

研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム
本格研究開発ステージ シーズ育成タイプ 事後評価報告書

研究開発課題名	: 同調制御を用いた高機能軽量ウェアラブル・ロボティックスーツの研究開発
プロジェクトリーダー	: 山洋電気株式会社
所属機関	: 山洋電気株式会社
研究責任者	: 橋本 稔 (信州大学)

1. 研究開発の目的

「ロボティックスーツの同調制御法」と「ハーモニックドライブ®減速機内蔵型トルク計測法」の二つの特許技術(シーズ)に基づいて、装着性に優れ、安心して使えるロボティックスーツを製品化するための技術を確立することを目的とする。このために、ウェアラブル使用に特化したアクチュエータを開発し、装着性のよいロボティックスーツを実現すると共に、リハビリや運動補助において有用であることを検証する。

2. 研究開発の概要

同調制御を用いた軽量でウェアラブルなロボティックスーツの開発に取り組んだ。近年、医療福祉をはじめとした幅広い分野で様々なロボティックスーツが開発されているが、装着性や操作性などで必ずしも十分でないと考えられる。本研究では、人間同士の運動補助過程に基づく同調制御理論により、装着者の運動を支援するロボティックスーツの開発を目指した。ロボティックスーツのコンセプトとして非外骨格型の構造を創出し、軽量で装着感に優れた装置の開発を大学・企業の産学連携で進めた。研究開発期間は4年を要した。

①成果

研究開発目標	達成度
①小型軽量・同調制御アクチュエータシステムの開発	①-1 厚み 20mm の扁平モータを開発した。 モータ外径 Φ70 モータ全長 20mm モータ質量 200g 目標達成率 100%
①-1 超小型・超軽量サーボモータの開発	
①-2 減速機と一体化したモータ(モータと一体化した減速機)の開発	①-2 小型扁平なアクチュエータユニットを開発した。 アクチュエータ外径 Φ70mm アクチュエータ全長 45mm アクチュエータ質量 475g 目標達成率 100%
①-3 相互作用トルクを正確に計測するセンサの開発	①-3 トルクセンサを内蔵する減速機を開発した。ひずみゲージ貼付け位置と検出されるひずみ量の関係を、FEM 解析で最適化ができるようになった。また、従来アナログ式だったトルクアンプをデジタル化し、検出精度を向上(非線形誤差
①-4 同調制御理論の拡張と同調制御を実現するハードウェアの開発	

<p>②ウェアラブルなロボティックスーツの開発</p> <p>②-1 ロボティックスーツの軽量化と機構設計</p> <ul style="list-style-type: none"> ・モータを含めた総重量 10kg の実現 <p>②-2 ロボティックスーツの外装設計</p> <ul style="list-style-type: none"> ・製品デザインの創出 <p>③3 研究機関による、ロボティックスーツの組み上げと総合調整</p> <ul style="list-style-type: none"> ・試作品の製作と評価を通して、ロボティックスーツに必要な SPEC を決定する。 ・製作したシステムの立ち上げと調整を実施す 	<p>を低減)した。一例では、約 25%だった誤差がアンプを変えることで約 14%まで低減した。</p> <p>目標達成率 100%</p> <p>①-4 コントローラユニットをマイコンベースで小型に製作した。関節のトルクと角度をサーボアンプに取り込み、シリアル通信でコントローラに伝送するシステムを構築した。10 軸同調制御が可能なサーボコントローラシステムを開発した。同調制御理論を拡張し、ロボティックスーツの制御に適用した。</p> <ul style="list-style-type: none"> I. 装着者の同調性推定に基づくロボティックスーツの制御 II. 装着者の意思に基づく起立着座アシスト制御 III. 下肢4軸制御用軌道生成法の確立 IV. 下肢4関節の歩行補助状態の識別と可視化 V. 制御装置のハードウェアの開発 <p>目標達成率 100%</p> <p>②-1 総重量 10.8 kg でほぼ目標を達成した。(コントローラ 3.3 kg、機構部品 2.8 kg、アクチュエータユニット 4.7 kg)</p> <ul style="list-style-type: none"> I. 下肢ロボティックスーツの機構設計 II. 上肢ロボティックスーツの機構設計 III. ロボティックスーツの軽量化 <p>軽量化の目標達成率 92%</p> <p>機構設計と製作の目標達成率 100%</p> <p>②-2 肩関節4、肘関節2、股関節2、膝関節2の自由度を持たせた、非外骨格型の機構を持つロボティックスーツを開発した。親しみやすいデザインを創出した。</p> <p>目標達成率 100%</p> <p>③最終試作品で上肢・下肢一体型(10 軸)のロボティックスーツを製作した。</p> <ul style="list-style-type: none"> I. ハード面からの動作特性の検証 II. ソフト面からの動作特性の検証
--	--

<p>る。</p> <p>④歩行補助・作業補助・リハビリ訓練に対する有用性検証 ・開発したロボティックスーツ有用性の定量的な実証</p>	<p>ロボティックスーツの試作と動作実験を通して、アクチュエータに必要となるトルク算定、トルクセンサの特性改善を継続的に実施した。大学が中心となり進める中で、企業がサポートを行い、システムの立ち上げをスムーズに行うことができた。</p> <p>目標達成率 100%</p> <p>④リハビリテーション施設において片麻痺患者を対象に検証実験を行い、有用性の検証を行なった。</p> <p>I. 片麻痺患者の歩行練習における下肢ロボティックスーツの有用性検証 II. リハビリ訓練動作における上肢ロボティックスーツの有用性検証 III. 4軸起立補助制御の臨床実験</p> <p>目標達成率 100%</p>
--	--

②今後の展開

信州大学において特別経費(機能強化プロジェクト分)プロジェクト「近未来体内埋め込み型歩行アシストサイボーグプロジェクト-信州大学で育んだ医・工・繊維の先鋭領域を結集した独創的サイボーグを世界に発信する-」が本年度より始まった。このプロジェクトの1テーマとして、ロボティックスーツ curara®の製品化に向けた研究開発を継続する。実用化の具体的なスケジュールとしては、3年を目途に実用化モデルを試作し、5年後の事業化を目指す。

3. 総合所見

次の研究開発フェーズに進むための十分な成果は得られなかった。現状では、イノベーション創出の可能性が低い。

独創性のある制御技術と特長ある機械要素を生かして、特長あるロボティックスーツを開発し、目標を達成した。引き続き本格展開を期待する。今後は応用分野も十分検討し、軽量化・安全性確保等のユーザー視点に基づく開発に進んで欲しい。