

2023年 8月21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	Mathias Sebastian Halinga		学籍番号	第209105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	Time and Energy Optimal Trajectory Generation for Coverage Motion of Industrial Machines (産業機械の領域被覆動作のための時間/エネルギー最適軌道生成)			
論文審査の 期間	2023年7月13日 ~ 2023年8月21日			
公開審査会 の日	2023年8月21日	最終試験の 実施日	2023年8月21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	佐藤 海二			
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

日本の産業機械は世界中の工場で昼夜を問わず利用され、一層の高性能化が期待されている。これまで、高速・高精度化に関する多くの研究開発が進められてきたが、温室効果ガス削減に関する国際公約の達成や、近年の資源エネルギー問題への対応などの点から、産業機械においてもエネルギー効率化が求められている。本論文は、産業機械の代表的な動作である領域被覆を対象として、動作時間とエネルギーの低減を目的とした経路生成に関する研究をまとめたものである。領域被覆は切削工具やレーザーなどによる機械部品の各種加工、検査などに用いられ、対象領域が一般に大きいことから高速化と省エネルギー化が望まれており、本論文では、両者の多目的最適化問題として動作経路を生成する方法を提案し、実験的に有効性を確認している。

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。第2章では、本論文の基礎事項と関連研究について説明している。本論文で対象としている送り駆動系の動特性と消費エネルギーの予測式、動作軌道の表現、最適化手法について述べている。第3章では、既存のジャック制限軌道を用いて、動作時間およびエネルギー最適な領域被覆動作軌道の生成法を提案している。領域内に等間隔の経由点を配置することで、これらを重なりなく通過させる遺伝的アルゴリズムを改良した方法を提案し、実験的に有効性を確認している。第4章では、より滑らかな軌道である修正Sカーブ軌道に変更することで、消費エネルギーが向上できることを示している。広く利用されている滑らかな4次動作軌道と比較して、修正Sカーブ軌道がエネルギーおよび追従性について優位であることを実験により示している。第5章では、この修正Sカーブ軌道を用いた動作時間およびエネルギー最適な多目的領域被覆動作軌道の生成法に拡張し、ジャック制限軌道と比較して、追従性も優位であることを実験により示している。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

日本政府において、2030年には温室効果ガス排出量を2013年比で46%削減、2050年に完全なカーボンニュートラルを実現することが目標とされており、二酸化炭素排出量について大きな割合を占める産業部門においても、一層のエネルギー効率化が急務である。本論文では、多くの産業機械に利用されている基盤機構であるX-Yテーブルの領域被覆動作を対象とし、省エネルギー化のための方法を提案している。この際、作業効率を維持する必要があるため、動作時間およびエネルギーの多目的最適化として定式化することで実用的な動作軌道を生成し、実験により有効性を確認している。

本論文の主要な成果は以下のようにまとめられる。1) 被覆領域内に等間隔で配置された経由点を重なりなくすべて通過し、かつ経由点間の動作速度を同時に最適化することが必要になる。このために、遺伝的アルゴリズムに動作軌道の実現可能性を検証するプロセスを組み込み、離散連続変数の混合問題として求解する方法を明らかにした。2) 動作時間と省エネルギー化に関する多目的最適化問題として領域被覆動作計画を定式化し、パレート解と最適トレードオフ解を求める方法を提案した。遺伝的アルゴリズムを多目的最適化問題の解法に拡張したNSGA-II (Non-dominated Sorting Genetic Algorithm)により、現実的な計算時間で求解できることを示した。3) 領域被覆動作において一般的なジャック制限軌道や4次動作軌道と比較し、修正Sカーブ軌道を用いることの優位性を実験により確認した。また、同軌道为目标とする制御系での追従誤差が抑制できることを確認し、産業界における実装に適することを示した。

産業機械の基盤機構であるX-Yテーブルの動作時間と省エネルギー化を考慮した新たな領域被覆動作生成法の提案は、システム工学分野での学術的独創性が高く、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)