

車いす昇降装置の開発

瀬戸口正和*, 岩本竜一**, 南 晃*, 牟禮雄二*, 森田春美*

Development of the Lifter for Manually Propelled Wheelchairs

Masakazu SETOGUCHI, Ryuichi IWAMOTO, Akira MINAMI, Yuji MURE and Harumi MORITA

車いす利用者は、健常者と同じ目線高さでの会話や高い場所にある収納部を利用したい等のニーズがある。

しかし、利用者は自分の好みで車いすを選定するため、一部の車いすメーカーで昇降機能を持つ高価な車いすはあるが、ほとんどの車いすには昇降機能がなく、満足できる昇降高さが得られる後付け可能な昇降装置はない。

そこで、本研究では、立体的生活空間の充実を図るために、一般的な手動自走用標準型車いすに後付けできる昇降装置の開発を行った。その結果、車いす全体が約270mm昇降しても、傾斜角10度で安定したパンタグラフ式の昇降装置を試作することができた。

Keyword : 車いす, 昇降装置, パンタグラフ, 後付け

1. 緒 言

要介護・要支援者が自立した生活を維持するために福祉用具の充実が必要不可欠となっており、特に車いすの利用者は増加傾向にある。

車いす利用者が健常者と同じ目線高さでの会話や高い場所にある収納部を利用できるように、日常生活における立体的生活空間の充実を図る必要がある。

しかし、健常者との会話で同じ目線高さになるには、健常者が自主的に低くなってもらうしかなく、車いす利用者が主体的に対応はできない。さらに、高い場所にある収納部をバリアフリー化するために、上下スライド式家具等の設置は、改造にかなりのコストがかかり、容易でない。また、一部の車いすメーカーでわずかに座面が昇降する機能を持つ高価な車いすはあるが、高さが80mmで十分とはいえない。

一方、車いす利用者は自分の好みで車いすを選定するため、ほとんどの車いすには昇降機能がないが、後付けできる昇降装置（昇降高さが150mm）は、国内の1社が2007年3月末から販売し¹⁾、特許流通支援チャートでも技術開発の課題と解決手段として、多機能化で座席昇降に関する特許が多く出願されている状況である²⁾。

本研究では、一般的な手動自走用標準型車いすに満足できる昇降高さを有する後付け可能な汎用性のある昇降装置の開発を行った。

2. 昇降装置の検討

2. 1 昇降方法

車いすとしての機能は保ったままで、座面下部を利用した同軸上で昇降する方法として、表1に示すような項目で検討した。

その結果、ベースパイプ下部から床面までが170mmしかなく、4本柱の場合、伸縮長さ300mm以上を確保するための昇降用支柱の取付けスペースが困難であるため、パンタグラフ方式で昇降させることとした。

動力源として、手動はユーティリティ等が必要なく有望であるが、パワーや回転部への伝達機構等が複雑になる。一方、流体圧を利用したシリンダー動作はパワーはあるもののポンプ等のユーティリティが必要でコストも高い。

そこで、動作原理、動力源、ユーティリティ、パワー、取付、コスト等を総合的に考慮した場合、電気制御によるネジ回転での昇降装置とした。

表1 昇降方法の選定

タイプ	動作原理	動力源	ユーティリティ等	パワー	取付等	コスト等
パンタグラフ	ネジ回転	電気	電源 ○	△	○	○
		手動	特になし ◎	×	?	?
	シリンダー	油圧	油圧ポンプ △	◎	△	×
		空圧	空圧ポンプ ×	○	○	△
4本柱	ネジ回転	電気	電源 ○	△	×	○
		手動	特になし ◎	×	×	?
	シリンダー	油圧	油圧ポンプ △	◎	×	×
		空圧	空圧ポンプ ×	○	×	△

2. 2 安定性

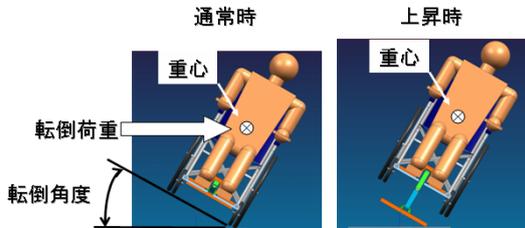
手動車いすでの静的安定性試験（JIS T 9201(2006)）において、走行路を傾斜角10度にした場合に、車輪が接地面から離れるかどうかの試験に準じて、体重100kgの人によるシミュレーションでベース幅と転倒角度の関係を調べた結果を図1に示す。図から、通常時は車輪幅が510mmで23.2度

*機械技術部

**機械技術部（現 企画情報部）

で転倒するが、上昇による重心の移動とベース幅の間隔で転倒角度が減少し、リフト量300mmにおけるベース幅は320mm以上あれば10度以上の傾斜に耐えることがわかった。

そこで、車いすのベースパイプの内寸法が375mmであることから、架台幅を体重100kgの人がリフト量300mmにおいて10度以上の傾斜に耐え、かつ取付け可能な最大幅の365mmとした。



JISの静的安定性試験は10度

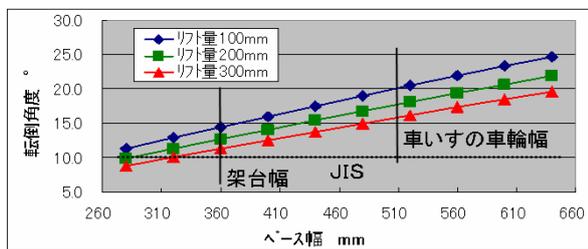
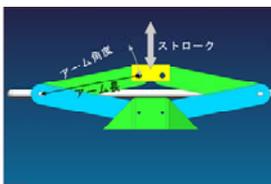


図1 ベース幅と転倒角度の関係

2. 3 ストローク

車載用のパンタグラフジャッキで実験を行い、アーム長さからストロークをシミュレーションした結果を図2に示す。図から、アーム長さが200mmあればストローク300mm以上を得ることが可能である。

しかし、実際は取付け時の最低地上高さや前輪との架台の干渉、架台の全長や後述するスライドホルの長さ及び台形ネジ等寸法的制約から、アーム角度は32度以下と使用域が非常に狭くなっている。従って、パンタグラフの収納等を考慮して、アーム長さ250mmの角パイプを2段階にしてリフト量300mm以上を確保する必要があった。



アーム角度範囲: 12~84°
ストローク: 12° を基準点

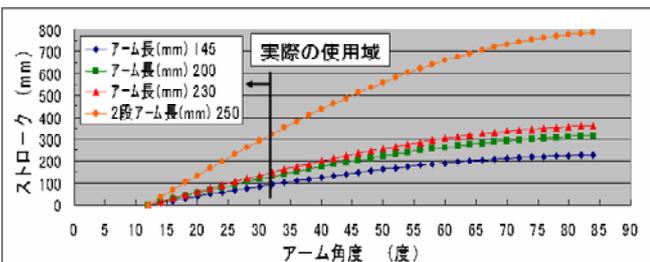


図2 アーム長さ、アーム角度とストロークの関係

3. 昇降装置の試作

3. 1 昇降架台の試作

車いす利用者が健常者と同じ目線高さになるように、リフト量を約300mm、リフト力100kgを目標として、通常時は車いすの使用に支障がないように昇降装置は座面下部へ、操作部は図3に示すようにアームレストへ設置した。図から、操作部にはスイッチ類を収納しており、座ったままで昇降操作を可能にした。



図3 操作部

安定性やストロークの検討結果から、架台の強度や重量及び取付位置等の自由度を考慮して、アルミフレーム製で全長700mm、全幅365mmの架台を製作した。

パンタグラフが同軸上で伸縮できるように角パイプにシャフトを貫通させ、そのシャフトの一端を固定、他端をスライドホール (ホール長さ270mm) で保持したものを両端に対で取付け、2個のパンタグラフを1対で伸縮させることで、下部フレームが上下し、車いすが昇降する機構となっている。スライドホールへの取付け状況を図4に示す。



図4 スライドホール取付け部

次に、パンタグラフの伸縮は上部フレームに左右同軸の台形ネジ（全長540mm，ネジ長さ各250mm）を固定し，右ねじ用及び左ねじ用のナットをそれぞれスライド側シャフトへ固定した。

台形ネジを回転させるとスライド側シャフトが平行移動し，パンタグラフが伸縮を始めることで昇降架台が昇降する。試作した架台を図5に示す。図から，架台は同軸上で昇降していることがわかる。



(a) 収納した状態



(b) 上昇した状態

図5 試作した昇降架台

3. 2 昇降架台の車いすへの取付け

試作した昇降架台の車いすへの取付けは，座面下部の取付け長さ450mmに対して，架台の全長が700mmと長く後方にはみ出すため，極力内部に収まるように考慮して，上部フレームをベースパイプに吊バンド丁番で4カ所を保持固定し，通常時車いすの使用に支障がないように前輪及び後輪が自由に回転することを確認して，座面が水平に昇降するように取付けを行った。車いすへの架台の取付け状況の一部を図6に示す。図から，取付けの際に架台の位置及び角

度調整が可能であることがわかる。



図6 車いすへの架台の取付け状況

しかし，車いすの重心はほぼ座面の中央部にあるが，全長700mmの昇降架台を前輪と干渉しないように取付けると，昇降架台の重心と車いすの重心が一致せず，昇降架台の重心は後方へ260mmずれての取付けとなり，昇降時の重心位置のずれのため前後がアンバランスとなり，後輪側だけが上昇し，前輪側は上昇しなかった。

そこで，アンバランスによる重心対策として，前輪の使用に支障がないようにフットサポート下部に図7に示すように長さ430mm，幅170mmの架台枠を追加し，全長1,130mmの架台とした。また，追加架台を本体架台と同期して昇降させるために，追加架台にも本体架台と同じアーム長さのパンタグラフを片側取付け，本体架台のパンタグラフと連結することで昇降を同期させた。



図7 追加した架台

その結果，重心位置がずれても，本体架台が後輪を昇降させるのに伴い，追加架台が同期して前輪側を昇降させることができた。しかし，追加架台のパンタグラフを同期させるために連結した角パイプの寸法分が縮まなくなり，最低地上高さをJIS規格の50mm以上としたが，目標の最低地上

高さが確保できなくなった。

昇降を行う動力源として、台形ネジの駆動には、7.2Vのバッテリー式の直流モーター（基準トルクは15.7mNm）を使用し、前述の図3に示す操作部のスイッチを押し続けることでモーターが駆動する。昇降が最下点または最上点に達したときは、リミットスイッチにより自動的にモーターが停止する機能となっている。リミットスイッチの設置状況の一部を図8に示す。また、上昇・下降の切替えは、トグルスイッチによりモーターの極性を変えることで逆転させている。

モーター出力が小さいため、ギヤの構成を各種組み合わせ、ギヤ比を高くすることで総トルクを高くしている。図9に伝達ギヤの設置状況を示す。

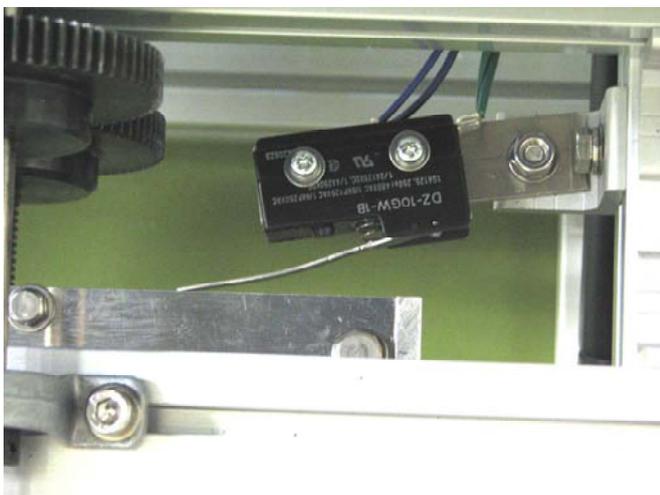


図8 リミットスイッチを取付けた状況

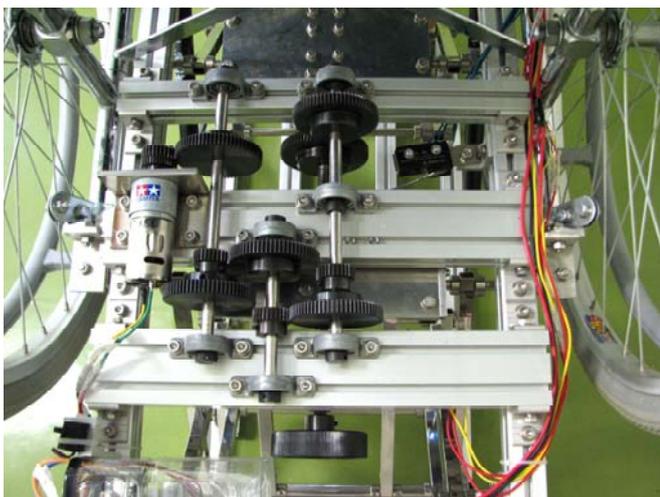


図9 各種伝達ギヤの設置状況

しかし、ギヤ比が高くなるとネジ部の回転数が減少するため、昇降時間は長くなってしまふ。また、アシストとしてガス反力を有するガスピリングを本体架台側4本（アシスト力754N）、追加架台側1本（アシスト力246N）を使用し、昇降架台の安定性向上とリフト力の増強を図った。これらを組合せ、試作した昇降装置を取付けた車いすを図

10に示す。また、バッテリーは充電可能なニッカド系を使用し、交換等を考慮して操作部へ取付けた。



(a) 収納した状態



(b) 上昇した状態

図10 昇降装置を取付けた車いす

4. 昇降装置の評価試験

4.1 リフト力試験

試作した昇降装置のリフト力を測定するために、昇降架台単体での抵抗力を油圧万能材料試験機（株）島津製作所製UH-100A）にて測定を行った。その結果を表2に示す。

表2 架台単体の材料試験機による抵抗力試験

架台高さ	ストローク	総ギヤ比	総トルク	抵抗力	昇降時間	ネジの回転数
150mm	70mm	214.3	3.36Nm	900N	30秒	77.4rpm
250mm	170mm			1,460N		
380mm	300mm			2,530N		

表から、架台高さが高くなると高い抵抗力を示すが、ストロークが少ないときは抵抗力が低いことから初期上昇時に高い起動トルクが必要であることがわかる。

次に、昇降装置を車いすに取付け直しによるリフト力の

測定を行った。その結果を表3に示す。表から、トルクが大きくなれば、リフト力も大きくなるが昇降時間も長くなる。総ギヤ比が約2680:1（総トルクが約42Nm）の場合、60kgのリフト力で昇降時間が上昇及び下降とも各6分20秒であった。

表3 車いす取付け後の重しによるリフト力試験

ストローク	総ギヤ比	総トルク	リフト力	昇降時間	ネジの回転数
310mm	857.1	13.4Nm	38kg	2分	19.3rpm
	5,357.1	84.1Nm	80kg	13分06秒	3.1rpm
	2,678.6	42.0Nm	60kg	6分20秒	6.2rpm

4.2 モニターによる評価及び性能

試作した昇降装置の操作性等の評価として、モニターによる実証試験を行い、操作が容易に実施できるか、また、昇降装置として正常に機能するか総合的性能を把握した。そのときの試験状況を図11に示す。図のように容易な操作で正常に昇降動作することが確認できた。



図11 モニターによる昇降状況

4.3 モニターによる安定性実験

前述2.1 安定性において、架台幅365mmはJIS規格の静的安定性試験で傾斜角10度の基準を満足する結果が得られているが、その実証試験として傾斜角10度に車いすを置き、静的安定性試験を実施した。そのときの試験状況を図12に示す。また、モニターによる最大上昇時における試験状況を図13に示す。図から、乗車したままでも転倒せず、安定していることがわかる。

しかし、安全上のためにも実際の使用においては、このような傾斜場所で昇降させることはないと思われる。



図12 昇降装置の安定性試験



図13 モニターによる最大昇降時の安定性実験

4.4 試作した昇降装置の製作費及び性能

試作した昇降装置の製作費を表4に示す。ただし、車いす本体の価格及び人件費は含んでいない。2段アームのパンタグラフ式昇降機構で追加架台との連結等があり、架台関係で複雑な構造のため、部品数及び金額が多くなった。駆動関係も玩具用のモーターを使用しており、出力が小さいので総トルクを大きくするために、複雑なギヤ構成となり、部品数及び金額が多くなった。

表4 試作した昇降装置の製作費

分類	部品数	金額
架台関係	800点	142,687円
駆動関係	488点	98,900円
合計	1,288点	241,586円

最後に、今回試作した昇降装置の主な性能をまとめると以下のとおりである。

- (1) 通常時の座面高さ：470mm
- (2) 上昇時の座面高さ：740mm
- (3) リフト量：270mm
- (4) 試作した昇降装置の重量：30kg
- (5) 昇降時間：上昇及び下降とも各6分20秒

5. 結 言

現在使用中の車いすに後付けできる昇降装置が試作できたことで、車いす利用者の日常生活における立体的生活空間の充実を図れる可能性が広がった。

車いす全体が約270mm昇降しても、傾斜角10度で安定したパンタグラフ式の昇降装置が試作できた。

しかし、試作した昇降装置はまだ改良すべき点が多々あるため、実用化に向けた研究を希望する企業などと連携して取り組んでいきたい。

参 考 文 献

- 1) <http://www.pref.hiroshima.lg.jp/page/1173837454998/index.html>
- 2) 独立行政法人 工業所有権情報・研修館 流通部：“機械 1 車いす”，特許流通支援チャート，21-28(2001)