



寄稿

1 パワーアシストスーツの実現を目指して



和歌山大学 名誉教授
パワーアシストインターナショナル株式会社
代表取締役

八木 栄一

1. はじめに

少子高齢化が進行する我が国において、労働力人口の減少による高齢者や女性や力の弱い若者の作業負担の増加が大きな社会問題となっている。

特に日本の農業においては、後継者不足から少子高齢化が急速に進み、農林水産省のデータによると2017年の農業就業人口は約182万人で、2010年の約261万人と比べると30%の減少で、65歳以上の高齢者の割合は66%となっている。

一方農業従事者は、収穫物などの重い荷物を持ち上げて運搬することが多く腰痛を患っている方が多い。また長時間中腰作業を強いられることが多く、さらに急傾斜地での栽培地などでは特に歩行支援など、農作業の軽労化が望まれている。

そこで高齢な農家を手助けし、女性や力の弱い若者が農業へ参入し易くするため、ロボット技術が進んでいるわが国において、農作業を軽労化するロボットを実現することが望まれている。

このような状況のもと、装着して力を支援するロボットであるパワーアシストスーツを2005年4月から和歌山大学で研究を開始し、2018年10月に和歌山大学ベンチャのパワーアシストインターナショナル社にて製造販売し始めたので紹介する。

このパワーアシストスーツは、左右股関節付近に配置した電動モータにより、①収穫物コンテナをトラックへ積み込むための持ち上げ作業での腰のアシスト、②トラックから積み下ろすための持ち下げ作業でのブレーキアシスト、③中腰作業での姿勢保持アシスト、④傾斜栽培地での運搬歩行などの合計4つのアシストが、一台でできるのが特徴である。

また農業でよく見かけられる極端に前かがみになったり、深くしゃがみこんだりする姿勢で作業を行っても、装着者の動作を拘束しないメカニズムとなるように工夫した。さらに装着者

の体重の約 1/10 以下と軽量であり、装着者の前面はもちろん背面や側面も出っ張っていないコンパクトなスーツとなっている。

さらにスムーズなパワーアシスト制御を実現するためには、パワーアシストスーツが装着者と同時に動作する必要がある、このため装着者の動作意図を推定することが重要である。この動作意図推定方法として、従来用いられていた微弱でノイズに弱い筋電位信号のような生体信号は、装着が煩わしいこともあり、農作業には不向きである。そこで、電動モータ内部に取り付けた角度センサなどの力学的センサの信号を用いて、装着者と同時に確実にアシストできる方法を開発した。

2. 開発の経緯

和歌山大学では、パワーアシストスーツを 2005 年度から研究を開始した。2009 年度には肩と肘関節をエア式ロータリアクチュエータで、股と膝関節はエアシリンダでアシストするエア式の全身フレームタイプを開発したが、このプロトタイプ機の質量は 40kg であった。

2010 年度から 2014 年度は農林水産省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、和歌山の県内企業にて試作した。農家からのアンケートを分析し、アシストスーツの質量は 10kg 以下を目標にし、軽労化のニーズが高い用途に絞り込んで開発した。図 1 に示すような 20kg の温州みかんの収穫物コンテナを積み込むための持ち上げ作業や、積み下ろすための持ち下げ作業や、中腰での収穫作業や、傾斜栽培地での運搬歩行をアシストする用途に絞り込んだ。

またパワーアシストスーツを軽量化するため、比較的質量の大きいコンプレッサを用いるエア式から、電動モータを用いる電動式にした。さらに農業用に実用化するため、開発当初は力覚センサを用いて装着者の動作意図を推定して



コンテナの持ち上げ下げ作業



中腰での収穫作業



傾斜地での運搬歩行

図 1 パワーアシストスーツの用途

いたが、重くて高価な力覚センサでなく、フットスイッチに変更して動作意図推定できるようにした。このフットスイッチ信号を無線化して実用化を進めた。

さらにフットスイッチは、凹凸のある不整地では検出が不安定になるので、装着者の背面に取り付けたコントロールボックス内部に設置した加速度・角速度センサにて、動作意図を確実に推定するように改良した。また開発当初パソコンで制御を行っていたが、組み込みマイコンにて制御するようにし実用化した。図2に、パワーアシストスーツ開発の経緯を示す。

2014年度から2015年度は、和歌山県以外に神奈川県・香川県・徳島県・山口県・大分県の全国5県で実証試験を実施し、農業現場のご意見をもとに改良を進めた。

2015年度は、農林水産省の補助金事業に採択され、さらに100台の大規模な導入実証試験も、青森県・山形県・神奈川県・三重県・和歌山県・香川県・徳島県・愛媛県・岡山県・鳥取県・山口県・大分県・長崎県の全国13県で実施している。

2016年度から2017年度は、和歌山県の補助金事業に採択され、量産化を進め農業以外に

も、建設や物流や介護分野にも使えるよう改良した。

2018年10月から、実用化し普及し始めている。

3. 開発したパワーアシストスーツ

開発したパワーアシストスーツの詳細を述べる。用いている電動モータは、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。電動モータは装着者の左右股関節付近に配置し、抗重力方向に対してアシスト動作を行い、その他の動作については受動回転軸（空回りする回転軸）を配置することで、パワーアシストスーツを着用することにより装着者の動作が拘束されないようにしている。フレーム構成部材には、強化プラスチック樹脂を使用し必要な剛性を維持しながら軽量化をはかった。

装着したパワーアシストスーツを図3に示す。

パワーアシストスーツの総質量は4.7kgで、



図2 パワーアシストスーツ開発の経緯



図3 パワーアシストスーツ

リチウムイオン電池の使用で約4時間の稼働が可能である。屋外の使用も想定されるため、電装品は生活防水機能を有している。なお、装着者とパワーアシストスーツは、腰部や左右大腿部と胸部に配置されたベルトなどで固定され、装着者の体型に合わせることができる。

パワーアシスト制御の概略を図4に示す。

装着者の背部に取り付けたコントロールボックス内部に設置した組み込みマイコン、アシストの強弱などのパラメータを設定するためのリモコン、および電動モータ内部の角度センサ、コントロールボックス内部の加速度・角速度センサ、持ち上げアシスト用指先タッチスイッチで構成されている。

なお電動モータ内部の角度センサにて、装着者の股関節角度を計測する。なおこの角度は、電源を投入してプログラムを起動させた時の姿勢を原点としている。その他、上記の加速度・角速度信号、指先のタッチスイッチからの無線信号から装着者の動作意図を推定し、歩行や持ち上げ・下げや中腰動作に必要なアシストトルクを出力する。

4. おわりに

パワーアシストスーツ開発の経緯と現状についてまとめた。今後さまざまな作業現場に導入することにより、さらなる低コスト化や軽量化およびコンパクト化はじめ、装着者との親和性の改善、よりスムーズなアシスト制御となるよ

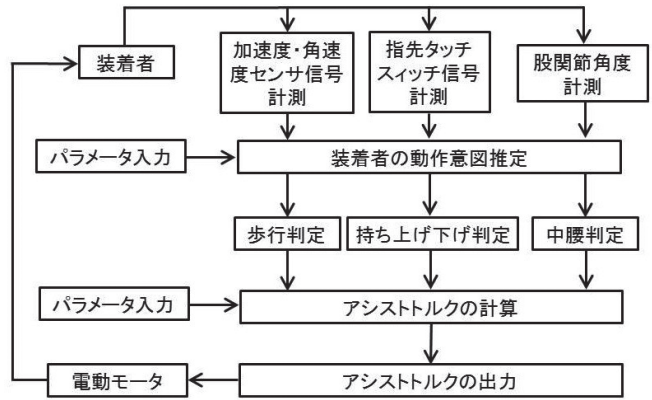


図4 パワーアシスト制御の構成

うにしたいと考えている。

最後にパワーアシストスーツが、農業者の負担を軽減し、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、パワーアシストスーツが「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介護や日常生活においても広く普及し、日本さらに世界の高齢化社会を支えるようになることを願っている。