

機関番号：11201

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20500482

研究課題名(和文) 寝たきり生活者の介護負担を減らすための多機能型電動車椅子の開発

研究課題名(英文) Development of an Electric Wheelchair with Support Functions to Improve the Lifestyle for Bedridden Patients

研究代表者

湯川 俊浩 (YUKAWA TOSHIHIRO)

岩手大学・工学部・准教授

研究者番号：10347205

研究成果の概要(和文)：

本研究では、介護者と被介護者の QOL の向上を目的として、移動、睡眠、入浴、排泄に関する支援機器のシステム開発をおこなった。1) 簡易ベッドになる多機能型電動車椅子、2) 介護者が一人で入浴介護ができる簡易入浴槽、3) 車椅子とベッド間の移送や入浴作業を支援する機器となるリフト装置、4) 排泄物タンクを居宅のトイレまで運ぶことができ、車椅子に収納でき、オムニホイールやパンタグラフを用いた排泄介護用移動ロボット、そしてその制御装置を開発した。このシステムにより、寝たきり患者に対して心身機能の回復を図り、介護者に対して介護負担を低減させた。

研究成果の概要(英文)：

A new type of assistance system that can support bedridden patients to reduce the burden of nursing care has been proposed. The first component is an electric wheelchair that can be modified to function as a portable bed by reclining the seat. The second component is a new type of lift for carrying a patient from the wheelchair to the bath, or to a normal bed. The third component is a new type of bathtub made from vinyl cloth and supported by an aluminum frame and that can be moved easily. Generally, it is difficult for a caregiver to move a bedridden patient between the bed and the bathroom, and bathing patients who are lying in bed is one of the most difficult tasks for caregivers. Using the proposed items such as the wheelchair and the lift, caregivers can more easily bathe patients. Another task for caregivers is helping patients with incontinence. To help overcome this problem, we have designed a small mobile robot with a portable toilet to set up under the seat of the wheelchair. The robot can move inside the house after moving out from under the wheelchair.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

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：福祉・介護用ロボット、電動車椅子、自宅介護、介護入浴、簡易ベッド、簡易トイレ、自律移動、トイレ清掃

1. 研究開始当初の背景

我が国で 85 歳以上の年齢層では、四人に一人が要介護状態であり、寝たきり介護の数は、欧州の先進国と比較して数倍も多いのが現状である。寝たきり介護は介護者と被介護者の双方の肉体的負担と精神的不安を伴うため、この負担を減らすことが課題となっている。訪問入浴介護を依頼する場合、現行の介護保険制度では、一人の看護師と二人の介護職員でサービスを受けた場合、一回が一万数千円程であり、看護師がいない場合や部分浴の場合は減額となり、利用者の負担額は一割である。しかしながら、一般には毎日訪問入浴を依頼することは経済的に難しいのが現実である。

介護機器として代表的な車椅子に関する従来の研究は、車輪機構、移動性能、操作性に関する内容が主であった。一方、介護分野では、介護用トイレや排泄器具に関する開発が進み、数多くの製品が普及してきた。しかしながら、今までに開発された車椅子や介護製品は、重度障害をもつ寝たきり患者などの介護において、介護の負担を極端に低減させる手段になっているとは言い難い。

例として、従来の車椅子に関する研究について述べる。秋下は、狭あい空間でも移動可能とする全方向移動台車に対し、いすの上下、前後、回転動作を取り入れ、音声認識による音声動作指令を実現させた。米田らは、階段を昇降するロボットを開発している。和田らは、オムニホイールを開発して車椅子の車輪に搭載して実験をおこなっている。北川らは、オムニホイールを有する全方向移動車椅子の軌道追従制御をおこない、ハイブリッド整形法により乗り心地を改善させた。池田らは、車輪型移動ロボットと車椅子の協調による段差乗り上げの手法を提案した。大村らは、車椅子のキャスター構造を提案し、段差乗越えの実験をおこなった。松本は、車椅子用のビジョンとして、レーザレンジファインダと地図情報を用いて、ユーザの注意対象を推定し、自己位置と外部環境を認識した。家永らは、病院内の環境情報の構造化をおこない、患者、スタッフ、ロボットに対し、情報提示や運搬などをおこなう病院内移動支援システムを構築した。三谷らは、視覚障害者用ブロックが車椅子の走行に与える影響をサスペンションの有無の違いで評価した。

2. 研究の目的

本研究では、少子高齢社会で生じる介護の問題に対応するため、家庭内における介護システムを提案し、介護を必要とする寝たきり患者に対し、心身機能の回復を図り、一方で介護者に対して介護負担を低減させることを目的とする。

本研究の介護システムを利用したときの生活の概念図を図 1 に示す。被介護者は普段の生活では、簡易ベッドに改造した車椅子の上や常設のベッドの上で一日の大半を過ごす。時には介護者に車椅子を押しもらい、車椅子の本来の移動機能によって屋外に出ることもできる。図 1 において、(a) 普段はベッドや電動車椅子の上で過ごす。車椅子をフルリクライニング化することによって、寝たきり患者にも対応する。車椅子上では短時間の睡眠をとることが可能である。(b) 車椅子ベッドと浴槽間の移送手段には、手動リフトを用いる。リフトを使って被介護者を寝室、居間、廊下内で移動させることができる。車椅子をリクライニングさせてから、横臥状態の被介護者をリフトに乗せて、介護者のハンドル操作でベッドや浴槽に移送する。この装置を用いることによって、被介護者をそのまま持ち上げるよりも力を使わなくてすむ。(c) トイレロボットは、排泄物の保存、排出、貯蔵タンクの清掃を自動でおこない、自律移動ができることを最終目標としており、これにより、排泄介護における不快感を伴う清掃の負担を軽減可能である。排泄支援に関するシステムは、ポータブルトイレを取り付けた移動ロボットを車椅子の座席下に収納し、車椅子上で、ポータブルトイレの便器の上方にある車椅子シートに臀部をおき、排泄をおこなうものであり、排泄後にそのままポータブルトイレを放置しておくとは衛生面上良くないので、移動ロボットが居宅のトイレまで移動する。そして、(d) ロボットは居宅内のトイレに入り、手動洗浄装置のタンク内の水を電動で流し、排出物を常設トイレの便器に流す。

3. 研究の方法

本プロジェクト（20年度～22年度）の研究内容は、大きく分けて四つのテーマがあり、(1) 電動車椅子の簡易ベッド（フルリクライニング化）への改良、(2) 簡易浴槽の開

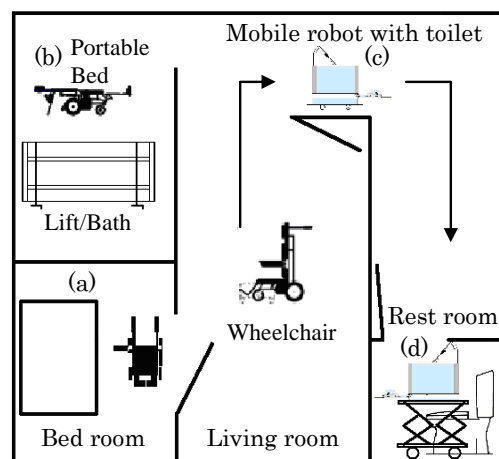


図 1 介護システム

発, (3) 手動リフトの開発, そして, (4) トイレ自律移動ロボットの開発 である.

(1) 電動車椅子を改造して簡易ベッドの機能をもたせた (図 2 (a)). また, 被験者の横臥姿勢での寝心地の評価をおこなった (図 2 (b)). 介護者が車椅子上の被介護者を持ち上げる代わりに, リフト (後述) で移乗させる. そのため, シート中に中空部材を設置する (図 3).

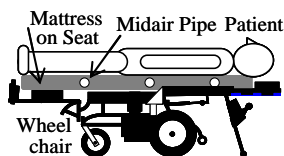
(2) 当初の計画として, 電動車椅子の上に簡易浴槽を設置して入浴をおこなう予定であったが, 簡易浴槽の構造やその設置方法を再検討した結果, 車椅子の上に簡易浴槽を置くよりも, 車椅子とは別の所に簡易浴槽を置き, 手動リフトを使って被介護者を車椅子から浴槽へ移すことにした (図 4).

(3) そのため, 新たに手動リフトを開発した (図 5). (a) 介護者が立つ側からみた図, (b) リフトフォーク側, ハンドル取付側からみた図. リフトはキャスター付きで補助者が簡単に移動させることができる. 手でハンドルを回し, 二自由度の運動を実現させる. 少しの力で人を持ち上げることができ, このリフトで車椅子とベッドの間でも被介護者を運ぶことができる.

(4) トイレ移動ロボットの移動機構を試作した (図 6). 狭い空間できめ細かな移動をするために, オムニホイールを車輪に用いた (図 7). 最終年度 (21 年度) には機構を改良し, 制御系を構築し, 自律走行試験をおこなった.

4. 研究成果

開発した介護システムについて, 三年間の研究開発の結果と得られた成果は以下のとおりである.



(a) 被介護者を乗せたまま持ち上げる機構



(b) 被験者を乗せた状態

図 2 電動車椅子のフルクライニング状態



図 3 リフトフォーク挿入部



図 4 簡易浴槽

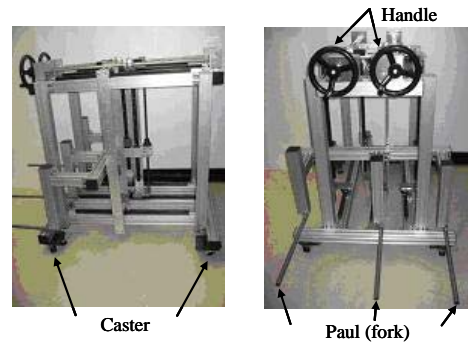


図 5 手動リフト

(1) 車椅子をフルクライニングへ改良し, 簡易ベッドが完成した. リクライニングする際の操作性を評価したところ, 取扱い易いという結果であった. リクライニングの際の機構, 寸法, 強度についても評価し, 特に問題はなかった. リクライニングの際に用いるガスダンパーの力と補助者のアシスト力により, スムーズに椅子モードとベットモードを相互に繰り返し移行できた. 横臥姿勢をとった被験者により, フルクライニングの状態における車椅子の機構と強度を確認した. 寝心地についてはシートの寸法を再検討する必要がある. (横臥姿勢をとることは, 身長 175cm の人が限界であった).

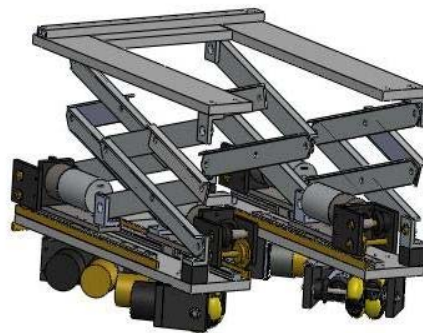


図 6 移動ロボット

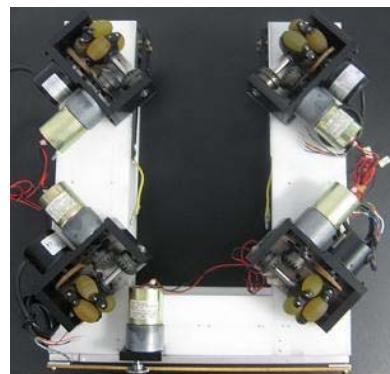


図 7 オムニホイール機構

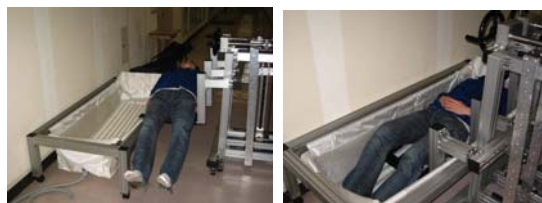
(2) 簡易入浴槽は、キャスター付きのアルミフレームボディの中へビニール製の簡易入浴槽を収納するタイプとした(図4)。軽量化かつ高剛性化が図られているので、屋内を一人で簡単に移動できる。(キャスターを転がして動かすための押付力は2, 3kgf程度である)。開発した簡易浴槽が従来のタイプと異なる点は、浴槽がアルミフレームで吊り下げられており、浴槽の底面には支持材がなく、底面が床の水平面に対して斜めになっており、頭部側は床から数センチの高さがあり、脚部側は床に接地していることである。頭部側が高く、足側が低くなっているため、使用するお湯が少量ですむことを確認した。

(3) 手動リフトを開発した(図5)。このリフト装置は、フォークリフトのように、フォーク(つめ)で人を持ち上げる構造である。介護者による手動でのハンドル操作により、寝たきり生活者を車椅子からベッドに移したり、簡易入浴槽に移すことができた。リフトには、操作ハンドルを二つ付けた。手動で二自由度(上下(垂直)および前後(水平))にフォークを動かすことができる。リフト装置の底面には、自在に動くキャスターが取り付けられている。この手動のリフト装置は平歯車、ラックギヤ、ボールネジから構成される減速歯車機構を有する。被介護者をそのまま持ち上げるよりも、力を使わなくて済むため、介護者の体力的負担を軽減できた。減速比は、水平方向が4:1、上下方向が40:1である。モータなどの動力源がなくても、弱い力(9.8 N(=1.0 kgf)以下)の偶力で二つのハンドルを回すことにより、ゆっくりと、水平方向および上下方向にフォークを動かすことができた。

介護者は一人で、車椅子をフルリクライニングさせ、被介護者を横臥状態にし、それからリフト装置のフォークを車椅子シート内



(a) リフトフォークの差込み (b) 被介護者の持上げ

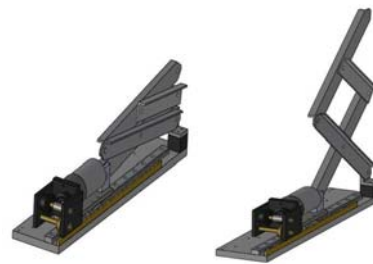


(c) 被介護者の移動 (d) 浴槽への浸漬

図8 リフトを使った入浴介護

の中空パイプに差し込む作業をした(図8(a))。その際、被介護者は車椅子のシート上で横臥姿勢のままの状態でも構わない。フォーク(つめ)をシート内の中空パイプ内にはめるために、操作者はハンドル操作で微調整しながら、はめあいを目視で確認した後、つめを差し込むことができた(図8(b))。そして、リフトで被介護者を上に持ち上げることができた(図8(c))。つぎに、キャスター付の手動リフト装置を介護者が一人で押しながら簡易浴槽の脇まで運んだ。つぎに、浴槽、リフト、そして被介護者を平行にし、介護者(操作者)は二つのハンドル操作をしながら徐々に被介護者を下ろし、そして浴槽内に被介護者を下ろすことができた(図8(d))。このリフト装置により、一人の介護者のハンドル操作だけで入浴をおこなうことができ、被介護者をそのまま持ち上げるよりも力を使わなくて済み、介護負担が軽減できた。

(4) 失禁者に対応させるトイレ移動ロボットの伸縮機構にはパンタグラフ機構を用いた(図9(a)収縮状態、(b)伸長状態)。この機構により、高い伸縮率を得ることができ、小型軽量化を図ることができた。つぎに、パンタグラフの高さとリンク角度との関係を調査し(図10)、この結果に基づいてロボットのパンタグラフ機構を設計した。トイレ用水タンクをロボットに搭載しても、車椅子の座席の下に収納可能な大きさまで小さくなり(図11)、さらに居宅のトイレの便座の位置



(a) 収縮時 (b) 伸長時

図9 パンタグラフを用いた伸縮機構

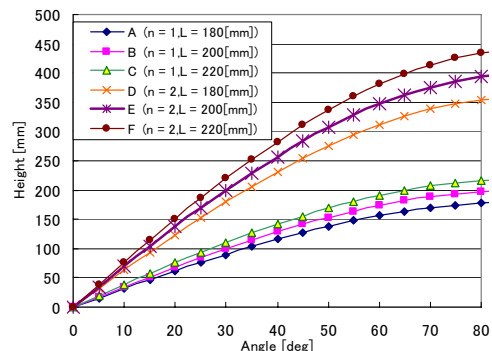


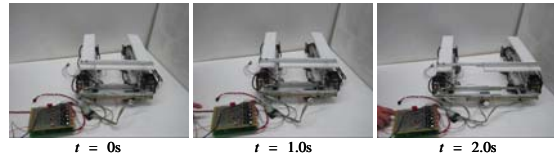
図10 伸縮機構(パンタグラフ)の伸びと角度の関係

まで伸び、居宅トイレの便器をまたぐことができるようになった(図12)。洋式便座の上まで脚が伸びるパンタグラフ機構を取付け、給水および排水タンクを持ち上げると同時に、脚部分は横方向へ広がり、居宅のトイレの上から排泄物を捨てることのできる機構を完成させた。

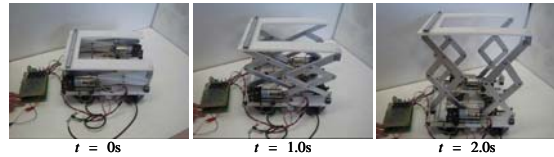
トイレ移動ロボットの制御系にはマイクロコンピュータを用いた。横方向の拡幅機構として、DCモータ、ラックギヤおよびスライドルールを用いて自動制御をおこなった(図13(a))。つぎに、縦方向の伸縮動作について自動制御実験をおこなった(図13(b))。そして、ロボットの移動性能試験として、直進、旋回、回転の基本的な自律走行をおこなった(図13(c))。

トイレ移動ロボットの便器を自動清掃するためのロボット搭載用アームは、現段階で制御系の設計が完了し、アーム本体の機構の設計段階に入っている。当初の計画どおり、一方のアームによって居宅トイレの水タンクから給水し、もう一方のアームで排泄物タンクの中を清掃する方式をとることにする。

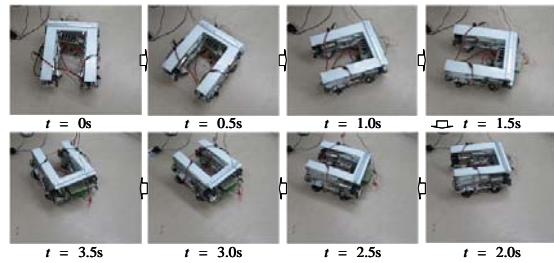
以上まとめると、現在までに、(1) 電動車椅子の簡易ベッドの試作機が完成、(2) 簡易浴槽が完成した。(3) 車椅子から簡易浴槽や通常のベッドへ移動できる手動リフトを開発した。(4) トイレ移動ロボットの拡幅機構にはパンタグラフ方式を用いることにより、



(a)横方向への拡幅実験



(b)上方向への伸長実験



(c)ターン実験

図13 ロボットの形状変化と移動の様子

高さとの伸縮比の高いロボットを開発した。これらの(1)~(4)を統合したシステムの他には、今後、ロボット搭載用アームの機構を製作する。移動制御系の設計は完了しているので、今後は距離センサを搭載し、センサ基板を製作し、カメラによる画像フードバックシステムの構築をおこなう予定である。これらが終了した後は、トイレ移動ロボットの自律走行試験をおこなう。昨年度までに別途開発してきた三輪自在走行ロボットの直進、旋回、ターン性能の基本試験をおこなったときと同様、本ロボットに複数のカメラを取付け、複数のカメラ映像を逐次切り替えて画像を取得し、その画像をリアルタイムに処理をしながら移動させる。誘導ラインを利用せずに、壁と床とのエッジを画像処理により認識し、ロボットと壁との距離を距離センサで認識する。さらに、ドアの開閉の状態などを画像処理により把握する。進路の分岐点では、予め設置したランドマークを抽出することによって、ロボットを誘導させる。様々なパターンでの廊下や部屋の間取りに対応させるため、セルマップ情報を予め導入前にロボットに記憶させ、事前にロボットの誘導実験をおこないながら、誘導経路を構築する。そして、車椅子と居宅トイレとの間を自律移動し、自動清掃をおこなうことを実現させる。



図11 車椅子の下に収納された移動ロボット



図12 便器の周りを囲んだ移動ロボット

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 5 件)

- (1) 湯川 俊浩, 岡野 秀晴, 磁石吸着型配管検査ロボットにおける磁石車輪と駆動系の設計, 精密工学会誌, Vol. 74, No. 6, pp. 598-603, 2008, 査読有
- (2) Toshihiro Yukawa, Hideharu Okano, Mechanism Design of Pipe-Surface Inspection Robot with Magnetic Elements., Int. Journal of Factory Automation, Robotics and Soft Computing, Issue 3, pp. 14-22, 2008, 査読有

[学会発表] (計 19 件)

- (1) 箱崎 義英, 湯川 俊浩, 下田 翔, 台車ロボットの全方向自律移動制御システムの開発. 計測自動制御学会, 東北支部 45 周年記念学術講演会, 2009. 9. 7-8, 岩手大学 (盛岡市)
- (2) 湯川 俊浩, 医療・介護・福祉ロボットの現状とこれからの課題 (招待講演), 2009. 9. 4, 東北・北海道肢体不自由児施設運営協議会岩手県民情報交流センター (アイーナ) (盛岡市)
- (3) 湯川 俊浩, 大日方 五郎, 生活支援機能を搭載した電動車椅子の開発, 計測自動制御学会 第 51 回自動制御連合講演会, 2008. 11. 22-23, 山形大学工学部 (米沢市)
- (4) 大石 雅彦, 湯川 俊浩, 介護者の負担を低減する多機能型電動車椅子の開発, 日本機械学会 ロボティクスメカトロニクス講演会 2008, 2008. 6. 5-7, ビックハット (長野市)

[その他]

<ホームページ>

- 1)
http://www.eng.iwate-u.ac.jp/jp/seeds/docs/11_toshihiro_YUKAWA_1.pdf
- 2)
http://www.eng.iwate-u.ac.jp/jp/profile/yukawa_toshihiro.html
- 3)
<http://www.mech.iwate-u.ac.jp/~yukawa/index.htm>

<解説>

- (1) 湯川 俊浩, 超高齢社会の到来と医療・福祉ロボットの現状, 日本福祉工学会誌, 10 巻 1 号, pp. 14, 2008

<公開講座>

- (1) 湯川 俊浩, 最新の計測技術とその成果ーロボットからストレスまでー, 平成 22 年度岩手大学公開講座 第 30 回工学部教養講座, 2010. 8. 21, 2010. 9. 11, 釜石市教育センター (釜石市), 岩手大学工学部テクノホール (盛岡市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

湯川 俊浩 (YUKAWA TOSHIHIRO)
岩手大学・工学部・准教授
研究者番号: 10347205

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

大日方 五郎 (OBINATA GORO)
名古屋大学・エレクトロニクス科学研究所・教授
研究者番号: 50111315