

平成31年 2月22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

福本 昌宏



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	YOGI MULDANI HENDRAWAN		学籍番号	第159106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	Iterative Learning Reference Trajectory Modification for Contouring Performance Enhancement of Industrial Machine Tool Feed Drive Systems (工作 機械送り駆動系の輪郭制御性能向上のための繰返し学習に基づく参照軌道修正)			
論文審査の 期間	平成30年 7月26日 ~ 平成31年 2月22日			
公開審査会 の日	平成31年 2月 22日	最終試験の 実施日	平成31年 2月 22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 佐藤 海二 </p> <p>委員 福村 直博  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

本論文は、世界中の工場で広く利用されている数値制御型工作機械の制御性能向上に関する研究をまとめたものである。工作機械は一般の複数の駆動軸の複合的な動作により所望の機械加工を実現するが、各駆動軸の制御性能ではなく工作物の加工形状誤差（以下、輪郭誤差）を直接低減することを目的とした輪郭制御法が広く研究されている。しかしながら、すでに運用されている工作機械のフィードバック制御系を変更することは一般に困難であり、輪郭制御法の有効性検証は研究用装置に限定されて行われている場合が多い。市販の工作機械はNCプログラムにより動作指令されるが、本論文では、このNCプログラムを繰返し修正することで、フィードバック制御系を変更することなく輪郭誤差を低減する方法の提案を目的とし、全6章から構成される。第1章では、本研究の背景、研究目的、構成を記している。第2章では、既存の繰返し制御系の設計法ならびに本研究で制御対象とした装置を説明している。第3章では、X-Yテーブルを対象とし、輪郭誤差の低減を目的とした繰返し学習制御系の設計法を提案している。学習の収束性について解析し、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、市販の3軸工作機械を対象とした繰返し学習制御系への拡張を行っている。さらに従来の方法と比較して輪郭誤差を精密に推定し、この低減に利用する方法を述べている。前章と同様に学習の収束性を解析し、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5章では、リニアモータを用いた工作機械を対象とし、繰返し学習制御系を設計している。市販の工作機械に実装するための制御対象の動特性同定法を示し、より精密な制御系設計を可能としている。前章までと同様にシミュレーションと実験により有効性を確認し、消費電力量の低減効果についても考察している。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

日本の工作機械技術は世界中で高く評価され、一層の性能向上が期待されている。工作物の加工形状に直接影響する輪郭誤差の低減を目的とした輪郭制御法の有効性が認識され、多くの研究が進められている。しかしながら、実装のためにフィードバック制御系の変更が必要なものがほとんどであり、運用中の工作機械に直接応用できるものは見当たらない。すでに多くの工作機械が世界中で稼働しているため、これらへの直接的な応用を可能にすることができれば、幅広い貢献が期待できる。また、工場で昼夜を問わず利用されるものであり、地球環境の点から消費電力量低減も課題とされている。本論文では、運用中の工作機械のNCプログラムを直接、繰返し学習的に修正し、輪郭制御性能を向上する手法を提案、その収束性を解析し、さらに輪郭誤差の推定法を提案している点で学術的な新規性を有する。提案法の有効性を実験により示しており、工学的にも評価できる。本論文の主要な成果は以下のようにまとめられる。1) 運用中の工作機械への輪郭制御法の実装を目的とした新たな繰返し学習制御系の設計法を提案し、この収束性を示した。複数の工作機械駆動系に提案法を応用し、繰返し学習制御を用いない場合に比較して、60%以上の最大輪郭誤差低減を実験により確認した。また、シミュレーション結果と比較し、理論との整合を確認した。2) 線形補間を用いた輪郭誤差の新たな推定法を提案した。さらに、この推定結果を用いて目標動作軌道を修正する際に、ベジエ曲線を導入することで、滑らかな加減速を実現した。従来の輪郭誤差推定に基づく繰返し学習制御系と比較して、20%以上の最大輪郭誤差低減を実験により確認した。3) 市販の工作機械に提案法を実装するための動特性同定法を提案した。これにより精密な制御系設計が可能となり、出荷時の制御系と比較して95%以上の最大輪郭誤差低減を実験において実現した。さらに、消費電力量についても10%以上の低減を確認し、理由を考察した。輪郭誤差低減を目的とした繰返し学習制御系設計法の提案と理論解析は学術的に独創性が高く、実験により有効性を示しており産業分野への寄与も大きい。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)