

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	力入力型手術ロボット用マスタマニピュレータに関する研究
Title(English)	
著者(和文)	キムイン
Author(English)	In Kim
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9861号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:川嶋 健嗣,香川 利春,小俣 透,高山 俊男,只野 耕太郎
Citation(English)	Degree:, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9861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： メカノマイクロ工学 専攻
Department of
学生氏名： 金 寅
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)： 川嶋 健嗣 教授
Academic Advisor(main)
指導教員 (副)： 只野 耕太郎 准教授
Academic Advisor(sub)

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は、「力入力型手術ロボット用マスタマニピュレータに関する研究」と題し、全 6 章から構成される。第 1 章「序論」では、近年研究開発が進んでいるマスタスレーブ型手術支援ロボットシステムにおいて、マスタマニピュレータに注目し、現状において用いられている位置入力型操作インタフェースの問題点を述べた。特に、スレーブ側でより精密な作業を実現するためマスタに対してスレーブの移動量を縮小する際に、マスタマニピュレータの可動範囲が不足し、頻繁なクラッチ操作が必要であることを明らかにした。そこで本研究では、この課題の解決を目指して、並進方向に力入力型操作インタフェース、回転方向に位置入力型操作インタフェースを用いたマスタマニピュレータを提案・試作し、その有効性を評価することを目的とした。

第 2 章「力入力型マニピュレータの構築」では、まず力入力型操作インタフェースについて説明し、操作範囲の制限がないことを示した。次に、並進方向に力入力型、回転方向に位置入力型の操作インタフェースを用いるマスタマニピュレータを提案・試作した。回転方向の 3 自由度は各軸に角度センサを配置したジンバル機構で実現し、その回転中心に力センサを設置することで並進方向の 3 自由度の力入力を検出するようにした。力センサの先にグリップ部が搭載され、操作者は親指、人差し指、中指の 3 本でグリップ部を把持操作する構成にした。回転方向にはロール±180 度、ピッチ 180 度、ヨー150 度の可動範囲を確保し、その寸法は 170mm 立方とコンパクト化を実現した。回転方向は角度センサで検出した値をスレーブ側に目標角度として与え、並進方向は力センサで検出した値に閾値フィルタおよびローパスフィルタをかけ、さらにスケール比を調整する比例ゲインを乗じた値をスレーブ側に目標速度として与える制御系を構築した。比例ゲインが小さいほど操作者に重い操作感を提示できることを示した。

第 3 章「マスタスレーブシステムの構築および操作性評価」では、第 2 章で試作した操作インタフェースをマスタとし、外力推定機能を有する空気圧駆動の鉗子マニピュレータをスレーブとした、マスタスレーブ型手術支援ロボットシステムを構築した。評価実験として、はじめにブロックを把持・搬送する実験を 7 名の被験者に対して実施し、制限時間内に搬送したブロック数を測定した。次に、位置決め実験を 5 名の被験者に対して実施し、並進 1 軸方向の位置決め誤差を測定した。いずれの実験においても、試作したマスタマニピュレータでは並進方向に対し 4 種類のスケール比を設定し比較を行った。その結果、重い操作感においてブロック搬送数が増え、位置決め精度が向上することを確認した。さらに、従来の位置入力型操作インタフェースとほぼ同等の操作性が得られることを明らかにした。

第 4 章「疑似力覚による力の提示」では、提案試作したマスタマニピュレータが並進駆動のアクチュエータを有しないことから、位置入力型操作インタフェースで可能な反力の提示ができない問題点を指摘した。この解決のために疑似力覚を用いる方法を提案した。閾値フィルタを通過した入力力からスレーブ側で検出した反力を引いた値を新たな目標力とし、スレーブ側で接触がある場合には、より大きな操作入力が必要とすることで、疑似的に力覚を提示するものである。縫合糸の引っ張り実験を実施し、従来の位置入力型操作インタフェースで反力を提示した場合とほぼ同等の性能が得られることを確認した。

第 5 章「空気流れを用いた力の方向提示」では、第 4 章で提案した力の提示だけでなく、力の方向を提示するために、操作者の人差し指に空気噴流で刺激を与えるデバイスを提案試作した。4 つの吹き出し孔から空気噴流を与えるデバイスを試作し、先端のグリップ部に搭載した。吹き出し孔から正圧を発生させるだけでなく、吹き出し孔内で旋回流を発生させ負圧を形成する方法を提案した。これによって押し付け力だけでなく、引っ張り力の提示も可能とした。スレーブ側鉗子を模擬臓器に刺入する実験を実施し、針の位置決め精度の向上を確認した。

第 6 章「結論」では、本研究で得られた成果を総括し、今後の課題について述べた。

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 1copy 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).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻：	メカノマイクロ工学	専攻
Department of		
学生氏名：	金 寅	
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)：	川嶋 健嗣	教授
Academic Advisor(main)		
指導教員 (副)：	只野 耕太郎	准教授
Academic Advisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

A master manipulator, in surgery with a master-slave type surgical robot, often uses an anisometric interface for motion control. In order to operate precisely on the slave side, the translational motion of the master side must be scaled down. Therefore, repositioning is required because of the limited working range of the master manipulator and disturbs robot operation.

In this study, a master manipulator using an isometric interface to control the translational motion is proposed. Isometric interface uses an operator's force as the control input. The outputs, target velocity and position calculated are in proportion to the input. A force sensor mounted on the manipulator is used to measure the operator's force. Therefore, the manipulator allows the operator to concentrate the manipulation without repositioning. A master-slave type surgical robot consists of the proposed master manipulator and a pneumatically-driven slave manipulator that can estimate an external force. Controllability of the robotic system is evaluated.

Block transfer experiments confirm that the proposed master manipulator has a positioning performance comparable to that of a conventional master manipulator. Moreover, positioning experiments prove that the precision of the proposed manipulator was controllable by adjusting its control gain as the conventional master manipulator.

The proposed master manipulator, on the other hand, cannot display an external force to the operator directly because of the lack of actuators to generate force. Thus, pseudo-haptic display method is proposed to present the force. A value subtracted from the input force to the external force is used to new control input. The pulling suture experiments show that the proposed method is available to pull the suture with the appropriate tension.

In addition to the pseudo haptic display, a force direction display device is mounted on the proposed master manipulator as a grip part. In order to display the direction of force, a fingertip stimulation is used. The stimulation is realized by using air jet flow and swirling flow. The needle insertion experiments prove that the device assist the operator to manipulate the needle accurately.

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 1copy 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).