

2021年 8月30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	Enock William Nshama		学籍番号	第165111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	Multi-Objective Optimization Approach to Energy-Saving Motion Trajectory Generation with High-Speed and High-Accuracy for Industrial Feed Drive Systems (産業機械送り駆動系の高速度高精度化と省エネルギー化のための多目的最適化による動作軌道生成)			
論文審査の 期間	2021年7月15日 ～ 2021年8月30日			
公開審査会 の日	2021年8月30日	最終試験の 実施日	2021年8月30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 高木 賢太郎 </p> <p>委員 安部 洋平  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

工作機械に代表されるように日本の産業機械は世界で性能が高く評価されており、一層の高速高精度化に加えて、近年の環境・資源問題への対応のために省エネルギー化が期待されている。しかしながら、このような複数項目の最適化については、例えば高速化と省エネルギー化のようにトレードオフが存在することが多く、系統的な設計手法が望まれている。一方、経済学における資源配分問題に関してパレート最適の概念が提唱され、トレードオフを考慮した最適解の表現と応用を可能としている。

本論文は、産業機械の動作生成に関する既存研究での、高速性などの単一の目的関数を最適化する手法の問題点を指摘し、上記複数項目の多目的最適解を系統的に生成する手法に関する研究をまとめたものである。本論文は全6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。一般的な産業機械の制御目的と、本研究で対象とするトレードオフが存在する複数項目の最適化について説明している。第2章では、本研究で対象としている産業機械、動作軌道、精度、消費エネルギーの数式モデル、実験環境などの基本事項をまとめている。また、動作軌道の平滑化や多目的最適化手法について既存研究を含めて説明している。第3章では産業機械の動作生成を対象として、消費エネルギーと動作精度についての多目的最適化手法を提案している。複数の直線動作からなる軌道角部の平滑化問題として定式化し、パレート解の生成に成功している。第4章では、動作遂行時間と消費エネルギー低減を目的とした方法へ拡張している。消費エネルギーの推定手法を示し、これを利用した多目的最適化手法を提案後、シミュレーションと実験により有効性を確認している。提案法での空間計算量の解析結果も示している。第5章では、動作遂行時間と精度についての多目的最適化手法を提案している。複雑な動作軌道を対象としたシミュレーションと実験を実施し、有効性を確認している。第6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

産業機械の動作軌道生成に関する研究は古くから行われているが、一層の高性能化のために、トレードオフが存在する複数の評価項目を考慮した系統的な設計手法が望まれている。本研究では産業機械の動作生成を対象に、高速高精度化と省エネルギー化を考慮した多目的最適化手法の提案とパレート解の生成を目的としており、高い新規性を有する。また、シミュレーションと実験において、既存の手法に比較し優れた性能を示しており、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) 産業機械の動作生成に関して、消費エネルギーと動作精度のトレードオフを考慮した多目的最適化手法を提案している。動作軌道角部の曲率を変数とすることで、省エネルギー効果を考慮した公差設計を可能にしている。2) 動作遂行時間と消費エネルギーを考慮した多目的最適化手法を提案している。消費エネルギーモデルと同定手法を提案し、シミュレーションと実験により有効性を確認している。既存の動作軌道の表現について、提案法により多目的最適化を行い、最適なトレードオフ解において、動作遂行時間および消費エネルギーを共に60%以上低減できることを確認している。さらに、提案法における空間計算量を解析し、多項式量であることを示している。3) 計算効率化のために動作精度の新たな表現を導入し、これと動作遂行時間についての多目的最適化手法を提案している。シミュレーションと実験により有効性を確認し、提案法での最適なトレードオフ解において、既存の単一目的最適化手法に比較して動作遂行時間を同程度に維持しつつ、動作精度を最大値で約29%、平均値で約12%向上できることを確認している。50点の角部を有する複雑な動作軌道への適用も行い、大規模問題においてもパレート解の生成と大幅な性能向上が可能なことを示している。産業機械の動作軌道生成のための多目的最適化手法の提案は、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)