

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)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

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	金 寅	
		氏 名	職 名		
論文審査 審査員	主査	川嶋 健嗣	教授	審査員	只野 耕太郎
	審査員	香川 利春	教授		
		小俣 透	教授		
		高山 俊男	准教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

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章から構成されている。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ている。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となることを指摘している。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ている。

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ている。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たマスタマニピュレータを提案・試作している。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している。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となっている。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ている。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ている。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ている。

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ている。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ている。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ている。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している。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ている。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ている。

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ている。この解決のために疑似力覚を用いる方法を提案している。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。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ている。

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ている。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ている。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ている。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ている。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ている。

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ている。

以上要するに本論文は、マスタスレーブ型手術支援ロボットシステムのマスタマニピュレータとして、並進方向に力入力を採用した新たな操作インタフェースを提案・試作している。さらに、力提示ができない課題を解決するために、疑似力覚を用いる方法と先端に空気噴流を用いて力の方向を提示するデバイスを提案し、上記の有効性を実験によって明らかにしたものであり、工学上ならびに工業上寄与するところが大きい。よって、我々は、本論文を博士(工学)の学位論文として十分価値があるものと認める。