

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24年 6月12日現在

機関番号：32657

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009年度～2011年度

課題番号：21500521

研究課題名（和文） 排泄支援のための立位移乗ロボットの開発研究

研究課題名（英文） A Study of Assist Robot of Standing Transfer between Bed room to Washroom

研究代表者

梅村 敦史（UMEMURA ATUSHI）

東京電機大学・理工学部・研究員

研究者番号：90453795

研究成果の概要（和文）：高齢になると立位の維持はできるが、起立・着座に膝の痛みを感じる場合がある。このようなヒトは介護が必要になるが、とりわけトイレへの移動は介護者のみならず被介護者にとっても精神的・肉体的な負担となる。本研究では、被介護者がみずから乗り込み操作できる立位移乗装置の実現を目標としている。本研究の立位移乗装置の特徴は複数モータによるアクチュエータを用いることで高トルク、コンパクト、そして高い信頼性を有する点にある。加えて、バイラテラルサーボによる伸縮機構を用いることで、コンパクトで、安全性の高い機構が可能となった。本研究により複数モータによるパワーアシストが可能であることが確認でき、立位移乗装置を設計・試作することで、複数モータを用いたコンパクトな設計の実現性を確認し、身体的な制約、そしてバイラテラルサーボを用いた伸縮機構の課題を解決した。本研究によってパワーアシストの学習制御と有用性の評価基盤が確立した。

研究成果の概要（英文）：There are the many osteoarthritis in an aged person. They become non-activity for what motion of stand up and sit down is difficult. In worst case, they will get disuse syndrome causes that they become decrease activity. In particular for the care of the washroom, not only caregiver but also an aged person has a distress and a psychological burden. The purpose of this study develops a robot supporting a washroom and the movement between the bed and washroom is to demonstrate the utility. The standing-style transfer robot of this study aimed at the care robot which a senior person of a poor technical knowledge could operate. The actuator of one load driven by two or more motors (multi-motor) has high redundancy and compact size. In addition, the stretchable arm be able to design long length and high power by bi-lateral servo motor. In this study demonstrate the equipment that the learning control and optimal design is evaluated

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

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：排泄移乗支援

1. 研究開始当初の背景

高齢になると立位の維持はできるが、歩行が困難になる場合がある。そうなると日常的な介護が必要になる。特にトイレへの移動は介護者のみならず被介護者にとっても精神的・肉体的負担である。そのようなヒトは日常生活においてできるだけ動かないようになり最悪のケースでは廃用症候群になることがある。この場合、立ち上がることを補助する工学的な介入が有効であると期待できる。

独立行政法人新エネルギー産業技術総合開発研究機構(NEDO)は平成17年から平成19年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。このロボットは広いトイレ施設のある介護施設での利用を想定されており、介護者が操作・補助することを前提にしている。

市販の製品では、リフト装置による天井からつりあげるタイプが最初に考案されたが、天井の改装工事が必要になる。

在宅用の一人乗りの移乗装置がいくつか市販されている。被介護者を持ち上げるのではなく可動式の装置の上うつぶせの姿勢で移動させるものがあるが、被介護者にとっては必ずしも楽な姿勢ではない。より楽な立位のまま移乗する装置では、被介護者を落とさないように、膝や腰をバンドで固定する必要がある。上記の装置は、基本的には介護者が操作するものである。加えて、電動で立位させるものは故障が生じると被介護者、介護者に専門知識が乏しいときは利用できなくなり信頼性を向上させる課題がある。

2. 研究の目的

本研究は、被介護者が自ら乗り込み、操作できる立位移乗装置の実現を目標としている。本研究のロボットは、一つ目は複数のモータを使ったアクチュエータを使っている点、二つ目はバイラテラルサーボシリンダを使用している点を特徴としている。

複数の電動機を利用したアクチュエータは冗長性があるため高い信頼性を確保できる、バッテリー電源としては難しい大電流を必要としないで滑らかな起動・停止が可能である。また、切り替えによる高効率な駆動も期待できる。一方のバイラテラルサーボは、斎藤らが提案したアクチュエータで、サーボモータからの力伝達に差動流体を封入したシリンダを用いる機構である。この機構は歯車機構を用いた場合よりコンパクトながら大きな伝達比を得ることができ、流体の粘性によって機械的な衝撃吸収能力を期待できる。電源が切れた時には、シリンダの拮抗作用によって、急に力が抜けないなどの安全性があ

る。またスティックスリップが小さくできるので500gf程度の荷重から検出できる。

以上のような特徴を備えた立位移乗装置を実際に試作すると、ベッドや便座からの起立と着座動作を測定・解析が可能になり、使用者の乗り込み、起立・着座動作の個人差、年齢差および経年変化に対応する学習制御の基礎研究の基盤となる。

複数モータによるパワーアシストの基礎的な検討を行い、本立位移乗装置を設計・試作することでその技術的課題を明らかにしその解決策を検討し、その有効性を検証する。

3. 研究の方法

まず、複数のモータを使用したロボットアームを作成し基本的な特性を確認する。次に、着座・起立動作を補助する立位移乗装置を試作し、その技術的課題を明らかにする。立位移乗装置には、複数モータを使用したアクチュエータを肩の回転機構に適用し、バイラテラルサーボ機構を利用した腕の伸縮機構を備える。

移動のための全方位移動台車については、過去に設計・製作し実験したものを応用する。

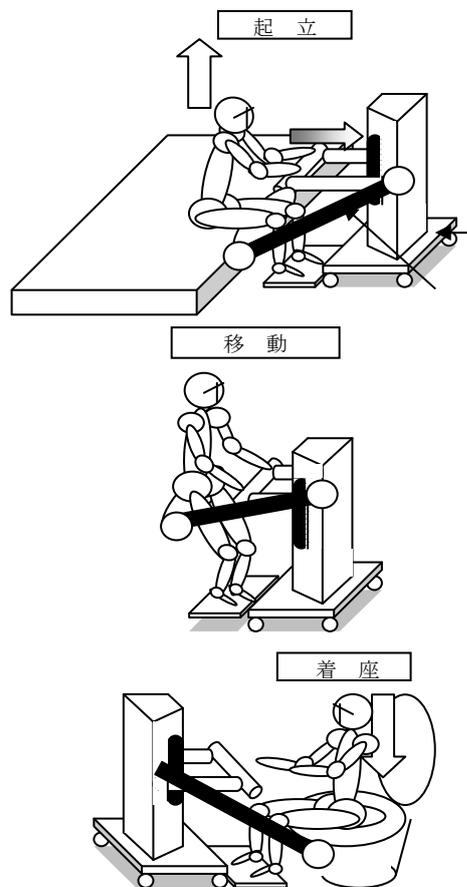


図1 立位移乗装置の基本動作

システムの有用性について、個別の機能を確認し、若年者・高齢者のボランティアを募り立位・着座の動作解析を実施する。

4. 研究成果

4.1 立位移乗装置

基本的構想(図2参照)としては、本体のサイズは一般住宅内で使用できるように幅500[mm]奥行500[mm]高さ1500[mm]とした。本体には手摺である上アームと収縮する下アームを備えている。

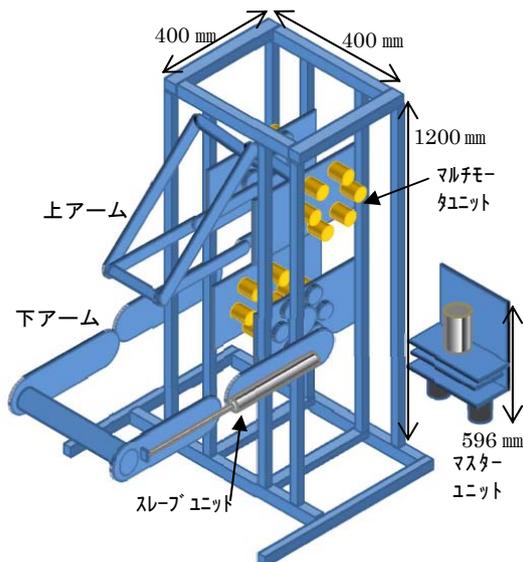


図2 立位移乗装置基本構想

被介護者は下アームを腰の下にあて、上アームの手摺を握る。起立するときは手すりで上斜め前に引き寄せられながら、下アームが下から立ち上がりパワーアシストされる。着座のときは下アームに支えられながら腰を降ろす。このように、起立・着座時に膝に負担がかからないようにパワーアシストされる。この起立方法は前傾法と呼ばれており、被介護者、介護者双方に負担の少ない、介護士の基本的な技術の一つとなっている。

下アーム、および上アームにはポテンションメータとストレインゲージが配置し、最適なタイミングでアシストをするための学習制御に用いる。

4.2 マルチモータパワーアシスト

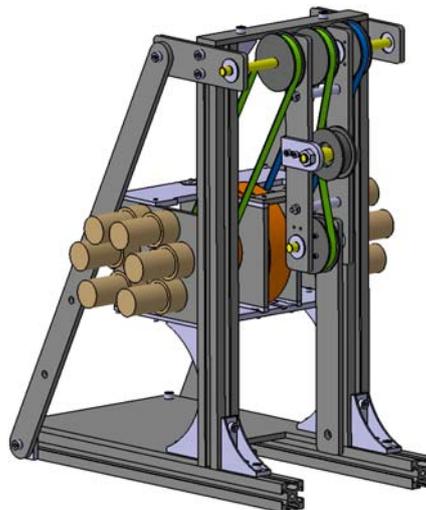
複数モータを使用したロボットアームを用いてパワーアシスト制御を試みた。

ロボットアームは並列駆動型2リンクマニピュレータである(図3参照)。このロボットアームは12個のモータで二つの関節を同時に駆動している。

各モータはフルブリッジのモータドライバに接続されており、零、正の定格電圧と負の定格電圧の3つの電圧を切り替えて印加

することができる。

ロボットアームの先端を固定し、定格電圧を与えるモータの数を変えた。図4に示すようにモータ数を切り替えることで出力トルクが変わることが確認できた。



全長[mm]	490
横幅[mm]	346
奥行き[mm]	410

図3 マルチモータロボットアーム

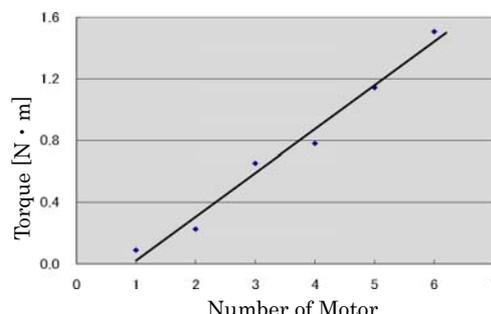


図4 モータ数と出力トルク

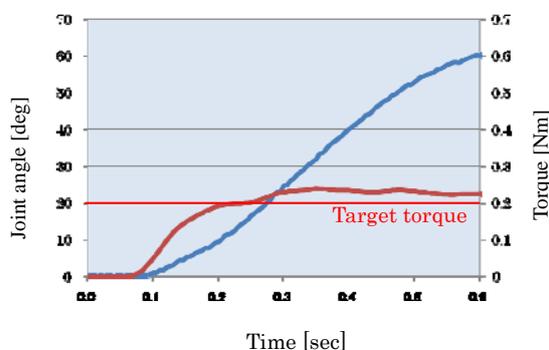


図5 トルク制御(目標トルク0.2[Nm])

トルクをフィードバックし、駆動モータ数を変化させる切り替え制御を行うと、目標ト

ルク一定の制御が可能であることが確認できた。

4.3 立位移乗マルチモータ部

立位移乗装置の手摺の上アームと腰を支える下アームの肩の軸は複数のモータによ

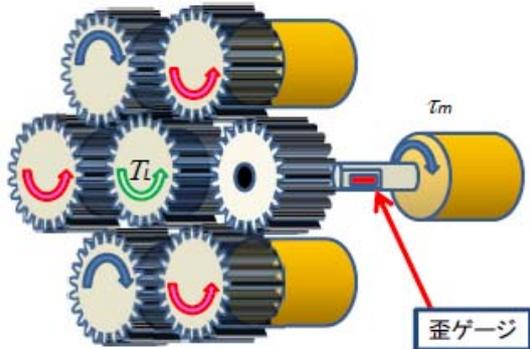


図6 マルチモータユニットの荷重検出

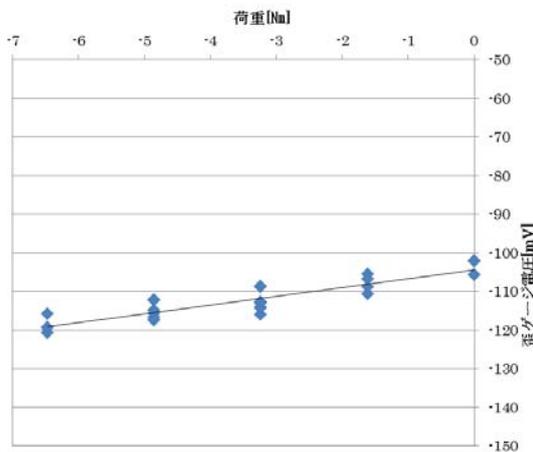


図7 荷重検出特性

って一つの軸を駆動するアクチュエータで駆動する。定格 24V6W の直流小型モータを軸毎に片側 6 個左右で 12 個配置し、合計で 72W のアクチュエータになっている。各モータはギヤ比 250 のギヤ付きモータであり、停動トルク 7[Nm]、合計で 84[Nm] のトルクを出力可能で 481[mm] の腕先で約 17[kg] の荷重に耐えることができる。モータ軸にストレインゲージを配置してモータトルクを測定する。荷重トルクと検出信号電圧の関係を図7に示す。測定データから出力トルクと信号の間に再現性の良い比例関係が確認できた。複数モータで一つの負荷を駆動する場合、個々のモータ軸は細くすることが可能であり、バックラッシュをキャンセルできるため精度よく出力トルクを検出可能になる。

4.5 伸縮機構

伸縮機構は伸縮長 300[mm]、最大荷重は 600[N]が必要である。市販の伸縮機構でこの仕様を満足するものがないため基本構造か

ら設計した。本伸縮機構はバイラテラルサーボ機構を適用している(図8参照)。

バイラテラルサーボ機構はマスター部とスレーブ部からなり、マスターシリンダとスレーブシリンダのピストンで分けられた二つの部屋がお互いにチューブでつながっており、その中を流体が完全充填されている。

サーボモータから台形ねじを介してマスターシリンダのピストンを動かすと、スレー

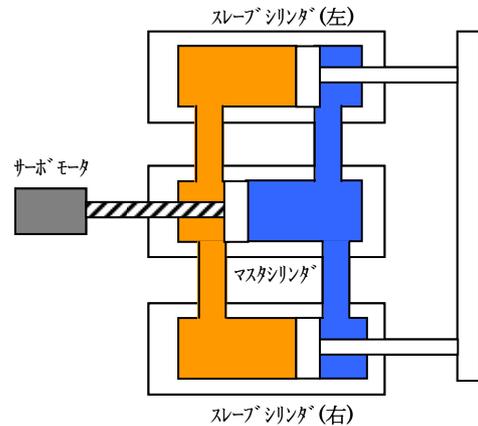
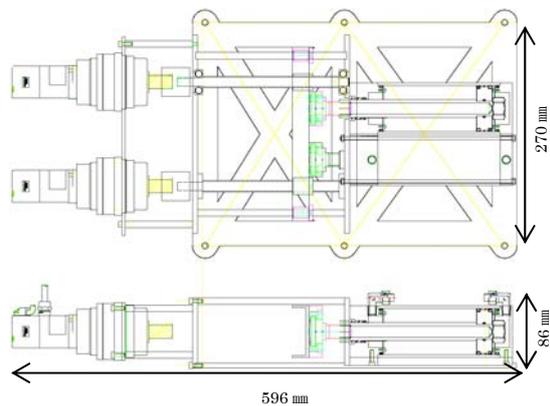
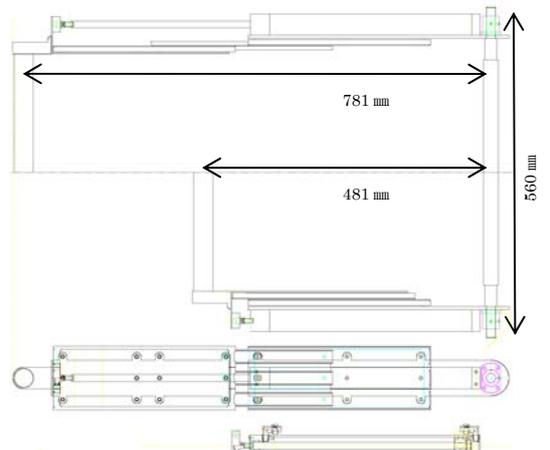


図8 バイラテラルサーボ機構



(a) マスターユニット



(b) スレーブユニット

図9 伸縮機構

プシリンダのピストンが伸縮し収縮機構を動作させる。伸縮する腕は左右がつながっているため左右の伸縮の動きを同期させるために左右にスレーブシリンダを配置している。伸縮機構にかかる荷重はピストンの上下の部屋に圧力センサを配置することで検出できる。

各々のスレーブシリンダの内径をφ30とするとマスターシリンダの内径は一つであればφ56, 二つであればφ52となり, 長さもほぼ同じでよいので一つのシリンダで十分と考える。

サーボモータは単一の大出力のモータより, 二つのモータで構成するほうがよりコンパクトにできるので, 50Wのサーボモータを二つ使用し定格100Wとし, マスター機構の全長を596[mm]高さ86[mm], そして幅を500[mm]以下に収めることができた。

4.6 まとめ

複数モータを用いたパワーアシストが可能であることが確認できた。立位移乗装置の設計・試作をおこない技術的な課題を明らかにし解決した, 日本家庭の一般住宅の制約からくるサイズをもとめ, マルチモータをつかったコンパクトな構造で実現可能であり, そして長尺の伸縮機構をバイラテラルサーボで実現可能であることを示した。有用性の検証の評価基盤が確立した。

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)

[学会発表] (計9件)

- ① 梅村敦史, 羽根吉寿正, 立位移乗ロボットを用いた起立と着座, 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会2011, No. 01-4, pp01-4-1-01-4-2, 2011年11月3日, 芝浦工業大学, 査読無
- ② 篠原真央, 梅村敦史, 羽根吉寿正, ロボットアーム先端軌道の動的協調制御, 平成23年度電気学会産業応用部門大会, Vol. 2, No. 2-25, pp463-464, 2011年8月25日, 琉球大学, 査読無
- ③ Atsushi Umemura, Toshimasa Haneyoshi, “Tip Force Depend on the Motor Distribution with Bi-Article Arm using Planetary Gear”, Proceedings of the 2011, IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, pp1849-1859, 10 Aug. 2011, Empark Grand Hotel, Beijing, China, 査読有
- ④ 梅村敦史, 羽根吉寿正, トイレのための立位移乗ロボットの研究, 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会2010, No. 1D2-3, pp123-126, 2010年9月18日,

大阪大学, 査読無

- ⑤ Atushi Umemura, Toshimasa Haneyoshi, Yukio Saito, “Imitated Bi-article Arm by Motor Drive with Planetary Gear”, International Symposium on Application of Biomechanical Control System to Precision Engineering Review of Biological Evolution of Motion Control (ISAB2010), pp125-130, 24 Sep. 2010, Aquamarine Fukushima, 査読有
- ⑥ Atsushi Umemura, Yukio Saito, Toshimasa Haneyoshi, “A Study on the Multi-motor for Antagonistic Hard Braking”, The 12th International Conference on Electrical Machines and System (ICEMS2009), (CD-ROM), 17 Nov. 2009, Funabori Tower, Tokyo, Japan, 査読有
- ⑦ 萩原直樹, 斎藤之男, 羽根吉寿正, 梅村敦史, マルチモータによる粘弾性二関節駆動ロボットアームの研究, 第27回日本ロボット学会学術講演会講演概要集, No. RSJ2009AC1K2-05, 2009年9月15日, 横浜国立大学, 査読無
- ⑧ 梅村敦史, 羽根吉寿正, 斎藤之男, 遊星歯車を用いた二関節ロボットアームのモータ駆動, 精密工学会, 生体機構制御・応用専門委員会第16回例会, pp22-27, 2009年8月22日, 東京電機大学, 査読無
- ⑨ 萩原直樹, 斎藤之男, 羽根吉寿正, 梅村敦史, マルチモータによる粘弾性二関節駆動の研究, 精密工学会, 生体機構制御・応用技術専門委員会第16回例会, pp28-31, 2009年8月22日, 東京電機大学, 査読無

6. 研究組織

(1) 研究代表者

梅村 敦史 (UMEMURA ATUSHI)
東京電機大学・理工学部・研究員
研究者番号: 90453795

(2) 研究分担者

羽根吉 寿正 (HANEYOSHI TOSHIMASA)
東京電機大学・理工学部・教授
研究者番号: 90120120

野口 祐智 (NOGUCHI MASANORI)
(平成22~23年度)
東京電機大学・理工学部・助手
研究者番号: 20584204

斎藤 之男 (SAITO YUKIO) (平成21年度)
東京電機大学・理工学部・教授
研究者番号: 50057238