

氏名（本籍）	佐野 和男（和歌山県）
学位の種類	博士（工学）
学位授与番号	甲第66号
学位授与日付	平成26年3月25日
専攻	システム工学専攻
学位論文題目	健常者の歩行と持ち上げ動作支援のための電動式パワーアシストの機構と制御に関する研究
学位論文審査委員	（主査）教授 安田 一則 （副査）教授 八木 栄一 准教授 長瀬 賢二

論文内容の要旨

近年、人手による重労働の多くは機械化が進み、大幅に軽労化されている。しかし図1に示すような狭小地での荷揚げや運搬作業など人力に頼る作業は数多く残っている。また少子高齢化により、健康な高齢者や力の弱い作業者が力仕事を行う機会が増え、その作業負担が問題となっている。この問題の解決策の一つとして、肉体的負担を軽減して軽労化する機器が必要とされている。このような健常者の作業を支援する機器として、人体装着型パワーアシストスーツに着目が集まっている。パワーアシストスーツは人体に装着できるウェアラブルロボットの一つで、装着することで装着者の動作をアシストし、動作の負担を軽減させることができる機器である。パワーアシストスーツの利点は、従来からのロボットの問題点である難しい状況判断や環境認識は、装着者が行うので必要としないこと、また普段の生活空間で使用できることなどが挙げられる。

本論文では、健常者の条件不利地域における歩行・持ち上げ動作支援を実現するための人体装着型パワーアシストスーツを提案し、実験によりそのアシスト機構と制御の有効性を検証している。

パワーアシストスーツに求められる小型・軽量性、安全性、装着者の快適性について、モデルとなるアシストスーツの開発を通して、理論的および実験的側面から明らかにしている。まず図2に示すパワーアシストスーツの小型・軽量性を実現する新たなフーム構造と、装着者の自由度を確保するための新たなメカ機構全体を概観する。次に装着者にとって快適な制御を行うための手法について述べている。

快適なアシストを行うには、パワーアシストスーツが装着者と同時に動き、アシストしなければならない。例えば重量物を持ち上げる場合、その持ち上げタイミングが分からないと装着者の動作を妨げてしまい、快適な補助を行うことができない。よってパワーアシストスーツは装着者と同時に動作できるように、装着者の動作意図を事前に察知することが求められる。そこで動作意図を推定するのに従来から用いられてきた装着が



図1 狭小地での荷揚げや運搬作業

煩わしい表面筋電位信号のような生体信号でなく、力学的計測信号から歩行意図を推定する新たな実用的手法を提案している。まず装着者の歩行を解析することによって歩行意図の推定法を開発し、パワーアシスト制御に反映させることにより、装着者の意図に沿ったアシストが可能となることを述べる。力学的信号には個人差があり、通常は専門家による一人一人に合った調整が必要となる。そのため装着者がアシストスーツに個人差を教示する方法を提案し、スマート端末を使って一人での装着運用を可能としている。また歩行と持ち上げに応じたアシストを、装着者の意図に合わせてシームレスに切り替える方法についても述べている。

次にパワーアシストスーツが適切なアシストを行うためには、アシストスーツの出力量が適切でなければならない。そこでパワーアシストスーツの出力を決定するための定量化が必要となる。歩行と持ち上げのそれぞれの作業で必要とされるトルクを力学的に算出し、動作推定に従ってシームレスに切り替えている。

最後に、パワーアシストスーツの有効性について検証している。装着型パワーアシストスーツはその構造上、スーツの質量全てが装着者にかかることで、装着者の相対的な体重が増加してしまい、各動作でのアシストスーツの効果が薄れてしまうのではないかと懸念がある。このため関連する筋肉の表面筋電位を計測した結果より、筋力が軽減していることを検証している。また呼気ガス分析より算出したエネルギー消費量が軽減していることも検証している。これらよりパワーアシストスーツの有効性を、筋力軽減面と体全体のエネルギー消費量軽減面の両面から、今回はじめて確認した。

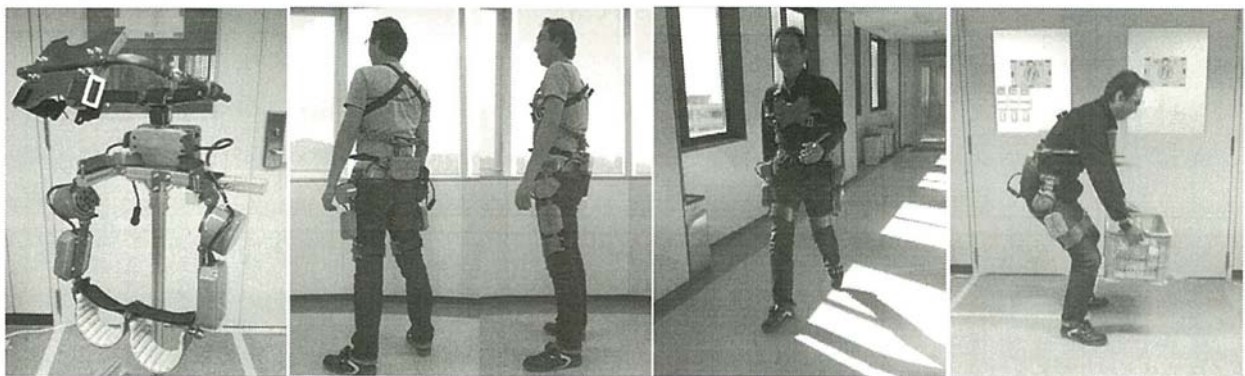


図 2 パワーアシストスーツ

論文審査の結果の要旨

この論文では、健常者の条件不利地域での農作業における、装着者の動作を阻害せずかつ安全で軽量な部分フレーム型パワーアシストスーツを提案し、試作・実験を通してそのアシスト機構と制御についての有用な機構と機能を明らかにしている。

本論文を審査した結果、新規性・有用性とも博士論文として十分な水準にあることが認められた。なお本論文の研究成果は、現時点で、学術誌掲載論文2編、国際会議発表論文1編で公表されている。

最終試験の結果の要旨

1月19日に公聴会を開催し、研究発表後に口頭試問を通して最終試験を行った。そのとき審査委員から、

- ・本研究の結果、パワーアシストスーツ完成までの道程に対しどの程度まで進んだといえるか？
 - ・研究発表では本研究の具体的なゴールがどこにあったのか明確でないので、明示してほしい。
- などの質問があった。これらに対し学位申請者から、質問事項の内容を踏まえた的確な回答あるいは説明不足を補完する丁寧な解説があった。学位審査会はこれらの質疑応答を勘案した上、全員一致で最終試験を合格と判定した。