

令和 5 年 6 月 15 日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04400

研究課題名（和文）免荷型空気式パワーアシスト装置の開発と身体負担メカニズムの解明

研究課題名（英文）Development of load-free type pneumatic power assist device and elucidation of body burden mechanism

研究代表者

高岩 昌弘（TAKAIWA, Masahiro）

徳島大学・大学院社会産業理工学研究部（理工学域）・教授

研究者番号：60243490

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：装着型パワーアシスト装置ではSquat動作を阻害しやすいという問題を解決するため、新たに、脇下支援による免荷型パワーアシスト装置を開発した。関節を空気圧シリンダで駆動するアクティブ型と、バネの復元力によるパッシブ型を構築した。持ち上げ動作における支援効果を筋電位センサを用いて定量評価したところ、装着型パワーアシスト装置と比べて、下半身の筋負担が大幅に軽減できることが示された。一方、片側だけの支援では無意識に左右のバランスを維持しようとすることで一部筋負担の増加が認められた。これらより装置に体重を預けるように使用することで、筋負担の増加を抑えることができるという運用指針を得ることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脇下支援による免荷型のパワーアシスト装置を開発した。用途に応じて、エアシリンダで駆動するアクティブ型とバネの復元力のみを用いるパッシブ型を提案した。本装置は装着者との接点が靴側面と脇下の2点であるため、身体拘束が少なく、膝を曲げてしゃがむSquat法を阻害しない利点がある。単純持ち上げ動作における支援効果を筋電位センサを用いて定量評価した結果、特に下半身の筋負担が大きく低減されていることがわかり、これは筋骨格シミュレータを用いた解析からも同様の傾向を確認するに至った。パッシブ型装置は着脱が容易でオンデマンド的な使用が可能であり、低コスト化が可能であるため実用展開の可能性が高いと考えられる。

研究成果の概要（英文）：In order to solve the problem that wearable power assist devices tend to interfere with squat movements, we developed a non-wearing type power assist device that supports the armpits.

The proposed assist device has two types, an active type to be driven by a pneumatic actuator and a passive type to be driven in the power of restitution of the spring. After evaluating a support effect in the simple lifting movement by using EMG sensors and motion capture system quantitatively, it was shown that the muscle burden on lower part of the body was largely more reducible than a wearing type power assist device. On the other hand, consciousness to maintain the balance of right and left unconsciously acted by the wearing support only for one side, and a rise of EMG activity to perform the movement predominantly was seen. An operational guideline to have to leave the weight at the device than this was provided.

研究分野：ロボット工学、制御工学

キーワード：免荷型パワーアシスト装置 空気圧サーボ パッシブ機構 装着型パワーアシスト 筋骨格シミュレータ 脇下支援

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

持ち上げ動作において、対象物が体重の15%以上になると、膝を曲げた Squat 法から、膝を伸ばした Stoop 法へと動作が無意識に移行することが示されている。Stoop 法は腰部に大きな負担を強いるため、重量物の持ち上げ動作では意識的に Squat 法による動作を心がけることが重要であると指摘されている。しかし、装着型パワーアシスト装置では、機構上、大腿部の前面部を後ろ方向に押し込むことで腰部に伸展トルクを発生させるため、膝を曲げにくい機構となっている。このため、装着型パワーアシスト装置の場合、人の潜在的にも、また装置による外的拘束からも Stoop 法を助長している。

### 2. 研究の目的

上記のような背景から、本研究では、装置の下端は地面に接し、上端は装着者の脇下を支援する免荷型パワーアシスト装置を提案した。提案装置の有用性を確認するために、単純持ち上げ動作を対象として、装着型アシスト装置と提案する免荷型パワーアシスト装置間での支援効果を検証する。具体的には、対象とする筋の活動度を定量的に評価するために、筋電位センサを筋の皮膚表面に貼付し、その出力信号から筋活動度を比較検討する。

また、提案する免荷型パワーアシスト装置は簡単のため、左右片側のみの装着を想定しているため、このような筋骨格メカニズムにおける検証により、片側の脇下部のみを押し上げ支援した際の反対側筋群の影響などについて明らかにする。これらの得られた解析結果に基づいた最適な支援アルゴリズムの構築や、重心の装置側への移動等による片側支援に起因する影響低減動作など、装着者の最適な使用方法についても導出する。

### 3. 研究の方法

図1に示す免荷型パワーアシスト装置を構築した。図はワイヤー式空気圧シリンダで関節を駆動するアクティブタイプである。本提案課題では空気圧シリンダの代わりにバネの復元力のみを用いるパッシブタイプの装置も同時に開発した。

まず、単純な持ち上げ動作における支援効果について検証した。図2に示すように、4秒で重量物を持ち上げ、4秒間静止し、4秒かけて持ち下げる動作を行った。表面筋電子センサを用いた定量解析を行い、市販の装着型と提案する免荷型アシスト装置における支援効果を検証した。また、アクティブ型においては、単純持ち上げ動作のみでなく、片麻痺患者の歩行リハビリ支援装置としての応用についても検討した。

次に、提案する免荷型パワーアシスト装置において、片側の脇下部のみの支援がもたらす左右反対側筋群の影響評価と、それを低減するための装着者自身の最適

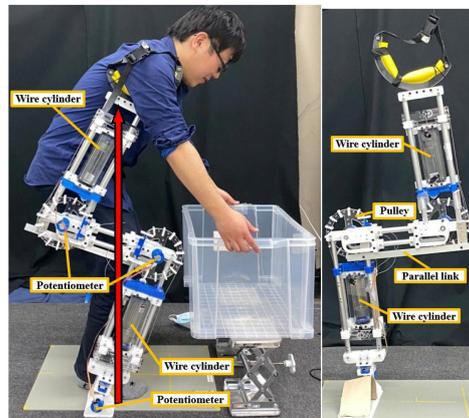


図1 免荷型パワーアシスト装置

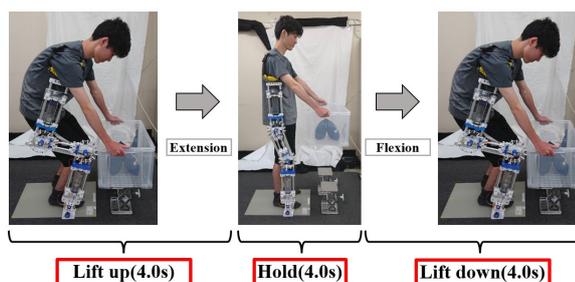


図2 単純持ち上げ動作の様子

な使用方法について検討した。

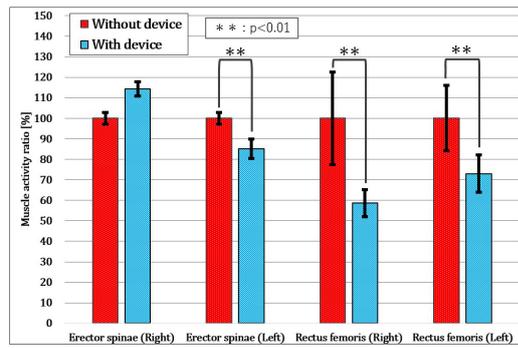
#### 4. 研究成果

##### ○装着型アシスト装置と免荷型アシスト装置の比較

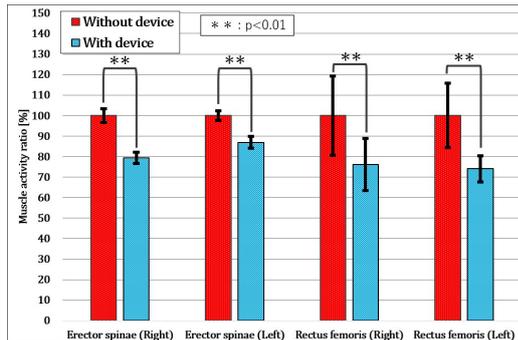
持ち上げ動作時の筋活動率を図3に示す。図中(a)、(b)はそれぞれ免荷型および装着型の結果を示す。被験者3人分の持ち上げ動作における筋電積分値 IEMG の平均値を示し、未装着時の持ち上げ動作で計測した筋電積分値 IEMG の平均値を100%として正規化している。装着型装置に比べて、下半身の筋肉に対する筋負担が大幅に低減されていることが確認できる。図1に示すように、本装置を右側面の片脇に装着して支援を行っているので、図3(a)より右半身の筋活動量が大幅に下がっていることが確認できる。しかし、右半身の脊柱起立筋の筋活動量は支援有の場合よりむしろ増加している。これは片脇だけの支援に対して、被験者が無意識のうちにバランスを取ろうとした結果、筋活動が上昇したためと考えられる。

##### ○片脇支援と両脇支援との比較検証

パンプタイプの免荷型装置において上腿筋に対する支援効果を図4に示す。(a)、(b)はそれぞれ、片側支援、両側支援の場合を示す。これより、両側支援により、上腿の筋負担が大幅に減少していることが確認できた。しかし、片脇支援時では左内側広筋の筋負担は減少しているが有意差が確認できなかつた。これは内側広筋が左右の身体バランスを取る時に働く筋であるため、被験者が片脇だけの支援に対して無意識にバランスを取ったことが原因と考えられる。また、本装置を両脇に取り付けて持ち上げ動作を行うことで身体のバランスが安定し、左内側広筋の筋負担が大幅に減少していることが確認できる。また、脊柱起立筋の筋負担が大幅に軽減していることも確認できる。

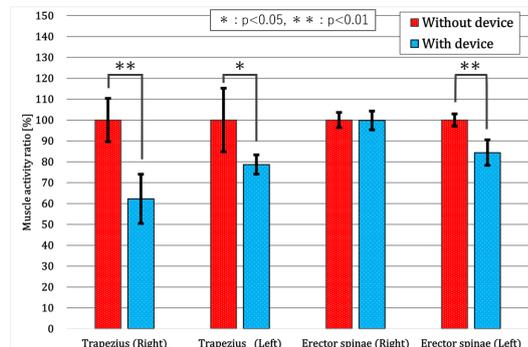


(a) 免荷型パワーアシスト装置

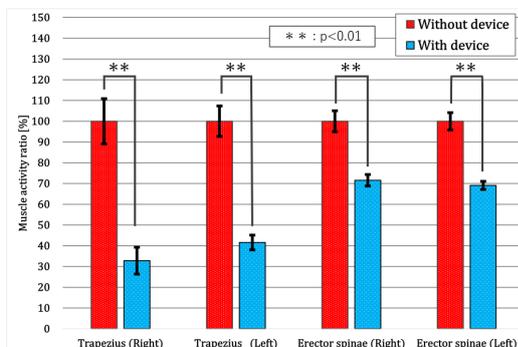


(b) 装着型パワーアシスト装置

図3 筋活動度評価



(a) 片側支援



(b) 両側支援

図4 上半身に筋活動評価

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Masashi Yokota, Masahiro Takaiwa	4. 巻 35
2. 論文標題 Support Effect and Simulation Evaluation of Lifting Motion Using Non-Wearing Type Power Assist Device	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Yokota Masashi, Takaiwa Masahiro	4. 巻 33
2. 論文標題 Gait Rehabilitation System Using a Non-Wearing Type Pneumatic Power Assist Device	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 927～934
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20965/jrm.2021.p0927	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Masashi Yokota, Masahiro Takaiwa	4. 巻 32
2. 論文標題 Development of Non-Wearing Type Pneumatic Power Assist Device -Basic Concept and Performance Evaluation-	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 1052～1060
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20965/jrm.2020.p1052	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 横田雅司、高岩昌弘
2. 発表標題 免荷型パワーアシスト装置を用いた持ち上げ支援時の経時的な筋負担評価
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス 講演会2022(Web会議)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 横田雅司、高岩昌弘
2. 発表標題 免荷型パワーアシスト装置を用いた持ち上げ支援時の身体負担評価 - 免荷型と装着型との比較 -
3. 学会等名 2022年秋季フルードパワーシステム講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 横田雅司、高岩昌弘
2. 発表標題 免荷型パワーアシスト装置を用いた持ち上げ支援時の経時的な筋負担評価
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2022(Web会議)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 横田雅司、高岩昌弘
2. 発表標題 免荷型パワーアシスト装置を用いた持ち上げ支援時の身体負担評価 - 免荷型と装着型との比較 -
3. 学会等名 2022年秋季フルードパワーシステム講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 M.Yokota, R. Hirabayashi, M. Takaiwa
2. 発表標題 Evaluation of lifting motion with non-wearing type pneumatic power assist device ~ comparison of active and passive type ~
3. 学会等名 Proc. of The 11th JFPS International Symposium on Fluid Power 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 横田 雅司, 高岩 昌弘
2. 発表標題 免荷型空気式パワーアシスト装置を用いた持ち上げ支援時の筋負担評価
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス 講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 横田雅司、高岩昌弘
2. 発表標題 免荷型空気式パワーアシスト装置における支援効果の検証
3. 学会等名 第38回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 横田雅司、高岩昌弘
2. 発表標題 免荷型空気式パワーアシスト装置の力制御における支援効果の検証
3. 学会等名 電気学会研究会 人間中心型システムのための情報・制御技術
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 横田雅司、高岩昌弘
2. 発表標題 免荷型空気式パワーアシスト装置を用いた持ち上げ支援の動作解析
3. 学会等名 2020年秋季フルードパワーシステム講演会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 アシスト装置	発明者 高岩昌弘、横田雅司	権利者 徳島大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-165534	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 空圧シリンダを利用した駆動装置	発明者 高岩昌弘、大西晃 貴、山田暢昭	権利者 徳島大学、三菱 電線工業㈱
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-071563	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------