

## 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 3月31日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22300198

研究課題名（和文） 介護負担軽減のための新しい安全な移乗方法および支援装置の研究開発

研究課題名（英文） Research and development of a brand new electric wheelchair which can make transferring easier and safer

研究代表者

高杉 紳一郎（SHIN-ICHIRO TAKASUGI）

九州大学・大学病院・助教

研究者番号：40253447

研究者番号：40253447

研究成果の概要（和文）：

医療介護現場での移乗動作には、複雑で3次元的な身体操作が必要なため、患者や高齢者の転倒リスクと、介護者側の身体負担が問題となっている。我々は安全かつ容易な移乗法を創案するとともに、専用の移乗・移動支援装置を設計し、さらに日常生活活動をも支援できる電動車いすロボットとして開発を進めた。最終年度までに試作機を製作して試乗テストや動作解析を行い、従来製品と比較しつつ、製品化へ向けて改良を行った。

研究成果の概要（英文）：

For the elderly or the handicapped, it is very difficult to transfer from their beds to wheelchairs, because of the complicated movement during transferring process. It contains turning process of the body, which is the biggest risk of stumbling or falling down for them. So, we are developing a brand-new electric wheelchair robot that can make transferring safer and easier, without turn-around process. We have made prototype machines to check up and brushed up. This robotic vehicle can also support several activities of daily living.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	5,400,000	1,620,000	7,020,000
2011年度	2,900,000	870,000	3,770,000
2012年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
総計	9,800,000	2,940,000	12,740,000

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：移乗介助、介護負担、ロボット技術、電動車いす、ユニバーサルデザイン

### 1. 研究開始当初の背景

医療や介護の現場で、ベッドから車いす等へ乗り移る「移乗(Transfer)」に際しては、極めて複雑な3次元的身体操作が求められるため、患者や高齢者がバランスを崩し転倒する危険もあり、また介護者の身体負担も大きく、職業性腰痛による離職のリスクも高い。

標準的な横移乗の手順は（図1）、まず身体を前進させ前傾姿勢となり、腰を浮かして離床へと進む。次に、その場で身体を回して方向を変え（135°旋回）、座面に腰を下ろし、後方に重心を移動して移乗を完了する。中でも「中腰での旋回動作」は危険であり、被介助者を不安にさせ、介助者の負担も大きい。

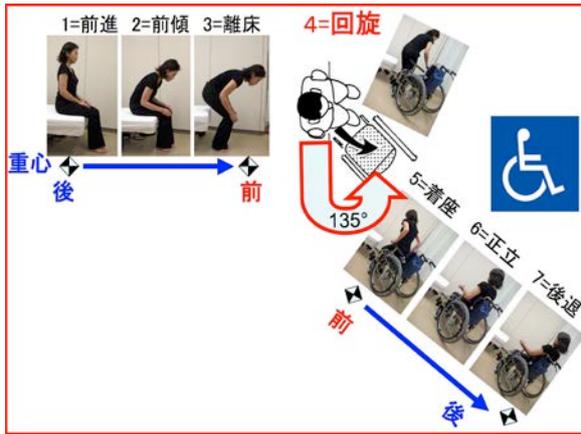


図1 標準的な移乘法

特に、脳卒中片麻痺患者や下肢骨折患者、下肢切断者等は患側荷重が困難なため、健側を軸足にして片足で不安定な方向転換を行い、バランスを崩しやすい。そもそも後方は視認性が悪いため、臀部が車いすの座面上にきているのか否かの判断も難しい。

現実には、医療現場のインシデントレポートには、移乗場面での転倒事例が数多く記載されており、移乗を少しでも安全かつ容易に行う工夫が求められている。

最も一般的な移乗支援装置として、「移乗リフト」があるが、わが国の高齢者介護施設への普及率は9%に満たず、また「スリングで吊り上げられる人間」の姿は極めて受動的であり、本人の残存機能を活かさない点で、自立支援に逆行する可能性もある。

また「移乗ロボット」も各種開発されつつあるが、未だ実用化レベルには達していない。

## 2. 研究の目的

上記の社会的ニーズを背景にして、我々は安全で容易な移乗方法を新たに考案した。

この新しい移乘法では、標準的な移乗手順から身体回旋より後半部分を全て削除して、身体の向きを変えずに、重心を前方に移行させて移乗を完了。引き続き、座面をモーターで上昇させる(図2)。



図2 新しく創案した移乘法

これは医療介護の常識を刷新する移乘法ではあるが、専用の移乗支援装置を必要とするため、イメージを具体化できるようなコンセプトモデルを試作した(図3)。



図3 コンセプトモデル

本研究では、このコンセプトモデルをベースとして、移乘法に関する技術的な方法論を確立し、移乗のみならず移動や日常生活活動をも支援できる電動車いすロボットを設計し開発する。

## 3. 研究の方法

### (1) 移乘法に関する技術的方法論の確立

初年度は、大学病院リハビリテーション部の医師、理学療法士、作業療法士のメンバーで開発検討会議を行って、現状の問題点を抽出して解決法を探る。

### (2) 移乗移動支援装置の開発

企業側の開発チームの技術者と、医療スタッフとの間で意見交換を行って、詳細な要求性能を伝え、試作機を使ったテストと検討を行う。医療現場のニーズを開発者側に提言し、装置の図面を作成・改善し、必要機能を確認して発注する。納品後は各種検証テストに基づいて、改善・修正を行ってゆく。

### (3) 移乗動作解析

試作機を用いて、健常者の移乗に関して動作解析を実施する。動作解析ソフトウェア(ダートフィッシュソフトウェア)を2年目に導入し活用して、従来の標準的車いすと異なる性能・特性に関して比較検討を行う。

### (4) 身体接触圧測定

体圧検知センサマット(SRソフトビジョンセンサ、東海ゴム工業社製)を用いて、座面や胸当ての身体接触圧を測定する。

#### 4. 研究成果

##### (1) 移乘法と支援装置に関する技術的検討

初年度の議論・検討の結果、以下のような課題が抽出された。

①対象者の年齢や障害の程度は多様なため、運動能力や介助レベルに応じた移乘法を定める必要がある事。

②前進走行は極めて容易だが、後進走行では操作が難しく危険も伴うため、超信地旋回の機能を新規設計・搭載する必要がある事。

この機能の追加により、後進走向そのものを不要にできる事。

③座面昇降機能は、視点を高める利点とともに、上肢リーチ範囲の拡大によって、ADL支援や社会参加に寄与しうる事。但し、全高と重心の上昇に伴って不安定性が増大する可能性が新たな問題となり、基底面拡大のための補助輪の装備や、座面上昇時に自動的に車輪をロックする機能を設計する必要がある事。

④操舵装置は、現状のジョイスティック式だけでなく、ハンドル式も有効であり、検討課題となる事。

⑤その他、小型・軽量化、段差の乗り越え、デザインの工夫など、様々な課題と解決方法について突き詰め、製造企業側に設計アドバイスを行った。

但し、座面昇降用ユニットの納品だけは、東日本大震災と重なって遅延して、翌年度に繰り越しとなった。

##### (2) 移乗動作解析

試作機を用いて、ベッドからの移乗動作について健常男女5名による検証を実施して、動作解析ソフトウェア（ダートフィッシュ）を用いて、従来の標準的車いすと異なる特性に関して比較検討を行った（図4）。

その結果、新しい移乗方法では、方向転換を行わず簡潔で直線的な重心移動が行われ、従来の車いすを用いた場合の所要時間（平均 $4.92 \pm 0.73$ 秒）と比べて、約半分の時間（平均 $2.60 \pm 0.43$ 秒）で移乗動作を完了できる事が明らかとなった。



図4 移乗動作のスーパーインポーズ

##### (3) 身体接触圧測定

体圧検知センサ（SR ソフトビジョン）を用いて、健常者が試作機に着座した際の、座面と胸当ての身体接触圧を測定したところ、座面において、坐骨から恥骨部にかけて局所的に40mmHgを超えて高压となっていることが分かり、シートの形状や体圧分散素材に関しては、今後改善すべき課題として残された（図5）。

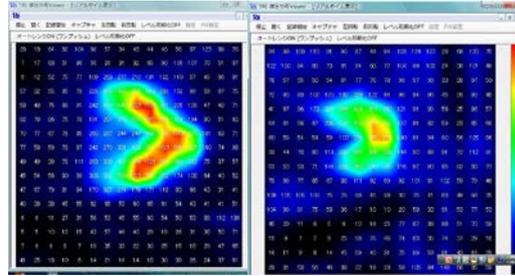


図5 接触圧測定(左:座面, 右:胸パッド)

##### (4) 試作機の改良・設計変更

1次試作機を用いて検証テストを行うたびに新たな課題が明らかとなったため、開発チームとともに改良設計を進めた。いずれも初期段階では想定できない問題点であり、計画の一部を翌年度に繰り越して、問題箇所を修正して大幅に小型化した2次試作機を組み上げた（図6）。

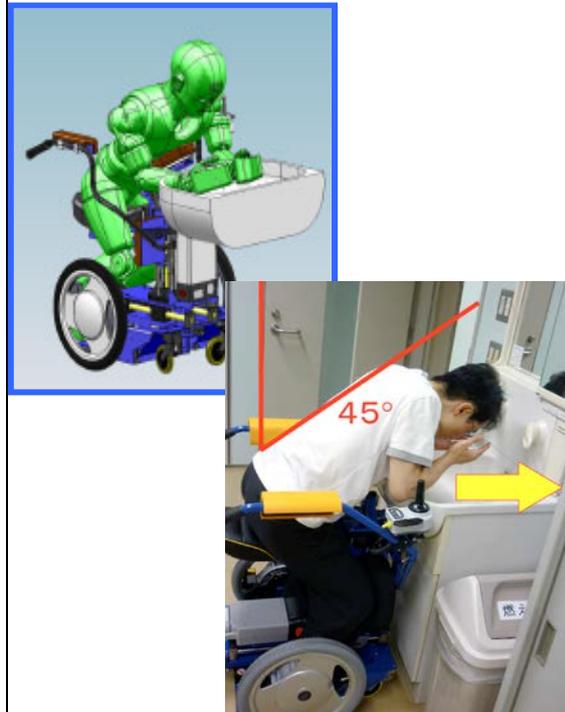


図6 2次試作機のCG(左)と実機(右)

2次試作機による各種テスト中に、さらなるハードウェア修正が必要と判断した内容は以下の通り。

- ①胸当てパーツの交換  
(固定ロック式 → 電動可動式へ)
- ②座面昇降方式の設計変更  
(xとz方向は別ボタンの操作で独立制御 → x-zの斜面方向のみの制御に一本化)
- ③シート傾斜方式の仕様変更  
(胸当てのみが傾くリクライニング方式 → 座面と胸当てが連動して傾くティルト方式に設計変更)  
以上は、今後の改善課題となった。

#### (5)課題と展望

本研究の画期的な特徴と、今後解決すべき課題を列挙する。

- ①移乗動作のインベーション  
新たな移乗法では、身体の向きを変える必要が無く、手順が少ないため、より安全かつ容易に実行可能となる。  
【課題】移乗手順を最適化して確立するとともに、適切な移乗支援装置の開発が必要。

- ②移乗から移動への円滑移行  
単なる移乗支援に終わらず、車いすに代わる「移動装置」として使える新しい乗り物として、高齢者・障害者の行動範囲を、ベッド周囲から室外～屋外へと飛躍的に拡大することも可能となる。

- ③近未来のデザイン  
「高齢社会」の暗いイメージを踏襲することなく、スタイリッシュな近未来のイメージを追求し、市民の意識改革を図る。  
【課題】屋内用と屋外用で、同一デザインの共用は困難であり、検討と試行が必要である。

- ④ユニバーサルデザイン  
従来の車いすは「高齢者・障害者・患者専用」であるが、本装置は、老若男女、世代を超え、障害の有無を問わずに利用可能であり「共生社会の具現化」と言える。  
【課題】ユーザの心身機能に応じて、安全面での対策や、操作性の向上が必要である。

- ⑤視点の高さ調整機能  
「座面の電動昇降機能」は、屋内での日常生活のみならず、屋外での社会参加活動で有用であり、歩行する健常者と同じ視線で、会話やアイコンタクトしつつ移動が可能となる。  
【課題】ユーザの体格に応じた調整が必要。

- ⑥乗馬姿勢  
膝当てが脛骨前面を支えることによって、骨盤の前方すべりによる「仙骨座り」を防ぎ、

これに伴う円背姿勢を回避して、背筋が伸びる利点がある。また前傾姿勢そのものがアクティブな作業姿勢であり、「身も心も前向き」な状態を実現できる。

【課題】膝パッドの形状や角度の最適化が、必要となる。

- ⑦背部の除圧  
褥瘡は身体背面(仙骨部、棘突起部、肩甲骨部等)に好発するため、背部を除圧できる本装置は有効である。また、亀背変形や腰背部痛が有って、背もたれが当たると苦痛のあるユーザにも貢献できる。  
【課題】新たな圧迫部位の接触圧について、測定・検討する必要がある。

- ⑧ロボット機能  
本装置には、未だロボット技術が十分駆使されていない。今後は、必要かつ十分なロボット機能を実装する必要がある。  
【追加予定の機能】傾斜路面での自動水平化、片流れ防止機能、音声認識機能(呼べば来る等)、障害物認識・衝突回避機能、GPSによる目的地誘導機能、急カーブで自動減速機能等。

- ⑨日常生活活動の支援  
ADL (Activities of Daily Living) の支援デバイスとして、台所や洗面台、書棚や食器棚、タンスやドア前など、「高所リーチ」や「前方リーチ」動作が頻用される場面で、「座面昇降機能」および「胸当て前傾ティルト機能」を活用する事によって、新たな付加機能を追加できるよう開発を進める。

今後は、残された課題の解決を目指して、北欧の福祉先進国と共同で改善を行い、試行を繰り返して、最適化を図ってゆく。

本研究は、下記の協力者とともに実施した。

#### 研究協力者

上島 隆秀 (KAMISHIMA TAKAHIDE)  
九州大学病院リハビリテーション部・理学療法士  
草葉 隆一 (KUSABA RYUICHI)  
九州大学病院リハビリテーション部・理学療法士  
藤田 曜生 (FUJITA AKIO)  
九州大学病院リハビリテーション部・作業療法士  
瓜生 充恵 (URYU MITSUE)  
九州大学病院リハビリテーション部・作業療法士

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1件)

高杉紳一郎、上島隆秀、草葉隆一、藤田曜生、太田祐子、橋爪 誠、岩本幸英、安全な移乗と移動を支援する電動車いすロボット、クリニカルリハビリテーション、査読無、Vol. 19、No. 12、2010、pp. 1114-1117

〔学会発表〕(計8件)

①高杉紳一郎、上島隆秀、草葉隆一、藤田曜生、瓜生充恵、岩本幸英、高本陽一「高齢者の安全な移乗と移動を支援する電動車いすの開発」、生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会 2012 (2012年11月4日、名古屋)

②瓜生充恵、高杉紳一郎、藤田曜生、上島隆秀、草葉隆一「生活の自立を促す移乗移動支援ロボットの開発」、第34回国立大学リハビリテーション療法士学会大会 (2012年9月8日、鹿児島)

③上島隆秀、高杉紳一郎、草葉隆一、藤田曜生、瓜生充恵、高本陽一、岩本幸英「画期的な移乗方法が可能な電動車いすの開発」、第27回リハ工学カンファレンス福岡 (2012年8月24日、福岡)

④藤田曜生、高杉紳一郎、瓜生充恵、上島隆秀、草葉隆一、岩本幸英「ADL動作拡大を目指した移乗移動支援ロボットの開発」、第46回日本作業療法学会 (2012年6月15日、宮崎)

⑤草葉隆一、高杉紳一郎、上島隆秀、藤田曜生、瓜生充恵、岩本幸英「移乗移動支援ロボット Rodem と普通型車いすの移乗動作比較」、第47回日本理学療法学会 (2012年5月26日、神戸)

⑥上島隆秀、高杉紳一郎、草葉隆一、藤田曜生、瓜生充恵、岩本幸英「画期的な移乗法を実現する移乗支援装置」、第21回福岡県理学療法士学会 (2012年2月26日、福岡)

⑦高杉紳一郎、上島隆秀、草葉隆一、藤田曜生、瓜生充恵、岩本幸英、高本陽一「高齢者や障害者の安全な移乗と移動を支援する電動車いすの研究開発」、第27回日本義肢装具学会学会大会 (2011年10月22日、東京)

⑧高杉紳一郎、上島隆秀、草葉隆一、藤田曜生、太田祐子、高本陽一、川久保勇次、橋爪 誠、岩本幸英「安全かつ容易な移乗方法と移動支援ロボットの開発」、第19回日本コンピュータ外科学会大会パネルディスカッション (2010年11月3日、福岡)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計1件)

名称：移乗・移動装置

発明者：高本陽一、川久保勇次、宮本賢一、馬場勝之、高杉紳一郎、草葉隆一、岩本幸英  
権利者：株式会社テムザック

種類：特許

番号：特願 2009-132605

出願年月日：平成21年6月1日

国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ

九州大学病院リハビリテーション部

<http://www.med.kyushu-u.ac.jp/reha/RODEM/RODEM.html>

メディア報道

①2013年02月25日 テレビ東京

「日経スペシャル 未来世紀ジパング」

②2013年01月17日 TNC テレビ西日本

「タマリバ」

③2012年05月06日 FBS 福岡放送

「夢∞無限大 FUKUOKA」

④2011年12月13日 TVQ 九州放送

(ニュース報道)

⑤2011年12月13日 TNC テレビ西日本

(ニュース報道)

⑥2011年12月02日 テレビ東京

「News モーニングサテライト」

⑦2011年08月20日 KBC 九州朝日放送

「とっっても健康らんど」

⑧2011年07月 ANA 機内放送番組

「発想の来た道」

⑨2011年05月31日 NHK 福岡放送

(ニュース報道)

⑩2011年05月08日 テレビ朝日

「報道ステーション」

⑪2011年04月12日 NHK 福岡放送

「熱烈発信！福岡 NOW」

⑫2010年12月30日 NHK 福岡放送

(ニュース報道)

⑬2010年10月27日 独立行政法人 科学技術振興機構「サイエンスニュース」

⑭2010年06月26日 TBS テレビ

「情報7days ニュースキャスター」

⑮2010年06月04日 NHK 総合テレビ

「Biz スポワイド」

⑯2010年05月06日 テレビ朝日

「報道ステーション」

⑰2010年02月14日 TBS テレビ

「情熱大陸」

⑱2010年01月30日 TVQ 九州放送

「九州経済 NOW」

雑誌収載

- ①日経ビジネス 2011年5月号  
「ロボット大国日本の虚実」
- ②月刊福祉 2009年12月号  
「ユニバーサルビークルRODEM」
- ③日経ものづくり 2009年10月号  
「身も心も前向きにする新しい乗り物  
ロデム」

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高杉 紳一郎 (TAKASUGI SHIN-ICHIRO)  
九州大学・大学病院・助教  
(医学部講師 併任, 診療准教授 併任)  
研究者番号: 40253447

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし