

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	6軸直動型パラレルテーブルの誤差補正と制御精度の向上に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	張遠瑞
Author(English)	yuanrui zhang
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9768号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:齋藤 義夫,笹島 和幸,武田 行生,平田 敦,吉岡 勇人
Citation(English)	Degree:, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9768号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： 機械制御システム 専攻
Department of
学生氏名： 張 遠瑞
Student's Name

申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学)
Academic Degree Requested Doctor of
指導教員 (主)： 齋藤 義夫
Academic Advisor(main)
指導教員 (副)： 吉岡 勇人
Academic Advisor(sub)

要旨 (和文 2000 字程度)
Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は「6 軸直動型パラレルテーブルの誤差補正と制御精度の向上に関する研究」と題し、同時多軸制御されたパラレルメカニズムを加工用テーブルとして実際の加工に適応することを目標に、組立て誤差などの誤差要因を補正する方法およびその補正精度の向上について実用化の観点から論じたもので、全部で 6 章より構成されている。

第 1 章「緒論」では、パラレルメカニズムの特徴、工業分野における応用例について紹介するとともに、構造構成要素が多く、三次元空間での位置・姿勢を精度よく測定することが難しく、制御の正確性が確認しにくいパラレルメカニズムにおいては、機構パラメータの設定とその同定が実用化における課題であることを指摘し、これに関連したこれまでの研究と比較している。さらに、本研究で対象としている加工用テーブルにおいて、組立精度の測定方法、測定データを用いた機構パラメータの同定方法、運動学を用いたキャリブレーション結果の検証方法、などの確立が重要であることを述べ、本論文の目的および論文構成について説明している。

第 2 章「6 軸直動型パラレルテーブル」では、本研究で試作し、実験に用いた 6 軸直動型パラレルテーブルの設計指針と構造の特徴について説明し、6 個のアクチュエータと直動案内面を有する構造をモデル化し、その機構パラメータが可動領域に及ぼす影響を考慮して、コンパクトな形態のパラレルテーブルの設計仕様の決定方法を提案している。6 軸同時制御の制御性と実用性の評価方法とも関連して、多数の機構パラメータを同時に同定するためのシミュレーション方法の確立が 6 軸直動型パラレルテーブルを活用する上で重要な課題であることを述べている。

第 3 章「パラレルテーブルの位置決め精度評価方法」では、パラレルテーブルに求められる高い位置決め精度、繰返し精度は、各機構パラメータが相互に干渉するため、これらを分離して位置決め精度に及ぼす影響を三次元空間で把握することは困難であることから、構成部品の製作誤差、組立誤差、運動学のモデル化誤差、原点リミットセンサの取り付け誤差など、種々の誤差を正確に測定する必要性を示唆している。そこで、これらの誤差要因を高精度に測定することを目的に、三次元座標測定機 (CMM) を利用し、CMM 上でパラレルテーブルの位置・姿勢を高精度に測定するシステムを構成し、各構成部品の製作誤差に起因する幾何学誤差の測定、それらの組立時の誤差の測定などを可能としている。さらに、CMM で直接的に構造全体の測定ができるように 6 軸パラレルテーブルを設計し製作していることから、幾何学誤差や組立誤差に加えて、運動誤差の測定も同じオーダの精度で測定することができることを利用して、機構パラメータの誤差補正方法を新たに提案している。具体的には、6 軸直動型パラレルテーブルのモデル化において、各軸を 11 個の変数で表し、合計 66 個の多項式で近似することにより、非線形最小二乗問題に置き換えて誤差補正量を簡便に求める方法で、6 軸直動型ワークテーブルの位置決め精度向上に結び付くことを実証している。

第4章「運動学によるパラレルテーブルのキャリブレーション」では、パラレルテーブルのように複雑で多くの機構パラメータを有し、多軸の制御パラメータを同時に設定する必要がある場合、位置決め精度、運動精度を確認することが困難であることから、CMMを用いてテーブルの位置決め精度測定方法を用いて、テーブルの位置と姿勢の計測データから機構パラメータ誤差を計算により求め、制御プログラムの補正を行う方法を提案し、6軸直動型パラレルテーブルの制御に適用している。この機構パラメータの誤差補正方法は有効であり、繰り返して適用することにより、位置決め精度の向上が望めることを明らかにしている。また、本手法においては、測定位置及び測定姿勢が可動範囲に限定されること、種々の誤差要因の影響を分離できないことなどの課題があり、機構パラメータの同定においては適切な測定データの取得が重要であることを示唆している。

第5章「キャリブレーションに考慮される機構パラメータ誤差と位置決め精度の関係」では、第4章で示唆した適正な測定データについて検討を加えている。機構パラメータの誤差を計算する際に使用する測定データ量あるいは測定位置の違いにより、誤差の計算結果に影響することを実験的に明らかにし、誤差補正の過程において、測定データ量や繰り返し数を単に増加しても、CMMの測定誤差や制御量のばらつきなどが含まれることから、位置決め精度の向上に寄与しないことを指摘している。機構パラメータの誤差計算をするために用いた位置・姿勢の測定データの組み合わせが誤差同定結果に密接に関係していることを確認し、適切な特徴を持つ位置・視しての測定データを用いることで、少数の測定データでも効率的な精度の向上ができるとしている。これらの結果を総合して、CMM上で各種の誤差を測定し、位置決め運動時の精度を同時に測定することで、多数の機構パラメータを有するパラレルメカニズムの実用的な誤差補正方法の有効性と制御精度の向上の可能性を示している。

第6章「結論」では、本研究で得られた結論をまとめるとともに、今後の展望について述べている。

備考：論文要旨は、和文2000字と英文300語を1部ずつ提出するか、もしくは英文800語を1部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： 機械制御システム 専攻
Department of
学生氏名： 張 遠瑞
Student's Name

申請学位(専攻分野)： 博士 (工学)
Academic Degree Requested Doctor of
指導教員(主)： 齋藤 義夫
Academic Advisor(main)
指導教員(副)： 吉岡 勇人
Academic Advisor(sub)

要旨(英文 300 語程度)
Thesis Summary (approx. 300 English Words)

In this study, a small 6-axis parallel mechanism table for machine tool was developed. It is difficult to measure the error and complex kinematic parameters of 6-axis linear type parallel table, effective calibration method is necessary for the practical use.

The accuracy of the parallel table is not only dependent upon an accurate control of its actuators but also upon a good knowledge of its geometrical characteristics. One way to enhance platform accuracy is by kinematic calibration, a process by which the actual kinematic parameters are identified and then implemented to modify the kinematic model used by the controller.

It is very difficult to estimate the assembly errors and the link parameter of each part. Moreover, it is necessary to make clear the relation of cross talk between each axis for parallel mechanism. In this research, a method to compensate the movement error of parallel table based on the measurement result was considered and discussed. First, in order to measure the positioning accuracy of the worktable a measuring method by using 3-dimensional coordinate measuring machine (CMM) was carried out. After the evaluation, the positioning accuracy of the parallel mechanism table, the error of each configuration parameter can be obtained. By the correction of the kinematic program, the improvement of the positioning accuracy of the table was confirmed. After calibrating several times, the positioning error became stable within a constant range. It is confirmed that this method to obtain the parameter error is effective, and it is possible to improve the positioning accuracy.

The position accuracy of parallel kinematic machines depends on how accurate the controller model describes the real kinematic behavior of the machine. Experimental investigation performed in order to know how accurately Controller model reflects the actual motion operation of the mechanism. Effective method to improve the control accuracy can be obtained based on a small number of measuring data by CMM based on the survey results.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).