

## トイレのための立位移乗支援ロボットの研究

### A Study of Assist Robot for Standing Transfer to Washroom

○ 梅村敦史（東京電機大学） 羽根吉寿正（東京電機大学）

Atsushi UMEMURA, Tokyo Denki University, Toshimasa HANEYOSHI, Tokyo Denki University

*Key Words:* Care Robot, Standing Transfer, Power Assist

#### 1. はじめに

高齢になると立位の維持はできるが、歩行が困難になり、日常の移動に介護が必要になる。特にトイレの介護は介護者のみならず被介護者にとっても精神的・肉体的負担になっている。本研究は、トイレとベッドの間の移動を支援するロボットを開発し、その有用性を実証することが目的である。本論文では、在宅で利用することを前提にした介護ロボットの基本構想について述べる。

独立行政法人新エネルギー産業技術総合開発機構(NEDO)は平成17年度から平成19年度にかけて人間支援型ロボット実用化基盤技術開発事業を実施し、排泄介護総合支援ロボット「トイレアシスト」の研究開発を行った<sup>(1)</sup>。このロボットは広い排泄施設のある介護施設の利用に前提になっている。

これまでの市販の移乗装置はリフト装置による吊り上げ

方式が主流であるが、装置が大型になり、乗り降りに介助者を必要とする。我々は先行研究でバイラテラルサーボを用いた移乗ロボットを研究している<sup>(2)</sup>。このロボットはベッドに寝ている人を抱きかかえ上げ、移動し、車椅子に降ろすアシストをする介護ロボットである。人を抱え上げる動作は大きなパワーが必要でありシステム全体でみると大型になる。立位が可能な利用者であれば、ベッドや便器の座位から立位の状態にアシストし、そのまま移動する方式は手間がなく、効率的で、小型化を期待できる。

立位の姿勢を維持できる高齢者のために在宅向けの立位移乗装置が幾つかある。本研究は被介護者が自立的に立位で移乗するシステムを目指している。

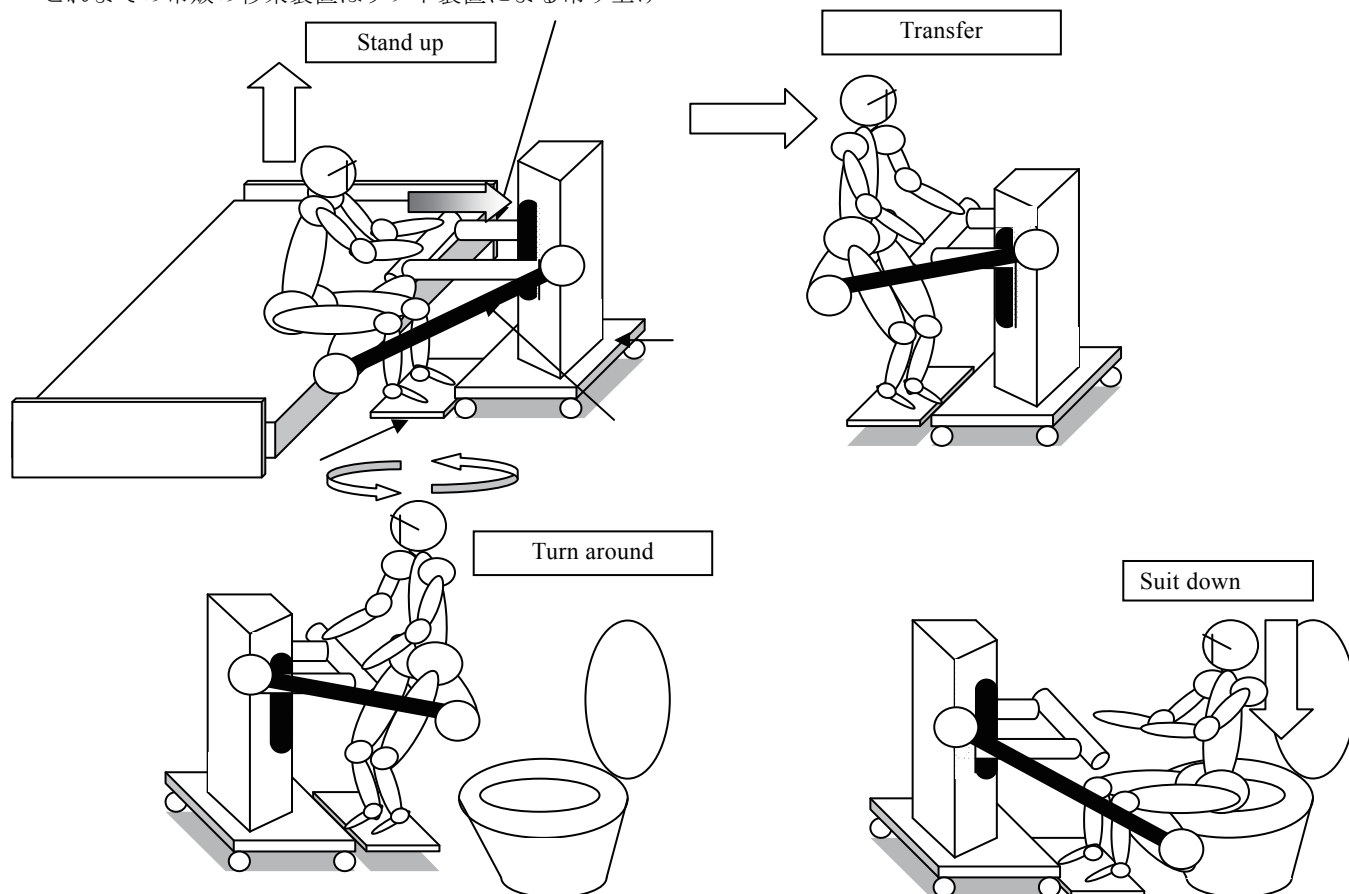
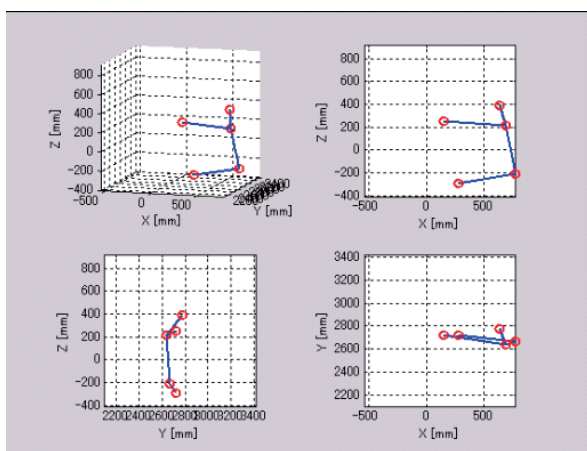


Fig.1 Concept of Assist robot by standing lift for toilet

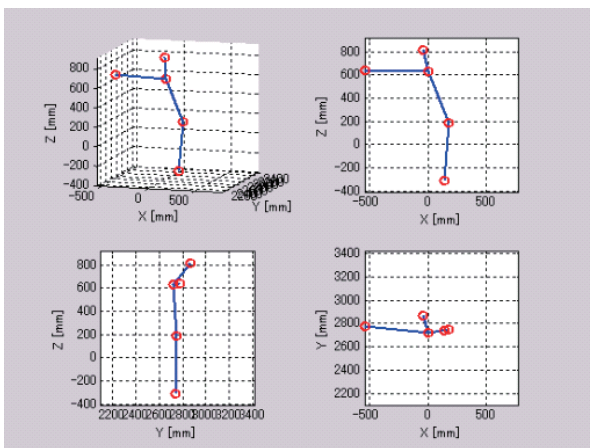
## 2. ヒトの起立動作

ヒトが座位から立位に姿勢を変えるとき、そのまま垂直に体幹をもちあげる垂直法と前傾姿勢をとりつつ起立する前傾法がある。前傾法は介護者にとって楽な方法とされ、通常理学療法士が患者を立たせる手法である。前傾し起立する動作において、若年者は前傾する慣性を利用して立ち上がっているのに対して高齢者は前傾ししかる後に起立していると報告がある<sup>(5)</sup>。立ち上がりの所作としては前傾する慣性を利用するほうが楽であるが、高齢者は筋力が衰えているので前傾と同時に立ち上がることが困難なのではないかと推察する。

ここで、モーションキャプチャを用いて立ち上がり動作を解析する。若年者を被験者とし、こめかみ、首、肩、腰、膝、手の5箇所にマーカを固定して動作を測定した、その結果を Fig.2 に示す。



(a) A sitting position



(b) A standing position  
Fig.2 Motion capture of stand up

この結果は、手を引いているはあるが、ほぼ自力で立ち上がる場合の動作である。自分で立ち上がる際に上半身を前に倒し、重心を前に移動することによって立ち上がっていることが確認できる。自分の力で立たない場合は前に引きずられる姿勢になりそのままでは立てないため、体を持ち上げる必要がある。膝を前から抑え、膝を支点にてこの原理で腰を持ち上げる方法がたやすいが、本研究は歩行の困難な方を利用者に想定しているので膝に負担のかからないよう体を引き上げてから引き寄せる機構を考える。

## 3. 立位移乗支援ロボット

筋力の衰えた高齢者の立位移乗装置は安全性、自立性、そして楽に移乗できるように十分に検討する必要がある。Fig.3 に構想図を示す。

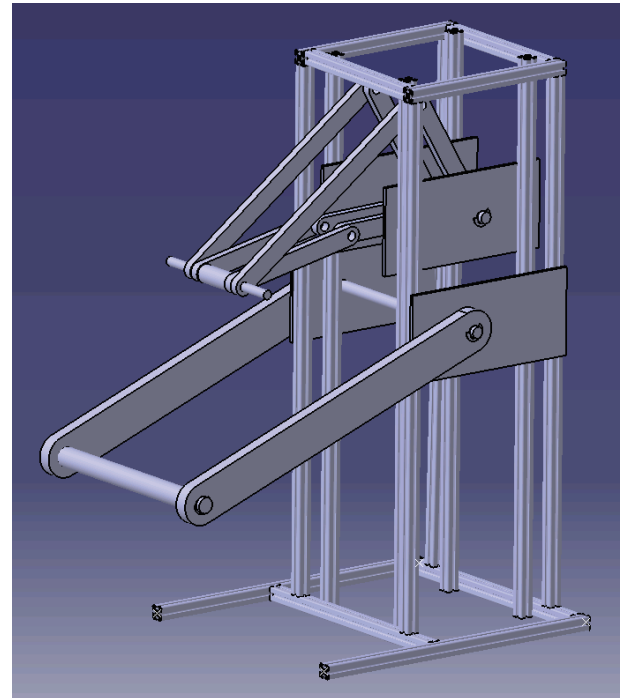


Fig.3 Assembly drawing

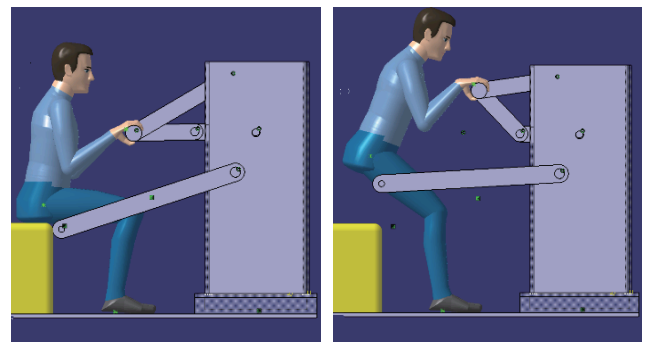


Fig.4 Motion of Assist

被介護者の大腿部と大臀部の後側から上斜め前にパワーアシストするアーム部と起立時に姿勢を前に引き寄せる手摺部によって構成され、全方位移動車に被介護者を乗せて移動する。

前傾姿勢に引き込み、垂直にパワーアシストをすることで効率よく起立させる。このとき、引き込みと垂直にパワーアシストする最も効率のよいタイミングになるように学習制御を適用する。Fig.5 に全体配線図を示す。ポテンショメータによる位置とストレインゲージによる力のフィードバックを基にマイコンで最適なタイミングでモータの位置決めができるように学習制御する。この学習制御は、利用者が起立するときに必要なアシストパワーを個体差と年を経るごとに衰える筋力に応答する。

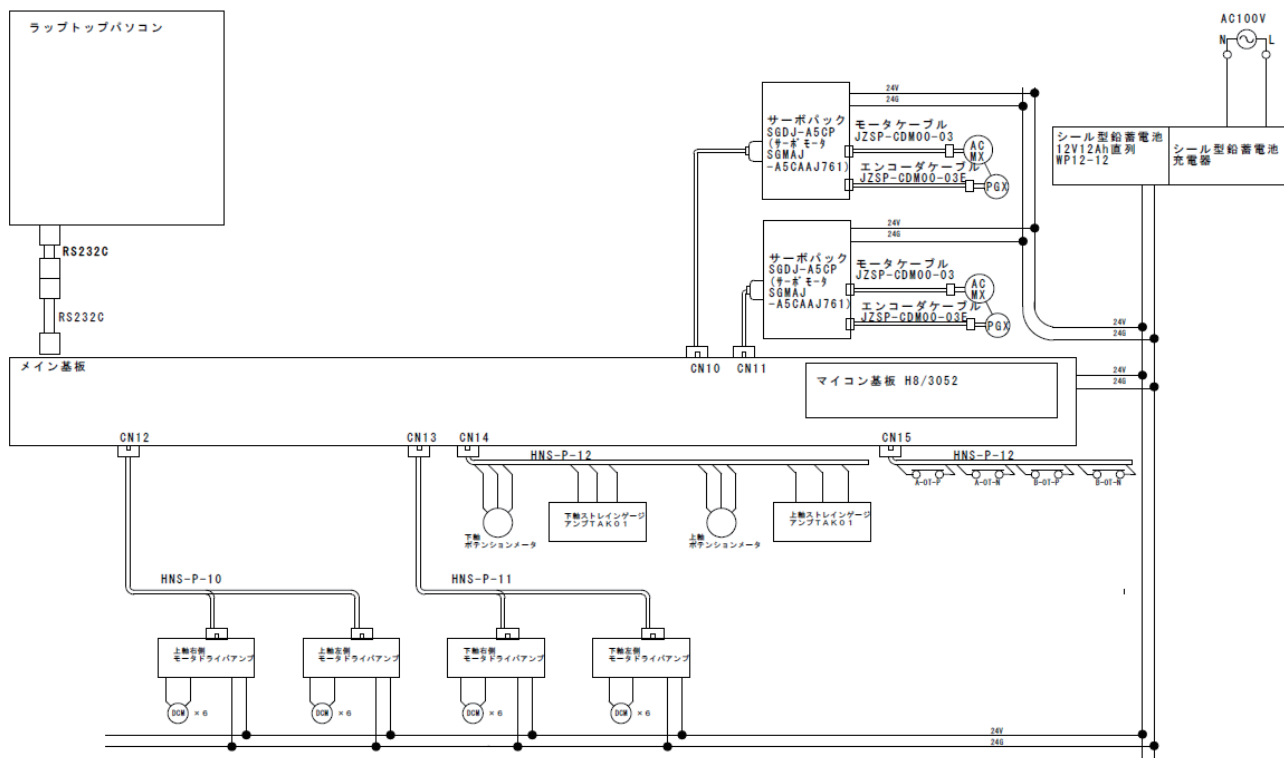


Fig.5 Hardware

#### 4. 複数モータアクチュエータ

駆動源としては圧縮空気とバッテリーを用いた電気駆動を比較検討する。空気駆動は大きな力をだせるがコンプレッサ等の外部機器が必要となる。一方、電機駆動は外部装置が不要で、静粛性、清浄性に優れている。そこでここでは電機駆動のシステムとする。

先行研究<sup>(6)</sup>により複数モータで一つの負荷を駆動するアクチュエータは慣性モーメントが小さく、起動電流を低減できる。幾つかのモータが動かない場合も残りのモータで動かすことができる冗長性がある。セミクローズサーボ制御がなくても、位置制御及び位置の保持が可能である。そして位置の学習制御において試行回数を低減できるという実験結果が得られている。

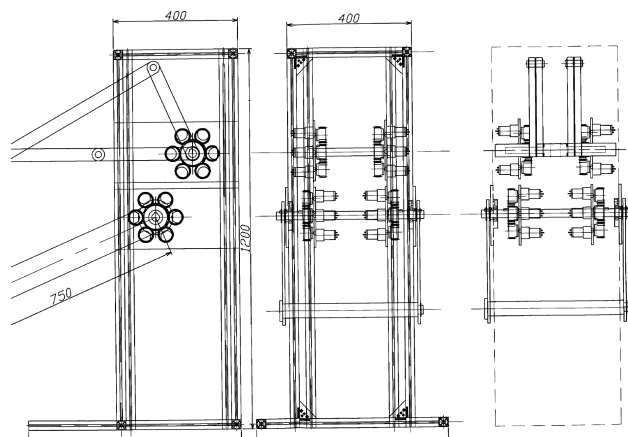


Fig.6 Multi-motor actuator

本研究のロボットの手摺とアームの駆動にマルチモータを用いることで複数モータ駆動のこうした利点を導入する。使用した直流モータの定格は24V6Wであるので、Fig.6に示すように下部アームに12個、手摺アームに12個配置した場合、各部の定格出力は72Wになる。

#### 5. 伸縮機構

##### 5-1 電動サーボ機構

電動の伸縮機構としてリニアモータはギヤ機構がないためにバックラッシュがなく、長寿命であるが、推力に比して重量が重くなる課題がある。

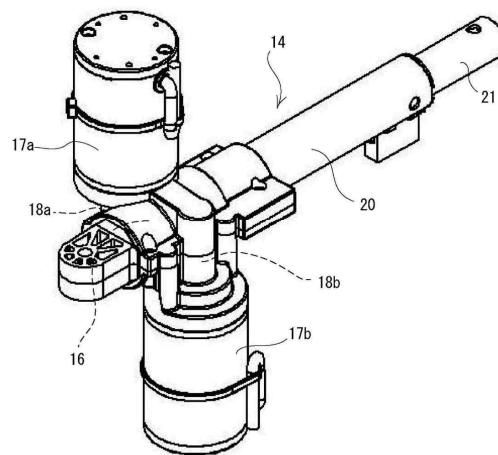


Fig.7 Electric actuator ©Matoba

そこで、共著者との場電機(株)が共同で特許出願中の、

2個の直流電動機でウォームホイール機構を介して直動駆動するアクチュエータを利用する。

二つのモータで一つのウォームホイールを駆動する構成にすることで荷重が分散されるので、歯車のモジュールを小さくでき、推力に比して小型化が期待できる。

このアクチュエータを左右に配置するとき各々のモータは定格出力 10W 程度あれば 60kg の荷重を毎秒 50mm 引き寄せることができる。また、腰をおろす際には、一方のモータを拮抗させることでゆっくりと下ろすことができる。

### 5-2 バイラテラルサーボ機構

先行研究で流体を用いて動力を伝達するバイラテラルサーボ機構を研究している。バイラテラル機構はマスターシリンダとスレーブシリンダの上下の部屋をチューブで互いに接続し、そのなかを流体で完全充填した構成になっており、マスターシリンダのピストンをサーボモータで駆動すると流体が移動し圧力で力を伝達される仕組みである (Fig.8 参照)。

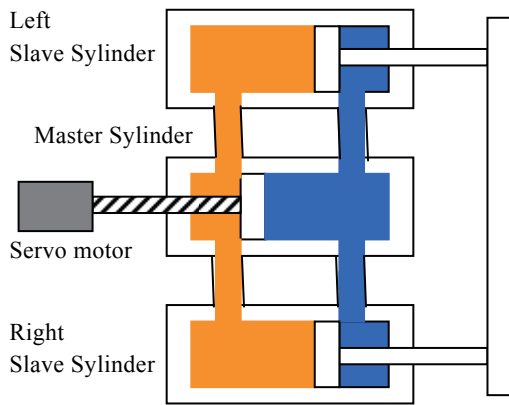


Fig.8 Bi-lateral servo system

バイラテラルサーボシステムは歯車伝達機構より大きなギヤ比が可能であり、空気が作動流体であればダンパーとして機能し、衝撃の緩和も期待できる。

本ロボットは一つのマスターシリンダで左右のスレーブシリンダを駆動することで、小型化が期待できる。

実際に製作し、比較実験、検証をする。

### 6. 自在移動車

本研究のロボットは、狭い屋内を走行するため、切り替えしなして前後左右に移動する必要があり、方向転換もその場で搭乗している人を中心に自転できる走行機構が必要になる。

4隅に自在キャスタを、中央にモータを持った駆動車輪を配置する。中央の駆動車輪は向きを変えるモータと移動するモータを持っている。

本体重量 60kg、利用者 60kg とし、平均的な人の歩行速度で移動する設計とするなら、人の歩行速度は約 4km/h であるので定格出力は 1.34[kw]である。85W 以上のモータが 16 個あれば十分なパワーが得られる。

駆動車輪の方向転換には、4つのキャスターがついていればそれほど大きなトルクは必要ないと期待する。

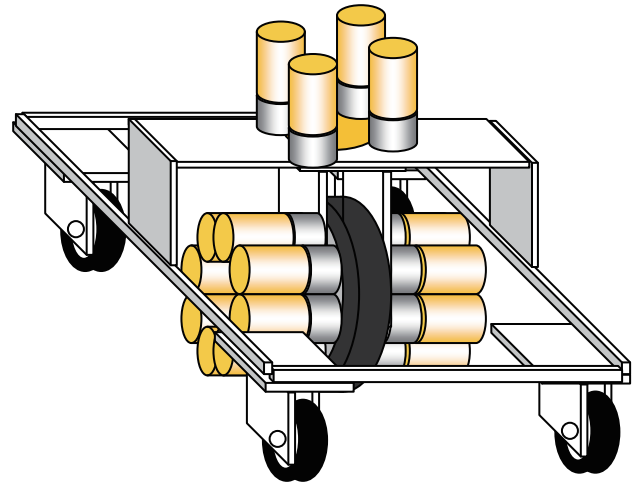


Fig.9 Base of caster wheel

### 7. おわりに

本論文はベッドとトイレを立位で移乗するロボットの基本構想について述べた。今後は実際に試作し実験によって検証する。

### 謝辞

本研究は文部科学省科学研究費補助金 (課題番号 21500521) の助成を受けて実施した。

### 参考文献

- (1) 山田陽滋, 松本治, 小野栄一, 李秀雄, 本間敬子, 堀本幹夫, 鈴木貴弘, 金平徳之, 鈴木利明, 排泄介護総合支援ロボット「トイレアシスト」, 第六回生活支援工学系連合大会講演予稿集, p9-10, 2008
- (2) Kazushi Maeda, Yukio Saito, Hiroshi Negoto, Takamitsu Tajima: Basic Requirement for Transfer Robot, Proceedings of the First Asia International Symposium on Mechatronics (AISM2004), 2004
- (3) 伊丹君和, 安田寿彦, 豊田久美子, 石田英寛, 久留島美紀子, 藤田きみゑ, 田中勝之, 森脇克己, 下肢の支持性が低下したヒトに対する移乗サポートロボットを用いての立ち上がり動作の検証, 人間介護学研究, N0.2:1-12, pp.1-12, 2005
- (4) 鈴木貴, 高橋良彦, 小淵陽助, 高橋勝美, 坂元孝子, 自立型移乗支援ロボットにおける身体的負担の測定, 機械工学会福祉工学シンポジウム2004講演論文集, No.14-42, pp169-173, 2004
- (5) 戸室広介, 新田収, 高橋良至, 米田隆志, パワーアシスト型手すりの開発研究—パーキンソン病患者による検討—, 第6回生活支援工学系学会連合大会講演予稿集, 第24回ライフサポート学会大会, pp190, 2008
- (6) A.Umemura, Yukio Saito, Toshimasa Haneyoshi, A Study on the Multi-motor for Antagonistic Hard Braking, The 12th International Conference on Electrical Mechnes and System (ICEMS 2009), (CD-ROM), 2009