

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 14029 号
------	---------------

氏 名 石崎 浩資

### 論文題目

数値制御工作機械の高速・高精度化に関する研究  
(Study on speed and accuracy improvement of numerically  
controlled machine tools)

### 論文審査担当者

主査	名古屋大学	工学研究科	教授	社本 英二
委員	名古屋大学	工学研究科	寄附講座教員	中村 隆
委員	名古屋大学	工学研究科	教授	山田 陽滋
委員	名古屋大学	情報学研究科	教授	大岡 昌博

## 論文審査の結果の要旨

石崎浩資君提出の論文「数値制御工作機械の高速・高精度化に関する研究」は、数値制御工作機械の高速、高精度化に寄与する新たな同期制御技術、軌跡生成手法を提案している。同期制御技術の研究では、提案する同期制御手法の性能を解析的に明らかにし、実験、シミュレーションにより、提案手法が従来手法と比較し優れた制御性能を有し、高速・高精度な運動を実現できることを証明している。また、軌跡生成手法の研究では、機械の構造振動と軌跡誤差の抑制を両立する手法を示している。実験、シミュレーションにより、提案手法の実現性を明らかにし、従来手法と比較し、提案手法が高速・高精度な運動を実現する指令を生成可能なことを証明している。

第1章では、本論文の「緒論」として、研究の対象である数値制御工作機械について、その主な機能である軌跡生成機能、サーボ制御機能の持つ問題、課題について述べている。

第2章では、提案する「2台のモータの同期性能を向上させる制御手法とその制御パラメータの簡便な調整手法」について述べている。提案する制御手法の構成を示し、モータの数式モデルを用いた解析により、従来手法よりも優れた制御性能を持つことを示している。また、一般的な制御系の性能やモータの特性を仮定し、提案手法の制御系のパラメータの簡便な調整手法を示している。

第3章では、第2章で提案した手法のシミュレーション、実験による評価について述べている。まず、シミュレーションにより、制御系のパラメータの調整方法の有効性を示している。つぎに、提案手法の安定性を評価し、従来手法と同程度の安定性を持ち得ることを示している。最後に、実験により、提案手法と従来手法を比較し、提案手法が追従性能を低下させず、同期性能を向上させ得ることを示している。

第4章では、提案する「低剛性ベースのねじり振動の影響を抑制する同期制御手法」について述べている。ベースのねじり振動を考慮したガントリーテーブルのモデル化を行い、そのモデルを用いて提案する制御手法の特性を明らかにしている。さらに、モデルを用いた解析をもとに、提案手法のパラメータを調整する方法について示している。

第5章では、第4章で提案した手法について、ガントリーテーブルを用いた実験による評価について述べている。まず、制御パラメータを変化させたときの振動の測定結果から、パラメータの調整方法の有効性を示している。つぎに、従来手法と比較し、提案手法がねじり振動を抑制し安定した運動を実現し得ることを示している。

第6章では、提案する「加減速フィルタの最適化と指令速度の最適化による、機械の構造振動の抑制と軌跡誤差の制御を両立可能な軌跡生成手法」について述べている。まず、加減速処理に用いるフィルタの周波数特性を示し、フィルタパラメータの調整により振動抑制を行う方法を示している。さらに、軌跡誤差と、加減速処理に用いるフィルタ、運動する軌跡形状や送り速度との関係を定式化している。それらの結果を基に、加減速フィルタの最適化と指令速度の最適化による、機械の構造振動の抑制と軌跡誤差の制御を両立可能な軌跡生成アルゴリズムについて述べている。

第7章では、第6章で提案した手法を、シミュレーション、実験により評価を行った結果について述べている。シミュレーション、実験により、機械の振動抑制と軌跡誤差の制御を同時に実現できることを示しており、従来手法と比較し高速な運動を実現できることを示している。

第8章では、提案する「加減速フィルタの最適化と指令軌跡形状の補正を行い、機械の構造振動の抑制と軌跡誤差の抑制を両立する軌跡生成手法」について述べている。まず、軌跡誤差と軌跡形状の関係を定式化および数値計算により示している。その結果から、従来手法が解決できていなかった問題を明らかにし、問題を解決する指令軌跡形状の修正方法を示している。

第9章では、第8章で提案した手法の実験による評価について述べている。提案手法が実験を行ったすべての軌跡に対して、サイクルタイムの増加なしに、機械の振動抑制と軌跡誤差の抑制を実現できていることを示している。提案手法が任意の軌跡に対して適用可能であり、機械の振動抑制と軌跡誤差の抑制可能な軌跡生成手法であることを示している。

第10章では「結論」として、本研究により得られた成果をまとめている。

以上のように本論文は、数値制御工作機械の高性能化に寄与する同期制御技術、軌跡生成技術を提案し、それらが従来手法と比較して数値制御工作機械の高速・高精度化に寄与し得ることを解析的および実験的に確認している。これらの成果は、学術上、工業上、寄与するところが大きく、本論文提出者 石崎浩資君は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があるものと判定した。