

2024年 2月 16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	Mahmood Ul Hassan	学籍番号	第 209301 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	3D Mapping by Multi-Sensor Fusion for Construction Cranes (建設用クレーンのためのマルチセンサ融合による3次元地図生成)		
論文審査の 期間	2023年 7月 13日 ～ 2024年 2月 16日		
公開審査会 の日	2024年 1月 30日	最終試験の 実施日	2024年 1月 30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	内山 直樹		
委員	金澤 靖		三浦 純
		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

近年、周囲環境を認識して自律的に移動するロボットやドローンなどの応用範囲が拡大している。建設分野においても環境認識機能や自律行動機能を導入する試みが始まっている。本研究では建設用クレーンの将来的な自動化を見据えて、そのために必要となる建設現場の3次元地図生成問題を対象とし、クレーンのブームに取り付けたレーザ距離センサ (LiDAR) で地図生成を行う手法を提案している。移動するLiDARを用いた地図生成では時々刻々のLiDAR位置姿勢を高精度に推定する必要があるが、本論文はその際の課題として、LiDARがブームの動きに伴って大きく移動し、またブームの振動の影響を受ける点を指摘し、それらを解決するための新たな手法についての研究をまとめたものである。第1章では、研究の背景、対象とする問題と従来手法の限界、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、慣性センサを用いた頑健な姿勢推定手法とクレーンの構造情報を組み合わせてLiDARの位置姿勢推定を行うとともに、環境中の平面構造を利用した位置姿勢最適化によって地図精度を向上させる手法を提案し、実クレーンを用いて広範囲の3次元地図が生成できることを示している。第4章では、クレーンの構造情報が不要な、深層学習に基づくLiDAR位置姿勢推定手法を提案している。第5章では、画像と慣性センサ情報の統合 (センサフュージョン) に基づくLiDAR位置姿勢推定手法を提案している。第6章では、提案した複数の手法を小型サイズのモデルクレーンと実際の大型クレーンを用いて比較実験を行っている。第7章では、本論文の成果をまとめるとともに、今後の課題と展望を述べている。

審査結果の要旨

3次元地図生成は移動ロボットやドローンなど自律的に移動するシステムに欠かせない技術であり、近年は屋外の幅広い環境への適用が試みられている。建設現場では水平・垂直方向ともに広い範囲の地図生成が求められるが、例えば自動運転で一般的に用いられる3D LiDARを利用する方法は垂直方向の視野の制限からそのまま適用できない。また、2D LiDARを高速に回転させながら得た広視野の距離データを利用する方法が考えられるが、連続するデータ間での視野の重なりがあることを前提としてLiDARの移動量を推定しており、そのまま適用できない。本論文ではこれらの課題を解決するための、LiDAR位置姿勢推定のための新たな手法を提案しており、高い新規性を有する。

本論文の主な成果は以下のようにまとめられる。1) 慣性センサを用いたノイズに頑健な姿勢推定手法とクレーンの構造情報を組み合わせたLiDAR位置姿勢推定手法を提案している。さらに、環境内に多く存在する平面構造を利用した拘束を付加した上で、複数LiDAR位置姿勢の同時最適化を行うことにより、連続するデータ間での視野の重なりがない状況においても位置姿勢推定結果の改善が可能な手法を提案し、従来手法より地図精度が向上することを示している。2) クレーンの構造情報が得られない場合に、複数のセンサ情報の統合により直接LiDAR位置姿勢を推定する手法を提案している。カメラと慣性センサ情報を統合する手法では、慣性センサ情報を基に推定した移動量情報を繰り返し利用する方式を提案し、従来手法より精度が向上することを示している。3) 提案する手法をシミュレーション環境だけでなく、小型サイズのモデルクレーン実験環境および実クレーンを用いた環境で検証し、その有効性を評価している。

これらの成果は学術的に高い評価を受けるとともに、ロボティクスや自動システム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。

(各要旨は1ページ以上可)