

## 移乗介護者の身体負荷軽減を目的とした装着型下肢支援システム

### Wearable Lower-limb Assistive System for Physical Load Reduction of Caregivers during Transferring Assistance

筑波大 長谷川 泰久, ○村松 誠崇

Yasuhisa HASEGAWA, ○Masataka MURAMATSU, University of Tsukuba

**Abstract:** This paper introduces a mechanism of the wearable lower-limb assistive system that helps caregivers assisting the elderly or physically challenged person when they transfer between a bed and a wheelchair or between a wheelchair and a toilet. Based on our preliminary survey at a hospital and a care house, the assistive system should have functions: 1) to sustain the caregiver's weight at his/her hip, 2) to prevent a caregiver from falling backward during transferring assistance, 3) not to interfere with caregiver's squat motion when the assistance is not needed, and 4) to be easy-to-wear and lightweight. This paper proposes a wearable lower-limb assistive system that satisfies these requirements with novel movable support mechanism and release mechanism. Those functions are confirmed through preliminary experiments in our lab.

**Key Words:** assistive system, lower limb, transferring, stability, spring, BEP

#### 1. 背景

現在日本では、世界に例を見ない高齢社会になると見込まれている<sup>(1)</sup>。高齢者の増加に伴い、今後様々な場所、状況での高齢者介護が増え、病院での専門家による介護はもちろん、家族の手によるものを含む家庭での自宅介護、さらには配偶者など的高齢者が高齢者を介護する老老介護のケースも今後ますます望まれると思われる。また、現在の介護現場において、腰痛を始めとする、介護動作による介護者の身体損傷が問題となっている<sup>(2)</sup>。これは、介護者の移乗、体位変換等、日常の動作には見られない、腰部や脚部を始めとする、身体負荷の大きい無理な体勢を強いられる介護動作が行われている為と考えられる(Fig.1)。また、介護者と被介護者の体格差が大きい場合、被介護者の身体能力により、これらの負担はより大きくなる。このように、今後増えるであろう介護の現場において、いかに介護者の身体負担を減らし、効率的に介護を行っていくのか、という課題に取り組む事がますます必要とされる。本研究では介護の動作のうち、ベッド、車椅子間の移乗介助における身体負荷の軽減方法に着目する。これは、介護動作の中でも起床、就寝、トイレの利用時など、1日に行う回数が多く、一人のスタッフが複数の入居者の対応をする老人ホームなどでは負担が大きく、ニーズが高いものであると考える。



Fig. 1 Transferring support from wheelchair to bed

#### 2. 移乗動作支援に関する従来研究

今日の介護現場では、介護動作における負担を減らす動作手法、道具が考案、開発されている。移乗動作に関するものでは、介護リフトのように、介護者の代わりに吊り具により要介護者を抱え、移乗を行うような福祉機器が提案

されている(Fig.2)。また、中野ら<sup>(3)</sup>は、天井から吊り下げたマニピュレータを用いた移乗介助方法を提案している。しかしこれらは大型で設置スペースを必要とするものであったり、コストの問題、浴槽やトイレなどの機材もこれに対応したものになければならないなど、個人使用に関しては様々な制約を含むものが多い。

また、先に述べたように、介護者の身体的負荷も重要な課題である。日々の移乗介護の頻度が高い介護士や、全く介護経験や知識のない要介護者の家族等が介護者として自宅介護を行う場合、腰痛等の危険はより一層高まることが推測できる。これらを解決する方法として、装着型の支援装置を用いて、介護者の身体をアシストする事で、介護者の負担軽減を行う研究が、様々な研究機関により考案、開発されている。例えば、筑波大学山海研究室で研究されているHAL<sup>(4)</sup>は、全身をアクチュエータで支援されており、幅広い介護動作への対応等、その支援効果は非常に大きい。更に、老人などでも容易に装着できたり、装着しながら移乗動作以外の介護や事務作業などが行えるような支援機器が望まれている。



Fig. 2 Lift for Care

#### 3. 装着型下肢支援システム (LASTA)

##### 3-1 移乗支援動作と要求項目

支援装置を研究開発するにあたり、まず日常的に移乗動作を行っている理学療法士・作業療法士による移乗動作の観察、ヒアリング調査を行った。その結果、療法士らは以下の手順で移乗支援を行っており、被介護者の持ち上げの際、腰の屈曲を極力避け、膝の屈曲を利用することで、腰

部の負担を抑えていることがわかった。これにより膝への負担が大きくなっている。

1. 被介護者に腕を回すアプローチ動作
2. 被介護者の上体を介護者側へ前傾させ、引きつける動作
3. 被介護者を介護者側に引き上げ、膝関節の伸展を用いて被介護者を持ち上げる動作
4. 被介護者の臀部を浮かせた中腰姿勢にて、共に体の向きを回転させながら、移乗先へ臀部を移動
5. 臀部をおろし、腕を離し、移乗終了

また、車椅子とベッドの間での移乗においては、被介護者の体を介護者側へ引きつけ、可能な限り短い移動距離で移乗を行なっている。参考写真を Fig.3 に示す。



Fig. 3 Observed transferring support of physical therapist

このような移乗支援方法を用いた場合、患者を僅かに持ち上げた際、介護者および被介護者の体重が後ろ脚に加わり、特に膝関節の負担が大きくなることが判った。そこで、本装着型下肢支援装置は、この膝関節の伸展を支援することで、負担を軽減する。さらに、療法士などの介護側からの支援装置への要望等を纏めると、

1. 移乗時の中腰姿勢の支持及び持ち上げ、立ち上がり時の膝関節の負担を軽減すること
2. 被介護者と介護者が密着する為、装置がその間に介在するなどして、動作を妨げないこと。
3. 介護者後方への転倒を防止し、安全性を確保すること。
4. 小型軽量で装着が容易であること。
5. 非支援時に、歩行、屈みといった動作を妨げないこと。
6. 膝関節の屈曲初期から支援力が感じられること。

となる。

### 3-2 空気バネを用いた受動型下肢支援機構

#### 3-2-1 システム構成

以上の要求仕様に基づき、本研究では空気バネを用いた受動型下肢支援機構 (LASTA) を提案する。このシステムは下端が接地し、介護者が椅子のように腰掛けることで脚部支援を行う。装置の外観を Fig.4 に示し、各部の詳細を以下で説明する。

#### 3-2-2 支援力発生部

空気バネとして、ガスバネを導入した。ガスバネはシリンダ内に高圧ガスが封入しており、圧縮量が小さいと十分な反力が得られないエアシリンダと異なり、圧縮初期から高い反力 (200-300N) を得ることが可能である。また、エアシリンダと比較し軽量である。また、中腰姿勢の維持など、最も荷重が加わる際は支援力が不足するため、コイルバネを併用する。

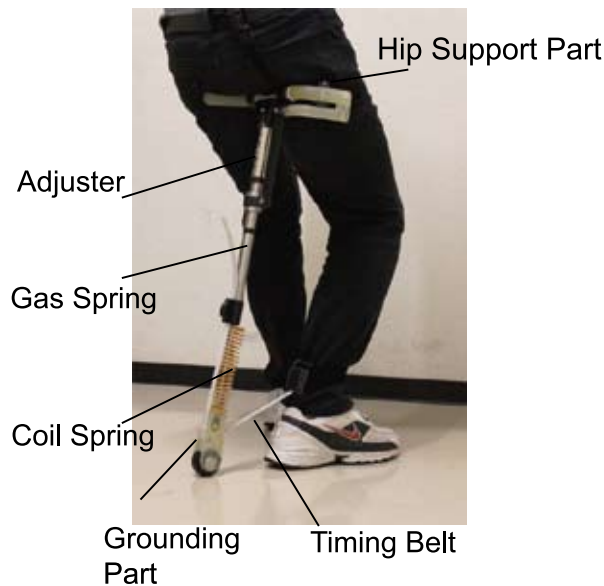


Fig. 4 System components

#### 3-2-3 接地部

システムの接地部にはプーリーとタイミングベルトを用い、タイミングベルトの一端は足首に接続されている (Fig.5,6)。荷重時のシリンダの沈み込み量に応じて接地点が介護者の後方へ移動する。これにより、被介護者を後方へ引き寄せる動作中は、被介護者と介護者の重心がシステム接地部より前方に位置するため、後方への転倒を防止できる。(Fig.7)



Fig. 5 Grounding part



Fig. 6 Mechanism of grounding part

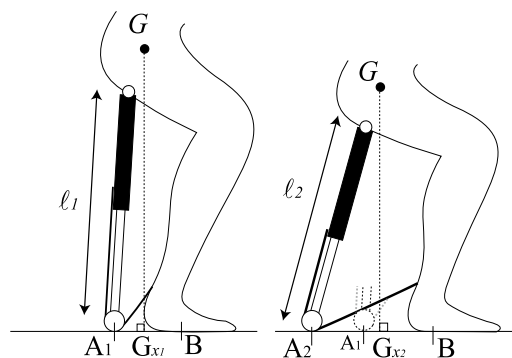


Fig. 7 Displacement of grounding point

### 3-2-4 支援解除機構

介護施設では入居者の靴を履かせるなど、膝関節を大きく屈曲させる作業がある。この場合、支援力が膝関節の屈曲を妨げることになるため、移乗支援以外では、支援力を発生させないことが望ましい。そこで、支援機器を身体から取り外すことなく、支援力を発生させなくする機構を提案する。本機構では、ロック機構 (Fig.8) を用いてガススプリング上端を分離または接続し、ガススプリングを分離した後は、アームを用いてガススプリングを体の外側に展開および支持する。これにより、分離状態では図 (Fig.9) のように、深くしゃがみ込む姿勢を取ることが出来、ガススプリングは体が干渉しない位置に保持される。



Fig. 8 Release mechanism

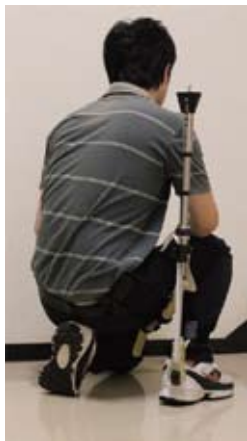


Fig. 9 Squat posture

### 3-2-5 座部

座面は、面積を広く取ると、固定部である大腿、臀部の柔軟さにより左右にズレることがある。このズレを最小限にするため、臀部の形状に沿った棒状の軽量の座部を開発した。

### 3-2-6 座部高さ調節機構

様々な身長、体格のユーザーの使用を想定し、押しボタン式の座部の高さ調節機構を、ガススプリング上部に設けている (Fig.10)。また、タイミングベルトの長さを調節することで、接地部と踵の間の距離を変更可能である (Fig.11)。大腿部と足首の固定ベルトには面ファスナーとバックルを用い、容易な長さ調整、システムの着脱を可能とした。

## 4. システム性能評価実験

### 4-1 生体電位を用いた評価実験

健常者の成人男性 2 名が、介護者と被介護者役として、90 度間隔に配置した 2 つのイスの間での移乗動作を模倣的に行う (Fig.12)。介護者役は、予め作業療法士にレクチャーを受けており、なるべく介護現場で行われる動作と



Fig. 10 Hip-height adjusting mechanism



Fig. 11 Timing belt-length adjusting mechanism

近い動きを目指した。被介護者役は、下肢の全麻痺患者を模倣するため、介護者役の首に腕を回し保持する以外、特に下肢は極力脱力することを指示した。評価指標として、介護者役の体表面に貼りつけた電極から計測される生体電位を用いる。支援装置を装着する場合と装着しない場合で各 5 回試行を行い、装置の支援効果を評価する。



Fig. 12 Environment of Experiments

立位姿勢から測定を開始し、測定開始約 4 秒後に移乗動作を始め、試行ごとに動作スピードが異ならないように、メトロノームを用いて秒数のカウントを行う。移乗動作自体に要する時間は約 6 秒とし、動作完了後も 4 秒間計測を継続する。評価には生体電位の絶対値を積分した値 (IBEP: Integral of Bioelectric Potential) について、各試行 5 回それぞれの動作中の IBEP の平均値の比較を各部位に関して行なう。また、中腰姿勢から移乗の完了までの IBEP のピーク値についても比較を行う。装着者の計測部位は<sup>(5)</sup>を参考に、脊柱起立筋、大殿筋、大腿二頭筋、外側広筋、内側広筋、腓腹筋、前脛骨筋の左右計 14 箇所 (Fig.13) とする。

### 4-2 実験結果

#### 4-2-1 平均 IBEP 値を用いた評価

Fig.14,15 に、左右各部位ごとの IBEP の平均値を比較したグラフを示す。装着時、装置のある右側では腓腹筋以外の筋で IBEP 値が、非装着時の約 25~81%，左側では約 41~83% まで減少した。特に中腰姿勢を維持する際、イスのように体重を預けられることから、大きな支援効果が得られたと考えられる。また、右側の腓腹筋は非装着時の 95% 程度という値に留まり、大腿二頭筋は両足とも非装着時の約 80% と、支援効果が小さかった。



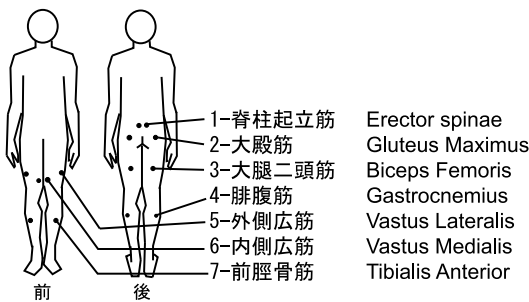


Fig. 13 Measuring points of BEP

#### 4-2-2 最大 IBEP 値を用いた評価

支援効果の大きかった前脛骨筋 (右側) と、小さかった腓腹筋 (右側) の、支援の有無で IBEP の推移を比較したグラフを Fig.16,17 に示す. 前者は IBEP のピークが小さく、全体的に IBEP が抑えられていることがわかる. 一方後者は、ピークの値は下がっているものの、移乗動作後、7~9 秒で立ち上がる際に支援が足りず、IBEP が大きく出ていることがわかった.

#### 4-3 作業療法士による主観評価

老人ホームにて日常的に移乗動作を行なっている作業療法士らスタッフ (身長 147-180cm の成人男女 5 名) に装置を装着してもらい、使用感、装着性についての主観評価を行った. 装着性について、重量、座面の座り心地、長さの調節法に関して好意的な意見が寄せられた. 一方、足首固定部のベルトの締め付けが強すぎる、不慣れな者には着脱に手間取るといった意見が得られた. また、支援力については、移乗動作支援時には、支援されていることを実感できるものの、移乗動作初期には、支援力方向が正しくなく、動作の妨げとなるという意見が得られた.

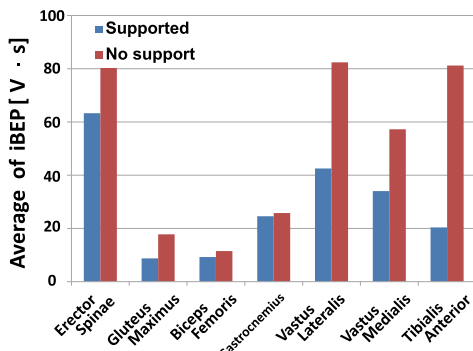


Fig. 14 Average of iBEP (Right Side)

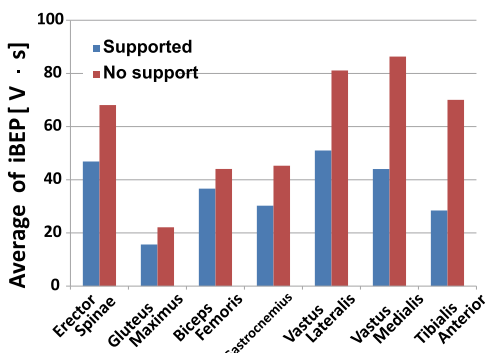


Fig. 15 Average of iBEP (Left Side)

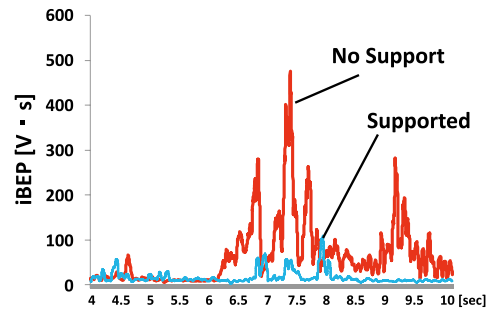


Fig. 16 iBEP of Tibialis Anterior(Right Side)

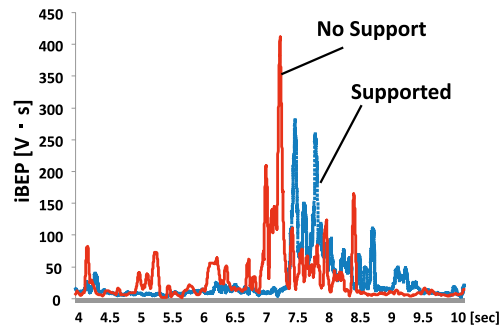


Fig. 17 iBEP of Gastrocnemius(Right Side)

## 5. まとめ

本研究では、被介護者の移乗を支援する介護者の膝関節負荷の軽減を目的とした装着型下肢支援システムを提案した. 療法士の方にヒアリングを行い、膝関節を利用し腰部負担を軽減する移乗方法において、支援装置への要件を明確にし、それらを満たす各種の機構の提案を行い、支援システムを研究開発した. また、支援効果の評価のため、介護経験のない健常者 2 名による模擬実験を行い、移乗動作に必要であるとされる筋肉の大部分で生体電位の減少を確認した. さらに、介護経験の豊富な作業療法士の方により主観評価を行い、要求項目に対する未達箇所を明確化した. 今後は、使用者に適した支援力が発揮できる機構を検討する.

## 謝辞

本研究は、内閣府最先端研究開発支援プログラム「健康長寿社会を支える最先端人支援技術研究プログラム」の支援により行われた.

## 参考文献

- (1) 内閣府：「平成 22 年度版高齢社会白書」, 佐伯印刷, 2010
- (2) 武藤芳照, 田島寶, 山田均, 黒柳律雄：「介護者の腰痛予防」, 日本医事新報社, 2005.
- (3) 中野榮二, 丸谷一真：「ベッドから車いすへの移乗を介助する移乗介助ロボットの開発」第 29 回ロボット学会学術講演会, 2011
- (4) Kawamura Y., Sankai Y.: "Humanoid control method based on humanknack for human care service", Proc. Of IEEE SMCTP1B4 (CD-ROM),2002
- (5) Aldo O.Perotto：「筋電図のための解剖ガイド」, 西村書店, 2000.