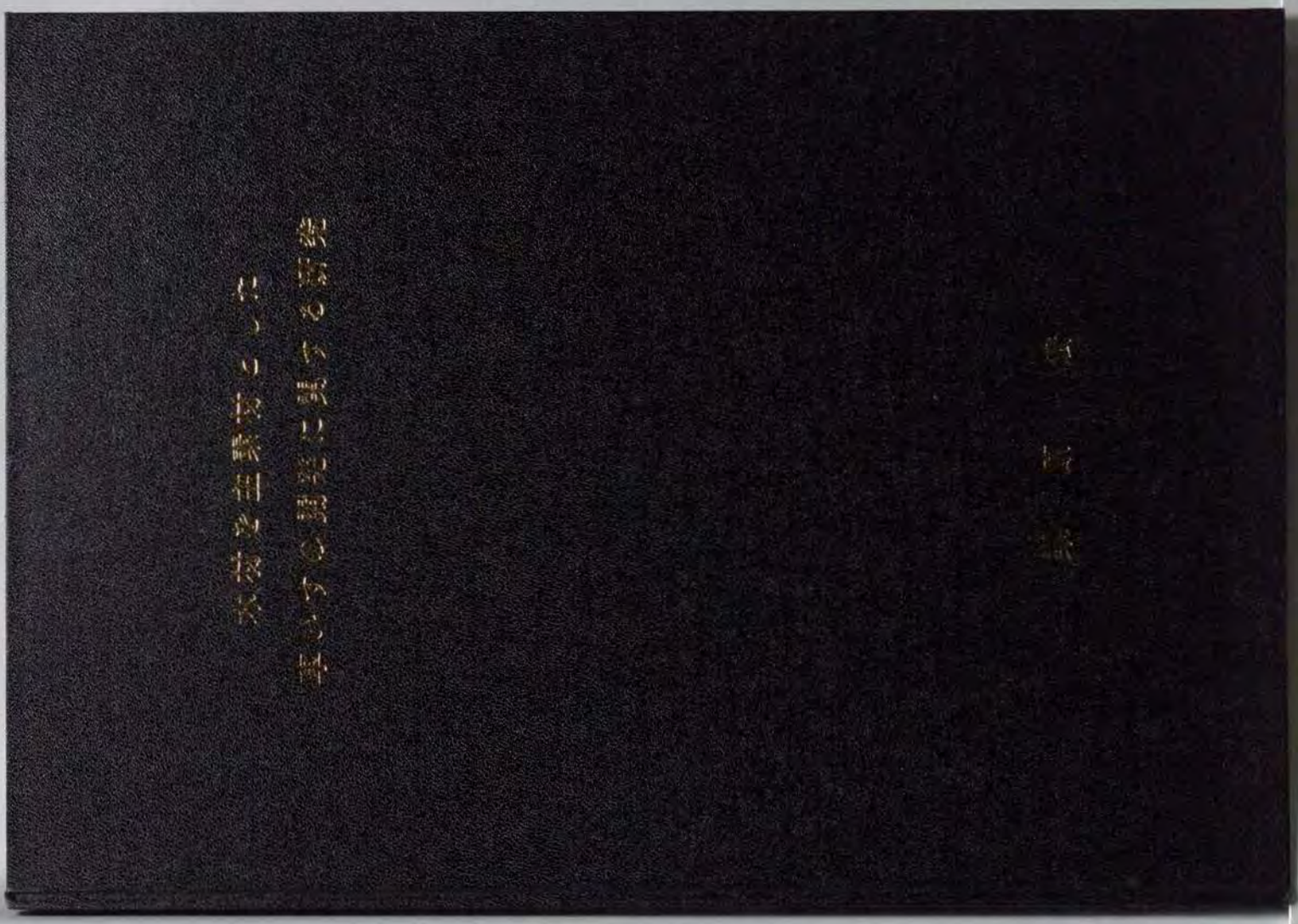

本校を担当する教員による
講義の内容を
理解しやすくするための
教材


Kodak Color Control Patches
Blue
Cyan
Green
Yellow
Red
Magenta
White
3/Color
Black
Kodak Gray Scale
C
Y
M
A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19

①

木材を主素材とした
車いすの開発に関する研究

梨原　　宏

目 次

1章　序論

1－1研究の目的

障害の重度化、老齢人口の増加にともなって、福祉機器を必要としている身体障害者の自立への要求は多様化している。しかしながら我が国の福祉機器の供給は、機能的側面、心理的側面、福祉施策的側面ともに十分とは言い難い。

従来、木材を車いすの主素材とする考え方は、日本人の木材に対する伝統的な親近感にかかわらず、動的負荷に対する強度、耐久性等の信頼度への不安、加工精度の低さ、あるいは経験による手工芸的手法を必要とする等の理由から、工業的に合理性に欠け、応用することが困難とみなされ、全く取り上げられることは無かった。本研究は、その点をとらえ、強度的にも、生産技術的にも、実用化への可能性を持つ成形合板技術を応用し、車いすが必要とする機能、構造、性能を充足させ、工業的に寄与できる条件を持たせると共に、地域内の木材資源を用い、地域内の生産者によって個別生産ができる新たな生産手法の可能性を探求している。

このように本研究は、車いすを研究対象とし、工業的に製品化が困難と見過ごされて来た木材を主素材とした車いすの開発を行い、機能的側面、心理的側面を満たすと共に、木材を用いた車いすが、工場で個々の身体障害者の障害の種類、身体能力、身体寸法に合わせ生産できる工業化の可能性、及び地域内の生産者が地域内の障害者に応える個別生産手法の可能性を追求する事を目的としている。

1－2　既往の研究

（1）　車いす関係

① 木材を用いた車いすの本格的研究は、日本、及び世界でも全く例がない。画家ルノワールの晩年のアトリエの様子を示す写真には、彼が木製いすに金属製の車輪をつけた車いすに座りながら作品を製作しているところが写されている[Dai]。筆者の訪れたカナダ、ブリティシュコロンビア州、バンクーバー市にある、地域福祉サービスでは世界的に有名な「KINSMEN REHAB FOUNDATION」には、木製と籐製の１９世紀の車いすが２台玄関ホールに展示されている（写真１－１参照）。本来いすとして構成された物に移動機能をつけ、仮の車いすとして使用する考えは、今でも福祉機器の供給が遅れている東南アジア、中南米の地域内で製作されており、写真で紹介される事がある。それは、価格的に車いすを入手できない状況の中で、身近に入手できる素材、部品を組み合わせて作られたもので、車いすの目的とする機能、性能が満たされた物とは言えないが必要な物として利用されている。

木材を福祉機器に使用する考えと実践は、１０数年前、東京都板橋区で重度脳性小児マヒ児のための姿勢保持いすを作り始めた“でく工房”の活動を出発点とした、現在では全国に４９カ所の工房を持つ全国工房連絡会の活動がある。個々の障害の程度、身体寸法、に合わせた姿勢保持いすの製作、供給、保守、の活動として紹介されている[Eo1][Eo2]。これは、成長期の子供の身体条件に合わせながら作り直して行く良さがあり、障害児、それを取り巻く家族、医療関係者と作り手との理想的な関係が形成されている。この姿勢保持に関する研究、開発内容に関しては1986年から毎年開催される日本リハビリテーション工学協会主催のリハ工学カンファレンスで多くの研究発表がある。 またこの延長として、金属製車いすにこの姿勢保持の考え方を組み合わせた移動可能な介助型車いすの研究が本年から本格的に始まっている[Do9]。

一方、老人福祉の分野で、高齢者を対象に、木製いすの脚にキャスターをつけたテーブル回りの小移動が可能な座位保持いす、座面がバネで持ち上がり、立ち上がりを助ける木製介護いす、あるいは座位寸法を高齢者に合わせられる木製安楽いすなどが最近、商品として発表されている[Do7][Do8]。それらは木製のテーブルや普通のいす、ベッドとほぼ同じ意匠が施されておりインテリアにマッチし、高齢者を寝たきりにさせず普段の生活に参加させるのに役立っている。ただ車いすとしての移動機能は、満たされていない。

特別な物として成形合板を用いた子供のサッカーあるいはホッケーといったスポーツ用電動車いす（Electric Sports Wheelchair）が、デンマークのＤａｆｉｍｏ社で作られている。これは成形された合板を組み合わせ座面部を形成させ、移動機能部を金属およびバッテリーで構成したもので、健常者と、障害者が共に同じ機器で遊べるものとして開発されたものである（写真Ｉ－２参照）。北欧では車いすを子供の遊具として健常者でも用いる物として障害者との壁を形成しない考え方が一般的となっている。衝撃力に対応した構成を持ち、形は美しく、成形合板の特徴を生かしている。こうした開発が実行されることに、日本との国民性の違い、福祉への取り組み姿勢の違いを感じさせる。但し、これは、障害の種類、程度に応じたものではなく、生活に取り入れる車いすとしては無理がある。

以上のように、木材を福祉機器へ応用する試みは、姿勢保持いすを中心に見られるが、車いすを木材で本格的に作ろうとする試みは今まで行われて来ていない。

② 心理的側面の追求として、車いすを障害者の心理的ハンディキャップを越える魅力的なものにしようとする試みが、新素材を用い工業デザイナーの手でデザインされている。川崎和男、清水忠男らによる試みである[Do8]。一般化には至っていないが、車いすが十分に魅力的なものになり得る事を証明した。また、最近、名古屋で車いすデザインコンテストが毎年開かれており、新しいアイデアを発掘し、デザインの向上を目指す動きが出ている。

写真Ｉ－１　19世紀の木製車いす(所蔵　KINSMEN REHAB FOUND・カナダ)

写真Ｉ－２　Electric Sports Wheelchair (Dafimo社・デンマーク)

③　車いすの機能的、性能的側面の追求は、車いすを使用する人を考えた空間計画、標準化建築設計研究の進展とあいまって２０年前から盛んに行われてきている。車いすの素材、種類、構成の他、移動性能の人間工学的研究、移動機能の運動学的研究、新しい機能の開発等が行われているが、小川嗣雄他「車いす」医学書院 1987[D01] に詳しい。

車いすの種類、構成は、手動型と電動型に大別され、前者には障害の種類、程度に応じた様々な機能、性能を持たせた物が考えられている。後者は、電池の技術改良、充電技術の改良によってよりコンパクトな物に改良されてきた他、コントロール制御技術の改良等の電子技術の発展によって、重度でかつ上肢の残存能力が無くても、口や顔等の動きを電気信号に替え移動を可能とするテクノエイドが開発され実用化に結びついている[D14]。

また、使用する目的によって合わせた車いすの開発が多く行われて来ている。バスケット、マラソン、等のスポーツ用、、あるいは立ち上がりができたり、座面が上下する仕事用、移動の困難な場に合わせた登山用、階段昇降用、狭い通路に対応した航空あるいは新幹線専用、畳みの部屋で用いる和室用・座車いす等である[D01][D02]。

車いすの素材については、かっては鋼にクロムメッキすることが主流であったが、溶接技術の進展によって、ステンレスに置き換えられた。しかし、最近は、軽量化の要求とカラフルなものへの要求に合わせ、アルマイト処理で好きな色に着色出来るアルミニウム合金が良く使用されるようになった。強度が鋼をしのぐアルミニウム合金が生み出され、溶接技術の進展と共に一般化し始めている。ステンレス製車いすが１８Ｋｇ、アルミ製が１２Ｋｇ程度である。この重量を更に軽量にする試みとしてチタン合金、あるいはカーボンファイバー、あるいはＦＲＰによるモノコック構造等の応用も試みられているが、価格、溶接の困難さ、加工の難しさ等で実用に結びついていない。

身体の保護の関係から車いすを見直す研究として、キャスターにバネを内装し、床からの衝撃を直接体に伝えない緩衝設計、蓐瘡を避けるための座面用各種マットの開発、ハンドリムの金属からプラスチックの変更、坂道を登る時逆転しないブレーキの開発等も行われている。

以上の通り、車いすの機能的、性能的側面の研究は、盛んに行われているが、そのほとんどは金属あるいは複合材料を用いた研究である。木材は全くその埒外に置かれている。

④　車いすを空間性から見直す研究は、車いすの規格化に結びつけて行われて来た。オーダーメード生産よりレディーメード生産体系が望ましいとの立場から設定されたＪＩＳ標準化車いすの仕様寸法から、車いす使用者の動作領域を求め、それから車いすが使用出来る空間設計条件が提案され、建築の標準化設計資料として役立てられている[B02][B07]。さらに踏み込み、車いすの仕様寸法と空間との適合性を解析し、車いすの仕様を見直す研

究は見あたらない。

⑤　車いすへの要求内容と設計項目に関する研究は見あたらないが、車いすの分類、部品の分類、処方のための各部寸法測定基準、処方因子と車いす各部との関係等は明らかにされている[D02]。これらのデータは国際規格の制定、ＪＩＳ規格の制定に生かされている。

（２）成形合板技術関係

①　成形合板に関する技術は、剣持　仁他「家具の辞典」朝倉書店 1986[A02]の２章で幹三郎氏が「成形合板の技術」として明らかにしている。現在の成形合板技術のほぼ全てが網羅されている。

②　ＬＶＬ成形合板の強度については、上記と同じ文献（A02）に加圧角曲げ試験、加圧角開き試験、Ｔ型接合曲げ試験としてデータがのせられている。それ以外に強度に関する研究は見ていない。この分野で日本で最大のシェアを持つ天童木工株式会社では、社内に多くのノウハウをもっていると言われるが社外秘の為、その内容は公開されていない。

③　大スパンの建築部材としてＬＶＬ集成材の利用されている事例は建築関係に多く紹介され、強度の検討もされている。最近の木材の見直し、学校建築への導入などに新しい展開を見せている[A08][A10][A24]。

（３）木材の新技術関係

スーパーウッドの研究については、日本木材学会「変わる木材－スーパーウッドの時代」海青社 1991[A05]に詳しい。本研究に近いものとして自由な形状に曲げられる木材の曲げ加工が上げられる。まだ、工業的に利用出来る段階に立っているとは言えないが、今後の可能性を見せ始めている。

１－３　車いす等福祉用具への木材適応の意義

環境を守り、育む木材は、地域で再生産でき、育林と伐採を計画的に進めれば、枯渇することなくいつまでも利用できる自然素材である。強度／比重で金属を上回り、粘り強さを持つ。木質環境と人間の感覚特性との関係については、文献（A03）を引用すれば木目模様や表面の性質が目に優しいこと、指先から木材に伝わる熱の移動量が人間の代謝量に最も近く、暖かい感覚が大きいこと、温度、湿度の環境調節効果を持ち、滑らかさ、柔らかさ、さらりとした感覚を持つこと等が指摘されている。さらに木材と教育の観点から、教育における木質環境は、情緒安定効果があるとの指摘も出されている[A07]。

車いす等福祉用具の多くは、ステンレス、アルミ、プラスチック等の工業材で構成されているが、金属の表面は、冬は冷たく、夏は熱い。研磨された光沢面は目に痛い。プラスチックの表面はさらりとした感覚が少ないなどの人間の感覚特性上の問題を持つ。また筆者の調査では、車いすの移動を手で回転操作する金属製ハンドリムは、長い時間の頻繁な使用では皮膚アレルギーを引き起こすとの臨床的指摘が、宮城県拓桃医療療育センターの医師より出されている。

即ち、木材は資源的にも、強度的にも、心身の感覚特性、環境特性からも優れた性質を持ち、車いす等直接身体の機能に関わる福祉用具の素材としては、大変適していると考えられる。また、それは地域内で調達でき、地域の技術を生かす事により、車いす等福祉用具を地域内で注文生産できる可能性を持ち、地域福祉の観点[C04]から有効性が高いと期待される。これは、福祉後進国と言われる東南アジア、中南米、アフリカ等での福祉用具の在り方にもつながる視点であると考えられる。

木材は日本の風土に合った心身に優しい素材であり、木材の有効利用の見地からも、社会的要請が高いものと考えられる。

１－４　研究の特色

現代は、生活者の視点、受け手の発想に立つ消費行動が加速度的に進行している。人々は自分の好き嫌い、感覚でモノやサービスを主体的に選択し、モノやコトに対する一味違う感覚を大事にする[F02]。これは、若い人のみでなく、中高年者までの共通の要求である。　車いすも生活者の用に応えるモノである以上、同等の感性で扱われるべき対象といえるが、現状は医療機器の段階を越えるに至っていない。障害の種類、身体能力、身体寸法が一人一人異なり、車いすを構成する機能要素、属性が多岐に及び、現在の工業生産方式では解き難い個別注文生産を必要とするが、それを可能とする社会体制が未成熟のままにおかれている。一方、車いすは、身体障害者福祉法をはじめとした法的交付の対象となっており、医師の処方をもとに注文する事を基本としている[C01][C03][C15]。個人負担の少ない交付制度の利点と、価格が法的に設定されその価格で生産しなければならない生産者側の負担とが交錯している。設定された価格で、そして個々の要求に合わせたモノとするには、どうしても一般消費財のような表現性、質の高さを犠牲にし、機能、性能のみ最小限満たしたモノとならざるを得ない事情がある。このような状況にあるとはいえ、高齢化が急速に進展し、身体障害者の約半数が高齢者で占めている現在、弱者のための車いす等の福祉用具に関する道具環境の見直しと改良は社会的急務であるといえる。

以上の観点から、本研究では木材を主素材とし、工業的に製品化が可能な車いすの部品

構成、構造、組立技術を開発し、一つはその使用空間に合う質の高いイメージを持たせた意匠開発、二つは工場で生産できる工業生産手法、及び、地域内で個別の注文に応えられる生産手法の可能性を追求し、現状の制度の範疇でそれを供給できる生産手法の開発を目指した。工業的に実用化への可能性を持つ成形合板技術は、型による多品種少量生産を基本とする加工法であり、各種家具に応用されている。この技術に手工芸的加工法を加える事でより質の高い車いすを作る事が可能である。しかし、動的負荷を受ける部材に適しているかどうかは明確でなく、車輪等の機械部品と金属より精度の低い木材部品との結合要素設計に課題を持つ。本研究はその点の解明を特色としている。

1－5　研究の方向性

デザイン対象の形態を決定する特質は、一般的に　①物質構成上の機能特質　②人間使用上の特質　③環境機能上の特質　④審美機能上の特質　⑤経済上の特質　の５項目に大別される[B15]。本研究の方向性は木材と金属等工業材料との組み合わせによる物質構成上の機能特質を中心に置き、道具、設備、空間と車いすとの適合性評価、車いす設計項目の抽出、構造モデル化を基に得られた人間使用上及び、環境機能上の論理的評価内容から設計概念を求め、審美特性も合わせた木材による物的形態の可能性を、経済性と、実用性の点から追求している。そのために、本研究では、成形合板技術による車いすの実用的可能性を見いだすための試作と試用評価の繰り返しによる車いすの構成、仕様寸法の探求、及び木材成形フレームの強度解析による実用に適う形態、寸法の解明が重点的に行われている。更に、生産条件に論及し、実際に普及させるための要件を追求し、将来地域で個別生産が可能な生産手法のあり方を求めている。

1－6　研究の経緯

車いすに関する本格的研究は、1986年に着手した障害者の雇用の拡大を計るための仕事用車いすの開発が始めとなる。この研究では車いす使用者と装置、設備との適合性に関する人間工学的分析と車いすの試作と検証を行っている[D03][D16][D17][D18]。適合性に関する人間工学的分析成果は、佐藤方彦編「マンマシン・インターフェース」朝倉書店　1989 P78～80[D08]に採り上げられた。この研究で、適合性を向上させるには、座部の質の向上と座面高さを変えられる柔らかさが必要である事を見いだした。この分析内容は木材を用いた車いすの寸法、構成を決定する基礎となった。

1986年労働省・身体障害者雇用促進協会の委託により「東北地方における身体障害者の

就労職種と労働形態」の調査を行い、東北地方の障害者雇用の課題を探求した[C08]。この調査を通じて車いすに関して明らかになった事は、東北では車いす他福祉用具に関する情報が少ない事、冬季の通勤問題が大きい点であった。

1987年本学特別研究として座面が油圧によって上下する仕事用車いすの開発を行う。柔らかい機能を持たせるには人間の体重レベルを操作できるコンパクトなアクチュエーターの開発が先決である事を見いだした。座面を上下させる考え方は木材を用いた車いすの課題になっている。

1988年現代の生活感覚に合わせるための車いす設計項目の分析を、方法論的デザイン手法を用いて行った[D04][D15]。車いす設計項目の抽出と構造モデル化を用途別に検討し、各用途別車いすのあり方を明確にした。この設計項目の分析は、木製車いすの設計概念を得る基礎となった。

1988年、以上の研究の成果を基に、屋内用車いすの開発を採り上げ、そのあり方を生かすための木材を主素材とした成形合板技術を用いた木製車いすを筆者の設計により試作開始した。

木材で車いすを作る考え方は、筆者を含め、だれもが潜在的に期待していたことであるが、それに先立つ１０年前、工業デザイナー元本学科教授秋岡芳夫と筆者との間でインテリアに合う木製車いすが欲しいと話し合ったことが、形にしようとする最初のきっかけになったといえる。その後具体的な木製化への展開は無かったが、1987年本学科工業デザイナー山下三郎教授がその年度の本学特別研究「仕事用車いすの開発」に関する共同研究者会議の中で「木の車いすが出来ないか」と提案があったことが具体化へのきっかけになった。

曲木加工技術ほかどうしたら製作可能か木製車いす共同開発者である本学科木材工芸担当零石勝蔵助手と検討した結果、成形合板技術なら可能性があるとの判断に達し、アイデアの展開と設計を開始した。この設計には、それまでの研究から得た車いすの設計概念に基づく屋内で使いやすい車いすの寸法仕様が基礎になっている。このとき筆者が創出した木材成形フレームの形状と構成は、それからの開発の土台となった。ブナ材を用い試作された車いすは、木材で車いすがどこまで製作可能か試みた最初のもので、実用化には構造的にも、性能的にも多くの問題点をもつものであった。

1989年試作した車いすを日本リハビリテーション工学協会主催第１回福祉機器コンテストに出品。優秀賞を得る[D15]。実用化には問題があり、障害者からのアプローチをもとにした更なる研究を期待された[D18][D11]。

1990年「下肢障害者のための木材を主素材とした車いすの開発」が科学研究費補助金の対象となり３年間補助を戴く事になった[D05]。初年度は、車いす使用者を設定し、その障害者の自宅で使用出来る車いすを設計、試作、試用評価するとともに、ブナ材の成形フ

レームの材料強度試験を山形県工業技術センターの協力を得て開始した。寸法仕様は満足したものの、金属部品と成形フレームとの結合要素設計に問題があること、スポーツタイプの車いすの操作に慣れた人には重い感覚を与えた。また、ブナ材成形フレームと金属パイプとの強度比較検討では、３０㎜×３０㎜断面の成形フレーム部材であれば、実用上支障がないと推測された[D22]。この試作車いすをもとに、特許願、意匠登録願を提出した。

1991年木製車いすは介護を必要とする高齢者に要求が高く実現性が高いとの判断から、介護接点を持つ車いすの設計、試作、試用評価を行う。老人保健施設での作業療法士の協力を得た移乗動作、走行動作、作業動作、休息動作による７名の使用検討の結果、障害の種類による寸法、形状、構成への細かい対応、色彩構成等に多くの課題が出た。接着方法を改良した材料強度試験では、１５パーセントの強度向上が見られた。負荷応力の組み合わせを考慮すれば、３０㎜×３０㎜より小断面でも十分実用性があることを突き止めた[D22]。この介護タイプ車いすは、第１回札幌国際デザインコンペで佳作入選する[D1]。また、この年、東北インテリジェントコスモス構想推進協議会より本研究についてシーズ熟成活動費を受ける。

1992年主に介護を必要とする高齢者や自宅療養者を対象とした実用化モデルを、開発に参画する車いすメーカー、成形合板メーカーと共に設計、試作、検証を行う。体が触れたり、体を保持する座位保持部、操作部を成形合板によって構成し、精度を要求する移動の機能と性能を保証する部分には金属等工業材で構成し、素材の使用の仕方を明確に分け、移動の性能、信頼性を増した。使用検証ではほぼ実用可能な結果を得た[D23][D24][D25]。一方有限要素法による木材成形フレームのモデル解析を構造解析汎用プログラム「ＭＡＲＣ」を用いて行い、フレームの形状、構成は、顕著な異方性にかかわらず妥当なものであることを証明した。成形メーカーの加工によるユリア樹脂接着材を用いた試験片の材料強度試験では、ばらつきが少なく強度が向上していることが判明した。以上の結果から、製作コストを考慮した本格的な実用車いすの設計を開始した[D26]。またこの年、先に提出した意匠登録願いが登録認可となった。

一方本学特別研究として高齢者以外の障害を持つ人々への木製車いすの展開可能性を追求する。こども、若年者等への形を追求し、設計を行い、成形合板技術による車いすの可能性を見極め、本研究の広がりを見いだした。

地域で個別生産できる生産手法について考察した。部品加工を信頼できるメーカーに依頼し、地域で、組み立て、仕上げる手法を当面の生産手法であることを明らかにし、そのための部品の仕様寸法、構成を与えた。

1993年実用化車いすの生産条件の追求を車いすメーカー及び、木材成形メーカーと共同で行い、生産モデルを開発し、量産試作を開始した[D28]。

２章　車いす使用者と装置、設備類との適合性解析

２－１　はじめに

木材を主素材とした車いすの使用空間は、木材の耐久性、耐候性、保守性を考え合わせると屋内に置くことが適切と判断された。その空間では、車いすは、一つは家具と同様なインテリア性と木質環境性を持つこと、二つには、日本の住まい、あるいは病院、施設、ホテル等の空間に適合する寸法、構造と機能、性能を持つことが求められると考えられる。

車いす使用者のための屋内空間の標準的な設計仕様は、ＪＩＳ標準型車いす仕様寸法（ＪＩＳ：車いす　Ｔ9201）と、車いす使用者の動作領域から、日常生活動作に沿った室内の装置・設備の寸法仕様として提案されている。この設計仕様は日本建築学会のハンディキャップ者のための建築設計資料として生かされている[B07][B02]。

更に踏み込んで実際の車いすの使用者と室内の装置・設備との適合性を問題にし、標準化された車いすの構造、仕様寸法、及び家具等の装置・設備仕様寸法を見直し、使いやすさを向上させるための空間的関係性を追求した人間工学的研究は行われていない。さらに、作業性を向上させるために開発された、座面が上下したり、立つことのできる車いす、あるいは上下する流し台、調理台等の高さ調節機能を持つ機器を成立させるための根拠となる車いす使用者と装置、設備との適合性の解析は、定性的説明のみで数量的説明は行われていない。

本章は、以上の視点から、屋内空間で車いす使用者が各種家具など装置、設備等と接する時の空間的適合性について人間工学的調査と数量的解析を行い、標準化の提案内容と現状の問題点とを比較検討し、適合性を向上させるために車いすが保持すべき仕様寸法、構造の概念を創出し、その概念の上に立ち、木材を主素材とした車いすが屋内で標準的に使うことのできる固有の構造、仕様寸法を求めることを目的としている。

２－２　車いす使用者と標準化建築設計仕様

（１）標準化の考え方

車いすは建築標準化設計資料に規定された標準規格品と、個々の障害者の身体特性に合わせて製作されたオーダーメイド製品に大別される。昭和６２年度の財団法人自転車産業振興協会調査[D13]によれば、手動車いすの標準規格品は60%、レディーメード・オーダーメイド製品は40%の割合になっている。障害者のニーズの多様化によって、後者の割合が今後増えるものと予想されている反面、最近の高齢の障害者の増加によって、前者へのウエートも高まっていることも事実である。

昭和４６年に制定されたＪＩＳ規格の大型、小型車いすは、大型を大人用、小型を小さ

い人に用いる事を前提にしているが、住空間で用いるには大型車いすでは大きすぎ、それよりやや小さい車いすが妥当と判断された。それは、その後の規格改正（昭和５２年、昭和６２年）によりＪＩＳ中型車いすと規定された[B13]。その車いすの仕様寸法を基に車いす使用者を対象にした機器、設備の機能寸法が提示され、標準化建築設計仕様として生かされている。日本建築学会設計計画委員会ハンディキャップト小委員会が出したハンディキャプト者配慮の設計資料：人・機器・設備（1987）[B07]、あるいは、健康環境システム研究会の身障者を考えた建築設計（1976）[B02]に詳しい。

この中で提案された車いす、及び家具、設備は、その文献から引用すると次の生産条件を前提にしている。車いす使用者が日常使用する車いす、あるいは家具・設備は、ひとりひとりの障害の種類や程度に合わせて医師やメーカーが採寸し、発注する場合が多く、オーダーによる手作りの生産が多く行われているが、この方法はハンディキャップト者に必ずしも良くない。

その理由は① 需要があってもすぐに入手できない。② 性能や品質の保証が得られにくく、製品によってばらつきが多い。③ 価格が高くなる。④ 採寸通りのものかのチェックが難しい。⑤ 部品の交換やアフターサービスを受難い、等である。これを克服する方法として、レディーメイド化の考え方を採用する。それは① 健常者のもので、使用可能な部品はできるだけ利用する。その際わずかな修正や部品の取り換えが可能になるようにする。② ハンディキャップ者用として、必要最小限の種類のものをレディーメイド部品として用意し、組み合わせる事によって多様なニーズに応えられるようなものを開発する。③ 障害の種類や程度によっては、レディーメイド部品による組み合わせだけでは解決できない事もあり、その場合は特注部品を使う。④ 特殊なニーズに対して全部品をオーダーによって作る、等である。

以上の前提に立って、ＪＩＳ中型車いすの寸法を基準に提案された家具等の機能寸法の使用適用範囲は、上体が健常者なみの能力を持ち、上肢に障害の無い者とし、可能な限り健常者との共用を考慮できる範囲としている。

その結果提案された家具の機能寸法の考え方は次の通りである。

① 車いすの座位基準点を座骨結節点とし、床からの高さを座面高さとし400mmとする。その座面高さを便器の座面高さ、浴槽の縁の高さ、ベッドの沈んだ高さ等家具、設備とレベルを合わせ、移乗を容易にする。

② 座位基準点からの食卓テーブル等の机面高さまでの差尺を280～300mmとしテーブル高さを700mmとする。

③ 車いす使用者の作業域から、用便、入浴、洗面・化粧、調理、洗濯、食事、収納、就寝、学習・事務、生産・操作、接客等の生活行為に沿った家具、設備の使いやすい接点高さ、

構成を与える。

④ 車いすの車幅から求めた通行幅（1000mm）、すれ違い幅（1800mm）、回転動作から求めた90度ターン寸法(1350×1350mm)、180度回転寸法（1800×1800mm)より水平移動域条件を定め、廊下幅、出入り寸法、トイレ寸法、入浴寸法等を与える。

そにうち①～③の仕様例を文献(Ｂ07)から引用し図２－１に示す。

（２）標準化の課題

（１）で示した標準化の考え方は、車いすと家具など装置、設備との適合性を一定のレベルに保つ事に役立っており、各種施設、病院等の建築設計仕様として生かされている。設計の目標、参考データとして大変有効ではあるが、個々の住環境を見たとき、障害の種類、程度、身体寸法、生活習慣、住まいの設計条件が個々に異なり、その人にとって相応しい住環境は、その標準化された提案内容のみでは解き難い多くの身体的、心理的、経済的、社会的要因を持つ。たとえ実際に用いられいる車いすや家具が、提案された寸法になっているとしてもその人にとって使いやすい状態を形成しているとは限らない。標準化による設計では解けない不確定なあいまいさを内包していると考える。前述のレディーメイドの考え方が、この問題に対してどこまで対応できるのか問われていると思われる。

特に、屋内で標準的に使える車いすの仕様は、実際に使用する人の身体条件、生活空間、生活行為に即した、車いす使用者と装置、設備との適合性の評価内容から、極力あいまいさを取り入れた融通性のあるものとして求められるべきであると考えられる。

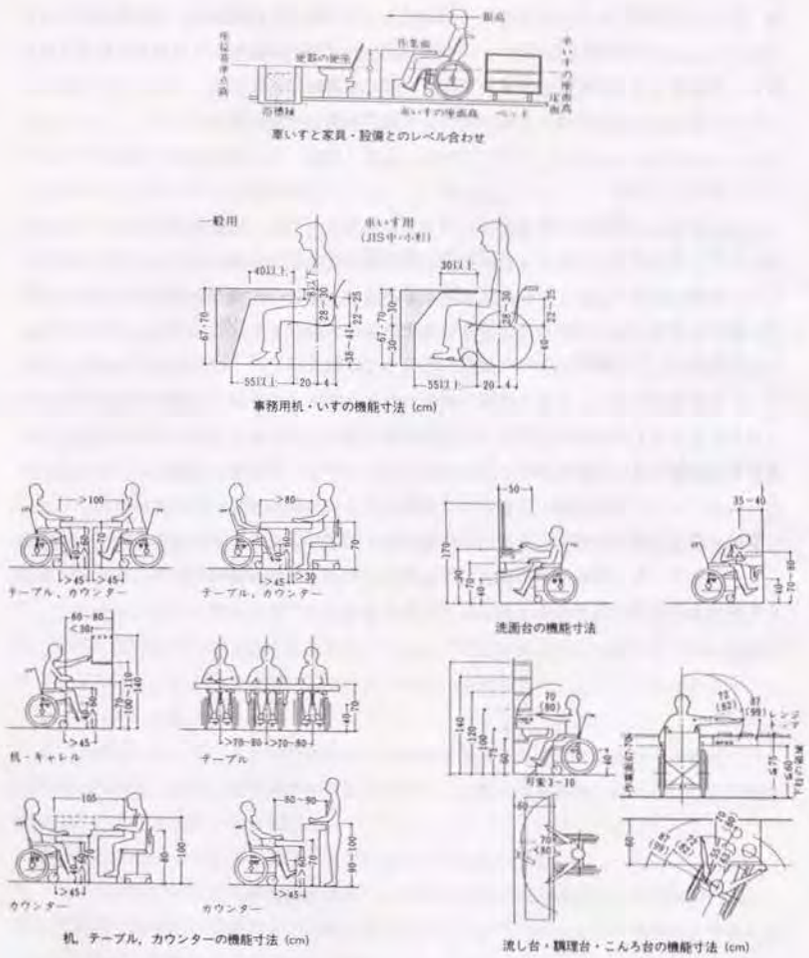


図２－１　標準化設計仕様例　　文献（B07)より引用

２－３　身体位置と装置、設備類との適合性解析

本節では、屋内空間における床からの垂直距離で表した車いす使用者の身体位置と、装置・設備類の作業接点位置から、車いす使用者が各種家具、装置、設備類と接する時の空間的適合性について数量的解析を行い、実際の適合度を求め、実態を明らかにすると共に、標準化設計仕様では満たせない適合性向上に関する設計課題を明らかにしている[D03]。

（１）身体位置の実測調査

車いす使用者が実際に車いすに乗っている時の身体位置を寸法的に明らかにするため、共生福祉会身体障害者療護施設「萩の郷福寿苑」（仙台市太白区鈎取御堂平）の５０名の車いす使用者を対象に1983年、図２－２で示す身体位置の実測と、座面の支持状態の実測を行った。各測定位置は全て床からの垂直距離として計測している。左図の座面高さは、車いすの原点を製作時座面高さとし、座布団等各種マット含む座の座骨結節部（座位基準点）[B18]高さを実際の座面高さとしている。肘高さは前腕を水平に屈曲した際の肘の最下点高さとし、手高は上肢挙上指先先端高さとしている。右図の使用時座面高さは、座として張られたビニールレザーシートの最下点高さとしている。測定方法は巻き尺による実計測で、車いす使用者の協力が得られ、写真による間接的な手法は必要にならなかった。

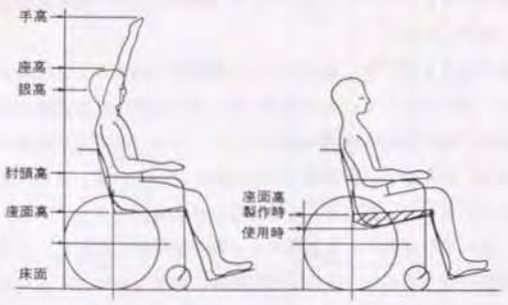


図２－２　身体位置実測位置

①　調査対象者

調査対象者は、年齢19歳～55歳の男性37名、女性13名の計50名である。そのうち自力で車いすを使用できる人は17名（34%）、何らかの介助があれば使用できる人は21名（42%）、全面的な介助を必要とする人は12名（24%）であった。障害別ではそのうち約半数が脳血管障害者で他は脊髄損傷、骨疾患、ポリオ等であった。全員重度の障害者であった。

② 調査結果

身体位置の調査結果を図２－３－１、図２－３－２に示す。図では床面からの各身体位置の分布とその平均値、標準偏差を示す。差尺およびテーブル高さは次式で求めた[B04]。差尺の値は経験値とみなされている。

差尺＝座高／３－１０（ｍｍ）　　（２－１）

テーブル高さ＝座面高＋差尺（ｍｍ）　　（２－２）

身体位置と装置、設備類の作業接点との関係を測る上で、基準面となる座面高は、製作時ですでに±53mm（95%信頼度）のバラツキがあり、使用時はその約２倍の±90mmのバラツキに広がっている。算定したテーブル高の標準偏差は48mmであり、座面高さのそれとほぼ同じ値である。眼高、手高の標準偏差は約75mmであり、 座面高のそれの1.7倍になり、かなりバラツキが大きい。この数値は母数が少なく（N＝38）、正確な評価には無理があるとはいえ、健常者（18歳～58歳）の座位眼高が人体計測値データ[B4][B10]では、標準偏差29.3mmであり、この値と先の座面高標準偏差との加法から得られる推定座位眼高標準偏差53.0mmを大きく上回っており、車いす使用者の眼高、手高のばらつきが、健常者よりかなり大きいことが明らかになった。背の曲がり、腰の屈曲等、障害者固有の身体条件から生まれたものと解釈される。

一方、座面部の高さを採寸をして決定された製作時の高さと、使用後のそれとを比較してみると、図２－４に示すように座支持面の最も低い位置は座骨結節点位置に相当する所にあり、その位置で製作時から約60mm沈んでおり、かなりの変形が認められる。座面角度は 3.3° から 6.6° に変形し、腰が落ち込む条件になっている。さらに座シートに包まれた状態を形成しているため、側方からの圧迫を受ける条件になっている。これを少しでも補足するため、使用者の選択による各種マット類や座布団が敷かれているのが実情である。これら車いすは折り畳みを前提に製作されており、折り畳みのできるビニールレザーシートを使用している。このようにたるみを生じる座面は、腰部大転子後部への座圧と骨盤の横傾斜、股の内転、内旋位傾向等、褥瘡を発生させる直接的要因になっている。

以上に見る通り、現在の車いすは座位条件に関して、寸法的統一性を欠くと共に、長く使うにつれて変形し、所定の座位を保つ事ができず、褥瘡を生む原因になっていることが明らかになった。その結果、車いす使用者の各身体位置は、人体の寸法のバラツキを越えた幅を持ち、装置、設備類の作業接点との関係を一層あいまいなものにしている。

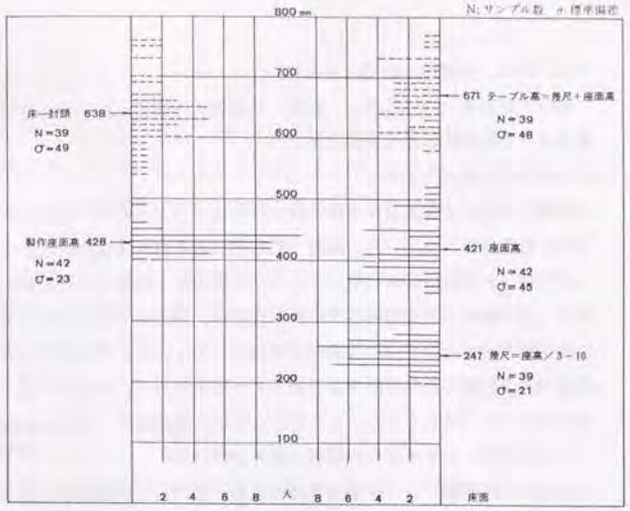


図２－３－１　身体位置実測値（Ⅰ）

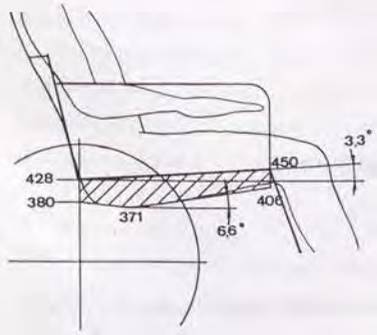


図２－４　座面の支持状態

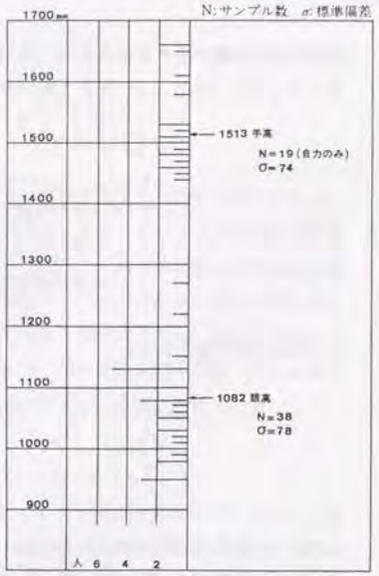


図２－３－２　身体位置実測値（Ⅱ）

（2）装置、設備類との適合性の解析

車いす使用者の身体位置と、装置、設備類の作業接点との適合性を、床面からの垂直距離で表した位置関係から解析した。

① 適合度評価式

実測した車いす使用者の身体位置寸法のばらつき分布を、単純化の為に正規分布と仮定して評価基準とした。一方、装置・設備類の各々の作業接点位置を床からの垂直距離で表し、テーブル等同一使用目的のそれの高さ分布を等確率からなる離散分布とみなし評価対象とした。装置・設備類の各々の作業接点は、単一の平面で与えられる場合（作業面が一層のみ）と、複数の平面（作業面が多層になっている）で与えられる場合がある。前者は座面、および差尺基準で計画されたものの接点であり、後者は手高、眼高、差尺基準で計画されたものの接点である。その接点に車いす使用者は、適合許容幅を持って接する場合と、絶対寸法で接する場合の両者の接し方がある。

事務机、書棚等、同一の使用目的の装置、設備nヶの作業接点高さをH_i（$i=1、2、\cdots\cdots、n$）とすれば、車いす使用者の身体位置との適合度A_i（$i=1、2、\cdots\cdots、n$）は次式で求められる。

a）適合許容幅で接する場合

$$A_i=\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}}\int_{\mu i-c}^{\mu i+c} e^{-(H_i-\mu)^2/2\sigma^2}\,dH_i \qquad (2-3)$$

（$i=1、2、\cdots\cdots n$）

ここで　σ＝車いす使用者身体位置標準偏差

μ＝車いす使用者身体位置平均値

c＝適合許容幅

b）絶対寸法で接する場合

$$A_i=\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}}\int_{\mu i}^{3\sigma} e^{-(H_i-\mu)^2/2\sigma^2}\,dH_i \qquad (2-4)$$

（$i=1、2、\cdots\cdots n$）

一方、その使用空間においてその目的に沿う各種の装置、設備類の作業接点mヶに対し、それぞれ適合度A_iを(2-3)式あるいは（2-4)式で求めればその使用空間における平均適合$\tilde{A}$は次式で求まる。

$$\tilde{A}=\sum_{j=1}^{m} A_i/m \quad (j=1、2、\cdots\cdots m) \qquad (2-5)$$

ここで（2-3)式における適合許容幅cとは、車いす使用者が装置、設備を使用するとき、その高さについて不満を感じない限界値、あるいは使用時の作業能率が一定の基準内にある限界値であり、精神的、肉体的要因がからんだ個人差のある値である。これによる定量化は、作業内容の違い、習熟度・慣れの違い、習慣等によりかなり困難である。そこでここでは、差尺やテーブル高の今までの各種の提案[B02][B08][B07]に照らし、$c=\pm10$mmを条件の極めて厳しい第一次許容幅、$c=\pm25$mmを条件のやや厳しい第二次許容幅、$c=\pm50$mmを条件の緩い第三次許容幅と仮定し解析を行った。車いす使用者身体位置標準偏差σと車いす身体位置平均値μは（1）の調査によって得られた身体位置計測値を適用した。

② 解析結果とその評価

適合許容幅で接する場合の座面基準、差尺規準で計画された装置、設備類への解析結果とその評価、および作業接点に手が届くか否か絶対寸法で接する場合の手高規準で計画された装置、設備類への解析結果とその評価を示す。

a）座面規準の場合

座面規準で計画された装置、設備類への適合度の解析結果を図2－5に示す。この場合、車いす使用者が車いすから移乗してその装置、設備に接する場合と、移乗しないでそれを使用している場合とがある。

i）移乗する場合の評価

便器、ベッド、風呂場の脱衣場等へ移乗して装置、設備を使用する場合を例に取れば、その高さの提案は、400～450mmが多い。便器では便座面、ベッドではマットの沈んだ位置、脱衣場では床面高さである。図2－5からその高さの範囲では適合許容幅$c=\pm25$mmで最大$A=0.42$の適合度であり、適合する人は半数に満たないことが分かる。車いす座面高さとの20～30mmのわずかな違いでも移乗の負担を覚える重い障害の人では、適合許容幅$c=\pm10$mmで1/3 以下の人にしか適合しない。その意味で、車いす座面高さの統一による標準化、座面のたるみを生じさせない座面構造等は、適合性を守る重要な課題である。

ii）移乗しない場合の評価

車いすに座ったままで、座面基準を問題にする例として、来客との応接等、他の人と接する場合に生じる。来客との応接で使用するソファーを例にとれば、座面高は300～380mmが多い。車いす使用者が車いすに乗ったまま応接するとすれば、視線の差が50～130mm程度生じ、精神的にその場になじめない。車いす使用者はこのような場から除外されていると考えられる。

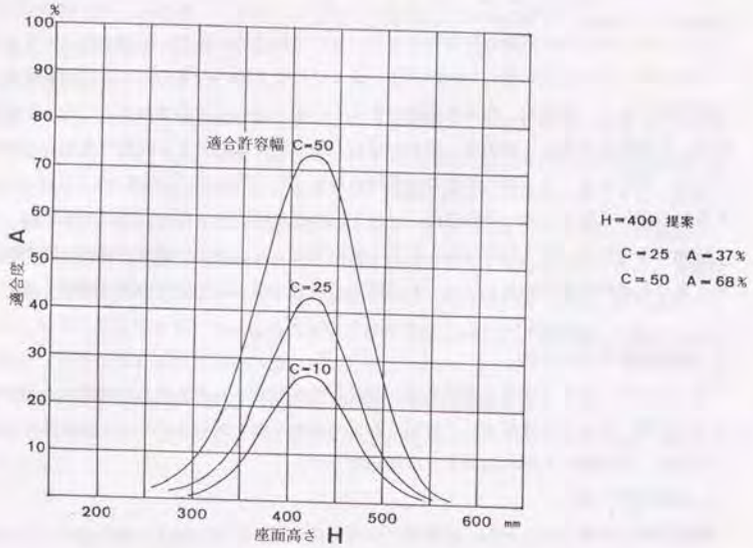


図2－5　座面基準適合度

b）差尺規準の場合

差尺規準で計画された装置、設備類への適合度の解析結果を図2－6に示す。これについては、いすとテーブルとの関係として各種の提案がなされている[B1～B8][C2]。テーブルの高さのみで評価できる場合と、テーブルに各種の道具、装置例えばワードプロセッサー、マイクロコンピューター、タイプライター、写植機、調理器具、本等資料、小物いれ等が置かれ、それぞれの道具、装置の作業接点高で評価する場合がある（図2－7参照）。

i）テーブルの高さでの評価

これに関する提案は、テーブル高、身障者用台所高さ等 $H=700$mmが多い。この高さでは、疲労が少なく作業をできると推定される適合許容幅 $c=\pm25$mmで、適合度 $A=0.38$ と1/3強の人にのみ適合する。事務机は各種の高さのものが市販されているが（$n=6$、$H=740, 700, 670, 660, 650, 640$）、最大の適合度は $H=670$mm で得られ、適合許容幅 $c=\pm25$mmで $A=0.39$ である。即ち約4割の人に適合するにすぎない。身体位置実測値から割り出したテーブル高さは $H=671$mm（座面高421mm）であり、$H=700$mm という従来の提案は

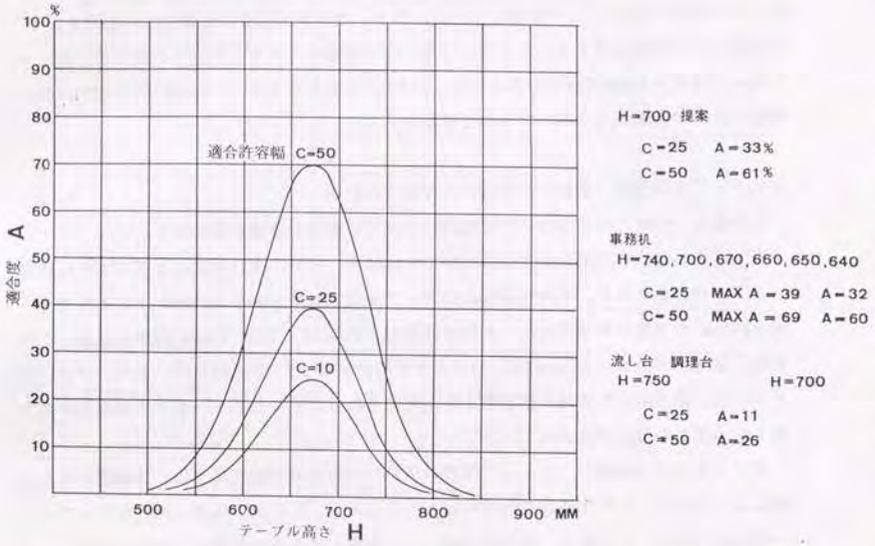


図2－6　座尺基準適合度

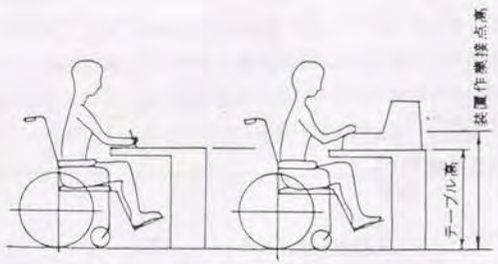


図2－7　座尺基準の態様

やや高いといえる。実測値より算定して得られた差尺＝247㎜ が健常者のそれ（280㎜程度)より30㎜ほど低いことが影響している。即ち、車いす使用者の身体寸法の特徴をよく知る事が大切である事を示している。一方、作業の適合性を甘く評価した適合許容幅c＝±50㎜ではH＝700㎜でA＝0.62となり、2/3の人に適合するが，この適合許容幅では長い時間の使用で作業疲労を起こすものと推定される。

ii）テーブルに道具、装置等が設置された場合の評価

この場合、それぞれの装置の作業接点の床からの高さが評価対象になる。タイプライターを例にとれば、作業接点は英文タイプであればキーボード上、和文タイプであれば操作ハンドルの位置になる。その作業接点はテーブル面から数10㎜から100㎜ 上にあるので、H＝670㎜ の事務机を使用したとすれば作業接点高は、H＝710～750㎜ 程度となる。この場合、適合許容幅c＝±25㎜で約3/4の人が不適合になる。 最近良く用いるワープロ、マイコン等の機器の使用も同じ事が言えると考えられる。そのためキーボードの高さが極力低くなる薄さの設計が施されている。

車いす使用者の適職の一つとして希望の多い印刷関係の写植作業では、写植機が台と一体になっており、その作業接点はキーボード上にある。その高さはH＝830㎜(テーブル高＝670㎜)である。この場合、適合許容幅を広く許容しても使用可能な人は殆どいない。このため車いすの座面に厚い座布団を敷いて座面高を上げたり、スロープ台を設置し、車いすを高くする工夫が行われている。

身障者用調理台の高さはH＝700㎜である。 実際の作業接点はそれに付随した蛇口等の機器、あるいはそれに載るヤカン、ナベ、フライパン等の調理器具、あるいは調理台の高さより低い流しの中等の接点になる。機器、調理器具の接点高さは調理台から30～100㎜程度上部にあり、それを代表して H＝750㎜として評価すると、適合許容幅c＝±25㎜で適合度A＝0.10であり、ほとんどの人が不適合といえる。調理器具の中の料理の出来具合、あるいは流し台の中の食器や野菜等の洗い具合を覗くことができる目の位置も大切であり、それを考慮するともっと適合性は低くなると解釈される。このため、上下に高さを可変できる調理台が販売されている。

c）手高基準の場合

手高基準の装置、設備類への適合度解析結果を図２－８に示す。書棚の本や書類の出し入れと整理、整理戸棚、吊り戸棚、洋服タンス、ロッカーの中の物品の出し入れと整理、さらには会議等での黒板の使用の作業等がこの評価の対象になる。その態様例を図２－９に示す。

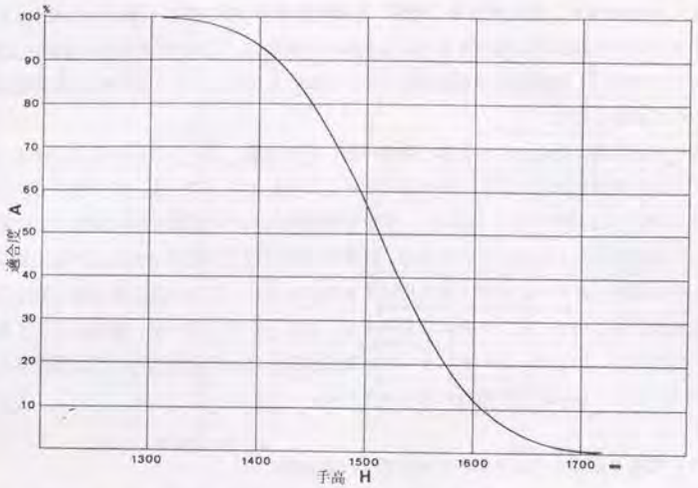


図２－８　手高基準適合度

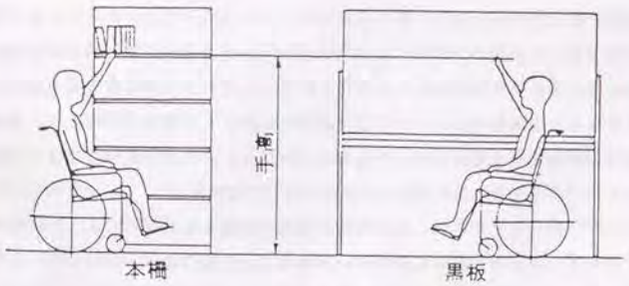


図２－９　手高基準の態様

まず、健常者の為に用意されたものをとらえると、市販されている書棚、整理戸棚の高さは1,800mmが多い。最上段の本、書類、各種物品までの常用高さは約$H=1,600$mmである。この高さに手が届く人は適合度$A=0.12$と極めて少ない。 会議用の黒板の高さは上端で$H=1,800$であり、常用使用の最高値を$H=1,700$mm とすれば、その位置には適合度$A=0.02$で全く適合しない。

車いす使用者に提案された書棚、整理戸棚、吊り戸棚、和タンス等の最大高さは 1,350mmでその常用高さは目の高さにほぼ近い$H=1,200$mm となっている。この提案であれば、ほぼ100%の人に適合する。 従って、車いす使用者のために提案された環境設定の範囲内であれば問題は生まれないと言えるが、健常者と共に過ごす屋内のオフィス等の職場、ホテル等の施設、あるいは家族と共に生活する住まいでは、この手高基準の適合性は問題となる場面が多く出てくる。そのために例えば、立ち上がれる車いす、座面が上下する車いすの開発等や、エレベーターのスイッチが健常者用と車いす使用者用の２種類設置する等の両者に都合の良い設計が実行に移されている。

（３）問題点克服のための車いすの具備すべき条件

車いす使用者と、装置、設備類との適合性の解析の結果、座面基準、差尺基準、手高基準とも、それぞれ適合性を損なういくつかの問題を導きだした。標準化の考えに立つと、特に座位基準、座面基準の設計条件に克服すべき課題が多く見られた。そこで、以下それらを解決し適合性を向上させる為の車いすが具備すべき条件を求めた。

① 座面高さの統一と、その高さを維持できる座面構造とする。

採寸時の座面高のばらつき、繰り返し使用による座面の変形によるたるみを極力押さえ、高さを統一し、その高さを維持できる質の高い座面構造とすれば、例えば座面高さを平均の421mm,テーブル高さを670mm とした時、図２－１０に示す適合度の向上効果が期待できる。すなわち、座面高のばらつきを現在の半分に押さえた場合($\sigma=22.5$)、適合許容幅±25mmの時、座面基準の適合度は$A=0.43$から0.73へ、差尺基準の適合度は$A=0.39$から0.61へそれぞれ増加し、約1.6倍の適合度の向上が図れる。

この条件を満たすためには、座の素材、構造の見直しが必要である。折り畳みを前提にビニールレザーシートを用いた構造では、座面高さを製作時同一高さに統一しても、多少の改善になっても、使用による変形の為に座面高さのばらつきを生じ、根本的な解決に結び付かない。また、蓐瘡の予防の為に座圧を分散するクッションを使用することが一般的であるが、各種のものが出され、その厚さも、クッション圧も統一されていない。座面高さを統一し、その高さを維持させるには、それらの課題を総合的にとらえた座面構造の在り方が求められている。

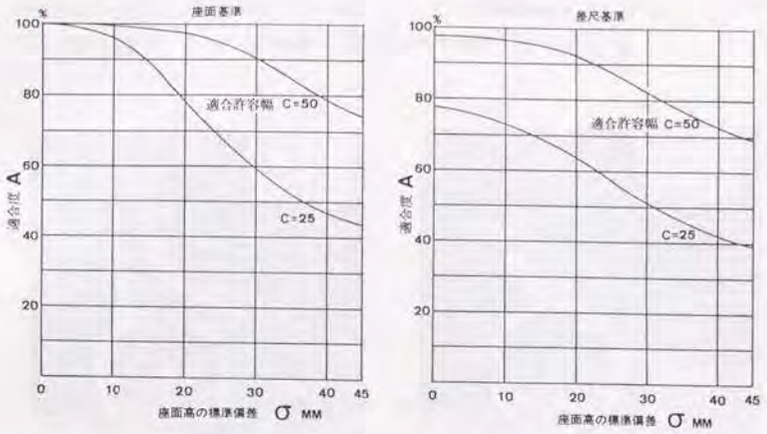


図２－１０　座面の質の向上による効果

② あいまいさの克服

特に健常者と車いす使用者が共存する場で適合性を向上させるには、座面高さの統一を図り、変形しない座面構造にするのみでは効果が薄い。例えば屋内の職場、作業訓練の場を例に取れば、その就労形態は図２－１１左図に示すように立って作業ができる人と、立って作業のできない人が同一ラインに混在する場合と、各々が分かれて作業する場合のどちらかが見られる。ライン作業で立って作業する場合、あるいは座面高さの高いスツールに座って作業する場合の作業台（$H=800$mm程度)に車いす使用者を加えるには、車いす使用者の作業面のみ高さを低く（$H=670$mm程度)するか、スロープ台を設置し、車いす自体を高くし、作業者と同一作業面とする方法がとられている。

一方、テーブル上の作業面は、図２－１１右図に示す様に作業プロセスによって、道具や機器、装置が載り、様々な作業接点が存在する場合が多い。例えば載っているものの中を覗かなければならない時とか、遠くに作業接点が存在する場合等の時が生じた場合、健常者であれば立ったり、腰を少しあげ姿勢を変えたりして対処するが、車いす使用者の場合それができない。調理台で料理を作る場合や、食器や野菜を洗う場合、あるいは食卓テーブルで遠くの料理に手を伸ばす場合等がその例である。

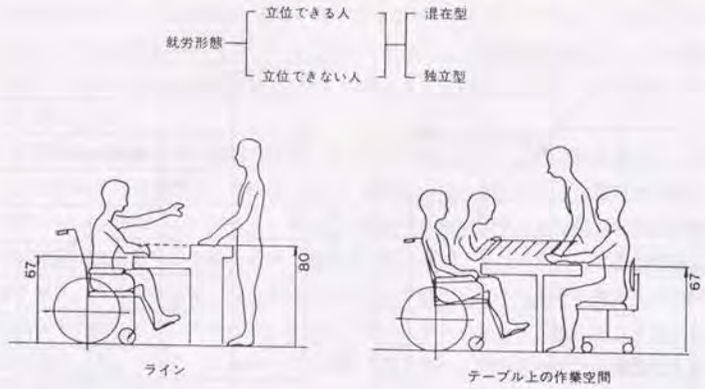


図2－11　就労形態

以上の点を解決するには自由調節の考え方が必要である。例えば、職場における作業能率と精度の高い仕事を要求される設計製図作業の場合、常に製図がし易い作業接点を確保する為に体具＝製図用いすと、設備＝製図台の自由調節機能が用意されている[D17]。前者は座面の上下動、座面の回転、後者は製図台の上下動、傾斜角調整等の機能がそれである。

車いす使用者に用意された設備として、先にも述べた様に上下に調節できる調理台があり、市販されている。これは、車いす使用者が独自で調理ができるように開発されたもので生活の自立を促している。最近、作業面が上下するコピー機が、国内事務機器メーカーにより開発された。これら装置、設備類へ自由調節の考え方は、メーカーの努力で今後少しずつ生まれてくると予想される。装置、設備の構造を複雑で高価なものにするため特別必要とする場合以外は、なかなか自前で取り揃えることはなかなか困難であるが、少しずつ広まるものと期待される。

一方、車いすに自由調節の考えを入れた開発は、現在いろいろ試みられている。車いすの座面が上下する車いすの開発は、1986年度に筆者も手掛けたが、適切な上下動力を生むアクチュエーターが無く、実用に結び付けるには至っていない[D03]。この開発は、エアー圧力で座面上下できる事務いすの上下機構と、座部を流用し車いすに応用したもので、上昇時は全体重をアームレストにかけ、腰を浮かせながら座をエアー圧力で上げる必要があり、上肢に障害の無い人に限定される欠点を持つ。しかし、座位と座の高さが変えられ、

仕事用車いすの在り方を示唆したものと解釈している。その外観を写真2－1、使用時の様子を写真2－2に示す。座位から立ち上がり、健常者と同等の高さで作業できる車いすの開発も試みられ一部市販されているものもあるが、機械的な車いすとなり、そこまで努力して作業に生かそうとする人は日本では少なく、一般化されていない。

背もたれ角度調節

外観

写真2－1　仕事用車いす

差尺基準：タイプ作業の場合

手高基準：書棚処理作業の場合

写真２－２　仕事用車いすの自由調節

２－４　水平面上での適合性評価

本節では、車いすの水平移動の動作空間をもとに、通行、方向変換等水平面上の移動空間量に関する適合性と、装置、設備類への接近条件の評価を行う。

（１）水平面上の移動空間量に関する適合性

廊下や通路の幅、廊下の曲がり角、ドアの幅、ドアの前後・玄関・浴室・便所・台所等のスペース等が車いすの水平移動の適合性を計る対象となる。その前提となる車いすの大きさは，国際標準化規格（ＩＳＯ）では最大幅70cm，最大長110cm 、日本工業規格（ＪＩＳ）では最大幅63cm，最大長110cmとなっている[D01]。

①　通行に要する幅員

車いす本体の幅は、日本工業規格では最大63cmとしているが、通行する際、さらに外側に両肘が出るため、幅員は80cm以上は必要である。一時的に通過する場所はそれで良いが、連続的に通過する場合は、やや蛇行しながら進むので、最小90cm幅は必要と言われている。そのため施設計画では標準的に通行幅は100cm、車いすと人とのすれ違いを考慮すると140cm、車いすどうしですれ違う時は180cmに提案されている。しかし、実際の日本の家屋の場合、この標準化仕様を満たすことは困難な場合が多い。未だ芯々で90cm、内寸75cmの狭い廊下をもつ住宅も多く、住宅改造の隘路になっている。出来るだけ車幅の狭い車いすが求められる。

②　回転に要する幅員[B07]

車いすの回転に要する幅員は90度回転、180度回転、360度回転の各々に標準化仕様が提案されている。回転動作は座面中心、片車輪中心の各々がある。

・ 90度回転の場合では、前者の動作による幅員は1、350×1、350mm、後者の動作による幅員は1,500　×1、250mmである。

・180度回転の場合では、前者の動作による幅員は1、500×1、250mm，後者の動作による幅員は1、800　×1、600mmである。

・360度回転の場合では、前者の動作による幅員は1、800×1、800mm，後者の動作による幅員は1、900　×1、900mmである。当然この空間量は、壁に当たらない余裕をもった値として提案されている。

以上の例を文献（B07)から引用し図２－１２に示す。

図２－１２　標準化設計仕様における回転に要する幅員　　文献（B07)より引用

車いすの平面寸法から得たＪＩＳ標準車いすの最小旋回直径はφ1､500mm[D01] が得られている。廊下の曲がり角、各種ドアの前後、便所の中でのターン等の場面でこの旋回直径が重要な指標になる。住宅の改造によって、回転に要する幅員を持たせる事が理想であるが、車いすとしては極力旋回半径の小さい寸法構成にして、提案された幅員寸法より狭い空間量で回転動作ができる様にすべきである。そのためには、車いすの全長を減らす、車幅を切り詰める等の平面寸法の縮小による、小回り性能を持たせることが必要である。

（２）装置、設備類への接近条件

車いすは身体の保持の為に、構造上、足を載せるフットレスト、腕を載せるアームレスト等がある。前者は、座の先端より前方に位置し、近接時それが装置、設備に触れ、十分に接近する事が難しい。後者は、テーブル等に近接する時、それがテーブル天板の下部に触れ、十分接近ができない。そのため、装置、設備にアームレスト部、膝部から足元にかけての空間量（デッドスペース）を使用設備に吸収させる工夫を施し、適切な作業位置を確保することが望ましい。それが出来ない時は、使用設備に十分接近出来ず、そのままで作業をするか、横向きに接近し、体をねじって行動する事になる。調理台、洗面・化粧台、電話台等の下部を車いすが接近出来るように十分空ける工夫（台の下面高さ＝600mm以下）が提案され、実行に移されている。しかし、膝が当たる、アームレストが当たる等の問題は、他の様々な生活場面に存在する。食卓テーブルの下端にアームレストが当たり、テーブルに十分接近出来ず、奥の料理がうまくさばけない等、他の人にはあまり気づかれない問題が生じているのもその一例である。この接近条件は、座面高さ、テーブル高さと共に、作業の適合性を計る重要な評価要素である。

２－５　適合性から見た木材を主素材とした車いすの仕様寸法、構造概念

本節では、２－３、２－４で求めた適合性の解析と評価から、屋内の装置、設備との適合性を向上させ、屋内で標準的に使用できる、木材を主素材とした車いす固有の仕様寸法、構造概念を見いだす。

（１）身体位置と装置、設備との適合性からみた仕様寸法、構造概念

木材を主素材とした車いすの、身体位置と装置、設備との適合性からみた仕様寸法、構造概念は次の通りである。

①　折り畳み機構の無い座面構造とする。

木材を用いた車いすは、先に示したように屋内で用いる事が適切と判断した。車いすは

移動器具であると共に、家具としての椅子の性質を持ち、屋内の環境に合った意匠が付与されなければならない。また、屋内で使用することから、折り畳んで車のトランクにいれ、外出する目的に頻繁に使用するものとは考えにくい。すなわち、従来の車いすのように、前後方向に座面を真ん中で折り畳む必要は無いと考える。本格的な椅子としての座面構造を持たせる事が必要である。これによって、従来の車いすにあった座面の変形、たるみ、高さのばらつきの発生を防ぐ事が出来る他、座位保持をより確かなものにすることができる。車いすの輸送、あるいは屋外に持ち出す時は、従来の座面を折り畳む方法とは別の縮め方を工夫することが必要である。

② 座面高さを430mmとする。

最近の事務机、食卓テーブルの高さは 700mmが多いが、それよりやや低い食卓テーブルも市販されている。秋岡によれば日本の住まいで用いるリビング、ダイニング用テーブルの高さは630mm、椅子の高さは380mmとし、食事やくつろぎ動作の差尺の最適寸法は 250mmであると提案している[Fo3][Fo5]。市販されているテーブルは高すぎると評価をしている。これは狭い部屋を広く感じさせ、自分の好きな姿勢でくつろぐ事ができる良さをもっている。しかし、いすの高さ380mmの 設定は、車いす使用者では足が床に触れてしまう高さであり、車いすでは実現ができない。座面高さの設定は、座面基準で評価する便器などへの移乗のしやすさとの関係、差尺基準で評価するテーブル高さ、差尺との関係で求まるといえるが、ここに示した様に、生活文化との視点から標準化とは視点を変えた考え方も存在している事に注目したい。

そこで、オフィスに見られるオフィス家具寸法の標準化、および、それとは視点を変えた生活文化の考え方の双方の良さを生かした座面高さを探った。

ⅰ）身体位置の実測値から得られた使用時の座面高さは平均421mm となっている。この高さは，長期の使用から障害者の身体の条件、使用の都合によって自然に生まれて来た高さとみなされる。製作時の高さは428mmで、それよりやや高い位置にある。それと比較して標準化建築計画の基になっているＪＩＳ中型車いすの座面高さ400mmの設定は、やや低いと解釈される。筆者による1985年の仙台市内の車いすメーカーが注文を受けた採寸データの調査によれば（６章６－２（２）参照）、採寸時の膝下長さの一番多い注文は360mmで38%、次に340mmで31%（サンプル数90）であった。床すれすれにフットレストを設けると、屋内にあるスリッパなど床の物品を拾ってしまう欠点も生まれＪＩＳでは50mm以上空ける事を規定しており、座面高さ400mmではやや低い事が知られる。便座の高さ、ベッドの高さは、この視点から決めるべきものと解釈される。

ⅱ）一方、身体位置の実測から差尺247mmが得られている。この寸法は先に示した建築計画の標準化で前提としている差尺300mmを50mm下回る。障害者の背が前屈する事が多く、座

高が健常者より低い事もその要因になっていると解釈されるが、先の秋岡の提案とも考え合わせると、差尺250mmは障害者の現状に合った値と解釈される。

ⅲ）市販されているテーブルや事務机の高さは700mmが多く、建築標準化設計仕様の提案寸法もそれに等しいことを先に示した。ところが身体位置実測から得られた望ましいテーブル高さは671mmが得られている。この両者との差30mmは、建築標準化設計仕様に提案されたテーブル高さが、現状では高い事を示している。テーブルの上に様々なものが載り、使用することを考え合わせると、適合性はさらに悪くなる事が予想される。適合許容幅±25mmを適合性を計る評価レベルとすると、700mmテーブルを使用できる範囲にするには座面高さをやや上げて、望ましいテーブル高さを680mm程度にする事が良いと判断される。

以上ⅰ）ⅱ）ⅲ）の考察から、座面高さを430mmとする事が得られた。 採寸の結果生まれた製作時の車いす原点の高さ（428mm）にほぼ等しい値となり、採寸の見地からも妥当な高さと言える。この高さでは400mmの便座の高さには＋30mmの高さの差、高さ700mmのテーブルには－20mmの高さの差となり、適合許容範囲で座面基準、差尺基準両面に対応できる事を期待した。言わばほぼ中間の位置を採用した結果となる。

③ 座面は圧力を分散し蓐瘡を防ぐマットを内装した構造とする。

従来の様に、別に厚さの異なる各種圧力分散マットを載せる考えでは、腰を下ろした時の座面の高さがばらつき、装置、設備との適合性は悪くなる。圧力分散機能を持つマットを内装した座とし、使用高さを430mm に統一する。

④ 座面の高さ調節は将来の課題である。

油圧、あるいは空気圧を応用した何らかのアクチュエーターの動力で座面を上下させる考えは、事務椅子等に応用され一般的となっている。しかし、木材を主素材とした車いすにそれを応用するには、構造的に複雑になる事が予想され、木材で実現できるかどうか不明の為、今後の課題とする。

（２）水平面上での適合性からみた仕様、構造概念

２－４の水平面上の適合性評価から次の車いすの仕様、構造概念が得られた。

① 最大車幅を600mm、最大車長1,000mm以内とする。

車いす寸法を可能な限り無駄を省き、小さくまとめる事が、人と車いすとの一体化、屋内環境との適合性が図れる事を先に明らかにした。住宅の幅750mmの狭い廊下も移動できるように車幅を600mm以内に押さえる。更に90度、180度、360度回転の旋回空間量を小さくするために、車長を1,000mm以内とした。これにより、従来の車いすより約10～15%の空間量

の低減が図れる。標準座幅を400mm(ＪＩＳでは420、400、380、360、330、300）とし、後輪、ハンドリムの各々の厚さと本体との関係寸法を極力つめ、車幅を決定する。先にも示した筆者の仙台市内の車いすメーカーの採寸寸法調査（６章６－２（２）参照）では、座幅は400mmが全体の約６割（サンプル数 n=90)を占め、標準座幅 400mmの設定は妥当であると解釈される。車長さは後輪外形をやや小さいものを選び、フットレストの前方への追り出しを極力つめ、長さの低減を図ることとする。

⑵　足回りのデッドスペースを小さくする。

食卓テーブル等に深く接近するには、アームレストが天板下部の縁にあたらない形状が必要である。座面からのアームレストの高さは200mmが多いが、差尺250mmの設定では、50mmの差しかなく、テーブル天板下部の余裕がないため、あたる場合が多い。フットレスト周辺の足元のデッドスペースを空ける事は、車いすの構造ではほとんど不可能である。ブレーキなど付属する機能部位の処理程度である。装置、設備類の足元の処理が不可欠である。

⑶　後輪タイヤが手首、肘に触れない構造とする。

水平面上の適合性の問題としては気づかれない特異な視点といえるが、移動によってトイレや、床の汚れをタイヤが拾い、ハンドリムによる駆動動作時、手首や肘にタイヤが触れ、汚れることが多く、衛生上も好ましくない。このことから、アームレストの真下にタイヤが隠れる構成とする。

２－６　結論

（１）車いす使用者の身体位置と装置、設備類との適合性解析によって、提案されている標準化建築設計仕様は、実際の車いす使用者の身体位置の実態に合わず、装置、設備との適合性を必ずしも適切に向上させるものになっていない事を数値的に明らかにした。特に座面基準、差尺基準でそれが顕著であった。

（２）実際に使用されている車いすの座面は折り畳みを前提としたシートを用いているため座の変形が大きく、座面高さのばらつきを拡大させ、装置、設備との適合性のみでなく、座位保持性をも悪化させていることを明らかにした。さらに、車いす使用者の使用時の身体寸法の値は、健常者の平均寸法より小さい傾向にあり、その実態に合わせた仕様の設定が望ましい事を明らかにした。

（３）創出した適合性を求める解析手法は、車いす使用者と装置、設備類との適合性を身体位置から容易に解析、評価できる手法である事を明らかにした。自由調節による適合性向上に関する数学的根拠も与えた。

（４）水平面上での移動空間量に関する適合性と、装置、設備への接近条件を建築標準化仕様に照らし評価し、その在り方を定性的に明らかにした。

（５）屋内で標準的に使用する木材を主素材とした車いすの仕様寸法、構造概念を、身体位置と装置、設備との適合性から、及び水平面上の適合性からのそれぞれについて求め、下記の設計条件を得た。

① 折り畳みをしない座面圧力分散機能を持つ座面構造とする。

② 基準座面高さを430mmとする。標準差尺を250mmとしそれを基準に適切な作業面高さを設定する。

③ 車幅を約600mm、最大車長を1000mm以内とし，極力無駄の無い寸法とする。

④ 足回りのデッドスペースを小さく、タイヤの汚れを手首に移さない構造とする。

（６）以上の解析の結果、車いす使用者と装置、設備との適合性からみた、木材を主素材とした車いすが具備すべき条件が明らかにされた。

3章　車いす設計項目の抽出と構造モデル化

3－1　はじめに

本章は、医療的色彩の強い車いすを、現代の生活感覚に相応しい表現体にするための車いす設計項目の抽出と構造モデル化を行い、木材を主素材とした車いすが具備すべき設計項目を求めることを目的としている。

現在製造されている車いすの種類は、使用目的から十種類以上になり、それぞれを構成する機能要素、属性は多岐に及ぶ。それらの車いすは用途や使用者を絞り、機能と性能の追求から具体化されたものであり、ここで言う、生活者の視点に立つ車いす全体像からの位置づけまで明確にされたものではない。

本章では、方法論的デザイン手法を用いて、車いす使用者の生活要求、感性をとらえた車いす開発のための設計項目の抽出と構造モデル化を、全ての用途に作り上げることを試みた[D18]。そして共通して解かなければならない基本課題と用途毎に必要とされる課題を抽出し、車いす開発目標の全体像を明らかにしている。その上で、木材を主素材とした車いすの設計項目とそれの構造化を求め、それの全用途との関係を明らかにした。

本分析にあたっては、日本建築学会、建築計画委員会「設計方法[G02]」「設計プロセス／道具の提案[G03]」1973をベースにしている。問題設定の方法論としては「あいまい問題の解析」として、ブレーンストーミング法、ＫＪ発想法による経験的、直感的方法、ＩＳＭ法、ＤＥＭＡＴＥＬ法、グラフ理論、関連樹木法による構造モデル化や分析方法、多変量解析法による本質の特徴の解明等の研究が進行している[G04][G05][G08][G13]。

本章では、筆者のこれまでの車いす設計経験によって解こうとする内容が系統的とは言えないものの蓄積があり、経験的、直感的に設計者独自で分析が可能な車いすの機能と性能の要求を構造化する事に置いているので、分析ではＫＪ発想法[G08]を基本にした簡単な演算処理を行っている。この分析手法は前述の通り、設計者独自による経験的、直感的方法であるが、問題の性質があらかじめ経験によって離散的とはいえ読み取れている場合、全体の性質を構造化し、考え易い形に整理するのに適した方法である。目的としている木材を主素材とした車いすの開発の中心的課題を抽出し、納得のいく開発方向を得るのに有効である。

3－2　現状の車いすの種類と特徴

設計項目の解析に入る前に、現在作られている車いすの種類、構成要素、部品の種類、材質、寸法を高橋、田中らによる日本リハビリテーション工学協会・車いすＳＩＧ編「オーダーメイド車いす処方の基礎と実際」1993[D02]から引用し概観する。

（1）車いすの基本構成要素

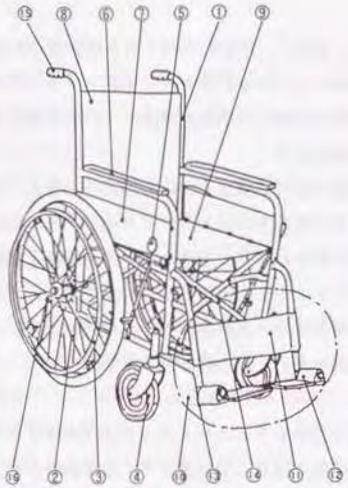
標準的な車いすの基本構成要素はＩＳＯの定義によると、①身体支持システム（座、背もたれ、アームレスト、フットレスト、レッグサポート）②駆動システム（ハンドリム、ブレーキシステム、にぎり、テッピングレバー）③車輪（駆動輪、キャスタ）④フレーム（シートフレーム、バックレスト等の支持部）の４要素に分けている。ＪＩＳもＩＳＯに準じて定義されている。フレーム構造は折り畳み式と固定式があり、折り畳み式が広く利用されている。標準的な車いすの名称を図３－１に示す。

（2）車いすの分類

分類には色々な分け方があるがこれといった分類は確立されていない。身体障害者福祉法の交付基準による分類は表３－１の通りで、臨床的によく用いられている。用途、構造形式、駆動方式等が混在し分類され、車いすの分類を体系化できるものになっていない。

国際規格（ＩＳＯ7930)では、車いすを５種類のコードによる分類を規格化している。それを表３－２に示す。下記項目毎のコード番号を組み合わせ５桁の数値でコード化する方法である。分類を数値化しデータ処理することに役立つが、その性質をその数値から読み取る事は困難である。

高橋は使用目的、及び駆動方式による分類を提案している。それを表３－３に示す。使用目的はこの他に機内用、トイレ用、シャワー用、高位置用等がある。この使用目的の分類は細分化した用途を列記し、生活上の目的、障害の程度による用途が混在している。様々な目的によって車いすが製作されている事を示すのに役立つが、全体を体系化する性質を持っていない。田中は、これとは異なった駆動方式、身体支持の形式、フレーム構造、用途の４構成要素別に見た型式分類を提案している。それを表３－４示す。それらを組み合わせる事で体系的分類に結びつけられると提案している。この田中の案が今のところ全体の性質を理解させるのに役立つ考え方ではないかと思われる。



①フレーム ②駆動輪 ③ハンドリム ④自在輪(キャスター) ⑤ブレーキ ⑥肘当て(アームレスト) ⑦スカートガード(側当て) ⑧背もたれ(バックレスト) ⑨座(シート) ⑩フットレスト ⑪レッグレスト ⑫フットプレート ⑬フットプレート調整ボルト ⑭クロスバー ⑮握り(グリップ) ⑯ティッピングレバー
注)フットレストは一点鎖線で囲んだ部分の総称である。

図3－1 車いすの各部の名称 文献（D02)より引用

表3－1 身体障害者福祉法の交付基準による分類

- 車いす
  - 普通型
  - リクライニング式普通型
  - 前方大車輪型
  - リクライニング式前方大車輪型
  - 片手駆動型
  - リクライニング式片手駆動型
  - 手動チェーン式
  - リクライニング式手動チェーン式
  - 手押型
  - リクライニング式手押型
- 電動車いす
  - 普通型
  - リクライニング式普通型
  - 電動リクライニング式普通型

表3－2 国際規格による分類 文献（D02)より引用

① 第1コード（推進、操舵方法による分類コード）
1：介助者による操作――手動
2：両手駆動の後輪駆動式
3：両手駆動の前輪駆動式
4：両手駆動のレバー駆動式
5：片手駆動のレバー駆動式
6：足による推進式
7：電動の介助式
8：電動の手操作式
9：電動のパワーステアリング
10：そ の 他

② 第2コード(車いすの全幅と車輪の直径による分類コード)

車いすの全幅 ＼ 車輪の直径	全車輪が260mm以下か、1輪あるいは2輪が180mm以下のもの	大車輪が260mm以上で小車輪が180mm―260mmのもの	すべての車輪が250mm以上のもの
550mm以下	1	4	7
550－660mm以下	2	5	8
660－700mm以下	3	6	9

③ 第3コード(シートとバックレストによる分類コード)

バックレストの種類 ＼ シートの種類	調節不可能	手動調節	自動調節
調節不可能	1	4	7
手動調節	2	5	8
自動調節	3	6	9

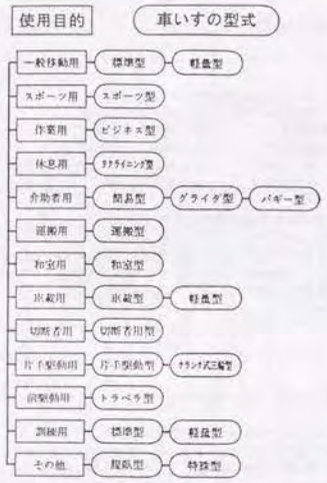
④ 第4コード(アームレストとレッグサポートによる分類コード)

レッグサポート角度 ＼ アームレスト	固定	高さ調節可能	取外し可能(折り畳み又は取り替え可能)
調節不可能	1	4	7
手動調節	2	5	8
自動調節	3	6	9

⑤ 第5コード(折り畳みによる分類コード)
1：固定のもの
2：折り畳み時に車輪の使用が可能なもの
3：折り畳み時に車輪の使用ができないもの
4：分解可能なもの
5：分解可能で折り畳み時に車輪の使用が可能なもの
6：分解可能で折り畳み時に車輪の使用ができないもの

表３－３　高橋による分類　　文献（D02)より引用

使用目的による分類



駆動方式による分類

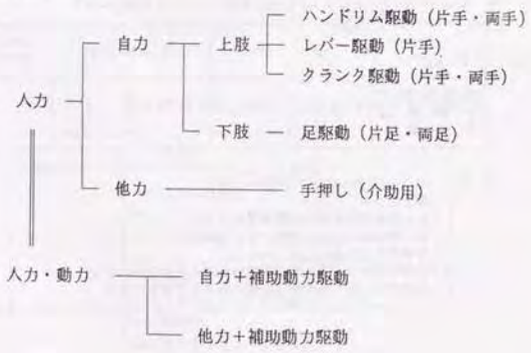
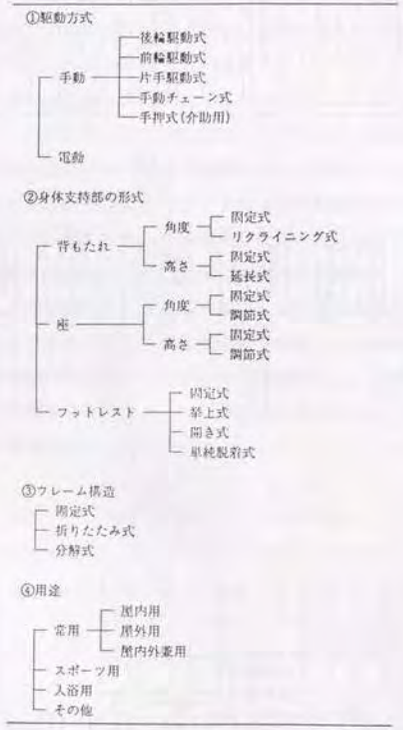


表３－４　田中による分類　　文献（D02)より引用

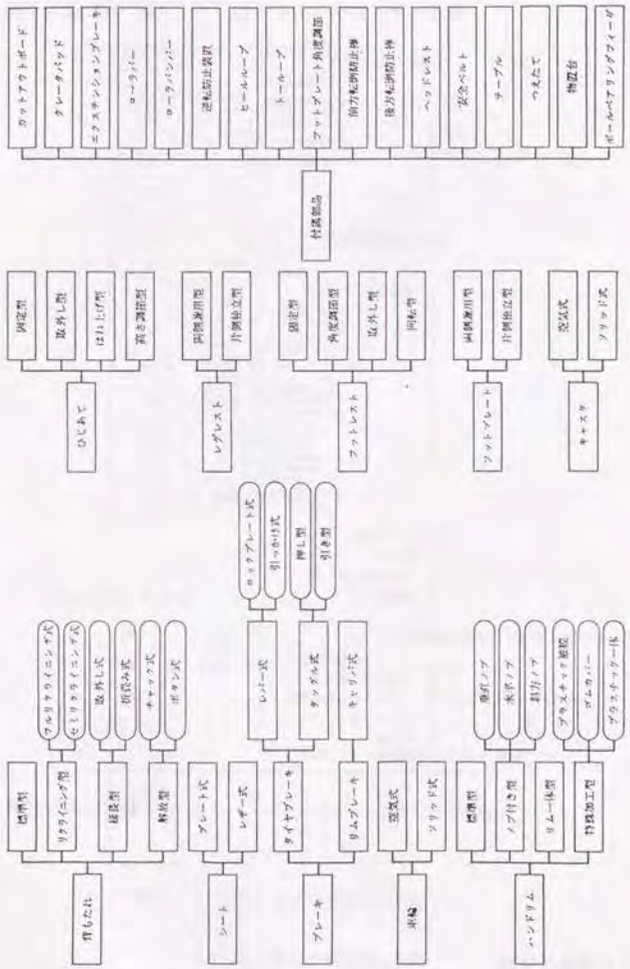


文献(D2)より引用

（３）部品の分類

高橋による主な車いす部品の分類を表３－５に示す。約６０部品が分類されている。数多くの部品が準備されており、これ以外にも新しい部品も開発されている。これらをいかに有効に組み合わせるかが問われている。

表３－５　高橋による車いす部品の分類



文献（D02）より引用

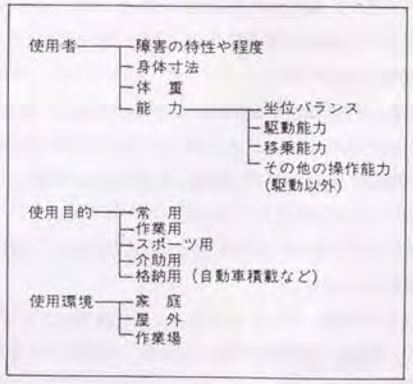
（４）フレームの材質

フレームの材質は一般構造用炭素鋼、高張力鋼、クロームモリブデン鋼、ステンレス鋼、アルミニウム合金、チタン合金、一部にカーボンファイバー等が使用されている。ほとんどがパイプ構造である。現在は、軽くしかも強度、耐久性がある種類の多いアルミニウム合金がオーダーメイド車いすの主流になっている。アルマイト処理によるカラフルな着色ができ、特にスポーツタイプの車いすに人気が高い。

（５）車いすの医師による処方因子

田中によれば、車いすの医師による処方にあたってそれを決める因子を表３－６に示すものとしている。まず使用者の障害の特性や程度を正しく把握した上で車いすの基本的な型を決め、座位姿勢での身体計測値を基に車いすの寸法の概略を決める。その上で使用者の駆動能力や体幹バランス、使用目的、使用環境等をとらえ、各部の構成を決定する事としている。医師による処方を決定する因子と車いす各部との関係は、田中によって表３－７が求められている。ここで注目すべき点は、使用目的と使用環境が車いすの各部の決定に数多く関与している点である。車いすを木製化する事は、この使用目的と使用環境がその機能、寸法を決める重要な処方因子になるものと推測される。この医師による処方因子と先の分類との考え方を重ね合わせることで、使用者の要求に沿った車いすの全体像がとらえられるが、それは求められていない。

表３－７　車いすの医師による処方因子



文献（D02）より引用

3－3　分析上の要素の分類

分析を始める時点では、分析者の頭の中にある設計概念はいかに経験が豊富でも、離散的で茫漠としている。そこで筆者は、車いすを取り巻く諸条件、その問題点と課題を文献、資料及び筆者がそれまで集めたさまざまな個人の意見をもとに思いつくまま自由に書き出す作業から始めた。障害者の生活と社会参加の実状、福祉施策の問題点、障害の種類と処方内容、屋内、屋外の環境整備条件、市販車いすの種類と用途・特徴といった現状把握や、現代の生活感覚、生活ニーズの把握がその内容である。書き留めた内容は全て台紙に張り付け、本人が一目で把握できるデーターベースとした。この内容は分析者の頭の整理の為に役立てる性質のもので分析上なくてはならないものになった。

次にこのデーターベースをもとに車いすの設計要素の抽出と構造化の作業に進めた。車いす使用者の生活要求とそれを生かす機能要求の案出が最初の作業である。そのために、車いすの分類を行い、その分類要素間の組み合わせを通して発想することにした。そこで車いすの分類に着目したが、3－2で示した車いすの様々な要素、因子による分類では、現代の生活感覚に合わせた設計項目の抽出と構造化には、一貫性が無く役に立たないことが分かった。そこで、先の分類を参考にしながら、この分析の為の分類要素として生活領域、車いすの用途、車いすの構成要素の3要素を取り上げ、それぞれの分類を定めた。分析はその分類要素間の組み合わせを通して行うことにした。以下その分類内容を示す。

（1）生活領域の分類

車いす使用者の生活領域を、現代の生活感覚に合うように、この分野の探求として参考になる電通マーケッティング戦略研究会編「感性消費、理性消費」[Fo1]から引用し、装、食、遊、交、知の5領域に分類した。

装領域は、飾る、きれいにすることを楽しむ生活領域であり、排泄、洗面、化粧、更衣、掃除、洗濯、収納等の生活管理の他、インテリア、ファッションまで含む。

食領域は、食べる、飲む、調理することを楽しむ生活領域であり、屋内、屋外での飲食、台所での調理まで含む。

遊領域は、遊びを楽しむ生活領域であり、音や映像、ゲーム、工作の他、野外でのハイキング、旅行等の活動が含まれる。

交領域は、人のつながりの輪、その中で自分らしい行動を楽しむ生活領域であり、接客、パーティ、交際、恋愛、会議、団欒等が含まれる。

知領域は、知的な満足を得ながら、学ぶ、働くことを楽しむ生活領域であり、学習や就学、研修の他、オフィスや工場、ショップ等で働くことが含まれる。

それぞれの生活領域には、その生活行為を可能とさせる道路、交通、施設、住宅、装置、

設備、道具等の環境整備条件が前提になる。

（2）用途の分類

生活領域と車いすの生活の場とを関係づけるために車いすの用途を屋内常用、屋外常用、作業用、スポーツ用、屋内介助用、屋外介助用の6分類とした。この分類は、先の表3－3、表3－4に提案された用途の分類とは異なっており、使用者の生活要求に沿ったものである。現状では車いす1台で屋内用、屋外用、作業用と併用する場合が多いが、それでは用途毎に場、使用する性質が異なり、個々の場の要求には十分応えることはできない。用途に応じて車いすを使い分けることは、健常者がその場に合わせて、服装、履物、いす等を変えることと同じ性質である。

ここで屋内常用とは、住宅、施設等での使用が対象で、本人のプライベート空間の他、家族や他者とのコミュニティー空間、サービス空間が使用空間になる。

屋外常用とは、街路、公園、レストラン、店舗、デパート、劇場、学校、駅、飛行場、宿泊施設、銀行、市役所等での使用が対象である。自宅から外出して目的の行為をするには、当然ながら外部環境、公共施設、サービス施設等の環境整備条件[Bo1][Bo2][Bo7]がその要求を満たす前提になる。

作業用とは、オフィス、工場、ショップ等での仕事や、学校での学習等が対象であり、作業用空間、接客空間、生活空間が使用環境になる。特に作業空間における装置、設備、との適合性が重要である[Co2]。特殊なものとして入浴用などある限定された作業行為を伴うものも含めた。

スポーツ用とは、マラソン、バスケット、卓球といったスポーツの種類によって専門化した用途が対象になる。一般スポーツ用として、スポーツより屋外常用としての要求度の強い車いすがあるが、これはスポーツの持つ軽快で行動的なイメージをファッションとして表現したもので、屋外常用と位置づける。

介助用には、屋内と屋外の2用途がある。前者は住宅用、施設内での生活や機能訓練における介助が対象になる。後者は外出目的に沿った行動が対象になる。どちらも介助者と障害者、それぞれに異なった要求があり、二面性を有する。

（3）車いす構成要素の分類

車いすを構成する要素を座面系、駆動系、操作制御系、構造系の4系に分類した。この分類は3－2で示したＩＳＯの定義と比較すると、座面系は身体支持システム、駆動系は車輪、操作制御系は駆動システム、構造系はフレームに相当するが、その性格はやや異なる。

座面系は、座シート、背もたれ、アームレスト、フットレスト等の体、手、足を支える要素からなる。

駆動系は、車輪、キャスター、ハンドリム、モーターといった駆動要素からなる。ハンドリムを操作制御系とする考え方もあるが、自転車のサドルと同様にそれに回転力を加えることで車いすが駆動することから駆動系とした。

操作制御系は、ブレーキ、座位変換レバー、テッピングレバー、各種調節接点、電動駆動操作パネルといった車いすの制御、調節に関する要素からなる。

構造系は、フレーム、保持ベースの他に、全体寸法、重量といった全体の諸元にかかわる要素からなる。全体寸法、重量を加えたところが特徴である。

各系の構成要素の在り方は、従来の車いすの構成要素にとらわれることなく、新しい発想を結びつけられるように、座面系、駆動系、操作制御系、構造系の範囲で自由に発想し設定することとした。

3－4．分析プロセス

分析は図3－2に示すプロセスで行った。ここでそれぞれのステップに沿った分析の手法を示す。

第1ステップでは、先に求めたデーターベースを参考にしながら、各用途に応じて5つの生活領域：装・食・遊・交・知のそれぞれの領域にどのような要求があるか、経験的、直感的に発想する。縦軸を生活領域、横軸を用途としてできるマトリックスの全ての組み合わせを埋める作業になる。境界領域に要求がある場合には両者に記述して無理に分類せず進める。

第2ステップでは、第1ステップで求めた生活要求をデータにして、その要求を満たすには、車いすはどのような機能条件を具備せねばならないか発想する。縦軸を構成要素、横軸を用途としてできるマトリックスの全ての組み合わせを埋める作業を行う。機能の発想では、その行為を行なえる環境条件のとらえ方が特に重要である。2章で示した様に、標準化を目指した環境整備条件のみでは、あいまいさを伴う生活行為接点を解くことは困難であり、これを解決するための発想が必要である。

第3ステップでは、第2ステップで得られた機能条件を全用途にわたって全て書き出し、分類作業を行う。分類は車いすの構成要素を意識したものとし、各構成要素の関連性が見えてくるようにする。小グループ、中グループ、大グループに分類し、各グループにタイトルをつける。最終的にレベル3程度の関連樹木図を作成する。この作業は分析の中で特に重要なステップであり、試行錯誤を繰り返し、自分の納得いく関連樹木図が完成するま

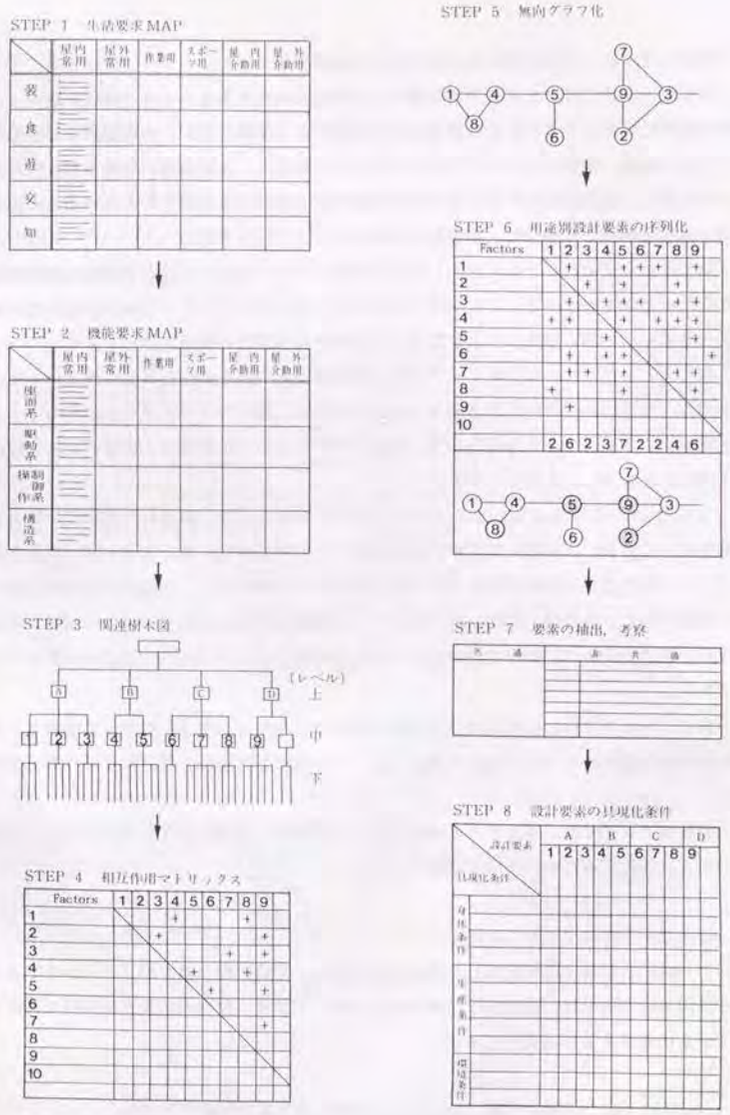


図3－2　分析プロセス

で作業を続ける。これが求める設計要素の全体図を示す。

第４ステップでは、まず関連樹木図から全体の方向性を見極められる階層を選択する。後の演算処理がしやすいように要素数が１０程度ある階層が良い。次に選択した階層の設計要素を縦軸、横軸とした相互作用マトリクスを作成し、各要素間における相互作用のチェックを行う。相互作用マトリックスの対角線の右上欄に示されるそれぞれの組みで相互作用があると判断した場合は＋印を記入する。

第５ステップでは、＋印を記入した相互作用マトリクス図から設計要素間の関連状態を知るための網を作成する。ＩＳＭ法では有向グラフとなるが、ここでは設計要素間に順位をつけていないので無向グラフとなる。これが車いす開発の構造モデルである。

第６ステップでは、第２ステップで得た用途別機能条件を照合しながら相互マトリクスを用い、用途別に設計要素の重要さの序列をきめる。横列のファクターが縦列のファクターに優先する場合＋印をつける。全ての組みが埋まるように処理し、各要素にある縦列の＋印の数を合計し、点数をつける。

二値化した一対評価には、個人差やあいまいさが伴うので、算出した実数値にはあまり意味を持たせない。全体の傾向が掴めれば良い。このために、第５ステップで求めた無向グラフに特に重要な設計要素には太い黒丸をとグレー色を加え、中程度の設計要素には太い黒丸を加え、直感的に理解し易い構造モデル図を用途毎に作成する。この図は、用途別の設計要素間構造の把握と他との比較に有効である。これが用途別設計要素の構造モデルである。

第７ステップでは、各用途別設計要素の構造モデルから全用途にわたって共通する重要課題と各用途に特有な重要課題を抽出する。その上で各用途毎の車いすの在り方を整理する。

第８ステップでは、設計要素と身体条件、生産条件、環境条件との相関を求め、各設計要素を具現化するための条件を明確にする。

以上で本分析のプロセスは終了する。

ここで採用したＫＪ法を応用した設計分析手法は、最近応用が進んだソフトシステムの設計計画手法の中では、直感的な性質ではあるが、デザイン開発の出発点において対象を大づかみにとらえるのに有効である。

３－５　分析結果

分析結果を次に示す。

（１）第１ステップ

各用途に沿って、装・食・遊・交・知のそれぞれの生活領域で車いす生活者が持つべき要求を図３－３に示す。健常者と同等の社会参加、生活行為、自己表現への要求が盛り込まれている。

	屋内常用	屋外常用	仕　事　用	スポーツ用	屋内介助用	屋外介助用
装	・インテリアにマッチ ・着脱著感覚 ・季節の変化に対応 ・汗、臭いの処理可 ・汚れのない清潔さ ・化粧、洗面、更衣可 ・排せつ、風呂可	・軽快な装い ・ファッショナブル ・天候の変化に対応可 ・季節の変化に対応 ・汗、臭いの処理可 ・汚れのない清潔さ ・立ち寄った場に合う装い ・排せつ、洗面、化粧可	・オフィス、工場、ショップ等のイメージに合う ・接客の場に合う ・季節の変化に対応 ・汗、臭いの処理可 ・汚れのない清潔さ ・排せつ、洗面、化粧、更衣可 ・出張、宿泊施設利用可	・スポーツファッション ・種目別イメージに合う ・宿泊施設、休息施設利用できる ・汗、臭いの処理可 ・排せつ、洗面、化粧更衣可 ・季節の変化に対応可	・インテリアにマッチ ・介助者が気にならない ・移乗させられる ・季節の変化に対応 ・臭い、汚れがない ・汗、臭いの処理可 ・排せつ、洗面、化粧更衣、風呂に介助可	・町に出られる装い ・ファッショナブル ・天候の変化に対応可 ・季節の変化に対応 ・汗、臭いの処理可 ・汚れの処理可 ・排せつ、洗面、化粧更衣、風呂に介助可
食	・食を作ることが可 ・食の場につくことが可 ・食の場にマッチする ・くつろげる ・食の後かたづけ可 ・ゴミの処理可 ・お茶、コーヒーなどを楽しめる	・アウトドア食の場利用可 ・インドア食の場利用可 ・レジ、テーブルなどにマッチ ・食ファッションに合う ・フォーマルな場に適 ・くつろげる ・自動販売機利用可	・社員食堂利用できる ・レストラン等系利用可 ・お茶、コーヒー、サービス可 ・セルフサービス可 ・弁当楽しめる ・後かたづけできる ・出張、宿泊施設利用可	・施設内食堂利用できる ・セルフサービス可 ・自動販売機利用可 ・休息、くつろげる ・弁当楽しめる ・後かたづけできる	・食をつくる喜び味わえる ・食介助しやすい ・食の場につける ・くつろげる	・アウトドア食の場利用可 ・インドア食の場利用可 ・食介助しやすい ・くつろげる ・食の場イメージにマッチ
遊	・好で遊べる ・AV機器利用可 ・和室利用可 ・演技、演奏できる	・映画、演劇、音楽、スポーツ観戦等楽しめる ・ゲーム楽しめる ・つり他アウトドア楽しめる ・旅に行ける ・ダンス、ショッピングにいける ・演技、演奏できる ・カメラ写せる	・休みくつろげる TV、ゲーム他 ・運動楽しめる ・演技、演奏楽しめる ・仕事に熱中する、創造する	・スポーツに熱中できる ・技術を向上できる ・スポーツ外、町の散策、買い物など楽しめる ・くつろげる	・参加できる喜び ・TV他AV機器利用可 ・ゲームに参加できる ・演技、演奏できる	・映画、演劇、音楽、スポーツ楽しめる ・ゲーム楽しめる ・旅行にいける ・買い物できる ・カメラ楽しめる
交	・接客できる（和、洋） ・パーティーが開催できる ・TEL、FAX利用可 ・居間でくつろげる（団欒） ・夫婦生活 ・汗、臭いしない	・パーティに参加できる ・会議、集会に参加できる ・デートできる ・飲みに行ける ・訪問できる ・行事に参加可 ・TEL利用可	・接客できる ・コンパに参加できる ・会議に参加できる ・共同作業、連系プレー ・TEL、FAX利用できる ・汗、臭いの処理 ・訪問できる	・セレモニーに参加できる ・打合せ、反省会 ・スポーツを通した交際 ・スポーツを通した連系プレー ・汗、臭いの処理	・セレモニー、パーティ参加可 ・接客できる ・団欒できる ・TEL、FAX利用可	・セレモニー参加できる ・会議、集会に参加可 ・介助者との交わり ・飲みにいける ・訪問できる ・TEL利用可 ・行事に参加可
知	・学習できる ・工作、生花、お茶、習い事楽しめる ・読書できる ・落ちついたイメージ ・音楽が楽しめる ・情報機器使用可	・絵・工作できる ・学校に行ける ・習い事に行ける ・講演会、学会に参加 ・塾に行ける ・本屋を利用できる ・図書、美術館利用可	・研修に参加可 ・文献調査できる ・情報収集 ・図書利用可 ・出品展に行く ・情報機器利用可 ・学習（内、外）	・研修、合宿に参加 ・スポーツ研究と学習	・学習できる ・習い事楽しめる ・読書できる ・音楽等楽しめる ・情報機器利用可 ワープロ、マイコン他	・学校に行く ・習い事に行く ・音楽等楽しめる

図３－３　生活要求ＭＡＰ

（２）第２ステップ

各用途に応じて車いすの構成要素である座面系、駆動系、操作制御系、構造系がどのような機能を具備すべきかまとめたものを図３－４に示す。各構成部位は、さらに具体性のある要素に分かれマップ化されている。

		屋内実用	屋外実用	作業用	スポーツ用	屋内分動用	屋外分動用
座	座	・身体寸法に合う ・座位バランスとれる ・座位姿勢かとられる ・肩の重みが分かる ・成形容易が望ましい ・無変なりにくい座位分布 ・汗、臭いの処理できる構造 ・季節によって変えられる座 ・インテリアに合う座布団 ・汚れを残さない構造 ・接着強度ある	・身体寸法に合う ・座位バランスとれる ・座位姿勢かとられる ・無変なりにくい座位分布 ・成形容易が望ましい ・おりたたみできる座構造 ・汗、臭いの処理できる座 ・季節によってかえられる座 ・接着強度ある ・汚れを残さない構造	・身体寸法に合う ・座位バランスとれる ・座位姿勢かとられる ・無変なりにくい座位分布 ・成形容易かとられる ・無変のイメージに合う座布団 ・汗、臭いの処理できる座 ・季節によってかえられる座 ・接着強度ある ・汚れを残さない構造	・スポーツ性能を引き出す形 ・身体寸法に合う ・座位バランスとれる ・スポーツ性能を損のない座位分布 ・成形容易 ・無変、汚れもなりにくい座 ・スポーツファッションに合う座布団 ・汗、臭いの処理できる座 ・季節によって変えられる座 ・接着強度がある ・汚れを残さない構造 ・防納性あれば便利	・分動しやすい位置にできる ・座位姿勢かとられる ・他は屋内実用と同じ	・分動しやすい位置にできる ・座位姿勢かとられる ・他は屋内実用と同じ
座	背もたれ	・手になじみやすい ・座位バランスを助ける ・近接時邪魔にならない ・すがれない ・接着強度がある ・座面との調和がある	・屋内実用に同じ	・屋内実用に同じ	・スポーツによっては背の場合がある ・座位バランスを助ける ・接着強度がある ・スポーツ性のある形	・手になじみやすい ・座位バランスを助ける ・座形型の場合背の高もある ・接着の問はずれる	・屋内分動用に同じ
座	フット台	・足の保持を助ける ・足をなるべく広げる ・身体寸法に合う ・近接時邪魔にならない	・足の保持を助ける ・足が汚れない ・身体寸法に合う ・取物にマッチ ・防納性あれば便利	・足の保持を助ける ・近接時邪魔にならない ・身体寸法に合う ・取物にマッチ	・スポーツ性を助ける目的 ・身体寸法に合う ・スポーツシューズに合う	・座位バランス助ける ・足の保持を助ける ・身体寸法に合う ・接着させない	・防納性あれば便利 他は屋内分動用に同じ
駆動系	車輪系統	・小廻り回転できる ・狭い空間通過できる ・車輪は小さくてもよい ・段差ごえできる ・ローベット面駆動できる ・インテリアにマッチした形、色	・駆動しやすい寸法、位置 ・狭い空間通過できる ・小廻り回転できる ・段差ごえ凸凹面駆動OK ・ダンパー性がある ・外部環境にマッチした形、色	・小廻り回転できる ・狭い空間通過できる ・車輪は小さくてもよい ・段差ごえできる ・フロアーのキズを付けない ・作業環境に合う形、色	・スポーツ性能あり不 ・凸凹面駆動OK ・ダンパー性あり ・スポーツファッション性ある ・音静に移動、安動できる	・回転しやすい軽さがある ・段差ごえできる ・ダンパー性あり振動を伝えない ・車輪は小さくOK ・インテリアにマッチした形、色	・回転しやすい軽さがある ・段差ごえ凸凹駆動できる ・ダンパー性あり、ショック伝えない ・車輪は小さくOK ・外部環境にマッチした形、色
駆動系	ハンドル	・駆動しやすい形、寸法 ・手がたくない滑かな ・汚れとる ・手にフィットした握りやすさ ・ダンパー性がある ・インテリアにマッチした質、色	屋内実用に同じ ・外部環境にマッチした質、色	屋内実用と同じ ・作業環境に合う質と色	・補助が駆動助ける形、寸法 ・手にフィットした握りやすさ ・滑らない ・ダンパー性はある ・スポーツ性の強い方用	—	—
操作装置系	ボタン系	・操作しやすいレバー、つまみ ・インテリアに合う ・近接時邪魔にならない位置	・操作しやすいレバー、つまみ ・外部環境に合う ・泥遊びの汚れが良い ・近接時邪魔にならない位置	・操作しやすいレバー、つまみ ・作業環境に合う ・近接時邪魔にならない位置	・速やかな操作性 ・扱いやすいレバー、つまみ ・スポーツファッションに合う	・手足は足で操作できるレバー ・分動あの操作しやすい位置 ・接着時邪魔にならない	・屋内分動系に同じ
操作装置系	切り換え系	・操作しやすいレバー、つまみ ・近接時邪魔にならない位置 ・目立たない処理	・取扱便利しやすい場所	・屋内実用に同じ	—	・分動者操作しやすいレバー、つまみ ・接着時邪魔にならない	・格納時便利しやすい場所
操作装置系	力動操作	—	・押しやすいボタンの位置、形 ・目立たない処理	—	—	・押しやすいボタンの位置、形 ・ゆっくり取り処理 （泥の重み）	・屋内分動系に同じ
操作装置系	電動操作	—	—	・操作しやすいSW、レバー、つまみ ・近接時邪魔にならない位置 ・全体のイメージをこわさない	—	・操作しやすいSW、レバー、つまみ ・操作しやすい位置にある ・接着時邪魔にならない	・屋内分動用に同じ
機動系	フレーム	・インテリアに合う形、色 ・やせない色あせない材質 ・軽量である ・整理された構成 ・強度がある	・外部環境に合う形、色 ・防納性構造 ・軽量である ・整理された構成 ・強度があり、サビない	・作業環境に合う形 ・座面上下機構を中心とした構成 ・整理された構成 ・軽量である ・強度がありサビない	・スポーツファッション性のある形、色 ・軽量である ・強度がありサビない ・整理された構成 ・防納性あっても良い	・重くしてない軽いイメージ ・軽量である ・強度がありサビない ・整理された構成 ・インテリアに適した形、色	・重くしてない軽いイメージ ・軽量である ・防納性構造 ・整理された構成 ・強度がありサビない
機動系	キャスター	・きりつめた寸法 ・屋内の段ノ、床用に合う ・明かる色	・きりつめた寸法 ・軽快な活動性イメージ ・車輪を狭く車見かく	・ボンドメーカが強力少ない ・きりつめた寸法 ・車輪を狭く車見かく	・スポーツ性の足とる寸法 ・ロキシュ ・駆動性が上段	・中心保持を保持した寸法 ・分動しやすい寸法	・中心保持を保持した寸法 ・きりつめた寸法 ・分動しやすい寸法

図３－４　機能要求ＭＡＰ

（３）第３ステップ

第２ステップで求めた機能要求を階層化した関連樹木図を図３－５に示す。できあがった樹木図はレベル３になっている。大レベルの機能要求＝設計項目は、座位保持の向上、

適合性の向上、操作性能向上、軽装性向上、表現性向上の５項目である。中レベルの機能要求＝設計項目は、座の質的向上、座位姿勢向上、座面の上下、デッドスペース小、小回転化、寸法のミニ化、駆動性向上、段差越え向上、ダンパー性向上、操作接点向上、格納性、軽量化、イメージ向上の１３項目である。

図３－５　関連樹木図

（4）第4ステップ、第5ステップ

関連樹木図から全体の性質を理解しやすい中レベル１３項目を構造化のための設計要素として採択する。この１３項目を縦軸、横軸とした相互作用マトリクスを作成し、各要素間どうしの相互作用をチェックした結果を図３－６に示す。この図から作成した無向グラフを図３－７に示す。このグラフ図を求める場合、直感的に設計要素間の関係構造が連想できる整理された見やすさを意図的にねらっている。

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		座の質的向上	座位姿勢向上	座面の上下	デッドスペース小	小回転化	寸法のミニ化	駆動性向上	段差ごえ向上	ダンパー性向上	操作接点向上	格納性	軽量化	イメージ向上
1	座の質的向上		+											+
2	座位姿勢向上			+							+			
3	座面の上下										+			
4	デッドスペース小					+	+							
5	小回転化						+	+						
6	寸法のミニ化													
7	駆動性向上								+	+			+	
8	段差ごえ向上													
9	ダンパー性向上													
10	操作接点向上											+		
11	格納性												+	
12	軽量化													+
13	イメージ向上													

図３－６　相互作用マトリクス

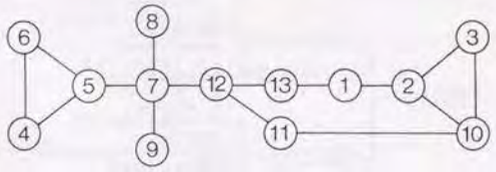


図３－７　無向グラフ

（5）第6ステップ

各用途毎に相関マトリクス図による設計要素の序列化を行った結果を図３－８に示す。ここでの序列の判断には、第１ステップで求めた用途別生活要求と、第２ステップで求めた用途別機能要求が下敷きになっている。図３－８から判断できるように、重みを付加した構造モデルが用途によってそれぞれ異なることが一目で認識できる。

（6）第7ステップ

第６ステップで求めた構造モデルから次のことが判明した。

全用途にわたって共通する主要課題は下記の通りである。

①座位保持向上（座の質的向上、座位姿勢向上）

②イメージの向上

各用途に固有の上記以外の主要課題は下記の通りである。

①屋内常用・・・・・適合性向上、

②屋外常用・・・・・軽装性向上、駆動性向上

③作業用　・・・・・適合性向上　（イメージ向上より重要）

④スポーツ用・・・・操作性能向上（座位保持及びイメージ向上より重要）

⑤屋内介助用・・・・介助者の操作性向上

⑥屋外介助用・・・・介助者の操作性向上、軽装性向上

一方これに反して、重視されない各用途に固有の課題は下記の通りである。

①屋内常用・・・・・格納性、ダンパー性向上

②屋外常用・・・・・座面上下、デッドスペース小

③作業用・・・・・・格納性

④スポーツ用・・・・座面上下

⑤屋内介助用・・・・格納性、デッドスペース小

⑥屋外介助用・・・・デッドスペース小

（7）第8ステップ

車いす使用者の身体条件、車いすの生産条件、使用する場の環境整備条件と大レベルの設計要素との相関を図３－９に示す。身体条件は身体寸法、体重と身体能力の指標である座位バランス、移乗能力、駆動能力から構成し、生産条件は素材の入手、加工設備・治工具、加工プロセス、加工精度、工数、製造コストから、環境条件は屋内環境、屋外環境、職場環境からそれぞれ構成している。

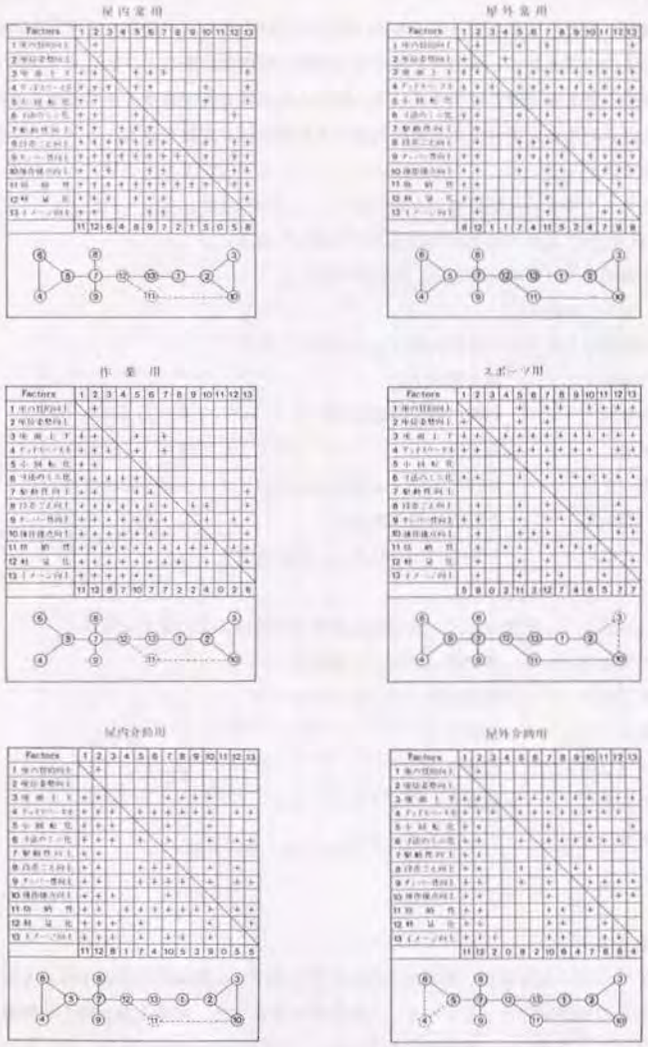


図３－８　用途別設計要素の序列化

具現化条件 ＼ 設計要素		座位保持		適合性				操作性能				軽装性		表現
		座の背的向上	座位姿勢向上	座面の上下	アジャスタブル小	小風転化	寸法のミニ化	駆動性向上	段差ごえ向上	ダンピング性向上	操作機点向上	格納性	軽量化	イメージ向上
身体条件	身体寸法	●	●	●	●		●	●						
	体重	●	●					●	●	●				
	座位バランス	●	●	●	●	●		●	●		●			●
	体乗能力										●	●	●	
	駆動能力		●			●	●	●	●	●	●			
生産条件	素材の入手	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
	加工設備、治工具	●	●		●	●	●	●						
	加工プロセス	●	●	●	●		●			●	●			
	加工、精度	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	工数	●	●	●			●					●	●	●
	製造コスト	●	●	●						●	●	●	●	●
環境条件	屋内環境	●	●	●	●	●	●				●		●	●
	屋外環境	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	職場環境	●	●	●	●	●	●		●		●		●	●

図３－９　設計要素の具現化条件

この図から大レベルの設計項目を具体化するには次の条件を強く求められることが判明した。まず座位保持向上のためには、身体条件、生産条件、環境条件の３条件全てが求められる。極めて重要な設計項目といえる。それに対して、適合性向上のためには、当然ながら環境条件が特に求められる。操作性向上のためには、駆動能力、素材の入手、加工精度、屋外環境条件等、特定の条件が強く求められる。軽装性向上のためには、生産条件が求められる。そのうち軽量化は環境条件の全てにわたって必要とされることが特徴である。表現性向上には、生産条件と環境条件が求められる。軽装性、表現性向上とも身体条件は具体化に大きな影響を持たないことが特徴である。

3－6　結果の検討

本分析によって、車いすを現代の生活感覚に合わせた表現体にするための設計要素の抽出と構造モデル化を全用途に行うことができた。この結果、今後車いすを改良するためには用途を問わず、座の質的向上と座位姿勢向上による座位保持の向上をさせること、そしてその場にあったイメージを持たせることが必要であることが判明した。

前者は障害の種類、程度に応じた座位姿勢持たせ、座の質を向上させる座の構造設計が必要であること、後者は使用する場の性質に合わせた素材の選択、機能要素の処理、形の整理、質感表現、カラー化等の表現技術の他、常時美しさを保てる表面処理技術、メインテナンス技術を要求している。

用途別にみれば、屋内常用では屋内での移動のし易さ、設備・道具との適合性を良くするための小回りの効く、寸法的にも無駄のないやや小さい車いすを要求している。格納性、ダンパー性能に関する要求は小さい。屋外常用では、駆動が容易で、格納しやすく、軽量な車いすを要求している。座面上下、デッドスペース小等適合性に関する要求は小さい。作業用では、設備・道具の作業接点との適合性を向上させられる、座面上下ができ、デッドスペースの狭い、小回りの効く、寸法的にやや小さい車いすを要求している。格納性に関する要求は弱い。スポーツ用はスポーツの内容に即した機動性と、それを生かす軽量なフレームを要求している。座面上下等適合性に関する要求は弱い。介助用は、屋内、屋外とも介助者の介助し易い操作性を要求し、屋内では格納性やデッドスペース小に関する要求は弱い。一方、屋外では特に持ち運びのための格納性、軽量化を要求している。デッドスペース小への要求は弱い。

以上の要求内容を個々に具体化するには、生産条件、身体条件、環境条件がそれぞれ異なることを示した。特に重要な技術課題は、生産条件的には座面の製作技術、イメージ向上のための表現技術、身体条件的には座位保持技術、環境条件的には適合性向上技術であることを明らかにした。

3－7　木材を主素材とした車いすの設計項目と構造モデル

求められた全用途の車いす設計項目と構造モデルから、木材を主素材とした車いすの設計項目と構造モデルを求め、全体の中の位置を明らかにした。

（1）木材を主素材とした車いすの用途

木材を用いることによる車いすの使用空間は、2章2－1で述べたように、木材の耐久性、耐候性、保守性から屋内に置くことが適切であるとした。従って、その用途は屋内常用、屋内介助用ととらえられる。オフィス等屋内の職場を使用空間にした仕事用もその範疇になるものと解釈される。しかしながら、3－6で明らかにしたように仕事用車いすの設計項目の中で特に重要とされる座面が上下するいわゆる自由調節の考え方は、木材で達成するには大変難しいものと予測される。その要求内容を除けば屋内常用とほぼ同じ設計項目となり、屋内常用と判断しても大きな違いは無いものと解釈される。体育館等屋内で用いる遊具感覚のスポーツ用車いすも可能性を残すが、機動性、耐久性の点で特別の設計を必要とし、一般化できる性質のものではないと解釈される。

以上の考え方から、ここではその用途を屋内常用、屋内介助用として分析を進めることとした。

（2）小レベルの設計項目

前述の通り、木材を主素材とした車いすの用途は屋内常用、屋内介助用ととらえられ、得られた屋内常用、屋内介助用の設計項目と構造モデルを木材を主素材とした車いすのそれとして応用することができる。改めて設計項目の抽出と構造化をする必要は無い。図3－4関連樹木図に示された設計項目の中で大レベル、中レベルの設計項目は、全用途に共通する核になる項目であり、当然ながら木材を主素材とした車いすの設計項目にも適用される。しかしながら小レベルの設計項目は、全用途をとらえた表現になっており、木材を主素材とした車いすに相応しい表現に必ずしもなってはいない。そこで図3－4で示されている小レベルの設計項目を、大レベル（A～E）、中レベル（①～⑬）の設計項目に従って見直しを行い、木材を用いることによる利点を生かした車いすの目標とする表現に置き換えた。

A　座位姿勢向上

①　座の質的向上

a）蒸熱になりにくい座圧分布を持つ座面構造。

b）汗を吸収する座、背もたれの上張り布地。臭い、汚れ等を洗って取り除ける座、背もたれ構造。

c）季節の変化に合わせて、肌に気持ちの良い座、背もたれに変えられる座部構造。

d）耐候性、耐久性のある座布地。

e）移乗強度がある座面構造。

f）手、足、体や、心理的になじみ易い木質環境[405]。

g）手、足が車輪等によって汚れない構造。

h）長い使用によってたるまない座面構造。

② 座位姿勢向上

a）座位バランスが取れる座部寸法、座部構成。

b）座位姿勢を好みの位置にセット出来る、又は変えられる座部構造。

c）適切な背もたれ角度の位置を選べる背もたれ構造。

d）成形による一体化された座、背もたれ構造。

e）個々の身体寸法の要求に合わせられる。

f）適切な足の保持の出来るフットレスト部

g）移乗し易い肘あて形状、位置、座面高さ。

h）長い使用による劣化によって、座位姿勢が変化する事のない座部構造。

B 適合性の向上

③ 座面の上下

a）座面高さが変えられる（将来の課題）

b）座面高さを統一する。

c）介助し易い高さに座面高さを変えられる（将来の課題）

d）移乗し易い高さにする。

e）テーブル等装置、設備との適合性の良い座面高さとする。

④ デッドスペース小

a）近接時、邪魔にならない肘あて、フットレスト部、ブレーキ他操作接点。

b）移乗時、邪魔にならない肘あて、フットレスト部、ブレーキ他操作接点。

c）移乗時、外れる肘あて部（将来の課題）

⑤ 小回転化

a）小回り回転ができる。

b）狭い通路や空間でも回転できる。

c）回転しやすい軽さがある。

⑥ 寸法のミニ化

a）狭い通路や空間でも通過できる。

b）きりつめた無駄の無い寸法，構成。

c）車幅を狭く車長を短くする。

C 操作性能向上

⑦ 駆動性向上

a）駆動しやすい車輪。

b）直進性、回転性能に秀れる。

c）細かい動き、即応性の高い動きができる。

d）介助者の押し易い木製グリップの位置、寸法、形状

e）駆動しやすい木製ハンドリムの断面形状、寸法

f）冬暖かく、夏熱くない、手にフィットした握り易い、滑らない木製ハンドリム

g）容易に修理、交換できる車輪

⑧ 段差ごえ向上

a）屋内のわずかな段差を越えられる。

b）タイルなどの凸凹面を移動できる。

c）カーペット等柔らかい床面を移動できる。

d）床面のゴミを車輪に付着させない。

⑨ ダンパー性向上

a）振動、ショックを極力伝えないダンパー性能をもつ。

b）バンパー性のあるハンドリム、フット部。

c）凸凹面を移動してもショックが少ない。

⑩ 操作接点向上

a）操作しやすいブレーキ接点、座位姿勢変換接点。

b）スロープでも効きが良いブレーキ。

c）速やかな操作性を促す接点の位置、寸法、形状。

d）介助者が操作しやすいブレーキ、座部接点。

e）新しい折り畳み、縮み機構の接点操作がしやすい。

D 軽装性向上

⑪ 格納性

a）折り畳めるフレーム。（新しい機構）

b）折り畳める座部。

c）外れる車輪・座部。

⑫ 軽量化

a）軽量である。

b）整理された無駄のない木製フレーム構造。

c）強度があり、劣化しない軽量フレーム。

d）重々しさを感じさせない軽量イメージのフレーム。

E　表現性向上

⑬　イメージ向上

a）屋内のインテリアに合う質感、色彩、形状をもつ木質環境を持たせる。

b）その場に合った装いができる。

c）その場に合ったスケール感をもつ。

d）季節の変化に合わせた装いができる。

e）よごれの処理ができる。

以上である。この中で、特に木材を用いることによる固有の設計目標としては、座の質的向上につながる座を取り巻く木質環境、駆動性能を皮膚感覚からも向上させる木製ハンドリム、介護者の使いやすい介護操作接点、簡潔なフレーム構造による軽量化、インテリアにあう意匠性等がある。特に、他の素材では困難な、人間の感覚特性と木質環境[40]に関する要求項目があることが特徴である。

（3）用途別設計要素の序列化

図3－8に示す用途別設計要素の序列化の中で、屋内常用、屋内介助用のそれを調べ、木材を主素材とした車いすの要求課題を整理してみた。

①　主な用途別設計項目

a）屋内常用

座の質的向上、座位姿勢向上、寸法のミニ化、小回転化、イメージ向上、駆動性向上、座面上下。

b）屋内介助用

座の質的向上、座位姿勢向上、駆動性向上、操作接点向上、小回転化、座面上下、段差越え向上、軽量化、イメージ向上

②　特徴

屋内常用は、座の質的向上、座位姿勢向上を計る木質環境を生かした座位保持の向上、小回りの効く、寸法的に無駄のない、できれば座面高さも変えられる適合性向上、屋内の移動のしやすい手の皮膚感覚の良い駆動性向上、木材を生かしたインテリア性を求めている。屋内介助用は、座の質的向上、座位姿勢向上を計る木質環境を生かした座位保持の向上、屋内での移動のしやすい手の皮膚感覚の良い駆動性、段差越え、介助接点を求める操作性向上、小回りの効く、介護のしやすい座面高さを求める適合性向上、軽く木材の利点を生かした軽装性、インテリア性を求めている。

前者は使用する障害者の要求に沿った要求課題で、座位保持向上、適合性向上を強く求め、後者は介護者と障害者の双方の要求を取り入れた要求課題となっており、障害者の要求に沿った座位保持向上、介護者の要求に沿った操作性向上を求めている。

この両用途の設計項目の違いはそれほど大きなものではなく、両者の要求を兼ね備えた中間的性質を持つ、介助接点を持つ屋内用車いすの可能性も在り得る。特に使用者を高齢者や公的な場で不特定の使用者に使用させる時、生かされる考え方と思われる。

3－8　結論

（1）車いす設計項目の抽出と構造モデル化によって、現代の生活感覚に相応しい車いすの設計項目を用途別に求めた。

その結果、用途を問わず、座の質、座位姿勢を向上させ、座位保持を向上すること、その場にあったイメージの向上をすることが大切であることを明らかにした。

用途別には、屋内常用では小回りができ、寸法的に無駄のない小さいものを、屋外常用では、駆動が容易で、格納でき、軽量なものを、作業用では座面上下ができ、デッドスペースの小さい、小回りの効く寸法的に小さいものを、スポーツ用では機動性と軽量なフレームを持つものを、介助用は、屋内、屋外とも介助のし易い操作性を、屋外では格納性、軽量化なものをそれぞれ求めている事を明らかにした。

（2）全用途にわたる車いす設計項目と構造モデル化から、車いすの用途を屋内常用と屋内介助用ととらえた木材を主素材とした車いすの設計項目と構造モデル化を行い、その設計項目を求めた。

その結果、用途を問わず木質環境のある、座の質の向上、座位姿勢向上による座位保持の向上と木材の心理的情緒性を生かしたイメージの向上、手の触れる部分の木製化による皮膚感覚の向上が大切であることを明らかにした。

用途別には、屋内常用では小回りの効く寸法的に無駄のない適合性を、屋内介護用では、介護者にとって使いやすい操作性を求めていることを明らかにした。また、両者の性質を兼ね備えた介助接点のある屋内用車いすの考え方が在り得ることを見いだした。

（3）ＫＪ発想法に基づく方法論的設計分析手法は、設計者独自による経験的、直感的方法であるが、問題の性質があらかじめ経験によって離散的とはいえ読み取れている場合、全体の性質を構造化し、考え易い整理された形にするには適した方法であり、木材を主素材とした車いすの開発などの中心的な課題を抽出し、納得のいく開発方向を得るのに有効な手法であることを証明した。

（4）現在市販されている車いすの分類は、公表されているＩＳＯ，ＪＩＳの分類、その他の分類方法では、全体を見渡す一貫性に欠けているため、生活領域、用途、構成要素の３要素に分類する新たな方法を提示し、使用者の立場から見た一貫性のある分類を達成した。

（5）以上の分析の結果、木材を主素材とした車いすが達成すべき設計目標が明確になった。木材の性質を生かした、これまでの車いすには見られない設計内容になることを明らかにした。

4章　車いすの設計、試作と試用評価

4－1　はじめに

本章は、２章で得られた装置、設備との適合性を向上させるための車いすの在り方、及び３章から得られた木材を主素材とした車いすが具備すべき設計目標を基に、概念設計を構築すると共に、素材としてブナ材を用い、実験的に成形合板技術による試作を繰り返し試み、最終的に実用化に結びつけた設計、試作、試用評価の内容を順を追って明らかにし、そこで得た木材を主素材とした車いす実用化のための設計、試作、試用評価に関する考え方を明らかにすることを目的としている。

設計、試作、試用評価は計４回を数える。第１回設計、試作は木材で車いすがどこまで成形合板で構成できるか始めてその可能性を試みたもので、1988年にとりかかり、1989年8月に完成した。第２回試作は1990年度、自力操作可能な障害者の要求に合わせて設計、試作し、その使用性をチェックした。第３回試作は1991年度、主に介護を必要とする高齢者を対象に介護接点をもつ車いすを設計、試作し、その使用性を確かめた。第４回試作は1992年度､開発に参画するメーカーとともに介護接点を持つ車いすを設計、試作し、試用評価を行い実用化に結び付けた[Do8]。

4－2　概念設計の構築

２章２－５で明らかにした適合性から見た木製車いすの仕様寸法、構造概念、３章３－７で明らかにした現代の生活感覚に合わせた木製車いす設計項目と構造モデルから、木材を主素材とした屋内用車いすの概念設計を構築した。用途は屋内常用、屋内介助用ととらえている。

（1）座位保持の向上設計

座の質的向上、座位姿勢向上による木質環境のある座位保持向上設計がここの設計目標であり、屋内常用、屋内介助用共通のテーマである。これを満たすために座の構造、背もたれの構造に次の考え方を構築した。

座は折り畳み機構の無い、成形合板材を基板とした面に蓐瘡を予防する圧力分散機能を持つクッション材を内装し、ビニールレザー等耐久性のある表皮材で包む構造とする。その座はそれを保持する横板あるいは保持部から外せ、メインテナンスできる機構を持たせる。これによって蓐瘡を防ぎ、汗、匂い、汚れ等の保守、季節の変化に合わせた座をセットできると共に、今まで見られた座のたわみによる姿勢の変化を防ぐ。座面の角度は３度を基準とする。特別必要性があれば、キャスターの取り付け位置によって座の角度を全体

的に変えることも可能とする。

背もたれは、背の形に合う形状を持つ成形合板の基板面にクッション材を内装し、ビニールレザー等表皮材で包む構成とする。同様にメインテナンスの必要な時、保持板から取りはずせる構造とする。適切な背もたれ角度がセットできる構造とする。

座と背もたれは個々の身体寸法、座位姿勢に合わせられる寸法の種類および調節部を用意し、レディーメード・オーダーメードを可能とする構成とする。

（2）適合性の向上設計

屋内常用では小回りの効く、寸法的に無駄のない、できれば高さが変えれる設計、屋内介助では小回りの効く、介護しやすい座面高さを得る設計が目標である。

車幅を600mm、車長を1000mm以内に押さえ、寸法的に無駄のない構成とし、狭い通路の通過を可能とし、旋回空間量を小さくする。キャスター設置位置と後輪設置位置との距離をできるだけ短くし、小回りの効く小さな回転半径の回転を可能とする。

座面の上下は将来の課題とし、座面高さを430mm に統一し、装置、設備との主に座面基準、差尺基準での適合性の向上を計る。

肘あて（アームレスト）を近接時邪魔にならない形状とし、その下部にタイヤが位置し、タイヤの汚れを手や肘に移さない寸法構成とする。ブレーキなど突出した要素がテーブル天板下部や脚に触れない寸法構成とする。

（3）操作性能向上設計

屋内常用は屋内の移動のしやすい駆動性、屋内介助用は、屋内の移動しやすい駆動性と容易な段差越え、介助接点の用意が主な設計目標である。

冬は暖かく、夏熱くない、手の皮膚感覚に適合した木材の素材感、駆動しやすく握り易い断面形状を持つ木製ハンドリムとする。

ハンドリム操作の軽いトルク伝達による小回転動作を可能とする人－車の重心位置とし、即応性のある駆動を可能とする。

介助者の押し易いグリップの形状と寸法位置とする。段差越えのできるキャスター径とし、ハンドリム操作による前輪上げ動作、あるいは介助者の操作で前輪上げが可能な接点を設ける。

屋内床面のカーペット、畳みでの移動が可能なタイヤゴム形状、タイヤ圧とする。フットレストにゴムを巻き付け、衝撃に耐える構造とする。凸凹面を移動してもその衝撃を緩衝し使用者に影響を与えない構造とする。

操作し易いブレーキ接点を設ける。

（4）軽装性向上設計

屋内常用、屋内介助用とも軽量化、格納性が設計目標である。

重々しさを避けた無駄のない寸法、構成とし、軽量化を計る。形状と強度とのバランスの良い木製フレーム形状とする。後輪を外せ、背あてを前に畳める等、小さく収納でき、梱包、発送できる構造とする。

（5）表現性向上設計

屋内常用、屋内介助用共通の設計目標である。

成形合板の形状と強度の性質を生かしたこれまでに無い近代的な造形を計る。屋内の家具、調度と適合するインテリアの要素となる形状、色彩構成、質感とする。

使用者の要望に応えた種類、色彩豊富な座、背もたれ生地の用意をするとともに、季節の装いを可能とする。汚れや、匂い等を洗って取り除ける座部とする。

ブレーキグリップを木製にする。キャスター、後輪に木製ホイールキャップを取り付ける、木製の座部側板（スカートガード）を合板とする等、木製のイメージを高める。

全体に木質環境による心身の健康を感じさせる構成とする。

4－3　成形合板技術とその構成概念

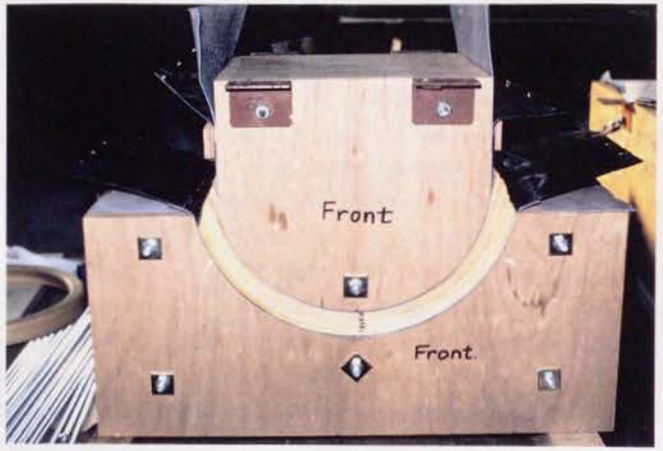
（1）成形合板技術の概要

車いすのフレーム、座部等主たる部位を成形合板技術で成形し構成する事とした。フレームの成形にはトーネット家具等にみる曲木加工技術も考えられたが、個々の材料の性質に合わせ加工しなければならず、生産性、加工精度、品質の信頼性、生産コスト、生産者の有無から、工業的に難点があり、工業的に実績のある成形合板技術を採用した。成形合板技術は型による多品種少量生産に適しており、車いすのような少量生産に向いていると判断された。

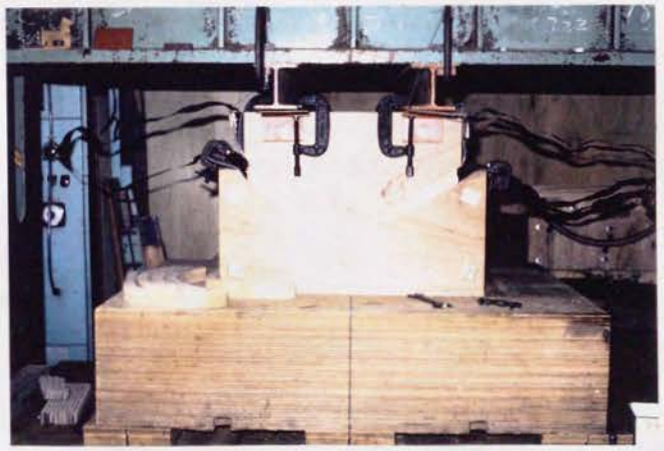
成形合板技術は[4 0 2]、ブナ、ホオ、カツラ、セン、ナラ、カバ等広葉樹を板厚1.0～2.0mm程度の単板に剥き、それを複数枚重ね合わせ、尿素系樹脂接着剤等を塗布し、木製型内で加熱、加圧接着し成形する方法であり、家具等に広く応用されている（図4－1）。表面に0.1～0.2mm厚さのジャカランダ、ローズウッド、チーク、マホガニー等の表面材を貼ることも多い。

成形圧力は10～15kg/cm² 程度が良いとされている。成形時の尿素系樹脂等熱硬化性樹脂接着剤の加熱は高周波加熱、あるいは低圧電流加熱による。前者は内部発熱、後者は発熱板の外部加熱による。低圧電流加熱による成形型と油圧プレスによる加圧事例を写真4－1に示す。写真資料は（株）高原木工所による。

図4－1　成形合板技術



成形型



加圧

写真4－1　低周波加熱による成形　　（株）高原木工所提供

尿素系樹脂接着剤の硬化後はガラス質となり、超硬刃物でないと後加工ができない難点を持つ。集成材に用いられる事の多い常温でも硬化する水性ビニルウレタン系接着剤を用い，常温で時間をかけて接着剤の硬化を待つ加圧接着方法も採れる。しかし、車いすの構造フレームとして要求に応える強度を保証できるかどうかは明確ではない。

全て縦目で接着処理した積層構成をＬＶＬ（Laminated Veneer Lumber)、縦と横に積層構成したものを一般的に合板と呼んでいる。前者は、繊維方向の強度が強く、金属パイプより小さい曲率に曲げられ、形状の展開に自由度があり、いすのフレームなどに用いられている。本開発では車いすのフレームに応用することにした。しかし、異方性が強く繊維方向と直角な方向の強度は１／１０以下である。その方向の応力成分を小さくするフレーム設計が求められる。また、１、２枚を横目に積層し、横への成分に抗する方法もある。

一方合板は、この異方性の欠点を補う性質を持ち、板材として良く利用されている。縦と横の積層数が同じであれば、両方向同じ板面強度を持つので車いすの座板、背もたれ板に応用することにした。縦横の構成数の違いによって、使用時の負荷の性質に合わせた積層構成も可能である。

成形型は、ラワン積層合板の積層によって製作することが一般的である。皿型、あるいはＶ型形状の成形であれば単方向成形プレスによる上型、下型の２型構成で成形可能となるが、直角方向まで曲げられるＵ型成形であれば、３方向成形プレスによる上型、下型、横型の割型構成が必要となる。合板板材の三次曲面成形は曲率によっては割れが入り２次曲面設計が無難とされている。

成形後の形状の仕上げ加工は、ＮＣルーター、サンダー、手押し鉋、手工具等による。一度の成形では無理な形状の成形フレームの結合にはフィンガージョイント等の接合法を採用できる。シーラーによる下地仕上げ後、木地色仕上げ、白木塗装、あるいはウレタン着色仕上げを行うのが一般的である。

（２）成形合板による構成概念

車いすを成形合板でどのように構成するかその考え方を構築した。（１）で触れたように、フレームをＬＶＬで、座部を合板で構成することとしたが、車いすの構成要素に合わせた構成の考え方は下記の通りである。

車いすの構成要素は、３章３－３（３）で示した使用者側から見た座面系、駆動系、操作制御系、構造系の４要素の考え方と、ＩＳＯの定義による作る側からとらえた身体支持システム、駆動システム、車輪、フレームの４要素の考え方があり、やや性格を異にしている。ここでは木製化技術による構成を使用者側からとらえる考え方に重点を置き、前者の構成要素をとらえた。

① 座面系

座、背もたれ、アームレスト、フットレスト、レッグサポートで構成される。座、背もたれは、4－2概念設計で示したように、合板を基板として用い、身体荷重を面内で受けさせる。アームレストはＬＶＬとし、移乗の際の負荷を曲げ強度で持たせる。フットレストは足の感触をよくするため、足の触れる面を合板で構成する。全周の縁をＬＶＬで構成する方法もある。レッグサポートは障害の種類によって必要性のない場合があり、あっても固定した考えのものではなく、ビニールレザー等の使用が多くここでは特にとりあげない。

② 駆動系

車輪、キャスター、ハンドリムで構成される。車輪、キャスターは市販の工業製品を用いる事として、木製化は考えない。競技用自転車の車輪のリムに成形合板が用いられた実績があり、必ずしも車いす用工業製品で済ませる理由は無い。今後の課題と言える。当面ホイールキャップに木材を用いて、金属のイメージを弱める事を考える。ホイールキャップの加工は木工ロクロ、あるいは木工旋盤による。

ハンドリムは、ＬＶＬとし、使いやすい断面形状と手触りを与え、積層面を外観として生かす。

③ 操作制御系

ブレーキ、ティッピングレバー、介護用押しグリップ部等で構成される。ブレーキは工業製品を用いる。ブレーキグリップを木工ロクロ加工、木工旋盤加工で木製化する。ティッピングレバーは、介護者が前輪を上げ、段差を乗り越える為に用意されたもので、必要な時ＬＶＬで構成する。介護用押しグリップ部は、背もたれの上後部に位置する。サイドフレームの延長としてＬＶＬで構成できる。

④ 構造系

フレーム、保持ベース、及びいすの構造で言う貫で構成される。フレームは両サイド同一のものが使用され、ＬＶＬとする。座や背もたれを保持するベースは、合板で構成し、両サイドのフレームをつなぐいすの構造で言う台輪、背ぬきの役割を兼ね備える。キャスター、車輪をその位置に保持させ、両サイドフレームをつなぐ座の下部の貫は、ＬＶＬで構成するか、金属パイプで構成する。

4－4 第１回設計、試作、試用評価

（1）設計、試作内容

第１回設計、試作は、成形合板技術を用いて木材で車いすがどこまで構成できるか初めて実験的に試みたものであり、1988年に設計にとりかかり、1989年8月に試作が完成した。

完成車いすの外観を写真4－2、設計図を図4－2、仕様寸法表を表4－1に示す。

① 使用対象者

自力で車いすを操作できる人を対象とした。障害の種類、程度としては、脊髄８（C_8）より上が残存している脊髄損傷者、中度以下の脳性麻痺者、中度以下の関節障害者が相当する。用途は屋内常用とした。

② 車いすの概要

a）駆動系の構成要素である後輪、キャスターを除いたハンドリム、座面系を構成する座、背もたれ、アームレスト、フットレスト、構造系を構成するフレーム、座、背もたれの保持ベース（台輪）、背もたれ部のかさ木、座の下部の貫を成形合板で構成した。心用材料はブナ単板ｔ1.5mmを用い、表面用材料はチーク単板ｔ0.4mm を用いた。操作制御系としては、ブレーキのグリップをブナで木製化し、介助接点は設けなかった。積層構成は、全て縦目で処理したＬＶＬを、フレーム、フットレスト保持部、アームレスト、ハンドリム、貫とし、合板を座、背もたれ、かさ木、保持ベース（台輪、背ぬき）とした。ハンドリムのみｔ3.0mmのブナ単板を用いた。

b）強度的裏付けのないまま、フレームの断面寸法を24×24mmとし、同様にハンドリムの断面寸法をφ24mmとし、現在の車いすの金属フレームに近い断面寸法を選んだ。

c）平面上の大きさは、屋内での移動のし易さ、装置、設備との適合性を考え、小回りの効く、寸法的に無駄のない幅600mm、長さ900mmに押さえた。

360度回転の最小旋回直径は、ＪＩＳ中型車いすで標準的に求められた値より15パーセント小さい約φ1,200mmになった。

d）ＪＩＳ中型車いす寸法を参考に、身体寸法との関係で決定される座幅は400mm、座の奥行きは400mm、座の原点からの肘（アームレスト）高さは200mmとした。 座と背もたれ各度は軽作業姿勢をもとに設定した。座の各度は３度、背もたれ各度は112度とした。

e）座、背もたれは成形合板を基板とし、ウレタンフォームとクロスで縫製し、座部の質を向上させた。座面の高さはクッションを含む座の着座重心位置で430mm になるようにフレーム位置寸法、クッション厚さを計画した。フレームの車いす寸法基準点高さは400mm，座の先端フレーム高さは425mmとしている。これによって装置、設備との適合性を向上させた。

写真4　2　外観（1号機）

表4－1　仕様寸法表（1号機）

外形サイズ	L900　W600　H740mm
重量	12kg(118N)
座面高	フレーム原点 400mm：シート原点 430mm
座面幅	400mm
座面奥行き	400mm
背もたれ高さ	シート原点から310mm
背もたれ角度	115°
膝下長さ	380mm
アームレスト高	シート原点から200mm

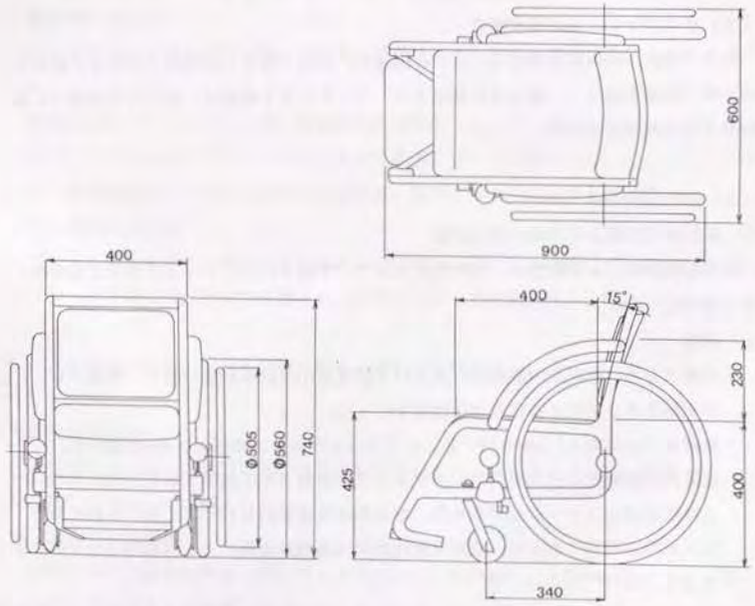


図4－2　設計図（1号機）

f）フレーム相互を連結するいすの構造で一般的に呼ばれている「貫」、「台輪」「背ぬき」「かさ木」は、車輪を取り付ける位置のＬＶＬで構成された矩形形状のフレーム（貫）、合板の背もたれ保持板（背ぬき）と両サイドフレームを上部で連結する合板の（かさ木）、及び両サイドフレームにそれぞれ取り付けられた座保持部に連結された合板の座板（台輪）がその役割を担った。

g）収納のための背もたれの折り畳み、後輪の取り外しは考慮できなかった。

h）後輪、キャスターは、成形フレームに穴を空け、ネジで直接取り付ける方法を取った。そのため、穴には真鍮製金属インサートを入れ、直接動的負荷を木材に与えず、金属軸による木材の劣化を防いだ。

i）レッグサポートは、「貫」である座面下部の矩形成形フレームの前部を共用させた。

j）総重量は約12kg(118N)であり、ステンレス製標準車いすの重量より5～6kg(50～60N)軽減し、アルミ製車いすと同等の重量になった。

（２）サイドフレームの基本構成

サイドフレームの基本構成は、いすの構造でいえば「ぬき１段構成」である。座のたわみを防ぐ効果を持つ。一体で成形構成され、フットレストの曲げ、背もたれの曲げに強い、駒を入れた連結部を持つ。

（３）生産条件

① 成形合板技術とその他の木工技術

成形合板技術による製作は、大学内木工房で、手動プレス、クランプ等手工具を用い、手工作で行った。

a）成形

・自動プレス、高周波加熱装置、あるいは低電流加熱装置が無いので、手動プレス、及び手動クランプによる常温加圧接着を行った。

・素材はブナ単板ｔ1.5mmを用いた。ハンドリムのみブナ単板ｔ3.0mmを用いた。

・接着剤は酢酸ビニール樹脂エマルジョン系接着剤（木工用ボンドＣＨ18）を用いた。この接着剤はフラッシュパネル等、家具部材の接着剤としてよく使用されており、後加工処理が容易であるが、成形合板技術では高周波加熱による急速熱圧冷却が必要とされている[A02]。

・プレス型はラワン積層合板を木工用ボンドで積層接着し、図面をもとに加工し製作した。サイドフレームは手動クランプによる一本取りの型で成形した。常温加圧接着で接着剤が乾くまで約48時間要した。接着剤の塗布は一枚毎両面に塗るのが工業的に常識であることが後で分かったが、ここでは片面のみの塗布で行った。加圧力等は計測しておらず、定量的な生産条件は得ていない。

・フレームの駒の材料は、チーク(ソリッド)を用い、バンドソーで挽き木工用ボンドで挿入接着した。

・ハンドリムの成形は曲木加工とＬＶＬ成形を組み合わせた曲輪積層とした。ｔ3.0mmの単板を沸騰した湯で温め柔らかくし、一巻毎両先端をテーパー上に薄くし重ね、輪をつくる。接着剤を塗布しながらその重なり部分をずらせ巻作業を繰り返し所定の厚さにする。木型にそれを載せ、複数の手動クランプを円周上に等角度に配置させ、型に押し付けながら木工用ボンドで全面同時加圧接着し固定する。この方法は秋田の曲げわっぱ製作技法を応用したものに近いと考えられる。クラフト的技法であり、工業的な手法とは言えない。ＬＶＬによる加工であれば、例えば全周を３分割された部材ををフィンガージョイント等による接合によって一体に構成する事ができるが、大学の工房では設備が無くその製作方法は採れなかった。

b）成形後の後加工

・仕上げ加工は手押し鉋盤切削、手鉋仕上げ削り、サンドペーパー（180→240番)による。

・表面処理はポリウレタン処理、無着色仕上げであった。この場合ウレタンサンディングシーラーを３回、ウレタンフラット７分艶消しを１～２回行った。

・チーク表面用材（0.4mm)は背もたれの後面、及びアームレストの上面に用いた。

c）その他の木工技術

・フットレストはラワン積層合板を母材として用い、加工した表面にチーク材を貼った。

・ブレーキグリップはブナ球を購入し、透明クリアーで表面処理をし用いた。

以上、１号機に応用した木工技術を表４－２にまとめ示す。

②外注及び購入品

・軸受けカラー等の金属部品製作は外注し、キャスター（4"ウレタン）、後輪（22"×1・3/8W0）、ブレーキは購入した。

③座、背もたれ縫製加工

・いす張り替え業者へ外注した。ウレタンフォームを内装し、上貼り材料をライトグレー色のクロスとして縫製した。

表4－2　1号機　成形合板技術・その他の木工技術

成形材料	心用材料	ブナ単板t1.5mm
	表面用材料	チーク単板t0.4mm
	ハンドリム材料	ブナ単板t3.0mm
	接着剤	酢酸ビニール樹脂エマルジョン系接着剤(木工用ボンドCH18)
	プレス型材料	ラワン積層合板を木工用ボンドで積層
	フレーム駒材料	チークソリッド
成形	成形方法	手動プレス及び手動クランプによる常温加圧接着
	成形加圧時間	48時間
	成形材料取り	サイドフレーム　一本取り
	接着剤の塗布	単板毎片面塗布
	ハンドリム成形	曲輪積層
	駒入れ	チークをバンドソーで挽き木工ボンドで接着
仕上	仕上げ加工	手押し鉋切削、手鉋仕上げ削り、サンドペーパー(180-240)
		ハンドリム:ロクロ加工
	表面処理	ポリウレタン処理、木地色塗装
	表面用材処理	チークを背もたれ後面、アームレスト上面に貼付
	その他木製部品	フットレスト　：母材・ラワン積層合板、表面材・チーク貼付
		ブレーキグリップ：ブナ球(購入) 透明クリアー処理

（4）試用評価

試作後、宮城県心身障害者福祉センター（小川泰治所長）内生活訓練室で、障害者2人による試乗調査を行った。1人は当センターで生活訓練を受けている電動車いすを使用する在宅の重度の脳性麻痺者、1人は併設の授産施設啓生園に通園し、バスケットもこなす自力操作可能な脊髄損傷者であった。

前者の場合、座位が保てず前にずれ落ち、座幅、座の奥行き寸法、座面角度、背もたれ角度、フットレスト位置が適切ではなく使用は不可能であった。重度の障害者の座位保持は、個々の障害のレベルに合わせて条件設定されなればならず、もともと無理があった。

後者の場合、自力操作可能で、車いす操作に慣れており、座位保持は可能であったが、後輪の車軸位置が本人の好む位置より後方にあり、前輪上げができず駆動も重い。更に座、背もたれが硬い、フットレスト、ブレーキレバーの位置が適切でない等の問題点が出され

た。また、木製ということが気になって傷つけてはいけないという心理が働くとの意見が出され、木製化車いすは、車いすに慣れた人には直ぐにはなじめないものであることが判明した。

以上の試用結果が示す様に、この第一回の試作車いすは、使用できるレベルに無いことが判明し、実際の車いす使用者の身体条件、要求に合わせたものにすることを求められた。

（4）考察

第1回の試作は、実際の使用者に沿ったものでなく、実用には多くの問題点を示したが、成形合板技術を応用することで、車いすの木製化は十分可能であることを見いだした。そして、ここで生み出した成形合板部品による構成方法は、車いす木製化の基礎となる設計要素を与え、木材固有の性質を生かすインテリア性のある構成につながる事を証明した。

対外的には、1989年度日本リハビリテーション工学協会主催第1回福祉機器コンテストで優秀賞を得た[1015]。使用者からのアプローチによる本格的な実用化の研究を求められた。本試作は、その意味から木材を主素材とした車いす開発の出発点となった[1016]。

4－5　第2回設計、試作、試用評価

（1）設計、試作内容

第1回試作結果を踏まえて、自力操作可能な車いす使用者を選び、本人の障害のレベル、身体能力、身体寸法、自宅の住環境に合わせた車いすの設計、試作と試用評価を行った。設計、試作は1990年に行われた。

完成車いすの外観を写真4－3、設計図を図4－3、仕様寸法表を表4－3に示す。

① 試用対象者と住まい

試用対象者は、仙台市内にある身体障害者福祉工場、萩の郷工場に自宅から車で通勤し、印刷関係の製造課長として勤務する、バスケットを愛好する脊髄損傷者、男性、42歳であった。自宅は、健常者のご両親と妻の4人暮らしで、車いす使用者は彼のみである。住宅は平屋であり、夫婦寝室、トイレ、風呂、洗面所、食堂とそれをつなぐ廊下は車いすの使用が可能なように改造されており、健常者と共同生活できる条件になっていた。住宅内で日常使用している車いすはスポーツタイプであり、通勤に用いている車いすとは別に用意されていた。スポーツタイプは　軽くて小回りが効き愛用しているとの意見であった。

② 車いすの採寸

仙台の車いすメーカーの営業担当者（脊髄損傷者で車いすを使用）の協力で、車いす処方箋に沿って、試用対象者の車いす採寸を行った。座幅400mm、座の奥行き400mm、フットレ

後輪の化粧

写真4　3　外観（2号機）

表4－3　仕様寸法表（2号機）

外形サイズ	L948　W603　H760mm
重量	15kg(147N)
座面高	フレーム原点　410mm ；シート原点 430mm
座面幅	400mm
座面奥行	400mm
背もたれ高	シート原点から350mm
背もたれ角度	115°
フットレスト長	400mm
アームレスト高	シート原点から200mm

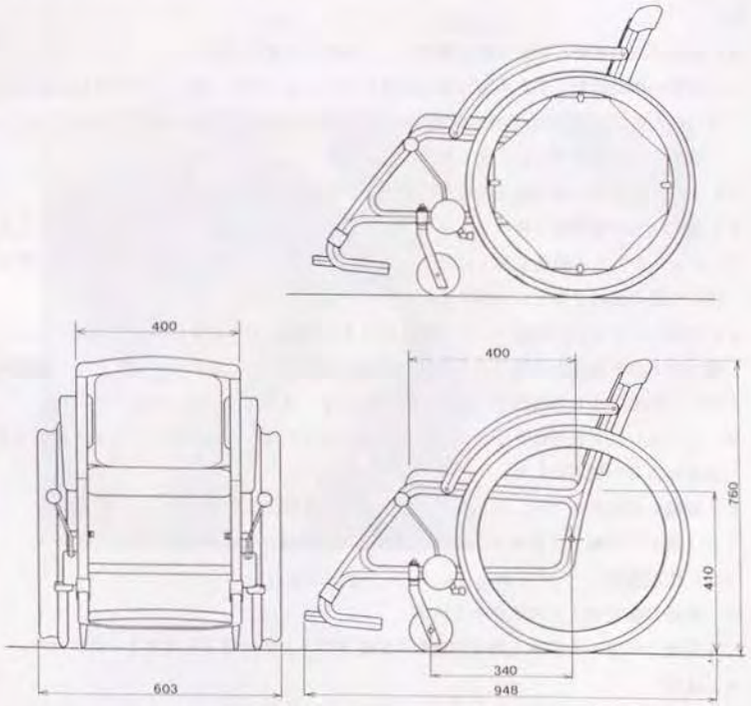


図4－3　設計図（2号機）

ストまでの膝下長さ400㎜、座面角度３度、背もたれ角度115度、アームレスト高さは座原点から200㎜であった。着座重心位置の座面高さは430㎜で第１回と同じ設定とした。採寸寸法は標準的な値であると判断された。

③　車いすの概要

第１回試作からの改良点、変更点は次の通りであった。

ａ）木材成形フレームの断面寸法を24×24㎜から30×30㎜に変更した。後輪部のφ12㎜の車軸を成形フレームに軸穴を空け、直接差し込んで取りつける方法を行うには、成形フレームの強度が問題になる。24×24㎜では穴径に対し部材厚が薄く、切り欠き応力に弱く、美観上からも細く弱い印象があるとの判断から30×30㎜に変更した。この断面寸法は、この年開始した木材成形フレームと金属パイプとの加圧破断強度試験（５章５－４）から、30×30㎜が信頼性があり、24×24㎜では信頼性が薄いとの結果が見いだされ、裏付けられた。

ｂ）成形合板の素材、要素別積層構成は、１号機と同様に計画した。

ｃ）後輪の車軸位置を着座の身体重心位置に近づけると共に、背もたれを後方に後方に傾け、座面角度を115度とした。前輪あげが可能な駆動操作の軽さを持たせた。バスケット等スポーツタイプによく見られる仕様である。

ｄ）ブレーキレバーの寸法を伸ばし、使用者の使いやすい位置にした。

ｅ）座に圧力分散機能を持つテンパーフォームを内装し、蒸れになりにくい構成とした。

ｆ）フットレストの位置を前方に出し、足の保持を楽にさせた。レッグサポートは前回と同じ下部の成形フレームの貫を利用した。

ｇ）木製ハンドリムの後輪リムへの取り付けを、直接リムへ直接接着する方法とした。後輪へのトルク伝達が容易なハンドリム断面形状を与えた。この形状決定には、発泡スチロール模型による各種形状の検討を行っている。（写真４－４、図４－４参照）

ｈ）アームレストの下にタイヤが隠れ、木製ハンドリムに手が触れるのみで、タイヤの汚れを写さない構成にした。

ｉ）後輪にクロスを付け、自己表現、遊びのできる接点を設けた。

ｊ）「貫」「台輪」「背ぬき」「かさ木」は、１号機と同様の構成であった。

（２）生産条件

①　成形合板技術とその他の木工技術

１号機と同様に大学木工房で実験的に成形を行う。その様子を写真４－５に示す。

ａ）成形

成形方法は第１回の成形と大きな違いは無いが、フレームを２本取りにして効率を上げた改良を加えた。

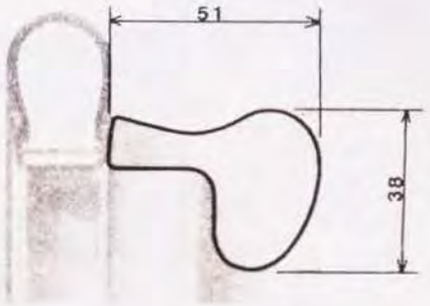


図４－４　ハンドリム断面図

写真４－４　ハンドリム操作

写真4－5　製作風景（2号機）

・心用材料はブナ単板、板厚t1.5mmを用いた。 ハンドリム材料はタモ（ヤチダモ）単板を用いた。板厚t6.0mmと厚くし、1号機より曲輪積層の際の曲げ巻き数を減らした。表面用材料はチークから試みにチークより色の濃いローズウッド単板、板厚 0.4mmを採用し用いた。

・成形設備は手動プレス、手動クランプによる。

・成形型はラワン積層合板の積層による。フレーム関係の成形は、2本取りの型によって行った。

・成形条件は常温加圧接着による。接着加圧時間は1号機と同様に48時間を要した。・接着剤は第1回と同じ酢酸ビニール樹脂エマルジョン系接着剤を用いた。

・ハンドリムの成形のみ前回と同じ曲木加工とLVL成形を組み合わせた曲輪積層手法を行った。

・駒の素材はローズウッドのおが屑をアラルダイトで接着し用いた。

b）後加工

・仕上げ加工は手押し鉋盤切削、手鉋仕上げ削り、サンディング仕上げによった。

・ハンドリムの断面形状の仕上げ加工は、ロクロ加工によった。

・表面処理はポリウレタン処理、木地色塗装で、仕上げ工程は1号機と同じであった。

・表面用材のローズウッドは、1号機と同様に背もたれ後部、アームレスト上面に貼った。

c）その他の木工技術

・ブレーキグリップは、シュリ桜製の球を購入しアルステイン着色を行ったものを用いた。

以上2号機に応用した木工技術を表4－4に示す。

② 外注および購入

・金属部品加工は外注による。

・車輪（22"×1・1/4W0）、キャスター（4"ウレタン）、ブレー キを購入した。

③ 座、背もたれの張り加工

・いす張り替え業者に外注

・座の内装材は圧力分散機能を持つテンパーフォームを使用。

・座と背もたれの上貼り材料は使用者の選択にまかせ、ウォームグレーの椅子用クロスが採用された。

表４－４　２号機　成形合板技術・その他の木工技術

成形材料	心用材料	ブナ単板ｔ1.5mm
	表面用材料	ローズウッドｔ0.4mm
	ハンドリム材料	タモ単板ｔ6.0mm
	接着剤	酢酸ビニール樹脂エマルジョン系接着剤
	プレス型材料	ラワン積層合板の積層
	フレーム駒材料	ローズウッドのおが屑
成形	成形方法	手動プレス及び手動クランプによる常温加圧接着剤
	成形加圧時間	48時間
	成形材料取り	サイドフレーム２本取り
	接着剤の塗布	単板毎片面塗布
	ハンドリム成形	曲輪積層
	駒入れ	ローズウッドのおが屑をアラルダイトで接着
仕上	仕上げ加工	手押し鉋切削、手鉋仕上げ削り、サンディング仕上げ ハンドリム：ロクロ加工
	表面処理	ポリウレタン処理、木地色塗装
	表面用材処理	ローズウッドを背もたれ後部、アームレスト貼付
	その他木製部品	フットレスト：母材 ラワン積層合板、表面材 ローズウッド ブレーキグリップ：シュリ桜球(購入)　アルステイン着色

（３）試用評価

試用対象者の自宅で約一カ月半に渡って試用評価を行う。試用状況を写真４－６に示す。その結果、構造的な欠陥はほとんど見られなかったが、試用者より、常時室内で用いているスポーツタイプ車いすと比較した下記の意見が出された。

①　試用者の感じた問題点として

ａ）キャスターは４インチのスポーツタイプでは、絨毯、廊下、風呂などの移動で思った性能が出ない。堅牢で、性能の良い５インチの標準タイプキャスターが望ましい。

ｂ）座に内装したテンパーフォームは普段愛用している無圧マットに比べ硬い感じがする。

ｃ）ハンドリムは、普段使い慣れた円断面形状の方が慣れていて使いやすい。

ｄ）後輪の直径は、試作車の２２インチより使い慣れた２４インチの方が使いやすい。

ｅ）スポーツタイプの車いすに比べ、小回り性が落ちる。

個室から食堂への接近

食卓テーブルとの関係

洗面台との関係

便器への移乗

写真４－６　使用状況

f）足台が低く、スリッパ等床に在るものを引っかけてしまう。

g）夜、仕事で帰ると、わざわざ木製車いすに乗り移るのがおっくうになる。

② 試用者の感じた効果として

a）車いすで使用できる様に改造した洗面所、トイレ、風呂へのアプローチ、操作接点との適合性が向上した。

b）家族全員が集まり食事する食卓テーブルでは、テーブル奥まで近接でき、料理に届き、差尺も適切であり、使いやすい位置を確保できた。

c）インテリアとしては申し分なく満足を得た。

③ その他気になる点

a）壁面、家具への接触による木製部の表面に傷が何カ所か見られた。傷が目立たない表面処理、補修などの考え方を持たせる必要がある。

b）フットレスト等にはバンパーになるショックアブゾーバーを付ける必要が在る。

（4）考察

以上の設計、試作、試用評価の結果、次のことが考察された[Dt1]。

① 強度面では、フレーム断面寸法の24×24㎜から30×30㎜への増加によって、実用上成形合板による木製でも十分対応できる感触を得たが、金属部品と木製部との結合要素設計に緩み、若干の亀裂の発生等課題を残した。

② 車いす操作に熟練し、スポーツタイプ車いすの使用にも慣れている自力操作可能な障害レベルの人には、インテリア性はともかくとして、操作性の良い機能的な車いすが強く求められている。それに対して、この車いすは静的な性格が強く、不満が見られた。慣れや、生活習慣の切り替えによって使用できるものになると考えられるが、他の素材との組み合わせによる機動性のある軽快な、木材の性質もある車いすの開発が課題である。

③ 上記の結果から、屋内での静的な生活時間の多い高齢者、重度の障害者には、木材の車いすは適していると推測された。介護接点があり、座位が保持でき、構造的に堅牢で、かつ暖かみのある車いすの開発が今後の課題として生まれた。

④ 以上より、木製車いすの今後の実用化に向けた開発は、当面、介護を必要とする高齢者に対象を絞る事が良いと推測された[Dt2]。

⑤ 住宅内での便器、洗面、家具など装置、設備との寸法的な適合性は、満足いくものに

なった。同様にインテリア性も良好であり、この点にかんする当初のねらいは満たされたものになった。

4－6　第3回設計、試作、試用評価

（1）設計、試作内容

木製車いすは、主に介護を必要とする高齢者に要求が高く、実現性が高いとの推測から、介護接点を持つ屋内用車いすの設計、試作と試用評価を行った。ここで言う車いすは、屋内常用と屋内介護用の接点に立つ中間的なものととらえた。設計、試作は1991年に行った。

完成車いすの外観を写真4－7、設計図を図4－5、仕様寸法表を表4－5に示す。

①　試用対象者とその背景

（財）仙台市医療センター、老人保健施設、茂庭台豊齢ホーム（仙台市太白区茂庭台2-16-10：佐々木清治事務長）の入所高齢者を対象にした。障害は片麻痺、痴呆、筋力低下白内障等であった。老人保健施設は、病院退院後自宅に戻って生活ができるように、生活リハビリテーションを行う施設として作られている。障害の重度化、自宅で介護する人がいない、あるいは車いす、つえ等の使用のできる自宅の改良ができていない等の受け入れ体制の不備等の理由から半年では自宅に戻れない高齢者が増加し、収容施設の色彩も出て来て、本来の目的通りには運用ができない状況に立たされている。

車いすは、施設設立時に購入した安価で、かつ多くの人が使用できる様に大きめに設定されているＪＩＳ大型車いすが使用されている。この車いすは、高齢者には大きく、ハンドリムを回転させるには、腕を大きく広げる必要があり、無理な姿勢をとらされていた。そのため本車いすでは、ＪＩＳ中型車いす寸法を参考に、座面幅を400㎜、座面奥行を400㎜、膝下長さを380㎜とした。座面高さは430㎜、背もたれ角度は115度とし軽休息姿勢を取らせる事とし、多くの高齢者に適応できる標準型を目指した。

②　車いすの概要

設計、試作した車いすの概要は次の通りであった。

a）前年の材料試験の結果（第5章参照）より、木材成形フレーム断面寸法が30×30㎜であれば、ほぼ金属パイプと同等、それ以上の強度が得られることが推測されたので、その断面寸法に統一した。

b）心用材料はブナ単板の板厚ｔ1.5㎜、ハンドリムはタモ板厚ｔ6.0㎜とした。表面用材

写真4－7　外観（3号機）

表4－5　仕様寸法表（3号機）

外形サイズ	L972　W604　H800mm
重量	15kg(147N)
座面高	フレーム原点　410mm ： シート原点 430mm
座面奥行き	400mm
背もたれ高さ	シート原点から350mm
背もたれ角度	115°
フットレスト長	380mm
アームレスト高	シート原点から200mm
手押しグリップ高	床面から800mm

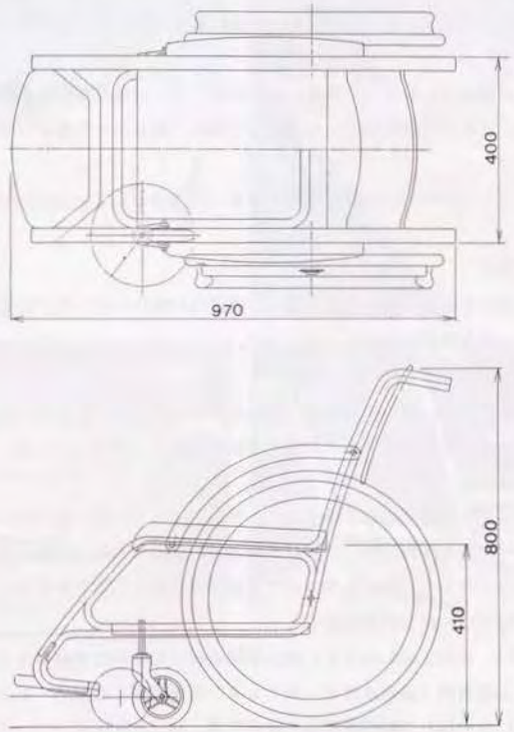


図4－5　設計図（3号機）

料はチーク単板t0.4mmとした。接着方向と部材との関係はこれまでと同じであった。

c）サイドフレームの後部先端に介護者の手押しグリップを設け、これまでの背の「かさ木」を外した。これによる強度的弱点を補う為に、座の保持部を合板とし、サイドフレーム相互を連結し「台輪」としての役割を担わせた。これによって、座、背もたれ共、合板の保持部に支えられる構造に統一された。

d）座、背もたれにはテンパーフォームを内装し、ウォームグレー系のクロスで上貼りを行った。座面保持部から外せる構造とした。

e）フットレスト部は、後ろに畳める構造とし、移乗時の足元を空けられる構造にした。

f）キャスターは5インチの性能の確かな標準仕様のものを選び、移動の性能、段差ごえの性能をはかった。チーク材の木製のホイールキャップをつけ、表情を高めた。

g）ブレーキ取り付け位置をアームレスト脇に変更し、ブレーキの取り付け、操作性の向上を計った。

h）後輪の車軸位置を着座の身体重心位置に近づけ、前輪持ちあげが容易な条件を持たせるために、前年と同様に背もたれを後方に傾け、背もたれ角度を、軽休息姿勢のとれる115度とした。

i）サイドフレームの形状は前回と同じぬき一段構成としている。

（2）生産条件

基本的には前年と同じ条件で大学工房で実験的に試作を行った。前年の改良点は次の通りであった。製作風景を写真4－8に示す。

① 成形合板技術とその他の木工技術

a）接着剤の塗布を、前年の単板毎片面塗布から両面塗布に変更し、接着強度を向上させた。これによる成形合板部材強度の向上は強度実験（5章5－3、5－4参照）によって証明された。

b）成形は同様に実験室的に手動プレス、手動クランプを用い行われたが、木製型から成形された部材をとり外す際、型離れが接着剤の横漏れの為に困難になっていたが、型の内面に滑面のガムテープを貼ることで、型離れが良くなることを突き止めた。

接着加圧時間はやはり48時間要した。

c）接着剤は、後加工がしやすく、構造用集成材に用いられ実績のある水性高分子・イソシアネート系接着剤（通称水性ビニルウレタン系接着剤：商品名・ピーアイボンド）を用いた。乾燥にはやはり48時間を要した。

d）表面処理はこれまでと同じとした。表面用材料のチークは同様に背もたれ、アームレストに貼付した。

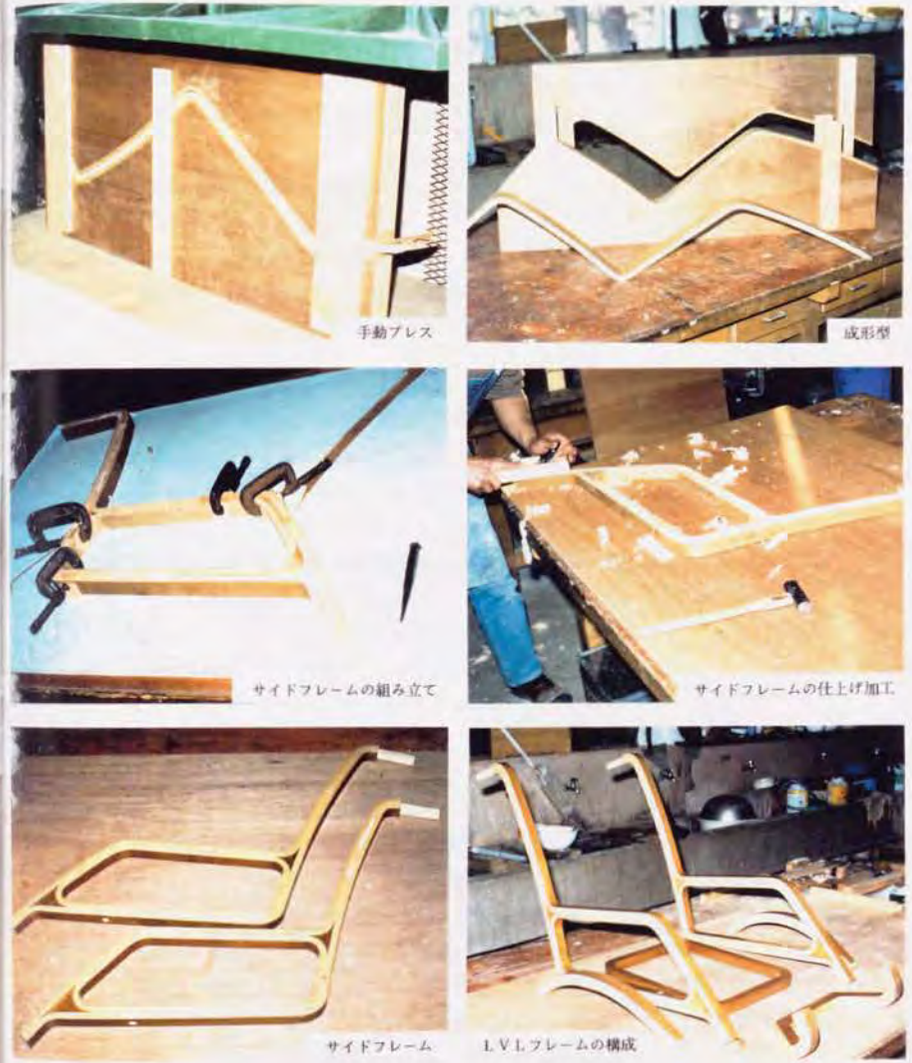


写真4－8　製作風景（3号機）

e）表面仕上げは過去２回と同様、手押し鉋盤切削、手鉋仕上げ、サンデングによる。

f）駒の素材はチーク（ソリッド）をバンドソウで挽きアラルダイトで接着した。

g）チーク製ホイールキャップの加工は、ロクロ挽きとした。

以上３号機に応用した木工技術を表４－６に示す。

⑵　その他

a）金属加工、及び座、背もたれの貼り加工は前回と同様であった。

b）購入備品はキャスター（5"カーボン入り）、後輪（22"×1・1/4W0）、ブレーキである。

表４－６　３号機　成形合板技術・その他の木工技術

成形材料	心用材料	ブナ単板 t 1.5mm
	表面用材料	チーク単板 t 0.4mm
	ハンドリム材料	タモ単板 t 6.0mm
	接着剤	水性ビニルウレタン接着剤(商品名:ビーアイボンド)
	プレス型材料	ラワン積層合板を木工ボンドで積層：成形面ガムテープ貼付
	フレーム駒材料	チークソリッド
成形	成形方法	手動プレス、手動クランプによる常温加圧接着
	成形加圧時間	48時間
	成形材料取り	サイドフレーム　２本取り
	接着剤の塗布	単板毎両面塗布
	ハンドリム成形	曲輪積層
	駒入れ	手動クランプによりサイドフレームと共締め
仕上	仕上げ加工	手押し鉋切削、手鉋仕上げ、サンディング仕上げ
		ハンドリム：ロクロ加工
	表面処理	ポリウレタン処理、木地色塗装
	表面用材処理	チークを背もたれ後面、アームレスト上面に貼付
	その他木製部品	フットレスト　　：母材 ラワン積層合板、表面材:チーク貼付
		ブレーキグリップ：シュリ桜球(購入) アルステイン着色
		ホイールキャップ：チーク材のろくろ加工

（３）高齢者施設での試用評価

老人保健施設、茂庭台豊齢ホームで、作業療法士２名の協力を得て、７人の入所高齢者による試作車の試乗テスト及び３ケ月の長期試用テストを行った（写真４－９参照）。

① 調査内容

ａ）移乗動作、走行動作、作業動作、休息動作における車いす各部位の寸法、形状、機能について調査を行った。

ｂ）車いすの木質、色彩の印象、試作機の印象について意見を聞いた。

② 高齢者の障害の種類、年齢

障害の種類は、変形性膝関節症３名（右片麻痺１名）、筋力低下２名、痴呆１名、白内障１名であった。平均年齢は８１歳であった。

③ 試乗テスト結果

障害の種類別の意見、介護者から見た意見、心理面での意見は次の通りであった。

ａ）片麻痺者

片側の手足が麻痺によって動かないので、一方の使える片手によるハンドリム回転動作、片足の床への蹴りによる移動動作による走行を行う。そのため、開発された車いすのようにフットレストの支持部が連結され、それ以上足を中に踏み込めない構造では足の蹴りによる移動が困難である。

ｂ）痴呆者

アームレストとハンドリムが同じ色彩、質感を持ち、それぞれを区別して認知することが困難である。アームレストをハンドリムと間違えて回転動作をする症例があった。また、木材の色彩や質感は、対象をぼんやりさせる傾向があり、形態の認知には、色彩構成が重要な要素である事を見いだした。

ｃ）筋力低下者

ベッドや便器から車いすへの移乗動作の際、アームレストに手を添えて動作する事が多いが、アームレストの形状が円弧状の場合、手が届くまでの距離が遠く、手掛かりになっていない。手前まで手掛かりが伸びた矩形等の形状が望ましい。

ｄ）障害の種類を問わない場合

115度の背もたれ角度は、高齢者に後ろに倒れそうな不安感を与えている。また、前進駆動の場合、スティックスリップのような前輪持ち上現象がたまにみられた。この軽休息姿勢は、高齢者の日常動作には不向きな角度といえる。

ハンドリムは握り易く、軽い走行感があり、気に入っている。

ｅ）介護者である作業療法士から

高齢者をベッド等との移乗の場合、前述の通りフットレスト部が邪魔になり、介助足

食卓テーブルとの関係

テーブルへの接近

介助者との関係

写真４－９　入所高齢者試乗テスト

を高齢者に近接できず、移乗させにくい。

高齢者を乗せ、移動させる時、背もたれ角度が大きいので、背もたれにかかる体重成分が大きく、前輪が浮き上がる現象が見られた。適切な背もたれ角度とは言えない。

f）心理面の意見（高齢者、作業療法士）

身体的に優しそう。家庭的である。

木材の白木の色彩のみによる構成は、全体にぼんやりした印象を与え、各部の構成を不明確にしている。

④　長期試用テスト結果

当ホームで約3カ月間、試作車いすをいろいろな高齢者に使用してもらい、長期試用による問題点を探った。その結果次の事が判明した。

a）後輪の車輪の取り付けは、成形合板フレームに穴をあけ、フレームに直接車軸を差し込み固定する要素設計にしているが、穴の中心線上にある成形合板の接合面の繊維方向に、接着はがれが生じていた。

b）ネジ、ボルト等によって部材を結合しているが、ゆるみの箇所が見られた。緩みの生じにくい要素設計が求められた。

c）移動時、接触による木部の表面損傷が見られた。表面処理方法の追求、バンパー等の付与が求められた。木部が傷つくのは避けられないので、補修など使用に関わる保守設計が求められた。

d）木製車いすは優しく、移動も従来の車いすより楽であるとの意見が多く聞かれ、良い印象を持たれた。また介護する作業療法士、施設管理者からも木製化は望ましい在り方との感想を頂いた。

⑤　設備との適合性評価

学生を車いすに乗せ、施設内のトイレ、洗面所、ベッド、食卓テーブル、電話機、流し台等の関係を調査した。施設の設計計画は、車いす使用者に合わせた建築標準化設計仕様に沿って計画されていた。車いすの座の高さの設定、差尺の設定は、計画通り使いやすい関係が見られ、適合性の向上が計れている事が判明した。その様子を写真4－10に示す。

（4）住宅周辺や、施設周辺の屋外試用評価

屋内の使用の設定とはいえ、自宅内の土間、庭や周辺、あるいは施設内の玄関ロビー、庭やその周辺で使用することも予想される。いわば内、外の境界空間といえる。その場は、タイル、コンクリート平板ブロック等が敷かれており、設置面からの振動を受ける場合が

食卓テーブルとの関係（テーブル高さ700㎜）

流し台との関係（蛇口高さ1,000㎜）

電話台との関係（ダイヤル中心高さ900㎜）

洗面台との関係（台の高さ700㎜）

便器との関係（便座高さ400㎜）

写真４－１０　適合性のチェック

多い。試みに学生、作業療法士を使用対象モデルとして、ベンチのある仙台市郊外の住宅周辺の歩道、先の高齢者施設での定性的な試用評価を行った。試用状況を写真４－１１に示す。その結果次の事が明らかになった。

① 木製車いすは住宅地でも違和感無く調和した印象を与える。歩道にあるベンチにかける人との語らいにも相応しい意匠性をもつことが分かった。

② キャスターの大きさを５インチにした結果、このような場にも移動が可能である事がわかった。特にタイルや平板ブロックの床面は移動可能である。高齢者施設の中庭にあるコンクリート平板ブロック面の走行も可能であり、介助者が押しながら、高齢者を中庭に連れて行くことも問題無いことが判明した。

一方、美術館、博物館等の公共建築物の玄関前ホールや、施設内のロビーでの木製車いすの意匠性を検討した。その様子を写真４－１２に示す。美術館の暖色系の建築でも、博物館のグレー系の建築にも適合することが判明した。特にグレー系の色彩環境では、木製車いすの造形は確かなものに写っている。また、先の高齢者施設内ロビーの応接家具とは、同じ成形合板を用いており、車いすがその場に同化し、車いすとして意識されない特徴を示している。

（５）考察

以上の設計、試作、試用評価の結果、次の事が考察された[1Dt31]。

① 主に高齢者を対象とした木製車いすは、実現性が高いとの感触を得た。比較的良い印象が持たれた。

② 背もたれ角度は高齢者には95°程度の軽作業姿勢レベルが望ましく、背もたれ角度を115°まで傾け、後輪軸を前に出し、前輪あげの楽な、軽い移動性能を持たせようとする設計手法は考え直さねばならない。

③ フレームに直接、車軸を取り付ける要素設計は、木部の強度的劣化を招き、望ましくない。木製部品と金属部品との確実な結合要素設計が課題である。

④ 移乗の際の高齢者、介護者の動作から、一つは体の支えの補助となるアームレストの形状検討、一つは、車いすに深く近接できるデッドスペースの無い足元の空間処理の検討が課題である。

⑤ 車いすの色彩構成、質感などは高齢者の加齢現象に合わせ整える必要があるが、個々の要求に沿って応えられる生産手法が求められる。

⑥ 装置、設備との適合性は望ましい関係が得られた。

⑦ 内、外の境界の場でも、十分使用ができる可能性を持ち、意匠性も適合していることがわかった。

住宅前歩道（仙台市郊外）

住宅前ベンチコーナー（仙台市郊外）

浅庭台豊齢ホーム中庭

写真４－１１　住宅及び施設周辺使用状況

宮城県立美術館

仙台市博物館

茂庭台豊船ホーム内ロビー

写真４－１２　空間との意匠性検討

⑧　対外的には本試作車いすは、第１回札幌国際デザインコンペ（1992･3）で佳作入選し、その考え方、意匠は評価を受けた[10]。

（６）個別生産手法の考え方

本研究の目的の一つとして、地域でそこに住む障害者に地域の作り手が応える生産手法を見いだすことがある。そのためには、障害者の個々の要求に応えて、部品加工、組み立て調整ができる個別生産の考え方が追求されなければならない。高齢者を対象としたこの車いすの開発から次の事が明らかになった。

本提案車いすは、フレーム、座、背もたれを型による成形技術によっているので、障害者個々の要求に応えるには以下のレディーメードの手法が適切であると考えられる。

図４－６に示すようにａ：サイドフレーム、ｂ：横フレーム、ｃ：座板、背もたれ板、の寸法をそれぞれ20㎜単位程度変化させ、大、中、小の３段階、あるいはそれ以上変化させ用意する。それらの組み合わせによって要求に応える手法を採る。採寸データの蓄積により、部材それぞれの生産量を予測し計画生産すれば、合理的に対応できる。高齢者には最低、大、中、小の３サイズ用意すれば良いと考えられる。身体寸法に応える主な配慮点は座面横幅、座面奥行、背もたれ高さ、膝下長さである。膝下長さは、サイドフレームの先端長さを長めにしておけば、採寸結果に応じてカットすることで応えられる。この考え方は実用化を進める基礎になった。

図中のａ、ｂ、ｃの手法をそれぞれ、20㎜単位程度に変化させ数段階用意し、それらの組み合わせでオーダーに応える。

図４－６　個別生産の考え方

4－7　第4回設計、試作と試用評価

（1）設計、試作内容

1990年度、1991年度の研究成果を踏まえて、主に介護を必要とする高齢者を対象とした実用化モデルを、開発に参画する車いすメーカーと共に設計、試作、試用評価を行った。

完成車いすの外観を写真4－12、設計図を図4－7、使用寸法表を表4－4に示す。

開発に参画したメーカーは、国内では車いすの生産は月産7千台でトップの位置にある。CADの導入によるオーダーシステムの合理化、部品の標準化、更に強度のあるアルミ素材のアルミ製造メーカーとの共同開発と応用、マラソン用車いす、障害者用スキー等の開発、生産等を行う技術力の確かなメーカーであり、韓国、香港への輸出、技術指導も行っており、日本の車いすの技術と生産の先端を走っている。木材を用いた車いすについては、これからの高齢化、生活重視の考えから、今後質の高い、イメージの良い車いすが強く求められているとの判断から協力体制が生まれた。

また、この年、国内の成形合板メーカーで協力できる対象を見いだす作業を始めた。国内で成形合板技術をリードし、家具を生産、販売しているメーカーとの交渉では、部品の生産のみでは協力できないとの判断から断られ、改めて部品生産をしている生産者を見いだす作業を継続した。その結果、オフィス用家具や、工業住宅の床材等を下請けとして成形合板で製作しているメーカーが見いだされた。早速、成形の可能性についての検討が開始された。

① 試用対象者とその背景

前年と同様に、老人保健施設の高齢者を試用対象とした。開発に参画する車いすメーカーの考えでは、ホテル、デパート、高級老人ホーム、病院、公共施設等をとらえた。

仕様寸法は前年と同様に、座面幅400mm、座面奥行き400mm、フットレスト長さ380mm、座面高さ430mmを基準にした。

② 車いすの概要

設計、試作した車いすの最大の特徴は、成形合板材と、金属など工業材との素材選択を、車いすの機能、性能に合わせ明確に分け、生産の合理化に結びつけたことにある。この車いすの概要は次の通りであった。車いすの細部を写真4－13に示す。

a）後輪車軸部

車軸を木製フレームから前方にオフセットした位置に取り付ける構造とし、これまでのフレームに直接車軸を取り付ける構造を廃止した。車軸の強度と回転性能、車軸位置の精度の保証を維持するために、アルミ角パイプで両輪を連結する構造とした。合わせて後輪

移乗の手掛かりのあるアームレスト

ショーティング

写真4－13　外観（4号機）

表4－7　仕様寸法表（4号機）

外形サイズ	L970　W612　H885
重量	15kg(147N)
座面高	フレーム原点 410mm　；　シート原点 430mm
座面奥行	400mm
背もたれ高	シート原点から380mm
背もたれ角度	92°－115°までセット可能
フットレスト長	380mm　320mmまでセット可能
アームレスト高	シート原点から200mm
手押しグリップ高	床面から885mm
ショーティング	背あて前畳む、後輪脱着
重心位置	後輪車軸中心原点(0,0)から(－141mm, ＋45mm)

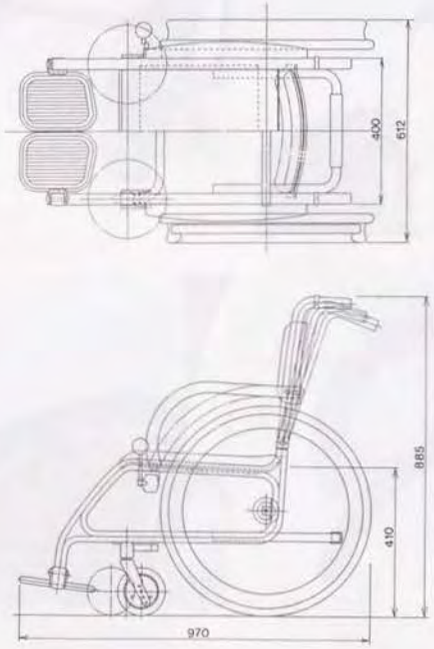
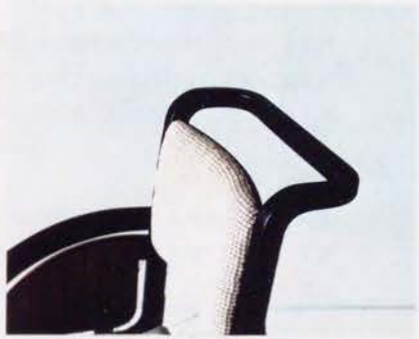


図4－7　設計図（4号機）

後輪車軸

ハンドリムとブレーキ

キャスターとフットレスト



介助接点

スカート

アームレスト２種類

写真４－１４　車いすの細部

の脱着が可能な要素構造とした。両輪連結角パイプは、両サイドフレームを連結する「貫」として機能させ、フレームの幅方向の横変位に対する強度を増した。

b）キャスター部

アルミ角パイプでキャスター両輪を連結し、キャスター部を一体化し、それを木製フレームに取り付け、キャスター位置精度を保証し、走行安定性を図る構造とした。キャスター連結角パイプは、後輪連結角パイプと同様に両サイドフレームを連結する「貫」として機能させ、フレームの幅方向の横変位に対する強度を増した。また、連結パイプを弓状に後方へ退かせ、介助者の足の近接、片麻痺者の漕ぎ足の空間を設けた。

以上a）b）によって、これまでの成形矩形フレームによる貫構造は廃止した。

c）フットレスト部

両側に開く機能を持たせ、足元が解放され、移乗時の介助者の足の近接、片足による漕ぎ足の空間を設ける工夫を行った。この事によって、木製フレームは両サイド共、足を乗せることで片持ち荷重を受けることになるが、アルミ各パイプの貫と駒入りのフレーム先端形状からほとんど問題は生じないものと推測した。

d）背もたれ部

サイドフレームの背もたれ部を切り離し、背もたれ角度が変えられる構造とした。可変域は92°～115°である。また、背もたれを構成する成形フレームは上部で両サイドを連結し、連結部を介助者が車いすを押すことのできる手押し接点とした。この背もたれ部は前に倒すこともできる。

e）アームレスト部

従来の円弧状のものと、移乗のとき手の支えになる形状のものの２種類を選べる構成とした。前者の場合、食卓、作業テーブルには、奥まで入ることができるが、後者の場合、それが困難になる。

f）座部

車いすメーカーの指導によって、これまでのテンパーフォームを内装する替わりに、辱瘡になり憎い弾力性と復元性のある新素材であるシシアラシートを下張り材料として用い、成形座板の中央に大きな穴を空け、その変形たわみを吸収させ、その上にウレタン材を充填材料として内装し、上貼り材料として平織りのクロスを貼る構造とした。

また、座部側面にタイヤに服が引き込まれない為の側板（スカートガード）をつけた。素材はチーク化粧合板t3.0mm を用いた。

g）収納性への配慮

後輪が外せることと、背もたれ部が前に倒せることで、車いすを小さくすることができる。製品の配送の効率、使用者の自家用車への搭載を可能にした。

h）ハンドリム部

ハンドリムの後輪への接合は、それまで、後輪のリムに直接エポキシ系樹脂接着剤で接合していたが、組み立て効率、使用時のはがれを考慮し、ネジあるいはピンで機械的に接合できる断面形状、接合手法をとりいれ、タイヤのパンク等の保守に対応できる構造にした。

（2）生産条件

実用化に結びつける事をねらいとし、開発に参画する車いすメーカーとの接点の中で生産条件を詰めていった。

① 成形合板技術とその他の木工技術

設計された成形部品の形状が、試作段階なので成形合板メーカーに外注はせず、従来通り、大学工房で実験的に成形を行った。完成した成形部品を資料に、前述の成形合板メーカーとの本格的な生産検討に入った。

a）成形

・心用材料は３号機と同様にブナ単板ｔ1.5mm、表面用材料はチーク単板0.4mm、駒入れ材料はチークソリッドを用いる。

・ハンドリムは、強度を特に強く求める必要のない部分なので、試みに北米産松のソリッド材の８分円を煉瓦積み（２段）によって接着し、リングに成形し、それをロクロ加工で仕上げる加工方法を行った。

・成形用型は３号機と同様にラワン合板積層を用い、表面にガムテープ処理し、フレーム関係はすべて２本取とした。

・接着材は、同様に水性ビニルウレタン系接着剤（商品名：ピーアイボンド）を使用する。

b）後加工

・仕上加工は手押し鉋切削、手鉋仕上げ、サンディング仕上げ。ハンドリムはロクロ加工で仕上げた。

・ 表面処理はポリウレタン処理で試みに従来の木地色塗装から色の濃いマホガニー色を行い検討した。

・チークの表面材（ｔ0.4mm)は、介護者用手押しグリップ部、アームレスト部、背もたれの後面に用いる。

c）その他の木工技術

・フットレストはアルミ製枠にラワン積層合板をはめ込み、上面にチーク表面材を貼った。

・ブレーキグリップは、シュリ桜球を購入し、ポリウレタン処理でマホガニー色に着色した。

・ホイールキャップはチーク材のロクロ加工による。

以上４号機に応用した木工技術を表４－８に示す。

③金属加工

金属部品の加工は全て車いすメーカーの協力によって行った。フットットレストのフレームはアルミフレームを矩形に曲げ用いた。キャスター（5"カーボン入り）、後輪(22"×1・1/4W0)を使用した。

④座、背もたれの貼り加工

車いすメーカーの指導によって大学で貼り加工を行う。

表４－８　４号機　成形合板技術・その他の木工技術

成形材料	心用材料	ブナ単板ｔ1.5mm
	表面用材料	チーク単板ｔ0.4mm
	ハンドリム材料	北米産松
	接着剤	水性ビニルウレタン接着剤(商品名:ピーアイボンド)
	プレス型材料	ラワン積層合板を木工ボンドで積層：成形面ガムテープ貼付
	フレーム駒材料	チークソリッド
成形	成形方法	手動プレス、手動クランプによる常温加圧接着
	成形加圧時間	48時間
	成形材料取り	フレーム関係 ２本取り
	接着剤の塗布	単板毎両面塗布
	ハンドリム成形	煉瓦積み２段
	駒入れ	手動クランプによりサイドフレームと共締め
仕上	仕上げ加工	手押し鉋切削、手鉋仕上げ、サンディング仕上げ ハンドリム：ロクロ加工
	表面処理	ポリウレタン処理：マホガニー色に着色
	表面用材処理	チークを背もたれ後面、アームレスト上面に貼付
	その他木製部品	フットレスト　：アルミパイプ枠にラワン積層合板はめ込み 表面 チーク貼付 ブレーキグリップ：シュリ桜球(購入) ポリウレタン着色 ホイールキャップ：チーク材のロクロ加工

（３）高齢者施設での試用評価

前年と同様に老人保健施設、茂庭台豊齢ホームで、作業療法士２名の協力を得て、入所高齢者数名による試作車いすの試乗テストを行った。

① 調査内容

作業療法士による介護を通じて移乗動作、走行動作、作業動作、休息動作について前年と同様に各部位の寸法、形状、性能について一カ月間調査を行った。

② 高齢者

施設内の高齢者を無作為に数人選んだ。障害の種類は前年と同様、片麻痺、痴呆、筋力低下であった。

③ 試乗テスト結果

前年の試用テストで得た問題点はほぼ改良され、実用性は満たされた。一部次の改良点が作業療法士より指摘された。

ａ）介助者が車いすを押し、段差ごえをするとき、背もたれにある介助接点であるフレームを下部に押したのみでは前輪上げが難しい。足元にティッピングレバーが欲しい。

ｂ）キャスターを連結するアルミ角フレームの後方へのリセット量はまだ不足しており、介護の足が触れる。

ｃ）背もたれの高さがやや高く、座り心地が損なわれている。

ｄ）マホガニー等濃い色の表面仕上げは、同系統の家具、インテリアとマッチするが、表面傷を目立たせ、好ましくない。傷を目立たせない白木色が良い。

ｅ）成形合板によらず煉瓦積み２段により成形したハンドリムは、機能を満たし、濃い色の着色では目立たないが、木地色塗装では継ぎ目が目立ち印象が悪い。

（４）公共施設での試用評価

学生をモデルにし、県立美術館で試用評価を行う。駐車された移動用の乗用車から降ろし、車いすに移乗させ、駐車場から美術館の中まで介護者によってアプローチさせた。美術館には車いす使用者専用のスロープが設置され、設置面は入り口までタイルが敷かれている。その様子を写真４－１４に示す。美術館内ではトイレの使用、洗面での使用、喫茶店での使用性をチェックした。その結果次の事が判明した。

① 駐車場から玄関までのアプローチは問題が見られ無かった。スロープも問題なくのぼる事ができ、タイルの設置面も気にならなかった。移動性能の確かさが見られた。

② 美術館内での車いす専用のトイレ、洗面所での使用は可能であり、寸法的な問題は見られなかった。

③、喫茶店での試用は、そこに設置されたテーブル、いすと寸法的にも、インテリア的に

スロープへの近接

便座への移乗

洗面台との関係

前庭ベンチとの関係

写真４－１５　公共施設での使用状況

も適合し、車いすに乗っている事が他の客に気づかれなかった。このような場に十分適合することが分かった。

（5）考察

以上の設計、試作、試用評価の結果、次の事が考察された[D14][D15]。

① この開発で、主に高齢者を対象とした車いすの実用化のための車いすの仕様は、ほぼ明確になり、実用化が確かなものになった。

② 身体が触れたり、身体を保持する座、背もたれ、アームレスト、フットレスト部、車いすを構造化をするサイドフレーム、駆動を司るハンドリムを成形合板によって構成し、移動の機能と性能を保証し、車いすの構造化を支える部分をアルミ等で構成する考え方は、身体保持と移動のそれぞれの機能、性能、信頼性を向上させ、部品加工、組み立て作業の合理化に結びつけた。

③ ノックダウン方式の組み立てが可能となり、流通コストを低減すると共に、地域で地域内の障害者に応える生産手法に道を開いた。

④ 背もたれの角度が選べセット出来ること、必要なアームレスト形状を選べること、大、中、小の座、背もたれ寸法を選べる事、フットレスト長さをセット出来ること等、身体寸法、 障害のレベルに合わせた構成が可能となった。

⑤ 車いすの寸法仕様は装置、設備との適合性を良いものとしている。

⑥ 色の濃い表面色は、傷が目立つことから避けなければならないが、高齢者が車いすの構成を視覚的に理解出来る色彩構成が課題である。

⑦ 公共施設での様々な場において十分使用ができ、その環境とも適合することが分かった。

（6）成形合板メーカーとの生産検討

本車いすを基に、工業的な成形の生産条件を検討した。サイドフレーム形状について型から成形部材が外せる様に、若干の抜き勾配のある形状への変更を求められた。基本的に全ての成形合板部品の成形が可能であることが判明し、具体的な生産検討に入った。

（7）地域で個別生産できる生産手法の考察

前回の（第3回試作）開発で明らかにしたように、構成部品の寸法を大、中、小の3段階にして用意すれば、座位の保てない重度の障害者を除いて、ほぼ身体条件に合わせられるレディーメード生産手法が可能である。

本研究で協力している企業は、全国を視野に入れた経営を行っている。そこから部品を

供給してもらい、地域で必要とする人に処方し、組み立てる手法が、この開発段階で得た最良の方法と考えられた。

（8）海外の反応

カナダ、トロントで開催された RESNA International'92 Conference で「Development of the Indoor Wheelchair Mainly Made of Wood」[Dr.A.] を発表したところ、様々な人から関心と興味をもたれた。特に、福祉後進国での福祉用具の開発を手掛けている米国の研究者から、地域の技術として、応用性があると評価を頂いた。意匠性も評価を受け、商品化を強く求められた。

4－8　結論

（1）屋内で用いる木材を主素材とした車いすの概念設計を構築し、設計項目を具体的する考え方を、設計目標、座位保持の向上設計、適合性の向上設計、操作性能向上設計、軽装性向上設計、表現性向上設計の各々について設定した。

（2）成形合板技術による構成概念を、車いすの構成要素である、座面系、駆動系、操作制御系、構造系の各々について求め、ＬＶＬ成形材、合板材の構成方法、種類等を明らかにした。

（3）4回にわたる設計、試作、試用評価ではそれぞれ次の事が明らかになった。

① 初めて試みた第1回設計、試作、試用評価では、実用には多くの問題点を示したが、成形合板技術による木製化の可能性を導き出した。

② 自力操作可能な障害者に合わせた第2回目の車いすの設計、試作、自宅での試用評価では、成形フレーム断面を30×30mmとした結果、実用に対応する構造になったが、金属部品との接合要素設計に課題を残した。車いすに慣れた人には、木製車いすは静的で不満が見られ、高齢者に向くことを見いだした。適合性、インテリア性は満足を得た。

③ 高齢者を対象とした、介護接点をもつ第3回目の車いすの設計、試作、高齢者施設での試用評価によって、高齢者に良い印象を得られ、実現性が高いことを見いだした。しかし、高齢者の障害の種類、程度、身体寸法に合わせた配慮が必要であり、背もたれ角度、足元の空間処理、色彩構成等に問題が見られた。装置、設備との適合性は良く、インテリア性も良く、内と外の境界空間でも十分使用できることを明らかにした。

④ 主に介護を必要とする高齢者を対象とした実用化モデルを、開発に参画するメーカーとともに第4回目の設計、試作、高齢者施設、公共施設での試用評価を行い、座や操作に関する部位を木材で、移動に関する部位を金属他の素材で構成する合理的な構成概念を得、生産性、性能共に実用化に結びつけた。ノックダウン方式の組み立て手法、大、中、小の座や背もたれ寸法構成によるレディーメードの考え方も見いだした。内と外の境界空間での使用も可能であることも明らかにした。

⑤ 実験室的に試みた成形合板技術は、工業的な条件を導くことに成果を見せた他、手工作でも車いすを製作できることを実証した。

（4）以上の設計、試作、試用結果から次の事が判明した。

① 座や操作等身体に関する部位を成形合板部材で、移動性能に関する部位を金属他の素材で構成する概念を得、実用化と工業化に結びつけた。

② 得られた仕様寸法は、装置、設備との適合性を向上させた。

③ 概念設計の目標はほぼ満たされ、主に高齢者を対象とした介護接点を持つ車いすとして具体化された。

5章　車いす木材成形フレームの材料強度解析

5－1　はじめに

本章は、成形合板技術によるＬＶＬ型の木材成形フレーム部材の強度を分析し、車いすの構成部材として実用に適う強度と形状との関係を分析する事を目的としている。分析内容は、積層構成成形材の材料力学的性質の解明、ＪＩＳに準じた成形部材の引張、圧縮、曲げ、せん断、割裂試験と、Ｌ型フレーム部材、Ｔ型フレーム部材の加圧曲げ破断試験による金属パイプ部材との強度比較、及び有限要素法による車いす木材成形フレームの強度と材質、形状との関係解析である。

すべて縦目で接着処理した積層構成をＬＶＬ（Laminated Veneer Lumber)、縦と横に積層構成したものを一般的に合板と言っている（４章４－３参照）。本開発の車いすでは、フレームをＬＶＬ，座板、背もたれ板を合板によっている。前者の場合、ムク材と同様に木材材質の異方性が顕著であるが、繊維方向の強度が強く、各種形状に成形できる利点を持つ。Ｔ軸方向の変形を微小として無視すれば、Ｌ－Ｒ平面（Ｘ－Ｙ平面）の二次元問題として処理できる。本研究ではこのＬＶＬをもとに分析を行っている。一方後者の合板の場合は、座面のように主に平面応力を受ける場合に方向性による強度の違いを軽減できるが、曲げ強度は低下する。厚さを薄くすれば、Ｌ－Ｔ平面を持つ平面応力問題として処理できる。なお、前者のＬＶＬの場合、積層板の一部を横に積層し、負荷応力条件に合わせた積層構成（味付け）も行われている。後者の合板の場合も、縦、横交互とは限らず、積層構成は経験による蓄積で決まる。本研究では、その点までの検討を行っていない。

ＬＶＬ型フレーム部材の強度解析は、文献（A2）に加圧角曲げ試験、加圧角開き試験、Ｔ型接合曲げ試験としてブナの成形部材に関するデータがのせられている。それ以外に強度に関するデータを見ていない。積層接着された材料の力学的性質は、文献（A1）に明らかにされている。本章では、車いすの木材成形フレームの実際の積層構成、形状に即してその強度を求め、実用に適うフレーム寸法を求めている。

一方、木材成形フレームの耐久性、耐候性等、車いすの信頼性、安全性に視点を置いた強度検討には、繰り返し荷重による疲労強度試験、紫外線照射による人工促進劣化強度試験、あるいは車いすの耐用年数に近い数年にわたる長期使用による品質検討等が必要とされる。それによって表面用材料、心用材料、接着剤等の成形材料の選択条件、成形条件、積層構成、形状、寸法等の設定は確かなものとなる。本研究ではその点までの検討は行っていない。また、ここでは木材成形フレームの強度の追求に置いており、それと座面、背もたれ等に用いている合板との組み合わせによる強度解析までは行っていない。以上については今後の研究課題としている。

5－2　木材成形フレーム部材の材料力学的性質

ブナ材等の広葉樹を厚さ約1.0～1.5mm の単板に剥き、所定の寸法に裁断し、それにユリア樹脂接着剤や水性ビニールウレタン樹脂接着剤等を塗布し、所定の厚さまで全て縦目方向に揃えて重ね（約20～30プライ)、木製型の中で加圧接着され積層構成されたＬＶＬ型成形部材の力学的性質は次のように定義される。

（１）座標軸と応力成分、材料定数の定義

表単板の繊維に平行な方向（縦目）をＬ軸（Ｘ方向）、繊維に直角な方向（横目）をＴ軸（Ｚ方向）、積層の厚さ方向をＲ軸（Ｙ方向）とする。これは木材単体の樹幹軸方向をＬ軸，それの接線方向をＴ軸、半径方向をＲ軸とすることに倣った座標軸設定であり、互いに直交する異方性材料として扱う。木材の３断面の呼称に照らすと、Ｒ方向に直交する面は板目面、Ｔ方向に直交する面は柾目面、Ｌ軸に直交する面は木口面に相当する。面に働く垂直応力（引張応力、圧縮応力）をσとし、面に働くせん断応力をτとすると、Ｌ，Ｔ，Ｒ方向に直交する面に働く応力成分はそれぞれ（σ_L、τ_{LT}、τ_{LR}）、（σ_T、τ_{TR}、τ_{TL}）、（σ_R、τ_{RL}、τ_{RT}）となる。以上を図５－１に示す。

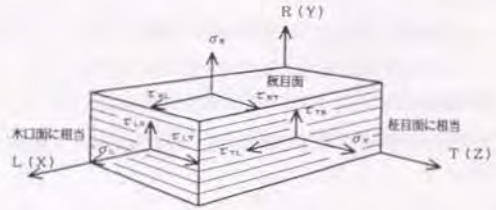


図５－１　応力成分図

部材の弾性率E、せん断弾性率Gは、同様に（E_L、G_{LT}、G_{LR}）、（E_T、G_{TR}、G_{TL}）、（E_R、G_{RL}、G_{RT}）となる。

垂直歪みをε、せん断歪みをγとすると同様に（ε_L、γ_{LT}、γ_{LR}）、（ε_T、γ_{TR}、γ_{TL}）、（ε_R、γ_{RL}、γ_{RT}）となる。

またポアソン比μの各成分は、各弾性率から次式で求まる値である。

$$\frac{\mu_{LR}}{E_L}=\frac{\mu_{RL}}{E_R}\qquad \frac{\mu_{RT}}{E_R}=\frac{\mu_{TR}}{E_T}\qquad \frac{\mu_{TL}}{E_T}=\frac{\mu_{LT}}{E_L}\qquad (5-1)$$

（2）釣り合い方程式

以上で定義された成形部材の釣り合い方程式は次式の通りとなる。

① 力の釣り合い方程式

各面に作用する単位質量あたりの体積力をX_L、Y_R、Z_Tとすると次式が得られる。

$$\begin{aligned}
&\frac{\partial \sigma_L}{\partial L}+\frac{\partial \tau_{RL}}{\partial R}+\frac{\partial \tau_{TL}}{\partial T}+X_L=0\\
&\frac{\partial \tau_{LR}}{\partial L}+\frac{\partial \sigma_R}{\partial R}+\frac{\partial \tau_{TR}}{\partial T}+Y_R=0\\
&\frac{\partial \tau_{LT}}{\partial L}+\frac{\partial \tau_{RT}}{\partial R}+\frac{\partial \sigma_T}{\partial T}+Z_T=0
\end{aligned} \qquad (5-2)$$

② モーメントの釣り合い方程式

モーメントの釣り合いを考えると次式が得られる。

$$\begin{aligned}
&\tau_{TR}=\tau_{RT}\\
&\tau_{LT}=\tau_{TL}\\
&\tau_{RL}=\tau_{LR}
\end{aligned} \qquad (5-3)$$

（3） 応力－歪み関係式

弾性範囲内での異方性の応力と歪みの関係式は、座標軸と弾性主軸が一致する場合、次式で表される[A61]。

$$\begin{bmatrix}\sigma_L\\ \sigma_R\\ \sigma_T\\ \tau_{RT}\\ \tau_{TL}\\ \tau_{LR}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}S_{11}&S_{12}&S_{13}&0&0&0\\ S_{21}&S_{22}&S_{23}&0&0&0\\ S_{31}&S_{32}&S_{33}&0&0&0\\ 0&0&0&S_{44}&0&0\\ 0&0&0&0&S_{55}&0\\ 0&0&0&0&0&S_{66}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\varepsilon_L\\ \varepsilon_R\\ \varepsilon_T\\ \gamma_{RT}\\ \gamma_{TL}\\ \gamma_{LR}\end{bmatrix} \qquad (5-4)$$

ここで、$S_{11}=E_L$、 $S_{22}=E_R$、$S_{33}=E_T$

$S_{44}=G_{RT}$、$S_{55}=G_{TL}$、$S_{66}=G_{LT}$

$S_{21}=-\mu_{RL}E_R$、$S_{12}=-E_L/\mu_{LR}$

$S_{31}=-E_T/\mu_{TL}$、$S_{13}=-\mu_{TL}E_L$

$S_{32}=-\mu_{RT}E_T$、$S_{23}=-E_R/\mu_{RT}$

（4）単板の弾性率と積層構成材料との関係

積層接着された材料を構成する各単板の弾性率が既知である場合、次の計算式で積層材料の弾性率を推定できると提示されている[A61]。

① 引張、圧縮

表単板の繊維に平行方向の弾性率E_X、直角方向の弾性率E_Y は、次式で求められる。

$$E_X \text{ または } E_Y=\frac{1}{h}\sum_{i=1}^{n}E_i h_i \qquad (5-5)$$

ここで h ：材料の厚さ　　E_i：第 i 層の負荷応力の弾性率

h_i：第 i 層の厚さ

同様に表単板の繊維に平行および直角方向の引張、及び圧縮強度F_xとF_yは、

$$\begin{aligned}
&F_x=\frac{E_x}{E_L}F_L\\
&F_y=\frac{E_y}{E_T}F_T
\end{aligned} \qquad (5-6)$$

ここで、E_L：単板の繊維方向の引張または圧縮の弾性率

F_L：単板の繊維方向の引張または圧縮の強度

E_T：単板の繊維直角方向の引張または圧縮の弾性率

F_T：単板の繊維直角方向の引張または圧縮の強度

② せん断

表単板の繊維に平行、及び直角方向のなす面のせん断弾性率G_{xy}は、次式で求められる。

$$G_{xy}=\frac{1}{h}\sum_{i=1}^{n}G_i h_i \qquad (5-7)$$

ここで、h ：材料の厚さ　　G_i：第 i 層のせん断弾性率

h_i：第 i 層の厚さ

せん断強度F_{xy}は、実験式で提案されている。

③　曲げ

表単板の繊維方向とスパン方向とが一致している場合の曲げ弾性率E_{fs}と、直交している場合の曲げ弾性率E_{fr}は、

$$E_{fs} \text{ または } E_{fr}=\frac{1}{I}\sum^{n} E_i I_i \qquad (5-8)$$

ここで、E_i：第i層のスパン方向の弾性率

I　：材料の厚さの中心線に対する全断面の２次モーメント

I_i：単板の弾性率と厚さが対称的に配置されている場合

材料の厚さの中心線に対する第i層の断面２次モーメント

５－３　ＪＩＳに準じたＬＶＬ型成形部材の材料試験

ブナ材の単板を用いてＬＶＬに積層成形した成形部材の材料強度を求めるＪＩＳに準じた引張、圧縮、曲げ、剪断、割裂試験を行った。

（１）試験項目と試験片

ＪＩＳに定められた木材の材料試験項目に準じた次の試験項目を行った。その概念図を図５－２に示す。車いすＬＶＬ成形フレーム部材に加わる負荷は、繊維方向であるＬ方向とそれに直交するＲ方向に加わり、その面に直交するＴ方向の負荷は無視できるほど小さいと解釈した。そのためＴ方向の材料試験は計測の対象としなかった。

①　引張試験（ZIS Z 2112に準じる）

ａ）縦引張試験

荷重方向と繊維方向とが平行な場合の引張試験で、ＬＶＬ成形材の繊維方向（Ｌ）の引張強度を測る試験である。ＪＩＳ記載の柾目面をＴ軸に直交する面に、板目面をＲ軸に直交する面とした。板目面中央部の幅は5mm、端部辺長さ15mm，柾目面辺長さ（積層厚）30mmである。縦引張強度は、荷重Ｐ／断面積Ａ（MPa）で求まる。

ｂ）横引張試験

荷重方向と繊維方向が垂直で、ＬＶＬ成形材の積層方向（Ｒ）の引張強度を測る試験である。Ｔ方向の引張試験は行わなかった。ＪＩＳ記載の柾目面をＴ軸に直交する面に、木口面をＬ軸に直交する面とした。木口面中央の幅は10mm，端部辺長さ20mm、柾目面辺長さ30mmである。横引張強度は、荷重Ｐ／断面積Ａ（MPa)で求まる。

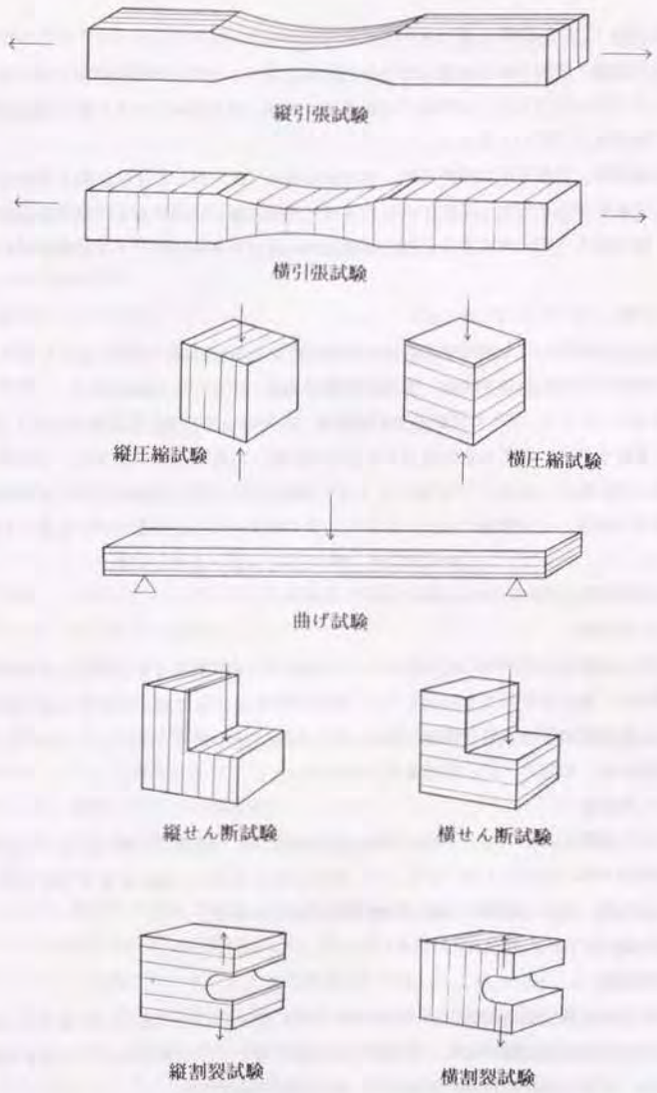


図５－２　ＪＩＳに準じた材料試験概念図

② 圧縮試験（ZIS Z 2111に準じる）

a）縦圧縮試験：荷重方向と繊維方向とが平行な場合（L方向）の圧縮試験で加圧面をL軸に直交する木口面とした。横断面の辺長は30×30mm、高さ60mmである。縦圧縮強度は、荷重P／断面積A（MPa)で求まる。

b）横圧縮試験：荷重方向と繊維方向とが垂直な場合（R方向）の圧縮試験で加圧面をR軸に直交する板目面とした。横断面の辺長は30×30mm，高さ60mmである。横圧縮強度は、荷重P／断面積A（MPa)で求まる。加圧面をT軸に直交する柾目面とする試験は行わなかった。

③ 曲げ試験（ZIS Z 2113に準じる）

a）荷重方向が繊維方向と垂直で、荷重をR軸に直交する板目面の中央に加えた曲げ試験である。横断面の辺長は30×30mm，支点間距離1420mm，材長Lは480mmである。

曲げ強さは，P×l／4×Z（MPa)（Pは荷重、lは支点間距離、Zは断面係数）で求まる。荷重面をT軸に直交する柾目面とする曲げ試験は行わなかった。

曲げヤング係数は、$\Delta p \times l^3 / 48 \times I \times \Delta y$（MPa)（$\Delta p$は、比例域における上限荷重と下限荷重との差、Iは断面二次モーメント、ΔyはΔpに対応するスパン中央のたわみ）で求まる。

④ せん断断試験（ZIS Z 2114に準じる）

a）縦せん断試験

荷重方向と繊維方向とが平行な場合のせん断試験で、せん断面はR軸に直交する板目面で、荷重面はL軸に直交する木口面とした。矩形の切り欠きはT軸に直交する柾目面にあらわれる。横断面の下部辺長さは30×30mm、高さ40mm，切り欠き寸法は10×10mmである。せん断面強さは、荷重P／せん断面積A（MPa)で求まる。

b）横せん断試験

荷重方向と繊維方向とが垂直な場合のせん断試験で、せん断面はL軸に直交する木口面で、荷重面はR軸に直交する板目面とした。矩形の切り欠きはT軸に直交する柾目面に表れる。寸法仕様、横せん断強さは縦せん断試験と同じである。

⑤ 割裂試験（ZIS Z 2115に準じる）

a）縦割裂試験

T軸に直交する柾目面に垂直に半円状の切り欠き穴を木口面上に設け、荷重方向と繊維方向とが垂直な場合の試験である。割裂面は板目面となる。木口面の辺長さは30×30mm、全長は60mm，切り欠き直径15mm，先端からの偏心量3.75mmである。

割裂抵抗は、最大荷重P／割裂面の幅長a（N/cm)で求まる。

b）横割裂試験

T軸に直交する板目面に垂直に半円状の切り欠き穴を板面面上に開けた、荷重方向と繊維方向とが平行な場合の試験である。割裂面は木口面となる。寸法仕様、割裂抵抗は縦割裂試験と同じである。

（2）試験方法

試験片の成形加工は大学、及び成形メーカー、それの仕上げ加工は大学で行い、試験は山形県工業技術センターに依頼し行った。試験は3回行った。

① 試験片成形条件

a）第1回（1990年度）

材　料　：ブナ単板　厚さ1.5mm。プライ数：横引張試験片100、その他の試験片20。

接着剤　：水性ビニールウレタン系接着剤（商品名：ピーアイボンド）

（水性高分子・イソシアネート系接着剤）

接着方法：各単板毎片面塗布。

成形方法：油圧プレス（宮城県津山町木工センター所有）　常温加圧　約15kg/cm²

b）第2回（1991年度）

材　料　：ブナ単板　厚さ1.5mm。プライ数：第1回と同じ

接着剤　：水性ビニールウレタン系接着剤（商品名：ピーアイボンド）

接着方法：各単板毎両面塗布

成形方法：手動プレス（大学所有）　常温加圧　約15kg/cm²

c）第3回（1992年度）

材　料　：ブナ単板　厚さ1.0mm。プライ数：横引張試験片150、その他の試験片30。

接着剤　：ユリア樹脂接着剤

接着方法：単板一枚置きに両面塗布

成形方法：低圧電流加熱加圧（成形メーカーで加工）　約10kg/cm²

d）製作の経緯

第一回は、初めての試みで常識となっている両面塗布を行わなかった。宮城県津山町木工センター所有の油圧プレスを借用した。接着剤は後加工のし易さから一般的に構造用に用いられている水性ビニールウレタン系接着剤を使用した。第2回は、両面塗布とし、大学所有手動プレスで加圧力を計測して成形した。接着剤は第1回と同様である。第3回は成形メーカー（株・高原木工所）に発注した。接着剤は一般的に信頼性が高いと工業的に用いられる事が多いユリア樹脂接着剤である。成形は低圧電流加熱加圧で行った。

② 試験条件

山形県工業技術センターでの試験では、恒温恒圧室で、オートグラフＤＳＳ－５０００を用いた。試験に先立ち、約３０日間試験片を試験室に置き、環境条件の一定化を計った。比重、含水率の計測は第３回目の試験片について行った。試験データは荷重ヘッドの変化速度を一定にした荷重－変形図から得た。

（３）試験結果

試験結果を表５－１～表５－５に示す。

① 引張試験結果

ａ）縦引張強さは、ムクのブナ材の参考データ[A01]（約126MPa)と比較し、２、３回目はほぼその値に近いデータになっている。第２回目が最大で平均129.8MPaになった。水性ビニールウレタン系接着剤の全単板両面塗布の効果がでていると考えられる。

ｂ）横引張強さは、縦引張の１／３０の２～３MPa程度であった。ばらつきも大であった。第３回ではプライ数が150と多く、接着剤を塗布して重ねる作業が難しく、接着の困難さがでて、正確な値を生み出せなかった。

② 圧縮試験結果

ａ）縦圧縮強さは、ムクのブナ材の参考データ[A01]（約43MPa）と比較して３回目がやや近い平均40.4MPaを示したが、全体にやや低い値になった。 接着剤の種類の違い、常温加圧、加熱加圧との違い、ムク材との構造の違いによると推測される。圧縮材には座屈線が生じる事を観察した。

ｂ）横圧縮強さは、ムクのブナ材の参考データ[A01]（約8.7MPa)と比較し約 1.7倍の15～16MPaと高めになっている。縦圧縮の３／８程度である。第１回目は他と比較し低い値、11MPaを示した。

③ 曲げ試験結果

ａ）曲げ強さは、ムクのブナ材の参考データ[A01]（約85MPa)と比較し、第１回、第２回は約10%程度低かったが、第３回目は約20%上昇し104MPaを示した。ユリア樹脂接着剤の効果、３回目の単板の板厚を1.5mmから１mm に変更し、プライ数を多くした積層構造による影響と考えられ、同じ成形厚さではプライ数が多い方が強度が高い傾向を示すと考えられる。

曲げヤング係数の第３回目の値120×10^{2} MPaは、ムクのブナ材の平均値を示す。第１回目、

第２回目は、ムクのブナ材の下限値80MPaに近かった。

④ せん断試験結果

ａ）縦せん断強さは、ムク材の参考データ[A01]（約14MPa)に比べ、10%程度低い。

ｂ）横圧縮に近い加圧を受ける横せん断試験は、もともと破壊点の計測判断が難しい試験であることから、第２回のデータは他と比べ極端に低くなっている。他は縦せん断強さの2.5倍程度である。

⑤ 割裂試験結果

柾目面に垂直に半円状の穴を開け、それを繊維方向に直角に引き裂く縦割裂抵抗は350～500Ｎ/cm、柾目面に垂直に穴を開け、それを繊維方向に平行に引き裂く横割裂抵抗は300～350Ｎ/cm である。この値は、厚さ30mmの成形フレームに穴を開け、車輪をつける等の構造では、1000～1500Ｎの負荷で破壊に迫る事を暗示している。

⑥ 比重、含水率の試験結果

第３回の試験片のデータのみであるが、比重は0.76～0.80、含水率は11.5～14.5であり、比重はムク材のデータ[A02]（0.64）より約20%高めであり、プライ数と接着剤の影響によると推測された。含水率は一般の成形合板の値として言われている約10%よりやや高い傾向が見られた。加工時、大学実験室に長く放置した事、材料試験室における恒温恒湿の状態での寝かしが少なかった事等が原因と考えられた。

⑦ 弾性比例限度について

直接試験片に歪みゲージを貼り、歪みを正確に計測する手法を取っていないので、応力－歪み線図は得ていない。記録された荷重－変形図から代表的な弾性比例限度を求めたが、明確な降伏点は見られず、幅を持つ推定値となった。その結果、次の値を目安として得た。

縦引張比例限度：70～75MPa（ムク材約80MPa[A01]）

縦圧縮比例限度：35～40MPa（ムク材約27MPa[A01]）

圧縮の場合、弾性比例限度を越えてすぐ破壊結びつき、塑性領域は小さい。ムク材との違いが著しい。

曲げ比例限度　：35～40MPa（むく材約40MPa[A01]）

表５－１　縦引張強さ、横引張強さ

試験項目	数	第１回	第２回	第３回	
縦引張強さ（MPa）	1	79.5	117.8	108.2	
	2	90.6	120.2	112.3	比重
	3	107.3	147.6	118.4	0.79
	4	130.4	124.1	122.8	含水率
	5	102.7	143.1	120.1	11.8%
	6		126.4	116.2	（第３回）
	7		129.7	121.2	
	平均	102.1	129.8	117.0	
横引張強さ（MPa）	1	3.2	3.4		
	2	3.5	3.7		
	3	1.5	2.8		
	4	1.1	2.5		
	5	0.9	3.1		
	6		4.0		
	7		3.6		
	平均	2.03	3.3		

表５－２　縦圧縮強さ、横圧縮強さ

試験項目	数	第１回	第２回	第３回	
縦圧縮強さ（MPa）	1	36.2	38.6	42.2	
	2	35.1	37.6	37.0	比重
	3	34.6	37.5	38.2	0.77
	4	34.9	38.6	45.6	含水率
	5	31.8	37.9	39.7	12.4%
	6	32.9	37.8	36.1	（第３回）
	7		37.4	44.0	
	8		37.9		
	平均	34.2	37.9	40.4	
横圧縮強さ（MPa）	1	12.1	15.7	15.4	
	2	10.7	17.1	14.8	比重
	3	10.7	15.1	15.2	0.78
	4	10.8	17.7	16.0	含水率
	5	11.4	16.9	16.2	13.7%
	6	11.2	15.2	14.1	（第３回）
	7		15.9	14.3	
	8		16.8	14.3	
	9			16.0	
	10			13.5	
	平均	11.1	16.3	15.0	

表５－３　曲げ強さ、曲げヤング係数

試験項目	数	第１回	第２回	第３回	
曲げ強さ（MPa）	1	73.0	77.9	93.0	
	2	72.3	69.1	113.2	比重
	3	66.9	76.5	112.0	0.76
	4	66.0	76.1	94.5	含水率
	5		75.9	107.6	12.6
	6			103.5	（第３回）
	7			103.9	
	平均	69.5	75.1	103.9	
曲げヤング係数（10^3 MPa）	1	79.7	87.1	106.7	
	2	85.2	82.0	113.0	
	3	84.1	80.1	123.7	
	4	79.7	84.6	138.7	
	5		89.1	112.1	
	6			120.0	
	7			128.3	
	平均	82.5	84.6	120.3	

表５－４　縦せん断強さ、横せん断強さ

試験項目	数	第１回	第２回	第３回	
縦せん断強さ（MPa）	1	11.8	9.2	13.0	比重
	2	11.9	8.4	12.6	0.80
	3	10.5	9.5	12.3	含水率
	4	11.6	9.5	13.0	11.9
	5	11.9	9.8	13.6	（第３回）
	6	9.4	9.5	12.6	
	7		9.6	12.3	
	8		9.7	11.7	
	9			12.3	
	平均	11.2	9.4	12.6	
横せん断強さ（MPa）	1	27.6	10.6	30.1	
	2	27.3	9.6	31.6	比重
	3	28.5	11.7	30.1	0.78
	4	27.5	10.5	30.4	含水率
	5	28.5	10.0	28.7	14.5
	6	27.0	10.5	33.4	（第３回）
	7		10.0	29.0	
	8		10.7	32.6	
	9			31.6	
	10			31.6	
	11			32.2	
	12			29.6	
	平均	27.7	10.4	30.9	

表5－5　縦割裂強さ、横割裂強さ

試験項目	数	第1回	第2回	第3回	
縦割裂強さ（N/cm）	1	363	294	451	
	2	324	304	431	比重
	3	363	324	451	0.77
	4	343	314	618	含水率
	5	363	324	510	13.2%
	6	343	314	480	（第3回）
	7		294	500	
	8		314	461	
	9			598	
	10			530	
	平均	350	310	503	
横割裂強さ（N/cm）	1	275	333	245	
	2	304	294	284	比重
	3	275	353	265	0.79
	4	284	343	294	含水率
	5	294	294	324	14.4%
	6		235	431	（第3回）
	7		294	441	
	8			392	
	9			422	
	10			333	
	平均	286	305	343	

（4）結果の考察

以上の各種材料試験から次のことが考察された。

① 成形部材は、単板の厚さ、プライ数、接着剤の種類、接着方法、成形加圧方法の違いによってデータに相違が見られた。成形メーカーによるユリア樹脂接着剤を用い、外部発熱による低圧電流加熱によって加圧接着したものは、ムクのブナ材の平均的な強度を持ち得、工業的に品質が安定しており、強度のばらつきも少ないことが判明した。また、曲げ強度、曲げヤング係数がムク材より高くなる傾向が見られ、ＬＶＬ成形材はフレーム部材として適している構成材料と推測された。

② 水性ビニールウレタン系接着剤による常温成形は、引張強度に優れ、接着が確実に行われれば十分ムク材に対抗できる強度を持つ可能性があることが明らかになった。ただ、片面接着では強度が低くなることも明らかとなった。

③ 弾性比例限度は、ユリア樹脂接着剤を用い、低圧電流加熱接着したものはほぼムク材と同じと言えるが、圧縮の場合、成形材の方が高い値を示すことが明らかとなった。

④ ヤング係数、せん断弾性率、ポアソン比の推定

成形材の異方性を表す各成分方向のヤング係数、せん断弾性率、ポアソン比は、この試験では明らかにされなかったが、曲げヤング係数、縦引張，縦圧縮、曲げの弾性比例限度等のデータから、成形材のデータはムク材のものと大きな差異は無いと推測された。

5－4　加圧破断試験による木材成形フレームと金属パイプフレームとの強度比較

車いすのフレームに用いる部材仕様に近く、単純な形状を持つＬＶＬ型木材成形フレーム部材と同形状の金属パイプフレーム部材の加圧破断試験による強度比較を行い、木材成形フレーム部材の実用化可能な断面寸法を求めた。

（1）試験項目と試験片

①　試験項目

試験項目は図５－３の加圧強度試験概念図に示す、Ｌ型部材の加圧角曲げ強度試験、加圧角開き強度試験、Ｔ型接合部材の曲げ強度試験の３項目である。この試験項目は、文献（A02）で幹 三郎氏が成形合板の技術について解説した内容（P473～474)を引用し構成したものである。

加圧角曲げ強度試験とは、直角に曲げられた部材を更に曲げる負荷を与え破壊荷重を測定する試験を言い、加圧角開き強度試験とは直角に曲げられた部材を逆に曲げ戻す負荷を与え破壊荷重を測定する試験を言う。成形部材のスプリングスルー現象と金属のスプリングバック現象にみる両者の構造的性質の違いを合わせ探索している。

Ｔ型接合曲げ強度試験とは、Ｔ字型に接合された部材の一端に図に示す曲げモーメントを加え、接合部の曲げ破壊荷重を測定する試験であり、駒をいれた成形部材のＴ字部接合構造と、金属の溶接によるＴ字部接合構造との強度比較を求めている。

②　試験片仕様

ＬＶＬ型積層構成の成形フレーム材の繊維に平行なＬ軸に垂直な面（木口面）の断面寸法は、24×24mm，30×30mmの２種類とし。金属パイプフレームの種類、断面寸法は、現在車いすに一般的に使用されている SUS（SUS304)、鋼(コンジェクションンタイプ薄肉鋼管)、AL(A6063)の３種類の金属パイプから、SUS外形22φ、19φ(肉厚t 1.2mm)、鋼外形22φ、19φ(肉厚t 1.2mm)，AL外形22φ(肉厚t 2.0mm)の計５種類の金属パイプ試験片とした。Ｌ型部材の長手寸法は250×250mm、曲げ部の内Ｒは35mmとした。Ｔ型部材の縦寸法は300mm、その中央に直角に接合されたＴバーの寸法は 200mmとした。成形材の接合点の内Ｒは35mmとした。以上の試験片の仕様を表５－６に示す。

（2）　試験方法

①　試験片製作条件

木材成形フレーム材の試験片の成形条件は、ＪＩＳに準じた材料試験の試験片成形条件（p119)と同様の条件で計３回製作した。金属フレームは、車いす製作メーカに外注した。Ｌ型成形フレームの成形は、雄型、雌型で成形し、Ｔ型成形フレームは、３方向プレス型

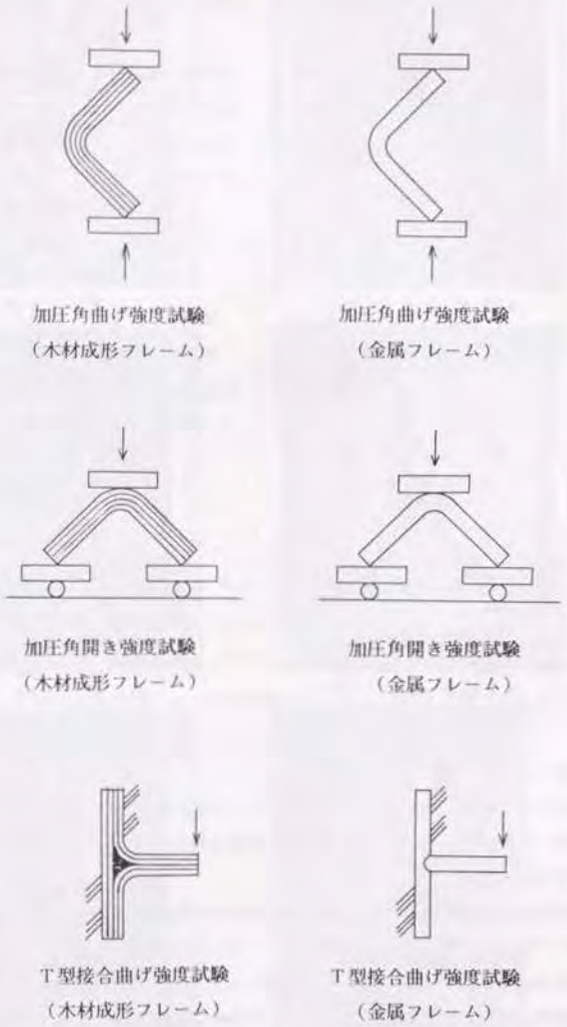


図５－３　加圧強度試験概念図

表５－６　試験片の仕様

種類	項目	木材成形試験片	金属試験片
L型フレーム	長手寸法	250×250mm	250×250mm
	断面寸法	30×30mm	SUS22φt1.2mm
		24×24mm	SUS19φt1.2mm
			鋼 22φt1.2mm
			鋼 19φt1.2mm
			AL 22φt2.0mm
T型フレーム	縦寸法	300mm	300mm
	横寸法	200mm	200mm
	断面寸法	30×30mm	SUS22φt1.2mm
		24×24mm	SUS19φt1.2mm
			鋼 22φt1.2mm
			鋼 19φt1.2mm
			AL 22φt2.0mm

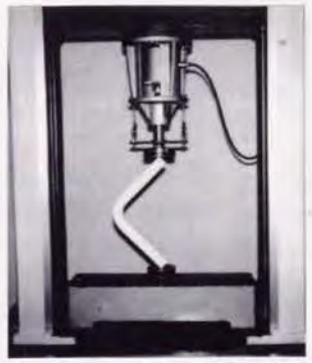
SUSパイプ：SUS304
鋼 パイプ：コンジェクションタイプ薄肉鋼管
AL パイプ：A6063

を用い、糸ノコで加工されたムクのブナ材の駒をフレーム相互間に挿入し、同時成形している。

② 試験方法

試験は３章と同様に山形県工業技術センターで行った。恒温恒湿試験室で、オートグラフＤＳＳ－５０００を用いた。試験に先立ち約３０日間試験片を試験室に置き、環境条件の一定化を計った。

試験実施方法を写真５－１に示す。加圧角曲げ試験では負荷をフレームの両端末角に与え、横にずれない接触条件を治具に与えた。加圧角曲げ試験では負荷を中央に与え、両端は横移動自由な条件を丸棒のコロを用い与えた。Ｔ型接合曲げ試験では、縦部材の曲げ変形と横移動を拘束し、横部材の接合点から130mm の位置に負荷を与えた。治具との関係から成形材では、拘束は縦部材の下端部の拘束、金属では、上端部、下端部の両拘束となった。比重、含水率の計測は第３回目の試験片について行った。試験データは荷重ヘッドの変化速度を一定にした荷重－変形図から得た。


成形合板の加圧角曲げ試験


金属パイプの加圧角曲げ試験


成形合板の加圧角開き試験


金属パイプの加圧角開き試験


成形合板のＴ型接合曲げ試験


金属パイプのＴ型接合曲げ試験

写真５－１　加圧強度試験実施方法　（山形県工業技術センター）

（３）試験結果

試験結果の値を表５－７～表５－９に示す。

① 加圧角曲げ強度試験（表５－７－１、５－７－２）

木材成形フレームの試験では、ユリア樹脂接着剤を用いた第３回目の強度値が、水性ビニールウレタン系接着剤を用いた第１回、第２回の強度値と比較し20%程度高い。木材成形フレームの強度値を金属パイプフレームの強度値と比較すると、木材成形フレーム24×24mm断面では鋼22φのレベルを示し、ユリア樹脂接着剤を用いた第３回では、SUS,ALの22φのレベルに近い。30×30mm断面ではどの金属よりも50%以上高い。従って、角曲げの負荷条件では、木材成形フレームの断面寸法は、24×24mmで十分金属と同レベルの強度を持つ。一方、金属パイプフレームの標準偏差に比べて木材成形フレームの標準偏差は10倍以上広がっている。木材自体のバラツキ、成形時の加圧接着性のバラツキが影響していると見られ、金属に比べ強度の精度が悪い。

② 加圧角開き強度試験（表５－８－１、５－８－２）

角度を開く方向に負荷するこの試験では、木材成形フレームは、30×30mm断面で、鋼のレベルにあり、全般的に金属より低いデータになっている。24×24mm断面では、鋼の70%程度である。成形フレームは加圧角開きの負荷には金属パイプより弱く、加圧角曲げの負荷には金属パイプより強い性質を持つ事が判明した。また、加圧角曲げ強度と加圧角開き強度との比率は、成形フレームでは第３回を例にするならば1814／1929（0.94）、SUSパイプフレームでは1222/3901(0.31)、ALパイプフレームでは1259/3022(0.42)、と金属の方が差が激しいのに反して成形フレームは差が少なくどちらの負荷にも同レベルの強度を示す事が判明した。一方、木材成形フレームの標準偏差は大変に大きく、角曲げより２～３倍の広がりを示す。角開き時の接着面のはがれ現象の違いが表れたものと考えられる。金属パイプでも角曲げよりデータのばらつきが拡大しており、角開きの方向の負荷には不安定な現象を伴うものと考えられる。

③ Ｔ型接合曲げ強度試験（表５－９－１、５－９－２）

木材成形フレームでは第１回が低く、第２回が高く、第３回がやや低い。この違いはＴ字部の駒入れの材料と成形精度が影響していると考えられる。

木材成形フレームの24×24mm断面では、SUS19φ のレベルにある。30×30mm断面ではどの金属より高い強度を示す。駒を入れたＴ字型接合構造は、接合部の集中応力を緩和させ、る働きを持つ事を明らかにした。

表5－7－1　L型フレーム加圧角曲げ強さ（ブナ成形材）

試験項目	試験数	第1回	第2回	第3回	
	1	1618	1422	1863	
	2	1667	1432	1863	比重
加圧角曲	3	1687	1589	1667	0.77
げ強さ	4	1667	1491	1716	含水率
（N）	5		1667	1863	13.0
30×30	6		1451	1912	（第3回）
mm	7		1451		
	平均	1660	1500	1814	
	標準偏差	29	93	98	
	1	814	784	1030	
	2	892	843	1042	比重
加圧角曲	3	834	814	1128	0.79
げ強さ	4	784	667	1226	含水率
（N）	5	971	883	1201	12.5
24×24	6	883	834	1140	（第3回）
mm	7		814		
	平均	863	805	1128	
	標準偏差	67	68	73	

表5－7－2　L型フレーム加圧角曲げ強度試験（金属）

試験数	SUS22φ	SUS19φ	鋼22φ	鋼19φ	AL22φ
1	1226	971	814	775	1275
2	1226	961	814	775	1255
3	1255	961	834	765	1255
4	1206	941	824	765	1255
5	1196	941	814	765	1255
平均	1222N	955N	820N	769N	1259N
標準偏差	23	13	9	6	9

表5－8－1　L型フレーム角開き強さ（ブナ成形材）

試験項目	試験数	第1回	第2回	第3回	
	1		1844	2550	
	2		2452	2550	比重
加圧角開	3		1912	1912	0.77
き強さ	4		2452	1569	含水率
（N）	5		2206	1765	13.0
30×30	6		2255		（第3回）
mm					
	平均		1255	1929	
	標準偏差		260	456	
	1		1225	1385	
	2		1765	1250	比重
加圧角開	3		1177	1201	0.79
き強さ	4		1520	1385	含水率
（N）	5		1177	1348	12、5
24×24	6		1422	1385	（第3回）
mm	平均		1348	1328	
	標準偏差		235	80	

表5－8－2　L型フレーム加圧角開き強度試験（金属）

試験数	SUS22φ	SUS19φ	鋼22φ	鋼19φ	AL22φ
1	3902	2657	2156	1883	2942
2	3883	2873	2372	1902	3099
3	3873	2677	2352	1912	2991
4	3922	2726	2274	1912	3040
5	3922	2726	2274	1892	3040
平均	3901N	2732N	2277N	1900N	3022N
標準偏差	22	76	85	13	59

表５－９－１　Ｔ型接合曲げ強さ（ブナ成形材）

試験項目	試験数	第１回	第２回	第３回	
	1	1765	2530	1569	
	2	1304	2108	1888	比重
Ｔ型接合	3	2392	1961	2035	0.80
曲げ強さ	4	1647	2285	1569	含水率
（Ｎ）	5		2304	1667	12.1
30×30	6		2648	2378	（第３回）
mm	7		2255	1520	
	平均	1778	2299	1806	
	標準偏差	454	234	316	
	1	765	1402	1054	
	2	667	1324	1544	比重
Ｔ型接合	3	765	1324	1177	0.76
曲げ強さ	4	755	1373	1459	含水率
（Ｎ）	5		1471	1459	12.2
24×24	6		1422	1446	（第３回）
mm	7		1324		
	平均	738	1377	1356	
	標準偏差	48	58	194	

表５－９－２　Ｔ型接合曲げ強度試験（金属）

試験数	SUS22φ	SUS19φ	鋼22φ	鋼19φ	AL22φ
1	1716	1451	863	961	1549
2	1667	1373	1176	981	1373
3	1765	1422	1176	990	1530
4	1667	1324	1128	1010	1520
5	1794	1402	1167	922	1422
平均	1722N	1394N	1102N	973N	1479N
標準偏差	57	49	135	33	77

一方木材成形フレームの標準偏差は、金属パイプフレームの数倍レベルにある。金属パイプフレームの標準偏差は角曲げ、角開き強度試験より数倍に広がっているが、溶接強度のばらつきと考えられる。

（４）結果の考察

以上の試験結果から次のことが考察された。

①　Ｌ型の木材成形フレームは、角度を更に曲げる負荷、角度を逆に開く曲げの負荷にはほぼ同程度の強度を示し、30×30mmの断面寸法であれば、金属と同レベルの強度を持つことが分かった。金属は曲げを戻す負荷にはかなり強度が高いのに反し、曲げを増やす負荷には１／３程度の強度しか持てない。つまり金属パイプの圧縮側は、座屈の生じる程度の不安定な状態にあり、一方引張側は肉厚が薄くなり、それ以上の負荷に抗する強度が小さいことを示す。それがスプリングバック現象発生の要因と考えられる。それに対して木材成形フレームはどちらの負荷に対しても同レベルの安定した抵抗を示すことが分かった。スプリングスルー現象は、これでは説明出来ないが、文献によれば厚みの方向の厚さ変化により発生すると解釈されている。

②　駒を入れたＴ字型接合の成形フレームは金属の溶接構造より強度が高く、信頼性が高い構造であると判断された。

③　以上のことから車いすフレームとして木材成形フレームは十分実用に値する強度を有することが判明した。その断面寸法は、30×30mmであれば金属と同等かそれ以上の強度を示す。24×24mmの断面寸法の可能性を持つが、角開きに相当する負荷にはやや弱く、当面30×30mmにすることが金属製車いすと同等かそれ以上の強度を持つ車いすとするのに無難な選択であると判断された。今後の研究によって、木製車いすの最適な断面寸法は30×30mmより小さくしていけるものと考えられた。

④　木材成形フレームの強度は個々の単板の性質の違い、接着精度の違いにより、金属パイプフレームに比べ大きくばらつく。したがって、工業的に生産条件が安定すれば、このデータより標準偏差は小さくなり、信頼性が増すと考えられるが、一定のばらつきを許容する幅のある対応が必要であると考えられる。

5－5　有限要素法による木材成形フレームの強度解析

車いすを構成する木材成形フレームの強度解析を有限要素法（以下ＦＥＭ）を用いて行い、フレーム強度と形状との関係を求め、設計したフレーム形状の強度的妥当性を求めた。

（1）ＦＥＭ解析ソフトとハード[注10]

東北大学情報科学研究科応用数理科学研究室の協力を得て、ＦＥＭ解析ソフト「ＭＡＲＣ」と、そのプリプロセッサー「ＭＥＮＴＡＴ」を、ワークステーション「ＳＰＡＲＣ１」上で使用して解析した。

① ＭＡＲＣについて

静的及び動的な線形、非線形の解析を行うことが出来るコンピューターソフトである。要素（Element）、機能（Function）、解析（Procedure）、材料（Material）の４つのライブラリーを持つ。線形材料から非線形材料まで、静解析、動解析、弾塑性解析、クリープ解析、熱伝導解析の機能を持つ。

② ＭＥＮＴＡＴについて

ＭＡＲＣのためのプリ・ポストプロセッサーであり、ＦＥＭモデルの作成、解析結果の評価など、作業の時間を大幅に軽減することができる。入力・出力機能、メッシュ作成機能、編集機能、後処理機能、ディスプレイ機能を持つ。

③ ＳＰＡＲＣ１について

ＭＡＲＣを動かすハードで、１秒間に８桁の実数の加減乗除を１４０万回行う事ができる能力を持ったワークステーションである。複数の作業を同時に進行できる「マルチスタク」が可能である。内部メモリー２４Ｍバイト、外部メモリー１Ｇバイトの記憶容量を持つ。

（2）解析に必要な事項の把握

車いすの木材成形フレーム問題の解析に必要な事項を明らかにした。

① 解析対象の形状、寸法

最終的に実用化に結び付けた車いす設計製図から解析の対象を求めた。図５－４に示す図の中で、解析対象はフットレスト部から座面部、背あて部、アームレスト部、キャスター部、後輪部を連結する片側フレーム構成全体とした。

② 荷重及び拘束条件

ａ）荷重条件

車いすに座る姿勢には静的座位姿勢と動的座位姿勢の２姿勢がある。前者には静荷重、

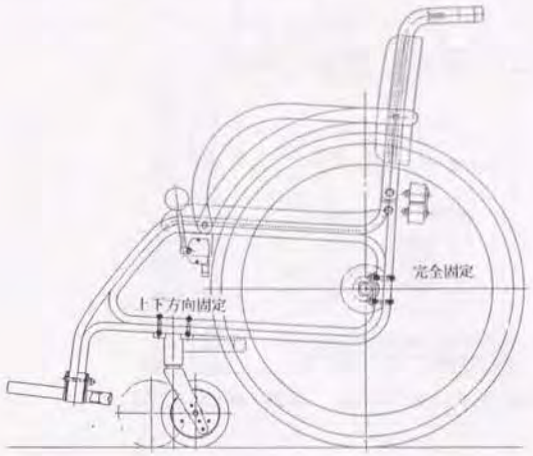


図５－４　解析対象

後者には動荷重がかかる。この点に関して一般的ないすの座位姿勢と荷重について、「家具の辞典」朝倉書店 1986[注11]の材料・構造・技術の章で藤森啓治氏がいすに加わる荷重について解説した内容を引用すると次の事が明らかになっている。

いすの構造強度で重要なのは動的座位姿勢で、急激に座る場合に起こる荷重である。これを動作分析すると、着座、着背、安定の瞬間に分けられる。これらの動作過程でいすに加わる荷重と反力の大きさ、方向、位置は図５－５に示す通りである。いすの脚下端に加わる荷重の最大値は“着背の瞬間”で、座る人の体重の約３倍、３Ｇである。

この性質を車いすの場合に照らすと、車いすへの移乗動作に同様の現象が生じていると考えられる。異なる点は、キャスターと、後輪のゴムタイヤがその負荷を緩衝し柔らげている事、その動作が自力によるものなのか、介護によるものなのか、障害の程度によってその動作が異なっていることである。後者の場合、自力で車いすに移乗できる障害者ではいすの場合とほぼ同じ現象が生じていると考えられるが、介助されて移乗する場合は、介助者に助けられた移乗のため個々に異なる現象となる。抱き抱えて乗せる場合は、障害者の全体重を座面に加える現象が見られるが、静かに乗せる事が多いので３Ｇまでかかるとは考えにくい。

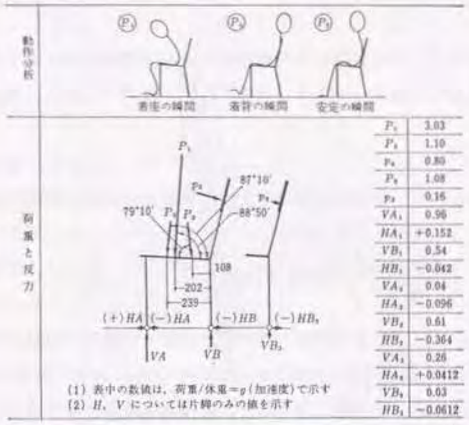


図５－５　いすに加わる荷重　　文献（A02)から引用

一方、車いすを移動している時、床や路面から車輪を介して受ける動的荷重の大きさは、人と車いすの一体化された質量－運動系で調べる必要があるが、タイヤのゴムの緩衝性からここで言う３Ｇまで負荷がかかるとは考えにくい。今後この点に関するデータの積み上げが必要と思われる。

以上の考えから、モデルの単純化をするため、自力で車椅子に移乗ができる人をとらえ、いすに急激に座る動作に関する資料をもとに下記の表５－１０の荷重条件を設定した。

また使用者の体重設定をやや大きめの８０ｋｇ（７４８Ｎ）とした。

表５－１０　荷重条件

荷重部位	着座の瞬間	着背の瞬間	安定の瞬間
座面	3.03G	1.01G	1.08G
背もたれ	0G	0.80G	0.16G
			体重　80kg

ｂ）負荷と拘束条件

負荷の位置と方向、及び拘束条件を図５－６に示す。移乗時、後輪がブレーキで固定されているものとし、後輪シャフトの取り付け位置について完全固定、ブレーキの無い前輪キャスタの取り付け位置について上下方向のみの固定とした。

図５－６　負荷と拘束条件

ｃ）片側フレーム解析と全体の車いす構造との関係

車いすの構造から、移乗時の負荷は座面系に加わり、それが座板、背もたれ板、を介してサイドフレームに伝わる構造になっている。正確にはサイドフレームには、それを座面の上部内側に倒し、フレーム相互を狭めようとする曲げモーメント成分が作用し、サイドフレームに捩り成分が発生する。この負荷成分は、サイドフレーム相互を連結するキャスター、及び後輪を取り付けるアルミ製角パイプのそれぞれの「貫」、及び座板の下部を構成する成形合板の「台輪」で受け止める。この構造は剛性が高く、移動性能の保持の役割を果たすと共に、サイドフレームへの捩り負荷成分を無視できる程小さくしているものと見ている。

以上のことから、片側フレームのみの解析で十分目的とするフレーム形状と強度の解析はできると判断した。

③　材料定数の推測

成形材料の材料定数はばらつきが大きく、正確な値を求め設定する事は困難であるが、５－３節のＪＩＳに準じた木材成形部材の材料試験の結果、成形木材の材料定数の値は、ムク材のものと大きな差は無いと推測された。そこで、便宜上、ブナ材の材料データに関する資料[A8][1]から、成形材のデータと照らしながら表５－１１の値を推測した。

表５－１１　材料定数

材料定数	L成分	R成分	T成分
弾性率　MPa	E_L =122.6×10³	E_R =13.2×10³	E_T =5.9×10³
ポアソン比	μ_{LR}=0.4	μ_{RT}=0.65	μ_{TL}=0.024
せん断弾性率 MPa	G_{LR}=981	G_{RT}=196	G_{TL}=637
引張降伏応力 MPa	Y_L =71.2	Y_R =2.9	Y_T =2.3

上記表の値の根拠は次のようにとらえた。

ブナ材の材料定数は文献（A1）では次のように出されている。

ヤング係数　：　E_L 125, E_R 13.5, E_T 6.0（10^3kgf/cm²）

せん断弾性率:　G_{LR}10.0, E_{RT} 2.0, E_{LT}6.5（10^3kgf/cm²）

ポアソン比　：　μ_{LR}0.40, μ_{RT}0.65, μ_{LT}0.50

L成分の弾性率E_Lは成形材の曲げヤング係数の試験実測データ（５－３（３）③）が120.3MPaであり、ほぼ同じといえ、そのまま採用しても良いと判断された。E_R、E_Tは、そのまま引用した。

ポアソン比、せん断弾性率も同様にそのまま引用した。ポアソン比の６成分は（５－１）式から得られる値となる。せん断弾性率の６成分はモーメントの釣り合い方程式（５－３）から得られる値となる。引張降伏応力Y_L、Y_Rは材料試験の荷重－変形図データから推測した値である。Y_Tは、文献（A1）に記載されている広葉樹の引張強度のＲ成分、Ｔ成分の比率1.3：1.0から推測したものである。

以上の判断は、５－３で求めた先の材料試験結果より、引張、圧縮、曲げに関する成形材の材料定数データがムクのブナ材の値にに近いという考察から推測したものであるが、今後、成形材に関する正確な材料定数データを求め、解析に用いる事が求められる。

（３）解析手順

①　解析手順の流れ

解析手順の流れは次の通りである。

ａ）ＭＥＮＴＡでの作業

１．接点、要素の定義（INPUT）
　座標系の指定、基準座標の入力、接点の入力、用いる要素タイプの入力など行う。

２．要素の作成
　各Ｒ部分について円座標を定義し、要素を作成する。

３．要素の細分割
　各円座標について要素を細分化し、外形を定義する。直線部分について外形を定義し、要素を細分化する。

４．各要素、節点を整理する。

５．拘束条件を定義する。

６．等方性部分について材料定数を定義する。

７．ＭＡＲＣデータとして書き込む。

８．データの不要部分を削除する（データのエディット作業）

９．荷重条件を定義する

１０．異方性部分について、材料定数を定義する。

１１．要素の厚みを定義する。

ｂ）ＭＡＲＣによる計算

ｃ）ＭＥＮＴＡＴによる結果の評価（視覚化）

②　解析手順に沿った具体化とそのデータ

まず、車いすの図面から、解析対照のフレームの座標系を設定し、その位置座標を実寸で読み取り、座標点を求める。次にＭＥＮＴＡによる入力作業に入った。

完成したメッシュを図５－７に示す。要素数365、節点数　521であった。四角要素と三角要素に要素を分割した。駒の入ったＴ字部は三角形要素と四角要素の組み合わせによる分割とした。座標軸は、Ｘ方向を車いすの前後方向に、Ｙ方向を車いすの高さ方向に設定した。

解析手順に沿ったデータの一部とその解説を表５－１２に示す。

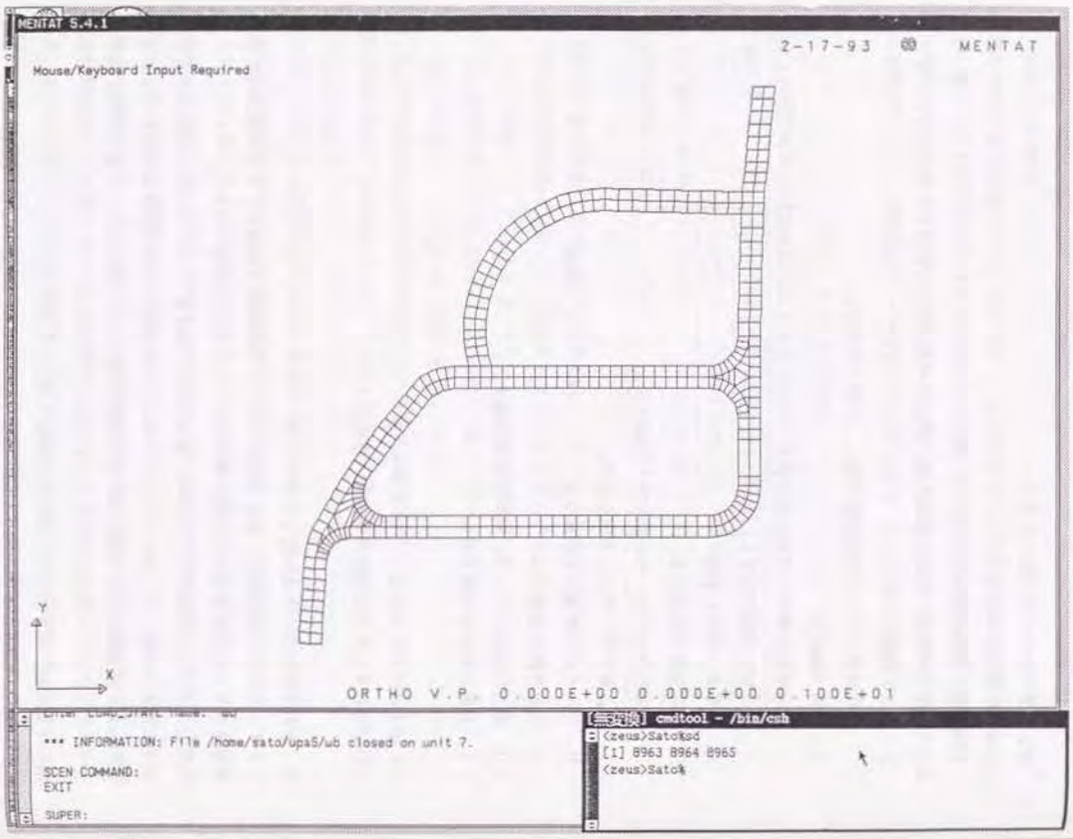


図5－7 メッシュの完成

表5－12 データの解説

```
TITLE                                                    (タイトル)
SIZING      100000  365  521                             (使用メモリ、要素数、節点数)
ELEMENTS    11   6                                       (使用要素タイプ)
END
CONNECTIVITY                                             (要素を構成する節点の番号)
  365   0   0
    1  11   2   1   4   5
          中略
  365  11  78  79 164 150
COORDINATES                                              (節点座標)
    2 521   0   0
    1 30.00000  0.0
          中略
  521 639.00000 746.00000
ISOTROPIC                                                (異方性を考慮しない材料定数)

    2
 1250.0000   0.40000   0.00000   0.00000   0.00000       (ヤング率、ポアソン比など)
    331 TO        365                                    (この材料定数を適用する要素の番号)
POINT LOAD                                               (集中荷重)
.
-3.6,-121.2                                              (X、Y方向の荷重値)
338                                                      (この荷重を掛ける節点の番号)
FIXED DISP                                               (拘束条件)

  0.0                                                    (変位0の荷重)
    1                                                    (X方向)
    192   193   194   209   210   211                    (適用する節点の番号)
  0.0
    2                                                    (Y方向)
    48    49    87    88   125   126   192   193   194 C
    209   210   211
ORTHOTROPIC                                              (異方性を考慮した材料定数)
1
.
1250,135,60,0.4,0.65,0.024                               (ヤング率L、R、T、ポアソン比LR、RT、TL)
100,20,65                                                (せんだん弾性率LR、RT、TL)
.
1 TO 330                                                 (この材料定数を適用する要素の番号)
ORIENTATION                                              (異方性の方向の定義)
1
EDGE 1-2,90                                              (各要素の辺1－2に対して、90度の角度)
1 TO 330                                                 (これを適用する要素の番号)
GEOMETRY                                                 (要素の厚み)
1,
30,                                                      (30mm)
1 TO 365                                                 (これを適用する要素の番号)
OPTIMIZE   2
$                    The 2 is for'cuthill-mckee
  5
CONTROL                                                  (この部分は弾性変形には不要なので、削除)

 100  3  0  0  0  1  0  0
   0.10     0.0
RESTART
  1  1
post
        16   17    0    1                               (出力ファイルの形式)
  17      EQUIVALENT VON MISES STRESS
  11      1ST COMP OF TOTAL STRESS
  12      2ND COMP OF TOTAL STRESS
  13      3RD COMP OF TOTAL STRESS
END OPTION
```

（４）解析結果と評価

解析結果を写真５－２～５－１７に示す。応力の単位はkg/mm²で解析している。

フレーム強度の評価の指標となる成形部材の降伏応力は、５－３（３）㋐に示したように、成形材のデータのばらつきを考慮すると

繊維方向引張降伏応力（Ｌ）：70～75MPa

繊維方向圧縮降伏応力（Ｌ）：35～40MPa

曲げ降伏応力　　：35～40MPa

が得られている。この値を目安に評価を行う。

①　着座の瞬間の時（荷重Ｐ１）

写真５－２は、荷重Ｐ１時の変形図である。青が荷重０、緑が荷重によって変形した形状を示す。変形量は３０倍に誇張して表示されている。座面部のＹのマイナス方向の変形量が最大であり、１ｍｍ程度である。キャスター部の拘束によって、フットレスト部がＸのプラス方向（後方）に0.3mm程変位している。

写真５－３は、Ｘ方向の応力を色分けして表示している。左側のカラーバーの位置は－が圧縮応力、＋が引張応力を示す。 その値は－1.4892kg/mm²（－14.6MPa）～ ＋1.2805kg/mm²（＋12.6MPa）である。応力は荷重点である座面部周辺とキャスター支持部周辺、及び座部と背もたれの接合点に集中し、その応力分布はＬ方向に発生している。発生したＬ方向の引張応力は、降伏応力値の1/5 、圧縮応力は、降伏応力値の1/3程度と見なされる。圧縮応力が引張応力に比べやや高い応力として表れていると共に、降伏値が引張側に比べ圧縮側に弱いことから、圧縮側に大きな負担となっている。ただし、強度的には問題がないレベルの範囲にあるといえる。

写真５－４は、Ｙ方向の応力を示している。応力の値は－0.7983kg/mm²（－7.74MPa）～＋0.7753kg/mm²（＋7.6MPa）である。引張応力と圧縮応力の最大値はほぼ同値である。高い応力の目立つ所は座部とアームレストを連結する部位、後方の座部と背もたれフレームをつなぐＴ字部周辺、座部前部からキャスター部に至る周辺である。応力分布は全て成形フレームのＬ方向に発生している。応力値はＸ方向に比べ1/2程度と低い値になっており、強度的には問題がないレベルと言える。

写真５－５は、Ｘ，Ｙ，Ｚ三方向の応力を合成したVon Mises Stressを示す。最大応力は荷重点にあり1.35kg/mm²（13.2MPa）である。座面部周辺、座部と背もたれを連結する周辺、座部をつなぐアームレスト周辺、座部前部からキャスターに至る周辺に負荷が目立つ。荷重点周辺の負荷が最大である。

写真５　２　Ｐ１時の変形図

写真５　３　Ｘ方向の応力

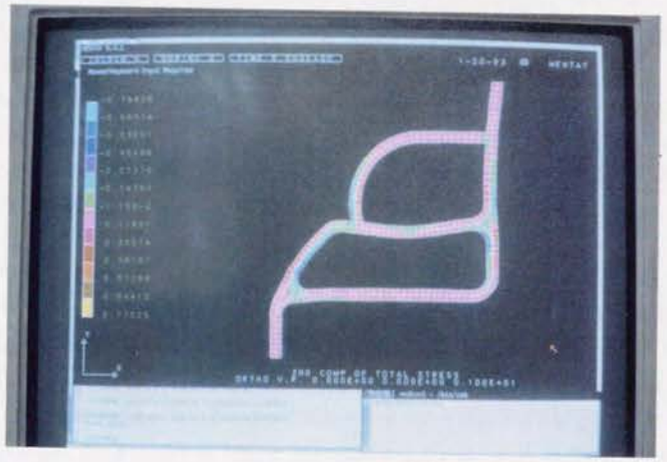


写真5－4　Y方向の応力

写真5－5　Von Mises Stress

② 着背の瞬間の時（荷重Ｐ２）

写真５－６は、荷重Ｐ２の時の変形図を示す。座面部は殆ど変形せず、背もたれの先端部分が１mm程度Ｘ方向のプラス方向(後方）に変形している他、アームレストが､同様にＸ方向のプラス方向に0.5mm 程度変形している。

写真５－７は、Ｘ方向の応力を示す。応力の値は－0.5123kg/mm²(－5.0MPa)～＋0.5810kg/mm²(＋5.7MPa)の範囲にある。アームレストと背あてフレームとの結節点領域に応力が大きくかかっており、アームレストフレームの上部で＋0.58kg/mm²(＋5.7MPa)のＬ方向の引張応力、下部で－0.33kg/mm²(－3.2MPa)の圧縮応力が見られる。強度的には問題の無いレベルといえる。

写真５－８は、Ｙ方向の応力を示す。応力の値は－0.5186kg/mm²(－5.1MPa)～＋0.4904kg/mm²(＋4.8MPa)の範囲にある。アームレストと背もたれ部分の連結部分にに＋0.5MPa程度の引張応力と－0.45MPa程度の圧縮応力が見られる。強度的に問題の無いレベルにある。

アームレストは座部から背もたれに至る間にフレームの中心線を境にＬ方向の引張応力と圧縮応力の遷移が生まれている。座部全面からキャスター至る間にも同じＬ方向の応力の遷移が生まれている。 共に応力値は0.15MPa程度と小さい値であり､無視できるレベルである。

写真５－９は、Von Mises Stressを示す。アームレストと背もたれの連結部に最大値0.56kg/mm²(5.5MPa)の応力を示し、座部と背もたれの接合部周辺も0.4MPa程度の応力が見られる。

③ 安定の瞬間の時（荷重Ｐ３）

写真５－１０は、荷重Ｐ３の時の変形図を示す。変形は微小で座面部がＹのマイナス方向に0.3mm程度変形し、アームレストが同方向に0.2mm 程度の変形が見られる程度である。

写真５－１１は、Ｘ方向の応力を示す。応力の値は－0.5406kg/mm²(－5.3MPa)～＋0.4547kg/mm²(＋4.5MPa)の範囲にある。座面部で高く､Ｌ方向の圧縮応力0.54kg/mm²(5.4MPa)、引張応力0.45kg/mm²(4.4MPa)となる。強度的には問題は見られない。

写真５－１２は、Ｙ方向の応力を示す。応力の値は－0.2424kg/mm²(－2.4MPa)～＋0.2143kg/mm²(＋2.1MPa)の範囲にあり、Ｌ方向に働き、殆ど無視できる程の値である。

写真５－１３は、Von Mises Stressを示す。座部荷重点に応力が集中し、最大値0.4905kg/mm²(4.8MPa)の応力を示す。

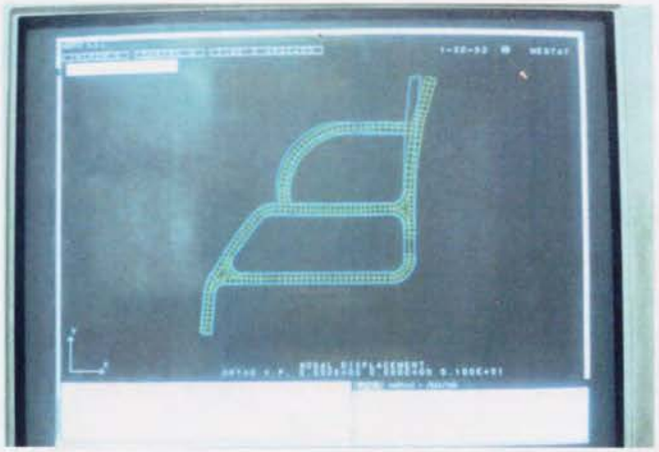


写真5－6　P２時の変形図

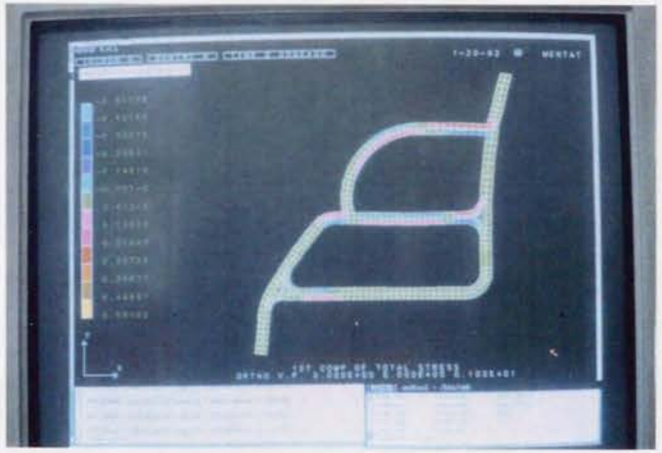


写真5　7　X方向の応力

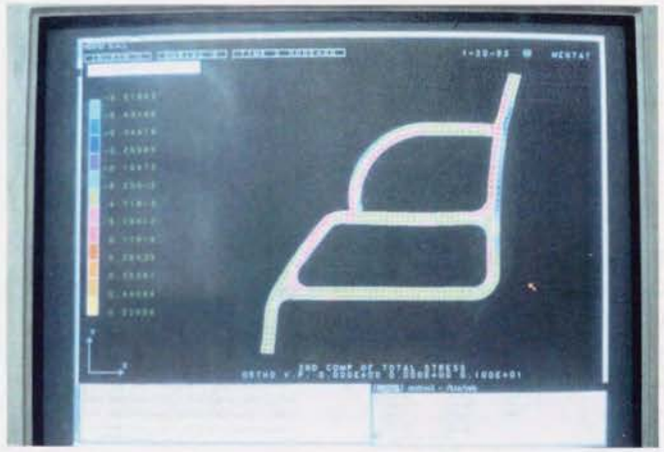


写真5－8　Y方向の応力

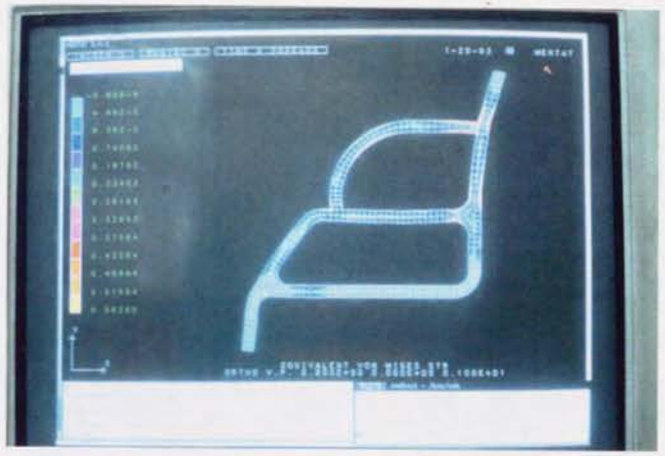


写真5－9　Von Mises Stress

写真５－１０　Ｐ３時の変形図

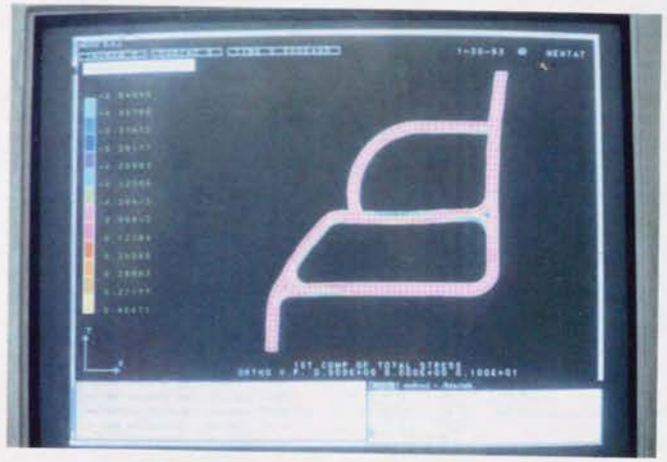


写真５－１１　Ｘ方向の応力

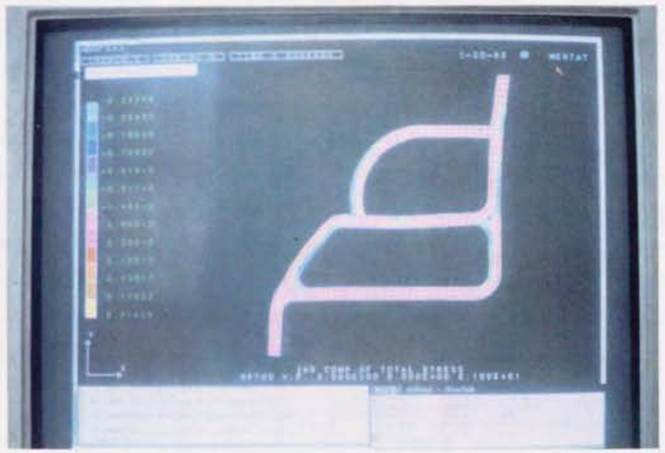


写真５－１２　Ｙ方向の応力

写真５－１３　Von Mises Stress

④　Ｔ方向（奥行き）の厚さと応力との関係

着座の瞬間（荷重Ｐ１）の時、成形フレームの断面の奥行き寸法（Ｔ方向厚さ）を１０㎜，２０㎜，３０㎜，４０㎜，５０㎜，の５段階に変化させた場合の解析を同様に行い、３０㎜厚さの妥当性を調べた。それぞれのＸ方向、Ｙ方向、Von Mises Stressの３データを同様に解析し、その出力データからＴ方向の厚さと応力の最大値との関係を求めた。その結果を図５－８に示す。この時、解析によって得られたそれぞれの Von Mises Stress の結果を参考に写真５－１４～写真５－１７に示す。

厚さ３０㎜を境に、薄くしていく場合は急激に変形量、応力が大きくなり、厚くしていく場合はゆるやかに変形量、応力が減少する事が知られた。Ｔ方向の厚さ１０㎜では、最大応力が降伏値と同程度の応力となり、実用は出来ない事が分かった。２０㎜では最大応力が降伏値の1/2程度の応力を示すが、 特に圧縮応力に不安があり、実用には困難さ見られた。３０㎜より厚くした場合は、最大応力が４０㎜で３３％減少、５０㎜で６７％減少し、それぞれ強度は向上するが、大きな強度向上の効果が見られない事が分かった。

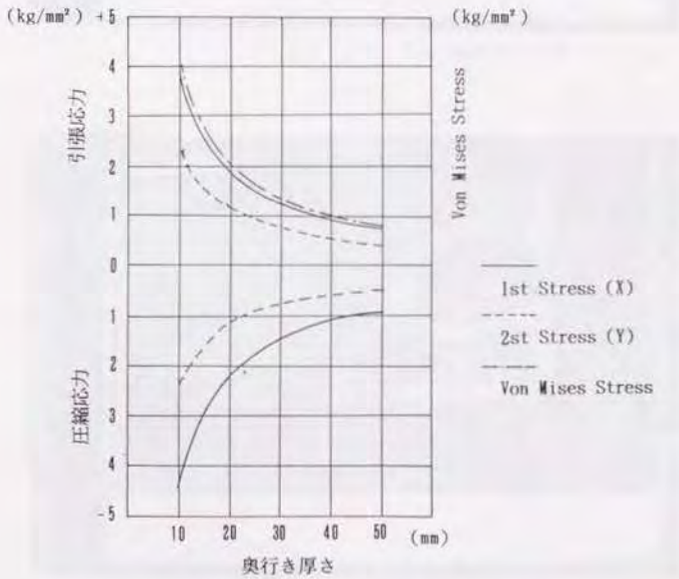


図５－８　Ｔ方向の厚さと応力との関係

写真５－１４　厚さ10mm時のVon Mises Stress

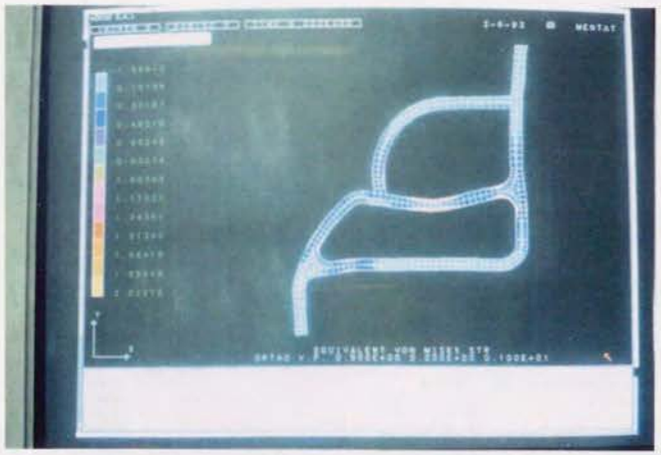


写真５－１５　厚さ20mm時のVon Mises Stress

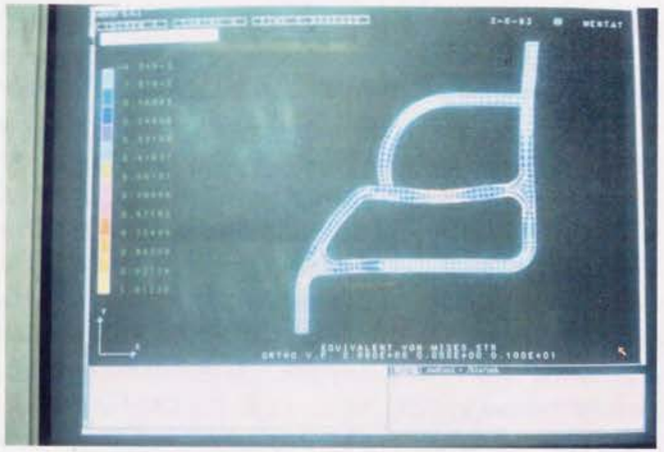


写真5－16　厚さ30mm時のVon Mises Stress

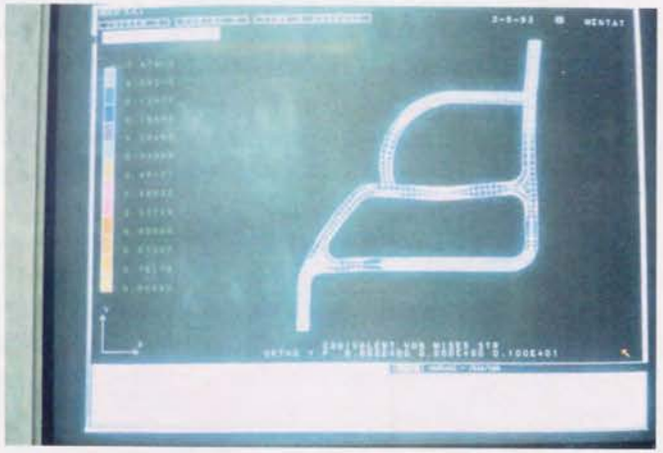


写真5－17　厚さ40mm時のVon Mises Stress

（５）考察

解析の結果、次のことが明らかになった。

① この車いすの両側面を構成する木材成形フレームは、急激に座る動的座位姿勢の場合、主に、繊維方向であるＬ方向に応力がかかる形状を持つことが確認された。これは、強度的に理に適ったフレーム形状、構造になっている事を示していると判断される。応力の最大値はＬ方向の圧縮応力で約1.49kg/mm²(14.6MPa)，引張応力で約1.28kg/mm²(12.6MPa)である。この引張と圧縮の境界面は、成形フレームのＬ方向の中心線上にあり、中立面となっている。それぞれを独立した部材として捉えるならば次の事が言える。成形合板部材のＬ方向の圧縮降伏応力35～40MPa、引張降伏応力70～75MPa と比較し、圧縮応力で37%、引張応力で18%のレベルとなる。引張側より、圧縮側が降伏値に相対的に近いと言えるが、実用上問題ないレベルにあると考えられる。問題が生じるとすれば繰り返し荷重による疲労降伏ではないかと考えられる。一方、曲げ試験で得られた曲げ降伏応力は約40MPa の値を得ており、Von Mises Stressの最大値として得られた13.2MPa の値は、降伏値の１／３となる。即ち、部材を曲げ部材として一体として見るならば、殆ど実用的に問題のない応力になっていると考えられる。

② Ｔ方向の厚さを変化させたことにより、断面の変化と応力との関係が明らかになった。30×30mm断面寸法は、図５－１０で明らかなように妥当なフレーム断面寸法であり、これ以上断面積をＴ方向に増やしても強度向上に大きな効果が出来ないこと、逆に減らせば、急激に強度が落ちることが明らかになった。

③ ここで与えた材料定数は、ムクのブナ材をもとに推測され、解析に使用された。今後この点の正確なデータを求める必要があるが、それほど大きな違いは無いものと予測される。負荷の与え方は、集中荷重であるが、実際は分布荷重になる。また、キャスター、後輪を介して段差などの移動時の衝撃荷重が与えられる場合の解析も今後の課題といえる。

④ 成形フレームの断面寸法は、３０mm×３０mm断面をベースに、Ｒ方向をやや３０mmより薄く、Ｔ方向に３０mmより厚くする、あるいは、全体にやや細目にする等の設計変更が予想される。そうした変更にも対応させる基本となる解析結果を得た。また、現在使用されている金属パイプフレーム断面寸法は、この成形部材のデータから、妥当な範囲にあることが知られた。

5－6　結論

（1）ＬＶＬ積層構成の木材成形フレーム材の材料力学的関係を、木材単体の３断面の呼称に合わせた座標軸設定をもとに求め、一般化をした。

（2）ＪＩＳに準じたブナ材の成形部材の材料試験により、現在工業的に応用されていユリア樹脂接着剤を用い、低圧電流加熱によって成形された成形部材は、むくのブナ材とほぼ同じレベルの強度を持つことが縦引張、縦圧縮、曲げの試験データから明らかとなった。また、水性ビニールウレタン系接着剤を用いた成形部材も一応の強度を示し、応用の可能性を残した。

（3）加圧破断試験によるブナを用いた木材成形フレームと現在車いすに一般的に使用されているSUS,AL,鋼の金属パイプフレームとの強度比較により、ブナ成形フレームは、その断面を30×30㎜とすれば、ほぼそれら金属パイプフレームと同等あるいはそれ以上の強度を示すことが分かった。成形フレーム部材は曲げ変形を更に進める場合と、曲げ変形を戻す場合とでほぼ同じ強度を持つが、金属パイプフレームは大きな差を示すことを明らかにし、成形フレーム部材の特徴を明らかにした。更に、金属の溶接構造に比べ、駒入れによる接合構造はこの断面寸法であれば金属パイプ構造の強さをしのぐことが明らかになった。しかしながら、成形フレーム部材のデータのばらつきは大きく、それを許容した範囲の強度評価が必要であることも明らかにした。

（4）有限要素法によるブナ材を対象にした木材成形フレームの強度解析によって、車いす両側面を構成するＬＶＬ型成形フレームは繊維方向のＬ方向に応力がかかる性質を持つことが分かり、強度的に理に適ったフレーム材質、形状、構成を持つことが証明された。急激に座る動的座位姿勢時の最大応力は、降伏応力の１／３程度であり、動的な負荷に対し、強度的に十分応えられることを明らかにした。また、断面寸法は30×30㎜が妥当であり、これ以上Ｔ方向に厚さを増やしても強度の向上は小さく、逆に、厚さを薄くすると、急激に強度が落ちることを明らかにした。

（5）以上の結果より、実用に結びつけた車いすの成形フレームの材質、形状、断面寸法は、材料強度的に実用に適っていることを証明した。

6章　実用化仕様と生産手法

6－1　はじめに

本章は、４章で示した車いすの設計、試作と試用評価結果を踏まえ、設計変更を加え、最終的に工場での生産に移行させた実用化仕様と生産モデルを明らかにし、それが目標とする概念設計と身体障害者の個別の要求にどのように応えることができるのか、その設計上の考え方を示す。更に、現在の車いす工業界の産業状況に触れながら、木材を用いた実用化車いすの工業化にはどのような生産上、流通上の課題を越えなければならないかを論じると共に、地域の障害者に応えられる地域の生産手法の意義を与え、当面可能とされる地域での個別生産手法について明らかにする事を目的としている。

6－2　設定された概念設計と実用化仕様

主に高齢者を使用対象者とし、４－７節の結果を踏まえて更に設計変更を行い、工場生産に移行した生産モデルの設計図を図６－１に、その外観を写真６－１、細部を写真６－２、木製部の細部を写真６－３、仕様寸法を表６－１に示す。このモデルは1993年9月に完成し、一部商品として納入され始めた。成形合板技術は、本開発に参画した成形メーカー（栃木県）の手で行われ、金属部品及び組み立ては車いすメーカーの手で行われた。成形メーカーの手で行われた成形合板技術、その他の木工技術の概要を表６－２に示す。

（1）概念設計と実用化仕様

この生産モデル車いすに具体的に設定された実用化仕様は、４－２節で明らかにされた概念設計をもとに設定された。それは下記の通りである。

①　座位保持向上設計

ａ）座の質的向上

座は、折り畳みをしない圧力分散機能を持つテンションシートを下張り材料として張り、充填材にウレタンフォームを用い、上張り材料に、吸放湿性、耐久性、耐候性に優れ、感触の良いビニールレザーを選び、蒸瘡のでき難い座り心地の良いクッション構造を持たせた。座、及び背もたれは汚れ、匂いなどを洗える保守管理ができる取り外しのできる構造とした。

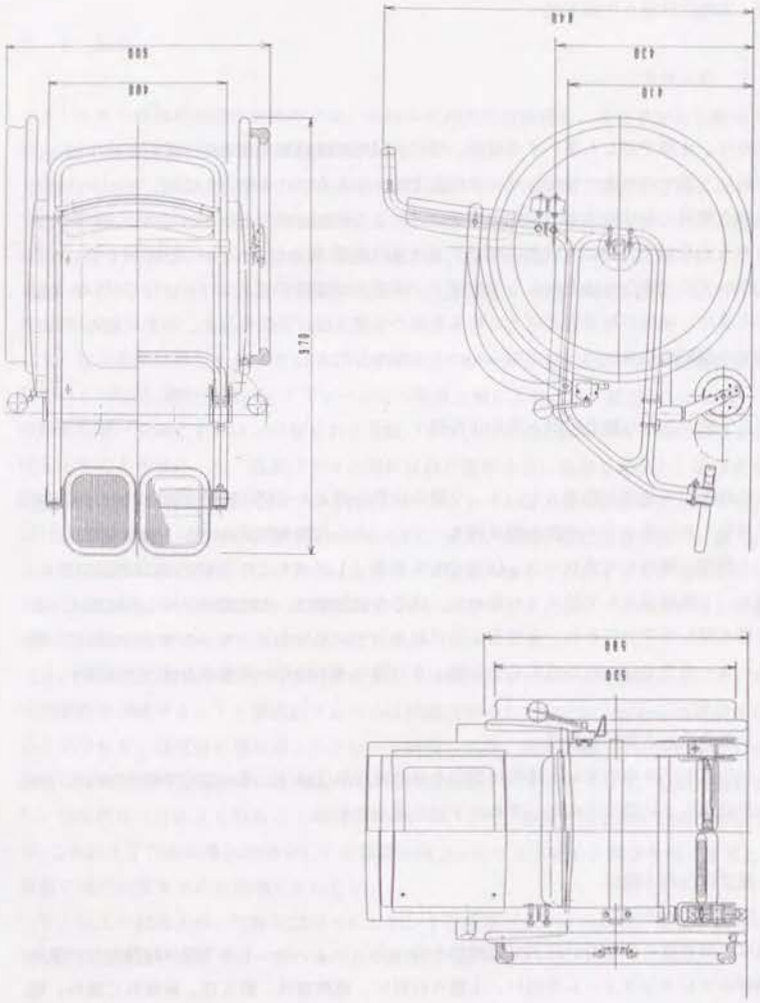


図6－1　生産モデル設計図

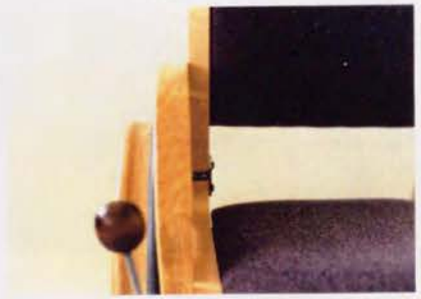
写真6－1　外観（生産モデル）

フットレスト部とキャスター部の構成

後輪部の構成

ブレーキ部・アームレスト・側板部の構成

背もたれ部の構成



アームレストの下にタイヤがある構成

後輪の脱着（背もたれを前に倒す事も可能）

写真6－2　車いすの細部

サイドフレーム胸入れ部

サイドフレーム・フィンガージョイント

ハンドリムフィンガージョイント

背もたれ連結フレーム・フィンガージョイント

フットレストフレーム

ホイールキャップ(キャスター、後輪)

写真6－3　車いすの細部（木製部）

表6－1　仕様寸法表

外形サイズ	L970　W600　H840mm
重量	約15kg(147N)
座面高さ	フレーム原点 410mm ; シート原点 430mm
座面幅	400mm(標準)　　変更可能
座面奥行き	400mm(標準)　　変更可能
背あて高さ	座面から360mm(標準) 変更可能
背あて角度	92°～115° までセット可能
フットレスト長	320～400mmまでセット可能
アームレスト高	シート原点から200mm
ハンドリム形状	異形断面(操作性から決定)　特別オーダー可能
ショーティング	背あて前畳む、後輪脱着
重心位置	後輪車軸中心原点(0、0)から(－141mm, ＋45mm)

表6－2　成形合板技術・その他の木工技術

成形材料	心用材料	カバ単板 t 1.5mm
	表面用材料	使用せず
	接着剤	ユリア樹脂接着剤
	プレス型材料	ラワン積層合板を木工用ボンドで積層
	フレーム駒材料	カバ積層合板
成形	成形方法	高周波加熱（内部発熱）、低圧電流加熱（外部発熱）
	成形加圧時間	１～２時間
	成形材料取り	フレーム関係　２本取り
	接着剤の塗布	単板１枚おき両面塗布
	駒入れ	サイドフレーム成形と同時はめ込み成形
仕上	仕上げ加工	ルーター切削、手押し鉋切削、サンダー仕上げ 自動ならいルーター
	表面処理	ポリウレタン処理、木地色塗装
その他木製部品		フットレスト：成形合板枠にラワン積層合板接着 ブレーキグリップ：朴　ロクロ加工 ホイールキャップ：朴　ロクロ加工

b）座位姿勢の向上

座面幅400mm、座面奥行き400mm、を標準寸法とし、身体寸法に合わせて、座及び背もたれの寸法を変更できる組み合わせ構造とした。座面角度は3°を標準とし、キャスター取り付け高さを変えることで角度調整ができるものとし、背もたれは、背あて角度を92°～115°まで選べる可変構造とした。膝下からフットレストまでの長さは、320mm～400mmまで身体寸法に合わせてセットできる幅をもたせた。アームレスト高さは標準の200mmとし、その形状を２種類選べるものとした。側面には、衣服がタイヤに引き込まれないように一般にスカートガードと呼ばれる合板製側板を設けた。

以上a），b）によって、木質環境に囲まれた座位姿勢の向上が達成された。

② 適合性の向上設計

a）座面高さの統一

座面上下は将来の課題とし、座面の高さを430mmに統一し、長期使用によって、変形によって座の高さが変わる事のない質の良い座構造とし、主に、座面基準、差尺基準における家具、設備との適合性を向上させた。

b）デッドスペース小

アームレストの形状を、装置、設備への近接時、邪魔にならないものを選べる様にした。足元周辺、ブレーキ等の位置等に余分な凸凹が出ないように処理をしている。

タイヤが手や肘に触れないように、ハンドリムの真下にタイヤが収まる構造とし、タイヤを気にする事が無い構成にした。

身体障害者、及び介護者が、足元を気にせず移乗できるように、横フレームの後方への退行、フットレスト開閉機構を設け、足元の空間を大きく空けた。

c）小回転化

車幅を600mm、車長さ970mmとし、車いす平面寸法を小さく押さえた。これにより動作寸法は、360度旋回空間量が約φ1350mmとなり、ＪＩＳ標準旋回空間量の10%減を得た。日本家屋の750mm幅の狭い廊下等の通路の走行、狭いトイレ開口寸法でも通過し、便器に近接できるものになった。

③ 操作性能向上設計

a）駆動性の向上

操作性が良く、夏熱くならず、冬冷たくない、そして手の汗を吸収させる手の皮膚感覚にも適合した断面形状を持つ木製ハンドリムとした。断面形状の個人の好みに合わせた特別注文も可能である。前輪と後輪の設置距離を可能な限り短い350mmに設定し、ハンドリム操作による車いすの旋回回転モーメントを低減させた。

車いすの後輪車軸中心を原点とした重心位置の高さは、従来の車いすが中心より約＋20

mm上部にあるのに対して、本車いすは、更にそれより約20mm上部にあることを測定によって確かめた。その結果、ハンドリム操作による重心に対する回転モーメントが、従来よりやや小さくなっているものと思われる。

介助者が車いすを後ろから押すグリップ部を、背もたれのサイドレームを相互に連結させた木材成形フレーム部（かさ木）とし、好みの手の位置を選べ、手の皮膚感覚にも適合させた。その高さを床面から840mmとし、立って押しやすい高さとした。

b）段差ごえ向上

算定による人・車重心位置は後輪車軸中心を原点（0、0）とし、（－102mm，＋220mm）を得た。原点と重心とを結ぶ直線の、原点を通る垂直軸からの傾斜角度θは$\tan^{-1}\theta=0.46$（24.7°）となる。この角度はキャスター上げ動作の目安となるが、標準の車いすのそれの値約 0.6（31.0°）程度と比較し、やや小さくなっており、キャスター上げ動作を軽くしている。車軸の位置は、障害者のバランス機能に合わせ、更に前方向に調整できる構造になっている。介助者が行う段差あげのためのテッピングレバーは必要に応じてサイドフレームの後部にセットできるものとした。

カーペット、畳み等の駆動のためには、タイヤ圧力を高めることと、設置面積を小さくする事が必要である。そのために、タイヤ幅の狭い後輪、ソリッドタイプのゴム圧の高いキャスターになっている。

c）ダンパー性向上

ダンパー性に対してこれといった特別の配慮はしていないが、木製化により、金属より弾性力が増し、衝撃の吸収性は向上していると期待できる。また、壁や家具等の接触することが多いので、一番接触の多いフットレストには周辺の縁にゴムを巻き、衝撃を柔ら、傷を与えない工夫をした。

d）操作接点向上

車いすへ移乗の際、手の支えとして利用する事の多いアームレストには、特に支え易い形状を考慮したものと、そうでないものの２種類の形状を用意し、障害者の要求に合わせられる考えを持たせた。また移乗時、障害者、介護者の足が自由になるように足元の空間を空け、片足走行も可能にした。

ブレーキグリップを木製とし、ハンドリムと同様に、手の皮膚感覚に優しい接点を与えた。その形状は好みや、手の機能に合わせ特別に注文できるものとした。

④ 軽装性向上設計

a）格納性

背もたれ部が前に折り畳め、後輪が外せる構造とし、梱包寸法を小さくさせ収納性への配慮をした。乗用車のトランクへの搭載も可能であるが、折り畳みから搭載、降ろして組

み立てまで介助者の協力を必要とする。

b）軽量化

無駄のない構成、寸法とし、軽量化につとめた。比重の低い比強度の高い木材の採用あるいはフレーム断面寸法の縮小等が必要である。

⑤　表現性向上設計

a）イメージ向上

屋内の家具、調度とも適合する成形材の木質を生かしたインテリア性豊かな形状、質感、色彩とした。色彩は、表面の傷が目立たない木材の素地色とした。

座部の表面の上張り材料は、好みに合わせ選択でき、季節の変化に応じて装いができる取り替え可能な構造とした。

キャスター、後輪に木製ホイールキャップを取り付け、機械的なイメージを弱めた。これらの形状、色彩は個人の好みに合わせられるものである。

（２）個別の身体寸法要求への配慮点

個々の身体障害者の身体寸法に合わせて応える考え方は、４－３（５）にその考え方の出発点が得られている。この生産モデルはそれをさらに発展させた考え方を採っている。

個別の要求に応える配慮の対象は、概念設計の項目のうち座位保持に関する項目、操作性に関する項目があげられる。座位保持に関する項目として、座面横幅寸法、座面奥行き寸法、座面角度、背もたれ高さと背もたれ角度、膝下からフットレストまでの長さ（膝下長さ）、アームレスト高さとその形状があげられる。操作性能に関する項目として、後輪の径と車軸位置、キャスター径と取り付け位置、ブレーキ長さと取り付け位置があげられる。

これらの寸法の設定には、現在レディーメード・オーダーメードで製作された車いすがどの程度の寸法の幅を持つのか知る必要があった。この研究に先立ち、1982年に、仙台市内で東北一円の車いすを注文製作している企業が、約３カ月間、オーダーに応え製作した車いすの寸法を調査した。姿勢保持の厳密な子供を除いた老人までの寸法データを収集し、座面横幅、座面奥行き、背もたれ高さ、アームレスト高さ、膝下長さの５項目を求めた。その結果、表６－３の結果を得た。サンプル数は90であった。この結果から分かるように、座面横幅:400mm，座面奥行:400mm，背もたれ高さ:400mm，アームレスト高さ:200mm、膝下長さ:360mm，が一番多い寸法であり、ＪＩＳ中型標準車いす寸法に相当することが分かる。他は、ほぼ20mm刻みで対応している。

表６－３　各部のオーダー寸法

各部寸法項目	寸法（mm）
座面横幅	450(1%)、440(1%)、 420(8%)、 400(58%)、380(19%)、360(9%) 340(2%)、320(1%)　　$x=392.1$ $\sigma=21.4$
座面奥行	460(2%)、420(8%)、 400(67%)、380(14%)、360(7%)、 340(1%)、320(1%)　　$x=395.8$ $\sigma=19.3$
背もたれ高	420(2%)、400(68%)、380(8%)、360(13%)、340(1%) 320(1%)，300(3%)　　$x=386.9$ $\sigma=24.9$
アームレスト高	230(1%)、220(3%)、 200(86%)、180(6%)、160(2%)、 150(2%)　　$x=194.9$ $\sigma=28.7$
膝下長	400(4%)、380(8%)、360(38%)、340(31%)、320(14%) 300(3%)　　$x=349.3$ $\sigma=21.7$

サンプル数：$n=90$　x：平均値　σ：標準偏差

①　座位保持に関する項目

a）座面横幅寸法

成形合板による座板と座保持板、背もたれ板と背もたれ保持板、背もたれ横フレームの各々の横寸法の可変、キャスター部横フレーム及び後輪部横フレーム寸法の可変で応える。当面例えば大（400mm）、中(380mm)、小(360mm)の３種類を用意させる。この寸法はＪＩＳ指定寸法の一部でもある。

b）座面奥行き寸法

成形合板による座板の縦幅と座位保持板の縦幅の可変及び取り付け位置の調整で応える。座板の寸法を当面例えば大(400mm)，中(380mm)，小(360mm)の３種類を用意する。

c）座面角度

標準的な３度を基準にセットし、±20mmの調整部を持つキャスターの車軸取り付け部の位置の変更、あるいはキャスター径の変更により対応する。

d）背もたれ高さと背もたれ角度

背もたれ高さは成形合板による背もたれ板及び背もたれ保持板の取り付け位置を変え、例えば高（400mm），中(380mm)，低(360mm)の３位置を可能とする。

背もたれ角度は、前述の通り92度～115度までの間をセットできる。

e）膝下長さ

サイドフレームの足部のカット寸法によりセットできる。調整可能範囲は前述の通り320mm～400mmである。

ｆ）アームレスト高さとその形状

アームレスト高さはＪＩＳでは高(220mm)、中(200mm)，低(190mm)と指定されているが、特別の要請が無い限り200mmで統一する。その形状は、移乗の手掛かりを積極的に与えるものと、そうでない物の２種類用意する。

② 操作性能に関する項目

ａ）後輪の径と車軸位置

後輪径を２２インチ、２４インチの２種類が取り付けられるものとする。車軸位置は、後輪取り付け部に厚さの異なるスペーサーを用意させることで応える。

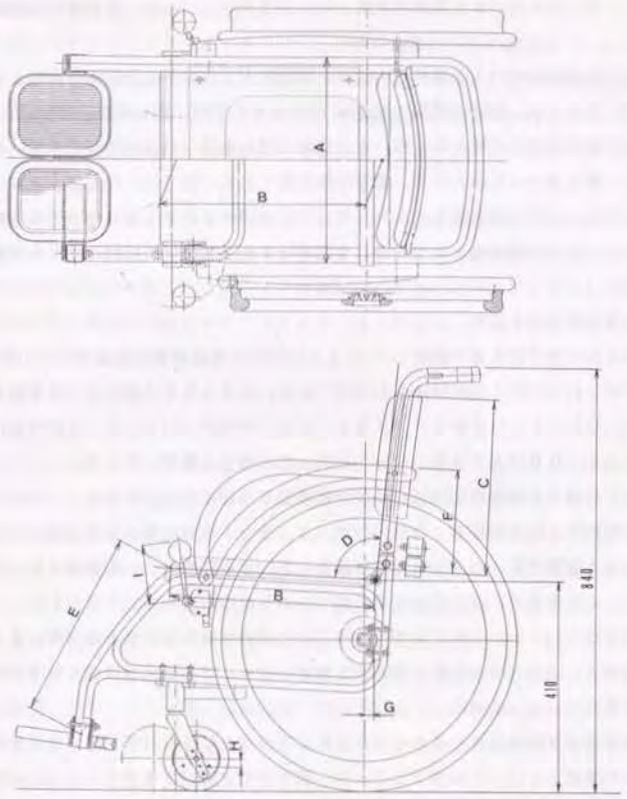
ｂ）キャスター径と取り付け位置

キャスター径はＪＩＳではϕ125mm，ϕ150mm，ϕ180mmが用意されている。特別の要求が無い限りϕ150mmに統一する。取り付け位置は±20mmまで可変できる（前述）。

ｃ）ブレーキ長さと取り付け位置

ブレーキレバーの長さを長めにして置き、障害者の選択に合わせる。取り付け位置は基本的に変える必要は無いが、特別に変えることもある。

以上①、②による構成概念を図６－２にまとめて示す。



A	座面横幅	400、380、360
B	座面奥行	400、380、360
C	背もたれ高さ	400、380、360
D	背もたれ角度	92°～115°
E	膝下長さ	320～400
F	アームレスト高	200に固定
G	後輪軸のオフセット量と後輪外形調整	
H	キャスター軸の位置と外形調整	
I	ブレーキレバー長さ調整	

図６－２　個別の身体寸法要求への対応

6－3　我が国の車いす工業界の実情と木材を主素材とした車いす工業化の課題

現在の我が国の車いす工業界の実情は、財団法人：自転車産業振興協会による昭和６２年度車いすの生産・流通実態調査報告書[D13]にその実情が明らかにされている。また、身体障害者の雇用の立場から、車いすの情報の遅れを持つ東北地方固有の車いす使用者の実態の一端を調べたものとして、筆者の報告書である文献（C8）がある。

ここでは、これらの文献をもとに、現在の我が国の車いす工業界の実態について触れるとともに、この実態を踏まえながら、木製車いすを工業化に結び付けるための課題について論じる。

（１）身体障害者の実態

昭和６２年度の厚生省の調査[C13]によれば全国の身体障害者数は２、４１３、０００人と推定されその約６割が肢体不自由者である。そのうち６０歳以上の身体障害者は１、３９４、０００人で全体の５７．７％を占める。等級別状況では１、２級の重い身体障害者は９２３、０００人で３８．３％を占め、その割合は漸増している。

肢体不自由者の障害の原因は６８％が疾病で、事故による者は２４．５％になっている。障害の種類は、脳血管障害、骨関節疾患、リュウマチ性疾患等、主に高齢者の疾病が多く、事故による脊髄損傷、あるいは出生時損傷に原因する脳性マヒ、脊髄性小児マヒは割合が少ない。これを見ても高齢者の占める割合の多さが理解される。

日常生活で何らかの介助を必要とする者は全体の９％～２０％となっている。主な介助者は配偶者、子ども等の家族が約８割を占めており、家族の支援に頼る日本の福祉の立ち遅れが表れている。

身体障害者で就業しているものは７０１、０００人で全体の２９％となっており、昭和５５年の調査より３．３％低下しており、障害者の老齢化と重度化によると解釈されている。

（２）現在の我が国の車いす工業界の実情

身体障害者の約半数が高齢者で占められるようになり、その割合がどんどん増している現在、車いすの需要は増大しつつある。また、生きがい、社会参加の機運などの高まりにより、スポーツ性、ファッション性のある品質の高い車いすへの需要が高まっている。そうした機運の中、現在の我が国の車いす工業会の実情は先の文献[D13]の調査データを引用すると下記の通り概観できる。

①　車いすの生産状況

昭和６２年度の段階で、全国で約３０数社の企業によって年間手動車いす約１０４、０

００台、電動車いす約６、０００台生産されている。

手動車いすのレディーメイド・オーダーメイドの生産比率は全体の約４０パーセントであり、残りは標準規格品で占められる。高齢者のための車いすの多くは標準規格品と推定される。生産機種は手動車いすでは、ＪＩＳ型式の後輪駆動型の比率が約８０％とその大部分を占め、片手駆動型、簡易・介助型、前輪駆動型、リクライニング型がそれぞれ数％の比率になっている。

同様に電動車いすのレディーメイド・オーダーメイドの生産比率は約７％とかなり低いが、上下分割式タイプに限って、１６％の割合になっている。生産機種は、上下分割型が４４％、主に高齢者向けに作られた新タイプの移動機器を含むその他が５２％を占める。

輸出入状況は手動車いすで輸出が２、３００台、輸入が１５、０００台になっており、全体の１７％を占めている。

②　企業の概要

生産状況から、一社あたりの年間生産台数は約３、４００台、月産生産台数は約３００台になる。しかし、一社で月産数千台、年間数万台生産しているメーカーがあり、その多くは月産１００台に満たないメーカーによって生産されていると解釈される。

その企業の多くは資本金５、０００万円以下の中小企業である。また、車いすのみを製作している企業は少なく、その他の福祉リハビリ機器等兼業品目を持つ事が多いが、年間総売上は１０億円に満たない企業が半数以上を占める。

多品種少量生産で、保有設備はプレス等の金属加工機械、切削等工作機械、ろう付け、溶接等接合設備、及び、シート等の縫製設備の保有率が高く、内作率が高い。メッキ、熱処理、鋳鍛造等はほとんど外注と見られる。当然ながら木材加工設備は持たない。

③　公的給付制度による車いす支給状況

手動車いす及び電動車いすは、身体障害者福祉法、児童福祉法、労働災害補償保険法、厚生年金保険法、戦傷病者特別援護法など法律に基づく国の支給制度があり、総需要の大きなウエートを占める。調査結果によればこれら福祉法等による公的給付制度対象数は、総生産台数に占める割合として手動車いすが 36.6%、電動車いすが 27.2%になっている。全体に低い水準にある。

④　車いす価格設定

手動車いすの公的助成価格は約８万～１０万円の範囲にあり、他の消費財と同様に取引されている欧米の約１／２弱である。月産数千台を生産している車いす工業会では大手に

入るメーカーでは、部品の型生産による標準化、ＣＡＤによるオーダー車いすの図面化等が行われ、公的助成の価格設定範囲に収める限界まで切り詰めた原価低減、標準化、高品質化が積極的に行なわれている。月産５０台レベルの小規模生産の企業では、このメーカーの生産する部品を取り寄せて組み立てを行う事が多い。

日本では価格が低く押さえられ、自由経済の埒外にあると解釈される。当然ながら欧米の様にファショナブルな質の高い車いすを生産、購入できる環境にあるとは言えない。積極的に自立につながる道具や機器を好みに応じて選び、取り寄せ、健常者と同等な生活を自分の力で指向する欧米の考え方を学ぶ時が来ていると解釈される。

（３）木製車いす工業化の課題

① 生産技術面

木製車いすを工業的に製品化するには、木材の入手、木材加工と仕上げ、組み立て技術等を、従来の生産技術に加えねばならない。（２）で示したように、現在の我が国の車いす工業の実情の下では、それを具体化するには投資のリスクが大きく経済的に難しいと解釈される。そのために、木製部品を木材成形メーカーから取り寄せ、車いす生産者が組み立て製品化することが現実的な手法と考えられる。

成形合板技術を用いて家具等を生産しているメーカーは全国的に少ない。車いすは、最終的に障害者との接点に立つ車いすメーカーが組み立て、調整を行うので、木材成形メーカーは木材成形部品の生産、供給者の位置に立つ。すなわち、成形合板メーカー独自で車いすを商品化するには、障害者との接点のある車いすの知識とフォローのできる人材が不可欠であり、現状では極めて難しい状況にあると思われる。従って、家具など商品を手掛けていたメーカーでは気の進まない仕事になる。また、家具のように、価格を生産の費用に応じてセットする事ができるならばともかく、（２）で示したように日本ではいかに付加価値の高い車いすでも価格が押さえられる事は明きらかであり、木材成形メーカーは、成形から仕上げ加工まで、生産コストの低減を求められる。そのため、成形後の仕上げ加工では省力化の為に、ＮＣルーター等の自動機器の採用等、機械化が必要とされる。一方、ブナ、ナラ、カバ等車いすに用いる木材の入手が国内はもちろん国外からも最近困難になりつつあると言われている。当然生産コストは高くなっていくものと推定される。

型を用いた成形木材部品と言っても、単板の厚さの精度は最初からばらつきがあり、接着加圧でも型の形状の影響でＲ部と直線部で寸法のばらつきが出るので、例えばフレーム材の設計厚さ30mmに対し、成形後の厚さは30±1.0mm 程度の精度の幅は考えなければならない。金属と比較し精度が悪くなる事は避けられない。また穴加工等の機械加工精度も±0.5mm の幅を考えなければならない。そのため、金属部品と木材成形部品との組み合わせ

の場合、相互にその精度の違いを補う要素設計が求められる。また、組み立て作業では、金属の加工粉が木製部品の表面に付着し傷をつける事の無いように、木材加工、組み立て専用の作業空間を必要とする。

以上の通り、木材を用いた車いすを工業化に乗せるには生産技術面に、多くの隘路が存在することが明らかになっている。

② 生産コスト面

現在の我が国の車いす価格は、手動車いすが７～９万円、電動車いすが３３万円になっている。木製車いすの価格は、メーカーとの生産モデルの検討、一般消費者の意見を通じて、電動車いすを越えない価格にセットされる事が一般的に普及させる流通条件との判断に立った。この価格設定の範囲で車いすを工業的に生産可能とする生産条件を設定しなければならない。さらに公的助成制度の対象になることが求められる。

③ ＪＩＳに定められた機能、強度試験

工業化の条件としてＪＩＳに定められた車いす機能試験、強度試験を行い、基準を満たさねばならない[Dis3]。機能試験には、車輪設置試験、ブレーキ制動試験、走行及び蛇行試験、ハンドリム振れ試験がある。強度試験には垂直荷重試験、対衝撃性試験、自在輪強度試験がある。今後それを行う予定にしている。

④ 使用対象者

現在、及びこれからの障害者の構成、車いすのオーダーの状況から、高齢者を使用対象者とし、その寸法仕様を大、中、小の３段階とすることは、需要の観点からも当を得ていると判断される。ＪＩＳに定められた中型車いすのバリエーションを持つ事が望ましいと思われる。

重度の、そして座位保持の条件を個々に合わせなければならない対象者は、座、及び背もたれの形状をその人に合わせ、樹脂によるモールド成形をさせ、それを座、及び背もたれの保持板に載せる形式が考えられる。現在この考えに立った研究が始まっているが[Dis1]、各部の調節機能を持たせた、ここで進めている車いすとは異なった形のものになるものと推測される。

6－4　工場生産成立のための実用化車いすの仕様、構成条件

本節では、木材を主素材とした車いすの工場生産成立のための加工条件を示し、生産に即した車いすの仕様、構成条件を明確にする。そのために、6－2で設定された概念設計に対応した車いすの仕様を踏まえ、部品の種類とその加工法、仕上げ方法、組み立て方法等、車いすを工業的に生産させるための加工条件を求めた。

（1）成形部材の加工

成形合板技術による成形部材の工業化のための生産条件について下記に示す。

① 成形合板材料の選択

成形合板の材料は表面用材料、心用材料、接着剤に大別される。

a）表面用材料

表面用材料は表面を美化する為に、ジャカランダ、ローズウッド、チーク、マホガニー等の輸入材、ケヤキ、ナラ、タモ、セン等の木目の美しい 0.1～0.2mmの薄板を、成形された心材の表面に貼る事に用いられる[A02]。必要な部位に行うものであり、本車いすでは、ハンドリムとアームレストの違いを特に高齢の障害者に解らせるために、アームレストに貼ることが考えられる。

b）心用材料

心用材料には広葉樹であるブナ、ホオ、カツラ、ナラ、カバ、セン等が主に用いられる。板厚は通常0.8, 1, 1.2, 1.5, 2mm が多く用いられる[A02]。

ブナ[A05]は全国の深山に分布し、広葉樹中現存量が最も多い。材はやや緻密、重厚であるが狂いが出易い。成形適性としては狂いが出易いものの、接着性が良く、曲げ易く、強度が高い等の利点を持ち、代表的に用いられている。ホオ[A05]は、全国の山間の肥沃地に見られるが量は少ない。均質、緻密、やや軽軟で狂いが少ない。成形適性としては欠点は無いが特に適した材料とは言えない中庸さを持つ。カツラ[A05]は全国に分布し、軽軟で狂いが少なく加工しやすい。成形適性はホオと同じである。ナラ[A05]は全国の深山に分布し、ブナと共に代表的な材料である。材面が重厚な感触があり、強度が高く、特に北海道産が良質でジャパニーズオークとして好まれたが、近年入手が難しくなった。成形材としては強度が優れている特徴を持つ。カバは北海道、本州北中部に良く分布し、肌目は緻密で、材はやや重厚で強靭である。広葉樹の中では良質で欠点が少ない。成形適性としては接着性、強度が強いなどの特徴を持ち、広く用いられている。セン[A05]はハリギリとも言われる。全国に分布し枝に刺がある。成形適性としては中庸である。

車いすの材料としては、軽く強い車椅子の要求から、成形適性のほか、比重が低く、強度の強い物理的、力学的性質を持ち入手価格が易いものが望まれる。木材工学辞典[A03]

から前述の材料の物理、力学的性質を引用し整理すると下表6－3の通りになる。

表6－3　物理、力学的性質

	比重	曲げヤング係数 10^3×kg/cm²	縦引張強さ kg/cm²	縦圧縮強さ kg/cm²	曲げ強さ kg/cm²	せん断強さ kg/cm²
ブナ	～0.71	～140	～1600	～560	～1250	～160
ホオ	～0.50	～ 80	～1400	～450	～ 900	～125
カツラ	～0.50	～100	～1120	～500	～ 900	～100
ナラ	～0.71	～125	～1400	～560	～1250	～125
カバ	～0.71	～140	～1600	～630	～1250	～160
セン	～0.56	～100	～1120	～500	～ 900	～ 90

この表から理解されるようにブナ、ナラ，カバのグループと、ホオ、カツラ、センのグループに大別できる。前者は比重は高いが強度に優れ、後者は比重は低い反面、強度は前者より低い性質を持つ。縦引張強度／比重（比強度）を比較すると、ホオが一番高く、次にブナ、カバ、カツラとなり、ナラ、センがやや低い。ブナ、ナラ、カバが成形適正に優れ、ホオ、カツラ、センがややそれより成形適性が劣る事、ブナ、カバが入手しやすい事など総合的に考え合わせると、ブナ、カバが車いすに適した標準的な材料と見なせる。ナラは、高級なイメージを与えるので、使用者の好みに合わせ材料選択ができる生産条件にすべきと考えられる。

c）接着材料

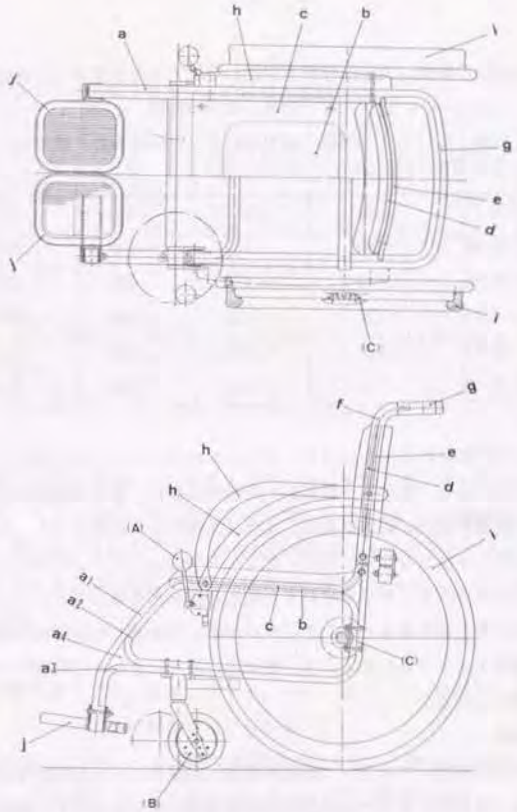
尿素系樹脂接着剤、フェノール樹脂接着剤、酢酸ビニール樹脂接着剤等が成形合板用の主な接着剤であるが、ユリア等尿素系樹脂接着剤が接着性が良く一般的に用いられている[A2]。しかし硬化後、ガラス質となり、後加工は超硬合金刃物でないと加工できない欠点をもつ。試作に用いた集成材に用いられる水性ビニールウレタン系接着剤も可能性を持っている。

② 成形型と車いす成形部品

生産モデルの成形部品の構成は図6－3に示す通り、a）サイドフレーム左右　b）座保持板　c）座板　d）背もたれ板　e）背もたれ保持板　f）背もたれフレーム　g）背もたれ連結フレーム　h）アームレスト左右　i）ハンドリム左右　j）フットレストフレーム左右となる。座側板、フットレスト板は、市販の合板を加工する。

a）サイドフレーム左右（a1, a2, a3, a4）

サイドフレーム左右はＬＶＬ成形とする。２本取りとして成形する。サイドフレームの一部（a2）が閉じた形状を持つので、あらかじめクローズ部分を半分に分割したＵ形状



記号	名称	積層構成	プレス形式と連結
a	サイドフレーム	LVL：2本	a2：2分割・3方向プレス フィンガジョイント連結 a1～a4：雄雌・一体成形
b	座保持板	合板	雄雌
c	座板	合板	雄雌
d	背もたれ板	合板	雄雌・3次曲面
e	背もたれ保持板	合板	雄雌・3次曲面　f・gと一体連結
f	背もたれフレーム	LVL：2本	雄雌　gとフィンガージョイント連結
g	同上連結フレーム	LVL	3方向プレス
h	アームレスト	LVL	雄雌
i	ハンドリム	LVL：6本	3分割・雄雌　フィンガージョイント連結
j	フットレスト枠	LVL：2本	2分割・3方向プレス フィンガージョイント連結

図6－3　成形部品の構成と型

の成形を行い、フィンガージョイントで両者を連結し、それと上フレーム（a1）と下フレーム（a3）及び駒（a4）を同時に雄雌成形型で成形し、サイドフレームを成形する。従ってこのサイドフレーム部品の成形には、クローズ部分の成形型と、サイドフレームの一体成形型の２種類が必要になる。クローズ部の成形は、割型による３方向プレス成形となり、フレーム成形は雌雄型になる。後者の型を写真６－３に示す。

ｂ）座保持板

座位保持板は二次曲面で合板成形として成形する。雌雄型とする。

ｃ）座板

座板は合板成形とする。先端が曲がった形態になっており、成形時片流れが生じるために両サイド曲がった雌雄型で成形し、片面を落とす方法を取る。

ｄ）背もたれ板

背もたれ板は軽い三次曲面を持ち、合板成形として成形する。割れが入る可能性があり、必要寸法より大サイズの板成形が必要になる。雌雄型とする。

ｅ）背もたれ保持板

背もたれ保持板は背もたれ板と同じである。

ｆ）背もたれフレーム

ＬＶＬ成形で２本取りとする。Ｖ型の成形後、片面を落とす。雌雄型とする。

ｇ）背もたれ連結フレーム

ＬＶＬ成形でコの字型の割型による３方向プレス型による。

ｈ）アームレスト左右

２本取りとする。ＬＶＬ成形とし、雄雌型とする。

ｉ）ハンドリム左右

輪形状を３分割（内角１２０度）し、ＬＶＬ成形で６本取りする。

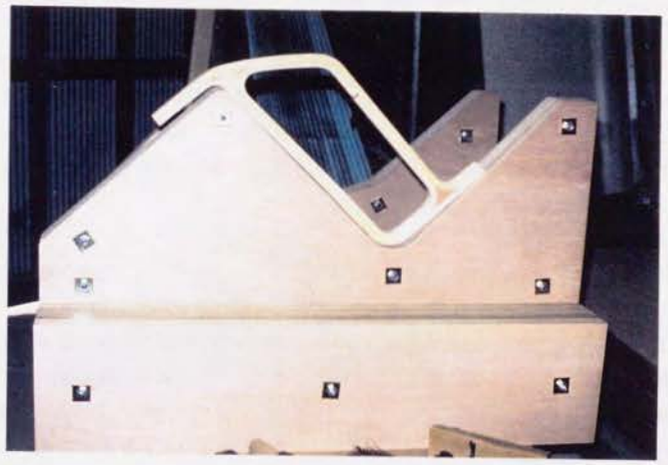
ｊ）フットレストフレーム

ＬＶＬ成形で、コの字型の割型による３方向プレス成形とし、フィンガージョイントで連結する。２本取りとする。

③　構成と仕上げ加工

ａ）構成

成形のみでは部品として成立せず、成形材の組み立てによる構成部品は背もたれ部とハンドリムである。背もたれ部は背もたれフレーム（ｆ）、背もたれ連結フレーム（ｇ）、背もたれ保持板（ｅ）を連結することで構成する。フレーム相互（ｆ，ｇ）はフィンガージョイントで噛み合わせ接着剤で接合し、背もたれ保持板（ｅ）は追い入れ継ぎでフレー



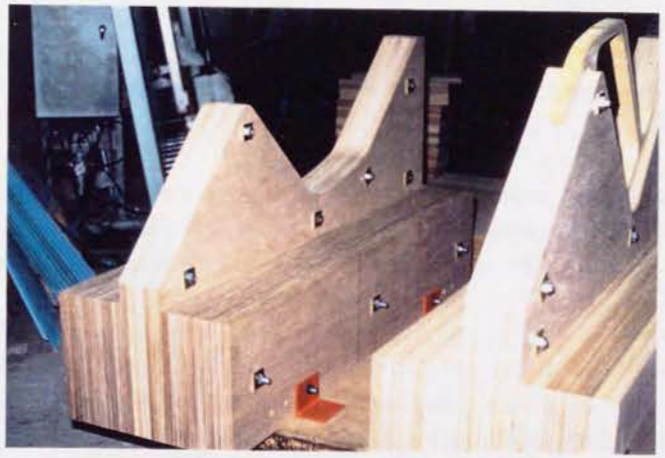


写真6－4　成形型の一例（サイドフレーム用型）（株）高原木工所提供

ムに差し込み、接着剤で固定する。ハンドリム（ｉ）は１２０度単位に成形された部材をフィンガージョイントで相互に噛み合わせ接着剤で接合する。

ｂ）仕上げ加工

成形、あるいは連結構成後、仕上げ加工を行う。形状の仕上げは切削加工、研削加工による。切削加工はルーター、自動ならいルーター、ＮＣルーター、ロクロ、手鉋等で研削加工はベルトサンダー、ペーパー等で行う。ハンドリムは、自動ならいルーター、ＮＣルーター、あるいはロクロ加工で行う。基本的にはＮＣルーターが一般的で正確である。

④　塗装

ａ）塗装素地の調整

サンディングによる毛羽だちの除去、加工目の除去、溶剤による接着樹脂の除去、塗料の吸い込みを避ける捨て塗り（ウッドシーラー）、表面に現れた道管孔ので目止め（ウッドシーラー）等が施される。

ｂ）塗装

木製車椅子に応用する塗装は下記の塗装が標準的と思われる。

・木地色塗装

木材の色をそのまま表現する塗装で、着色を施さない透明塗料で仕上げる。塗料としてポリウレタン樹脂塗料その他一般木材用透明塗料を用いる。ナラ、カバ、ブナに適する。・

・白木塗装

白木の色そのままに仕上げる塗装で、変形酸硬化型アミノアルキド樹脂塗料を用いる。ナラ、セン等に適合する。

・着色塗装

高級材に似た色に着色するか、木材の色を着色剤で強調する塗装で、染料または顔料の着色剤、一般木材用透明塗料を用いる。ナラ、カバ、ブナに適する。但し、試作、使用評価結果から、着色は傷が目立つことから避けることが無難と判断される。

（２）その他の木製部品の加工

車いすを構成するそのほかの木製部品として、ブレーキグリップ、キャスターホイールキャップ、後輪ホイールキャップがある。それぞれ木工旋盤、あるいはロクロ機械で加工する。木材の種類は、成形部材と同じ材料を用いることを基本とする。塗装は成形部材に合わせる。金属部品との組み合わせから取り付け部の加工精度を上げなければならない。

（３）金属部品の加工

車いすを構成する金属部材は図６－４に示すようにキャスター取り付け部と、後輪取り付け部、背もたれフレーム取り付け部、フットレスと取り付け部となる。キャスター及び後輪は市販製品の購入による。

① キャスター取り付け部

自在回転機構を内装したキャスター保持部と成形フレームへの取り付け部、両キャスターを連結するパイプフレームからなる。アルミの溶接構造で構成する。表面処理はアルマイト処理で着色する。

② 後輪取り付け部

後輪を取り外しのできる軸保持部と両輪を連結するパイプフレーム、及び、サイドフレームへの取り付け部からなる。アルミの溶接構造で構成する。表面処理はアルマイト処理で着色する。

③ 背もたれフレーム連結部

サイドフレームと背もたれフレームを連結する部品でＳＵＳ板材の溶接構造による。材質はSUS304である。

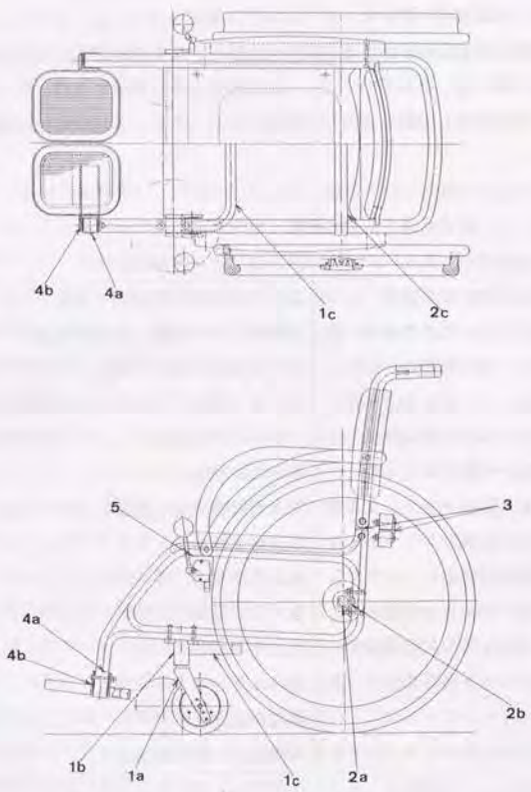
④ フットレスト取り付け部

サイドフレーム先端にボックス型金属矩形板をはめ、そこにフットレスト部の回転機構をもつフットレスト板保持部を連結する。アルミの溶接構造による。

（４）張り加工

座のクッションの最も重要な役割は、座骨部・尾骨部・大転子後部外側面の蓐瘡の予防と言われ、座圧の分散機能を持たせる事が必要とされている。そのために座の張り加工は、次の様に行う。座板に直接圧力分散性能の高いウレタンフォーム、あるいはテンパーフォームを貼り、その上に上張りをする方法もあるが、ここでは圧力の分散機能に優れる弾力性の強いシシアラ等シート状の下張りを行う。下張りの弾性変形を逃げるため、座板は大きく穴をあけている。その上に、ウレタンフォームを充填する。上張り材料は、ビニールレザーで吸放湿性に優れ、接触冷温感の良いさらりとした質感を持ち、耐久性、耐水性の良いレザーを選ぶ。織物も要望に応じて可能であるが汚れ等の保守に課題がある。

車いす使用者に特別に開発されたクッションとして、ＲＯＨＯクッション(ＵＳＡ)[D11]がある。エアークッションで座圧分散能力に優れており、日本でも市販されている。これを用いる事はできるが、インテリア要素として見ると機械的イメージが強く、屋内では好まれないものと思われる。また、エアクッションコアが沢山に分かれており、スラスト荷重による変形に弱いとの意見も聞かれる。



1	キャスター部	1ａ キャスター保持部 1ｂ 成形フレーム取り付け部 1ｃ 両輪連結フレーム部
2	後輪部	2ａ 後輪軸取り付部（脱着可能） 2ｂ 成形フレーム取り付け部 2ｃ 両輪連結フレーム部
3	背もたれフレーム連結部	
4	フットレスト部	4ａ 成形フレーム保持金具 4ｂ フットレスト保持部（回転機構）
5	ブレーキ取り付け部	

図６－４　金属部品の構成

（5）組み立て加工

木製部品、金属部品を組み合わせて車椅子に構成させるには、木ネジ、子ネジ、ボルト、ナット、座金、埋め込みナット等専用接合金具等の接合機械要素、及び接着剤を用いるが、動的な荷重が繰り返しかかるので、その締結要素は各々部位の性質に応じて定めなければならない。締結要素も美観を損ねない配慮も求められる。各部位の接合要素は表6－3の通りである。

表6－3　結合部位と結合要素

結合部位	結合要素
サイドフレーム×座保持板	追い入れ継ぎで接着剤で固定
サイドフレーム×背もたれ部	専用取り付け金具、ボルト貫通、ナット結合
サイドフレーム×後輪部	ボルト貫通、ナット結合
サイドフレーム×キャスター部	丸子ネジ貫通、ネジ結合（キャスター部雌ネジ）
サイドフレーム×アームレスト	フレーム埋め込みナット、六角穴突きボルト
サイドフレーム×ブレーキ部	皿木ネジ結合
サイドフレーム×フットレスト部	取り付け金具差し込み、ボルト貫通、ナット結合
ハンドリム×後輪	丸子ネジ結合
座板×座保持板	丸木ネジ結合
背もたれ板×背もたれ保持板	丸木ネジ結合
フットレスト×取り付け金具	皿木ネジ結合
キャスター×ホイールキャップ	皿木ネジ結合
後輪軸×ホイールキャップ	接着剤固定
ブレーキレバー×グリップ	ネジ結合、接着剤固定

6－5　地域での個別生産手法の可能性

本節では、木材を主素材とした車いすを地域で個別生産できる生産手法の可能性について明らかにする。

（1）背景

地域で、地域の木材資源を用い、地域の生産者が、地域に住む身体障害者に応えて木材を主素材とした車いすを生産し供給することは、地域の生活、福祉の観点から望ましい理想的な姿と解釈される。車いすは、入れ歯と同じ様に、一人一人異なった仕立てを必要とする身体補装具機器であり、基本的には現代の工業化社会では困難な個別生産を前提としている。それを可能とするには、地域でそれを実行し得る人材の確保と行政支援、生産体制の確立が必要であるが、現在それは育ってはいない。木材は再生産可能であり、環境を守り、地域の生活文化を支える貴重な資源である。しかし、山に生活し、山を守り育てる人が減り、外材に約７０パーセントをたよる現在、木材を地域のものとして生かし育てる社会的機運が乏しいという現実がある。現代の文脈上で、はたして地域で木製車いすを個別生産出来るかどうかは、木製車いすの製造を含む、木材を取り巻く地域内関連産業を地域内で醸成させることができるかどうかにかかっている。車いすに用いる木材の必要量は全体必要量からみれば殆ど問題が無い程少量である。全体に与える影響は極めて小さい。

しかし、高齢化の問題は、地域の課題として、避けられない大きなものになっている。車いすをただ木材で作るという観点に立つのではなく、製品を購入して利用するという生産者主体のものの利用から、身体機能から住まい、生活、文化、福祉まで視野にいれた使用者主体の利用形態に変換する姿勢が強く望まれる。

また、木材の産業から見ると、ブナなど広葉樹の入手が難しくなった反面、戦後植林した杉や松、唐松等が伐採の時期にきていると言われている。技術的には、成形合板の母材として応用する新しい視点に立つ木材利用技術が生まれてくるものと予想される。

（2）参考となる事例

木製車いすの地域での個別生産の可能性を導くための参考となる事例を以下に示す。

①　視点１

現在座位を保てない脳性小児麻痺の子どもに座位保持の出来る木製いすを、その子どもの成長に合わせて個別に製作し供給している工房連絡会の活動がある[E01][A02][A03]。現在全国に北海道から九州まで４９の独立した工房を持ち、約６０名の工人が各々の工房で独自の活動を行っている。この活動の特色は、ａ）注文を受けてから一人一人の用途、

体型、障害の状況、使用場所に合わせ、個別につくる、b）家族・医師・作業療法士・理学療法士・教師・ケースワーカーとともに、医療、療育、教育、生活の側面から検討しつくる、c）成長、症状、生活環境の変化に対応しアフターケアを行うことにある。個々の要求に合わせた個別生産を行っており、現代の工業化の隙間を埋める活動ととらえられる。しかし、個々の工人の努力により行われており、一般化できる性格を持ち得ない現実がある。工房連絡会の一人である「まんさく工房」製作の姿勢保持いすを写真５－６に示す。

② 視点２

東北工業大学工業意匠学科第３生産技術研究室を中心に進められ、筆者も関わりをもった「コミュニティー機能再生・増幅のための裏作工芸導入の実践的研究」[Ko4][Ko5]で行われた岩手県九戸郡大野村の木製学校給食器の開発[Ko6]がある。現在大野村では、村内のつくり手によって、ロクロ技術を使い、土地の南部赤松、ケヤキ等を用いた器づくりが実践され、村の保育園、小学校、中学校、高等学校に給食食器として導入されている。即ち、村内のつくり手と使い手が協力して、ほかの土地では見られない独自の生活環境作りを行っている。注文すればオーダーに応えられる技術を持ち、全国に木製食器が流通されている。特に私立保育所で子どもの生活教育の一環として、給食やおやつの時間に取り上げているところが、筆者らの取り組みによって生まれている[Ko7]。 これらの給食器は子どもの視覚、触覚、作法の教育を可能とするものとして評価されている。この試みは、地域振興として、数少ない成功例と言える。導入した技術と製品の素材、形状が比較的村の人の手で達成し易い性質を持った事も幸いしているが、同じような考えに立ち、村おこしとして試みられた事例の多くは、真剣に生業として取り組む人材の育成が計画通りできず、成功していないと言われている。

③ 視点３

最近、車いすとは異なるが、高齢者を寝たきりにさせない木製座位保持いすがデザイナーと地域の木材家具業者との共同開発で商品化され、市販され始めている[Dy7]。いすの脚に、事務いすと同様の小さいキャスターを付け、テーブル周辺を移動できるようにしたもの、あるいは座が立ち上がる時にバネで持ち上がるもの等で、健常者の用いるいすと同質の意匠を持たせた、インテリア性の高いものである。地域の家具業者の力でもこの種の家具を作り出す事ができる良い事例である。その商品を写真５－６に示す。

写真５　５　姿勢保持いす　　まんさく工房・宮城県白石市　中村　真氏提供

写真５－６　高齢者用いす（株・無限工房、鳥取家具工業・株の共同開発）

（３）当面の地域での生産手法

（２）で示した参考事例は、少なくとも地域で個別生産することが全く不可能では無いことを証明している。そのまま地域で応用できる性質とは言えないが参考になり得る。以下、当面、地域で生産可能な生産手法を概観する。

地域で車いすを生産する生産者は前述したように地域内家具製造業界が潜在的な力を持つと期待される。また、新たに生業として専門的に取り組む人も期待したい。しかし、木材の成形合板技術は、経験と蓄積に基づく工業生産技術であり、木材の入手と単板の製造、成形型の製造、成形加工、仕上げ加工、表面処理まで、その技術内容、必要な設備は多岐に渡る。地域で容易に導入できる技術とは言えず、外注との組み合わせが必要とされる。従って、当面は、国内の確かな技術を持つ成形合板メーカーに車いすの木材成形部材を大、中、小、のサイズ幅で外注する方法を採りたい。一方、車いすメーカーが製作する金属部品、プラスチック部品の加工、及びキャスター、車輪などの購入部品なども、同様に車いすメーカーあるいは近在の金属加工メーカーやアルマイト処理等表面処理メーカーから入手する方法を採りたい。

即ち、当面可能となる方法は、地域でそれら採り寄せた部品を、地域で障害者の要求に合わせ、塗装、組み立て、調整、保守を行うことである。できれば成形部材の仕上げ加工も行いたい。成形合板部材の仕上げ加工にはＮＣルーター、サンダー等が必要になるが、設備導入を計り、自前の仕上げで仕立てる事が望ましい。各種の部品加工をしているメーカーに新たな注文を出し、地域固有の車いすを作り出す事も求めたい。ホイールキャップやブレーキグリップ等ロクロなどの手作業による加工は自前で行い、好みのオーダーに応える事を可能としたい。

個別の要求に応えるには６－２（２）で示した要件が部品として用意されなければならない。そして作り手と使用者、家族、医師、作業療法士，理学療法士、ソーシャルワーカー、あるいは住宅改造等の建築関係者との連携が大切である。

当然ながら、車いすの構造と処方、及び木材加工、金属加工に詳しい作り手の養成が必要になる。そのためのリハビリ関係の各種の講習会、車いすメーカーでの学習と体験等が用意され無ければならない。そのために、産業施策と福祉施策との横割り行政が充実されなければならない。

各地域は、車いすなど介護用品を扱い、地域の中に入り込んでいる地域周辺に営業拠点を持つ企業との関係が深い。これらの企業は自前で車いすを処方し、オーダーに応え製造し、納入、保守をしている所も多いので、これらの企業による生産手法の確立が当面実現できる近道といえる。これらの企業は使用者、家族はもちろん、医師、作業療法士，理学

療法士，ソーシャルワーカーとの結び付きが強く、地域では不可欠な存在になっているケースが多い。これらの企業のハード、ソフトを生かす連携も大切である。

（４）海外発展途上国への可能性

木材資源を用いた車いすの地域での生産は、先進国はもちろん、特に発展途上国にその可能性を持つ。４章で示した試作に見るように、油圧プレスによる大掛かりな高周波加熱成形、低圧電流加熱成形に頼らなくても、手動プレス、手動クランプと水性ビニルウレタン系接着剤があれば、手工作の技術は必要となるとはいえ、常温でも成形が可能である。金属部品加工は近在の工場に依頼すればよい。もちろん理想的には近代的設備は求められるが、時間をかけて一つ一つ作る姿勢があれば、無理をしない範囲の設備で、その土地の木材資源を用い、エネルギーを無駄にせず車いすやその他の道具を生産する適性技術の可能性は高いと考える。今後の問題提起としたい。

６－６　結論

（１）工場での生産に移行した生産モデルの仕様と設定した概念設計との関係を、座位保持向上設計、適合向上設計、操作性向上設計、軽装性向上設計、表現性向上設計の５項目について明らかにした。この内容は、２章で求めた、装置、設備との向上設計の考え方。３章で求めた、木材を用いた車いすの設計項目とその構造モデル、および、４章で求めた実用化のための車いすの設計データが生かされている。

（２）生産モデルに設定された個別の身体寸法要求への配慮点を、座位保持に関する項目、操作性能に関する項目についてそれぞれ明らかにし、その対応の可能性を導きだした。

（３）現在の我が国の車いす工業界の実情を、身体障害者の実態、現在の車いすの生産状況、生産企業の概要、公的給付制度による車いすの支給状況、価格設定から整理し、明らかにした。それによれば、高齢者の全体に占める割合が増えつつあり、それに対する対応が迫られているにもかかわらず、これに関する企業は零細が多い。また、車いすの価格が公的給付制度によっておさえられており、現代の要求にあった物に出来ない状況を生んでいる。

（４）以上の車いす工業界の状況の中で、木材を主素材した車いすの工業化の課題と隘路を生産技術面、生産コスト面、ＪＩＳの機能、強度試験制度の面、使用対象者の面において明らかにした。

（５）木材を主素材とした車いすの工場生産成立のための加工条件を示し、生産に即した車いすの仕様、構成条件を求めた。それによって、成形合板材料である表面用材料、心用材料、接着材料の加工条件、個々の成形部品に対する成形型の条件、成形材の構成、仕上げ条件、塗装条件と、それに加えて、金属部品の加工条件、座、背もたれの張り加工条件、最終的な組み立て条件を明らかにした。

（６）地域で個別生産を行うことは、車いすを単に木材で作るという生産者主体のものの利用から、身体機能から住まい、生活、文化、福祉まで視野に入れた使用者主体の利用形態に変換することであることを示し、今後必要とされる課題であることを明らかにした。そして、これまで個別生産をした地域の試みを参考に取り上げ参考にしたうえで、当面、地域で個別生産可能な生産手法について案出した。技術力確かな成形合板メーカー、車いすメーカーから部品を購入し、地域の家具業者、あるいは自ら挑戦する作り手によって、仕上げ加工、塗装、組み立てを行い、地域の身体障害者に供給することを提示した。そのためには、地域の行政からの産業施策、福祉施策が必要であることを明らかにした。

研究の結果次のことが明らかになった。

（1）木材を主素材とした車いすの使用空間は屋内が適切であるとの判断に立ち、屋内空間における車いす使用者と装置、設備類との適合性を、車いす使用者の身体位置から適合性を評価する解析手法を示した。その解析と評価、及び、水平面上の移動に関する評価によって、車いす使用者の為に提案されている建築標準化設計仕様は、車いす使用者の身体位置、身体寸法の実態に合わず、装置、設備との適合性を必ずしも適切に反映できていないことを数値的に明らかにした。その上で、この問題を克服するために、木材を主素材とした車いすが屋内の標準的に設計された空間で使用できる、仕様寸法、構造概念を求めた。その結果、折り畳みをしない、座面圧力分散機能を持つ、統一された座面高さ（430mm）を持つ座面構造による座面基準高さの設定、差尺を250mm とする装置、設備作業面の差尺基準高さの設定、及び車幅、車長の各寸法を切り詰めた無駄の無い車いすとする設計方針を得た。合わせて、現在提案されている便器、ベッド等の座面基準による高さ、テーブル、調理台等の差尺基準による高さは、今後見直されなければならない設計仕様であることを明らかにした。

（2）現代の生活感覚に相応しい車いす設計項目と構造モデル化を、ＫＪ発想法に基づく方法論的設計手法によって、用途別に求めた。その結果、用途を問わず、座位保持を向上させること、イメージを向上させることが大切であり、用途別には屋内常用、屋外常用、仕事用、スポーツ用、屋内介助用、屋外介助用それぞれに、固有の設計項目と構造モデルが存在することを明らかにした。この分析データをもとに、木材を主素材とした車いすの用途を屋内常用、屋内介助用ととらえ、目標とする設計項目を求めた。その結果、用途を問わず、木質環境のある座位保持向上、木材の心理的情緒性を生かしたイメージの向上、手の触れる部分の木製化による皮膚感覚の向上が求められ、屋内常用では適合性のある寸法を、屋内介助用は介護者の操作性を求めていることを明らかにした。また、ここで行ったＫＪ発想法に基づく方法論的設計手法は、開発の中心課題を得るのに有効な手法であること、分析作業の経過で行った車いすの分類方法は、使用者の立場からの見た一貫性のある分類であることをそれぞれ明らかにした。

（3）上記（1）、（2）の結果を踏まえ、木材を主素材とした屋内用車いすの設計概念を、目標とする設計項目にしたがって求め、合わせて、成形合板技術による構成概念を車いすの構成要素別に求めた。この概念をもとに設計、試作、試用評価を４回行った。初めての試みの第１回では、実用には多くの問題点を持つものの、成形合板技術によって車いすを構成できることを導いた。自力操作可能な車いす使用者に合わせた第２回の試みでは、自宅での使用が可能な性能をもつことを明らかにしたが、車いす操作に慣れた人には静的で不満が見られ、高齢者に向くことを見いだした。高齢者を対象とした介護接点を持つ第３回の試みでは、装置、設備との適合性、空間との調和が良く、高齢者に良い印象を与えると共に、内、外の境界領域でも使用が出来、実現性が高いことを見いだしたが、高齢者の障害の種類、程度に合わせた色彩構成、移乗時の手掛かり、足場の空間を空ける等の配慮をもとめられた。実用化を目指した車椅子メーカーとの共同による第４回の試みでは、座や操作に関する部位を成形合板で、移動に関わる部位を金属他の素材で構成する生産技術的にも合理的な構成概念を得、実用化と工業化に道を開いた。合わせて、ノックダウン方式の組み立て手法、大、中、小のレディーメード可能な部品の組み合わせを提案した。

（4）成形合板技術による車いすＬＶＬ型木材成形フレームの材料力学的性質の解明、ＪＩＳに準じた引張、圧縮、曲げ、せん断、割裂試験によるブナ成形材の材料試験、ブナ成形フレーム部材と車いすに使用されている金属パイプによるＬ型フレームの角曲げ、角開き加圧破断試験、Ｔ型フレームの曲げ加圧破断試験による試験比較、及び構造解析用プログラム「ＭＡＲＣ」を用いた有限要素解析法による車いすブナ材成形フレームモデルの動的強度評価を行い、車いすの実用可能なブナ成形フレームの材料強度、積層構成、断面寸法、形状を求めた。その結果、ＪＩＳに準じた材料試験では、縦引張、縦圧縮、曲げの試験データから、ユリア樹脂接着剤を用いた成形部材はムク材と同等の強度を持つことを持つこと、Ｌ型フレームの角曲げ、角開き、Ｔ型フレームの曲げのそれぞれの加圧破断試験では、成形フレームの断面寸法を30×30mmにすれば、金属と同等かそれ以上の強度を持つこと、角曲げ、角開き共、同じレベルの強度を持ち、駒入れのＴ字部接合部は金属の溶接構造より強度が強いことを明らかにした。有限要素解析では、着座の瞬間の３段階の動的負荷に対して、車いすの両側面を構成する成形フレームには繊維方向のＬ方向に応力を受け、適切に対応できる合理的な形状、材質、積層構成であることを証明した。

（5）工場での生産に移行した生産モデルの仕様と設定した概念設計との関係を座位保持向上、適合性、操作性、軽装性、表現性の各設計項目について明らかにした。その上で現在の車いす工業会の実情を、身体障害者の実態、車いすの生産状況、企業の概要、公的給付制度、価格の設定から見つめ、木材を主素材とした車いすの工業化の課題を整理した。そして、工場生産成立のための車いすの仕様、構成条件を、成形合板材料の加工、仕上げ、

塗装条件、成形型の構成条件、金属部品の加工条件、座、背もたれの張り加工条件、組み立て条件から明らかにした。

地域で地域の木材資源を用いて車いすを個別生産することの意義は、身体機能から住まい、生活、文化、福祉まで、使用者が地域に主体的に関わることにあることを示し、そのためには当面、技術力確かな成形合板メーカー、車いすメーカーから部品を取り寄せ、地域内の生産者が地域内の個々の障害者に合わせ、仕上げ、塗装、組み立てをすることが考えられることを提案した。

あとがき

本研究は、障害の重度化と高齢化、老齢人口の増加に伴って、機能的側面、心理的側面、福祉施策的側面とも立ち遅れている我が国の福祉用具の課題を、木材と車いすとの観点からとらえ直したものと言えます。

木材は日本の環境を守り、風土を形成してきた再生産可能な素材であり、身体に一番近い感覚特性と性能を持ちながら工業化の波の中でその良さが見失われてきました。量的な物質的な豊かさの時代は終焉し、これからは、一つ一つのものを大切に使用する精神的に豊かな成熟の時代へと移り変わって行くものと思われます。現代の木材加工と伝統の技を生かしたこの木材を主素材とした車いすの在り方は、その意味でこれからの福祉用具とそれを取り巻く環境の在り方を見つめ直すきっかけになるものと期待されます。高齢化の進展は、今後地球レベルの多くの社会的問題を投げかけるものと予測されます。この開発研究の意義は、ただ単に車いすの木製化をしたと言うことではなく、これからの時代の子どもから高齢者までの、世代を越えた道具環境、生活環境の在り方、そして森林等地球環境の在り方を示唆するものと考えております。

本研究は、以下の多くの方々との共同開発、協力、支援で行われました。ここに名前を記し、深く感謝致し、お礼に変えたいと思います。

◇共同開発研究

東北工業大学工業意匠学科：木材工芸担当　雫石勝蔵助手

同上梨原研究室研修生：

丹野和彦・長井龍一（88卒）、小野　全・中野和明（89卒）

三上省一（90卒）、　田岡正和・阿久津次郎（91卒）、

赤間健一郎・遠藤淳訓・橋浦寛子・佐藤耕平（92卒）

◇実用化共同開発

日進医療器株式会社：　常務　古川久四、　社長　松永和男

（株）高原木工所　：　工場長　山越忠正、山越正朗

◇車いす試用評価

（財）仙台市医療センター・老人保健施設　茂庭台豊齢ホーム：

事務長　佐々木清治，作業療法士　三浦さつみ、職員の方々、入所高齢者の方々

宮城県心身障害者福祉センター：　所長　小川泰次、　通園障害者

身体障害者福祉工場・萩の郷工場（仙台市）：　課長　嶋津公総

◇車いす使用者身体位置計測
共生福祉会身体障害者療護施設・萩の郷福寿苑（仙台市）
島村園長他職員の方々、療養者の方々
◇成形合板強度評価
山形県工業技術センター技術指導部：　主任専門研究官　瀬川二三男
東北大学情報科学研究科数理科学研究室：　教授　伊藤耿一、大学院生の方々
◇車いす機能評価と助言
横浜市総合リハビリテーションセンター・企画開発室
室長　田中　理、飯島　浩、畠山卓朗
（財）自転車産業振興協会技術研究所：　係長　高橋義信
（株）ジェーシーアイ：　常務　辺見　真、　課長　巴　雅人
宮城県拓桃医療療育センター：　院長　手塚主夫、副院長　諸根　彬
◇研究助言
東北工業大学工業意匠学科元学科長：　工業デザイナー　秋岡芳夫
同上学科長　：　工業デザイナー　山下三郎
同上生活具関係機能測定研究室　：　室長　佐藤和子
同上第３生産技術研究室　：　室長　舛岡和夫
◇表示計画
東北工業大学工業意匠学科：視覚デザイン　八重樫良守

本研究には次の機関から研究費を受けました。関係機関に深く感謝致します。

◇1990～1992年度：文部省　科学研究費補助金　一般研究Ｃ　課題番号0285018
研究経費　1､900千円
「下肢障害者のための木材を主素材とした車いすの開発」
◇1991年度　：東北インテリジェント・コスモス構想推進協議会
シーズ熟成活動費　500千円
「木材を主素材とした下肢障害者用車いすの開発」
◇同上　：日進医療器株式会社
委託研究費　1､000千円
「木材を主素材とした車いすの開発」
◇1992年度　：東北工業大学
特別研究費　2､040千円
「木材を主素材とした車いすの応用研究」

本研究に関係し、次の機関から賞金を頂き、研究費に充当させて頂きました。関係機関に深く感謝致します。

◇1989･8　：日本リハビリテーション工学協会主催「第１回福祉機器コンテスト」
「木材を主素材とした車いす」
優秀賞　賞金　100千円
◇1992･3　：第１回札幌国際デザインコンペティション
「Ｗｏｏｄｅｎ　Ｗｈｅｅｌｃｈａｉｒ」
佳作　賞金　100千円

参考文献・引用文献（◎印）

A．木材工学関連

◎（A01）中戸　莞二：木材工学　養賢堂　1985
◎（A02）剣持　仁他編：家具の辞典　朝倉書店　1986
◎（A03）山田　　正：木質環境の科学　海青社　1988
（A04）岡野　　健：木材のおはなし　日本規格協会　1988
（A05）日本木材学会：変わる木材－スーパーウッドの時代　海青社　1991
（A06）日本木材学会：住まいと木材－居住環境を考える　海青社　1990
（A07）日本木材学会：もくざいと教育　海青社　1991
（A08）日本木材学会編　木材の利用・１：木材の加工　文永堂出版　1991
（A09）日本木材学会編　木材の利用・２：木材の工学　文永堂出版　1991
（A10）日本木材加工技術協会　関西支部編：木材の基礎科学　海青社　1992
（A11）善本　知孝：木のはなし　大月書店　1983
（A12）善本　知孝：森はレモンの香り　文一総合出版　1990
（A13）ジャック・ウェストビー：森と人間の歴史　築地書店　1990
（A14）小原　二郎：木の文化　67鹿島出版会 1972
（A15）ジョウジ・ナカシマ：木のこころ　178鹿島出版会 1983
（A16）秋岡　芳夫：木－しらき　日本人の暮らし　玉川大学出版会　1977
（A17）秋岡　芳夫：木工－道具の仕立て　美術出版社
（A18）秋岡　芳夫：日本の手道具　創元社
（A19）小澤　普照：森と人間の物語　ＫＫベストセラーズ　1991
（A20）ERNEST JOYCE : The Technique of Furniture Making
B.T.BATSFORD LIMITED 1970
（A21）R.Bruce Hoadley : Understanding Wood　A Fine Woodworking Book
Tunton Press、Inc 1992
（A22）中村　源一：ろくろと挽物技法　槇書店　1983
◎（A23）日本材料学会 木質材料部専門委員会：木材工学字辞典　P751～774 1982
（A24）ＳＤ編集部編：木造建築の現在　鹿島出版会　1988
◎（A25）朝日新聞社編：シリーズ木の文化①　樹の辞典 1988

B．障害者と建築、環境、人間工学関連

（B01）障害者生活環境をつくる会編：障害者の生活環境の研究１～４　1977
◎（B02）健康環境システム研究会編：身障者を考えた建築設計　理工図書　1976
（B03）Selywn Goldsmith：身体障害者のための生活環境設計　人間と技術者　1974
（B04）小原　二郎他：建築・室内・人間工学　鹿島出版会　1980
（B05）林　玉子：バリアフリーの住宅（国際障害者年報特別企画）建築文化　1981
（B06）岩井　一幸：ハンディキャップ者を配慮した住環境の標準化の動向　建築設備と配管工事９　1979
◎（B07）日本建築学会編：ハンディキャップ者配慮の設計資料、人・機器・設備　1987
（B08）日本建築学会編：建築設計資料集成３　単位空間　丸善
（B09）日本建築学会編：建築設計資料集成２　物品　　丸善
（B10）三浦　文夫他：高齢化社会と生活空間　中央法規出版　1985
（B11）マーティン・パリンス：高齢者住宅の規格と設計　鹿島出版会　1991
（B12）Lorraine G.Hiatt : Nursing Home Renovation Designed for Reform
Butterworth Architecture 1991
（B13）Davies/Beasley : Design for Hospitality　Nichols Publishing 1988
（B14）John H.Burgeses : Designing for Humans・The Human Factor in Engineering
Petrocelli Books　1986
（B15）工業デザイン全集編集委員会：人間工学　６／上　日本出版サービス 1988
（B16）工業デザイン全集編集委員会：人間工学　６／下　日本出版サービス 1988
（B17）C.M.Deasy・Thomas E.Lasswell : Designing Places for People
Whitney Liblary of Design　1990
（B18）David J.Oborne : Ergonomics at Work　John Willy & Sons 1987
（B19）小原　二郎編：デザイナーのための人体・動作寸法図集　彰国者 1991
（B20）山田　里津監修：看護人間工学－看護の環境改善のために
メヂカルフレンド社 1990
（B21）池田　政彦：ＯＡ機器のシステムデザイン 人間工学Vol.22 No2 P69～74 1986
（B22）芦原　義信：街並みの美学　岩波書店　1981
（B23）芦原　義信：続町並みの美学　岩波書店　1983
（B24）西沢　　健：ストリートファニチュア　鹿島出版会　1983
（B25）長崎バリア・フリー研究会：バリア・フリー・デザイン－障害者・高齢者住宅編－（社)長崎県身体障害者福祉協会連合会　1988

C．障害者と福祉、自立関係

(C01) 身体障害者雇用促進協会編：障害者雇用ガイドブック１９８４～１９９０
(C02) 身体障害者雇用促進協会編：車いす使用者等の雇用ガイドブック　1985
(C03) 手塚　　直樹：障害者福祉論　光生館　1981
(C04) 小島　蓉子編：社会リハビリテーション　誠信書房　1985
(C05) 上田　　敏編：リハビリテーションの理論と実際　1992
(C06) 松村　　秩編：生活リハビリテーションマニュアル　1992
(C07) 土屋弘吉他編：日常生活活動（動作）－評価と訓練の実際　医歯薬出版　1992
(C08) 梨原　　宏他：東北地方における身体障害者の就労職種と労働形態　労働省・身体障害者雇用促進協会　1986
(C09) パット・ムーア：変装　朝日出版社　1988
(C10) 一番ヶ瀬康子：福祉－問われる原点　創元社　1981
(C11) 一番ヶ瀬康子：これからの社会福祉－現代の社会福祉Ⅱ　ミネルヴァ書房　1992
(C12) 川村　　匡由：現代老人福祉論　ミネルヴァ書房 1992
(C13) 林　　やす史：介護に必要な医学知識　文光堂　1992
(C14) 日本リハビリテーション工学協会：特集／身体障害者の就業と技術支援　リハビリテーション・エンジニアリング Vol.7 No1　1992
(C15) （財）テクノエイド協会：体の不自由な人々の福祉　中央法規出版　1992

D．車いすと福祉用具開発関連

(D01) 小川嗣雄他：車いす　医学書院　1987
◎(D02) 日本リハ工学協会　車いすＳＩＧ：オーダーメイド車いす処方の基礎と実際　第８回リハ工学カンファレンス講習会テキスト　1993
◎(D03) 梨原　　宏：職場に適した車いすのあり方－障害者の雇用拡大のために－　東北工業大学紀要　Ⅰ：理工学編　第７号　P241～254 1987
◎(D04) 梨原　　宏：車いす設計項目の分析　東北工業大学紀要　Ⅰ：理工学編　第９号　P227～237 1989
◎(D05) 梨原　宏他：下肢障害者のための木材を主素材とした車いすの開発　平成４年度科学研究費補助金　一般研究Ｃ　研究成果報告書　1993
(D06) 佐藤　方彦編：マンマシン・インターフェース　浅倉書店　1989
(D07) 太田　　茂編：暮らしが変わるハイテク福祉　中央法規　1992
(D08) John G Thacker/ Stephen H Spirigle: Understanding The Thechnology When Prescribing Wheelchairs University of Virginia 1992
(D09) 海外研究開発レポート：車いすの設計と開発（制御－機構）Data No HTR-355 (A)1987
(D10) 海外技術資料調査集：車いすの特性・制御及び設計開発研究　Reseach No 946 材料技術資料センター 1983
(D11) 海外福祉機器情報：（社）福祉機器開発センター　'87、'88、'89、'90
(D12) 穴山　徳夫：福祉機器の開発及び福祉関係情報処理に関する研究　厚生省心身障害研究報告書　昭和６１、昭和６２、昭和６３、平成１、平成２、平成３
◎(D13) 車いす生産流通実態調査委員会：昭和６２年度車いす生産・流通実態調査報告書（財）自転車産業振興協会　1988
(D14) 日本リハビリテーション工学協会：特集／重度障害者のための車いす　リハビリテーション・エンジニアリングVol.3 No2 1989
(D15) 日本リハビリテーション工学協会：特集／第１回福祉機器コンテスト　リハビリテーション・エンジニアリングVol.4 No1 1990
(D16) 梨原　　宏：車いす生活者と生活用品、備品類との適合性について　日本人間工学会第２４回大会講演集　P224～225 1983.6
(D17) 梨原　　宏：職場に適した車いすの在り方：第１１回日本障害者職業リハビリテーション研究大会報告書　P80～87 1984.9
(D18) 梨原　　宏：仕事用車いすの開発　巴　雅人　第２回リハ工学カンファレンス講演論文集　P109～114 1987.8
(D19) 梨原　　宏：車いす設計項目の分析とその応用例　第４回リハ工学カンファレンス講演論文集　P43～46 1989.8
(D20) 梨原　　宏：木材を主素材とした屋内用車いすの開発　日本デザイン学会第３６回研究発表大会概要集　P27 1989.10
(D21) 梨原　　宏：木材を主素材とした車いすの開発と課題　雫石　勝蔵：第５回リハ工学カンファレンス講演論文集　P317～318 1990.8
(D22) 梨原　　宏：木材を主素材とした車いすの開発－２　雫石　勝蔵：第６回リハ工学カンファレンス講演論文集　P187～190 1991.8

(D23) 梨原　宏：木材を主素材とした車いすの実用化試作
零石　勝蔵　－主に高齢者を対象として－
古川　久四　第７回リハ工学カンファレンス講演論文集　P179～182 1992.5
(D24) Hiroshi Nashihara, Katuzo Shizukuishi
Development of the Indoor Wheelchair Mainly Made of Wood
Proceedings of the RESNA International '92 Conference P533～535 1992.6
(D25) 梨原　宏：成形合板技術を応用した車いす木製化の研究
－動的負荷をうける構成要素への木材の適用－
日本デザイン学会第３９回研究発表大会概要集　P112 1992.9
(D26) 梨原　宏他：成形合板技術を応用した木製車いすの開発　第44回塑性加工連合講演会、東北地域技術フォーラム論文集 P45～50 1993.10
(D27) 光野有次他：高齢者むけダイニングセットの開発
第８回リハ工学カンファレンス講演論文集　P235～238 1993.8
(D28) 大竹登志子他：高齢者の椅子－座りやすく、立ち上がりやすく、介護しやすい椅子－第８回リハ工学カンファレンス論文集　P258～260 1993.8
(D29) 川崎和夫他：ノーマライゼーションへのデザイン－多様な人々へのデザイン：ＩＮＡＸギャラリー名古屋　1989
(D30) 荒井　光男：姿勢保持を考慮した車椅子の開発
第８回リハ工学カンファレンス論文集　P264～266 1993.8
(D31) 北海道庁：第１回札幌国際デザインコンテスト作品集　1992.4
(D32) 梅原龍三郎監修：現代世界美術全集４　ルノワール　集英社　1987　P79

E：地域と福祉、道具

(E01) 光野　有次：生きるための道具づくり　晶文社　1988
(E02) 竹野　広行：町の小さな木工所から－障害者の道具作り　はる書房　1988
(E03) 竹野　広行：障害をもつ人の暮らしを支える道具作り　月刊総合ケア
VOL.1 No.12 1992･12 P26～37
(E04) 秋岡　芳夫：工房生活のすすめ　みずうみ書房　1979
(E05) 東北工業大学工業意匠学科第３生産技術研究室：大野村の裏作工芸
トヨタ財団助成研究報告書　1984
(E06) 梨原　宏他：大野村の学校給食器－コミュニティー機能再生・増幅のための

「裏作工芸」導入の実践的研究－
東北工業大学紀要Ⅰ：理工学編　1984･3
(E07) 梨原　宏他：保育園用給食器の開発　東北工業大学紀要Ⅰ：理工学編　1988

F．生活とデザイン、使いやすさ関連

◎ (F01) 電通マーケッティング戦略研究会：感性消費・理性消費
日本経済新聞社　1985
(F02) 小川　明：感性革命　ＰＨＰ文庫　1987
(F03) 秋岡　芳夫：日本人のくらし－住　玉川大学出版部　1977
(F04) 秋岡　芳夫：日本人のくらし－創　玉川大学出版部　1977
◎ (F05) 秋岡　芳夫：暮らしのためのデザイン　新潮社　1979
(F06) 宮本　豊子：人間回復の商品学　日刊工業　1979
(F07) ジョセフ・Ａ・コンセリック：高齢化と製品環境　鹿島出版会　1989
(F08) 栄久庵　憲司：道具考　104鹿島出版会
(F09) 日本人間工学会・工業デザイン部会活動報告書：使いやすさを考える　1987
(F10) Ｄ．Ａ．ノーマン：誰のためのデザイン？－認知科学者のデザイン原論
新曜社　1990
◎ (F11) 梨原　宏：木材とヒューマンインターフェース
－木材を主素材とした車いすの開発から－
日本人間工学学会ＩＤ部会報'92 Vol.3 P26～29 1992.11

G．設計手法関連

◎ (G02) 日本建築学会・建築計画委員会：設計方法　1973
◎ (G03) 日本建築学会・建築計画委員会：設計プロセス／道具の提案　1974
(G04) 寺野　寿郎：システム工学入門　共立出版　1985
(G05) 第１回日本デザイン学会セミナー：あいまい問題へのアプローチ
日本デザイン学会　1988

(G06) 工業デザイン全集編集委員会：製品計画　2　日本出版サービス　1982
(G07) 工業デザイン全集編集委員会：設計方法　3　日本出版サービス　1983
(G08) 川喜田二郎：発想法　中公新書　1967
(G09) 森　典彦：デザインの工学－ソフトシステムの設計計画　浅倉書店　1991
(G10) 小川　一行：定常状態デザイン空間の線形構造　デザイン学研究
No.64 1988 P31～36
(G11) 杉山和雄他：ＦＴＡ応用による事務用電話機の機能分析　デザイン学研究
No.65 P37～44　1989
(G12) 杉山和雄他：家庭用ＶＴＲのデザイン評価構造の分析　デザイン学研究
No.66　P39～45 1988
(G13) 有馬　哲他：多変量解析のはなし　東京図書　1989

H．材料力学関係

(H01) チモシェンコ：材料力学　上巻、中巻　東京図書　1956
(H02) TIMOSHENKO AND GOODIER : THEORY of ELASTICITY、McGRAW-HILL 1951
(H03) R.HILL：塑性学　培風館　1967
(H04) 竹山　寿夫：初等塑性力学　丸善　1969
(H05) 小西　一郎他：構造力学　第１巻　丸善　1966
(H06) W.ジョンソン／P.B.メラー：塑性加工学１　基礎の理論　培風館　1965
(H07) W.ジョンソン／P.B.メラー：塑性加工学２　加工の理論　培風館　1965
(H08) 遠田　良喜：有限要素法の基礎　培風館　1979
(H09) 三好　俊郎：有限要素法入門　培風館　1980
◎(H10) 伊藤　耿一：ＭＡＲＣ＆ＭＥＮＴＡＴの手引き　日本塑性加工学会東北支部
第１１回塑性加工講習会　1992
(H11) 有馬　孝禮：木材の塑性加工　塑性と加工 第34巻 第385号 1993-2 P132~137