学籍番号	第189102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 機械工学専攻	
博士学位論文名	地表に散在する物体拾得のための移動ロボットの設計と制御 (Design and Control of a Mobile Robot for Collecting Objects Scattered on the Ground)			
論文審査の期間	2026年1月15日 ～ 2026年2月18日			
公開審査会の日	2026年2月13日	最終試験の実施日	2026年2月13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	高山 弘太郎			
委員	高橋 淳二		内山 直樹	
		印		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

移動ロボットは広く普及しつつあり、固形ゴミやスポーツ用のボールなど地表に散在する物体の拾得作業への応用も期待されている。特に農業分野における農産物の拾得は広範囲な屋外作業が必要であり、農業従事者の減少および高齢化に伴い、自動化の要請が高い。林床における屋外農作業は、不整地かつ樹間移動の中で、拾得作業の生産性を確保することの技術的難易度が高く、自動化の事例は少ない。本論文は、具体的な農産物として地表に散在する樺の実と種子を想定し、この拾得を行う移動ロボットシステムの開発に関する研究成果をまとめたものである。

本論文は全5章から構成される。第1章では、本研究の背景、関連研究の概要、研究目的、論文構成を述べている。第2章では、地表に散在する物体拾得のための移動ロボットの設計法を提案している。本研究で着目している樺の実と種子の拾得作業を分析し、ロボットの要求仕様を策定、自動化による労働力の低減効果を試算した後、ロボットの全体構造を示している。つぎに、拾得に用いるアームおよびエンドエフェクタ機構を設計している。さらに、拾得が最も効率化する条件を検討後、屋内環境において拾得能力を検証している。第3章では、屋外作業を想定し不整地での拾得を可能にするために、エンドエフェクタの接触力制御法を提案している。地表面の状態を検知する機構を設計し、動力学モデルを導出している。そのモデルに基づき、接触制御系を設計し、屋外作業での拾得能力を検証している。第4章では、視覚センサの利用を想定し、移動ロボットを目標とする樹木近傍に誘導するために画像特徴量の大きさをを用いた位置制御法を提案している。ロボット姿勢の推定値と画像特徴量を併用することで、移動途中の停留を回避し、動作収束のロバスト性向上に成功している。また、有効性を実験により確認している。第5章では、本研究で得られた成果をまとめると共に、今後の課題と展望を述べている。

審査結果の要旨

労働力不足を背景とした省力化のために様々な分野でロボットの導入が行われているが、多くは屋内での動作に限定され、屋外作業を対象として製品化に成功している移動ロボットの事例は多くない。この要因として、不整地走行や未知の移動障害物の存在など、環境変動への対応が困難であり、要求機能が高度なことがあげられる。屋外作業ロボットの一分野として、固形ゴミあるいはスポーツ用ボール等の物体を拾得する回収装置の報告があるが、平地を対象としたものであり、用途は限定される。

本研究では、農業従事者減少の社会的背景を考慮し、林床農地などでの樺の実と種子の拾得作業に着目、要求機能を分析後、従来困難であった不整地での物体拾得が可能なロボットシステムを開発し、実験的に有効性を確認している点で、高い独創性と有用性を有する。

本論文の主要な成果は以下のようにまとめられる。1) 地表面に散在する物体の高速な拾得が可能なアーム型移動ロボットの構造を提案している。また、不整地での拾得のために、地表面へのエンドエフェクタの押し付け動作を最適にする条件を求め、実験により有効性を確認している。2) エンドエフェクタに取り付けたポテンショメータにより、地表面の起伏をバネ変位として計測することによる、接触力フードバック制御系の設計法を示している。屋外実験において、拾得個数のばらつきを約半減することに成功している。3) 視覚センサによる移動ロボットの樹木への誘導を想定し、目標状態までの距離に応じて変化する画像特徴量と同ロボットの姿勢推定値を併用することで、移動中の停留問題を回避できる制御法を示している。目標位置にロボットを誘導する実験において、実用上十分な最終位置精度を確認している。

不整地環境を想定した物体拾得ロボットの設計法、接触力制御法、視覚センサによる新たな誘導法は、いずれもシステム工学分野での学術的独創性が高い。また実験により、良好な物体拾得性能、ロボットの誘導性能を確認し工学的寄与も大きい。以上より、本論文を博士(工学)の学位論文に相当するものと判定した。

(各要旨は1ページ以上可)