

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	高いユーザビリティと携帯性を実現するロボット遠隔操縦桿の研究
Title(English)	Study of the robot remote controller with high usability and portability
著者(和文)	石田悠朗
Author(English)	Hiroaki Ishida
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10142号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:遠藤 玄,鈴森 康一,小田 光茂,葭田 貴子,菅原 雄介,福島 E 文彦
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10142号, Conferred date:2016/3/26, 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	石田 悠朗	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	遠藤 玄	准教授	葭田 貴子	准教授
	審査員	福島 E. 文彦	連携教授	菅原 雄介	准教授
		鈴森 康一	教授		
	小田 光茂	教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「高いユーザビリティと携帯性を実現するロボット遠隔操縦桿の研究」と題し、以下の5章よりなる。第1章「緒論」では、近年開発されている災害対策用ロボットの制御技術を取り巻く課題と、それらの課題を解決するための遠隔制御技術に関する従来の研究開発について概観し、次世代の災害対策用ロボット遠隔操縦系に要求される技術課題と本論文の目的を述べている。すなわち、多種多様な災害現場環境でタスクを遂行するためには完全自律型制御よりも、人による遠隔操作を基本としその操作の一部を自動化することが有効であるが、そのためには高いユーザビリティと現場で迅速に展開可能な携帯性を有する遠隔操縦桿が必要であり、これを実現する新たなバイラテラル制御マスター・スレーブ遠隔操縦桿の機構・制御系を提案し、試作機を用いて実験によりその有効性を示すことが本論文の目的であると述べている。

第2章「ロボット遠隔操縦桿 Armrest Joystick の提案」では、要求仕様をまとめ、ロボットの位置姿勢ならびにグリップ開閉の7自由度を操作可能な肘掛け型バイラテラル制御マスター・スレーブ遠隔操縦桿 Armrest Joystick を提案している。すなわち、高いユーザビリティを実現するためには操縦者の疲労軽減、広範な可動範囲と小さな操作力ならびにバイラテラル制御が有効であり、高い携帯性を実現するためには軽量の機構が適していると述べている。これを実現するために、下腕部を支える肘掛の位置が入力となる3自由度位置操作部、手首周りの回転角度が入力となる3自由度姿勢操作部、人差し指-親指間の把持間隔が入力となる1自由度グリップ開閉操作部の3部で構成され、7自由度すべてに力フィードバックが可能で、可搬性に優れる携帯用折り畳み椅子に装着可能な操縦桿を提案している。

第3章「Armrest Joystick の詳細設計と開発」では、前章で提案した Armrest Joystick の詳細設計と試作機の開発について述べている。Armrest Joystick の3自由度位置操作部を鉛直軸周りに回転可能な4節平行リンク機構および非円形プーリー-バネ系による自重補償機構により構成することで、広範な可動範囲を小さな力で操作可能であることを示している。次に3自由度姿勢操作部を4節球面パラレルリンク機構ならびにこれに保持される回転軸により構成し、その優位性をシリアルリンク系との比較および特異点解析から明らかにしている。さらに1自由度グリップ開閉操作部には、人のピンチング動作の画像解析に基づき指先に滑りを生じない外骨格型5節リンク機構により構成し、リンク長を数値解析により最適化することで指関節角度に依らず均一な力提示が可能であることを明らかにしている。開発した試作機の総重量は91[N]と軽量であり高い携帯性を実現していることを明らかにしている。

第4章「性能検証実験」では、試作機を用いて各機能の評価実験および遠隔操作ロボットを用いた総合的なユーザビリティ評価実験を行い、提案する操縦桿の有効性を明らかにしている。まず試作機の設置に要する時間は30秒程度であることから、高い携帯性を実現していることを明らかにしている。次に3自由度位置操作部が広範な可動範囲を有することを確認するとともに、導入した自重補償機構により全操縦桿重量の約95%が補償されていることを明らかにしている。また自重補償機構の有無による操作者の腕部筋電位計測結果から、自重補償機構がある場合に筋電位が優位に低下し、操作時の筋負担を軽減できることを明らかにしている。さらに力逆送型バイラテラル制御を実装し、力・トルクの指令値への追従精度を計測することにより、試作機が操縦者に対し接触を判別するのに十分な力提示精度を有することを明らかにしている。最後にロボット操作の総合的なユーザビリティ評価実験として、災害対策用ロボット Helios IX を用いて遠隔操縦による物体の置き作業実験を行い、作業時間とロボットハンド把持力の計測結果から、既存の操縦桿に比して試作機が高いユーザビリティを有することを明らかにしている。

第5章「結論と今後の課題」では、本研究で得られた結果を総括し、今後の課題について述べている。

以上を要するに本論文は高いユーザビリティと携帯性を有するバイラテラル制御マスター・スレーブ遠隔操縦桿の機構・制御系を提案し、試作機を用いて実験により有効性を明らかにしたものであり、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があ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。