2025 年度 福祉助成金（福祉機器等開発助成）完了報告書　提出用

公益財団法人 橋本財団
理事長 橋本 俊明 様

2026 年　5　月　31　日

ふりがな	がっこうほうじんかけがくえん　おかやまりかだいがく			
大学 研究機関名	学校法人加計学園　岡山理科大学			
代表者名	役職名	講師	氏名	横田　雅司
連絡先	住所	〒700-0005 岡山県岡山市北区理大町 1－1 A7 号館 2 階 204 室　ロボットアーキテクチャ研究室		
	TEL	086-256-9429		
	E-mail	m-yokota@ous.ac.jp		
	URL	https://www.ise.ous.ac.jp/laboratory/t-yokota.html		
助成額	1500,000　円			
研究要旨	我が国は超高齢社会を迎え、高齢者人口の割合は総人口の約 30%に達している。厚生労働省の調査では脳血管疾患の患者数は約 112 万人と推定され、加齢に伴い罹患リスクは高まる。特に要介護原因において脳卒中の割合は高く、片麻痺患者の社会復帰を促す身体機能回復リハビリテーションの重要性が増している。これに対し、我々は装着者の身体的負担を大幅に軽減可能な免荷型パワーアシスト装置の開発を進めてきた。 本研究の目的は、小型・軽量化、高効率化、およびエネルギー回生技術の導入により、長時間駆動が可能な実用性の高い免荷型空気式パワーアシスト装置を開発し、歩行リハビリテーション支援システムへ応用することである。本助成期間では、アクティブとパッシブ双方の要素を活かした免荷型アシスト装置の実現に向け、空気圧アクチュエータおよび空気圧保持・回生システムを設計・開発した。さらに、新たな免荷型パワーアシスト装置の試作を行った。			
研究の目的	本研究では、小型・軽量化や効率化・エネルギー回生により長時間駆動可能な実用性の高い免荷型空気式パワーアシスト装置を開発し、歩行リハビリテーション支援システムへの応用をめざす。さらに、試作機による実機実験および筋骨格シミュレータから支援時に生ずる身体負担のメカニズムを明らかにし、最適な支援アルゴリズムや重心の移動等による片側支援に起因する影響を低減させる最適な制御法の確立と装置への組込みについて検討することが目的である。			
研究の 実施方法	本研究では、始めにクティブとパッシブ要素の双方の特長を活かした免荷型アシスト装置を開発するために、空気圧アクチュエータおよび空気圧保持・回生システムの設計・開発を行う。そして、開発した各種要素技術を用いて、開発した電空ハイブリッドシステムの搭載を想定して新たな免荷型アシスト装置の開発を行う。また、支援機器に合った空気圧アクチュエータおよび空気圧保持・回生システムの設計・開発を行うとともに、モーションキャプチャーカメラと筋骨格シミュレータを用いた解析や実機実験を基に支援機器の改良を進める。			
研究の成果	**【電空 HV 型アクチュエータ】** アクティブとパッシブ要素の双方の特長を活かした免荷型アシスト装置を開発するために、空気圧アクチュエータおよび空気圧保持・回生システムの設計・開発を行い、図 1 に示すような空気圧アクチュエータと電動アクチュエータのハイブリッドシステムを搭載した電空アクチュエータを開発した。本装置は、遊星歯車機構を用いて空気圧シリンダと電動モータの出力を合成している。また、電空アクチュエータの性能や動作を評価するために、図 2 に示す簡易的なパワーアシスト装置の製作および検証を行った。空気圧アクチュエータによる保持機能やバックドライブ性などが作用し、筋負担が大幅に減少していることが確認された。			

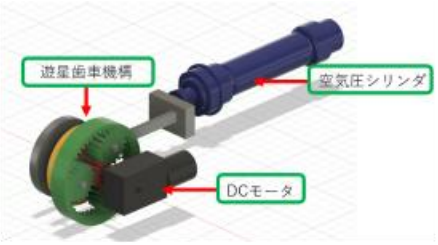

図１　電空ハイブリッドシステム

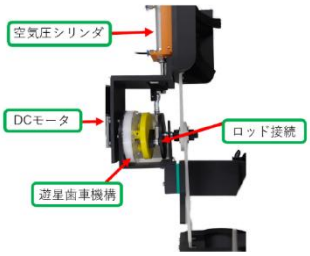

図２　電空 HV 型アクチュエータを搭載した簡易パワーアシスト装置

【パワーアシスト装置に搭載するデジタルフィルタ】

パワーアシスト装置において、最適な支援タイミングおよびアシスト力を決定するためには、使用者の姿勢や状態をリアルタイムで計測・把握することが不可欠である。そこで本研究では、3 軸加速度・角速度センサと気圧センサを組み合わせることで、装着者の詳細な姿勢情報をリアルタイムで計測するシステムを提案している。本稿では、このうち気圧センサを用いた鉛直方向の位置計測実験、およびその信号処理手法について報告する。気圧センサを用いた位置計測における特有の課題として、出力信号に大気流動や周囲の環境変化に起因する低周波の変動成分（バイアス成分）が含まれる点が挙げられる。この課題に対し本計測では、「センサの移動（昇降動作など）に伴う気圧変動は比較的高周波の成分として現れ、大気流動などの環境変化による影響はより低い周波数成分として現れる」という仮定を設け、両成分の分離を試みた。実験では、評価の信頼性を担保するため、高精度な位置制御が可能な産業用ロボットアーム「Dobot MG400」を用いて、図 3 に示すようにロボットアームのエンドエフェクタに気圧センサを取り付け、既知の軌道に沿って移動させることで、センサ移動に伴う純粋な気圧変動データを取得した。実験結果を図 4 に示す。得られたセンサ出力に対して適切なデジタルフィルタを適用した結果、別途設置した基準気圧センサによる差分補正等を行わずとも、移動に伴う気圧変動成分と、大気流動等による低周波バイアス成分を有効に分離できる可能性が示された。実験結果から外部の基準センサに依存せず、単一の移動体単体での高精度な鉛直位置推定が可能であることが確認された。

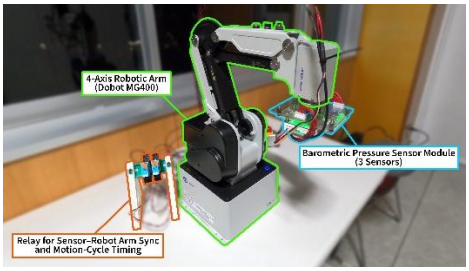

図３　ロボットアームを用いた計測環境

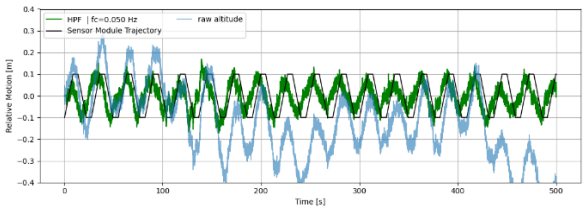

図４　計測結果（鉛直位置）

【臀部支援を考慮した免荷型パワーアシスト装置】

本研究で開発したパワーアシスト装置の外観図を図 5 に示す。本装置は左右の各脚に、ガススプリング 1 本および空気圧シリンダ 2 本を搭載し、下腿後部付近に揺動可能な状態で配置されており、大腿裏のパーツ、それに連なる腰部パーツ、および補助パーツを押し出すことで、装着者への支援力を発生させる構造になっている。また、装着者の動作や必要性に応じて以下の 2 つの支援モード（制御型式）を選択できる特徴を持っている。

- **パッシブ型（ガススプリングのみを使用）：**
  しゃがみ込み動作に連動してガススプリングが常時反力を生み出す。
  一定の支援力（56 N）を安定して提供する。

- **アクティブ型（ガススプリングと空気圧シリンダの併用）：**
  動作状況や装着者の要求に応じて空気圧シリンダを駆動し、支援力を付加する。
  最大 152 N の強力な支援力を発生させる。

本装置の荷重支持構造として、フレームの下端がかかとで地面に接地する設計を採用した。これにより、装置自重が装着者の身体に直接負荷されない機構を実現している。

	 図５　新型パワーアシスト装置 開発したパワードスーツによる支援効果を検証するため、下肢の屈伸運動を対象とした筋電位（EMG）計測実験を行った。実験では、前述の屈伸動作１往復を１セットとし、「未装着」「パッシブ型装着」「アクティブ型装着」の３条件において各３セット（計９回）の計測を実施した。屈伸動作中の「姿勢保持（しゃがみ込み維持）フェーズ」に着目すると、アシストスーツ未装着時と比較して、パッシブ型およびアクティブ型装着時において明確な筋電位の減少が確認され、下肢への筋負担が有意に軽減されることが確認された。特に空気圧シリンダを併用したアクティブ型装着時においては、姿勢保持フェーズにおける筋電位が立位（静止起立状態）と同等レベルにまで低下した。これは、アクティブ型による 152 N の支援力が、しゃがみ込み姿勢の維持に必要な生体トルクを効果的に代替し、装着者の静的な筋負担をほぼ完全に免荷できていることを確認された。
研究の成果の公表状況 今後の公表予定について	本研究で得られた知見および開発成果（パワードスーツの機構設計、気圧センサを用いた姿勢計測システム、および筋電位による評価結果）について、学術論文、査読付き国際会議などに発表してきた。具体的な公表実績の一覧を以下に示す。 **査読付き学術論文（Journal Papers）** ● Masashi Yokota and Masahiro Takaiwa, “Evaluation of Lifting Motion with Non-Wearing Type Pneumatic Power Assist Device (Comparison of One Side and Dual Sides Support)”, Transactions of the Japan Fluid Power System Society., Vol.18, No.1, pp. 108-115, 2025. **国際会議（International Conferences）** ● M Yokota, “Evaluation of Support Effect Using Non-Wearing Type Power Assistance Devices and Analysis of Physical Burden Mechanism by Musculoskeletal Simulator”, The 15th TSME International Conference on Mechanical Engineering, 2025 /12

＊2026 年 5 月 31 日締切です。必要事項を入力のうえ Word ファイルをメールにてご提出ください。