

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	A Watch-like Thrust-generating Attachable Device for Long-reach Robotic Arm Enhancement
著者(和文)	PanSiyi
Author(English)	Siyi Pan
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12034号, 授与年月日:2021年6月30日, 学位の種別:課程博士, 審査員:遠藤 玄,鈴森 康一,菅原 雄介,中西 洋喜,高山 俊男
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12034号, Conferred date:2021/6/30, 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		Siyi PAN	
論文審査 審査員		氏 名		職 名		氏 名	職 名
	主査	遠藤 玄		准教授		高山 俊男	准教授
	審査員	鈴森 康一		教授	審査員		
		菅原 雄介		准教授			
		中西 洋喜		准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「A Watch-like Thrust-generating Attachable Device for Long-reach Robotic Arm Enhancement (長尺ロボットアームの性能向上のための着脱可能な腕時計型推力発生装置)」と題し、以下の6章から構成されている。

第1章「Introduction (序論)」では、本論文の研究背景と目的を述べている。すなわち橋梁点検などの高所作業においては長尺冗長多関節ロボットアームが有望であるが、これを開発するためには自重および手先反力により生じる根元関節への膨大なモーメントを支持する必要がある。従来手法においては目標作業に特化したロボットアームを設計していたため、適用可能な作業が限定されるという課題があった。これを解決するため、既存の汎用長尺ロボットアームに目標作業に応じて着脱可能な推力発生装置を複数分布させて付加することにより作業能力を向上させる手法、より具体的には装置の構成法、配置法、ロボットアーム関節および推力の制御法を提案し、これらの有効性を数値シミュレーションと試作機を用いた実験により明らかにすることが本論文の目的である、と述べている。

第2章「Flying Watch Concept and Design (Flying Watch の概念と設計)」では、長尺ロボットアームの性能を向上する手法を提案している。すなわち、Flying Watch (FW) と名付ける着脱可能な推力発生装置を、目標作業に応じて汎用的な長尺ロボットアームに付加し、アームの関節トルクと FW の推力を協調制御することで関節トルクを抑制しつつ目標作業を実現する手法を提案するとともに、プロペラまたは圧縮空気の噴流により推力を得る FW の具体的な構成法を提案している。FW 試作機による質量・推力計測の結果から、提案手法が実現可能であることを明らかにするとともに、長尺ロボットアームの仕様と目標作業に応じた FW の設計例を述べている。

第3章「Flying Watch Attachment Allocation Optimization (Flying Watch の最適配置)」では、FW の配置を評価する指標を提案するとともに、提案指標に基づき FW を最適な位置・姿勢で長尺ロボットアームに配置するためのアルゴリズムを開発し、その有効性を数値シミュレーションにより明らかにしている。具体的には、手先に外力が加わった場合に必要となる関節トルクを、FW の導入によりどの程度低下させられるかを定量化した指標を Thrust Drivability として定義し、この指標に基づき FW の位置・姿勢を最適化する手法を提案している。横風を受ける全長 11.5m、質量 8.8kg、9 自由度の長尺冗長マニピュレータに 8 つの FW (質量 0.5kg、推力 18N) を配置する数値シミュレーションの結果から、経験に基づく直観的配置法に比して、提案手法がより強い外乱に耐えることのできる FW の配置を導出可能であることを明らかにしている。

第4章「Model-based Flying Watch Thrust Planning (モデルに基づく Flying Watch 推力計画)」では、目標作業を遂行する際、全関節のトルクの最大値を最小化することを目的関数として、運動方程式に基づいて FW の推力および長尺冗長ロボットアームの関節角を最適化する手法を提案し、その有効性を数値シミュレーションにより明らかにしている。全長 8m、質量 16.4kg、9 自由度の長尺冗長マニピュレータに前章で用いた 8 つの FW を配置し、手先位置を指定した状態で関節角ならびに FW の推力を最適化する数値シミュレーションの結果から、提案手法により FW がいない場合に比して、全関節のトルクの最大値を 57%削減できることを明らかにしている。

第5章「Model-free Flying Watch Thrust Planning (モデルを用いない Flying Watch 推力計画)」では、目標関節角を実現するとともに関節トルクを最小化する FW 推力を、運動方程式によらず逐次的に計画する手法を提案し、試作機による実験からその有効性を明らかにしている。具体的には、FW に振動的な推力変動を与えることで、長尺ロボットアームの関節トルクの増減を計測し、この計測値に基づき最急降下法を用いて逐次的に推力を計画する手法を提案している。そして提案手法を用いた試作機による実験の結果から、FW を用いない場合では関節トルクが不足し実現不可能な目標関節角に、FW を用いることで到達可能となることを明らかにしている。

第6章「Conclusions (結論)」では、本研究で得られた結果を総括している。

以上を要するに、本論文は、長尺ロボットアームの性能を向上するための着脱可能な推力発生装置を提案し、その装置の構成法および長尺ロボットアームへの配置法、ならびに目標作業に応じたロボットアーム関節および推力の制御法を確立し、その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。