

車いすの安全・快適技術

高橋義信*

今まで、とすれば片隅に追いやられてきた、障害者や高齢者等が使用する福祉用具も、急速な高齢化の進展と共に、その重要性の認識が徐々に高まりつつある。福祉用具の中でも代名詞的な存在である「車いす」は、短い歴史の中で改良が加えられてきているが、車いすが安全で快適であることは必須の条件でもある。直接人間が乗り、人力で駆動、操作する車いすの安全性や、快適性に対するいくつかの技術を紹介する。

Safety and Comfort Technologies for Wheelchairs

Yoshinobu TAKAHASHI*

Devices for the infirm and the elderly have so far tended to receive little attention. However, their importance has gradually been recognized with the rapid aging of the population. Wheelchairs, a typical example of such devices, have undergone much improvement during their short history. Safety and comfort are prerequisites for the wheelchair. This report presents a number of safety and comfort technologies for non-motorized wheelchairs that are maneuvered and driven manually.

1. はじめに

車いすは、失われた歩行機能の代償機器として特定の人たちの用具であった。しかし、今日のように、高齢化が急速に進展する中において、車いすの持つ暗いイメージは徐々に払拭され、衰えてきた歩行機能を補助する道具として、また、生活道具の一つとして気楽に使用できる環境の整備も、徐々に進捗しつつある。

平成5年10月に施行された「福祉用具の研究開発及び普及の促進に関する法律」いわゆる「福祉用具法」を契機に、福祉ビジネスに新規参入した企業は急激に増加し、日本健康福祉用具工業会や全国福祉

用具製造事業者協議会なども相次いで設立されてきた。福祉用具の中でも、比較的なじみのある車いすは、いくつかの参入企業が最初の開発製品として手掛けている。しかし、とすれば現場の状況が把握されないまま、性能重視、デザイン重視の物作りが優先し、操作性、快適性は無視されがちな製品も少なくない。

車いすが、一般製品と同様に普及するには、ニーズに沿った多くの機種が開発され、車いすを使用する事によって生活の質が向上すること、事故や二次障害の発生しないような安全性が確保されること、長時間の使用に於いても快適性が保たれることが重要である。

現在まで、安全性や快適性の課題解決に向けて、努力が払われて来ているが、これらの問題が全て解決されているわけではなく、解決に向けての努力が現在も進行している段階である。ここには技術ばか

* 車いす姿勢保持協会技術顧問
Technical Adviser,
Wheelchair and Positioning Aids Association
原稿受理 2002年4月26日



Fig. 1 スペイン王フィリップ 世の車いす(1595年)¹⁾

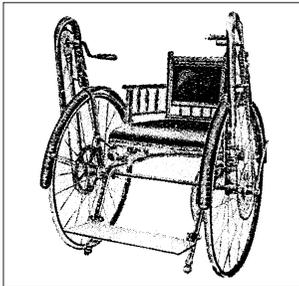


Fig. 2 廻転自在車と呼ばれた国産第1号の車いす(大正10年頃)²⁾

りでは解決のできない課題も潜んでいるが、技術的な観点を中心に現状を報告する。

2. 車いすの歴史

2 - 1 海外の歴史

移動乗り物の歴史は、搬送から始まったと言って過言ではないであろう。原始的な木の枝などでの牽引搬送から、持ち上げ搬送、そして転がり搬送へと変化した。紀元前3000年頃に発明されたとされる車輪は、乗り物の歴史に大きな転換をもたらした。当然ながら、車いすも車輪の発明がなくては生まれ得なかったであろう。

ヨーロッパにおいては、1560年、フランス王フィリップ 世の車いすのように、権威や高貴のシンボルでもあるいすに車をつけたものから始まったようであるが(Fig.1)¹⁾、すでに姿勢変換機能などが組み込まれており、安楽性に対するの考慮がなされている。1580年、ドイツで最初の自走用車いすが発明されたが、これも王様のいすのような形式のいすに大きな車輪を前につけた前輪駆動式であった。方向転換を行うためのキャストの発明はいつ頃であるのかは不明であるが、すでにこの時代には発明されていたようである。イギリスでは、温泉での車いすの使

用が盛んで、パスチェアと呼ばれていた。

アメリカでは、近代的な車いすを発展させたが、コネチカット車いすに見られるような座席部分の籐製品は、座圧の分散や風通しを良くするための工夫であろう。1945年、エベレスト&ジェニングスによって折りたたみ機構が発明され、持ち運びや収納が格段にし易くなった。車いすで重要な部品である車輪は、自転車の技術と関連し、自転車用車輪の進歩にしたがって車いすの車輪も進歩を遂げてきた。この現象は現在もなお続いている。

2 - 2 国内の歴史

国内の起源も定かではないが、明治3年頃の「廻転自在車」と呼ばれたクランク駆動式車いすが、最初のもと言われている。外観からは、当時の人力車メーカーがフレームを製作し、クランクを回転させチェーンによって大車輪に伝達する部分は、自転車屋が作った両者の合作のように見える(Fig.2)^{2),3)}。

1945年頃、箱根の傷痍軍人の療養施設であった廃養院(現・国立療養所箱根病院)において主に使用されていた車いすは、大きな鉄製フレームに木製座席を装備しており、前輪大車輪、後輪キャストの三輪タイプで折りたたみはできず、重量は30kg以上あった。背もたれや足載せ台の部分は、段階的に角度調節の機構を有し、座位姿勢を変換することができた。この車いすは近年まで実際に使用されてきたが、現在は貴重な歴史遺産である。戦後は、鉄製折りたたみ車いすも作られたが大型で重く、まだブレーキもついていない物であった。

国内では障害者を対象に車いす作りが進み、個人に合わせたフルオーダーシステムが、独特の物作りとして徐々に発展してきた。また、病院などの備品のように不特定多数の人が使用する車いすは、その性格から既製品と呼ばれ、大型で重いものが主体であった。現在もこの二つの製作方法が主流をなしているが、近年、オーダー製品の納期の短縮化と既製品の適合性を高める目的で、アジャスタブル機能を含んだモジュラー車いすが登場してきた。

駆動能力の弱いユーザのために、手動車いすに駆動ユニットを付加した補助動力ユニットや、駆動力を倍力する電動アシスト機能付き車いすも登場している。国内の車いすの歴史は70~80年程度であるが、近年の15年間で急速な進展を遂げた⁴⁾。

3. 車いすの機能

車いすは、歩行困難者の歩行支援用具ばかりでは

なく、大切な生活用具の一つである。車いすの基本的な機能は、一般にFig.3のような三つが考えられる。一つは移動機能で、車いすの特徴である移動を受け持つ車輪と駆動機構によって達成される。駆動源は人力であるが、ユーザ自身が駆動操作する自走用と、介助者が駆動する介助用がある。自走用の駆動方法としては、ハンドリムによる駆動、レバー駆動、足駆動、電動アシスト駆動などがある。

Fig.4に、自走用標準型車いす各部の名称を示す。

次に、姿勢保持機能は、座席部分が主に受け持つ。固定座席ばかりではなく、バックレストやレッグサポート（フットレスト、レッグレスト、レッグパイプを含めた足支持部の総称）の角度調整ができるリクライニング機構や、座角度は一定であるが前後方向に傾きを変えられるチルト機構もある。また、垂直方向の座席昇降ができるリフト機構、座位姿勢から立位姿勢が自力でできるスタンダップ機構などが組み込まれた車いすもあり、姿勢安定機能と姿勢変換機能が含まれる。

三つ目は移乗機能で、車いすから、あるいは車いすへの乗り移りを容易にする機能である。アームレストやレッグサポートの着脱などの機構は、この機能を向上させる。当然ながら、使用目的に応じて機能補完や機能の追加が行われ車いすは変化する。例えば、飛行場に装備の車いすのように全幅を縮小できる車いすや、旅行を目的とした携帯用車いすのように、優先する機能が異なるものもある。車いすの機能は、社会状況や環境によっても変化していくものである。

4. 車いすの種類と処方因子

車いすの種類は、財テクノエイド協会の福祉用具情報データベース(TAIS)によれば、約1,000種類が登録されている。この中には、同じような機種が複数のメーカーで作られているものも含まれる。車いすには国際規格や国内規格などのいくつかの分類があるが、使用する目的に応じて、その考え方が異なっている。駆動方法による分類はわかりやすく便利であるが、この分類だけで車いす全てを表わす事は困難であり、同じ駆動方法でも、全く異なる目的で使用される場合もある。

車いすを処方・選択する場合には、多くの要因が複雑に関連してくる。車いすの道具としての機能や強度が充分であることは当然のことであるが、使用者が直接接触して使用することから、障害の種類、

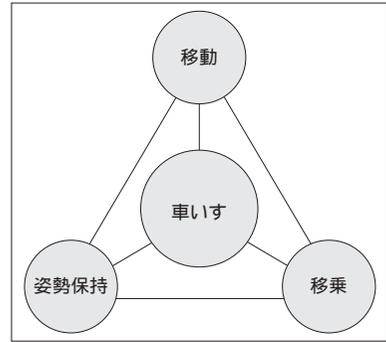


Fig. 3 車いすの機能

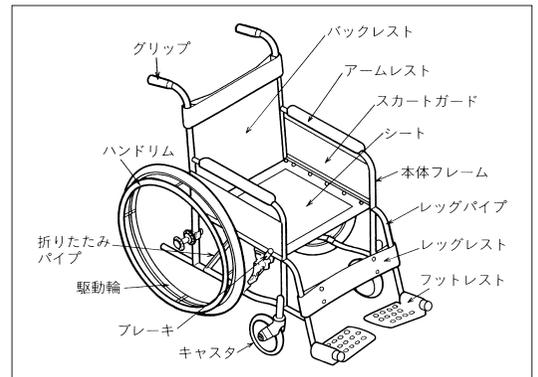


Fig. 4 自走用標準型車いす各部の名称

程度、身体寸法、残存機能などのユーザに関する要因も重要な因子になる。さらに使用するための環境条件、たとえば、使用目的、使用環境、法的規制、経済性、介助条件、他の機器との併用など多くの要因がある。車いすを処方・選択する場合は、これらの優先順位を考慮しながら、最終的な車いすを決定することになる^{6,7)}。

近年、これらの多くの要因をデータベース化してコンピュータに登録し、必要な項目を選択入力することにより、処方・選定が可能な車いす処方システムも開発され、販売されている。既製品を選ぶ場合はオーダー品と異なり、条件を全て満たすのは困難となる。

車いすの構成要素は四つの部分に分けられ、各要素を結合支持しているフレーム、座席を含む身体支持部、駆動や制動部品からなる駆動部、転動のための車輪からなる。

機種やサイズの選定以外にどのような部品をつけるかも重要であり、最近は部品の種類も増加し、各種のサイズ、型式、カラーなどを取り揃えて対応できるようになってきた。

基本部品の他に、いくつかのオプション部品も用意されている。また、既製品の車いすを使用している施設や病院などでは、クッションを手作りで個人に合わせている場合もある。

5. 安全性

5 - 1 安全性のための規格

車いすとその周辺機器の安全性を確保するための、いくつかの規格がある。国際標準化機構が定める国際規格 (International Standards Organization: ISO) は、ISO/TC173 (テクニカルエイド・システム) / SC1 (車いす) で審議されている。現在制定されている規格は、電動車いすなどを含めて、Table 1 のように21規格がある。このうち手動車いすに關係するものは15規格で、用語、寸法、安定性、制動性、耐

久性、寸法測定方法、テストダミー、情報開示など広範にわたり規定されている。その他、現在14規格が審議中である。

日本も加盟国として規格審議に参画しているが、加盟国の85%以上の賛成投票によって規格が制定され、5年毎に見直しが行われている。

国内の規格として、日本工業規格 (Japanese Industrial Standard: JIS) がある。手動車いすのJISは、1971年に制定され、現在までに3回の改正が行われている。JISは車いすを工業製品としての一定の性能、品質まで高めるための役割を果たしてきた。

その他、消費製品安全法に基づく安全規格 (Safety Goods: SG) がある。この規格は、ISOやJISから採用した強度、耐久性に関するいくつかの試験項目を規定している。主なものとしては、静的強度試験7項目、衝撃強度試験3項目、走行耐久試験1項目が規定されている。特に走行耐久性試験は、ダブルドラム上での約50時間の段差走行を模擬した試験条件であり、試作段階ではこの試験を一回でパスするものは少ない。試験をパスした製品にはSGマークを貼付し、この製品の欠陥のために負傷した場合の補償制度を含んでいる。

この制度は、1997年4月から、手動車いすについて運用がなされてきている。自主認定基準であるので、全ての車いすにマークが貼付されているわけではない。安全のための規格は、使用条件や社会状況を眺めながら、新しい規格の制定や、すでに制定された規格の見直しが定期的に行われている。

5 - 2 安全を確保するための技術

人間が乗車して使う以上、単体の強度や耐久性ばかりではなく、使用場面での安全確保を常に心がけなければならない。そのような中からいくつかの事例を紹介する。

まず、ブレーキである。移動乗り物は必ず制動する必要がある。車いすのブレーキは、タイヤを直接圧接するパーキングブレーキが主流である。走行中の速度調整用ブレーキとして、介助用車いすでは車輪に内蔵したブレーキを装備しているが、自走式車いすでは自分の手でハンドリムを押さえてブレーキをかける。このような場合のために、近年、パーキングブレーキ以外に、連続した下り坂では一定の制動力が働き、また、上り坂では後ろに戻るのを防止する逆転防止装置として機能するマルチブレーキが作られている (Fig.5) また、痴呆を伴った高齢者などが、パーキングブレーキを掛けずに車いすから乗

Table 1 車いすの国際規格(ISO) (2002 2現在)

規格番号	発行年月日	規格名称
ISO 6440	1985.12.01	車いす 名称・用語・定義
ISO 7193	1985.12.01	車いす 最大外形寸法
ISO 7176-1	1999.10.01	車いす 第1部: 静的安定性試験
ISO 7176-2	2001.06.15	車いす 第2部: 電動車いすの動的安定性試験
ISO 7176-3	1988.11.15	車いす 第3部: プレーキ効率試験
ISO 7176-4	1997.12.15	車いす 第4部: 電動車いすのエネルギー消費量試験
ISO 7176-5	1986.03.01	車いす 第5部: 全体寸法・質量・回転スペースの測定
ISO 7176-6	2001.10.01	車いす 第6部: 電動車いすの最大速度・加速度・減速度の測定
ISO 7176-7	1998.05.15	車いす 第7部: 座と車輪寸法の測定
ISO 7176-8	1998.07.15	車いす 第8部: 静的・衝撃・疲労強度の要求事項と試験方法
ISO 7176-9	2001.10.15	車いす 第9部: 電動車いすの耐候性試験
ISO 7176-10	1988.11.15	車いす 第10部: 電動車いすの段差乗り越し性能試験
ISO 7176-11	1992.05.01	車いす 第11部: テストダミー
ISO 7176-13	1989.08.01	車いす 第13部: テスト路面の摩擦係数の測定
ISO 7176-14	1997.10.15	車いす 第14部: 電動車いすの電源・制御系の要求事項と試験方法
ISO 7176-15	1996.11.15	車いす 第15部: 情報開示・文書・ラベルに関する要求事項
ISO 7176-16	1997.05.01	車いす 第16部: 布張り部分の耐燃性の要求事項と試験方法
ISO 7176-19	2001.10.01	車いす 第19部: 車内使用の車輪付き移動機器の要求事項と試験方法
ISO 7176-22	2000.05.15	車いす 第22部: 試験用車いすの準備手順
ISO 10542-1	2001.07.15	車いす 拘束システム 第1部: 全システム一般要求事項と試験方法
ISO 10542-2	2001.07.15	車いす 拘束システム 第2部: ペルトシステムの特別要求事項

り降りするため、転落などの事故が発生する場合があります。これを防止するために、車いすから腰を浮かすと自動的にブレーキが作動するような機構も考案されている。

キャストは、車いすには欠かせない部品であり、自由に方向転換を実現するための部品である。この性能は、平坦路では十分に発揮されるが、歩道などでの肩流れ斜面では悪影響を及ぼし、傾斜の低い方向に車いすを向かせる作用をするため、直進が困難になる。この作用を阻止し直進させる工夫として、キャストの方向を強制的に制御する製品も販売されている。

段差乗り越し時などで、車いすを後ろに傾けた時、後方に転倒を防止するため、一定以上の傾きを阻止する後方転倒防止バーを取り付けて、安全を確保する場合もある。

最近、車いすからの転落時に、床などから受ける人体への衝撃をやわらげる目的で、車いす転倒防護ジャケットが開発された。ジャケットの形に折りたたまれたエアバッグを身につけて車いすに乗り、車いすが一定以上傾くとセンサーが作動し、人体が地面に落下する直前に瞬時にエアバッグを膨らませ、人体への衝撃を緩和するものである(Fig.6) 特に、頭部や首の周辺を保護するが、常時、身体に付ける必要のあるジャケットタイプでは暑さや見栄えの点もあり、車いす本体に装備するタイプの開発も進められている。

その他、車いすでバスや自動車に乗っている時の安全確保のために、車いすや乗員をどのように拘束するかの研究が行われているが、固定をするための装置は、現在、メーカーにより独自の方式が採用されている。これに関する国際規格の審議も進み始めている事から、国内の統一した基準も必要になるであろう。



Fig. 5 マルチ機能を備えたブレーキの一例

6. 快適性

6-1 快適性を求めて

長時間、車いす上の生活を余儀なくされている車いすユーザにとって、快適性は、最も重要なテーマの一つである。従来は、ともすればなおざりにされてきた項目ではあるが、重要性の認識は高まってきた。しかし、この快適性は個人によって感じ方などが異なっている事が多く、単純ではない。人によって障害の種類、障害レベル、生活習慣、車いすの使用目的、使用時間などが異なる。例えば座り心地をとってみても、クッションは基本的に姿勢を安定し、座圧分散を達成するために必要なものであるが、ユーザによって評価が異なる。そのため、多くの形状、構造、材質、寸法などの異なるものが販売されているのが現状である。

快適性については、長年の経験から工夫を凝らして、少しずつ新しい物が作られてきたと言える。科学的な根拠よりも、現場の経験からの改良が多いのが特徴である。

6-2 快適性の技術

快適性の工夫についても、車いすのユーザ自身を対象としたものと、車いすユーザを介助する人のためのものとがある。

まず、車いすではキャストと呼ばれる小車輪があるが、車いすの代表的な部品として装備され、方向転換を容易にするためのものである。必ずしも車いすに限った部品ではないが、屋外走行や走行速度の点で他の製品と使用条件が異なる事から、軽量化や横振れ防止で工夫がなされている。

車いすの収納、搬送のために軽量化、コンパクト化は永遠の課題であり、コンパクト化の工夫として折りたたみ機構がある。車いすを左右に折りたたむための機構が一般的であるが、前後方向に折りたた



Fig. 6 車いす転倒防護ジャケット



Fig. 7 旅行者用軽量携帯車いすの例

む方式や、前後左右同時に折りたたむ機構も提案されている。また、車軸に工夫を凝らし、搬送時に車輪をワンタッチで着脱できるものもある。

旅行などの折に介助者が携行し、必要となった時に取り出して使用する旅行用携帯車いすも作られている。Fig.7は、スーツケースタイプの携帯用車いすの例であり、拡げて介助用車いすとして使用する。カーボンファイバー製で重量は約5.5kgである。

同じ乗車姿勢での車いすの長時間乗車は、乗員に負担をもたらす。時々、姿勢変換をすることによって除圧効果や安楽な姿勢を実現するため、先述したリクライニング機構、チルト機構、リクライニングとチルトが併用できる機構などがある。また、リフト機構やスタンダップ機構を組み込んだ車いすもあり、高い位置での作業や立位の人との目視線でのコミュニケーションを可能としている。

車いすは、乗員の身体寸法に合わせるのが基本である。従来のオーダーメイド製品は、最初から使用者の身体寸法に合わせて設計製作していたが、うまく適合しなかったり、使用し始めてから身体の状況が変化したりする事もある。

一方、あらかじめいろいろなサイズや形式のパーツを製作しておいて、それらをうまく組み合わせる事によって、希望の車いすを製作するモジュールタイプの車いすも作られている。モジュールタイプ車いすは、車輪の位置や角度調整などができるアジャスタブル機能を備えたものがほとんどである。さらにシートの張り具合が調整できるものなども作られ、乗員の身体寸法に、より適合させる手段が整いつつある。

駆動は、上肢によるハンドリム駆動が基本であるが、すべり止めの工夫、片手駆動の工夫、レバーでの駆動、駆動位置の変更などによって駆動条件を変更している。減速装置が組み込まれたものや、駆動力を増幅するための電動アシスト機能が組み込まれた



Fig. 8 介助者のための電動アシスト機能を備えた車いす



Fig. 9 小回り性を重視した六輪型車いす

ものなどは、駆動力が弱い人たちのための工夫である。電動アシスト機能は、乗員自ら走行する自走用車いすばかりでなく、高齢介助者などが使用するような場合の介助用車いすにも採用されている(Fig.8)。

日本の家屋は、欧米に比較して狭いと言われているが、狭い場所での旋回面積を少なくするために、六輪型車いすが販売されている(Fig.9)。この車いすの特徴は、大車輪が座席の前後方向の中心近くにつけられ、前2輪、後2輪のキャストを持つ。従って、駆動性もよく小回り性がよい。敷居などの段差を越える時は、体重を後ろに傾けることにより、容易にキャスト上げができ、その状態でハンドリムを駆動すれば越えられる。一定の後傾角度でストップが作動するので後方に転倒することなく、チルト機構と同様の姿勢変換も可能である。

また、狭い入り口やスペースで、通常的車いすの幅では入る事ができない場合の工夫として、車いすの後部に小車輪をつけておき、左右方向に飛び出している大車輪をワンタッチで取り外す事によって、狭い場所での利用を可能としている。

地面から乗員への振動吸収は、従来、大車輪のタイヤやクッションによるところが多いが、キャスト



Fig. 10 ショックアブソーバ付きキャストの例

からはダイレクトに人体に振動が伝わる。近年、積極的に振動を吸収する方法として、キャストでの振動吸収装置(Fig.10)や、大車輪が取り付けられているフレームに、緩衝装置が組み込まれたものが作られ始め、快適性の向上が図られている。

7. 新しい技術の発展

7-1 現状の安全性の問題点

製品である以上、破損はつきものである。福祉用具に対する危害情報などを見ると、車いすにおける事故件数は比較的多い⁵⁾。一般の製品と異なり、個人のニーズに合わせての一品生産的な部分もあり、複雑である。

直接的な製品の欠陥に基づく事故ばかりではなく、使用上の問題に起因している場合が多い。例えば乗り降り時のブレーキの掛け忘れや、フットプレート上で立ち上がって転倒したなどの例が多い。これらの大半は適切な使用によって解消される問題であるが、人間が使う以上、うっかりミスや忘れはつきものである。そのような場合でも、安全サイドに保たれるような新しい技術の開発が望まれる。

製品寿命については、福祉法で支給される手動車いすは5年間、電動車いすは6年間の基準があるが、老化による場合については、業者が定期的に訪問しチェックする。あるいは、レンタル業者が修理取り替を定期的を実施することにより、未然に事故を防ぐ事ができる。

製品製造段階での安全性のチェックは、いくつかの段階で必要であり、これらの評価体制もさらに、充実していく事が大切である。今後の課題として、製品が破損する前に製品寿命が判定できるように、評価技術の確立を期待したい。

7-2 快適性の問題点

安全性と同様に快適性を保つには、車いすユーザ

自身が適切な情報と調整手段をもっている場合は別として、それ以外の人は専門家によるアドバイスや調整が必要である。処方当初はよく適合していても、時間の経過と共にユーザ自身の状況、あるいは車いすのシート地が弛んだりして、変化する場合がある。特に子どものユーザは成長も早く、快適な状態を保つための定期的なチェックは欠かせない。快適性の評価については、統一した基準を作る事が困難な状況でもあるが、各リハビリテーションの現場での経験を集大成しながら評価基準作りが行われていくべきである。

また、厚生労働省が推進している、ベッドや車いす上に高齢者を縛り付けにしない「身体拘束ゼロ運動」に関連して、車いす側での工夫もなされているところである。車いすに座っている事が快適で楽しくなれば、拘束の問題もかなり解決するのではなからうか。

快適性に関するそのような技術課題も重要で、これは安全性にも寄与する課題である。

8. これからの車いすは

車いすユーザが、屋外に出て活動する機会が増加するにつれて、必要となる機器も増加する。階段昇降機や階段昇降用車いすなどもその一つである。階段がある以上、そのような機器も必要であるが、エレベータなどの他の手段が整備されれば階段昇降用車いすの必要度は減少する。このように車いすに対する要求度は、使用環境整備などの関連が強い。

車いすユーザの就労との関連では、仕事用に合致した新しい車いすの要望や、仕事ばかりではなくスポーツやレジャーに対応した機器の要望も増加するのではなからうか。障害のある人も無い人も、一緒になって行動するための用具なども開発され、普及していくであろうし、車いすは、それぞれの目的に特化された方向のものにならう。

また、車いす単体の開発ばかりではなく、他の設備や機器との関連において開発されるものもあろう。例えば自動車組み込み型車いすや、住宅内設備と共にシステム化された車いすなどである。クッションに代表されるような、車いすとユーザのインターフェースとしての用具や、リフトなども各種考案されていくのではなからうか。そして、それらの機器の安全性や、快適性を向上させるための技術もさらに進化していくであろう。

9. おわりに

車いすに対する社会の認識度が高まってきたとはいえ、まだまだ車いすだけでは乗りたくないと考えているお年寄りも少なくないであろう。この中には、車いすの使用は危険で快適ではないというイメージ要素も含まれているかもしれない。

今後の車いすは、ユニバーサルデザインの言葉に代表されるような、誰にも気軽に受入れてもらえるように進化する必要がある。また、誰もが安全にかつ快適に乗りこなす事ができ、使う事が楽しくなるような車いすにならなければならない。車いす自体の進化も当然であるが、人々の受け入れ意識の変化や、車いす使用環境の整備等も含めて総合的に進化してはじめて、車いすがごく自然に利用される社会が実現するものと考えている。

参考文献

- 1) Herman L. Kamenetz: The Wheelchair Book , Charles C. Thomas, 1969
- 2) 自転車産業振興協会編『自転車実用便覧 第3版』自転車産業振興協会、1977年
- 3) 田口順子「車いすの変遷序説」『臨床理学療法』第2巻第2号、pp 3 10、1976年
- 4) 高橋義信「車いすのあゆみ」第14回日本リハビリテーション工学協会車いすSIG講習会テキスト、pp 5 13、2001年
- 5) 『福祉用具に係わる事故事例に関する調査研究事業報告書』財団法人テクノエイド協会、1995年
- 6) 田中理、大鍋寿一監訳『車いすのヒューマンデザイン』医学書院、2000年
- 7) Ham R. Aldersea , P. Porter D.: Basic Measurements to be Taken at the Assessment , in Wheelchair Users and Postural Seating . Churchill Livingstone, NY, pp 93 99、1998