

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 10 日現在

機関番号：11501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24560153

研究課題名(和文) 軽量な空間リンク機構による身体拘束のない歩行補助システムの開発

研究課題名(英文) Development of walking assist system using lightweight spatial mechanism without physical restraint

研究代表者

南後 淳(Nango, Jun)

山形大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：50250957

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：1入力で歩行を補助する装置の骨格となる機構について、シミュレーションと試作を行った。2つの片脚分の試作で機構による歩行動作の創成を確認し、3つめの試作では、両脚分として、静歩行に対して腕部駆動の形式で行った。静歩行とすることで、装置の重心位置の変動は小さくなり、使用者もバランスを取りやすくなったが幾分窮屈な動作となっている。また、右手で右脚、左手で左脚を駆動する動作が腕部を含めた動作で見ると不自然さがある。一方、サドルを用いることで身体拘束を低減し、部位によっては装置を使用することで筋活動量の低下を確認した。使用対象者を限定しない装置とするには、歩容の変化への対応などが課題となる。

研究成果の概要(英文)：Applicant simulated and manufactured a skeletal mechanism for a walking assist device mechanism driven with one input by way of trial. It was confirmed that a walking motion can be generated by 1st and 2nd experimental model for one leg assisted. 3rd experimental model was manufactured to be driven by user's own arm for both legs assisted in the case of the static walking. In the 3rd experimental model, because the fluctuating range of center of gravity was made be small, the user was able to keep the balance easily. But the walking motion when using the device seemed to be a constrained manner. It was confirmed that the load of the physical restraint would be reduced by using the saddle, the muscular active mass in specific part is reduced by using the device. The future issue is that investigating the manner to adapt the change in the gait between the static and dynamic walks when using the assist device.

研究分野：工学

キーワード：平面リンク機構 脚部動作 歩行 1入力

1. 研究開始当初の背景

これまでに研究・開発されている自立支援のための機械は、モータ等で各関節のトルクを補助するために、人体への何らかの拘束を必要とするものがほとんどである^①。

また、センサを多用するために事前の調整が必要であり、煩雑^②である。表面筋電位を制御信号として用いる場合には、高齢者では検出が難しい。

そのために、これら従来の支援機器の使用を好まない要介護者も少なからず存在し、手軽に使えないのが実情である^③。

また、アクチュエータを用いて人体の運動を補助するとき、制御則が不十分であれば、人体に対し危険が伴う。また、これらの機器への過度の依存は、自発的な行動への妨げとなる。

使用者自身が直接、機器を操作することができれば、制御に過度に依存するために生じる危険を回避することができるとともに、自らの体に向き合いながら、自身の身体能力に合わせた適切な補助を与えることができ、操作も直観的でわかりやすいものとなる。

一方、リンク機構は、1入力で同じ運動を繰り返し行うので、歩行など人体の周期的な運動を補助するのに適している(図1参照)。

また、先の東日本での震災でも明らかのように、バッテリーを使用する福祉機器は、停電時にはその能力を十分に発揮できない恐れがある。

応募者はこれまで、平面リンク機構を用いた脚部運動を補助する装置の設計を行ってきた(平成21年度基盤研究(C)課題番号21560141、外部からのエネルギー供給を必要としない脚部運動補助システムの開発)。

立上り動作では、補助する機器の設計法に一定の目的が果たされたものの^④、歩行での移動を補助する装置については、装置の重量や重心、人体と装置の接触状態での考察が十分でないために、必ずしも使いやすいものではない(図2参照)。

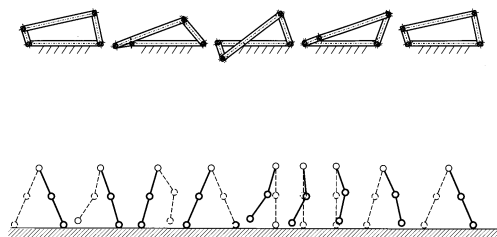


図1 繰り返し動作の再現

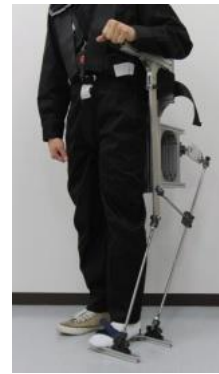


図2 先行研究における歩行補助装置

2. 研究の目的

歩行を補助する機器あるいは道具には杖や歩行器がある。いずれも手軽に使用できるのは、身体拘束がないからと考えることができる。

一方、装置と人体の間に何らかの接触点があれば歩行をはじめ、人体の運動を補助することはできない。

ロボットスーツは、その制御システムもあわせ、補助の効果は高いが、事前の調整と人体への拘束を伴う装着により、使用に際し積極的になれない人は存在する。

そこで本研究では、身体拘束を極力減らすとともに杖などの器具に比較し補助効果の高い歩行支援の機器の設計・開発を行うものとする。また、入力はひとつのみとし、それを使用者の単純な動作によって駆動するものとする。

3. 研究の方法

補助装置との身体拘束を取り除くためには、歩行時の人体の重心移動にあわせて、装置の接触位置が追従していくことが必要となる。支持脚時において、足関節に対する体重心の軌跡を描くことで、その軌跡に追従する装置の設計を行うことは可能であるが、遊脚時のように、床面から足裏が離れる場合には、この設計法では人体と装置の接触状態を保つことはできない。

そこで、本研究ではまず、腰付近で装置と人体を固定した状態を想定し、股関節を原点とした足関節の描く軌跡を、装置の対応点が、入力クランクを回転した際に追従するよう装置を設計することとする。

4. 研究成果

2つの片脚分の試作(試作1号機および2号機)を通じて、機構による歩行動作の創成を確認した。

試作1号機(図3参照)はモータを外部動力とした駆動であり、参照した歩行動作は足裏が地面に平行となるものである。これは助歩行動作を参照した場合、装置の重心位置が大きく変動し、使用者がバランスをとるのが困難となるからである。

試作 2 号機 (図 4 参照) では腕部での駆動を実現するため、入力クランクの位置を人体腰部の前方とした。さらに、装置の重心位置の変動を小さくし、人体への拘束を緩やかなもので実現できるように参照した歩行動作では、足裏面が地面と平行になるようにしている点は試作 1 号機と同様である。

ところが、装置の重心の変動は小さいものの、補助する動作が使用者にとって窮屈な動作であり、使いやすいものではなかった。

試作 3 号機 (図 5 参照) では、後方への蹴り上げを許容しつつ安定した歩行動作を実現するため静歩行の動作の再現を行っている。試作 1 号機および 2 号機での足裏が地面に平行で歩幅の小さな動作と比較すれば、不自然さは減少したが、幾分窮屈な動作であり、また、右手で右脚、左手で左脚を駆動する動作が腕部を含めた動作で見ると不自然さがある。

図 6 には、試作 3 号機に関して脚部関節の角変位を示している。それぞれ、設計時に参照した曲線、機構の運動シミュレーションから得られた曲線および試作した装置使用時の測定値を示している。被験者は 20 代男性としている。



図 3 試作 1 号機



図 4 試作 2 号機

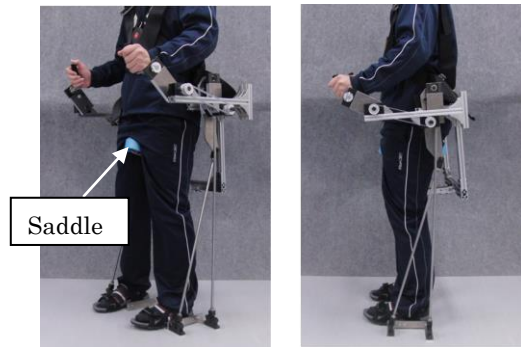
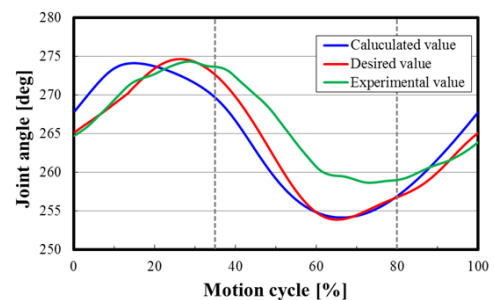
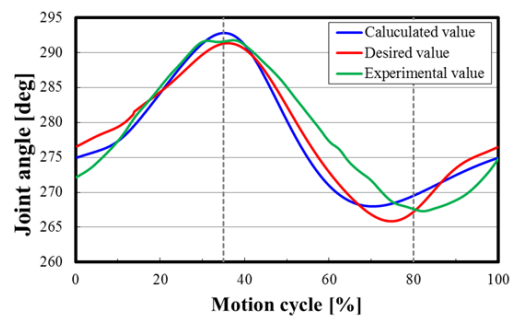


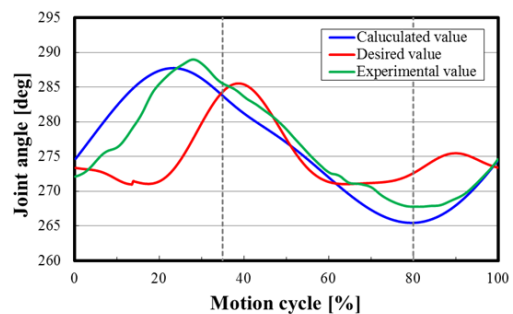
図 5 試作 3 号機



(a) Hip joint

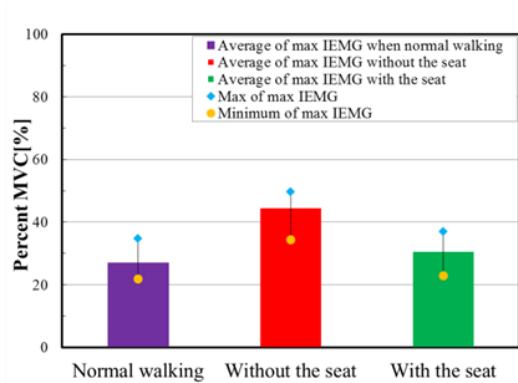


(b) Knee joint

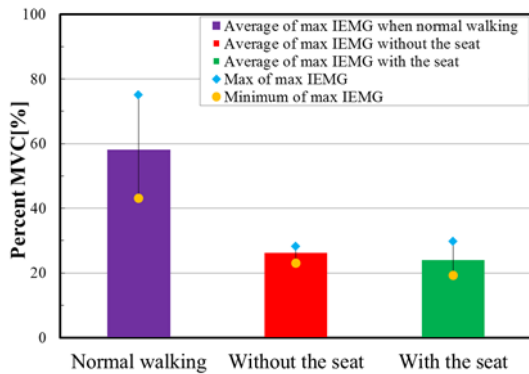


(c) Ankle Joint

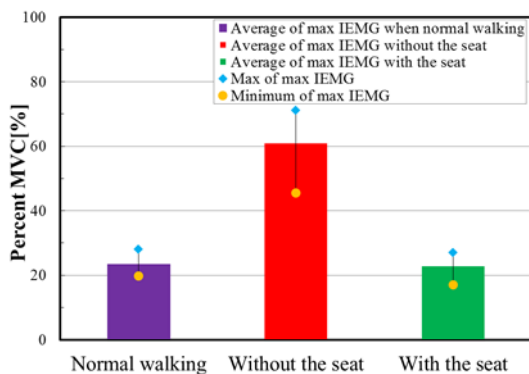
図 6 脚部角変位曲線 (試作 3 号機)



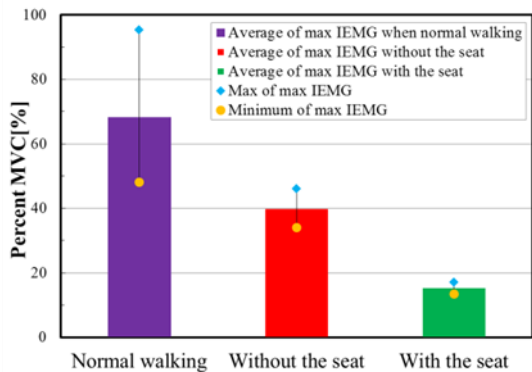
(a) 前脛骨筋



(b) 腓腹筋



(c) 内側広筋



(d) 半腱様筋

図7 %MVC (試作3号機)

また、図7には、筋活動量の変化を調べるため、表面筋電位の値を示している。図中、左から装置未使用、装置にサドルを取り付けての使用時およびサドルを取り付けなかった時の使用時での歩行動作における表面筋電位を、最大随意収縮時の筋活動量に対する比率(%MVC)で示している。被験者は20代男性である。

図6から、股関節および膝関節の角変位については、位相の違いは生じているものの、参照した歩行動作における角変位に追従した結果となっている。その一方で、足関節については、直接地面に接触する部位の運動に関与する関節でもあり、装置を使用したことによる重心の変動の影響などにより、設計時に参照した変位の再現は十分には行えていないことがわかる。

また、図7から、装置を用いることで筋活動量が低下する部位の存在を確認した(腓腹筋、半腱様筋)。サドルを用いて使用者と装置の接触状態を保つことでより筋活動量を効果的に低下させることができる。その一方で、装置を使用してもほとんど変わらない部位(内側広筋)や、かえって筋活動量が増えた部位(前脛骨筋)の存在も確認できる。

人体を介した補助効果の評価だけではなく、装置としての機械効率を確認したうえで、上記の筋電位による評価を再検討する必要があると考える。

<引用文献>

①池原 忠明他9名, フレキシブルシャフトのねじりばね効果を用いた脚部密着型歩行補助機の開発, 日本機械学会論文集C編, Vol. 77 (2011), No. 775, pp. 698-711.

②林 知広, 岩月 幸一, 山海 嘉之, 神経・筋活動の制御に支障がある重度対麻痺患者の脚上げ意思推定と歩行アシスト, 日本機械学会論文集C編, Vol. 77 (2011), No. 774, pp. 439-449.

③二瓶美里, どうして高齢者は支援機器が「好きじゃない」のか, 利用者心理を捉えた支援機器の新たなる展開, 日本生活支援工学会誌, 2011年, Vol. 11, No. 1, pp. 14-17.

④Jun NANGO, Hisato YOSHIKAWA, Jiajun LIU, Design of Mechanism for Assisting Standing Movement Using Planar Linkage and Gear Train, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, 2010, Vol. 4, No. 2.

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2件)

(1) Yoshizawa, T., Nango, J., Koguchi, T., Experimental analysis of a water-pump driving mechanism using an orthogonal double-slider joint, Transaction of the JSME, Vol.3 No.1, 2016, pp.1-pp.12, DOI:10.1299/mej.15-00551. (査読有)

(2) 南後 淳, 前田和則, 加藤良祐, 横澤恵輔, 佐藤拓也, 歩行訓練器のための疑似歩行動作一回転運動変換機構の設計, 日本機械学会論文集, 査読有, Vol.80, No.820, 2014, pp.1-pp.23, DOI:10.1299/transjsme.2014trans0344. (査読有)

〔学会発表〕(計9件)

(1) 横山 檀, 南後 淳, 歩行動作を促す膝装具の運動評価, LIFE2015, 2015年9月8日, 九州産業大学(福岡県・福岡市).

(2) Nango, J., Koguchi, T., Yoshizawa, T., Experimental Analysis of Water Pump Driving Mechanism Using Orthogonal Double-slider Joint, ICMDT 2015, April 23, 2015, Okinawa Convention Center (Okinawa・Ginowan City).

(3) 南後 淳, 佐藤慶和, 床からの立ち上がり動作を補助する装置の開発, LIFE2014, 2014年9月24日, ルスツリゾート(北海道・虻田郡).

(4) 南後 淳, 鈴木 貴史, 平面リンク機構を応用した腕部駆動による歩行補助装置の設計・製作, 日本機械学会 2014年度年次大会, 2014年9月9日, 東京電機大学, 東京千住キャンパス(東京都・足立区).

(5) 南後 淳, 佐藤拓也, 後藤大輝, スライダ・クランク機構を用いた疑似歩行動作一回転運動変換機構の開発, 第14回機素潤滑設計部門講演会, 2014年4月22日, 信州松代ロイヤルホテル(長野県・長野市).

(6) 吉澤 匠, 南後 淳, 吉澤 保夫, 直交2重スライダを用いたコンプレッサーの高速回転化に関する性能実験, 日本機械学会 2013年度年次大会, 2013年9月9日, 岡山大学津島キャンパス(岡山県・岡山市).

(7) Suzuki, T., Nango, J., Development of Wearable Walking Assist Device Driven by User's Hand, ICMDT 2013, May22~25, 2013, Busan(Korea).

(8) 南後 淳, 狩野悠介, 拇指関節の回転を入力とする歩行を補助する膝装具の設計・開発, 日本機械学会 2012年度年次大会, 2012年9月10日, 金沢大学角間キャンパス(石川県・金沢市).

(9) 南後 淳, 宮田和揮, 鈴木貴史, 足裏の接地状態を考慮した装着型歩行補助装置の開発, 日本機械学会 2012年度年次大会, 2012年9月10日, 金沢大学角間キャンパス(石川県・金沢市).

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

研究室 URL

http://nango_lab.yz.yamagata-u.ac.jp/

6. 研究組織

(1) 研究代表者

南後 淳 (NANGO, Jun)

山形大学・大学院理工学研究科・准教授

研究者番号: 50250957

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし