

氏 名	高 雷
授与した学位	博 士
専攻分野の名称	工 学
学位授与番号	博甲第3025号
学位授与の日付	平成17年 9月30日
学位授与の要件	自然科学研究科基盤生産システム科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文の題目	空気圧ゴム人工筋を用いた腰部装着型パワーアシストロボットの開発
論文審査委員	教授 則次 俊郎 教授 井上 昭 教授 鈴森 康一

学位論文内容の要旨

現在、日本は急激な高齢化社会に向かっており、重労働作業や福祉・医療サービスを行うための人手不足が深刻な社会問題になっている。様々な重労働作業・日常生活・福祉・医療支援作業を支えるロボット技術が注目を集め、操作の安全性、装置自体の柔軟性を含めて人間親和性の高い装置が求められている。

このような条件と要求に応えるため、本論文では空気圧を駆動源として、空気圧アクチュエータの持つ小型・軽量・柔軟・安全等の特徴を生かし、人体に安全な腰部装着型パワーアシストロボットを開発する。

本論文では、腰部のパワーアシストロボットの設計方針、アクチュエータの開発、制御システム、装着者とのコミュニケーションおよび支援効果の評価について述べる。

第2章では、腰痛・腰損傷の原因と腰部パワーアシストロボットの全体的な設計方針について述べる。第3章では、第2章で示したパワーアシストロボットの設計方針に基づいて、腰部パワーアシストロボットの構成・動作原理と基本特性について述べる。湾曲型空気圧ゴム人工筋を試作し、内圧と発生力の関係を調べて、十分な支援トルクの発生が可能であることを確認した。第4章では、ソフト触覚センサと傾斜角度センサを用いた制御系の構成、ロボットと人間のコミュニケーションについて述べる。支援制御システムは圧力制御を基本とし、内圧制御系の目標圧力は、上体傾斜角度センサからの信号に基づいて、上体傾斜角度からアクチュエータ内圧の目標値への変換アルゴリズムを用いて計算する。装着者の作業開始の意思を検知するため腰部筋肉の作動状況が把握できるソフト触覚センサを開発し、触覚センサの支援システムの起動信号としての有用性を確認した。傾斜角度センサを装具の2リンク機構に取付けて上体の傾斜角度を計測する。第5章では、音声を用いた支援ロボットの制御手法とコミュニケーション手法を提案する。ゴム人工筋の内圧を第4章のようにPI制御で制御するが、制御系の目標圧力は音声の内容により決める。第6章では、膝関節をモデル化し、膝関節の力学解析により、本システムの使用による膝への負担を理論的に評価した。第7章では、開発されたパワーアシストロボットの評価について述べる。定量的な評価においては、筋電位とマネキンによる支援ロボットの有効性を確認した。また、装着者の感覚・感想に基づいて支援ロボットの支援効果に対して定性的な評価を行った。第8章では、本研究で得られた結果をまとめて、論文の結論を述べた。

論文審査結果の要旨

現在、わが国は急激な高齢化社会に向かっており、重労働作業や福祉・介護、医療サービスなどを行うための人手不足が深刻な問題になっている。このような問題に対処するためロボットの導入が期待され、人間に親和で安全な人間支援ロボットの研究開発が求められている。このような条件と要求に応えるため、本論文では空気圧ゴム人工筋をアクチュエータとする小型・軽量・柔軟な腰部装着型パワーアシストロボットを開発している。本論文は、その研究成果をまとめたものであり、ロボットの設計方針、空気圧ゴム人工筋の開発、制御システム、装着者とのコミュニケーションおよびアシスト効果の評価について述べている。

第1章で研究の背景や意義を述べた後、第2章では、腰痛・腰損傷の原因と腰部パワーアシストロボットの全体的な設計方針について述べている。第3章では、第2章で示した設計方針に基づいて、腰部パワーアシストロボットの構成と動作原理および基本特性について述べるとともに、湾曲型空気圧ゴム人工筋を開発し、その有用性を確認している。第4章では、空気式ソフト触覚センサと傾斜角度センサを用いた制御システムの構成および装着者とロボットのコミュニケーション手法について考察し、触覚センサにより装着者の腰部筋肉の作動状況を検出し、これをアシストロボットの起動信号として利用できることを示している。第5章では、音声を用いたアシストロボットの制御とコミュニケーションについて議論し、音声を用いたロボット制御が可能であることを示している。第6章では、膝関節の力学解析により本ロボットの装着による膝への負担を理論的に評価している。第7章では、開発されたロボットのアシスト効果について筋電位とマネキンを用いた定量的評価を実施するとともに、ロボットの装着感について定性的評価を行っている。第8章では、本論文の内容をまとめて結論としている。

以上のように、本論文は、学術および工業上きわめて有意義な内容から構成され、博士（工学）の学位論文に値するものである。