

氏名 豊澤 雪雄

## 主論文審査の要旨

工作機械にはその用途から多くの種類があり、大きく汎用機と専用機に分類される。このうち、専用機は加工の対象を特定の加工物に限定し、加工方法を加工に合わせて最適になるよう設計した機械であり、その NC 化を促進するためには、高いサーボ性能が要求される。このサーボ系の構成要素である帯域制限フィルタや動特性補償要素の設計のためには、まえもって制御対象のイナーシャや摩擦を同定しなければならない。また、サーボ系の設計に際しては、不規則な外乱要因となるバックラッシュや非線形摩擦などの非線形要素のパラメータを同定することは重要となる。本研究の目的は、このような従来サーボ系のハイゲイン化のために必要な機械側のパラメータを短時間で同定することである。その結果、現場の技術者が制御手法を適用する前に行わなければならないサーボ調整を極めて簡単にすることが可能となる。

本論文は全 5 章から構成されている。第 1 章では、本研究の背景である非線形要素を含む工作機械用サーボ系のパラメータ推定に関する必要性について述べ、研究の目的を明確にし、パラメータ推定に関して提案された手法についてまとめている。

第 2 章では、非線形系のパラメータを推定する手法として、幅広い非線形系の表現が可能なボルテラ核とハーモニックプロービング法を用いるパラメータ推定法を提案し、数値シミュレーションおよび実験によりその有効性を確認している。

第 3 章では、専用機における最近の傾向である減速機を用いないダイレクトドライブ機構において、イナーシャと非線形摩擦をオンラインで同定する方法を新たに提案している。ここでは、クーロン摩擦に代表される非線形摩擦とイナーシャを制御対象の入出力関係を逆にした逆モデルとして制御ソフト中に組み込み、サーボモータへの電流指令と速度フィードバックから、オンラインでモデルの係数を同定する。同定に用いる入力信号として、ローパスフィルタを通した M 系列信号を使用し、同定アルゴリズムに不感帯を導入することにより、提案した方法により機械システムのパラメータを同定することが可能であることを数値シミュレーションおよび実験により示した。

第 4 章では、高速でかつ高精度が要求される専用機において、まだ依然として主流であるボールねじ直結でモータと機械が結合された機構のパラメータ推定方法として、第 3 章で提案した同定方法を 2 慣性系に拡張した方法の検討を行っている。特に、同定アルゴリズムの中で、テーブル側の速度を検出できないという制約を課した上で、正しくテーブル側の非線形摩擦と等価イナーシャを得ることができることをシミュレーションと実験で確認している。

第 5 章では、以上の各章で得られた主要な結論を要約し、総括している。

以上の結果より、本論文の内容は工作機械の制御において重要な役割を示す非線形要素を含む工作機械用サーボ系のパラメータ推定に関して、応用性の高い新規技術を含んでおり、工学的に価値のあるものである。

#### 試験の結果の要旨

学位論文提出者は企業研究者として30年以上にわたり工作機械サーボ系の研究に携わっており、当該分野及び関連分野に対して十分な知識と理解度を示しており、博士後期課程の学生と同等な研究遂行能力を有している。また、国際会議プロシーディングスに10編の論文として公表しており、英語に関しても十分な能力を有していると審査委員会は判断した。さらに、当該論文の内容を中心に試験を行った結果、審査委員会は学位論文提出者が当該分野及び関連分野に対して十分な知識と理解度を示しているという結果が得られた。

#### 試問の結果の要旨

審査委員会は、学位論文提出者に対し、当該論文の内容を中心に試問を行った。いずれの試問に対しても的確な回答が得られたため、審査委員会は学位論文提出者が当該分野及び関連分野に対して十分な知識と理解度を示し、研究遂行能力を有していると認め、審査委員会は試問を合格と判定した。提出された論文の内容は査読付き国内学術誌に5編（さらに、1編を投稿中）および国際会議プロシーディングスに10編の論文として公表している。さらに、学位申請者は、企業における研究成果として、40件以上の特許を所得している。このような業績および草稿論文の内容と公聴会における質疑応答から、当該分野や周辺分野に関する知識や総合的な理解力を有していると判定した。以上の理由により、論文審査委員会は本論文が論文博士の論文として十分価値があると判断した。結論として、本論文は博士（工学）の学位授与に値すると判断した。

審査委員	産業創造工学専攻機械知能システム講座担当教授	原田 博之
審査委員	名誉教授	柏木 潤
審査委員	産業創造工学専攻先端機械システム講座担当教授	中西 義孝
審査委員	産業創造工学専攻機械知能システム講座担当准教授	水本 郁朗
審査委員	情報電気電子工学専攻人間環境情報講座担当教授	松永 信智