

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 6 日現在

機関番号：21401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350672

研究課題名(和文) 新しい空気圧人工筋を用いた体重免荷システムの開発

研究課題名(英文) Development of a body weight canceling system using a new pneumatic artificial muscle

研究代表者

齋藤 直樹 (Saito, Naoki)

秋田県立大学・システム科学技術学部・准教授

研究者番号：60315645

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：新しい空気圧人工筋肉による、高齢者や歩行補助が必要な人のための、体重免荷システムの開発を行った。この研究では、体重免荷システムの基礎技術を開発した。はじめに、新しい人工筋肉の耐圧性と耐久性を改良した。次に、この新しい人工筋肉で体重免荷を行うための力制御を行った。これに加え、体重免荷されている人の移動方向検出機能として、水平方向の力検出機構を考案した。また、体重免荷による歩行実験を行い、少ない筋活動で歩くことができることを確認した。以上のことから、基礎技術を検討し、体重免荷システムの実現の可能性を確認した。

研究成果の概要(英文)：We tried to develop a body weight canceling system driven by a new pneumatic artificial muscle. In this project, we developed several basic technologies for achieving the body weight canceling system. First, we improved the pressure tightness and endurance of a new pneumatic artificial muscle. Next, we controlled vertical force control system by using this pneumatic artificial muscle. In addition, we proposed a horizontal force detection system in order to detect the direction of movement of those who use the body weight canceling system. And we carried out the walking experiment using the body weight canceling system. In the experiment, we confirmed the effectiveness of this system for reducing the muscle's activity of the leg.

研究分野：空気圧、メカトロニクス

キーワード：空気圧 人工筋肉 体重免荷

1. 研究開始当初の背景

(1) 日本では、高齢者や要介護者が増加している。要支援の割合は介護認定全体の30%にもものぼり、そのうちの33%の人は関節疾患、骨折、転倒が原因となっている。こうした原因で、生活の基本となる歩行に消極的になると、社会参加から遠ざかり、孤立や認知症などへの発展が懸念される。高齢者が元気に社会に参加し、介護負担を減らすためには、高齢者が歩き、体力を増進させることが最も重要であると考えられる。歩行に対して消極的な高齢者や要介護者の歩行を支援するために、関節疾患や骨折などの症状を考慮すると体重を支える体重免荷機能を持つ歩行補助器が有用であると考えられる。

(2) 歩行に不安や不具合がある人は、歩行補助器を利用して歩くことが多い。たとえば歩行車や歩行補助杖などが補助器として上げられる。しかし、これら歩行補助器は、歩行者が体の一部をあずけることで体重免荷を行っているが、この状態で移動を伴うと、滑ったり、自重の全てが補助器にかかったりするため、体重免荷として不安定で、危険を伴う。このことから、体を吊り上げるような方向に力を作用させて体重の免荷を行う、歩行補助器に取付け可能なシステムを開発する。このシステムにおいては、体との接触を考え、柔らかく、かつ滑らかで体重を支えるほどの大きな力が発揮できるアクチュエータが必要である。このことを考慮し、軽量で、ベルトのように柔軟変形が可能な、ラバーレス人工筋肉による体重免荷システムを開発する。

2. 研究の目的

本研究では、ラバーレス人工筋肉による体重免荷システムを開発するために、基盤技術となる、ラバーレス人工筋肉の高出力および高耐久化、および体重免荷のための垂直方向力制御、システムの移動方向検出のための水平方向力検出について検討を行う。本研究で提案する体重免荷システムの有用性を確認するために、これらを組み合わせて実際に体重免荷動作を行い、提案する手法の効果を確認する。

3. 研究の方法

(1) ラバーレス人工筋肉の高出力および高耐久化では、伸縮回数耐久試験方法を確立し、主に人工筋肉のエアバッグの素材および構造を改良して、高出力および高耐久化を試験により確認する。

(2) 体重免荷のための垂直方向力制御については、図1に示す力フィードバック制御システムの有用性を検討する。システムの簡易化を目指して、力学平衡モデルによる収縮力の推定結果を力フィードバック情報として用いた。また、体重免荷方式として一般的なカウンターウェイト方式の実現を目指して、対象に対して常に一定の力を発揮する動作を目指した。この制御システムをラバーレス人

工筋に適用し、任意に外力を加え、力を一定にしつつ変位が変化するか、実験で確認した。

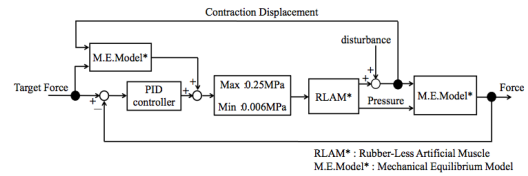


図1 力制御ブロック線図

(3) 水平方向力の検出については、図2に示すようにラバーレス人工筋肉2本をV字に配置し、それぞれのラバーレス人工筋肉にかかる力の差を利用して水平方向の力検出を試みる。幾何学解析により、それぞれのラバーレス人工筋肉の収縮力を F_1 、 F_2 、垂直方向からの角度を θ_1 、 θ_2 とし、水平方向の力の式を導出した。この方式による水平方向の力検出の可能性について実験的に確認する。

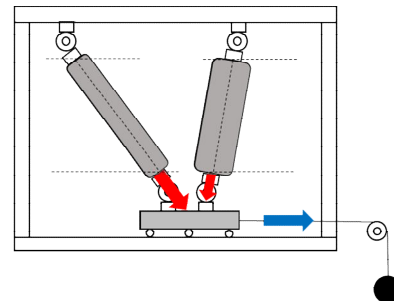


図2 水平方向力検出システム概要図

(4) 体重免荷の効果の確認については、図3に示すシステムを構築し、垂直方向の体重免荷の効果について確認した。ここでは成人男性の健常者がトレッドミル上を歩き、歩行に使用する腓腹筋の表面筋電位により評価を行った。

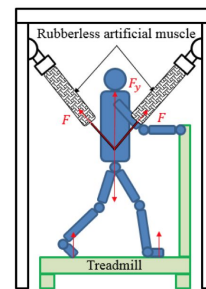


図3 体重免荷実験概要図

4. 研究成果

(1) ラバーレス人工筋肉の高出力および高耐久化については、エアバッグをポリエステル繊維とポリエチレンの複合シートで製作し、ケブラー系によるしわの補強と、縫合による筒状加工の強化を行った。製作したエアバッグの断面図を図4に示す。これにより、150mmの長さのもので、内圧0.4MPaで約20000回の収縮回数と、最大800Nの収縮力を発揮することができた。

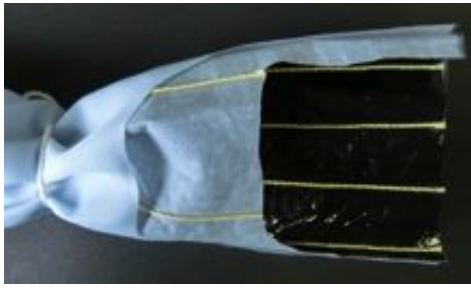


図4 ラバーレス人工筋肉エアバッグ

(2) 体重免荷のための垂直方向力制御について行った実験結果を図5に示す。モデルによる力推定結果をみると、応答の遅れにより一時的に力が増大しているが、その後速やかに目標の力に到達しており、基本的な動作は確認することができた。一方で、実際のラバーレス人工筋肉の発揮している力をみると、力学平衡モデルの推定精度が不十分であるため、モデルによる力推定結果と異なっていることが分かる。特に、外力を与える前後で力の推定結果が異なっていることから、ラバーレス人工筋肉のもつヒステリシス特性により、推定精度が低下しているものと考えられる。この即応性と、ヒステリシスを考慮したモデル推定精度の改善が今後の課題である。

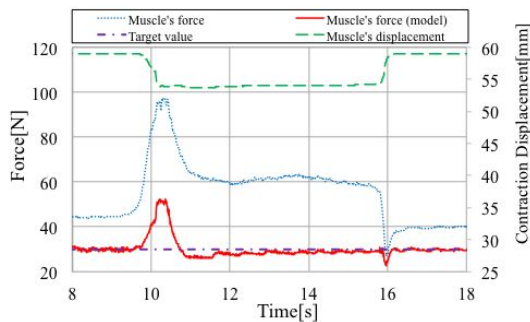


図5 垂直方向力制御応答図

(3) 水平方向力の検出においては、加えた力の大きさと、実際に検出した力をまとめた結果を図6に示す。この結果より、本研究で提案した方式は水平方向力の検出ができることがわかった。

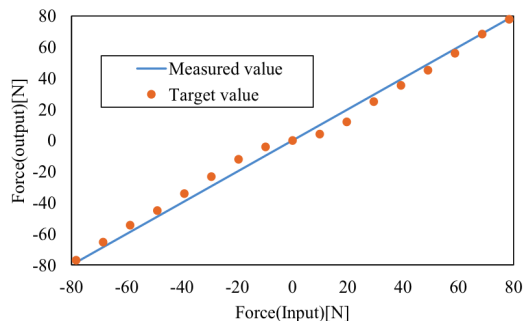


図6 水平方向力検出実験応答図

(4) 体重免荷の効果について、トレッドミルを歩行した結果を図7と図8に示す。図7は体重免荷をせず、通常歩行を行った結果であり、図8は200Nの体重免荷を行った結果である。床反力はトレッドミル面の1/4分の大きさを示している。図7と図8より、床反力

は実験条件どおり、約50Nの減少が見られる。この時の腓腹筋活動をみると、振幅の大きさに顕著な違いは見られないが、筋活動時間に違いが見られる。体重免荷がない場合に比べ、体重免荷をおこなうと1歩の動きにおいて約0.5秒から1.0秒程度、腓腹筋の活動時間が短縮されている。このことから、提案する体重免荷が歩行時の筋活動を低減させることがわかった。

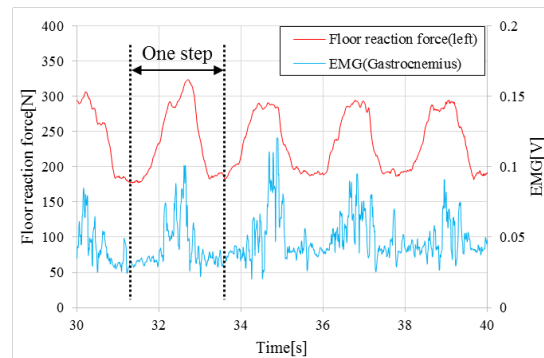


図7 歩行時床反力と腓腹筋筋電位 (体重免荷なし)

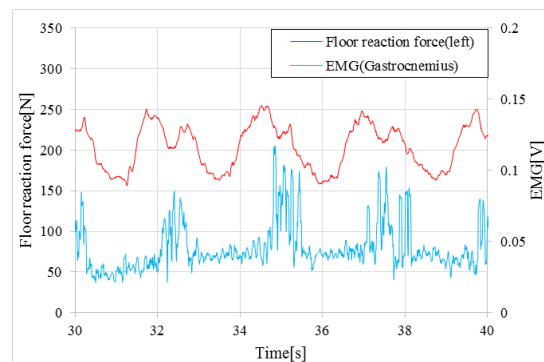


図8 歩行時床反力と腓腹筋筋電位 (体重免荷あり)

この結果が長時間や日常生活での歩行に及ぼす効果について、また、腓腹筋活動以外に及ぼす効果について、さらなる考察を深めることが今後の課題である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計4件)

Naoki Saito, Toshiyuki Satoh, Posture control considering joint stiffness of a robot arm driven by rubberless artificial muscle, International Journal of Automation Technology, Vol. 10, 2016, (印刷中)

齋藤直樹, 佐藤俊之, ラバーレス人工筋肉拮抗駆動システムの動作特性と位置制御, 日本フルードパワーシステム学会論文集, Vol. 46, No. 3, pp.15-21, 2015, <https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jfps/-char/ja/>

Naoki Saito, Toshiyuki Satoh, Force and position control of the rubberless artificial muscle antagonistic drive system, JFPS International Journal of Fluid Power System, Vol. 8, No. 1, p.44-51, 2015, DOI: 10.5739/jfpsij.8.44

齋藤直樹、佐藤俊之、空気圧ラバーレス人工筋肉拮抗駆動システムの剛性を考慮した位置制御、日本機械学会論文集、Vol. 81, No. 821, pp.1-11, 2015, DOI: 10.1299/transjsme.14-00497

〔学会発表〕(計 2 件)

齋藤直樹、歩行時筋活動による体重免荷システムの評価、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016、2016年6月9日、「パシフィコ横浜(神奈川県・横浜市)」

齋藤直樹、実用圧力におけるラバーレス人工筋肉の耐久性評価、平成28年度春季フルードパワーシステム講演会、2016年5月26日、「機械振興会館(東京都・港区)」

齋藤直樹、人工筋肉による体重免荷システムの移動方向検出機構の検討、機械学会2015年度年次大会、2015年9月15日、「北海道大学(北海道・札幌市)」

齋藤直樹、ラバーレス人工筋肉を用いた体重免荷システムの開発、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2015、2015年5月18日、「みやこめっせ(京都府・京都市)」

齋藤直樹、ラバーレス人工筋肉の耐圧性の改良、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2015、2015年5月18日、「みやこめっせ(京都府・京都市)」

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

齋藤 直樹 (SAITO, Naoki)

秋田県立大学・システム科学技術学部・准教授

研究者番号：60315645

(2) 研究分担者

佐藤 俊之 (SATOH, Toshiyuki)

秋田県立大学・システム科学技術学部・准教授

研究者番号：40315635

(3) 連携研究者

()

研究者番号：