

2021年 8月19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

佐藤 海二



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	Schaeffle Tobias Rainer		学籍番号	第179107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	Optimal Coverage and Probabilistic Robust Path Planning for Nonholonomic Mobile Robots (非ホロノミック移動ロボットの最適領域被覆と確率的ロバスト動作軌道計画)			
論文審査の 期間	2021年1月14日 ~ 2021年8月19日			
公開審査会 の日	2021年8月19日	最終試験の 実施日	2021年8月19日	
論文審査の 結果※	合格		最終試験の 結果※	合格
<p>審査委員会(学位規程第6条)</p> <p>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。</p> <p>委員長 三浦 純 </p> <p>委員 永井 萌土  内山 直樹 </p> <p style="text-align: center;">印 印</p> <p style="text-align: center;">印 印</p>				

※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

自律移動ロボットは多くの応用が期待され、一層の高機能・高性能化を目的とした研究開発が広く行われている。特に動作途中の障害物を回避し、指定された作業を遂行する経路計画は基本的かつ重要な課題であり、継続的に研究がなされている。この一つとして、清掃ロボットや探査ロボットに代表されるような指定された領域を被覆することがあげられ、被覆経路計画 (CPP: Coverage Path Planning) とよばれている。また、搬送ロボットのように指定された始点と終点を移動する経路計画 (PTP: Point-To-Point path planning) も主要な課題である。

本論文は、CPPとPTPについて既存の方法の問題点を指摘し、これを解決する移動ロボットの新たな経路計画法についての研究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、研究目的、論文構成を述べている。代表的な移動ロボットの構造、経路計画に用いる基本的な方法、本研究で対象としているCPPとPTPおよびPTPの一種である駐車問題について説明している。第2章では、遺伝的アルゴリズム (GA: Genetic Algorithm) を用いた新たなCPPの方法を提案している。移動ロボットにおいては、蓄電池を搭載することが一般的であり、動作遂行時間や移動距離のみならず、エネルギー最適な経路計画が期待されているが、これらの異なる目的を考慮できるCPPの方法を示し、シミュレーションと実験により有効性を確認している。第3章では移動ロボットの駐車問題の新たな方法を提案している。応用として、CPPによる領域被覆後の給電位置への誘導を想定している。差動ロボットの非ホロノミック拘束を考慮するために、制御対象を離散/連続混合システムとして扱うハイブリッド制御法を導入し、シミュレーションと実験により有効性を確認している。第4章では、任意形状の移動ロボットを対象に、障害物と自己位置の不確実性を考慮したPTPの方法を提案し、シミュレーションにより有効性を確認している。さらに、移動ロボットの形状および位置の不確実性の新たな表現法を提案し、計算時間の低減に成功している。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

自律移動ロボットの産業応用が進められており、少子高齢化に伴う省力化のために、一層の高機能・高性能化が期待されている。本研究では、CPPとPTPという基本的かつ重要な機能について既存の方法における問題点を指摘し、動作遂行時間や移動距離のみならず省エネルギー性、安全性を考慮した新たな経路計画法の提案を目的としており、高い新規性を有する。また、大規模問題においても、現実的な計算時間により経路生成できる点において高い実用性を有する。本論文の主要な成果は以下のようにまとめられる。1) 動作遂行時間のみならず消費エネルギーを考慮したCPPの方法を提案している。離散システムの最適化に広く用いられるGAに局所的な探索手法を組み合わせることで、大規模問題においても現実的な計算時間での求解を可能にしている。既存の方法と比較して直線動作を多用することにより、動作遂行時間を約28%、消費エネルギーを約7%、それぞれ低減できることをシミュレーションにより示している。また、本方法による消費エネルギーの推定結果について実験結果との整合を確認している。2) PTPの一種である駐車問題において、差動ロボットの非ホロノミック拘束を考慮した制御法を提案している。離散/連続ハイブリッド制御法と非線形制御法を組み合わせることで、従来の方法と比較して駐車位置までの滑らかな誘導を実現している。シミュレーションと実験において、複数初期位置からの駐車を行い、有効性を確認している。3) 障害物およびロボット位置の不確実性を正規分布関数により表現し、障害物との距離を緩やかな拘束として最適化問題の目的関数に含めることで、安全性を向上するPTPの方法を提案している。モンテカルロシミュレーションを実施し、移動距離を同程度に維持しつつ、障害物との衝突確率をほぼ0%に低減している。ロボットの形状および不確実性を複数の円により近似することで、計算時間の大幅な低減にも成功している。自律移動ロボットの新たな経路計画法の提案は、システム工学分野での学術的独創性が高く、シミュレーションと実験により有効性を示しており産業界への寄与も大きい。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)