

## 学位論文の要旨

氏名

裴占武

学位論文題目

Study on Kinematics and Movement Accuracy Improvement of Parallel Mechanisms

(パラレル機構の運動学と運動精度向上に関する研究)

本論文は、主にパラレル機構の順運動学とパラレル機構運動精度の向上法について論じる。

第1章は、

本研究の背景、必要性及び研究の目的について検討する。

パラレル機構は高精度、高剛性、高負荷、高速度の優れる特徴を持っているが、狭い運動空間、複雑な順運動学など機構自身の不足により、この機構の更なる応用と発展を妨げている。冗長性によって、運動空間を広めるという考えが見られたが、一般的なパラレル機構に特に冗長性を持つパラレル機構に適用できる運動学関係式がまだないので一般的な冗長性を持つパラレル機構に対してこの考えを確立しにくい。さらに、多関節機構の固有の特徴により、運動空間内の運動精度不均一性がパラレル機構の利用可能な運動空間を更に狭く劣化することもある。

この三つのパラレル機構の不足により、本研究の目的は以下のようにする。

1、パラレル機構の順運動学を解析し、一般的なパラレル機構に特に運動冗長性をもつパラレル機構に適用できる順ヤコビアン（運動関係式）を提案し確立する。この運動冗長性をもつ機構に適用できるヤコビアンに基づいて、冗長性を利用してパラレル機構の運動空間を広めることを検討できる。

2、パラレル機構の運動精度の向上するために、受動関節の運動情報を利用する高精度的機構運動の実現方法を提案する。この向上法を利用して機構の運動精度改善に伴い、運動空間に運動精度劣化のための使用できず区域を利用する可能にする。

第2章は、

パラレル機構の運動学について議論する。特に冗長性を持つパラレル機構に適用できる一般的な運動学関係式の解析を行う。

この章では、パラレル機構の全ての運動決定できる能動関節を厳密に定義し、パラレル機構の機構自由度及び手先自由度の定義と判明方法を与え、そして機構の冗長性を議論する。

さらに選択行列を利用して、機構の関節を能動関節と受動関節に分け、能動関節と受動関節の運動関係を誘導して最後に手先と能動関節の運動関係式を確立する。

本章の最後に、次の章の理論準備のために上述の結果を利用して、平行機構の可操作性を議論する。

第3章は、

平行機構の運動精度の向上するために、機構の多関節の構造の特徴により、運動覚センサを駆動関節だけではなく、多数の受動関節に配置し、受動関節の運動情報も利用する高精度的機構運動の実現方法を提案する

この方法は平行機構の運動精度の改善と精度の劣化区域の利用を可能になるために、機構の受動関節にもセンサを付け、関節の運動情報を取って、評価方法で利用性を判断し、手先の運動精度良い一部の受動関節をセンシング関節にして、駆動関節の運動を制御し、機構の高精度運動を実現させる。

本章では、まず関節の誤差が手先のパフォーマンスについて議論し、さらにセンシング関節の確定及び使用方法などを検討する。

第4章は、

二次元平面運動と三次元空間運動の数値例で第二章の平行機構の運動学の誘導結果を検証し、第三章の平行機構運動精度向上法で平行機構の高精度運動をシミュレーションする。センシング関節の決定および使用方法にも具体的に解説する。シミュレーションの結果により、この向上法は機構の運動精度を改善することを実証しました。

第5章は、

本研究について、現実の意義、理論上の貢献及び内容などを総括する。

本論文では、平行機構の順運動学解析と高精度運動の実現を目指し、平行機構の運動学を解析した、その結果を利用して、さらに平行機構の運動精度向上法を提案した、この向上法により、平行機構の運動精度の改善でき、精度の劣化のため使用できず区域を利用可能に転換して、平行機構の作業空間を広めることが実現できた。

# Summary of Doctoral Dissertation

Title of Doctoral Dissertation:

## Study on Kinematics and Movement Accuracy Improvement of Parallel Mechanisms

Name: Zhanwu Pei

This thesis mainly comprises of two parts, direct-kinematics of parallel mechanisms and movement accuracy improvement of parallel mechanisms, which have published in two papers.

### **Chapter 1.**

The background, necessity and purpose of this study will be introduced.

Parallel mechanisms have many outstanding advantages such as high payload ability, high accuracy, high structural rigidity and high movement speed, however some drawbacks, small movement space and complicated kinematics etc., also limits its further applications and developments. Though the idea to enlarge movement space by adding redundant has been seen, a set of universal direct kinematics, especially able to be used to parallel mechanisms with redundancy, have not been seen. Then again, due to the inherent defect of multi-joint mechanisms, the heterogeneity of movement accuracy in their movement space, accuracy deterioration caused some areas of movement space not to be able to be used and made the narrow more narrow. Obviously if movement accuracy in these areas can be improved, the workspace of parallel mechanisms will be expanded.

Based on the above, the purpose of this study will be set as follows,

- I. To give a set of universal method to establish direct kinematic relations of Parallel mechanisms. Especially they will be demanded to apply to parallel mechanisms with redundant joints.
- II. To provide a set of approaches to improve movement accuracies of parallel mechanisms by using movement information of passive joints, thereby the workspaces of parallel mechanism will be expanded in some areas of accuracy deterioration.

### **Chapter 2.**

Kinematics of parallel mechanism will be discussed in the chapter. A set of universal kinematic relations applicable to parallel mechanisms with redundant joints will be derived.

In this chapter, active joints that can determine all movements of parallel mechanisms will be strictly defined. Mechanism DOF and End-effector DOF will be distinguished. The definition of Mechanism Redundancy will be given. Then joints of parallel mechanisms will be divided into two parts, active joints and passive joints, the movement relation of them will be derived. Finally the movement relation between active joints and end-effector will be presented.

In the end of this chapter, manipulability of parallel mechanisms will be discussed, its result will be used in the next chapter as a base of discussions.

### **Chapter 3.**

A set of approaches to improve movement accuracy of parallel mechanisms will be presented by using

movement information of passive joints.

This set of approaches will use passive joints of parallel mechanisms and kinematic sensors will be amounted to these joints. Some of passive joints will be picked out as sensing joints by evaluation measures, their accuracy movement information will be converted and delivered to driving joints to improve movement accuracy of parallel mechanisms.

The chapter will firstly discuss the performance of different active joints on the end-effector, then selection and usage of sensing joints will be discussed.

#### **Chapter 4.**

A 2-DOF planar PM and 3-DOF spatial PM, as numerical examples will be presented to demonstrate and verify some results in chapter 2. And high accuracy movement of parallel mechanisms will be simulated by using methods in chapter 3 and selections and usage of sensing joints will be concretely introduced. Some outstanding improvement in some areas of accuracy deterioration will also be seen.

#### **Chapter 5.**

A summary about the work in the thesis is that the direct kinematics analysis and movement accuracy improvement have been done, kinematic relations can be applied to parallel mechanisms with redundancy, and the validity of methods to improve movement accuracy was verified by calculating and simulating movements on two parallel mechanisms. The accuracy improvement of parallel mechanisms also made it possible to enlarge the movement space applicable.