

氏名	李 向攀
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4760号
学位授与の日付	平成25年 3月25日
学位授与の要件	自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第5条第1項該当)
学位論文の題目	Design of Wearable Power Assist Wear for Low Back Support Using Pneumatic Actuators (空気圧アクチュエータを用いた腰部パワーアシストウェアの開発)
論文審査委員	教授 則次 俊郎 教授 五福 明夫 教授 鈴森 康一

学位論文内容の要旨

This research focuses on developing a safe, lightweight, power assist device that can be worn by people during lifting or static holding tasks to prevent them from experiencing low back pain (LBP). In consideration of their flexibility, light weight, and large force to weight ratio, two types of pneumatic actuators are employed in assisting low back movement for their safety and comfort. At first, McKibben-type pneumatic rubber artificial muscles were chosen as actuator A to provide the assistance force, and subsequently it is improved by using elongation type pneumatic rubber artificial muscles as actuator A. Actuator A is installed in the outer layer of the garment, and its two ends are fixed on the shoulders and thighs. It can output contractile force, assisting the erector spinae muscles in the same direction. Compared to McKibben-type pneumatic rubber artificial muscle, the elongation type has a larger contraction rate. Actuator B is a layer-type of pneumatic actuator; it is composed of two balloons, and it is installed in the inner layer of the garment. The biomechanical model of the human spine is analyzed, and get to know the main reason of LBP: when the human is bending forward and lifting a load, for the erector spinae muscles have a small lever arm, the spine has to bear a large amount of force, which is several times of body weight. By taking into account the biomechanic structure of the human spine, this device can provide support in two ways. Actuator A acts as an external muscle power generators to reduce the force requirement for the erector spinae muscles. As actuator B acts as a moment arm of the contractile force generated by actuator A, it will increase the effective amount of torque. The device can be worn directly on the body like normal clothing. Because there is no rigid exoskeleton frame structure, it is lightweight and user friendly. The system's Inertial Measurement Unit (IMU), composed of accelerometer sensors and gyro sensors to measure the human motion signals, can monitor the angles of the human body in real-time mode. By measuring the EMG signal of the human erector spinae muscles, the assistance effectiveness of the proposed device has been proven through experiments.

論文審査結果の要旨

本論文は身体装着型腰部動作支援装置の研究成果をまとめたものである。本装置の特徴は、アクチュエータに空気圧ゴム人工筋を用いることにより外骨格を有しない衣服状の軽量・柔軟な構造とした点である。これにより装着性が向上し長時間の着用が可能になる。本装置は介護作業や農作業などにおける腰の屈曲姿勢の保持や伸展動作の補助に利用でき、これらの作業の軽労化や作業に起因する腰痛防止などに効果的である。

本論文は、下記の七章から構成されている。

第1章では、世界におけるパワーアシスト装置の研究状況を説明した後、空気圧ゴム人工筋を用いた衣服状パワーアシスト装置（パワーアシストウェア）の特徴を説明するとともに、本論文で提案する腰部パワーアシストウェアの概要を述べている。第2章では、人間の腰部筋骨格の力学モデルを作成し、これに基づいて、提案するパワーアシストウェアの効果を理論的に示している。第3章では、第2章の解析結果に基づいて、パワーアシストウェアを効果的に駆動するために適切な空気圧ゴム人工筋について検討し、2種類の人工筋（伸長型人工筋と積層型人工筋）の有用性とそれぞれの基本特性について述べている。第4章では、加速度センサとジャイロセンサを用いた簡易な姿勢（腰部、膝部および足首の屈曲角度）計測システムを構築している。第5章では、第4章で構築した姿勢計測システムに加え、筋電センサや筋力測定装置を用いて本パワーアシストウェアの支援効果を検証している。特に、腰の伸展動作時の脊柱起立筋の筋電位の測定により、本パワーアシストウェアの使用により腰の負担を軽減できることを検証している。第6章では、手先に重量物を把持した中腰姿勢の安定保持に対する本パワーアシストウェアの効果を示している。第7章では、本論文の成果をまとめるとともに、今後の課題について述べている。

本研究の成果に対する社会のニーズはきわめて高く、本論文は学術的ならびに実用的両面から博士（工学）の学位論文に値するものと認める。