

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月 27日現在

機関番号：32689

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22700583

研究課題名（和文） 残存能力に適した自立移乗支援装置の選定と新しい自立起立支援ロボットの開発

研究課題名（英文） Selecting Appropriate Self-transfer Support Equipment Based on User Physical Ability and Development of a New Self-stand Support Robot

研究代表者

松下 詩穂（黒子詩穂）（MATSUSHITA SHIHO）

早稲田大学・理工学術院・助手

研究者番号：40547072

研究成果の概要（和文）：

本研究では、残存能力に適した移乗支援装置とロボット選定アルゴリズムの構築と起立動作誘導ロボットを開発した。身体負担評価実験より、起立動作を①自立起立②昇降座椅子を使用した起立③手すりを使用した起立④起立動作誘導ロボットを使用した起立に分類し、残存能力（足部耐荷重と重心動揺幅、臀部耐荷重と重心動揺幅、手部耐荷重、足と膝関節可動域）計測システムを開発し、足と膝関節残存能力の違いによる起立支援装置とロボット選定フローチャートを構築した。

研究成果の概要（英文）：

In this study, we develop a new standing support robot and propose an algorithm for selecting transfer support equipment and a robot that suits the user's physical ability. Based on experimental results of physical ability, we classified transfer motion into the following four groups: 1) Self-standing, 2) Using up/down sheat, 3) Using a railing, 4) Using a standing support robot and developed a physical ability measurement system that can measure the force and COG (Center of Gravity) of user's foot part, the force and COG of user's hip part, the force of user's hand part and angles of user's ankle and knee joint. We also established flowchart for selecting standing support equipment and a robot that suits the user's physical ability of ankle and knee joint.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	989,000	296,000	1,285,000
年度			
年度			
総計	4,089,000	1,226,000	5,315,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学，リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：介護ロボット，起立支援ロボット，移乗支援，起立支援，残存能力

1. 研究開始当初の背景

超高齢社会となった現在、要介護者の急増に伴う介護者不足に備え、要介護者の残存能力（筋力やバランス維持力等）を活か

しながら自立を支援することにより介護者の負担を軽減することを目的とした装置やロボットが注目されている。特に、要介護者が自立してベッドから移乗し歩行するこ

とで活動場所を移動することが残存能力の維持に重要であると考えられており、これを支援する自立移乗支援装置の開発が急務となっている。しかし、自立移乗支援装置とロボットの研究開発において、以下の問題点が挙げられる。

- [A] 要介護者の残存能力が定量化されていないため、移乗支援装置を介護者が勘や経験で選定している。よって、移乗支援装置が要介護者に適しておらず、残存能力を活用できずに QOL 低下を招いている可能性がある。
- [B] 要介護者の残存能力に適した自立移乗支援装置が知られてないか存在しないために、残存能力を活かせずに全面的に介護に頼ってしまっている自立不可能な要介護者がいる。

2. 研究の目的

上記自立移乗支援装置とロボット研究開発における問題点に基づき、本研究の目的[A]～[C]を以下に記す。

- [A] 要介護者の残存能力の定量化と移乗支援ロボットや装置選定アルゴリズムの構築 (図 1)
- [B] 既存の介護装置では残存能力に適したものが無い要介護者に対し、介護者の支援動作を再現可能な起立動作誘導ロボットの研究開発 (図 2)
- [C] 介護ロボットを一般市民に知ってもらって体験フィッティングができる場の開設



図 1 残存能力に適した移乗支援装置とロボット選定アルゴリズム

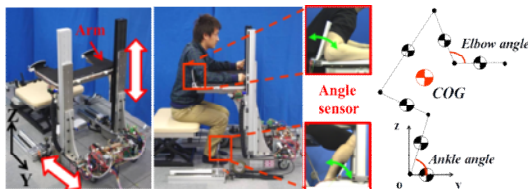


図 2 介護者の支援動作を再現可能な起立動作誘導ロボット

3. 研究の方法

研究目的[A]～[C]を達成するための方策を以下に記す。

- (1) 身体負担を表すパラメータ (=残存能力) を決定し、それを計測できる残存能力計測システムを開発する
- (2) 介護者の支援動作を再現可能な起立動作誘導ロボットの開発
- (3) 既存移乗支援装置と(2)のロボットを使用した際の身体負担について実験し、結果を基に身体負担シミュレーションを構築する
- (4) (3)のシミュレーション結果と(1)の残存能力測定システムで測定した残存能力を比較し、残存能力に適した移乗支援装置とロボットを選定するフローチャートを構築する (図 3)
- (5) 早稲田大学人間支援ロボット体験場「RT フロントティア」を開設し、介護ロボットを中心としたロボット体験イベントを定期的で開催する

4. 研究成果

(1) 研究 1: 残存能力計測システムの開発

残存能力を表す身体負担パラメータを決定するとは、PT や介護者の勘と経験を定量化することであると考える、まず、日本リハビリテーション工学協会が発行している「移乗の技術・考え方と方法」等参考文献や予備実験を基に、移乗動作を①自立起立移乗②手すりを使用した起立移乗③座位移乗④半立位移乗⑤持ち上げ移乗に分類した。さらに、医師や理学療法士が現在感覚で行っている移乗支援装置選定手法のヒアリングと予備実験より、残存能力を表す動作指標を耐荷重 (足部、臀部、手部)、重心動揺幅 (足部、臀部)、膝と足関節可動域とした (図 3)。以上を基に、汎用型荷重と角度計測センサを用いて動作指標を計測可能な残存能力測定システムを開発した (図 4)。開発したシステムの計測精度を確認した結果、十分な計測精度が得られることが確認された。

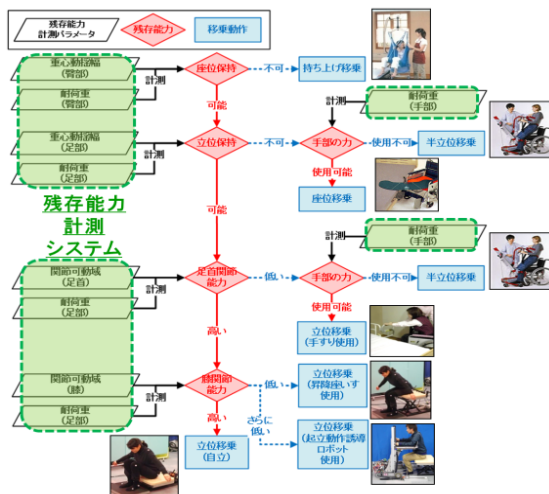


図 3 移乗支援装置とロボット選定フローチャート



図4 残存能力

計測システム

(2) 研究2: 介護者の支援動作を再現可能な起立動作誘導ロボットの開発

残存能力の低い要介護者でも、リハビリ時にPT等介護者が支援すると起立可能であることに着目し、介護者の支援動作を再現可能な起立動作誘導ロボットを開発した(図2)。リハビリで実際に行っている起立誘導動作についての参考文献(江原他)より、ロボットアーム部に乗せた肘を支点として起立動作誘導する機構とした。また、使用者を剛体リンクモデルとした際の使用高齢者の想定身長幅より、(株)日立製作所で研究開発した歩行支援機を、アーム部の上下可動範囲が554[mm]以上となるよう改良した。さらに、肘と下腿角度センサを用いた重心位置把握システムを装備することにより、使用者の姿勢をリアルタイムに検知可能とした。このセンサを用いて使用者の重心位置を制御パラメータとし、PTが訓練時に指導するように、体幹前傾→体重が足に乗ったら臀部を離床→体幹を戻しながら起立、の一連起立誘導動作を実現可能となった。

健常男性4名を被験者として①肘関節角度100[deg]とした起立誘導(Normal)②肘関節角度80[deg]とした起立誘導(Adjustment)について起立時最も負担が大きいと言われている膝関節について、膝関節モーメントを身体負担指標として身体負担評価実験を行った。結果、全ての被験者において②肘関節角度80[deg]とした起立誘導で優位に膝関節モーメントの低減が認められた(図5)。よって、開発した起立動作誘導ロボットは、使用者の残存能力に応じて起立誘導動作を変更し起立誘導可能であることがわかった。

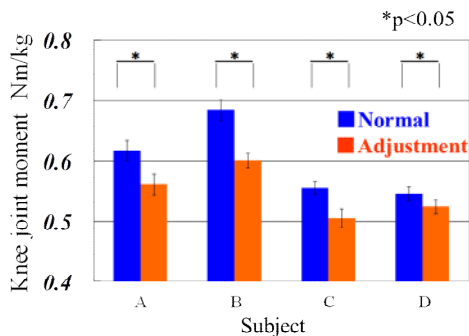


図5 起立誘導ロボット使用時膝関節モーメント

(3) 研究3: 身体負担シミュレーションの構築

移乗の基本動作である起立動作について、既存の起立支援装置と研究2で開発した起立動作誘導ロボット使用時身体負担シミュレーションを構築することで、必要な残存能力を明確にした。(a)自立起立(b)昇降座いすを使用した起立(c)手すりを使用した起立(d)起立動作誘導ロボットを使用した起立を実験条件にし、自立起立可能な若年健常者3名について、起立時に身体負担の大きい膝と足関節の関節モーメントの最大値を必要残存能力として実験を行った(図6)。結果、(d)起立動作誘導ロボットを使用した際の膝関節負担が優位に小さいことがわかり、本申請者が開発した起立動作誘導ロボットを使用することで、膝関節の残存能力が低い要介護者でも自立起立可能であることがわかった(図7)。同様に、足関節の残存能力が低い要介護者には手すり、膝関節の残存能力がやや低い要介護者には昇降座いすが適していることがわかった。さらに、必要残存能力と使用者の基本的な身体特徴である身長・体重に、相関係数0.472~1.00の高い相関関係があることが示唆され、身体負担シミュレーションに汎用性を持たせることが可能であることがわかった。

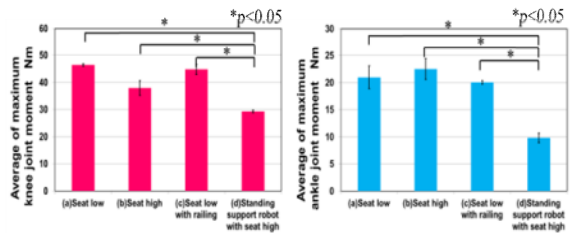
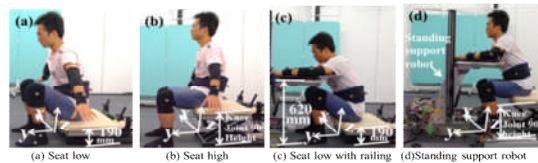


図7 起立支援装置とロボット使用に必要な残存能力

(4) 研究4: 動作指標に基づく残存能力に適した起立支援装置とロボット選定フローチャート構築

研究3と同じ実験条件で被験者を増やして追加実験を行い、研究1で開発した残存能力計測システムで計測した身体負担ばらめた(=残存能力)と、研究3で構築した身体負担シミュレーションを比較し、残存能力に適した起立支援装置とロボット選定フローチャートを構築する(図1, 図3)。

(5) 研究5: 早稲田大学「RT フロンティア」における介護ロボット認知度向上活動

新宿区西早稲田に 2012 年にリニューアルオープンした早稲田大学「RT フロンティア」において、開発した起立動作誘導ロボットを始め、月に 1 回介護ロボット等体験イベントを行い、認知度向上活動を行っている(図 8)。イベントへの総来場者数は約 300 人を突破し、RT フロンティアにおいて一般来場者を被験者として研究 4 の実験も行うことで、選定フローチャートの汎用性と精度の向上を目指す。



図 8 RT フロンティア 図 6 実験条件

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 0 件)

[学会発表] (計 7 件)

(国際学会 口頭発表 査読有り)

- 1) ○ S. Matsushita, M. G. Fujie, 「Algorithm for Selecting Appropriate Transfer Support Equipment and Robot Based on the Physical Ability of the User」, 『35rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society』, OSAKA, JAPAN, (2013 July)
- 2) S. Matsushita, ○Y. Nakashima, M. G. Fujie, 「Algorithm for Selecting Appropriate Transfer Support Equipment Based on the Physical Ability of the User」, 『33rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society』, pp. 1253-1258, Boston, USA, (2011 August) (国際学会 ポスター発表 査読有り)
- 3) ○Shiho Matsushita, Masakatsu G. Fujie, 「Algorithm for Selecting Appropriate Self-transfer Equipment Based on the Physical Ability of the User」, 『3rd IEEE RAS & EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics』, pp. 437-441, Tokyo, Japan, (2010 September) (国内学会 口頭発表 査読無し)
- 4) ○松下 詩穂, 藤江 正克, 「残存能力に適した移乗支援装置選定アルゴリズムの構築」, 『生活生命支援工学系学会連合大会 (LIFE2012)』, 愛知, 2012 年 11 月

5) ○松下 詩穂, 末益 智志, 藤江 正克, 「リアルタイム姿勢計測システムを用いた起立動作誘導ロボットの開発」, 『第 29 回日本ロボット学会学術講演会』, 1H3-5, 東京, 2011 年 9 月

6) ○松下 詩穂, 藤江 正克, 「残存能力に適した自立移乗支援装置選定アルゴリズムの構築」, 『生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会 - WWLS (Welfare, Wellbeing, Life Support) 2010 -』, 10 巻 52 号, pp. 127-130, 大阪, 2010 年 9 月

7) ○末益 智志, 松下 詩穂, 藤江 正克, 「使用者の状況に応じて能動的な起立動作を誘導するロボットの開発」, 『第 31 回バイオメカニズム学術講演会 SOBIM2010』, pp. 45-48, 浜松, 2010 年 11 月

[その他]

(RT フロンティア記事)

- 1) 早稲田大学 GCOE プログラム「新 RT フロンティア」を開所, PC Watch, 2012 年 8 月 27 日
RT フロンティア記事 他 5 件

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松下詩穂 (MATSUSHITA SHIHO)
早稲田大学・理工学術院・助手
研究者番号: 40547072