装着型パワーアシストロボット WAS-LiBERo[®]

Wearable Power Assist Robot

執筆者プロフィール

八木 栄一
Eiichi YAGI

■1972 年大阪大学工学部機械工学科卒業, 1974 年大阪大学大学院工学研究科機械工学専攻修士課程修了, 川崎重工業(株) 研究開発職を経て 2005 年より現職

■主として行っている業務・研究
ロボット工学

■所属学会および主な活動
日本機械学会, 日本ロボット学会, 計測自動制御学会

■勤務先
正員, 和歌山大学 教授 システム工学部光メカトロニクス学科
(〒640-8510 和歌山市栄谷 930 /
E-mail : eyagi@sys.wakayama-u.ac.jp)

1. はじめに

日本の農業においては, 少子高齢化から後継者不足が急速に進み, 筋力が弱い若者が農業に新規参入しやすく, 筋力が弱った高齢者が少しでも長く農業を続けられることが望まれている。このため狭くて柔らかく平面でない日本の農地に適した農作業を支援する機器が, 必要とされている。このような機器として, 装着型のパワーアシストロボットが適していると考えられる。

2. 開発の経緯

和歌山大学では, 装着型パワーアシストロボットを 2005 年度から研究

している⁽¹⁾。まず空気の圧縮性によって, 接触時の衝突力の緩和や柔らかな動作を実現するためエア式を採用した。さらに産業界で実績のあるエアシリンドラやエアロータリアクチュエータを使用することにより, 信頼性を高めた。2009 年度には, 肩と肘と股と膝関節をエア式でアシストする全身フレームタイプを開発した⁽²⁾。2010 年度からは, 農林水産省の 5 年間の委託プロジェクト研究に採択され, 和歌山県はじめ JA グループ和歌山など多くの関係機関の協力を得て, 和歌山県工業技術センターと共同で研究を進め, 県内企業にて試作している。

農家からのアンケートを分析し, 装着型パワーアシストロボットを実用化するため, 質量を 10kg 以下に軽量化することを目標とし, 軽労化のニーズが高い次の二つの用途に絞り込んで開発している。まず上向き作業用途で, 果物の収穫や摘花作業など, 歩行しながら長時間腕を上げ続けたり・上げ下げする作業をアシストする用途である。次に持ち上げ運搬用途で, 20kg 程度の収穫物コンテナなどの持ち上げ歩行をアシストする用途である。

装着型パワーアシストロボットを軽量化するため, 現状では比較的質量の大きいコンプレッサを用いるエア式ではなく, 電動モータを用いる電動式にて, 実用化を目指している。とくに用いている電動モータを 80W の AC サーボモータとし, 装着者が出せる力の範囲内に制限し, もし万一誤って装着者の意図と逆方向にアシストしても, 装着者がモータを逆回転できるようにしている。さらに転倒防止の面から, 膝下部をフリーに動けるようにして, 安全面に配慮している。

2011 年度から, 協力農家にて実証試験を実施し改良を進めている。2013 年度には, 実用化し普及し始

めていく予定である。開発した装着型パワーアシストロボットを, 年度別に図 1 に示す。

3. 装着型パワーアシストロボット

図 2 に示す最新の持ち上げ歩行用パワーアシストロボット⁽³⁾について, 以下に詳細を述べる。

この装着型パワーアシストロボットの質量は 7.4kg で, リチウムポリマ電池を使用し, 1 回の充電で約 2 時間の稼働が可能である。また屋外の使用を想定し, 電装品は生活防水程度の IP3 相当の防水機能を有している。電動モータは装着者の左右股関節付近に配置し, 持ち上げ時には抗重力方向に腰関節のアシストを行う。また歩行時には遊脚側は足を振り上げる方向に, 支持脚側は足を支持する方向に, 股関節のアシストを行う。その他の動作については, 受動回転軸を配置することで装着者の動作が拘束されないように, 図 3 に示すメカニズムにしている。フレーム構成部材には超々ジュラルミンを使用し, 必要な剛性を維持しながら軽量化した。

スムーズなパワーアシストを実現するためには, ロボットが装着者と同時に動作する必要がある。このため従来から用いられてきた装着者をマスタとしロボットをスレーブとして, マスタとスレーブ間の力センサを用いてフィードバック制御するマスタスレーブ制御方法を用いずに, 装着者の動作意図を正確に推定し, 遅れることなくパワーアシストする制御方法を開発した。また従来から用いられてきた装着者の動作意図を推定するための表面筋電位センサは, 装着が煩わしいなど実用化には不向きである。このため表面筋電位センサのような生体信号を用いずに, 関節角度や靴底の床反力センサ

FY2009 エア式 40kg

FY2010 エア式 26kg

FY2010 電動式 14kg

FY2011 電動式 9.5kg

FY2011 電動式 9.6kg

FY2012 電動式 7.4kg

図1 装着型パワーアシストロボットの開発経緯

図2 装着したパワーアシストロボット

図3 装着型ロボットのメカニズム

図4 一輪車運搬作業の実証試験

図5 トラック積み込み作業の実証試験

などの力学的信号を用いて、装着者の動作意図を推定するようにした。さらに質量が大きい床反力センサでなく、フットスイッチを用いて動作意図推定ができるようにしている。

アシストトルクは、20kg 程度の収穫物コンテナ等の重量物の持ち上げに

おいて、10kg 分を持ち上げるトルクである。このようにすべての荷重をアシストするのではなく、装着者の負担を軽減するようにしている。このため長時間作業した場合にアシスト効果を発揮し、長時間働いても疲れにくくなるように、疲労度を軽減することを目

指している。

開発した装着型パワーアシストロボットの有効性については、表面筋電位の計測結果による筋力の軽減効果と、呼気ガス分析結果によるエネルギー消費量の軽減面から検証している。

4. おわりに

装着型パワーアシストロボット開発の経緯と現状についてまとめた。今後とも、図4や図5に示す実証試験を通して問題点を明らかにし、改良を繰り返して実用化したいと考えている。

最後に、装着型パワーアシストロボットが、農家の負担を軽減し高齢化する日本農業を支える役割を果たす日が来ることを期待している。さらに電動アシスト自転車が「高齢者の足」となって普及しているように、装着型パワーアシストロボットが「高齢者の腰」となり、農業から物流業や建設業などはもちろんのこと、日常作業においても広く普及し、日本の高齢化社会を支えるようになることを願っている。

文 献

- (1) 八木栄一・原田大輔・小林雅章, 農作業用持ち上げ動作を支援するための空気圧駆動上肢パワーアシストシステムの開発, 日本機械学会論文集, 75-755, C (2009), 140-147.
- (2) Sato, M. and Yagi, E., A Study on Power Assist Suit Using Pneumatic Actuators Based on Calculated Retaining Torques for Lift-up Motion, *Proceedings of SICE Annual Conference*, (2011-9), WeB10-05.
- (3) 八木栄一, 農作業における軽労化の切り札「パワーアシストスーツの開発」, 農業機械学会シンポジウム資料, (2013-3), 3-9.