

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)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	張 遠瑞		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	齋藤 義夫	教授	審査員	吉岡 勇人	准教授
	審査員	笹島 和幸	教授			
		武田 行生	教授			
平田 敦		准教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

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用することを目標に、組立誤差などの誤差要因を補正する方法およびその制御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を比較している。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は、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 軸直動型パラレルメカニズムテーブル」では、本研究で試作し、実験に用いた 6 軸直動型パラレルメカニズム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メカニズム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、繰り返し精度は、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、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、それらの組立て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 軸パラレルメカニズム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、位置決め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 軸直動型平行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「運動学によるテーブルのキャリブレーション」では、平行メカニズム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を用いたワーク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 軸直動型平行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、測定位置およ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 の測定におけるばらつき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・姿勢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平行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。

以上を要するに、本論文は多自由度の 6 軸直動型平行テーブルを対象に、新しい誤差補正方法を提案し、簡便な手法で実用上十分な精度で誤差補正が可能であることを実証し、テーブルの運動制御の向上とその実用化について指針を与えるものであり、工学的・工業的に価値のある知見を得ている。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値を有するものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(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。