

令和 3 年 6 月 23 日現在

機関番号：34406

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K12172

研究課題名（和文）「楽な立ち上がり」訓練を支援する新型介助機器の開発とその臨床評価

研究課題名（英文）Development of a novel assistance device which can support Easy Standing-up Motion training and its clinical evaluations

研究代表者

原口 真（Haraguchi, Makoto）

大阪工業大学・工学部・講師

研究者番号：80467547

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：高齢者や脳卒中患者の起立動作リハビリテーションを可能とするために、訓練者の骨盤と膝を動的に支持可能な装置を開発する。研究期間中に、訓練者が装置の前方から乗り移りができる前方移乗型、および側方から移乗可能な仕様の側方移乗型の2種類を設計・製作した。前方移乗型は骨盤支持部に同期して動く背もたれが備え付けられており、訓練者に安心感を与えることができる。ガススプリングを並列に設置することで発生力を補助し、電動モータを小型化できるようになった。側方移乗型の開発によって、非対称な起立動作訓練も行えるようになった。訓練者の回復度合いに応じて、装置からのアシスト量を軽減できるように、力制御方式を検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでに利用者の起立動作を介助する起立支援装置は多く開発されてきたが、介護装置としての側面が強く、自立支援を目的とした訓練装置は少なかった。今回開発した装置は膝関節を動的に支持するので、普段人間が行っている「自然な」起立動作を訓練可能である。訓練者の圧迫感を軽減するために非拘束な構造としているが、骨盤と膝関節を支持しているため、大腿骨を安定的に支持することになり、安全に起立動作を訓練することができる。重力に逆らった動作の訓練支援は医師・療法士にも大きな負担であるが、本装置を活用することで、負担軽減が見込める。自主訓練も可能となるので、リハビリテーション環境を向上させることができる。

研究成果の概要（英文）：In order to assist standing-up motion rehabilitation for elderly people and stroked patients, we have developed devices which can support trainee's pelvis and knees dynamically. During study period, we have designed and made two types of devices, one is device which users can step into from the front, the other is device which users can step into from the side. The device stepping into from the front is attached back rest which synchronize pelvis support, so that users can train without worrying about falling accidents. By attaching gas springs for assisting generative force, electric motors can become compacted. The device stepping into from the side can support asymmetry standing-up motion training. We adopted force-control method in order to reduce device assisting depending on the trainee's degree of recovery.

研究分野：福祉工学，メカトロニクス，機構学

キーワード：リハビリテーションロボット 介護福祉機器 起立動作訓練

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

日本は現在、4人に1人が高齢者(65歳以上)という状況であり、社会保障費の増加のみならず、介護負担の増加も問題視されている。2025年には団塊の世代が後期高齢者(75歳以上)になることで、さらに介護負担が増えることが危惧されている(「2025年問題」)。この問題を受けて、介護現場にロボットを導入することで要介護者の自立支援や介護従事者の負担軽減を実現しようという気運が高まっている。日常生活において介助が必要な基本動作としては、寝返り、起き上がりと寝かせ、乗り移り、起立と着座、歩行など様々ある。本研究においては、その中でも重力に逆らって最もエネルギーを消費すると考えられる起立動作を支援対象とするロボット装置を設計・製作する。

開発装置は脛部と骨盤を支持可能であり、人が通常立ち上がる時の大腿骨と脛骨の傾きと位置を再現する様に動かすことができる。脛部と大腿骨、骨盤を完全にコントロールできるので、座位から立位に至るまでの様々な姿勢変化を起こすことができ、「自然な立ち上がり方とは何か?」、「高齢者が自身の残存機能で楽に立ち上がるためにはどうすればよいか?」について研究することが可能となる。

2. 研究の目的

世の中で開発されている既存のリハビリテーション可能な起立支援機は、使用者はハーネスを胸部に装着し、ハーネスに取り付けたロボットアームによって起立を支援されるため、下肢の弱った使用者には使えない。さらに、ハーネスを骨盤や胸部に装着することは、使用者に圧迫感、閉塞感を与えてしまう。そこで本研究では非装着型で、かつ骨盤(大転子)と膝関節を多点支持可能な起立支援装置を開発する。

膝関節を押さえつけることのできる既存の起立支援装置としては、固定式の膝マット部に膝を押しつけるだけであり、本来、人が立ち上がる際の膝の動きを再現できていない。人は脛部を鉛直にして起立しない。反動をつければ可能であるが、身体機能の弱った利用者には不可能である。ヒトの下肢帯は腸骨、大腿骨、脛骨・腓骨、足の骨なので、そのうちの主要な3つをサポートすることが安全確実な立ち上がり役に立つ。

介助装置にありがちな事であるが、全介助を長期間行うことによって被介助者の体力が衰え、寝たきりを引き起こしてしまうことがある。ベッドや車いす上で長期間過ごすことは、廃用症候群(生活不活発病)を引き起こす。このような廃用症候群に至る介助装置は好ましくない。介助を行いながら機能維持も兼ね、可能であれば機能回復ができるようにしていく必要がある。リハビリと介助が境目なく実現可能な装置作りが必要である。全介助するのではなく、被介助者の筋肉を適度に使う仕様とする。

3. 研究の方法

骨盤と膝関節を支持することで起立動作をアシストできるかの検証用に、簡単な試作機(以下、一次試作機と呼ぶ)は研究期間前に製作している。提案装置はこの構造をより実用的になる様に改良したものである。

4. 研究成果

(1) 前方移乗型起立リハビリテーション支援機器の開発

2018年度に前方から入り込む形式の起立支援機を設計開発した(図1)。研究期間以前に開発していた一次試作機に対して二次試作機と言える。二次試作機には、安全性を高めるため、背もたれ・座面を設けた(一次試作機に対して、椅子が不要である)。膝部は図2に示すように平行リンク機構をリニアアクチュエータで動かす事で、支持を行う。骨盤支持部は図3に示すようにリニアアクチュエータの動きを4節リンク機構で増速させ、さらに直角二等辺三角形を組み合わせる。それにより、リニアアクチュエータが最も伸びた状態で骨盤リンクは水平に、リニアアクチュエータが最も縮んだ状態で骨盤支持リンクは鉛直になるようにした。また、図4のように骨盤支持リンクに平行リンクを追加することで、背もたれが鉛直のまま腰部に追従するように設計した。背もたれは骨盤支持部とは別のアクチュエータで動かす案もあったが、システムの肥大化・高額化を招くため、一つのアクチュエータで動かす仕様とした。

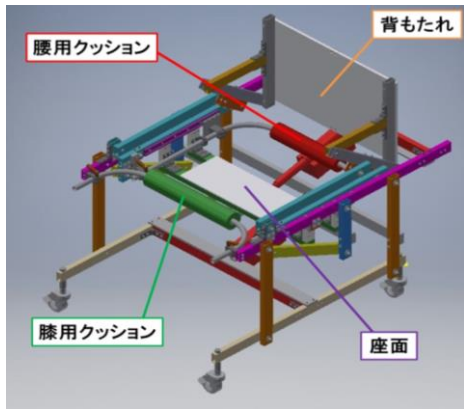


図1 前方移乗型起立支援機

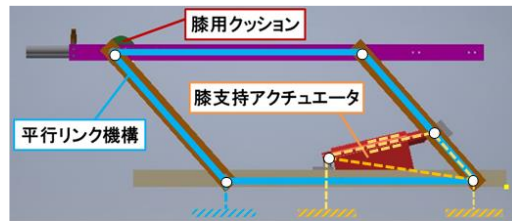


図2 前方移乗型の膝支持機構

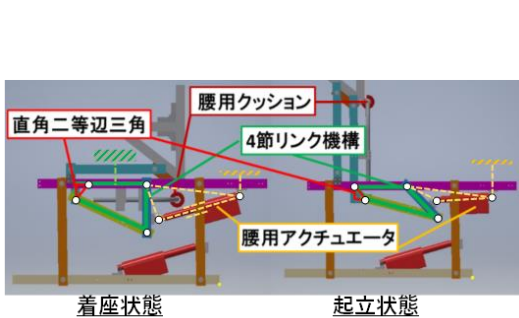


図3 前方移乗型の骨盤支持機構

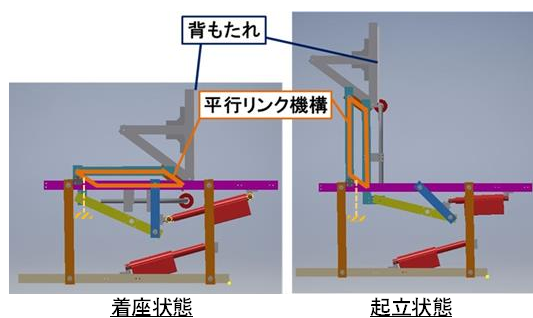


図4 前方移乗型の背もたれ機構

実際に製作した装置（俯瞰図および使用風景）を図5に示す。装置のサイズは 870W[mm] × 1200D[mm] × 810H[mm]（座位時），870W[mm] × 1170D[mm] × 1380H[mm]（立位時）である。膝の高さ調節機構が無いが、足元に踏み台を重ねて置くことで調節する。背もたれ部の自重により、骨盤部が想定していたよりも推力を確保できなかったため、図6に示すように、リニアアクチュエータと平行にガススプリング（装置の左右に計2個）を2019年度に設置することで自重補償機構とし、アクチュエータの負荷を抑える仕様とした。副次的な効果として、ガススプリングを取り付けることで、骨盤支持部に発生していた振動も抑えることができた。骨盤支持部に加速度センサを取り付け、測定したところ、ガススプリング取り付け前で加速度の最大値は0.5Gであったのに対して、ガススプリング取り付け後は加速度の最大値は0.2Gであり、大幅に振動は減少していた。



図5 実際に製作した前方移乗型装置

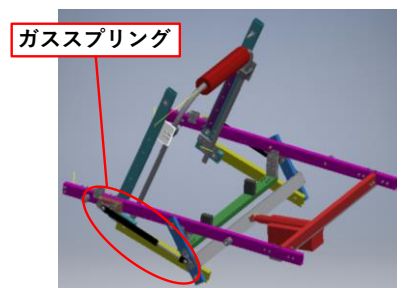


図6 ガススプリング取り付け

(2) 側方移乗型起立リハビリテーション支援機器の開発

図7に2020年度に設計した側方移乗型起立リハビリテーション装置のCAD図を示す。この装置は3次試作機と言える。組み立て中の側方移乗型装置の俯瞰図を図8に示す。装置のサイズは1010W[mm]×1180D[mm]×500H[mm]（座位時）、1010W[mm]×1030D[mm]×960H[mm]（立位時）である。使用者は装置の横側から入り込み、膝支持部に向かった状態で、骨盤支持用クッションに腰掛け使用する。同様に骨盤と膝の両方を動的に支持し、かつ膝部を固定せず立ち上がりの動作が出来る仕様になっている。アドミタンス制御を適用しやすくするために、動力はリニアアクチュエータでなく、回転式モータを使用している。

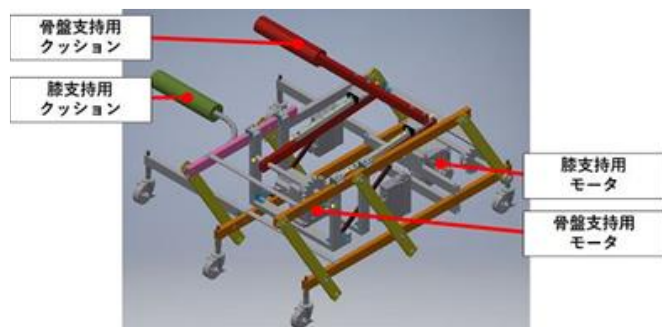


図7 側方移乗型起立支援機



図8 実際の側方移乗型装置

移乗方式の違いを、図9に示す。1次試作機は骨盤支持クッションを一度分割後、再結合する必要がある。2次試作機も同様に、膝支持クッションを一度分割後、再結合する必要がある。それに対して、3次試作機（側方移乗型）は何も分割する必要がなく、そのまま横にスライドして着座可能な仕様となっている。

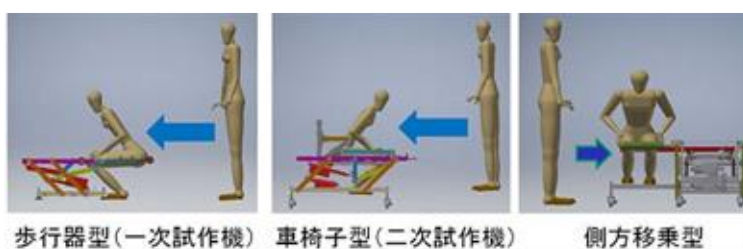


図9 移乗方式の違い

側方移乗型装置の膝支持部は図10に示すように、平行リンク機構で使用者の膝を支持する構造となっている。装置後方のリンクにスプロケットが取り付けられており、膝用モータの動力を、チェーンを介して伝えることができる。骨盤支持部は図11に示すように骨盤支持用のリンクをガススプリングで支持し、骨盤用モータで動かすことで支持を行う。

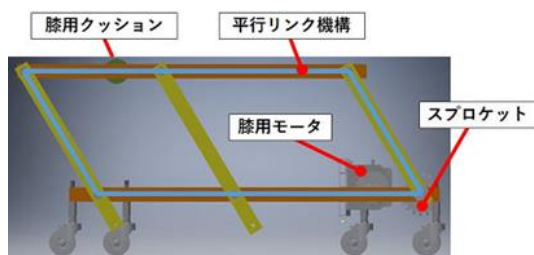


図10 側方移乗型移乗型の膝支持機構

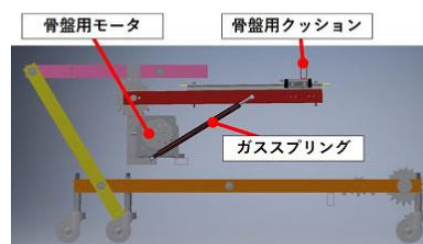


図11 側方移乗型移乗型の骨盤支持機構

(3) 起立支援機の制御方法について

開発する起立支援機に適用するアドミッタンス制御法のブロック線図を図1-2に示す。アドミッタンス制御は、入力された力を元に位置や速度を決定する制御手法である。この制御法を用いることによって、入力が訓練者となるような制御をすることができる。2020年度はアドミッタンス制御に加えて、ダンピング制御も検討した。

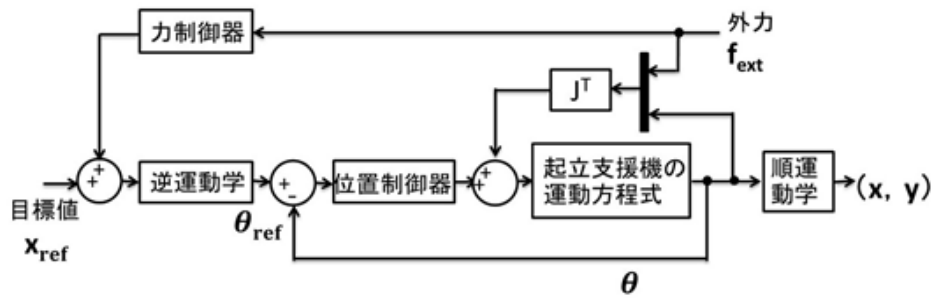


図1-2 制御ブロック線図 (2019年度に作成)

(4) 今後の課題

後方移乗型起立支援装置（一次試作機）は位置制御が可能であるが、未だ力制御が実現できていないので、ダンピング制御を適用していく。前方移乗型起立支援装置（二次試作機）の課題としては、①背もたれ部と骨盤部の距離が不適切、②位置制御と力制御がまだ行えていない、の2点が挙げられる。研究期間終了後も修正を続けていく。側方移乗型起立支援装置は研究期間中に組み立てが終了しなかったため、組み上げ後、設計不良を確認していく。いずれの装置も医師・療法士に使用感を確認してもらう予定である。

(以上)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 中辻 匡人, 内山 享哉, 原口 真
2. 発表標題 側方移乗型立ち上がり動作訓練機器の開発
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 原口 真, 宗京 輝
2. 発表標題 前方移乗式起立リハビリテーション支援機器の開発
3. 学会等名 第37回 日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 原口 真, 石田 圭二, 酒井 涼, 金森 雅幸
2. 発表標題 下半身の補助を重視することにより自然な起立動作を支援可能なリハビリテーション装置の研究開発
3. 学会等名 第19回 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門 講演会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

JST主催のイノベーション・ジャパン2020にて、開発した起立支援機について紹介を行った。

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
研究分担者	石田 圭二 (Ishida Keiji) (20446157)	福井医療大学・保健医療学部・准教授 (33404)	
研究分担者	酒井 涼 (Sakai Ryo) (80771857)	福井医療大学・保健医療学部・助教 (33404)	
研究分担者	菅 俊光 (Suga Toshimitsu) (40288816)	関西医科大学・医学部・教授 (34417)	

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
---------	---------