

室内移動用自助具の開発

Development of Indoor Use Self-help Device

香椎 正治 横倉 三郎

KASHII, Masaharu YOKOKURA, Saburo

倉賀野 哲造

KURAGANO, Tetsuzo

要旨

脚力の維持向上を目指した室内移動用自助具を開発した。キャストを5個使用し、パイプ構造にし、使用状態を荷重の変化により代替検知し、キャストの軸回りとキャスト輪の回転の両方を同時に制動する機能をもつ室内移動用自助具を開発した。

1. はじめに

高齢者の健康や体力維持，自立した自由な行動，介助者の負担の軽減これらの視点から著者らの体験に基づき，一般家庭で使用することができる室内移動用自助具を開発したので報告する。

高齢者が自宅で快適な生活を送るために重要なことは，自分の脚力で日常生活の移動が自由に行える事である。足を使って自立的に移動することは，肉体的精神的に大きな意味がある。歩く事により内臓の活性化，心肺機能の向上，さらには排泄の正常化などが考えられる。さらに介助者に頼らない行動は精神的な自立にもつながる。

一般的には脚力の衰えた高齢者向けに，室内のバリアフリー化，手すりの設置，歩行器や補助イスなどの自助具類が開発されている。しかし，積極的に脚力の維持や向上を目指した自助具はみあたらない。そこで脚力の維持向上を目指した室内移動用自助具を開発した。

2. 設計要件

室内移動用自助具（以下自助具という）を使用した場合の日常生活のパターンを想定し自助具に求められる機能を考察する。ベッドから自助具または自助具からベッドへの移乗，自助具による洗面所への移動，自助具による食卓での食事など，室内での介助に頼らない自由な移動がある。一般家庭における使用は廊下での方向転換，食卓での横移動などは頻繁にある。しかし，現在の車椅子は直進性には優れているが横方向や斜め方向の移動ができない。自由に方向転換が可能な事が重要である。さらに介助者なしで使用を可能にするには，意図しない機器の移動による転倒転落事故を防ぐ事が重要である。

以上をまとめると設計の基本要件は以下のようになる。

1)自由な方向転換の為にキャスト輪を使用する。キャスト輪は移動イスの場合5輪が一般的であるが，方向転換時の床抵抗を最小限にするため安定確保が可能な3輪とする。キャスト

3輪は想定した重心の位置から等距離に配置する。

2)一般家庭での使用を考慮し760mm幅の廊下で360度回転出来るサイズである事

廊下での方向転換45度回転時の対角をなす位置でのサイズを検討した結果530mm四方以下を目標とする。

- ・ 3輪それぞれの距離はキャスタ輪回転範囲と車輪半径を考慮する。
- ・ 足の運動範囲を最大限に確保するため前2輪後ろ1輪の配置とする。
- ・ 弱った脚力でも移動が可能ないようにキャスタ輪の直径は大きいものとする。

3)フレーム構造はシンプルで軽量である事が望ましいため、最小限のパイプで構成し、軽量化を図る。フレーム構造は足の運動範囲を最大限に確保できるように座面下を広くする。

4)介助者なしで移動ができるようにする。

使用者の脚力を使っての移動を可能にするために足の踏み出しや蹴り出しを容易にするために以下の条件を設定する。

- ・ 弱った脚力でも初動が容易なように座面と下肢の長さおよび角度を適切にする。
- ・ 座った状態で移動するため、ずり落ちないような座面形状を実現する。

5)使用者の安全確保

使用者のいかなる状態においても安全が確保できるように配慮する。

以上を設計の基本要件とした。

設計の基本要件に基づいて座面形状、キャスタおよびフレーム構造、座面高さと同フレーム構造、座面位置と肘掛けおよび背もたれの検討を行った。以下にそれらを順に述べる。

2.1 座面形状の検討

前節の設計要件に基づいて座面の形状を検討した。座面の幅は420mmとした。

前方移動時に大殿筋からの力がかかりやすいように前方が高い鞍型とした。

大腿二頭筋、半腱様筋の運動を考慮し、座面前方を削っている。これを図1に示す。



図1 製作した座面

2.2 キャスタおよびフレーム構造の検討

キャスタ輪の配置とそれらを結ぶフレーム構造を検討した。

前節で述べた設計要件から、重心の位置より等距離に配置した場合には足の動きが制約されるため、前方2輪のキャスタの間隔を広げ、しかも、前方転倒を避けるためにキャスタ位置を重心点よりも前方に移動した。

2.3 座面高さと同フレーム構造の検討

座面と下肢のなす角度は、踏み出し蹴り出が容易なように90度以下にした。

座面高さは平均的脛骨上縁高(405~370mm)と設定角度から380mmとした。

座面の高さと同フレーム構造を図4に示す。

2.4 座面位置と肘掛および背もたれの検討

肘掛は方向を変えるときに補助的につかみやすい高さとした。前方に移動する場合に回転モーメントによる前方への転倒を防止するために肘掛の位置は重心点より後方にした。背もたれは後方移動に際し補助となる形状とした。

キャストが 3 輪の場合、左右斜め後方への転倒の可能性があるため、キャストを 2 輪追加し、5 輪とした。

そこで対策として以下の 2 項目を実施した。

- 1)前方キャスト輪を設定位置よりさらに前方に移動する。ただし、機器の最大幅は維持する。
- 2)前方キャストと後方キャストを結ぶ線と直角に交わるフレーム位置に後方転倒防止用に支柱を設ける。

これらの対策をもとにフレーム寸法キャスト位置、転倒防止用支柱の位置を再度検討した。

2.5 安全対策

安全確保のため、使用者がこの機器を使用する際におこる潜在的な危険を考察した。

事故としては、移乗の際に起こる事故と移動の際に起こる事故の場合が考えられる。

これらの事故を防ぐために機器が使用者の状態を検知し、必要に応じてキャストの回転（キャスト軸とキャスト輪）を自動的に制動することが必要であることが分かった。

キャストには床に接触しているキャスト輪とキャスト輪を支え、フレームに接続しているキャスト軸があるがこの両方を自動的に制動する必要がある。

自助具は以下の各状態において停止したり停止状態を解除したりする。

1. 使用者のそばまで移動させる時には自助具を可動状態にする。この状態を図 2 に示す
2. 使用者が座ろうとしている時には自助具を停止状態にする。この状態を図 3、図 4、図 5 に示す。
3. 使用者が着座を完了して移動しようとしている時には自助具を可動状態にする。この状態を図 7 に示す。
4. 使用者が立ち上がろうとしている時には自助具を停止状態にする。この状態を図 5 に示す。

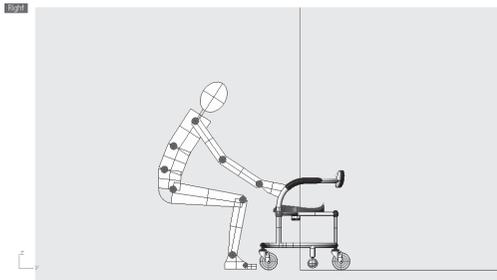


図 2 使用者が自助具を手元に引き寄せる場合

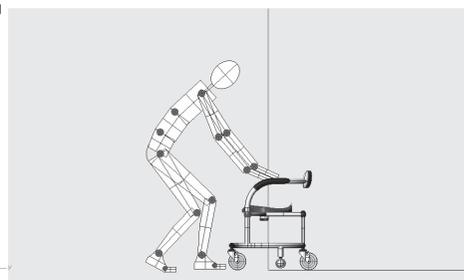


図 3 使用者が座ろうとする場合

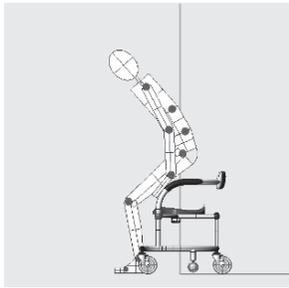


図4 着座途中で肘かけに荷重がかかっている

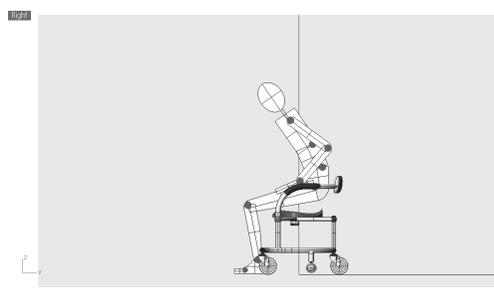


図5 座ろうとしているか
立ち上がろうとしている

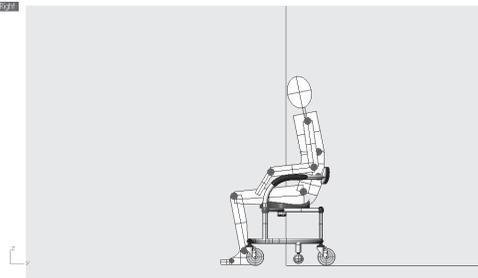


図6 使用者が着座し、移動しようとする場合

自助具を停止状態にしたり可動状態にするための状態を検出する項目は以下である。

- I) 使用者が自助具に触れているか 体重をかけているかいないか
- II) 自助具に移乗しようとしているか 体の移動と機器の関係
- III) 使用者が自助具に着座しているか
- IV) 使用者の着座姿勢が変化しているか(不安定な姿勢になっている)

荷重の変化を計測し、その変化から使用者の状態を推定して自助具のキャスタをロックしたり、アンロック（ロックを解除）したりする。

図10にフレームとセンサの関係を示す。図10の前方にある2つのキャスタの回転軸と軸周りの回転をロックすることにより停止状態にする。後方の1点のみを停止してもこの点を中心に回転し全体としてロックできない為、2つのキャスタをロックしたりアンロックしたりする。

3. 自助具の設計

前節の設計要件に基づいて自助具の設計をした。パイプでフレームを構成し、前方2輪のキャスタ、後方1輪のキャスタでその間に2輪を配置した5輪構成とした。

3.1 キャスタの機械的制御

キャスタの回転には、進行方向の車輪の回転と車軸方向の回転の2つがありこれらを同時に制御する事が必要である。

制動に関しては摩擦式も考えられるが、緊急時に即座に制動させる事が必要であり、しかも制動時の車輪の速度が遅いため、ギア制動方式とした。ギアで2つの動きを制動させるためそれぞれの噛合いとタイミングのずれの解消が課題である。さらに制動力の保持が必要である。

3.2 市販のキャスタの改造

基本となるキャスタユニットとして使用したのは栃木屋製 TErcs 双輪アシストキャスタである。これを図7に示す。制動用シャフトの上下によって回転軸、車輪軸ともにギアにより制動がかかる。通常制動用シャフトはバネにより押し下げられロック状態（停止状態）となっている。シャフトを引き上げることでロックを解除し（可動状態）にする。



図7 市販のキャスタ

この制動用のシャフトを上下運動をするためのアクチュエータとしてモータを使用する。モータ軸に雄ネジを直結しモータの回転により、雄ネジが回転し、それに噛んでいる雌ネジが上下することにより、図7に示した制動用シャフトが上下し回転軸をロックしたりアンロックしたりする。雄ネジの回転運動を雌ネジの直線運動に変化させているため、位置検出器によりモータの回転を停止させても雌ネジは直進運動をしない。言い換えると自己保持構造になっている。タイミングのずれの解消のためにバネを使用している。

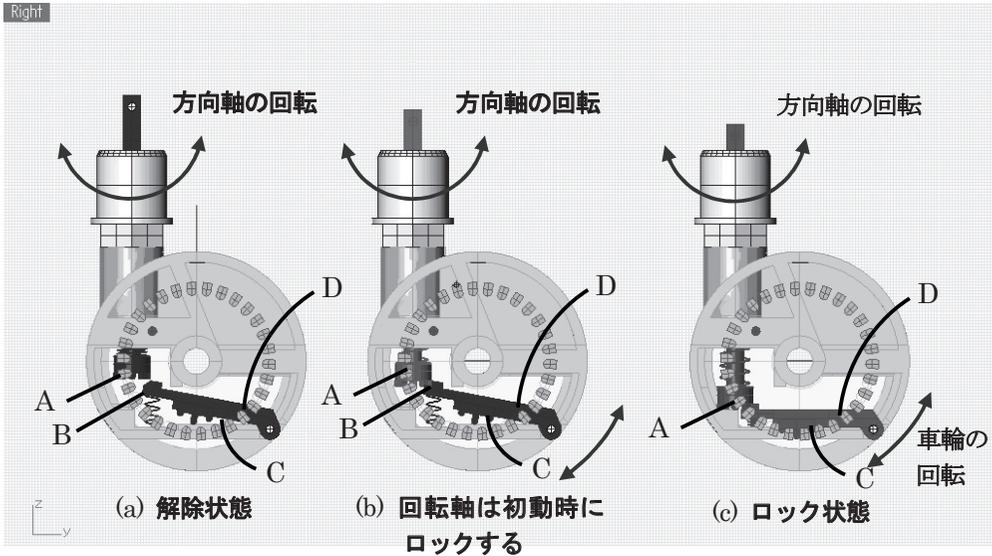


図8 回転軸と車輪軸のロックとアンロック状態

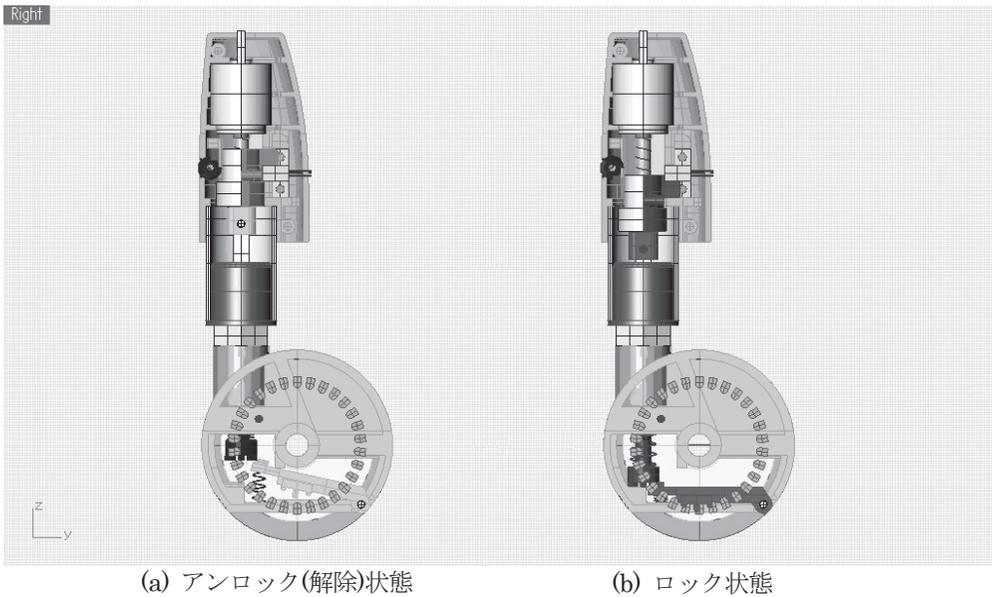


図9 開発したキャスタ

3.3 キャスタの動作と制動機構について

キャスタの動作については方向軸の回転と車輪の回転がある。危険回避のために両方向共に制動をかける必要がある。制動するときの車輪の速度は遅く、瞬時に制動させる為ギアのかみ合わせによる制動方式とした。一般的には方向軸の回転と車輪の回転について回転軸が独立しており双方の制動に時間差が生じる可能性がある。キャスタの挙動を調べ危険回避における動作順を検討した結果、車輪回転が先に止まった場合、方向回転軸がさらに力のかか

った反対方向へ回転し予期せぬ動きとなる。両軸の制動に時間差が考えられるので最初に回転方向軸を止め次に車輪回転を止めることにした。

設定した制動動作を可能にする為、制動をかけるための動作は 1 つの制御軸(制御シャフト)によって行えるよう検討した。

制御シャフトはキャスト取り付け本体(イス)に対して上下に移動し回転しない構造としている。先端に方向軸静止用のギアを設け、キャストケースに回転軸を静止させる為のギアを設ける。

車輪は停止状態での方向転換が容易な双輪型(2 車輪タイプ)を採用し車輪の内側にギアを設けた。さらに車輪のギアをとめるため静止用のギア付アームをキャストケースに設けた。制御シャフトはこのアームを押し下げ車輪をロックする(停止状態にする)。このアームの先端に回転軸をロックするギアが設けてあり制動シャフトの初動時に回転軸がロックする(停止状態になる)。

図 8 を用いて動作によるロック状態とアンロック状態について述べる。

まず雌ネジの先端 A が下がり、回転用レバー D に接触する。このためキャスト輪の軸まわりの運動は停止状態になる。これを図 8 (b)に示す。引き続き雌ネジの先端 A が下がり、これに押されてレバー D に施されている歯が図 8 (c)の矢印で示すキャスト輪の回転方向をロックし(停止状態)、図 8 (c)の矢印に示す軸まわりの方向を確実にロック状態(停止状態)にする。

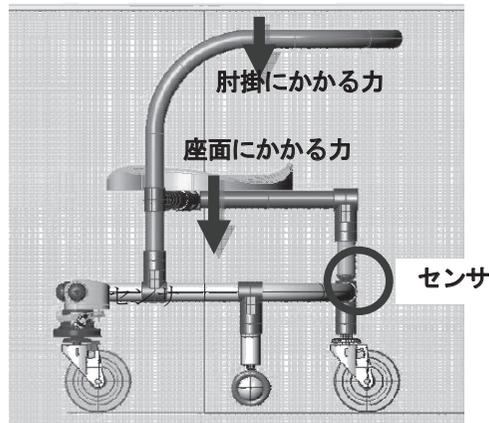


図 10 フレームとセンサ

以上述べたように機械的には図 7 に示した制動用シャフトを上下させることによりロック状態(停止状態)にしたり解除状態(可動状態)にしている。モータを回転させて行う制動用シャフトの上下の位置の検出はフォトセンサにより行う。

開発したキャスト全体のアンロック(解除)状態とロック状態を図 9 (a)と(b)に示す。

次にモータをどのように回転させるかについて述べる。

3.4 荷重検出装置

図 11 に示す歪ゲージを図 10 のセンサと示した場所に取り付けた。0.1 秒毎に歪ゲージに加わる力を計測し、1 秒前の値と比較する。これにより歪ゲージの温度による変化や歪ゲージを収納してあるケースの素材の弾性変形を排除する。さらに無負荷の状態を検知する。

以下に前述した使用者の各状態におけるキャストのロックとアンロックのアルゴリズムを詳 115

述する。

自助具を放置した状態すなわち無負荷の状態ではアンロック（ロック解除）になっている。

1. 使用者が別の椅子もしくはベッド等に座っていて自分のそばまで自助具を移動させる場合、センサに加わる力が1秒前の力と比較してその差が20N以下であったら、使用者が肘掛に手を掛けていないものとみなしてアンロック（ロック解除）にする。すなわち自助具は可動状態になる。
2. 使用者が座ろうとする場合（アンロック状態）はセンサに加わる力が1秒前の力と比較して差が20N以上あれば肘掛に手を掛け移乗しようとしているものとみなしてロックする。すなわち自助具は停止状態になる。
3. 使用者が自助具の座面に座り、移動しようとする場合はセンサに加わる力が1秒前の力と比較してその差が200N以上ある場合には使用者が座面に座ったものとみなしアンロック（ロック解除）にする。すなわち自助具は可動状態になる。
4. 使用者が立ち上がろうとしている時、センサに加わる力が1秒前の力と比較してその差が250N以下になったら座面から立ち上がったものとみなしてキャストをロックする。すなわち自助具は停止状態になる。

キャストのロック状態とアンロック（解除）状態とセンサに加わる力の状態を分かり易くする為に図12を用いてロック状態とアンロック状態について述べる。

アンロック状態（解除状態）にある場合すなわち自助具が可動状態にある場合はセンサに加わる力が1秒前の力と比較してその差が20N以上かもしくは250N以下ならキャストをロックする。すなわち自助具は停止状態になる。

ロック状態すなわち自助具が停止状態にある場合はセンサに加わる力が1秒前の力と比較してその差が20N以下もしくは200N以上ならキャストをアンロック（ロック解除）にする。すなわち自助具は可動状態になる。

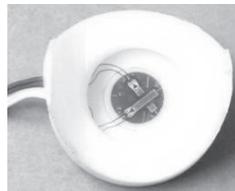
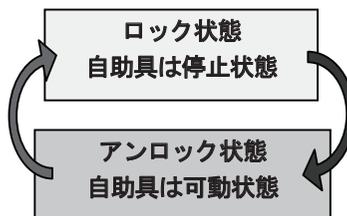


図11 歪ゲージ

条件：

センサに加わる力が一秒前の力と比較して、その差が20N以上もしくは200N以下の場合



条件：

センサに加わる力が一秒前の力と比較して、その差が20N以下であるか、もしくは200N以上の場合

図12 キャスタのロック状態とアンロック（解除）状態とセンサに加わる力

駆動電源は使用モータの仕様から 8V としているがさらに省電力化を目指している。制御回路のブロック図と制御回路を図 13 と図 14 に示す。

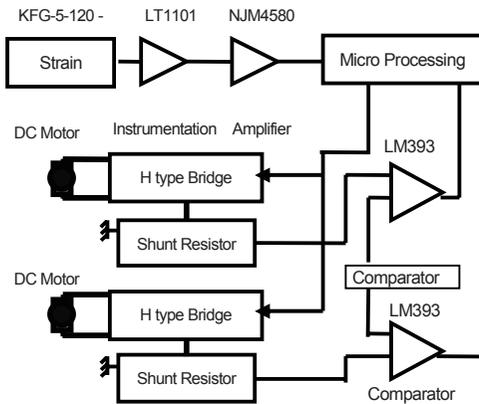


図 13 制御回路のブロック図

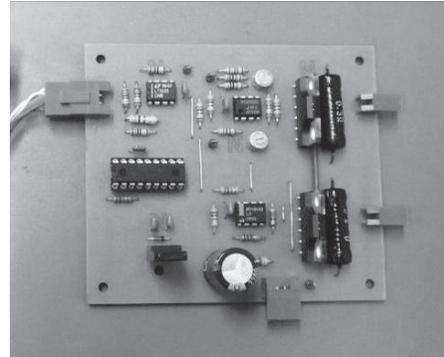


図 14 制御回路

全体の完成図を図 15 に示す。

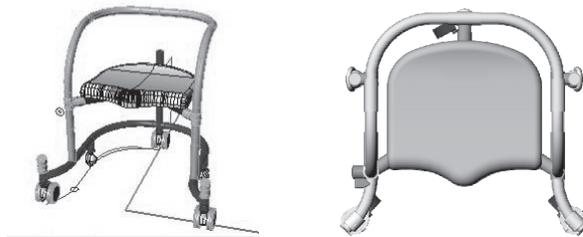


図 15 完成した移動用自助具

4. おわりに

脚力の維持向上を目指した室内移動用自助具を開発した。キャストを 5 個使用し、パイプ構造により軽量化を実現し、自助具の状態を自助具にかかる荷重の変化により検知し、キャストの軸回りとキャスト輪の回転の両方を同時に制動する機能をもつ自助具を開発した。

電圧低下により生じる不確実な作動を防ぐため一定電圧の低下を検出し制動状態で停止させる事を検討中である。他に強制停止ボタンを取り付ける要望もあり検討中である。

電子式制動装置は他のセンサを利用する事によって様々な場面で使用する事ができる。介護施設などで本機器を多数使う場合、使用者の位置の検出により移動の制限や行動の把握などが可能になり安全確保ができる。この事により介助者の負担軽減にもなる。現在この制御システムは特許申請中である。今後一般的な事務用イスや作業用イスなどへの応用も見込まれる。

本試作機は東京国際フォーラムにおいて展示され、多くの人々から関心が寄せられた。現在商品化に向け開発中である。