

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 5 月 15 日現在

機関番号：54502

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21560156

研究課題名（和文） 新方式リニア駆動ユニットの応用に関する研究
- 立ち上がり補助座椅子としての適用 -研究課題名（英文） A Study on Application of New Type Linear Drive Unit
- Application to the assistant chair use for standing up -

研究代表者

中辻 武（NAKATSUJI TAKESHI）

神戸市立工業高等専門学校・機械工学科・教授

研究者番号：90140251

研究成果の概要（和文）：立ち上がり補助および立ち上がりリハビリ用として、開発したコンパクトで省エネ性を有する新方式リニア駆動ユニットを座椅子に搭載した。このユニットの特長は、立ち上がり支援時には低速度で、自力で立ち上がりかけた時は比較的高速度で座面がおしりに追従する機構を有していることである。すなわち負荷状態により自動増減速ができる機構にある。

研究成果の概要（英文）：We developed a new type linear drive unit having two steps operation system, which filled the necessity for energy saving and the demand of an equipment miniaturization. This equipment can remarkably reduce energy consumption comparing with air cylinder as the same specification. Taking notice of these points, we tried to apply new type linear drive unit having some useful merit to the assistant chair use for standing up. In the result, we were fully convinced of being able to use as the assistant chair use for standing up.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学、設計工学・機械機能要素・トライボロジー

キーワード：設計工学

1. 研究開始当初の背景

直線運動機構を持ち、さらにネジ機構にバネを追加し、自律的に負荷を検知して直線移動速度を減速、そして推力を増幅する省エネでコンパクトな「2段階作動方式リニア駆動ユニット」を考案・試作した。これは、現在、「自動変速リニア駆動機構、位置決め装置開発（平成20年3月11日 日刊工業新聞）」等に新聞掲載されている。さらに、学術的に

は、平成18年11月20日に行われたインテックス大阪の知財ビジネスマッチングフェア2006で公表し、2008年10月に開催された第7回機会技術史・機械設計国際会議（北京）で発表を行った。

このリニア駆動ユニットの研究は、サイエンティフィックテクノロジーズ有限会社（PL）、神戸高専（SL）、小木曾工業株式会社、株式会社マイクロテック、兵庫県立工業技

術センター、新産業創造研究機構(管理法人)でプロジェクトを結成し、兵庫県 COE プログラムに採択および平成 18,19 年度戦略的基盤技術高度化支援事業(近畿経済産業局)に採択され進めてきたが、「立ち上がり補助座椅子」については、神戸高専とサイエンティフィックテクノロジーズ有限会社との共同研究で進めてきた。

2. 研究の目的

病院や福祉施設でよく目にする光景であるが、老人が座った席から立ち上がる状況が痛々しく見えて仕方がない。介護者がそばにいる場合であってもその大変さを見て取れる。このように、病院や福祉施設にわれわれが考えているような立ち上がり補助座椅子が設置されていないのが現状だと思われます。もし本座椅子が安価で提供あるいはレンタルで安く提供できれば、福祉や介護の現場の不便さが少しでも解消されるものと確信しています。したがって、本研究の目的は、一刻も早く、立ち上がり補助座椅子を完成させ、介護現場に提供することにあります。

3. 研究の方法

- (1) 2段階作動方式リニア駆動ユニット 2 台の作製と潤滑を含む基礎性能試験については、総括者中辻の研究室(神戸高専)と研究協力者の村尾が所属する震災復興支援工場に依頼する。
- (2) それらを搭載した立ち上がり補助座椅子 2 機の作成と性能試験は、復興支援工場内の神戸高専研究室で行う。実際の作製補助と基礎試験は、神戸高専の専攻科生が担う。
- (3) 実用化に向け、各種モニタリングを行う。

4. 研究成果

(1) 新方式リニア駆動ユニットの基本原

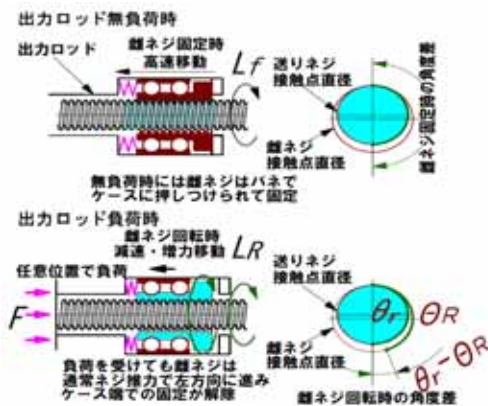


図 1 新方式リニア駆動ユニットの構造・原理

図 1 に新方式リニア駆動ユニットの構造・原理を示す。本ユニットは、構造として雄ネジ、雄ネジよりも径の大きい雌ネジ、バネ、ベアリング、出力ロッド(ケース)、駆動モータから構成されている。原理としては、負荷が作用していないときは、皿バネが玉軸受の外輪を軽く押し、それを受け玉と内輪・雌ネジが押し出力ロッドと固定されることになる。したがって、雄ネジ(左ネジ)が右回転すると、出力ロッドは左方向に進む通常のネジ運動を行い、ネジのピッチと回転数の積で雌ネジを含む出力ロッドが高速移動する。このときの雌ネジの進み距離 L_f は、以下の式(1)のように表される。

$$L_f = \{ r / (2 \) \} p \quad (1)$$

ここで、 L_f は無負荷時の雌ネジの進み距離 [mm]、 r は雌ネジの回転角 [rad]、 p はネジピッチ [mm] である。一方、出力ロッドに負荷が加わると、皿バネは外輪を強く押し、それを受け雌ネジは出力ロッドから開放されることになり、雌ネジおよび雄ネジは径の違いで式(2)のように差動回転するようになる。

$$L_r = \{ (r - R) / (2 \) \} p \quad (2)$$

ここで、 L_r は負荷時の雌ネジの進み距離 [mm]、 R は雌ネジの回転角 [rad] である。 r を雄ネジの接触点半径、 R を雌ネジの接触点半径とすれば、差動回転時には接触点移動距離は等しいので、

$$r \cdot r = R \cdot R \quad (3)$$

となり、以上から減速比 は

$$= (L_f/LR) = R/(R - r) \quad (4)$$

で表すことができ、差動回転時には出力ロッドが無負荷動作時の $1/$ の速度で低速移動するようになる。

(2) 立ち上がり補助座椅子の設計と製作
トライアンドエラーで設計・製作し、椅子の振動・騒音を最小限に抑えられた場合の設計条件、製作の工夫、有用性と改良点等を以下に記述する。

a) 設計コンセプト

この設計はつぎのようなコンセプトのもとで考案し設計した。

「リハビリや立ち上がり補助に便利です。腰やひざへの負担を軽減します。車椅子への移乗も楽に行えます。」という“独立宣言エコライト”なる椅子製品が、福祉・介護用品

としてすでに製品化されているが、本立ち上がり補助座椅子も同様な機能を実現できている。しかしながら、このようなレンタル製品と根本的に違う点は、体重を感知したときはゆっくりと上昇し、少しでも立ち上がりかけたら早い速度でおしりに追従して座面が上昇する点にある。したがって、腰やひざの状態に応じて座面が自動的にを繰り返し、一連の立ち上がり動作の中であまり苦痛を伴わないでそれを補助してくれる。すなわち、電気スイッチを一端入れれば、スイッチのオンオフ動作を必要としないで、自動的に座席上昇速度をコントロールする点にある。このように本座椅子の機構上の特性から、立ち上がりのリハビリ用としての使用を最大の目標とする。

)独立宣言エコライトは、180W モータ使用、仕様書に記述されていないので詳細は記載できないが、プラスチックメタルネジを使用、座面上昇・下降速度は無負荷時および960N 負荷時 15～20mm/s の間で一定、それに対して本補助座椅子は、180W モータ使用、無負荷時座面上昇・下降速度は 120mm/s、960N 負荷時座面上昇・下降速度は約 24mm/s となっており、すべて低速度で上昇・下降させた場合、エコライトと本座椅子の消費エネルギーはほとんど同じであるが、同仕様の空気圧シリンダに比較して約 95%のエネルギー削減を実現する。

)ボールネジを使用したりニア駆動機構と比較して、電気スイッチのオフにより安全に停止位置を確保できる構造になっているので、テーブル・化粧台・システムキッチン・洗濯機に対する座面の高さ調整すなわち食事支援、整容支援、炊事支援、洗濯支援等に利用できることを目指す。

)座面は床から 150mm から 600mm まで上昇するように設計し、かなり低位置から高位置まで稼働させ、例えば、自力でズボン履く等の動作に適用できることを目指す。

b)設計条件および製作の工夫

トライアンドエラー設計で確立した設計条件を表 1 に、3D CAD による立ち上がり補助座椅子の設計図を図 2 に示す。また、図 3 に示すように、レンタル用としても供せられるように、場所を取らない折りたたみ方式になるよう製作した。図 4 には本機構の主要部が示されている。図 4 に示すように、負荷がかかると雄ネジと雌ネジがロックされる。荷重を感知して皿バネが圧縮され、バネの圧縮により雌ネジとブレーキ板の間に隙間が生まれる。これにより雌ネジは外枠からはずされ、雄ネジと差動回転を行うことにより減速運

動する。ボールネジを使用していないので、停電時には、雄ネジと雌ネジがロックされ座席位置を保持でき安全である。製作が完了した補助座椅子を図 5 に示す。

表 1 立ち上がり補助座椅子の設計条件

	改善後の本設計
モータ回転数	1200rpm
減速比	1/5
ネジピッチ	6mm
ネジ径	Tr33 Tr42 台形ネジ
荷重	無負荷時 196N 負荷時 980N
速度	無負荷時 120mm/s 負荷時 24mm/s

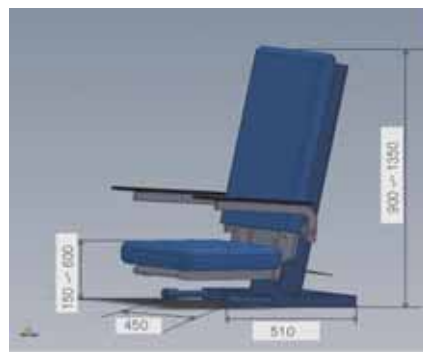


図 2 3D CAD による立ち上がり補助座椅子の設計図

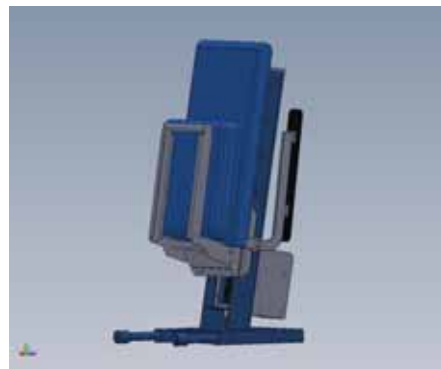


図 3 立ち上がり補助座椅子折りたたみ状態

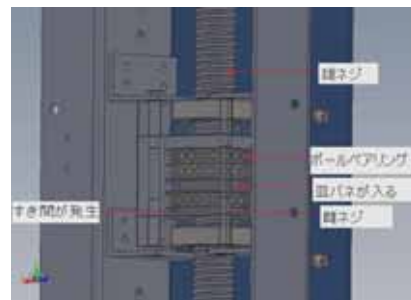


図 4 立ち上がり補助座椅子の主要部の構造



図5 立ち上がり補助座椅子の完成品（総重量 588N）

c)有用性と改良点

国際フロンティア産業メッセ 2010（9月9日, 10日, 場所：神戸国際展示場）におけるモニタリング結果を踏まえて、本補助座椅子使用時の有用性と改良点について考察した。

c-1)有用性

)椅子が非常に低い位置まで下降するので、足を内股にしたおばあちゃん座りができるところが魅力である。本指摘は我々が考えもしなかった点である。

)立ち上がり補助だけではなしに色々な高さで止められるところも有意点ではないか。この点は、本設計のコンセプトの一つでもある。

)この椅子の売りは何か。通常のリハビリ用椅子は、通常のリハビリ用椅子として独立宣言エコライトが市販化されているが、座面の上昇・下降速度は負荷時、無負荷時にかかわらず 15mm/s ~ 20mm/s と一定であり、エコライトには付いていないが、リハビリ機能を向上させようとするならば、無負荷時に速度を変える操作が必要となる。それに対して、この椅子の特長は、負荷時に 24mm/s の遅い速度で上昇・下降するとともに少しでも立ち上がりかけたら、椅子が速い速度（120mm/s）で自動的におしりにフィットしながら追従してくれるところにある。したがって、とくにリハビリ用に使用していただきたいと考えている。」の説明で納得していただけた。

)レンタルにする場合、場所を取らないように、折りたためることが大事である。大きいものはレンタル屋さんが拒否する。「図3に示したように、折りたためるようになっており、この点はクリアできている。」の説明で理解いただいた。

c-2)改良点

)モータ音をさらに小さくする工夫が必要である。

)座椅子の下に車を付けて動かせるようにすればよい。

)アルミ材でフレームを作ればもっと軽くなるのではないか。

)航空機の座席のように、頭が固定できるような背もたれ上部に凹みを持った椅子がよい。

モータ音については、防音カバーで覆うようにしたい。座椅子土台部に車を付け移動を容易にしたい。そのためには椅子の軽量化も必要で、椅子全体の重心等を考慮して設計する等の検討を考えている。また、頭部の固定を含む背もたれ部の形状の工夫、あるいは指摘されなかったが、背もたれ部のリクライニングや立ち上がり易いように座面上部位置での座面の傾けなど検討を加えていきたい。

(3)まとめ

荷重をバネによって自動感知し、通常のリハビリ用椅子から転がり運動に変える差動ネジ機構を有する、リニア駆動ユニットを立ち上がり補助座椅子へと適用し、トライアンドエラー設計の結果、補助座椅子が完成した。本報では、その補助座椅子の設計条件、製作の工夫および有用性と改良点について述べてきた。その結果、

(1)ネジの径やモータの回転数等、主に立ち上がりのリハビリ用という本座椅子の使用目的に近い条件を得ることができた。

(2)1人の人間が独立して行える食事支援・更衣支援・整容支援等のADLや炊事支援・洗濯支援等のIADLに概ね適用できることが分かった。

(3)特に(1)のリハビリ支援機能については、今後、社労士や社会福祉主事の協力を得て、病院や介護施設で多くのモニタリングやアンケートを実施することにより、さらなる改善を目指したい。

謝辞：本研究を進めるにあたり、社労士當真瑞代様と社会福祉主事・社会福祉用具専門委員・ヘルパー・住環境コーディネータ中辻和美様より助言をいただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

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8件)

村尾良男、新堀正博、中辻 武、他4名、新方式リニア駆動ユニットの作用機構とクランプ用としての耐久性およびエネルギー消費、日本高専学会誌、査読有、16巻3号、2011、pp.11-16

新堀正博、貞弘恵輔、村尾良男、中辻 武、新方式リニア駆動ユニットの応用に関する研究、日本高専学会誌、査読有、16 巻 3 号、2011、pp.17-22

新堀正博、貞弘恵輔、村尾良男、中辻 武、新方式リニア駆動ユニットのクランプ装置としての適用、神戸高専研究紀要、査読無、2011、pp.27-32

貞弘恵輔、新堀正博、村尾良男、中辻 武、新方式リニア駆動ユニットの立ち上がり補助座椅子への適用、神戸高専研究紀要、査読無、2011、pp.33-38

山口永人、中辻 武、高面圧すべり接触における水溶性加工油添加剤のトライボロジー特性、日本高専学会誌、査読有、15 巻 3 号、2010、pp.21-26

中辻 武、山口永人、村尾良男、中程度および厳しいすべり接触における極圧添加剤の評価、日本高専学会誌、査読有、15 巻 3 号、2010、pp.27-32

山口永人、八木大輔、大山雄介、奥津晶彦、中辻 武、高面圧すべり接触における水溶性加工油添加剤と極圧添加剤のトライボロジー特性(1) - 実用品の性能に関する研究 -、神戸高専研究紀要、査読無、2010、pp.25-28

山口永人、八木大輔、大山雄介、奥津晶彦、中辻 武、高面圧すべり接触における水溶性加工油添加剤と極圧添加剤のトライボロジー特性(2) - 開発油剤の性能に関する研究 -、神戸高専研究紀要、査読無、2010、pp.29-32

〔学会発表〕(計 18 件)

岸本広大、中辻 武、高面圧すべり接触におけるステンレス鋼のトライボロジー特性、日本機械学会関西学生会学生員卒業研究発表講演会、2012、関西大学

貞弘恵輔、新堀正博、村尾良男、中辻 武、新方式リニア駆動ユニットの立ち上がり補助座椅子への適用、日本機械学会関西学生会学生員卒業研究発表講演会、2012、関西大学

貞弘恵輔、中辻 武、新方式リニア駆動ユニットの立ち上がり補助座椅子への適用、第 4 回サイエンスフェア in 兵庫、2012、神戸国際展示場

中辻 武、黒住亮太、新方式リニア駆動ユニットの応用に関する研究 - 立ち上がり補助座椅子としての適用 -、近畿高専と JST 合同シーズ発表会、2012、大阪科学技術センター

新堀正博、中辻 武、新方式リニア駆動ユニットの応用に関する研究 - 立ち上がり補助座椅子としての適用 -、大学・高専研究発表会、2011、大阪大学コンベンションセンター

岸本広大、中辻 武、高面圧すべり接触におけるステンレス鋼のトライボロジー特性、日本高専学会第 17 回年会講演会、2011、鈴鹿高専

中辻 武、岸本広大、Tribological Properties of Stainless Steel under High Pressure in sliding Contact、第 9 回機械技術史・機械設計国際会議、2012、台湾、台南、成功大学

岸本広大、中辻 武、高面圧すべり接触におけるステンレス鋼のトライボロジー特性、神戸高専産学官技術フォーラム、2011、神戸市立地域人材支援センター

貞弘恵輔、新堀正博、村尾良男、中辻 武、新方式リニア駆動ユニットの立ち上がり補助座椅子への適用、神戸高専産学官技術フォーラム、2011、神戸市立地域人材支援センター

中辻 武、新方式リニア駆動ユニットの開発、近畿高専テクノサロン、2011、クリエイション・コア東大阪

新堀正博、貞弘恵輔、村尾良男、中辻 武、A Study on Action Mechanism, Durability and/or Energy Consumption in the Clasp Use of A New Type Linear Drive Unit、第 8 回機械技術史・機械設計国際会議、2010、中国河南理工大学

山口永人、中辻 武、Properties of Water-soluble Processing Oil Additives under High Pressure in Sliding Contact、第 8 回機械技術史・機械設計国際会議、2010、中国河南理工大学

中辻 武、村尾良男、立ち上がり補助座椅子に関して(実演とポスター発表)、国際フロンティアメッセ、2010、神戸国際展示場

岸本広大、杉岡昌明、田近拳人、中辻 武、高面圧すべり接触における潤滑油剤の特性(ステンレス鋼の場合)、神戸高専産学官技術フォーラム、2010、研究学園都市ユニティ

村尾良男、新堀正博、中辻 武、新方式リニア駆動ユニットの作用機構とクランプ用としての耐久性およびエネルギー消費に関する研究、日本高専学第 16 回年会講演会、2011、豊橋技術科学大学

新堀正博、貞弘恵輔、村尾良男、中辻 武、新方式リニア駆動ユニットの応用に関する研究(立ち上がり補助座椅子としての適用)、日本高専学第 16 回年会講演会、2010、豊橋技術科学大学

新堀正博、貞弘恵輔、村尾良男、中辻 武、新方式リニア駆動ユニットの応用に関する研究(立ち上がり補助座椅子としての適用)、神戸高専産学官技術フォーラム、2010、研究学園都市ユニティ

中辻 武、村尾良男、Development of New Type Linear Drive Unit、トライボロジー世界大会、2009、京都国際会議場

〔図書〕(計 2 件)

下間頼一、緒方正則、中辻 武、塩津宣子、関西大学出版、技術の文化史、2012、289

吉田喜一、中辻 武、他、全商連付属・中小商工業研究所、ものづくりのタネ、2009、127

〔産業財産権〕
出願状況（計 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計 1 件）

名称：負荷感応推力増幅機構を持つ動力伝達方法及び装置
発明者：村尾良男
権利者：サイエンティフィックテクノロジーズ株式会社
種類：
番号：第 3664406 号
取得年月日：平成 17 年 4 月 8 日
国内外の別：国内

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.kobe-kosen.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者
中辻 武 (NAKATSUJI TAKESHI)
神戸市立工業高等専門学校・機械工学科・教授
研究者番号：90140251

(2) 研究分担者
()

研究者番号：

(3) 連携研究者
()

研究者番号：