

報 文

機能的な車椅子に関する研究

—— 座面昇降型車椅子の提案 ——

北九州職業訓練短期大学校 原 勝己・新貝 雅文

A Study on the Functional Wheelchairs —A Proposal of Wheelchairs with Movable Seat Up and Down—

Katsumi Hara · Masafumi Shingai

要 約 高齢化社会への移行が進み、車椅子利用者も身体に障害を持つ肢体不自由者に加えて、高齢老衰による肢体不自由者として車椅子を利用する者の数が急速に増してきた。このような肢体不自由者の社会復帰を積極的に助けるための補装具として、車椅子に対する社会的ニーズは今後も益々高まるものと思われる。

そこで本研究は「機能的な車椅子」をテーマとして、座面が床面まで降下することによって、車椅子利用者が介護者の援助を受けることなく、自分自身の力で乗降できる車椅子の製作を行った。試作車はハンドリムの付いている大車輪がキャスターより前方にある前輪駆動型四輪車で、ステンレスパイプをフレームとして、外装はプラスチックボデーとなっている。

また座面は2本のエアシリンダーによって昇降するシステムとなっており、4.5kg/cm²の空気圧で55kgの体重を持ち上げることが可能であり、小型のコンプレッサーでも十分対応できるようになっている。

また、安全性については車椅子の重心移動の側面から検討した結果、JIS規格の普通型車椅子と比較してみても何ら問題はなく、この結果、実用車として十分使用に耐えるだけの安定性が確認された。

1 はじめに

障害者の多くが何らかのかたちで、一般健常者のように自分の思い通りに動くことができない。そしてこの「動けない」という決定的な現実が障害者と一般健常者との隔たりとなっている。障害者の理想は「社会的自立」であり、このためには健常者と同様の行動を得ることであるが、車椅子での行動には基本的に制約があり、健常者の行動には及びもしないものであることを、我々社会は十分に理解しておかなければならない。

このような障害者の足となる車椅子が機能的であるか否かは、実際に障害者がこれを日常生活において何支障なく使用できるか否かにかかっており、これは車椅子の使用環境の問題と、障害者の残存機能の問題とに分けることができる。

前者は、障害者がそのおかれた生活空間において、車椅子が不自由なく使用出来る構造になっているかどうかの問題であり、障害者を社会的に排除している数多くのバリアーを取り除くために、建築・家具等の設計段階からバリアフリーの理念を取り入れる必要がある。

後者は、障害者が自分に残された運動機能で車椅子がいかにか操作できるかという問題であり、これには車椅子の形態が大きく関与してくる。数多くの障害の形態があるように、それに適した車椅子の形態が必要となってくる。特にスイッチ一つで車椅子を自由に操作できる電動車椅子の開発は多くの重度障害者にとって重要な役割を果たしている。しかしながら、現在の日本の住宅様式では、手動車椅子より大きく、しかもはるかに重い電動車椅子が一般住宅に入り込むことは不可能に近い状況であり、電動車椅子の使用範囲はごく一部の社会福祉施設等に限定されているのが現状である。

また、障害者の多くが自分一人の力では車椅子に乗降できないという現実を考えたとき、車椅子の機能性を語る以前の問題がここに残されているように思える。そして、この自分一人の力で車椅子に乗降できないことが介護者の必要性という問題になっており、障害者の日常生活の独立を妨げている大きな原因である。そして、このことが障害者を取りまく人々の生活に対して大きな影響を与える結果となっている。

また、高齢化社会への移行が進につれて、このような障害者を介護する人々も徐々に高齢化するものと思われ、今後益々増える高齢介護者の労働負担を少なくするためにも、座面が床面まで可動する車椅子の有用性は大きいものと思われる。

このようなことから、障害者が独力で乗降できる車椅子の開発は「社会的自立」を願う障害者にとって、経済的そして精神的にも多くの問題解決に結び付くものと思われ、また、高齢化社会において障害者と健常者が「共に生きる社会」の実現に向かって一歩近づくものと思われる。

また、これまでに座面が可動する車椅子は国内、国外から数例発表されているが、たとえば、ミシガン大学の医療センターやミネソタ大学等で考案された座面可動式の車椅子をみると、これらはエネルギー源としてバッテリーによる電気力を利用したものであり、これを油圧や歯車によって運動エネルギーに変換するものである。また、これらの座面昇降システムは座面がほぼ垂直に昇降するため搭乗者の移乗動作や作業域に対して、車椅子の本体や車輪の影響を大きく受けることになる。

このようなことから、本研究は搭乗者の移乗動作や作業域に対して車椅子本体の障害を最小限に抑えるために座面を斜め前方へ降下させるシステムを取るとともに、車椅子の軽量化をはかるため座面昇降エネルギーとして、バッテリーより軽量である圧搾空気をを用いた。

II コンセプト及び設計

このようなことから、本研究では二つのコンセプトを目標に掲げて手動車椅子の設計を行った。

第一のコンセプトは、障害者が介護者の援助を受けることなく、自分自身に残された機能で車椅子に乗降できる形状とすることであり、具体的な機構としては、車椅子

の座面が床面まで自由にスライドすることによって、障害者が容易に、床面から車椅子に乗降できる形態とした。

このように座面が降下することにより、今まで、常に車椅子の座面の高さを基準とした動作域での生活を強いられてきた障害者も、日常的生活空間において、特に床面近くでの活動が可能となり、より健常者の生活行動に近づくことができるようになると思われる。

座面の昇降システムとしては、2本のエアースリンダーを水平面に対して30度の角度で、座幅に平行して前方に傾斜させ、このシリンダーの可動部に車椅子の座面を固定して、シリンダー内のエアの吸排気によって座面を昇降する機構とした。

このように、座面を垂直に降下させるのではなく、斜め前方向へ降下させることにより、座面が降下した状態での障害者の動作域は、車椅子の車輪や肘掛けに妨害されることなく、前方へ180度以上の動作域を得ることになり、障害者のための住空間のレイアウトやインテリア家具等の設計にも大きな影響を与えることになると思う。

このように、座面降下によって垂直動作域に加え水平動作域も広がり、今まで手の届かなかった床面近くでの動作域が得られることにより、障害者が使用するベッドの高さやサニタリー器具、インテリア家具等の高さの制約が少なくなることにより、障害者と健常者との共同生活が、今まで以上に行いやすくなるものと思われる。

第2のコンセプトは既存の車椅子にはみられない、デザイン性に富んだ形態を取り入れることである。本来、車椅子は軽量でコンパクトであることが求められるが、今回製作する車椅子は、座面昇降機能を付加するために、普通の車椅子にはみられない、シリンダーやエアータンク等の、大型部品の装着のため、視覚的なわずらわしさが発生することが予想され、このことから、アイデアスケッチの段階から視覚的にスッキリとするデザインを目指した。

具体的なデザインとしては、車椅子の本体に使用しているフレームパイプを、カバーによってすべて隠すことで、既存の車椅子のもつ索漠とした冷たいイメージから抜け出せるようなデザインを行った。そして、トータル的には「くさび型」にまとめることによって「シャープさ」を強調しており、フレームカバーには、ゆったりとした丸みをつけることによって「優しさ」を表現した。

また、座面、背もたれ、レッグレスト、フットレスト

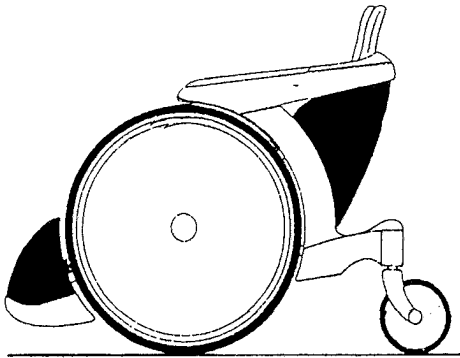


Fig-1 側面図

はクッション性を持たせるために厚くとり、肘掛け幅は11cmと大きくとることによって、既存の車椅子にはみられない、優雅さを出しており、デザイン的には車椅子という感覚ではなく、動くソファという感覚でデザインを行った。

この二つのコンセプトを目標に数多くのアイデアスケッチを描き、車椅子の基本的なデザインを決定し、レンダリングを行った。

Fig-1・2・3はレンダリングによる三面図であるが、普通の車椅子と異なるところは、車椅子の進行方向にハンドリムの付いた大車輪があり、後方に小径のキャスターが付いている。この形状の車椅子を前輪駆動型車椅子といい、普通型と呼ばれている後輪駆動型より小回り性に富んでいる。

今回この前輪駆動型を選択した理由は、360度の回転を必要とするキャスターが後方に付くことにより、座面が前方に降下するときの障害が無くなり、座面を完全に床面に密着させることが容易になるためであり、このことにより、搭乗者が車椅子から離脱するときの障害が少なくなることや、降下時における搭乗者の動作域を広くすることができる。

Fig-4・5はフレーム構造であるが、前方に30度傾斜した2本のエアシリンダーを固定するために、三角形のフレーム構造を基本形としている。また、本体は折り畳み機構を備えていないため、車椅子の収納性を考慮して、大車輪にはワンタッチで脱着可能な24インチ(61cm)車輪を用いており、収納時には大車輪を取り外すことで、軽量化とコンパクト化がなされる。また、キャスター直

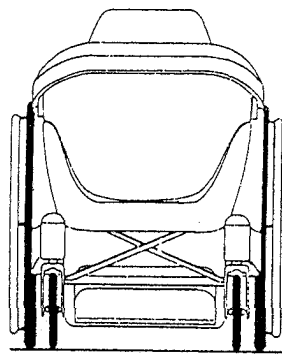


Fig-2 背面図

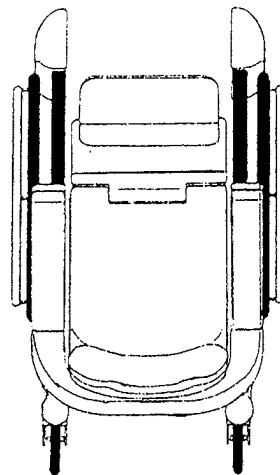


Fig-3 平面図

Fig-1・2・3 レンダリングによる三面図

径は7インチ(18cm)、全長115cm、全高86cm、全幅68cmとなっており、座幅は38cm、走行時の座高は45cmとなっている。全体的な設計仕様としては、フレームとしてステンレスパイプを用い、人体に直接触れる部分である座面、背もたれ、レッグレスト、フットレスト、そして肘掛けは合板を芯材として、ウレタンマットでこれにクッション性をもたせ、表面仕上げはビニールレザー仕上げとなっており、ボディーカバーはプラスチック仕上げとなっている。

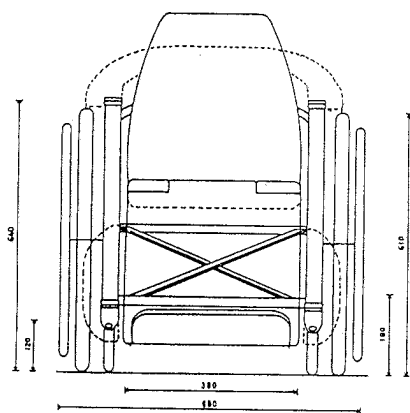


Fig-4 フレーム構造図

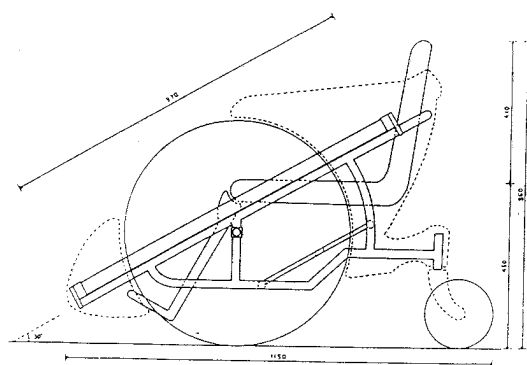


Fig-5 フレーム構造図

III プロトタイプ車椅子の製作

プロトタイプ車の製作にとりかかるまえに、レンダリングでのイメージを立体的に確認し、デザイン的なディテールを決定することや、材料や部品の選択、加工技術の確認のために実寸大のダミーモデルの製作を行った。

モデルの製作ではフレームパイプとして、直径22mmの塩化ビニール樹脂パイプを用い、このフレームに24インチの大車輪及び、7インチのキャスターを取り付け、座面昇降用のエアシリンダーとして、外寸4cm角、シリンダー内径20mm、全長97cmのロッドレスシリンダーを取り付けた。また、座面、背もたれ、レッグレスト、フットレスト等の各部品やフレームカバーは、加工が簡単に出来る硬質アクリル発泡体を成形加工することによって製作した。

また、このモデルに取り付けたロッドレスシリンダーで、座面を実際に昇降させることによって、座面昇降のメカニズムの確認がなされ、実用強度を考慮して、プロ

トタイプ車に使用するフレームは外径18mmのステンレスパイプを使用することにし、フレームカバーは厚み2mmのプラスチックとした。

また、このダミーモデルの製作過程において、車椅子の立体的な仕上がり形態や、デザイン的ディテールに対してチェックが加えられ、細かい修正を行なった後にプロトタイプ車の製作にとりかかった。

尚、プロトタイプ車の製作については専門工場に依頼したが、車椅子の本体や部品等を強度的に強めにして製作したため、完成車の重量は30kgとなり、設計段階の予想重量より重い仕上がりとなった。

表-1はプロトタイプ車椅子の基本的形態であるが、当初の設計寸法とは若干の違いが見られるが、このプロトタイプ車椅子とJIS及び一般車椅子とを比較してみると、全幅及び重量が大きくなっている。全幅については、大車輪の両サイドに座面の昇降のスペースを取ったことによるものであり、重量についてはロッドレスシリンダー等の座面昇降機構を付加したことや、座面強度を確保するために芯材入りの座面を用いたためであるが、今後耐久強度の検討を行い、材料の選択を行うことで軽量化が可能となると思う。

Fig-6～11はダミーモデルの写真であり、Fig-12～15はプロトタイプ車椅子の写真である。

表1 座面昇降型車椅子の基本的形態

(JIS及び一般車椅子との比較)

	JIS及び(一般車椅子)(mm)		試作車
全高	920以下		880
全幅	630以下		690
全長	(1200) 国際規格		1170
座面高	380～450		420
座幅	300～420		380
フットレスト地上高	50以上		50
大車輪径	(12～24インチ)		24インチ
キャスター径	(5～7インチ)		7インチ
重量	17kg～19kg		30kg
回転スペース	(1500)		1500
最大重心移動	前方	10.5cm	5.6cm
	斜め前方	8.0cm	7.0cm
	横方	6.3cm	6.0cm
	斜め後方	5.0cm	2.8cm
	後方	4.7cm	2.6cm

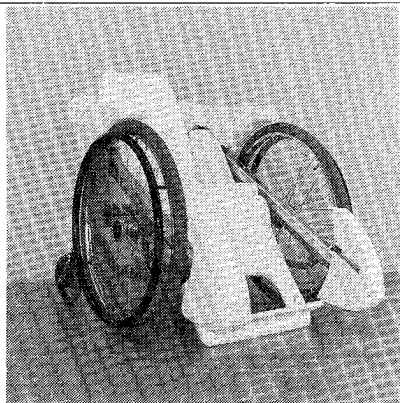


Fig-6

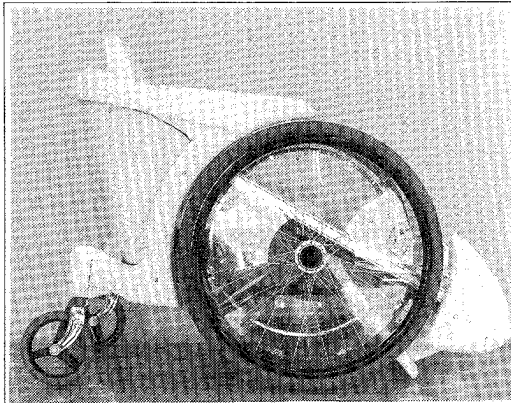


Fig-9

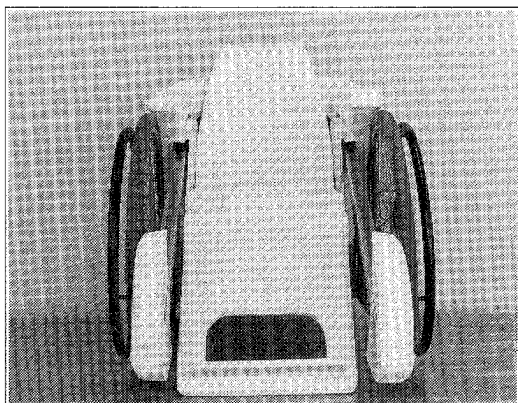


Fig-7

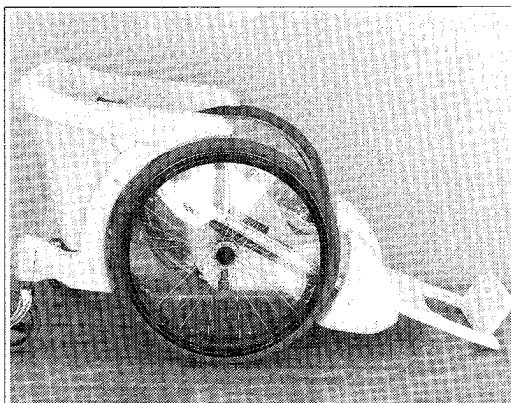


Fig-10

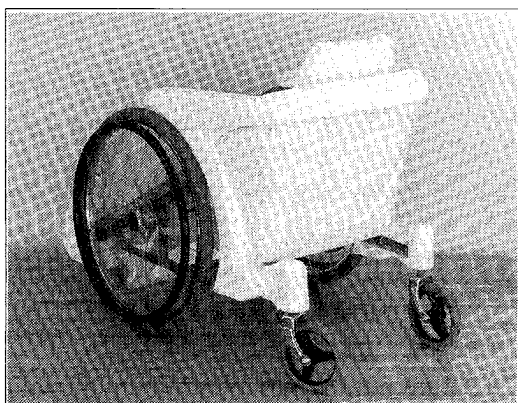


Fig-8

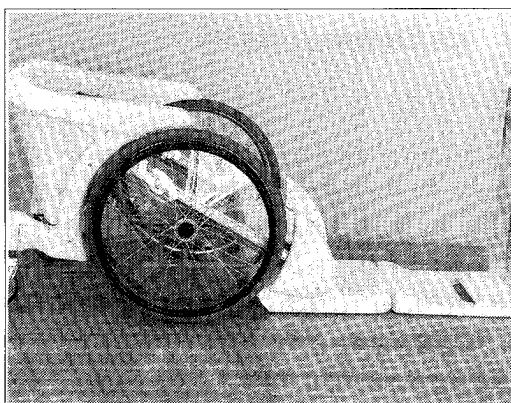


Fig-11

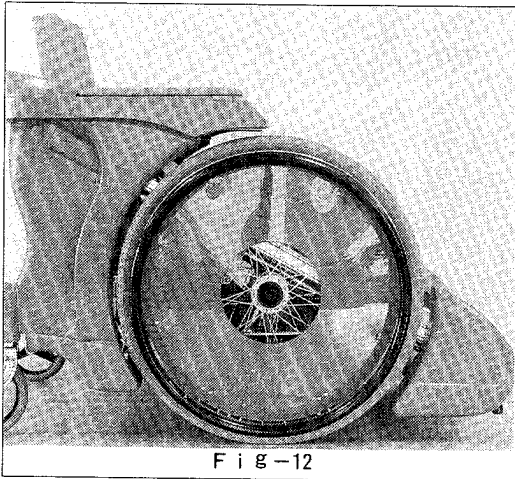


Fig-12



Fig-14

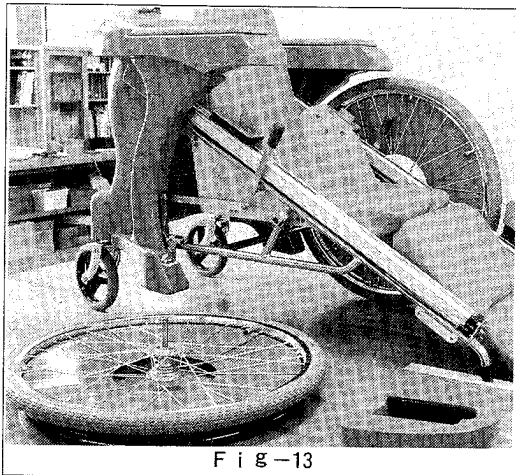


Fig-13

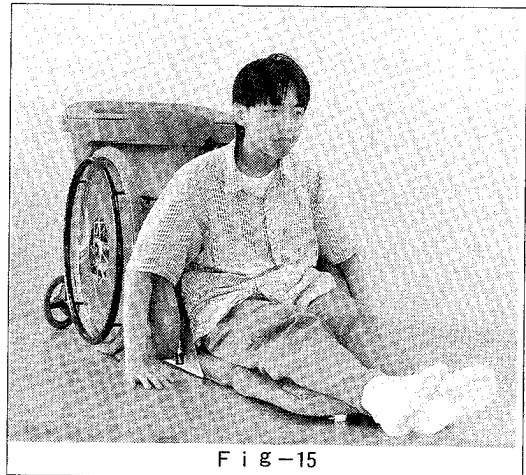


Fig-15

IV 座面昇降機構と人体動作

Fig-16・17・18は座面昇降機構とそのときの人体の動作状態であるが、Fig-16は走行状態であり、この状態からシリンダー内のエアを排気することにより、座面は搭乗者の自重で降下し始める。

また、シリンダー内へのエアの吸排気は、プッシュボタン式の吸気バルブと排気バルブによって行われ、このプッシュバルブは一枚のパネル(10cm×15cm)に取付けられ、バルブとシリンダーの間には120cmのエア配線が付けられており、走行時にはパネルは肘掛けの中に納められているが、座面昇降時には搭乗者がこれを手に持って昇降するようになっている。また、エア配線は外径6mm、内径4mmのビニル管であり、座面昇降のエネルギ

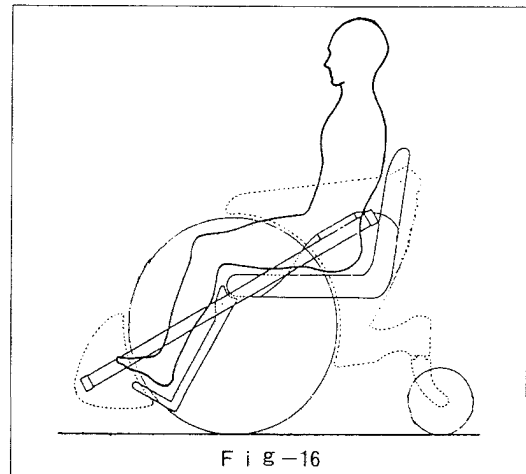
ーであるエアは、上昇時はエアータンクから吸気バルブを経てシリンダーに送られ、降下時はシリンダーから排気バルブを経て大気中に放散される。

また、レッグレスト先端下方には直径15mmのキャスターが2個取り付けられており、路面の凹凸に対して座面の降下がスムーズに行えるようになっている。

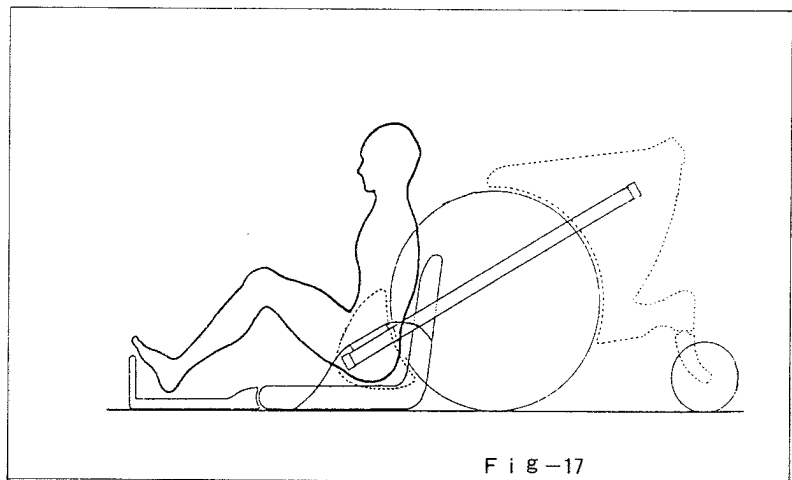
Fig-17は車椅子の座面が床面まで降下した状態であり、この状態から搭乗者は側面へ離脱することができるが、レッグレストの先端上方に90度の角度で取り付けられているフットレストを、手前に折りたたむことによって座面全体がフラットになり、前方への離脱が容易になる。

Fig-18はフットレストを折りたたんだ状態であり、この状態より腕力によって車椅子から離脱することができる。

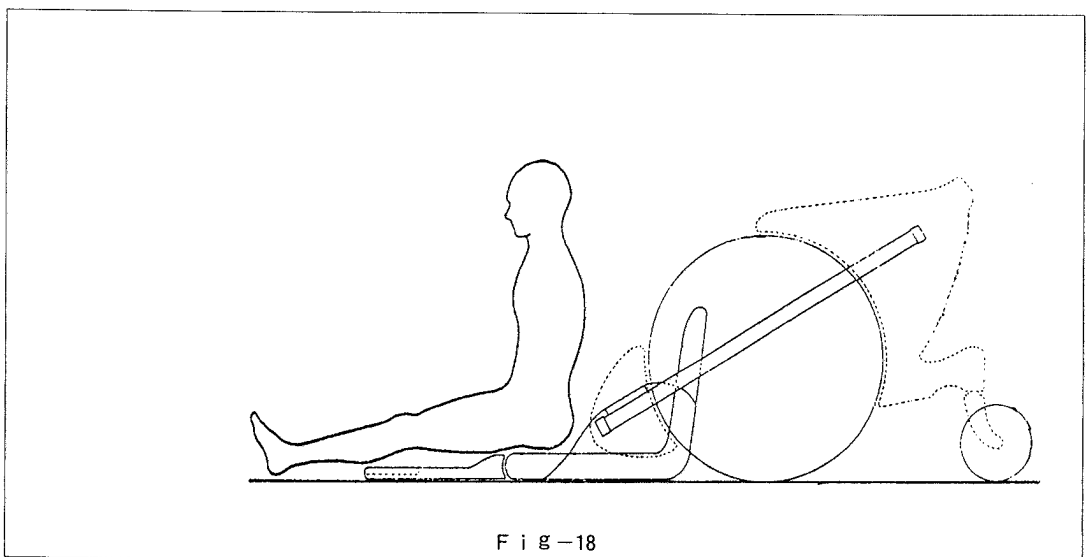
また、乗車時はこの逆の手順をとることになり、フットレストを立ち上げたFig-17の状態から、シリンダーにエアーを送り込むことによって座面は上昇し始める。



F i g - 1 6



F i g - 1 7



F i g - 1 8

V 空気圧と座面の昇降

座面昇降速度は車椅子にとって、乗り心地（快適性）と安全性に関して大きな要因となることから、座面昇降速度について実験を行った。実験方法としては、床面まで下げられた車椅子の座面に被験者をFig-17の状態に乗せ、この状態から被験者に吸気バルブを開かせ、シリンダー内にエアを吸気することにより、座面を上昇させ、座面が最上昇するまでに要した時間を、座面上昇時間とした。また、このときのシリンダーの可動距離は76cmであることから、座面上昇速度の平均値を算出した。

尚、被験者についてはA・B・C・Dと4体について実験を行ったが、被験者Aについては車椅子の利用者が子供の場合を想定して実験には35kgの鉄塊を使用し、B・C・Dについては一般健康者を被験者とした。

表-2は座面上昇時間と速度であり、Fig-19は空気圧と座面上昇速度の関係をグラフで表したものである。

実験結果としては、表-2に示すように35kgの体重を持ち上げるためには最低3.5kg/cm²の空気圧が必要であり、同様に45kgの体重では4.0kg/cm²、55kgの体重では4.5kg/cm²、65kgの体重では5.0kg/cm²であった。

表2 座面上昇時間と速度

	A		B		C		D	
体重	35kg		45kg		55kg		65kg	
空気圧	時間	速度	時間	速度	時間	速度	時間	速度
kg/cm ²	sec	cm/sec	sec	cm/sec	sec	cm/sec	sec	cm/sec
2	—	—	—	—	—	—	—	—
2.5	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—	—	—
3.5	13.1	5.8	—	—	—	—	—	—
4	7.8	9.8	9.0	8.5	—	—	—	—
4.5	5.8	13.2	7.0	10.9	10.0	7.7	—	—
5	4.6	16.6	5.8	13.2	7.0	10.9	12.2	6.3
5.5	4.0	19.1	4.8	15.9	5.8	13.2	8.4	9.1
6	3.6	21.3	4.2	18.2	4.8	15.9	6.8	11.5

座面上昇速度についてはFig-19の示すように、空気圧に比例して速くなることがわかった。しかしながら、障害の部位や程度によって、適切な座面上昇速度は各人それぞれ異なることから、搭乗者の安全性や快適性を考慮して、プッシュバルブでエアの吸気量を調整することによって、座面上昇速度を搭乗者自身が自由に

調整できるようにした。

また、座面の降下については、上昇時に注入したエアをシリンダーから排気することによって、被験者の自重で降下するため、他からのエネルギーは必要としないが、シリンダーからのエアの排気を急激に行うと、降下速度は体重55kgの被験者で33cm/secにも達するために、搭乗者の安全の確保と、ロッドレスシリンダーの損傷を防ぐために、排気バルブによってエアの排気量を調整することによって、座面の降下速度を搭乗者自身が調整出来るようにした。

また、昇降時において緊急な事態が生じた時には、搭乗者がプッシュボタンから指を離すことによって、吸気バルブは内蔵されたスプリングの力によって閉じられ、座面は緊急停止するようになっており、搭乗者の安全が確保されるようになっている。

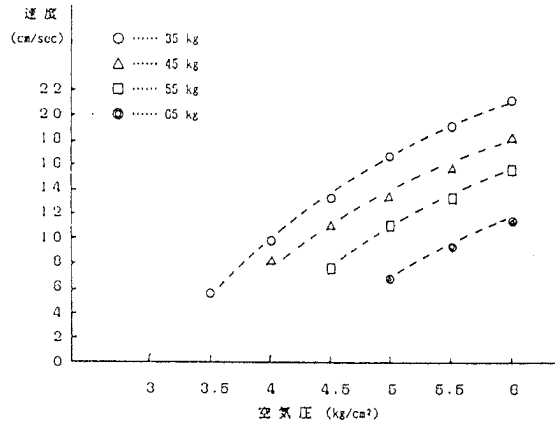


Fig-19 空気圧と座面上昇速度

VI 重心移動からみた座面昇降型車椅子の安定性

1. 車椅子における最大動作と重心移動

車椅子においてはその安定性が最大の問題となり、本研究では車椅子における搭乗者の重心の移動を測定することによって、その安定性について検討した。

重心の測定方法については、三点ロードセルを使用した重心計（日本電気三栄KK1G06型）に車椅子を乗せ、これに被験者を走行状態の姿勢で乗せたときの、平面上の重心の位置を基準重心点として、その点から放射状8方向における重心の移動を測定した。

Fig-20は搭乗者が座面に尻をつけた状態で、車椅子から最大限に身を乗りだしたときの重心の移動を示したも

のであり、Fig-21の破線はその時の最大動作域を示したものである。また、動作域は最大限に片手をのばして指の届く範囲を表している。また、Fig-21の実線は搭乗者が重心を動かさないで手の届く範囲を表している。

搭乗者の平静時の重心の位置は、座面の前縁から23cmであり、これは大車輪の車軸から18cmとなっている。この状態から搭乗者がどの方向に身を乗り出しても、重心は大車輪とキャスターによる、4支点内の安全重心移動範囲に留まり、転倒の心配はない。

また、この重心移動の状態をJIS規格の普通型車椅子と比較してみると、JIS規格車（大型後輪駆動車椅子）では、前方への重心の移動は10.5cm、横方向へ6.3cm、斜め前方8.0cm、斜め後方5.0cm、後方4.7cmとなっており、このことから今回製作したプロトタイプ車椅子の重心移動に関する安定性には問題は無いと思う。

しかしながら、これは路面が水平の状態に置かれた車椅子に乗っている場合であり、実際にはこのような人体による重心移動に、路面の勾配や凹凸による重心移動が加えられることになる。

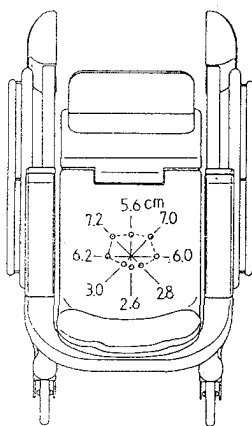


Fig-20 車椅子における最大動作と重心移動

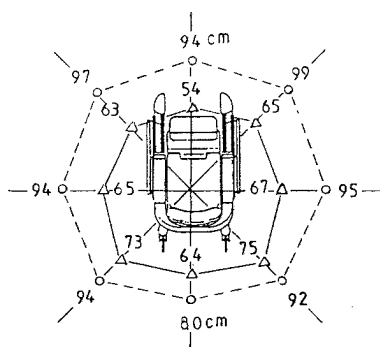


Fig-21 車椅子における水平動作域

2. 路面傾斜と重心移動

Fig-22は車椅子が路面の勾配により傾斜したときの搭乗者の重心移動を示したものである。内側の△印が車椅子が5度傾いたときの重心の移動であり、外側の○印は10度傾いたときの状態を示している。

実験では5度（勾配1/10）傾くと車椅子の重心は約6cm移動し、10度（勾配1/5）では約11cm移動するがどの方向も安全重心移動範囲内にあることがわかる。

また、一般建築では車椅子用の傾斜路は勾配にして1/10以下に作られており、このことから、いま5度の傾斜路に置かれた車椅子から搭乗者が前方向に身を乗り出したことを想定すると、このときの重心の状態は、路面の勾配による重心の移動が5.8cm、人体の動きによる重心の移動が5.6cmとなり、合計11.4cmとなるが、この方向での安全重心移動距離は18cmであることから、この状態でも転倒には到らないことになる。

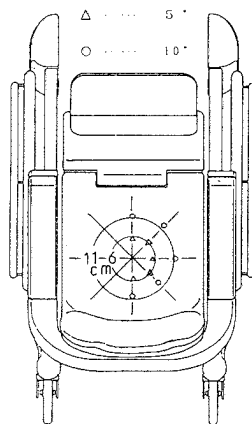


Fig-22 路面の傾斜と重心移動

3. 座面昇降時における重心移動

Fig-23は車椅子の座面が降下しているときの水平面上での重心の移動を示したものである。車椅子の走行状態での重心の位置は、大車輪の軸上から後方18cmのところであり、座面が降下するにしたがって重心は前方に移動する。そして重心が大車輪の車軸を越えたところで、人体の重心は大車輪とキャスターに囲まれた安全重心移動範囲から外れることになり、このとき、普通の状態では5cm程後部キャスターに浮き上がりが生じる。この現象を防止するためにロッドレスシリンダーの先端には可動式の、前のめり防止用のストッパーが取り付けられており、重心はこのストッパーと大車輪により支えられることにな

る。また、座面が完全に降下した状態での人体の重心の位置は、大車輪の軸上から前方45cmのところとなり、この結果、座面降下による重心の水平移動距離は63cmとなっている。

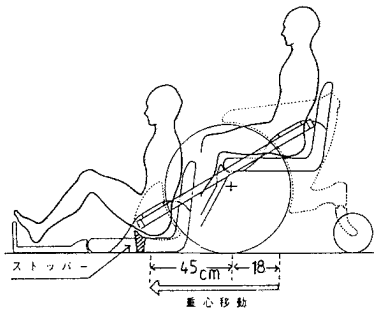


Fig-23 座面昇降と重心移動

VII おわりに

今回機能的な車椅子をテーマとして、座面昇降型の手動車椅子の製作を行ないプロトタイプ車を完成させることができた。この試作車によって座面昇降機構として、ロッドレスシリンダーを前面に30度傾斜させ、これをガイドとして、座面を昇降させるという基本構造を完成させることができた。しかしながら、まだ試験車の段階であり、今後、この試験車を使ってエアシリンダーの耐久性、パイプフレーム構造に対する強度、エアシリンダーの傾斜角度等の問題に対して実験を行い、構造的な改善をはかるとともに、材料の再検討を行うことによって、車椅子の重量の軽減化をはかりたいと思う。

また、座面昇降機構のエネルギー源として外部からの圧搾空気でまかなっているが、今後の取り組みとしては、このエネルギー源の問題を重点的に行い車椅子の利用者にとって、より機能的な車椅子の開発を行いたいと思う。

謝 辞

本研究に関して多大なご指導をいただいた北九州職業訓練短期大学校、ならびに有菌製作所の皆様方に厚く御礼申し上げます。

参考文献

1. 荒木兵一郎、藤本尚久、田中直人：バリアフリーの建築設計、彰国社、1986、P.8-12
2. 厚生省社会局更正課監修：体の不自由な人びとの福祉、テクノエイド協会、1990、P.2-6
3. 日本建築学会編、山本泰四郎：ハンディキャップ者配慮の設計資料、彰国社、1987、P.27-28
4. Ronald L. Kett, Kerri J. Lee, Simon P. Levine, Deborah J. Davis : RESNA10th ANNUAL CONFERENCE SAN JOSE, CALIFORNIA 1987. P.553-555
5. William J. Kielczewski : RESNA 9th ANNUAL CONFERENCE, MINNEAPOLIS, MINNESOTA 1986. P328-330