

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

Algorithm for Selecting Appropriate Transfer Support Equipment

Based on the Physical Ability of the User

○ 松下詩穂 (早大) 藤江正克 (早大)

Shiho MATSUSHITA, Waseda University
Masakatsu G. FUJIE, Waseda University

Abstract: In the present paper, we propose an algorithm for selecting appropriate transfer support equipment based on the physical ability of the user. Although several care support devices have been developed, assistive robots are not yet popular because users do not know which devices are suitable for their needs or appropriate for their physical abilities. In the present study, we focus on a transfer support device and propose an algorithm for selecting transfer support equipment that will be suitable to the physical ability of the user. We investigated the relationship between standing support equipment and physical burdens during standing, which is one of transfer motions. In an experiment, we calculated and analyzed the knee and ankle joint moments and discussed the relationship between standing support equipment and the knee and ankle joint moments during standing. It was found effective to provide the standing support robot to persons having low residual ability in the knee joints.

Key Words: Transfer Support, Standing Support Robot, Physical Ability

1. 序論

1-1 社会背景

超高齢社会となった現代の日本では、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、これを支援する移乗支援装置や歩行支援装置の開発が急務となっている。

移乗や歩行を支援する装置やロボットの研究は数多くされているが、未だ普及するまでには至っていない。支援装置研究開発の一例として(株)日立製作所の歩行支援装置⁽¹⁾や、パラマウントベッド(株)らの離床支援装置製品コンセプト機⁽²⁾等が挙げられるが、多くの研究は自分達が開発した装置の評価に留まっており、自分達が開発した装置を他支援装置と比較し、どのくらいの身体能力の使用者に適しているかの検討はしていない。そのため、使用者は支援装置の必要性を明確に感じることができず需要が顕在化していないと考えられる。また、現在行われている支援装置の選定方法は、医師や理学療法士の勘と経験に基づくものがほとんどであり、どのくらいの身体能力の使用者にどの支援装置が適しているか明確化されていないため、身体能力に適した支援装置を使用していないがために残存能力を活かし自立した生活を送ることができていない要介護者がいる可能性がある。

さらに、特に移乗支援の際、介護者が要介護者を無理矢理持ち上げることで移乗するために腰痛となってしまう、介護者が今度は要介護者となってしまう、労災にかかる費用が高んでしまうという社会問題も無視できなくなっている。日本ノーリフト協会の保田淳子氏は、Australia Nursing Federation (ANF)のヴィクトリア支部が制定している『No Lifting Policy』(危険や苦痛の伴う人力のみの移乗支援を禁止し、要介護者の自立を考慮した福祉用具使用による移乗介護を義務づけている)を日本でも普及すべく活動を続けている。

以上の社会背景を踏まえ、自立支援装置の研究開発にお



Fig. 1 Algorithm for selecting appropriate transfer support equipment based on the physical ability of the user

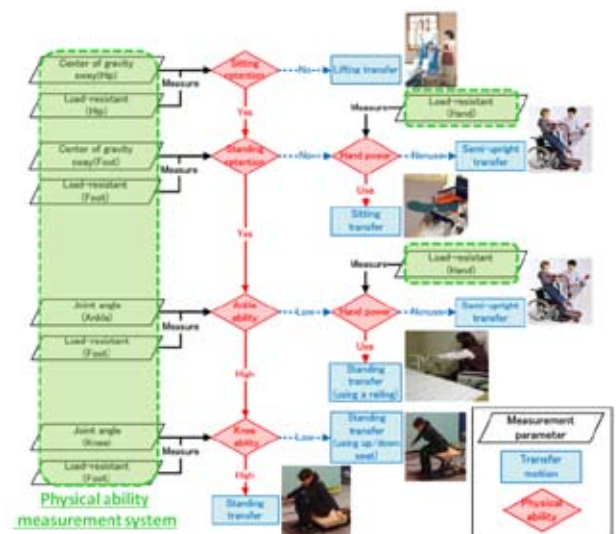


Fig. 2 Transfer classification and parameters for expressing physical ability

ける問題点を以下に記す。

- (1) 要介護者の残存能力が定量化できていないため、要介護者に適した移乗支援装置や歩行支援装置が不明確である。このことより、生活の質 (QOL) が下がってしまっている要介護者がいる。
- (2) 要介護者の残存能力に適した移乗支援装置や歩行支援装置がないために、残存能力を活かせずに全面的に介護に頼ってしまい自立不可能な要介護者がいる。
- (3) 開発したものを含む要介護者の残存能力に適した装置を、実際使用しながらフィッティングする場が存在しない。

1-2 目的

本研究の目的を以下に示す。尚、本研究においては移乗支援に着目した。

- (1) 要介護者の残存能力を定量化し、適した移乗支援装置を選定するアルゴリズムを構築する (図 1)。
- (2) (1) アルゴリズムにおいて、現在使用されている移乗支援器具や機器では適したものがいない要介護者用の移乗支援装置を開発する。
- (3) (1) アルゴリズムに基づき、要介護者の残存能力に適した移乗支援装置をフィッティングできる拠点を設立する。

1-3 方法

目的 (1) ~ (3) を達成するための方法を以下に示す。

目的 (1) :

- (a) 先行研究や移乗動作時の身体負担の実験結果、ヒューマノイドロボットによる関節トルクのデータを基に、移乗動作時の身体負担シミュレーションを構築する
- (b) (a) シミュレーションと、既存の移乗支援装置や器具を使用した移乗動作時の身体負担の実験結果を基に、既存移乗支援装置使用時の身体負担シミュレーションを構築する
- (c) 残存能力測定装置を開発する
- (d) (b) シミュレーション結果と (c) 残存能力測定装置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を選定するアルゴリズムを構築する

目的 (2) :

- (a) 前述 (d) のアルゴリズムにおいて、残存能力と既存の移乗支援装置や器具では対応していない所を明確にする
- (b) (a) の結果を基に、既存の移乗支援装置や器具では移乗することができない要介護者向けに、新規の移乗支援装置を開発する

目的 (3) :

- (a) 一般の利用者が移乗支援装置やロボットを実際使用しながらフィッティングする拠点「人とロボットのコミュニケーションスクエア : COSMAR (コスマー)」を設立する

目的 (1) (a) については、起立動作時に必要な膝関節トルクと体重に比例関係がある可能性があることがわかっている⁽³⁾ ことから、要介護者の身体特徴と移乗動作のひとつである起立動作に必要な身体能力の関係のシミュレーションを構築することができると考えられる。目的 (1) (b) については、起立移乗において、足関節の能力の低い方には手すり有効で、膝関節の能力の低い方には昇降座いが有効である可能性が示唆された⁽⁴⁾。目的 (3) (a) については、早稲田大学 GCOE プログラム「グローバルロボアカデミア」の活動拠点である「RT フロンティア」(新宿区西早稲田へ移転)の一面に COSMAR を開設済みである⁽⁵⁾。

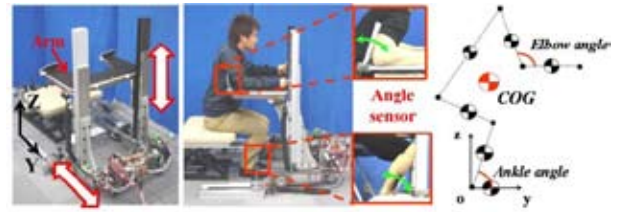


Fig. 3 Standing support robot



Fig. 4. Marker placement.



Fig. 5. Experimental setup.

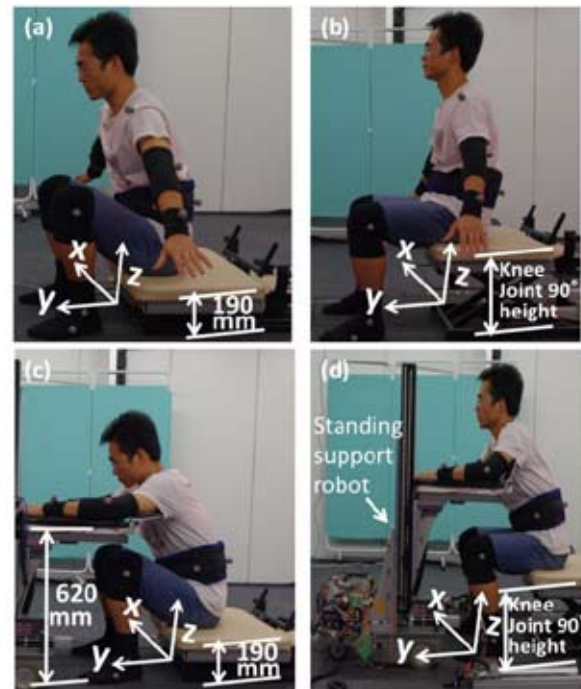


Fig. 6. Experiment condition: (a) Seat low, (b) Seat high, (c) Seat low with railing, (d) Standing support robot with seat high, Measurements are in millimeters

本論文では、目的 (2) (b) の予備実験として、本研究室で研究開発中の起立動作誘導ロボット⁽⁶⁾を用いた起立動作時の身体負担について論ずる。

2. 移乗動作の分類

残存能力に適した移乗支援装置選定アルゴリズムを構築

するため、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」⁽⁵⁾等参考文献や実験結果を基に、移乗動作と残存能力を表すパラメータの分類についてまとめたものを図2に示す。現在行われている移乗動作は以下の4つに分けられる。

- (1) 起立移乗：要介護者の残存能力が高く自立起立が可能な場合、支援装置や道具を使用せずに自立起立移乗を行う。または、膝関節の能力が低い場合は、昇降座いすを用いることで自立起立移乗が可能となる。
- (2) 手すりを使用した起立移乗：要介護者の下肢の身体能力が低下してきた場合でも、上肢の身体能力が高い場合は手すりを使用することで自立起立移乗が可能である。
- (3) 座位移乗：要介護者の下肢の身体能力が低く起立保持が不可能な場合でも、座位保持が可能かつ上肢の身体能力が高い場合は、スライディングボード「イージーモーション MEMV」(株式会社モルテン製、図1中 Sliding board)等を使用した自立座位移乗が可能である。
- (4) 半立位移乗：要介護者の下肢の身体能力が低く起立保持が不可能かつ上肢の身体能力も低い場合でも、座位保持が可能であればスタンディングリフト「クイックレイザー」(molift製、図1中 Standing lifter)等を使用した半立位移乗が可能である。
- (5) 持ち上げ移乗：要介護者の残存能力が低い場合、ホイス「パートナー電動走行型 BMA201」(明電興産株式会社製、図1中 Hoist)等を使用した持ち上げ移乗が可能である。

本論文においては、移乗動作の基本動作である起立移乗について、(a)何も用いない起立(b)昇降座いすを用いた起立(c)手すりを用いた起立(d)起立動作誘導ロボットを用いた起立について身体負担計測実験を行い、各々を使用する際の必要身体能力を確認する。結果より、起立動作誘導ロボットがどの程度の身体能力を有する要介護者に適している可能性があるかを探る。

3. 起立動作時身体負担計測実験

3-1 目的

本研究室で研究開発中の起立動作誘導ロボット(図3)を使用しての起立動作時身体負担を明確にすることで、本ロボットの使用が適している残存能力を有する要介護者の可能性を探る。また、図1, 2で示す残存能力に適した移乗支援装置選定アルゴリズムに本ロボットを組み込むことが可能かどうかを検討する。今回は、起立動作時の膝と足関節の関節モーメントを算出することで身体負担とする。

3-2 方法

(a)何も用いない起立(b)昇降座いすを用いた起立(c)手すりを用いた起立(d)起立動作誘導ロボットを用いた起立を実験条件とし、被験者に床反力計(OR-6-7-200, AMTI製)の上で各3回ずつ起立動作を行ってもらい、床反力計で床反力を、三次元計測装置(VICON® Ver.524)で各関節位置(図4)を計測した。尚、昇降座いすはアイシン精機製のリク楽(KPZC-101)を、手すりは起立動作誘導ロボットを固定しそのアームを用いた。また、実験条件(b)(d)の昇降座いすの高さは、起立動作に一番適していると言われている被験者の膝関節角度が90°の高さとした。実験条件(d)で使用した起立動作誘導ロボットは、使用者の肘部と脛部に設置した角度センサにより使用者の状況をリアルタイムに計測し、その値から理想起立誘導軌跡を算出し上下前後に二軸駆動するアームで使用者の起立を誘導するロボット

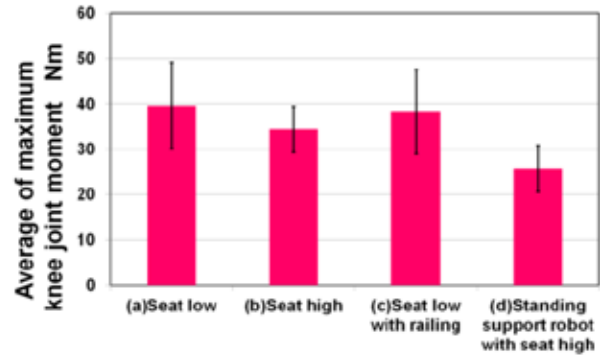


Fig. 7. Average of maximum knee joint moment

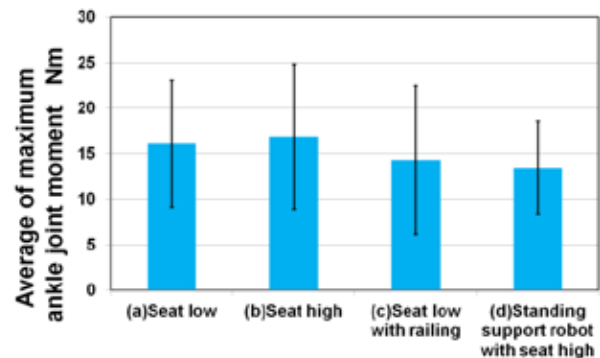


Fig. 8. Average of maximum ankle joint moment

である⁽⁶⁾。表1被験者の身体特徴を、図5に実験風景を、図6に実験条件を示す。

Table 1 Body features of subjects

Number	Gender	Age	Weight kg	Height cm
m1	Male	22	48.0	164.0
m2	Male	24	53.0	165.0

3-3 関節モーメント算出方法

計測した床反力と各関節位置を基に、膝と足関節にかかる関節モーメントを Diff Gait⁽⁸⁾⁽⁹⁾で算出し、身体負担とする。また、被験者を自立起立可能な健康若年者とする事で、移乗支援装置や機具を使用して起立移乗する際に必要な身体能力(=身体負担に耐える能力)が明確になると考えられる。

3-4 結果・考察

図7に膝関節モーメントの最大値平均を、図8に足関節モーメントの最大値平均を示す。

図7と8より、起立動作誘導ロボットを用いた起立では、膝と足関節どちらも関節モーメントが一番小さいことがわかり、使用者の身体負担が一番小さいと考えられる。また、図7より昇降座いすを使用した起立は膝関節にかかる負担が小さく、図8より手すりを使用した起立は足関節にかかる負担が小さいことがわかる。これは、本研究における先行研究と同様の結果であることから、膝関節の残存能力が低い要介護者には昇降座いすに適しており、足関節の残存能力が小さい要介護者には手すりが適していることが再確認された。さらに、今回の実験結果より、上下前後に二軸駆動するアームによる起立動作誘導が、昇降座いすや手す

りよりさらに膝や足関節の残存能力が低い要介護者の起立移乗を支援できる可能性も示唆された。

4. 結言・展望

本研究は、要介護者の自立支援と介護者の負担軽減のために、要介護者の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のための研究を進めている。本論文においては、移乗動作の基本動作である起立動作について使用時身体負担計測実験を行い、本研究において研究開発中の起立動作誘導ロボットを用いた起立動作が使用者の膝と足関節への負担が少ないことがわかった。このことから、昇降座いすや手すりよりさらに残存能力の低い要介護者でも、このロボットを使用することで起立移乗できる可能性が示唆された。今後はさらに被験者を増やして信頼性を増すと共に、他移乗動作や移乗支援装置についても実験を行うことで、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を目指す。

また、その際の被験者を早稲田大学の人間支援ロボットを体験できる場「RT フロンティア (図 9)」にて募集し一般の方にも実験に参加してもらうことも予定している。将来的には、RT フロンティアの一画で「人とロボットのコミュニケーションスクエア COSMAR」を開設し、一般の利用者が自立移乗支援装置やロボットを实际使用しながらフィッティングする拠点の運営を目指す。



Fig. 9. RT Frontier

- (9) 宮崎信次他, “数式モデルの歩行分析への応用”, 臨床歩行分析研究会, 1987

謝辞

本研究の一部は文部科学省グローバルCOEプログラム「グローバルロボットアカデミア」と文科省科研費若手(B)「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」(22700583)の支援を受けた。

参考文献

- (1) 藤江正克, “歩行支援ロボット”, 社団法人日本ロボット学会, 日本ロボット学会誌, Vol.14 No.5/1996, pp17, 1996
- (2) 初雁卓郎, 黒子詩穂, 三宅徳久, 樋口淳一, 平田泰久, 小菅一弘, “高齢者の特性に適応する起立支援システム”, 日本機械学会論文集C編, Vol.74-740, pp.186-193, 2008
- (3) Shiho Matsushita, Masakatsu G. Fujie, “Algorithm for Selecting Appropriate Self-transfer Equipment Based on the Physical Ability of the User”, IEEE BioRob2010, pp. 437-441, 2010
- (4) Shiho Matsushita, Yasutaka Nakashima, Masakatsu G. Fujie, “Algorithm for Selecting Appropriate Transfer Support Equipment Based on the Physical Ability of the User”, IEEE EMBC2011, pp.1253-1258, 2011
- (5) 松下詩穂, 三宅徳久, 藤江正克, “残存能力に適した自立移乗支援装置提供システムの提案”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2009, pp. 45-48, 2009
- (6) 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を誘導するロボットの開発”, 第29回日本ロボット学会学術講演会, 1H3-5, 2011
- (7) 市川冽他, “移乗の技術・考え方と方法”, 日本リハビリテーション工学協会, 2001
- (8) 江原義弘, 山本澄子, “臨床歩行計測入門”, 医師薬出版株式会社, 2008