

氏 名	井 原 之 敏
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 2612 号
学位授与の日付	平 成 4 年 7 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	DBB 法を用いた NC 工作機械の運動精度の測定と改善に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教授 垣野義昭 教授 岩井壯介 教授 矢部 寛

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、NC 工作機械の送り運動精度を、高精度・高能率に測定する DBB (Double Ball Bar) 法について研究し、得られた成果を用いて NC 工作機械の運動精度の向上を図ったもので、緒論、結論を含めて、8 章からなっている。

第 1 章は緒論であり、これまでの工作機械の精度測定法について概説し、研究を開始するに至った背景に触れるとともに本論文の目的と各章の概要を述べている。

第 2 章では、NC 工作機械の運動精度を検査する方法として新しく DBB 測定法を提唱している。DBB 法とは、スケールを内蔵したバーの両端に高精度な球を取り付け、それらを磁力によって保持する球面座で支持し、円弧補間運動させた場合の 2 球間の距離の変化を検出することにより 3 次元的な運動精度を測定する方法であり、これによって NC 駆動で円弧補間運動が行える 3 次元座標測定機、工作機械、産業用ロボットなどの運動精度の測定ができる。DBB 測定装置を試作し、これを用いた精度測定と評価の方法を考案するとともに、その測定精度は現用の NC 工作機械の送り運動精度を測定するのに十分であり、かつ他の方法と比べて非常に高能率であることを確かめている。

第 3 章では、工作機械の送り運動誤差や 3 次元座標測定機の測定誤差を表現する方法として、誤差ベクトル法を提唱し、それと DBB 測定により得られた結果を結びつけ、DBB 測定結果から誤差原因を診断する方法の基礎としている。さらに誤差ベクトル法の理論の妥当性を確認するため、これを用いて 3 次元座標測定機の測定誤差の補正を行い、測定精度が向上することを確かめている。

第 4 章では、NC 工作機械の運動誤差のうち、機械構造部の不良に起因する誤差についての解析と検証を行っている。これらの誤差を、案内面の直角度、真直度、基礎の据え付け不良、重量の移動、接触剛性不足と隙間による誤差などの案内系に起因する誤差と、スケールの誤差、周期的誤差、ロストモーションなどのボールねじ送り駆動系に起因する誤差に分け、単一の誤差が存在するときの DBB 測定結果としての軌跡パターンを解析的に求めている。

第 5 章では、NC 工作機械の運動誤差のうち、サーボ系に起因する誤差についての解析と検証を行って

いる。これらの誤差には検出器のノイズ、スティックモーション、位置ループゲインの不一致、サーボの応答遅れがあり、それぞれについて単独に存在した場合の軌跡パターンを解析的に求めている。さらにいままでよく検討されていなかったロストモーションとスティックモーションの生成機構を解明している。

第6章では、第4章と第5章で得られた結果に基づいて、DBB法を用いてNC工作機械の運動誤差の原因を具体的に診断する手順について研究している。すなわち軌跡パターンを利用して誤差原因の分類を行って、診断するアルゴリズムを構築している。さらに検証実験として行われた、約100台の工作機械についての測定結果の中から典型的なものとして11台の機械の測定と診断の結果を示している。

第7章では、第5章で解析した結果に基づいて、新たに工夫したアルゴリズムを用いた補正法によって、NC工作機械の運動精度を向上させる方法について研究を行っている。すなわち、半径減少補正、スティックモーション補正、ロストモーション補正、直角度・真直度誤差の補正法を提唱している。これらはDBB測定により誤差の生成機構が明らかになったため正確な補正が行えるようになったものである。

第8章は以上を要約した本論文の結論である。

論文審査の結果の要旨

本論文は、NC工作機械の運動精度をDBBによって測定し、運動誤差の原因を診断する方法を開発し、それらの結果に基づいて運動精度を改善させる方法について研究したもので、得られた主な成果は以下の通りである。

- 1) DBB法によって測定したNC工作機械の運動誤差軌跡より、運動誤差の評価が迅速かつ正確に行えることが分かった。またNC工作機械の機械構造部が原因となる誤差について、いままで測定できなかった運動誤差をも、容易に測定できることが分かった。
- 2) DBB法によって測定した運動誤差軌跡から軌跡パターンを抽出することによって、運動誤差の原因を診断する方法を開発し、この方法を現用されている多数のNC工作機械に適用したところ、ほぼ妥当な診断結果が得られ、本方法が有効であることが分かった。
- 3) 高速・高精度加工で特に問題となる運動誤差についてNC補正によって精度を向上させるアルゴリズムを開発し、その有効性の確認実験を行った。その結果、NC補正を用いることにより高速送りの下でも、運動精度をかなり向上させることができた。

以上要するに、本論文はNC工作機械の送り運動精度の測定法について研究するだけでなく、現用の機械の運動精度の解析を行うとともに具体的な改善法を提案しており、応用のみならず基礎の面からも多くの知見を提供しており、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって本論文は京都大学博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成4年5月21日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。