

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	人体荷重下を無摺動で滑り込む柔軟空圧マニピュレータと介護支援への応用に関する研究
Title(English)	A Study on a Flexible Pneumatic Manipulator Capable of Sliding Under Human Body and Its Applications for Nursing Care
著者(和文)	中村知行
Author(English)	Tomoyuki Nakamura
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11089号, 授与年月日:2019年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:塚越 秀行,鈴森 康一,伊能 教夫,山北 昌毅,遠藤 玄
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11089号, Conferred date:2019/3/26, 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		中村知行	
論文審査 審査員		氏 名		職 名		氏 名	職 名
	主査	塚越 秀行		准教授	審査員	遠藤 玄	准教授
	審査員	鈴森 康一		教授			
		伊能 教夫		教授			
		山北 昌毅		准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「人体荷重下を無摺動で滑り込む柔軟空圧マニピュレータと介護支援への応用に関する研究」と題し、全 7 章から構成されている。

第 1 章「序論」では、本研究の背景、意義、目的について述べている。具体的には、長期臥床の患者をかかえる介護現場では、褥瘡予防のために背中とベッド面との間に介護者が前腕を挿入し、皮膚を擦らずに衣服のしわを除去する背抜きが 2 時間毎に行われており、その作業は不可欠である反面介護者の負担となっている現状を鑑み、機械装置による背抜きの自動化を試みる意義と必要性を指摘している。また、介護者による背抜きは、体圧分布を変える効果や、患者の肌に触れるタッチケアの効果も伴うとされており、機械装置でもこれらの効果の創出が望まれると述べている。以上を踏まえ、本研究の目的は、人体荷重下を無摺動で滑り込む繰り出し機能と、体位変換支援や人体把持動作を行うための屈曲機能とを具備した柔軟空圧マニピュレータの構成・設計製作方法・制御方法を提案し、臥床者の背抜きに適用するうえでの有効性を検証することであると述べている。

第 2 章「Slip-in Manipulator の提案とその動作原理」では、「Slip-in Manipulator」と名付けた柔軟空圧マニピュレータの構成を提案し、その動作原理と製作方法を説明している。柔軟袋構造を成す当該マニピュレータは、2 つの索状チャンバの内部の一端に固定されたワイヤとそれを巻き取る電気モータを内包した構成を基本とし、空圧の印加による繰り出し動作と屈曲動作、および電気モータの巻き取りによる収納動作の 3 動作を生成すると述べている。また、マニピュレータは、3 層のウレタンラバーシートの上にシリコーンシートを挟む層状構造を熱溶着することで製作でき、この製作方法により屈曲動作の折りひだを繰り出す際の抵抗軽減と人体荷重を支える際の耐久性とが実現されると述べている。

第 3 章「繰り出し動作の特性と制御」では、人体荷重下へアクセスするための繰り出し動作の特性と制御手法について論じている。まず、繰り出し動作の動作特性として、マニピュレータの推進力、中心位置の高さの推移、および挿入時の推進プロセスを明らかにし、人体腹部を模した簡易モデルによる実験をもとに、人体荷重下に挿入可能となる設計条件を明らかにしている。次に、ベッド面上の臥床者に適用した際の実験をもとに、接触面の変形や人体の断面形状がマニピュレータの挿入性能に及ぼす影響を明らかにし、その性能向上のためにマニピュレータの挿入角度を適切に選択する必要性を述べている。さらに、繰り出し動作および収納動作における推進速度を適切に調整するための制御手法を提案し、その有効性を実験により検証している。

第 4 章「屈曲動作とその動作特性」では、マニピュレータの屈曲動作の特性と特性改善の方策について論じている。まず、マニピュレータの折りひだ構造で生成される屈曲トルクと屈曲角の数式モデルを提案し、その妥当性を実験により確認している。次に、人体把持動作への適用を想定し、マニピュレータのサイズや駆動圧力を変えずに屈曲角や屈曲トルクを増加させる手法として、複数の折りひだの直列配置構造と、空圧とワイヤ牽引との複合駆方法を提案し、試作機による実験によりそれらの有効性を示している。

第 5 章「把持力のセンシングと制御」では、前章で述べた複数の折りひだ構造による屈曲動作を人体の把持動作に適用することを想定し、把持力のセンシング手法と制御手法を論じている。まず、把持力のセンシング手法として、マニピュレータの外周に配置された小型エアバッグの内圧変化の計測により、間接的に把持力を推定する手法を提案している。次に、マニピュレータと一体化した小型エアバッグの製作方法、把持力を推定する数式モデル、把持力の制御手法を提案し、試作機による実験によりそれらの妥当性を確認している。

第 6 章「介護支援への応用」では、提案手法をもとに製作した Slip-in Manipulator の仕様を示したうえで、介護現場に導入するための 2 種類の適用形態を提案している。まず、折りひだ 1 つの構造を臥床者の背抜き作業に適用した場合、ベッド面に接する衣服のしわの除去効果、および体位変換支援による体圧分布変化の効果が生じることを実験により確認している。次に、折りひだ 3 つの双腕構造を抱き枕型ロボットに適用した場合、臥床者および座位者の背面にマニピュレータを挿入後、適切な把持力で人体を把持可能なことを示している。

第 7 章「結論と今後の展開」では、各章で得られた知見を総括し、本研究の有用性と今後の展望を述べている。

以上を要するに、本論文は、人体荷重下を無摺動で滑り込む動作と屈曲動作とを具備した柔軟空圧マニピュレータの動作特性や設計・制御方法を提案し、臥床者に対する背抜きを実現できることを実験的に示したものであり、介護現場における褥瘡予防措置への応用が期待され、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を有すると認められる。