

平成 29年 2月 28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

飯田 明由



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	Bui Dinh Ba		学籍番号	第125112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	Nonlinear Friction Modeling and Adaptive Compensation for Precision Contouring Control of Industrial Machines (産業機械の高精度輪郭制御のための非線形摩擦のモデル化と適応補償)			
論文審査の期間	平成 29年 1月 19日 ~ 平成 29年 2月 27日			
公開審査会の日	平成29年 2月13日	最終試験の実施日	平成29年 2月13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	柳田 秀記			
委員	内山 直樹		佐野 滋則	
		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

本論文は、日本の主要産業分野の一つである産業機械の高精度制御系設計に関する研究をまとめたものであり、全5章から構成されている。第1章では、本研究の背景、関連研究、研究目的、本論文の概略、構成が記されている。第2章では、産業機械に多く利用される送り駆動系の動特性と制御性能に大きな影響を与える摩擦特性について説明している。既存の摩擦特性の数式モデル（摩擦モデル）と同定法について述べた後、高速動作域における非線形特性を考慮できない問題を指摘し、ガウス関数を利用して複数の非線形摩擦特性を統一的に表現するモデルを提案している。また、実験検証結果を通じて有効性を確認している。送り駆動系では一般に送りねじが利用されるが、送りねじの回転に伴う微小な偏心運動によって生じる摩擦力変動の存在を指摘した後、この現象を表現する摩擦モデルを提案し、実験的に有効性を示している。第3章では、基本的で応用範囲の広い直動送り駆動系と2軸テーブルを対象とし、第2章で提案した摩擦モデルを利用した制御系を設計している。2軸テーブルでは輪郭制御系に非線形摩擦補償を応用する手法を提案し、シミュレーションと実験により同補償の有効性を確認している。円軌道为目标とする動作のみならず、複数の目標軌道により有効性を検証している。第4章では、3次元的な運動を行なう送り駆動系の制御系を設計している。3次元的な輪郭誤差の計算法、送りねじの回転に伴う微小な偏心運動を考慮した摩擦特性の同定法、輪郭制御系の設計法について述べた後、実験結果を示し有効性を検証している。さらに変動する摩擦特性の適応的補償機構を有するロバスト制御系の設計法を示した後、安定性を解析し、有効性を実験検証した結果を説明している。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

日本の産業機械は性能や耐久性の点で高く評価され、世界中の工場で広く利用されている。開発途上国においても省力化のために産業機械の導入が進められており、高い技術力を有する日本の製品に対しては一層の高性能化が期待されている。本論文では、産業機械の飛躍的な運動精度向上を目的とし、制御性能に影響を与える摩擦特性の数式モデルと、同モデルを用いた制御系設計について提案を行なっている。同様の目的を有する研究は広く行なわれてきたが、申請者は実験的検討から非線形摩擦特性を統一的に表す新たなモデルを提案し、この摩擦モデルを利用した制御系設計法を示している点で高い新規性を有する。また、実験的に有効性を確認しており、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) 既存の摩擦モデルでは扱われていない複数の摩擦特性をガウス関数により統一的に扱う手法を提案し、これにより申請者の実験で確認された高速動作域での非線形摩擦特性を表現することが可能になった。また、送りねじの回転に伴う微小な偏心運動によって生じる摩擦力変動の存在を指摘し、この現象を表現する摩擦モデルを提案した。いずれのモデルについても有効性を実験的に確認している。(2) 基本的で応用範囲の広い直動送り駆動系と2軸テーブルを対象とし、前述の摩擦モデルを利用した制御系を提案している。さらに、シミュレーションと実験により、同モデルを用いた摩擦補償の制御性能への効果を確認している。(3) 3次元的な運動を行なう産業機械の輪郭制御系に提案の摩擦モデルを応用する方法を示している。さらに、変動する摩擦特性の適応的補償機構を有するロバスト制御系の設計法を示すとともに、安定性を解析し、飛躍的な制御性能向上を実験的に確認している。いずれも学術的に独創性が高く、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)