

人間生活工学

Journal of Human Life Engineering

■[発行] (社)人間生活工学研究センター

●特集
人体寸法・形態データを活用した人間中心設計

●投稿論文
評価グリッド法を用いた高齢者の自動車選定基準の分析
姿勢調節障害のリハビリテーション装置の開発

Number

1

Vol.9

通巻第31号

Jan./2008.1



特集	人の寸法・かたちを測る：データの信頼性とその評価 1 (独)産業技術総合研究所 デジタルヒューマン研究センター 上席研究員 河内 まき子
	人体寸法・形態データを活用した人間中心設計 5 (社)人間生活工学研究センター 研究開発部 次長 畠中 順子
	仮想人台を用いた個人対応衣服設計システム 8 埼玉県産業技術総合センター北部研究所 技術支援交流室 担当部長 柿沼 よしえ
	人体寸法データを活用したブルリングの改善事例 12 三笠産業(株) 営業企画部 部長 遠藤 明子
	ユニバーサルデザイン視点での住宅設備開発における 14 デジタルヒューマンの活用 松下電工(株) デザイン部 ユニバーサルデザイン共創開発グループ 寺島 正之 松下電工(株) 先行技術開発研究所 Hareesh P V
	最新の人体寸法データベースとHQLのサポート体制 16 (社)人間生活工学研究センター 研究開発部 次長 柳浦 真美子
投稿論文	評価グリッド法を用いた高齢者の自動車選定基準の分析 19 慶應義塾大学 環境情報学部 福田 亮子
	姿勢調節障害のリハビリテーション装置の開発 25 —実証試験方法確立のための予備的検討— 長野県工業技術総合センター 長瀬 浩明／相澤 淳平 市立岡谷病院 林 良一 国立病院機構中信松本病院 大原 慎司
講座	人間の心理特性の観点からデザインを考える（3） 31 書体デザインの改善への貢献—その2— 千葉大学大学院 工学研究科 デザイン科学専攻 教授 日比野 治雄
談話室	私の人間工学／人間生活工学（3） 35 博士（工学）堀田 明裕 Information 36

人の寸法・かたちを測る：データの信頼性とその評価

河内 まき子 (こうち まきこ)

(独)産業技術総合研究所 デジタルヒューマン研究センター 上席研究員

1979年東京大学大学院理学系研究科人類学専攻博士課程修了。東京大学理学部助手を経て1987年製品科学研究所主任研究官。

生命工学工業技術研究所主任研究官、室長を経て2000年産業技術総合研究所主任研究員、2007年上席研究員。理学博士。

形態的特徴からみたヒトの変異にかかる研究とその応用研究に従事。日本人類学会、日本人間工学会などの会員。

ISO TC159国内対策委員会SC3委員。

1.はじめに

人体寸法計測は、ヒトの形態を客観的に記述する方法として人類学の分野で始まり、100年以上の歴史をもつ。その基本は人体表面上に個体間で解剖学的に対応のついた計測点を決定し、これを基準に寸法を測ることにある。近年では、寸法だけでなく3次元形状データの利用や健康状態の評価に関連した人体寸法計測が注目されている。

設計のための人体寸法計測は、1998-2000年に米国で行われたCAESARプロジェクト以後、非接触式形状計測装置（以下、形状スキャナ）の利用がさかんになった（Harrison and Robinette, 2002）。アパレルのサイズ展開を目的とした計測調査のなかには、人間による計測をほとんどせず、形状スキャナによる自動計測をめざしたものもある（Treleaven, 2004）。ここにきて、これまでの伝統的な方法による人体寸法計測データとの継続性を重視する方向と、形状スキャナによる自動計測で計測コストの削減をはかる方向とに分かれた觀がある。人間工学の分野では、人体寸法データベース（DB）を作成する人々を対象に、人体寸法DBの作り方（ISO 15535）と、形状スキャナを利用して人体寸法DBを作る時の問題点に関する（ISO 20685）2つの国際規格が制定されている。どちらもデータの信頼性に関連しており、これまでに伝統的な方法で蓄積されたデータとの継続性を重視する方向である。

本稿では、人体寸法や形状の利用者にとって重要なと思われる、データの信頼性とその検証方法に関する最新の動向について紹介する。

2.信頼のおけるデータとは

データの信頼性には3つの側面がある。比較可能

性、妥当性、計測値の精度である。比較可能性とは、異なるDBに同じ名称で登録された項目が全く同じ方法で測られたものだ、ということである。妥当性とは、被験者集団が母集団、あるいは利用者が捜している集団を代表している、ということで、利用者がこのような判断ができるだけの被験者に関する背景情報がDBには必要だということになる。計測値の精度は、計測者の熟練度や使用した計測装置の機械精度など計測自体に関する面と、異常データを削除するというデータの編集に関する面がある。信頼のおけるデータとは、他のDBと全く同じ方法で、熟練した計測者が精度の高い装置を使って計測し、異常データを削除したもので、被験者集団に関する十分な情報が備わっているデータだといえる。以上3つの側面のうち、関与する要因が多くて評価が最も難しく、定まった方法がないのが、形状スキャナによる計測データ（寸法、計測点位置、表面形状）の精度の評価である。

3.人体寸法の計測精度を左右する要因

計測誤差をもたらす要因を（1）計測者に由来する要因（計測点決定や計測の再現性）、（2）計測器に由来する要因（計測システムの精度）、（3）被験者に由来する要因（姿勢再現性や体動搖）、（4）計測プロトコルに由来する要因（着衣や姿勢）に分けて考えてみよう。伝統的な人体寸法計測は一定のプロトコルにしたがっておこなう。上記要因のうち姿勢は項目の定義にふくまれており、計測自体は瞬時に終わる。使用的する計測器は単純な構造で、誤差をもたらす大きな要因になるとは考えにくい。となると、伝統的な方法による人体寸法計測では、計測者が最も大きな誤差要因だということになる（表1）。

また、精度評価方法も定まっている。

形状スキャナによる計測では、計測点を計測者が決定する場合は計測者の要因を無視できず、上記4種の要因をすべて考慮する必要がある。ところが、形状スキャナの精度を検証する方法は定められておらず、装置の精度の表現もメーカによりまちまちである。どのメーカーの装置も同じ方法で精度評価されていれば、利用者にとっては購入時の比較検討が容易であり、信頼性がわかれればそれに応じてデータを利用できる。メーカにとっても自社製品の特徴をアピールする上で有効である。このような現状から、試験物体を用いた形状スキャナの精度検証プロトコルの国内工業規格が作成されつつある（産業技術総合研究所、2007）。一方、計測対象が人間の場合は被験者由来の誤差が入り込むため、試験物体による精度評価だけで人体計測データの信頼性を評価することはできないであろう。デジタルヒューマン研究センターでは、経済産業省の委託を受け、2005年から形状スキャナによる人体計測データの精度検証プロトコルに関する研究を行ってきた（産業技術総合研究所デジタルヒューマン研究センター、2007）。以下、計測点の位置と人体寸法について、誤差を量量化した方法と、その結果について紹介する。

表1. 人体計測における誤差の要因

誤差要因	データのタイプ			
	伝統的方法	非接触式形状計測装置	人体寸法	計測点座標値
マークつけの再現性	○	○	○	
計測者の再現性	○			
マーク位置決定操作の再現性		○	○	
計測器の精度	○			
計測システムの精度		○	○	○
マーク位置決定ソフトの性能		○	○	
寸法計算ソフトの性能		○		
被験者	身体動搖		○	○
プロトコル	姿勢	*	○	○
	着衣	○	○	○

*: 伝統的方法では、姿勢は項目定義の一部

4. 計測者に由来する計測点決定の誤差

計測者による計測点決定の誤差は、同じ計測者が同じ被験者の同じ計測点を2回決定したときの、2つのマーク間の距離として量量化できる。ただし、2回目に計測点位置にマークをつけるとき、1回目のマークが見えてはいけない。そこで、再入場可能なテーマパークなどで使われている、ブラックライトの下でのみ発光するインクを使うことにした。

3名の熟練者が10-12名の被験者の計測点43個に

2回マークつけをし、2つのマーク間の距離を測った。誤差を全被験者の距離の中央値として量量化した。図1に結果の一部（熟練者3名の平均値）を細い破線で示す。軟部組織で定義されている点、姿勢により骨と皮膚がすれやすい点、厚い軟部組織のため骨をさわりにくい点で誤差が大きい傾向がある。

予想外の結果として、計測点位置決定の誤差の方がその計測点により定義される人体寸法の計測誤差（複数の被験者を2回ずつ計測し、2回の差の絶対値の平均値として量量化）より大きい場合があった。たとえば、肩峰点位置の誤差は左右とも3.5mm程度であるが、肩峰幅の計測誤差は2.3mm程度であった。これは、2つのマークがずれる方向によっては寸法に大きな影響を与えないためだと思われる。肩峰点が多少前後にずれても、幅方向の距離にはそれほど大きな影響を与えないものである。一方、これは計測点が一意に定まるように定義されていないことを意味している。3次元形状を相同モデル化して利用することを考えると、3次元的位置が一意に定まるように計測点の定義を厳密化すべきであろう。

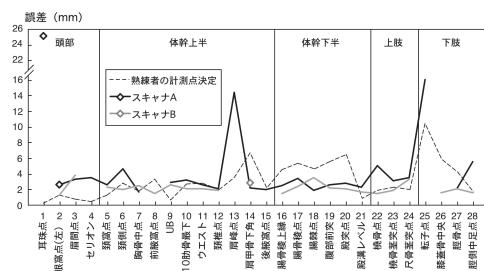


図1 熟練者による計測点決定の誤差

（熟練者3名の平均値、破線）と形状スキャナによるダミーの計測点位置の誤差

5. 形状スキャナの精度検証プロトコル

非接触式形状計測装置の精度検証プロトコルに対する要望が高まったため、国内工業規格の検討が進んでいることはすでに述べた。基本的考え方は、長さ計測のトレーサビリティを確保する、すなわち不確かさがすべて表記された切れ目のない比較の連鎖を通じて、形状スキャナによる計測結果を長さの国際計量標準に関連づけるというものである。具体的には、不確かさが既知で（トレーサビリティが確保されている）非常に精度が高い3次元座標計測装置（CMM）で値付けをした試験物体を形状スキャナで測り、実測値と真値を比較して計測値の真度（真値との近さ）と不確かさ（真値のまわりにどれだけばらついているか）を量量化する。人体を測る装置の

精度を検証するために 10^{-6} [m] もの精度をもつ試験物体が必要か、と疑問に思うかもしれない。人体寸法は通常 10^{-3} [m] 単位で計測する。形状スキャナにもこの程度の精度を要求するならば、その真度を評価するための試験物体は、その10倍より高い精度 (10^{-4} [m]) で値づけがされている必要がある。精密機器である人体用の装置も他の形状計測装置と同じ基準で評価して、そこまで精度がなくてもよいと思うならば、使用者が装置選定時に要求精度を低くすればよい。

試験物体はCMMで計測する都合上、球のような単純な形状をしている。人間は複雑な形状をしているため、わきの下など、他の部位にかくれて計測できない隠れ部位が生じる。隠れ部位に計測点があれば、その位置は計測できない。レーザー光とカメラを使って三角測量をする形状スキャナでは、レーザー光で人体を走査する方向が上下方向か左右方向かで隠れ部位の範囲が変わるため、計測点座標値の再現性が異なるであろう。マーカの見つけ方にも、マウスでクリックする装置と自動認識する装置がある。人間を測る場合はさらに体動揺の効果が加わるので、計測時間が短い方が、誤差が小さいであろう。つまり、形状スキャナの精度はどれでも同程度だという保証はないし、動かない物体で評価するだけでは実際に人間を測ったときの精度は評価できない。

そこで、人体用形状スキャナの精度を検証するために、非常に精度の高いCMMで値づけをした試験物体、人間と似た形状をしたダミー、人間そのものの3とおりを用いることを提案したい。以下、2機種の全身用形状スキャナについて、計測点位置を人体寸法の誤差を定量化した結果を紹介する。

6. 試験物体を用いた非接触形状計測装置の精度検証

産業技術総合研究所計量標準総合センターが値づけをした直径約106mmのセラミック製円筒を試験物体として(図2左)、上下方向に走査する全身用形状スキャナと、前後方向に走査する足部形状スキャナを評価した。具体的には試験物体を形状スキャナで測り、取得した点群に対して円筒の式を当てはめる。当てはめた円筒の直径と真値とを比較することによって真度を定量化し、測定した点群の当てはめた円筒の式からの距離の標準偏差として不確かさを

定量化した。

全身用形状スキャナでは真度(計測した円筒の直径と真値との差)は1.6mm、不確かさ(円筒表面からの実測値のばらつき)は0.25mmであった。足部用形状スキャナでは、真度は0.58mm、不確かさは0.14mmであった(人間生活工学研究センター、2005)。



図2 試験物体

7. ダミーを用いた全身用スキャナによる計測点位置の精度検証

人体形状が複雑であるがゆえの計測点位置と人体寸法の計測誤差を評価するために、42個の計測点にマーカシールをはったダミーを用いた。左右方向に走査する全身用形状スキャナ(以下スキャナA)と上下方向に走査する全身用形状スキャナ(以下スキャナB)について以下の方法で精度を定量化した。ただし、スキャナAでは正立位に近い姿勢のダミーを(図2中央)、スキャナBではISO 20685の推奨する上下肢を外転した姿勢の試作ダミーを使った(図2右)。

その度に立たせる位置を少し変えて、形状スキャナでダミーを10回計測する。10回の計測結果それについて、その装置の方式にしたがって計測点の座標値を取得する(スキャナAではマーカの位置をマウスでクリックする。スキャナBではマーカの位置を自動認識する)。10回の計測結果のうち最初の結果を基本データとして、対応する計測点間の距離の和が最小になるように、他の9回の計測結果それを基本データに重ね合わせる。重ね合わせた後の、基本データと比較データの対応する計測点間の距離を、その計測点の誤差とする。計測点ごとに、9回分の誤差の平均値と標準偏差を計算する。平均値は全体としての誤差の大きさを、標準偏差は計測点位置決定の安定性、すなわち、たまにかけ離れた位置に計測点を決定するようなことがあるかどうかを表す。

図1に2種のスキャナによる計測点位置決定の誤差を太い実線で示す。形状スキャナによる寸法計測は伝統的な方法で人間が計測するよりも再現性が高

いといわれるが (Robinette and Daanen, 2005)、すべてのスキャナがそうだというわけではないことをこの図は示している。人間が計測点を決定する誤差は大きいから、形状スキャナの精度はそれほど高くなくてもよい、と考えるのは誤りである。

8. 人間とダミーを用いた形状スキャナによる寸法の精度検証

形状スキャナにより取得した人体寸法の再現性を、ダミーを10回計測した結果得られた寸法の標準偏差として定量化した。なお、形状スキャナは100%確実にマーカの位置を認識できるわけではない。立つ位置のわずかな違いによって、認識できたりできなかったりする。予想外の結果は、計測対象がダミーでマーカ位置が一定の場合、項目とスキャナによつては熟練計測者が伝統的方法で測る方がむしろ再現性が高かったことである。対象としたのべ30項目（頭部2、高径16、幅径3、前後径1、2点間距離1、周長5、体表長2）のうち標準偏差が2mm以上の項目数は、熟練計測者で4/26（15%）、スキャナAで8/23（35%）、スキャナBで2/27（7%）であった。再現性が低かったのは人間では周長（巻尺がすべり落ちるため）、スキャナでは計測点認識の再現性が低い項目（顔高、幅径、2点間距離、周長、体表長）であった。

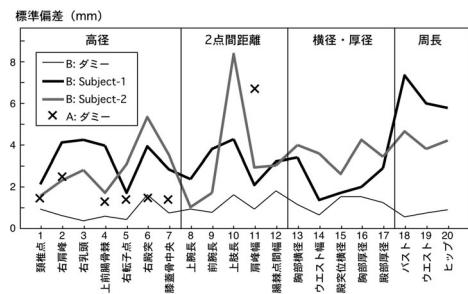


図3 同じマーク位置を使い形状スキャナで寸法を10回計測したときの標準偏差。

A:スキャナAを使用；B:スキャナBを使用

図3は、正立位姿勢のダミーと2名の被験者（男性1、女性1）を10回ずつスキャナBで計測したときの、寸法の標準偏差を示す。項目数は少ないが、同じダミーをスキャナAで10回計測したときの結果も示す。スキャナが異なると、同じダミーを計測してもばらつきの大きさが違う。同じスキャナで計測する場合は、人間の方がダミーよりもはるかにばらつきが大きい。対象がダミーで同じマーク位置を使っているにもかかわらず、対象が人間でマークをつ

けかえて繰り返し計測をした場合と同等か、項目によってはこれよりも大きい場合がある。つまり、スキャナによる計測は人間による計測よりも再現性が高いと無条件に考えてはいけない。

9. おわりに

冒頭で、信頼のおけるデータの条件を述べた。しかし、どのような手順で信頼性を検証し、どのような情報をDBといつしょに公開するべきかはまだ研究段階にある。本稿では、計測者による計測点位置決定の誤差および、試験物体等を用いた形状スキャナによる計測点位置と人体寸法の精度検証プロトコルについて紹介した。人体寸法だけを考えるならば、熟練者が手で計測する方が形状スキャナよりも確実である。しかし、計測点の位置や体表面形状など形状スキャナでなくては取得できない情報も多い。これらのデータに対する要求精度は、使用目的による。将来的は、公開される形状DBにどの程度信頼できるかを利用者が判断するに十分な情報が付属するようになることが望まれる。また、本稿で紹介した研究成果を発展させて、人体計測に関する新しい国際規格の制定にも役立てたいと考えている。

精度検証実験には、人間生活工学研究センターが行った経済産業省委託事業「人間特性基盤整備事業」size-JPN2004-2006計測チームの協力をあおいだ。公開され始めたsize-JPNのデータといっしょに、こうして得られた精度に関する情報も公開されている。厳密に精度検証を行ない、その結果もいっしょに公開する、世界的にも稀な例といえよう。

●参考文献

- (独)産業技術総合研究所、2007：平成18年度経済産業省委託事業成果。基準認証研究開発事業（非接触式三次元計測機の精度評価方法の標準化）成果報告書

(独)産業技術総合研究所デジタルヒューマン研究センター、2007：中小企業知的基盤整備事業。人体寸法・形状データベースの信頼性検証・向上技術の研究開発研究報告書

Harrison, C. R. and K. M. Robinette, 2002: CAESAR : Summary statistics for the adult population (ages 18-65) of the United states of America. AFRL-HE-WP-TR-2002-0170.

ISO 15535: 2003 General requirements for establishing anthropometric databases.

ISO 20685: 2005 3-D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases.

(社)人間生活工学研究センター、2005：平成16年度経済産業省委託事業「中小企業知的基盤整備事業 高度人体デジタル計測システム技術の開発」調査報告書

Robinette, K. M. and H. A. M. Daanen, 2005: Precision of the CAESAR scan-extracted measurements. Applied Ergonomics, 37: 259-265.

Treleaven, P. 2004 : Sizing us up. New 3-D scanners are reshaping clothing, car seats, and more. IEEE Spectrum, April 2004 : 17-19.

人体寸法・形態データを活用した人間中心設計

畠中 順子 (はたけなか のぶこ)
(社) 人間生活工学研究センター 研究開発部 次長

1. はじめに

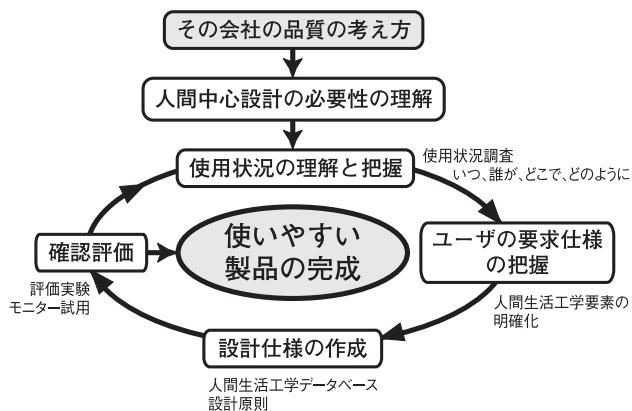
近年の我が国においては、社会の高齢化、PL法の施行などに伴い、様々な製品分野において「人にやさしいものづくり」や「ユニバーサルデザイン」といった「製品を使う人（ユーザ）」に焦点を合わせた技術視点が重要視され、企業が世の中に製品を提供する際の重要な品質要件として位置づけられるようになってきている。そのため、人間中心設計（HCD）を導入する企業が増えている。

ユーザの「体格」に適合した設計はHCDの基本であるが、人体寸法・形態データを活用することによって、HCDを効率よく進めることができる。

ここでは、人体寸法・形態データを活用した人間中心設計について、事例を交えて紹介する。

2. 人間中心設計とは

人間中心設計とは、常にユーザの視点に立つ製品設計のことである。そして、その設計手順は、人間中心設計プロセスと呼ばれる。HCDプロセスは、ISO 13407 (JIS Z 8530) に示されるが、「いつ、どこで、誰が、どのような状況で使うのか（使用状況）」を把握し、ユーザの要求事項を整理した後、それらを解決する設計を行い、最後に「ユーザによる確認評価」を行う、というものである。（図1）



3. 人体寸法データを活用した人間中心設計

(1) ターゲットユーザを人体寸法値で表す

HCDプロセスの中で、開発する製品のターゲットユーザを例えれば「中高年男性」などと、年齢・性別で定義されることが多いと思う。このとき、「中高年男性」とはどのような人体寸法特性を持つのか、を把握しておくと、ユーザ像をより詳細に描く一助となる。

（例）満50歳以上男性の肩幅は、
平均値443.0mm、標準偏差23.6mm

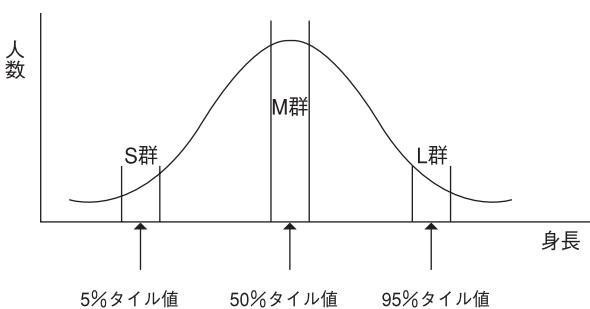


(2) ユーザテストに人体寸法を活用する

HCDプロセスの中では、ユーザテストがしばしば行われる。テストには、製品のターゲットユーザに被験者として協力してもらうのが基本である。あらかじめターゲットユーザを人体寸法値で表し、それにあてはまる被験者を募ると、より現実の使用状況に近いテスト結果が得られやすい。また、寸法と評価結果との相関解析などにより、寸法との関係をより踏み込んで解析できる。

（例）福祉車両の乗降に関するユーザテスト

60歳以上の男女にとって体格に関係なく乗降しやすいかどうかを検証するため、ターゲットユーザの身長値を参考にS群（5%タイル値付近）、M群（50%タイル値付近）、L群（95%タイル値付近）を定義し、各群にあてはまる被験者を募集した。



(3) 設計値を求める

HCDプロセスにおいて人体寸法データを最も活用されるのは、設計値の検討時であろう。しかし、人体寸法データに何らかの変換を施さないと製品の設計値としては使えないことが多い。そのため、人体寸法データを翻訳して活用していくことが求められる。

データの翻訳とは、求めたい設計値と人体寸法データとの関係を見いだして、

$$\text{製品の設計値} = \text{人体寸法データ} \times \text{比率}$$

というような関係式を導くことである。

(例1) いすの座幅

いすに座る時の実際の状況から、

$$\begin{aligned} \text{いすの座幅} &= \text{座位臀幅} + \text{衣服の厚み}(2\text{cm}) \\ &\quad + \text{動作のゆとり}(2\text{cm}) \end{aligned} \cdots a$$

と定義した。

①いすを1サイズで設計するため、できるだけ多くのターゲットユーザ（満18～79歳男女）がはみ出ない座幅を確保することとした。そこで、ターゲットユーザの座位臀幅の95%タイル値（394.0mm）を式aに代入して、95%のユーザがいすからはみ出ない座幅を434mmと算出した。

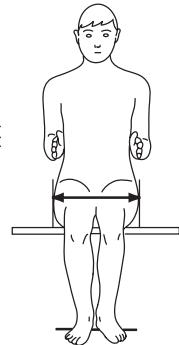


図4 座位臀幅

②別のいすでは、できるだけ体格に合ういすをユーザに選んでもらえるようにいすを3サイズ展開することとした。そこで、ターゲットユーザ（18～79歳男女）の座位臀幅の5%タイル値（325.0mm）と95%タイル値（394.0mm）を式aに代入し、座幅の範囲を365～434mmと算出した。その後、算出した範囲を3分割し、それぞれの中央値を3サイズのいすの座幅とした。

(例2) 握りやすいレバー長の範囲

40代女性被験者を対象に、レバーを握る動作を再現してもらい、そのときにもっとも握りやすいレバー長を答えてもらう実験を行った。同時に、被験者の手掌長（図5）の計測を行った。

結果から、手掌長と、もっとも握りやすいレバー長の間には、

$$\text{レバー長} = 0.293 \times \text{手掌長} + 57.156 \cdots b$$

という関係式が得られた（図6）。

そこで、40代女性の手掌長の5%タイル値（98.0mm）と95%タイル値（115.0mm）を式bに代入して、40代女性の90%がもっとも握りやすいレバー長の範囲を、85.9～90.9mmと算出した。



図5 手掌長

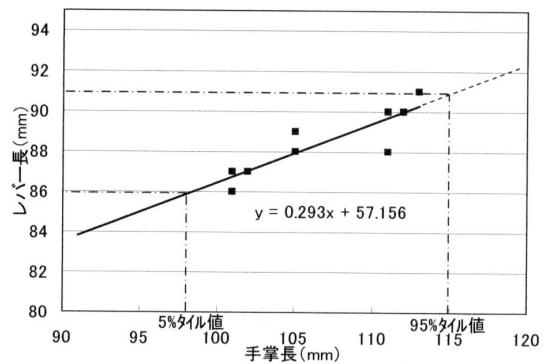


図6 手掌長とともに握りやすいレバー長

4. 人体形態データを活用した人間中心設計

製品の設計も3次元化が進んでいるように、人体の体型把握にも、3次元形状データすなわち形態データの取得が進んでいる。それに伴い、形態データの設計への活用も進められつつある。

形態データを設計に活用する際に、まずははじめに平均的な形態を把握したい、と誰もが思うところであるが、形態データを統計処理するのは数値データを表計算ソフトで処理するほど一般的ではない。現在、（独）産業技術総合研究所や大学などで研究が進められているところである。

しかしながら、数値よりも3次元形状を活用する方が、設計を立体的に把握しやすく、また、体型によりフィットする設計が行えるため、以下のように3次元形状を活用し、設計案・試作品の評価の際に用いられることが多い。

（例）身体各部位の寸法値が平均的な人体3次元形状で製品を評価する

①コンピュータマネキンソフトウェアの活用

コンピュータマネキンソフトウェアでは人体のベース形状モデルがあらかじめ用意されている。このモデルに各部位の寸法の平均値を入力すると、形状

が変化し、各部位の寸法が平均値の仮想人間が再現される。

設計中の製品の3次元データに仮想人間を配置すると、製品の使用状況を確認することができる(図7)。

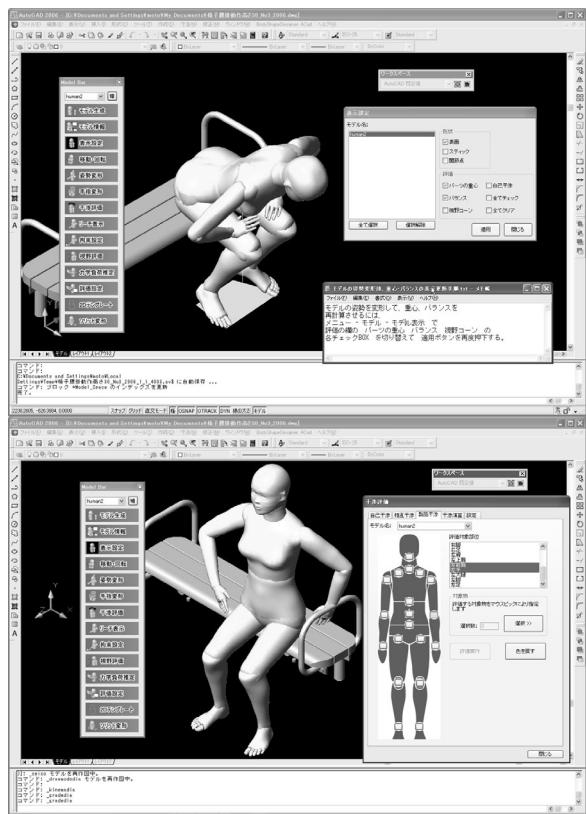


図7 コンピュータマネキンでのベンチの評価例
(株)エルゴビジョン Body Shape Designer)

②3次元CADソフトウェアと形態データの活用

コンピュータマネキンソフトウェアが手元にない場合、3次元CADソフトウェアがあれば、形態データを活用できる。身体各部位の寸法平均値を算出し、この値に一番近い数値をもつ形態生データを、形態データベースの中から抽出する。抽出された形態生データを3次元CADソフトウェアで読み込み、設計中の製品の3次元データに配置すると、製品の使用状況を確認することができる。

③平均的人体寸法ダミー(マネキン)の活用

図8の平均的人体寸法ダミーは、各年代の120強の部位の平均寸法値と、計測していない部位を表現するための解剖学的知識、そして見た感じの自然な美しさ、を加味して立像化されたものである。このダミーの表面にある特徴点を使って寸法を計測する

と、データベース通りの平均値が読み取れる。

試作品(特に衣類)をダミーに着用させると、衣類の着用状況を確認することができる。

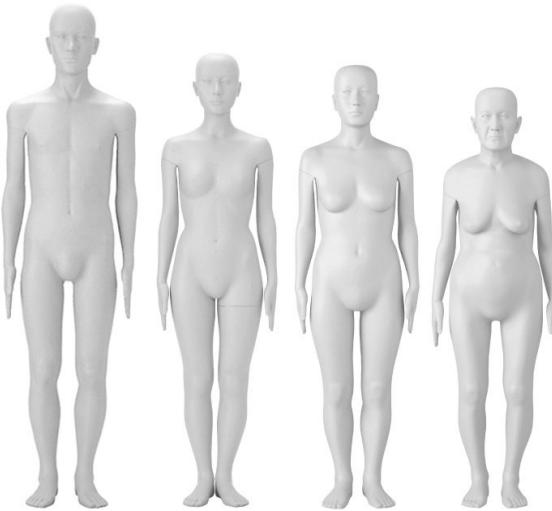


図8 平均的人体寸法ダミー
(左から20代男性、20・40・70代女性)
(株)七彩)

4. おわりに

常にユーザの視点に立って製品設計開発を行うという人間中心設計のための、人体寸法データ・形態データの活用例に紹介した。

今後の皆さんの設計活動の参考になれば幸いである。

●引用データ

(社)人間生活工学研究センター：日本人の人体寸法データベース2004-2006

●参考文献

(社)人間生活工学研究センター編：人間生活工学商品開発実践ガイド、日本出版サービス、2002

(社)人間生活工学研究センター編：ワークショップ人間生活工学第2巻 丸善、2005

(社)人間生活工学研究センター：季刊誌人間生活工学、Vol.1. No.1～4、2006

石本明生、畠中順子：人間生活工学からのユニヴァーサルデザインへの取り組み、国際ユニヴァーサルデザイン会議2006

(社)人間生活工学研究センターホームページ：

<http://www.hql.jp/>

仮想人台を用いた個人対応衣服設計システム

柿沼 よしえ (かきぬま よしえ)

埼玉県産業技術総合センター北部研究所 技術支援交流室 担当部長

1. はじめに

近年、急速な高齢化に伴い、消費者人口に占める高齢者の割合が高くなっていると予想される中、既製服の多くが標準体形をもとにサイズ展開されており、加齢による体形変化が顕著な高齢者では、サイズ等に不満を持つ割合が高まっている¹⁾。

また、洋服の型紙作製には数多くの方法があるが、個人の体形に合わせて洋服を作製する場合には、まず型紙作製に必要な各寸法をメジャーを用いて採寸し、それをもとに2次元平面で製図を行い、仮縫い・試着を繰り返しながら補正していく方法が一般的である。ところが、この方法は、型紙を作製するパターンの技術や感覚によるところが大きく、その習得には膨大な時間を要する。そこで、本研究の目的は、従来のサイズのみの選択肢しかなかった市場に、類型化された体形からの新選択方式を開発することである。本研究では、高齢者の体形変化をカバーし、体への拘束を排除した衣服を設計するため、「ゆとり値」を付与した「体形人台」を使用した、顧客に対応した型紙設計システムの構築を提案する。

2. デザイナーの洋服製作の調査

デザイナーの洋服製作過程と知識を調査するために、服飾デザイナーに高級婦人服仕立て（テーラードスーツ）を依頼した。5回にわたって行った調査の中で、洋服のデザインや仕立ての現状と課題の分析、婦人服デザイン決定、素材、採寸、仮縫い、着用評価による補正、納品、型紙提供に関する知見を得ることができた。

まず、専門家による採寸項目とその採寸方法、体形特徴の観察、また、仮縫いにおいては、型紙を製作する時の「ゆとり」の入れ方など、実際に使用した型紙の特徴を把握でき、製作過程と採寸などの知識が整理できた。製作した洋服は本研究で開発するシステムを用いて製作する衣服に対する比較検討資料とした。

3. 体形分類と人台モデル製作

3.1 人台上の構造線及び3次元計測

今回の体形人台作製にあたって、これまで著者が分析²⁾してきた人体モデルの構造線を再検討した結果、人台上の計測点及び採寸位置を踏まえた構造線を設定することが必要であるとわかった。また、体形の変化に個人差が大きい高齢者向けの衣服を商品化するには、高齢者の体形の特徴をつかんだ基礎データを用意する必要がある。そこで、まず、熟練者の技能、知識をもとに36項目の採寸項目を決定すると共に、人体の3次元計測データから体形分類を行い、体形ごとの体形人台上で、的確な構造線を設定することにした。

さらに、産業技術総合研究所デジタルヒューマン研究センターの協力で、浜松フォトニクス株式会社が開発したボディラインスキャナを用いて60歳から78歳までの女子52名全身3次元計測を行った。被験者には、体が安定するように左右の足を肩幅程度に開き両腕は側方にやや広げ楽な直立姿勢をとらせた。図1は計測結果の例である。

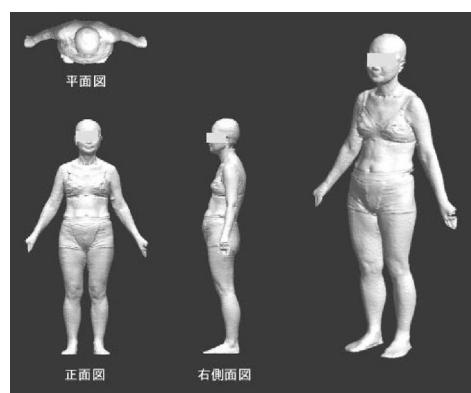


図1 3次元計測データの例

3.2 体形分類

3次元人体データから衣服設計上重要で特徴的な複数の断面を選び、その幾何学的特徴を主成分分析^{3,4)}によって分析した。

高齢女子では、ウエスト計測位置が正面からは決

定しにくく、また、腹部の形状に特徴が見られるため、上半身用の衣服設計を目的とするが、腰囲計測部位まで分析対象とした。

衣服設計上重要で特徴的な6断面を選び、幾何学的特徴量をデータとして主成分分析を行った結果、固有値が1以上の主成分の中から寄与率を調べ、明確な解釈のできる第4主成分までを抽出した。分析の結果、高齢者の体形差は、主として前後方向への骨格や脂肪量などの変異に現れ、高齢者の生理的、解剖学的变化と呼応した、“肥満体・瘦身体”、“丸胴体・扁平胴体”、“年齢的変化”、“前傾体・後傾体”に関する人体3次元形状データの特徴を8体の3次元形状として抽出できた。これにより、各特徴を表現する類型ごとの模型図及び人台作製用3次元基礎データを得ることができた。

3.3 人台モデルの作成

3次元計測データから標準人台モデルを作製した。計測された人体モデルデータは、頂点数が多いいため、3次元ソフトウェアを使用して頂点数を減量し、処理に不要な首のデータを取り去り、胸や背のくぼみを補間し、曲面を滑らかに修正して基本となる8体の標準人台モデルを作成した(図2)。

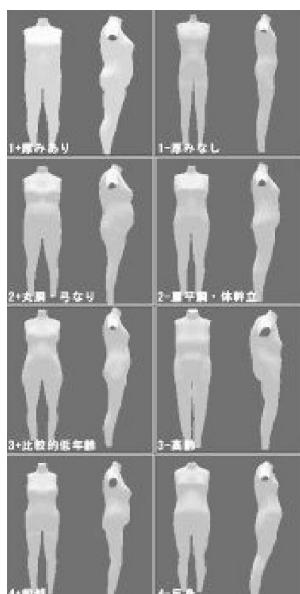


図2 人台データ

4. ゆとりの計算

着心地の良い衣服の製作にゆとりは重要な要素の1つである。従来の型紙作製技術では、平面の型紙上でゆとりを入れていたが、先に特許申請した技術⁵⁾では、人台モデル上では、ゆとりを加えることが出

来るものの、指定した部位の断面において、1つの基準点を決め、相似的に大きさを変えるだけであった。この技術では、適切にゆとりを入れられない場合があるという問題点が浮かんだ。これに対して、本研究は、まず、1つの断面に対して複数の基準点を使うことも可能にし、形状の断面を適正に変形させることができるようにした。特に高齢者の体形では、脂肪の付き具合の個人差が大きいので基準点を選択して設定できるようにした。この点が従来のアパレル製作手順と大きく異なるのが本研究の特徴である。

ゆとり分量は、服種や素材によって異なるが、本研究では、人台にあたえる「ゆとり」を取り扱い、顧客対応型人台モデル(パーソナル人台)に「ゆとり」を与えて型紙作製のための人台(展開用パーソナル人台)に変換した。図3に示したように、「ゆとり」の入れ方は2種類用意した。上の背肩幅の画面は「ゆとり」を入れるための中心が2つある場合であり、下のウエストの画面は中心が1つである。この違いは断面形状の丸みの違いによる。扁平な橈円の場合は、中心を2つ用いる。円に近い場合は、中心を1つとする。「ゆとり」は、中心から断面輪郭線に向かって放射状に拡大することによって作成した。中心が2つの場合は、放射状に拡大した点を接続することによって拡大断面を求めた。ここでは「ゆとり」の与え方の選択を容易にするため、数段階の拡大断面を表示した。標準人台のポリゴンは分割の違いによって、断面形状が均等になっていないが、型紙作製するためには大きな問題ではない。また、衣服の違いによって「ゆとり」を入れる位置を変えた。

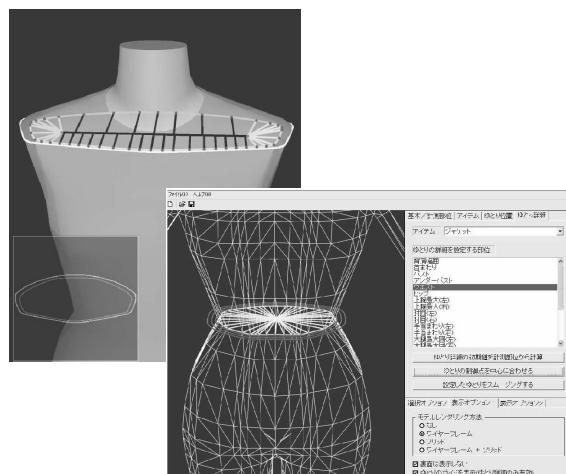


図3 ゆとりの計算

5. 開発システム

5.1 開発システムの概要

図4に衣服設計のための計測から型紙までの展開についてまとめた。この考えをもとに本システムを開発した。顧客データを選択し、体形を入力、顧客の体形をメジャーで計測する。そして、作製したい衣服の「アイテム」と「ゆとり」を入力する。これにより、顧客の展開図人台モデルが生成できる。これをもとに、デザイン線などを指定して型紙を作製するために展開を行い、DXFデータを出力する。このあとCADシステムを用いて型紙を作製する。

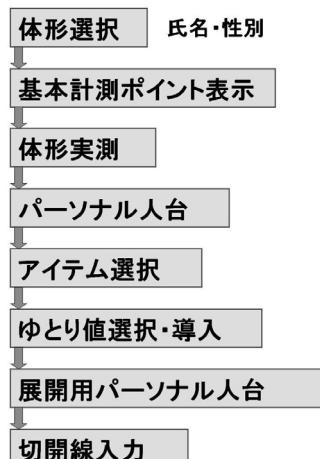


図4 システムフロー

5.2 標準人台モデル設定及びアイテム設定

仮想人台モデルからパーソナル人台モデル生成するために、計測する部位の設定を行う。部位設定処理では、計測に必要な部位（背丈、第7頸椎～ヒップライン、首回り、背肩巾、背肩幅囲、上部胸囲、バスト、アンダーバスト、ウエスト、中ヒップ、ヒップ、）など36項目の部位を設定し、それ以外の計測部位で変形に影響を受けるラインにも設定することが可能である。パーソナル人台から衣服を作製するために、服種の設定を行う。ジャケット、ブラウス、スカート、ワンピース、パンツ等の全てのアイテムの設定を行うこともできる。

5.3 パーソナル人台モデルの生成とゆとり設定

パーソナル人台モデル生成システムの機能とし、体形選択、採寸と個人対応データへの変換、服の種類の選択、ゆとりの部位登録とゆとり量の設定ができる。これによって、パーソナル人台モデルを生成することができる。ここでは、ジャケットを作製することとし、作製したジャケットの「ゆとり」設定

は、肩甲骨では2点・首まわり・上部胸囲・バスト・アンダーバスト・ウエスト・中ヒップ・ヒップ・裾まわりについては、中心に1点の基準点を設定して型紙を作製した。また、アイテムデザインの色替えもできるようにした。更に、着る人が満足できるようウエストラインを上下移動も可能にした。また、詳細設定の形状の設定もできるようにした（図5）。

このように衣服の種類によってもゆとりを入れる位置と数値を変えることができる。

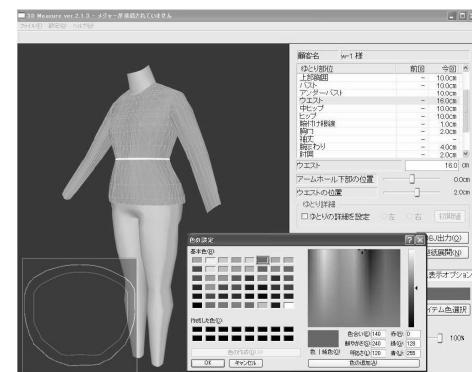


図5 ゆとりの設定

5.4 型紙展開と衣服試作実験

ここでは、図6に展開図作成システムを用いて展開図を作成する様子を示す⁶⁾。ジャケットデータを読み込み、形状を表示するとメッシュ境界が赤く表示される。このシステムでは、三角形メッシュモデルを対象とした。構造線と切開線が表示され、構造線の編集も可能である。そして、型紙展開すると展開図上に構造線（赤）を表示する。今回は、本システムにより作製したジャケットをデザイナーが作製したものと比較するためにデザイン、寸法、ゆとり、切り替え線も同様にし、型紙展開を行い製作した（図7～8）。

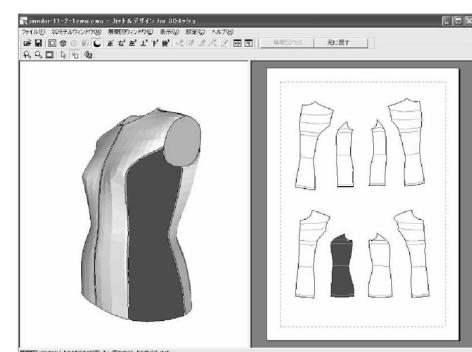


図6 型紙展開



図7 デザイナー



図8 試作品

図9に示すようにバストラインを基準とした型紙の比較であるが、試作した方が、ウエスト、ヒップラインの位置は高い。また、前衿みつ幅も試作品の方が広く展開された。後肩の傾斜も違う。試作品の型紙は、3次元計測の時、体が安定するように左右の足を肩幅程度に開いて計測しているので、肩が上がるときの肩パットの分量を考慮していなかったことが原因と思われる。結果として高級婦人服仕立てには及ばないが、体形人台モデルから作製した衣服は、顧客の体形に合った着やすい衣服を作製できた。これらのことから、分類された基本の標準人台モデルから顧客に近い体形人台モデルを選択することにより、より高度な着やすい衣服ができることが明らかになった。

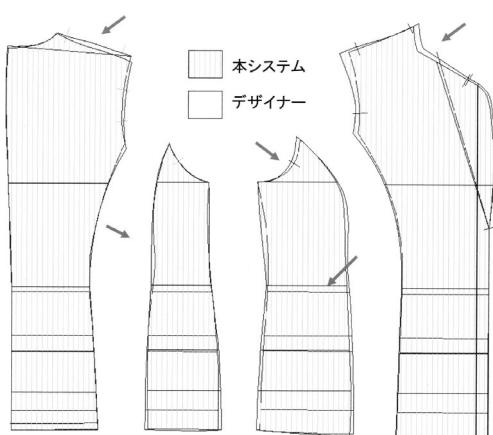


図9 型紙の比較

により、顧客にあった衣服を作製することができた。

(2) 本システムと(株)テクノアの仮想シミュレーションを連動させ、サンプル確認ができるか検討した結果、最終的な試作は必要であるが、画面上でサンプル確認することでサンプル縫製が減少できることが判明できた。そこで、個々の体型にフィットする衣服を提供できる実需対応型新生産システムを(株)テクノアが開発中である。

●参考文献

- 1) 柿沼よしえほか、高齢者に優しい機能性素材に関する研究、埼玉県工業技術センター研究報告、1、1999、pp.145.
- 2) 柿沼よしえほか、製造工程における3D→2Dデータ変換システムの構築、埼玉県産業技術総合センター研究報告、3、2004、pp.49.
- 3) 飯田ほか、ITと熟練技術の融合による3D-2Dシステムの創成、埼玉県彩の国コンソーシアム研究推進事業研究報告書、2006.3.
- 4) 提江美子、柿沼よしえ、断面特微量による女子高齢者体形の分析、2006年度日本図学会学術講演論文集、2006、pp.91-96.
- 5) 柿沼よしえほか、型紙パターンの自動作製方法及び型紙パターンの自動作製システム、特開2003-342818.
- 6) Jun Mitani, A Simple-to-Implementation Method for Cutting a Mesh Model by a Hand-Drawn Stroke, 2nd Eurographics Workshop on Sketch-Based Interfaces and Modeling, pp.35-41, Trinity College Dublin, Ireland, Aug. 2005.

6.まとめ

アパレル製作で熟練技術者の技能と知識を体系化して衣服設計システムに取り込むことができ、以下の結果が得られた。

(1) 従来は、サイズのみの選択肢しかなかった市場に類型化された体形からの新選択方式

人体寸法データを活用したプルリングの改善事例

遠藤 明子 (えんどう あきこ)
三笠産業(株) 営業企画部 部長

1986年奈良教育大学教育学部卒業、1989年三笠産業(株)へ入社、現在に至る。

1. はじめに

当社では、人体寸法・形態データを製品開発に利用するだけでなく、設計者が人体の形態特性を認識する一助として活用している。現在は、人間生活工学研究センターから提供されている人体計測データの他に、特有の製品を操作するために必要な人体寸法も独自にデータ蓄積を進めている。

2. 人体寸法・形態データの利用

当社の開発製品は、主に調味料用のキャップである。製品のほとんどは手の中に収まるサイズなので、利用する人体寸法も、手指に関するものが多い。実際には寸法データの利用というよりも、数々の制限事項の中で検討された設計値が「どういった操作範囲までは、使いやすいか?」あるいは「どの寸法を超えるユーザーには使い勝手が悪いか?」という確認のために人体寸法データを参照することが多い。とくに瓶口サイズが小さい場合は、キャップのサイズも制限され、それに伴い操作性の制限も多くなってしまう。

近年では、内容物の保護や充填環境、機械適性、輸送条件等のパッケージに期待される機能が高度化されており、そのためにユーザビリティの制限が増えてしまうことが多い。このような背景において、人体寸法データを利用してユーザビリティを検証することは、操作の快適性を向上させるために非常に重要である。

3. プルリングの使用感の改善

当社のキャップでは、操作性に関わる人体寸法の全てのばらつきに対応できる製品設計の機会は少ない。そのため、人体寸法データから製品寸法値を決定するということは難しく、多くの場合は仕様決定の参考値としている。

3.1 プルリングの現状と課題

当社の製品の中で多く使われる機能のひとつに、中蓋を引き破って開封する「プルオープン」という機能がある。プルオープンタイプのキャップでは、プルリングの大きさが使いやすさのポイントのひとつである。プルリングの付いたキャップの部位名称を図1に示す。

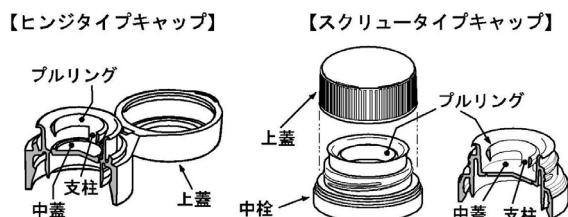


図1 キャップ部位名称

開封動作におけるプルリングの最適寸法値は、ユーザーによって異なるだけではなく、開封に使われる指によっても異なる。ユーザー観察では、ほとんどのユーザーが人差し指で開封されるが、小指、中指で開封される方も多く、利用する指の違いで開封動作も異なる。このような条件の違いを組み合わせると、開封動作だけでも数多くのパターンがあり、全ての動作パターンに対応させるのは非常に難しい。また、遠位関節部までリングが掛かれば力を掛けやすいようであるが、遠位関節幅のばらつきを充分に満たす寸法を確保できないキャップも多い。



図2 中蓋の開封動作

しかしユーザビリティの制限事項があったとして

も企画検討段階で認識できていれば、それを補う機能を開発の早期から検討できる。たとえば、爪先だけしかリングに掛からないユーザーに対しては、グリップ性を助けるためにリングの帯幅や滑り止めの付与を検討し、少しでもユーザビリティが向上するような工夫を設計に盛り込める。

当社では、このような目的でも人体寸法データが活用されるため、設計者が人体寸法と設計寸法の関係や各部位の寸法範囲を常に意識できるように、寸法データ利用の支援体制整備を進めている。

3.2 プルリングの改善

次にプルリング形状の改善事例を紹介する。

従来品のリング形状は、金型製作や成形性等の条件から、ほぼ真円で設計されていた。しかし人体寸法からも明らかなように、指の形状は真円ではないため、リング形状を指形状に合わせた方がフィット感が向上すると推測でき、とくに小さな製品での効果が期待された。

まず、フィット感の改善であるが、当社のプルリングの寸法では、Y方向には支柱という拘束制限があるが、X方向には微寸ながら余裕がある。人体寸法データから指形状の平均的な橈円度を推測し、その寸法を設計のベースとして指の形状に近づくように検討した。その結果、同一寸法制限での指掛けのフィット感については、従来品と比較したユーザーテストにおいて、非常に良い評価を得ることができた。

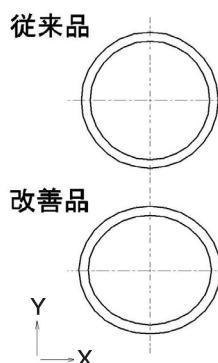


図3 リング形状の比較

また、リング形状に方向性ができたことにより、プルリングを引く方向が定まり、開封方向以外に無理な力を掛けられることによって起こるリング切れ等の問題も減少した。

さらに、真円では指の形状との間でY方向に隙間ができるが、このわずかな無駄を見直すことにより、

原料使用量の削減にもつなげられるという環境配慮の効果も得られた。実際の開発製品では、X方向には支柱という制限が無いため、少しでも指掛けかりを良くする目的で従来品よりもX方向の寸法を広げている。そのため、結果的には総円周の比較は僅差となってしまったが、大きな径のプルリングにおいては相応の原料削減効果が期待できる。

4. 人体寸法データの位置付け

当社での寸法データの位置付けは、ユーザーを「見える」化できるものであり、操作性の問題点に気づき、解決に目覚めさせるものとして認識される。

とくに設計者には、各自が日本人の寸法データの中では、どのような属性であるのかを理解した上で設計してもらっている。製品を開発していく途上では、設計者自身が何度も試作品を検証するが、検証している手指の寸法や力量が平均的な値であるのか、あるいは平均から離れたものであるのかを認識したうえで開発を進めていく場合と、認識せずに各自の寸法・力量感覚で検証した場合とでは、完成した製品のユーザビリティで大きな差となりやすい。

また、キャップの操作に関する力量や手指の寸法が平均値に近い社員をモニターとして登録し、簡易的な評価に協力してもらっている。

5. おわりに

当社が利用可能なデータでは、手指に関するデータが、まだまだ足りない。独自に計測データの蓄積も試みているが、個人データは非常に入手が難しく、有効活用できるデータベースにはほど遠い。とくに最大値及び最小値は、計測した被験者集団での最大・最小寸法に依存するため、小規模な被験者集団では計測値として現れない値もある。

今後は設計支援として有効活用するために、さらに計測項目を増やした大規模な計測データベースが整備されることを期待している。

●参考文献

- 1) (社)人間生活工学研究センター編：日本人の人体計測データ1992-1994
- 2) 生命工学工業技術研究所編：設計のための人体計測マニュアル

ユニバーサルデザイン視点での住宅設備開発におけるデジタルヒューマンの活用

寺島 正之 (てらしま まさゆき)

松下電工(株) デザイン部 ユニバーサルデザイン共創開発グループ

千葉大学工学部工業意匠学科卒業、1996年入社、現在ユニバーサルデザイン商品開発・標準化推進担当

Hareesh P V

松下電工(株) 先行技術開発研究所

インド工科大学卒業、1997年入社、現在デジタルヒューマン開発担当、スイス工科大学PhD課程在学中

1. はじめに

家電商品あるいは住宅設備機器の設計において、想定されるユーザーの身体適合性を考慮して商品の寸法や操作部の位置関係などが決定される。その際(社)人間生活工学研究センター(HQL)の「人体寸法データベース」を活用してきた。

データ項目は、主として体の特定部位の大きさや距離などの静的な寸法情報を活用してきたが、近年は複数の部位を組み合わせた寸法や動きをともなった動的な寸法情報への社内ニーズが高くなっている。

さらにユニバーサルデザイン(UD)の観点から様々な年齢、身長、体型などできるだけ多くのユーザーに対応するため、精度の高いシミュレーション環境が求められはじめている。

2. デジタルヒューマン(DH)の開発^{1) 2)}

2.1 デジタルヒューマンの概要

図1に示すようなベースとなる骨格モデルに対し、HQLからの34000人分の人体寸法データ、それに加え、関節可動域データなどを組み込んだ。

そして体型や滑らかな動きをリアルタイムで表現する技術、加齢による姿勢や動作の変化をシミュレートする技術を行いデジタルヒューマンを開発した。

図2のように様々な年齢、性別、身長、ウエスト、腕の長さなどのデータを入力し、DHをコンピュータ上に表示し、可到達距離などの寸法評価や動作のシミュレーションをおこなう。

このようなバーチャル環境でのシミュレーション技術はUD商品のための効果的な設計ツールとして、あるいは顧客の商品購買時の意思決定ツールとして活用が期待される。

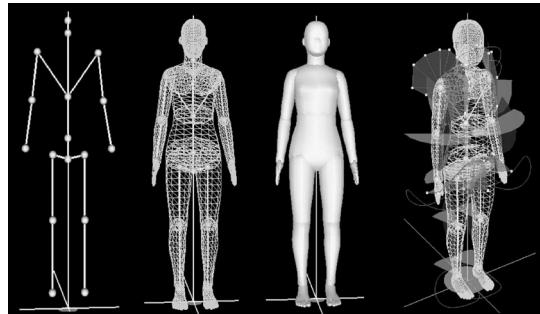


図1 デジタルヒューマンのベースモデル

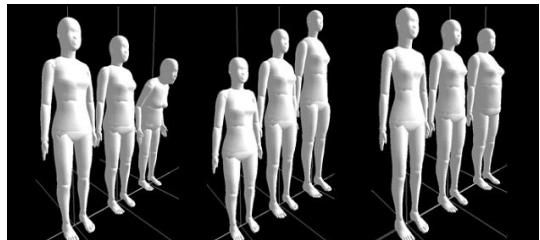


図2 様々な年齢、身長、体型のデジタルヒューマン

2.2 デジタルヒューマンの特長

商品開発のプロセスで、DHを用いた検討をおこなうメリットとして以下のようなことが期待される。

- ・開発初期段階である程度高い精度の検討が可能
- ・幅広いユーザーによる検討が可能
- ・特定ユーザーによる重点的な検討が可能
- ・提案の絞込みの効率化、試作数の削減
- ・プロセスの後戻りの減少、開発期間の短縮

このようにバーチャルでの検討によるメリットは多いと考えられるが、すべての評価やシミュレーションをパソコン上でおこなえるわけではなく、最終的には身体への負担など感覚面などで検証を含め、生身の人間による実物試作を用いた評価・検証は不可欠である。

3. デジタルヒューマンの応用事例

3.1 洗面化粧台の事例

家庭で使用される洗面化粧台は、1台で家族全員にとって使いやすいものでなければならぬ。

DHを用いて、カラーレバーや収納へ手が届くか、ミラーに顔が写るかといった検討をおこない、基本的な仕様を決定した。（図3）

さらに幼児でも手が届くようにチャイルドステップを検討し、高さはDHによる検証をおこなった。



図3 身長別による洗面化粧台の使用性検討

3.2 UDキッチンの事例³⁾

高齢化にともない、体に負担のかかる長時間の立ち作業を減らすため、座って作業できるキッチンを検討した。レバー、スイッチ、引き出し、水切り棚などへの手の届きやすさ、作業時の姿勢などをDHで検証した。またUDを考慮して車椅子ユーザーに対する検討もおこなった。（図4）

検討はコンピュータ上でおこなわれ、データは3次元CADとの互換性もあり、設計の効率化が図られる。

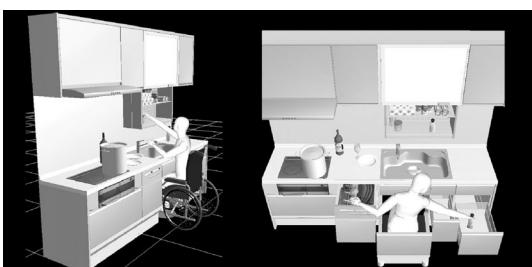


図4 座って作業できるシステムキッチン

3.3 ショールームでの活用

DHを商品開発ツールだけでなく、マーケティングツールとしても活用した。

2005年に大阪・京橋ショールームにおいて、DHを用いたキッチンの使い勝手に関するシミュレーションのデモをおこなった。（図5）

来場者は身長や年齢などのデータを入力すると、

現在の自分と将来高齢者となった自分を示すDHの画像がディスプレーに表示され、上下する棚の動画とともに、手の届きやすさの範囲を比較することができる。

動作を可視化・比較することで、たとえ高齢になっても使い勝手が良いことを直感的に理解でき、顧客の購入意思決定の助けとなることが期待される。

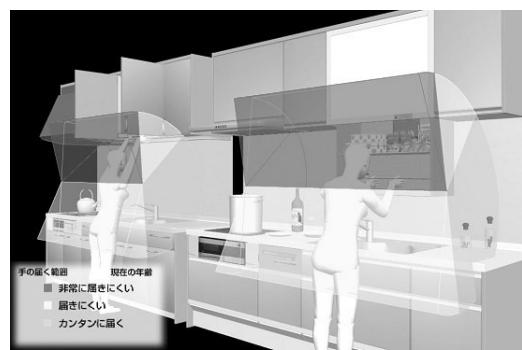


図5 現在と将来の使いやすさの比例デモ

4.まとめと今後の展望

(社)人間生活工学研究センターの人体計測データベースに基づくデジタルヒューマンのシステムは、洗面化粧台やキッチンなど、商品開発の初期段階から、ユニバーサルデザイン視点での安全で快適な商品づくりに有効なツールとしての可能性が示された。またプロモーションの面から商品購入の意思決定ツールとしても期待される。

今後の展望として、人体寸法データの更新による高精度化、よりリアルで自然な動作表現によるシミュレーションの高度化、手など特定の部位に関するツール化など、デジタルヒューマンの高度化を通じて人間特性と商品特性の適合性の向上を図り、高品質なUD商品の創出を目指してゆきたい。

●参考文献

- 1) Anthropometric Digital Human Models in Universal Design: Demonstration with a few applications, Hareesh P V他
日本バーチャルリアリティ学会第10回大会論文集(2005)
- 2) An Intuitive IK Postural Control System for Anthropometric Digital Human Models, Hareesh P V, Boulic R他
- 3) <http://national.jp/sumai/kitchen/index.html>

最新の人体寸法データベースとHQLのサポート体制

柳浦 真美子 (やなうら まみこ)
 (社) 人間生活工学研究センター 研究開発部 次長

1. はじめに

社団法人人間生活工学研究センター（以下、HQL）では、1992年より、日本人の人体寸法データベースの構築・提供を行っている。最新のデータベースは、「日本人の人体寸法データベース2004-2006」「子どもの身体寸法データベース」である。

本稿では、両データベースの概要について紹介する。

2. 日本人の人体寸法データベース2004-2006

2.1 概要

本データベースは、経済産業省からの2004～2006年度委託事業「人間特性基盤整備事業」の計測結果を基に構築したものである。本データベースの概要を表1に示す。

表1 日本人の人体寸法データベース2004-2006の概要

内容	寸法・体重：217項目 体幹部：170 頭部：19 手部：9 足部：19 全身の3次元（3D）形状
人数	20歳～79歳の男女6,707人 (男性：3,505人、女性：3,202人)
計測期間	2004年10月～2006年10月
計測地域	東京、大阪、神戸

JIS・ISO等の規格、および産業界からの要望等から決定した計測項目を、マルチン式人体計測器（アントロポメータ、桿状計、滑動計、触角計、巻尺等）および全身・足部・手部の非接触3次元（以下、3D）形状計測器を併用して計測した。

計測用着衣は、人体の本来の形を変えずヌードに近い状態で体を包み、女性のバストを（バスト下垂の場合を考慮し）本来あるべき位置に支え本来あるべき形に整えられるものを用いた。

計測人数については、ISO15535 Annex Aに基づき、20歳から79歳を5歳刻みの層に分け、各層とも男女各300人を目標としたが、60歳以上の層では目標に達成していない（図1）。

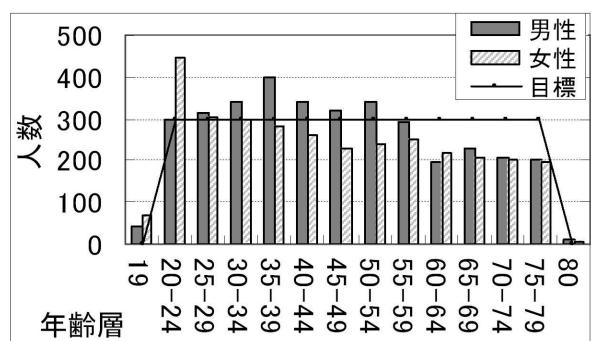


図1 年齢層別計測人数（目標と実績）

2.2 データの信頼性

2.2.1 被計測者の体格

本データベースの身長・体重のデータを文部科学省（以下、文科省）の2005年度体力・運動能力調査における同項目の平均値と比較し、20～24歳男性を除いて体格に偏りがないことを確認した。20～24歳男性については、文科省データより体重が約3kg軽かった。

2.2.2 計測精度

2005～2006年度「人体寸法・形状データベースの信頼性検証・向上技術の研究開発（（独）産業技術総合研究所）」において、「人間特性基盤整備事業」に用いた計測装置・手計測手法を対象とした信頼性検証が実施された。

結果は、手計測者に由来する誤差は数mm、また、3D計測データからの寸法算出精度は、足部で手計測と同等かそれ以上、全身で手計測と同等かそれ以下の精度であった。

2.2.3 異常値の除去

計測で得られたデータに対して、散布図作成や異なる項目間の寸法値比較等を行い、信頼性の低い寸法値を除去した。

2.3 データの一例 －12年前からの体格変化－

本データベースと12年前の人体計測データベース1992-1994とを比較し、日本人の体格変化を確認した（図2）。身長は男女とも、若い年齢層では大きな差はないが35歳以上で12年前より高くなかった。体重は、男性は30歳以上で重くなり、女性は年齢に関係なく同程度であった。BMI {=体重(kg)／(身長(m))²} は、男性は30歳以上で高く、女性は年齢に関係なく低くなかった。なお、体重・BMIにおいて、20代前半男性の平均値が12年前より著しく小さいが、2.2.1で述べた体重の偏りが影響していると考えられる。

以上のことから、12年前と比較し、中年以上の男性は太り、女性は全体的に細くなったと思われる。

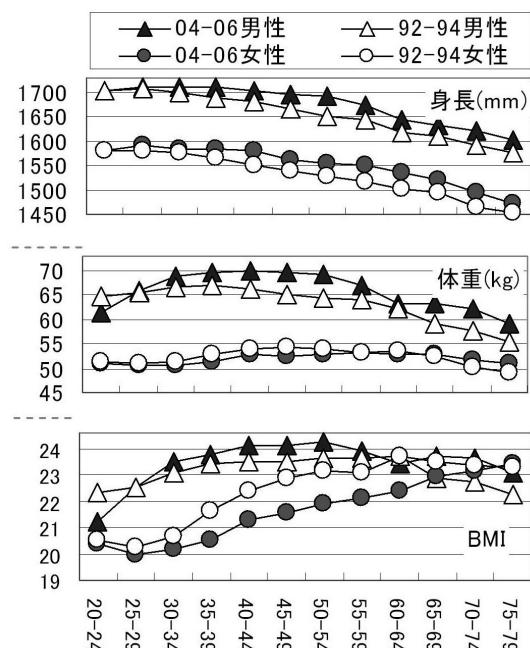


図2 人体計測データベース1992-1994と人体寸法データベース2004-2006の比較
(上) 身長、(中) 体重、(下) BMI

3. 子どもの身体寸法データベース

本データベースは、競輪の補助金を受けた(社)日本機械工業連合会委託事業「2005年度子どもの身体特性に基づく機械製品の安全対策設計指針に関する

調査研究」および「2006年度機械製品の安全性向上のための子どもの身体特性の計測手法の確立及びデータベースの構築」の計測結果を基に構築した。本データベースの概要を表2に示す。

表2 子どもの身体寸法データベースの概要

内容	寸法・体重・握力：42項目
人数	0～12歳の男女548人
計測期間	2005年11月～2007年3月
計測地域	東京、大阪、京都、福井

機械製品による子どもの事故を防ぐ観点から製品設計に必要な計測項目を選定し、マルチン式人体計測器（桿状計、滑動計、触角計）等を用いて計測した。特に、挟まれ、巻き込まれなどの事故防止設計に必要となる手指（爪部を含む）寸法については18項目の計測を行った。なお、計測時の安全性や効率性に配慮し、桿状計等の尖った部分には、フェルトでカバーをつけ、指部寸法を簡便に計測するためのゲージを開発するといった工夫を行った。

計測用着衣は特別に用意せず、できる限り下着姿で計測した。

年齢別計測人数を図3に示す。

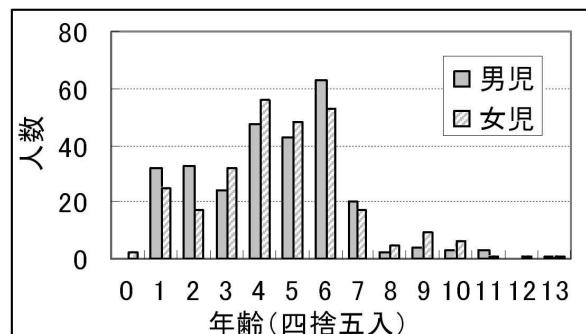


図3 年齢別計測人数

3.1 データの一例

データの一例として、年齢別身長・体重の平均値を図4に示す。

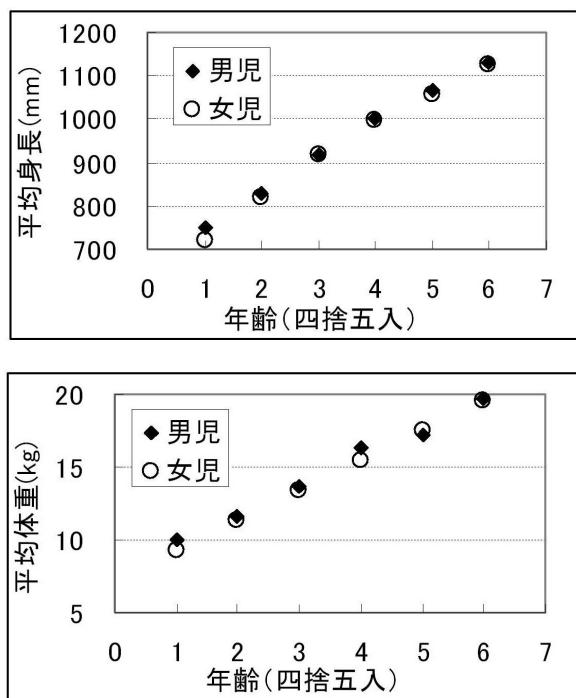


図4 年齢別身長・体重平均値

4. データベースの利用について

現在、HQLでは「日本人の人体寸法データベース2004-2006」の提供を有償で行っている。設計者が、自分でデータ解析を行いたい場合には「生データ」の利用をおすすめする。身長、チェスト囲、水平ウエスト囲等217箇所の寸法データから、要望に応じて、任意の部位、年齢、人数等を指定してデータを抽出することができる。また、HQLにてご希望の方でデータ解析を引き受けることも可能である（統計データ・相関データ・オリジナル解析）。

また、子どもの身体寸法データベースについてはHQLホームページ等で無償で公開している。

なお、今回紹介した最新の人体寸法データベースには残念ながら13歳～19歳のデータは含まれていないので、引き続き「日本人の人体計測データベース1992-1994」を参考にしていただきたい。

5. 終わりに

本稿では、HQLが提供している最新のデータベース「日本人の人体寸法データベース2004-2006」「子どもの身体寸法データベース」について紹介した。

寸法データを使って設計をしたいが、この製品にはどの部位のデータを使うとよいか、年齢範囲はどうしたらよいか、何人分のデータを使ったらよいか、自分たちで解析を行いたいが、どういう観点でやってみたらよいか、等、人体寸法データを使うにあたって分からぬ事があれば、ぜひ気軽に問い合わせていただきたい。

●参考文献

- (社) 人間生活工学研究センターホームページ：
<http://www.hql.jp>
- (社) 人間生活工学研究センター：平成18年度人間特性基盤整備事業成果報告書
- (社) 日本機械工業連合会、(社) 人間生活工学研究センター：平成17年度年度子どもの身体特性に基づく機械製品の安全対策設計指針に関する調査研究報告書
- (社) 日本機械工業連合会、(社) 人間生活工学研究センター：平成18年度機械製品の安全性向上のための子どもの身体特性の計測手法の確立及びデータベースの構築報告書
- 文部科学省2005年度体力・運動能力調査：
http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/001/index22.htm

評価グリッド法を用いた高齢者の自動車選定基準の分析

Analysis of vehicle selection criteria of older drivers
using evaluation grid method

福田 亮子*
Ryoko Fukuda

高齢社会において今後、高齢ドライバーへの配慮はますます重要となると考えられる。本研究では、高齢もしくはこれから高齢者となるドライバーが購買時に何を求めるのかを明らかとするため、評価グリッド法による分析を行った。その結果、従来重視されてきた乗り降りのしやすさにとどまらず、「安全」「快適」「安心」といった運転の本質に関わる部分を中心多角的に考慮する必要があることが示唆された。単純なインタビューやアンケートでは潜在している要求が得られにくい世代について、評価グリッド法により車に対するニーズの一端を明らかとし得たことは、本手法の有用性を示すものであると共に、今後の高齢ドライバーに配慮した車づくりに寄与するものと考える。

In aged society, consideration on older drivers will be more important. In order to clarify the needs of current and future older drivers at the point of purchase, evaluation grid method was applied. The results showed that ease of getting on and off a car should be considered and it was already pointed out for a long time. In addition, it was showed that safety, comfort, and confidence, which were related to fundamental aspects of driving, were also important for older drivers. Though normal interview or questionnaire was not powerful enough, evaluation grid method was able to show some aspects of the needs of older drivers. Therefore, this study showed the effectiveness of evaluation grid method to clarify needs of older users and the results can be applied for designing vehicles with consideration on older drivers.

1. はじめに

高齢化が進むとともに、高齢ドライバーの割合も年々増加している。それを背景に、近年のユニバーサルデザインの波は自動車業界にも広がり、「すべての人にやさしい」、もしくは「高齢者・障害者にもやさしい」をコンセプトとした車が増えてきている。今後、高齢ドライバーへの配慮はますます重要なことは想像に難くなく、そのニーズを購買者である高齢者の意見をもとに明らかしていくことはきわめて重要な課題である。

そこで本研究では高齢もしくはこれから高齢者となるドライバーが購買時に何を求めるのかを明らかとする手法として、評価グリッド法に着目し、この手法の有用性を検討すると同時に、調査範囲において明らかとすることを目的とした。

2. 方法

2.1 評価グリッド法とは

評価グリッド法とは、人間の評価判断の構造を明

らかにするインタビュー調査手法の一つである。人間の認知構造を下位の客観的かつ具体的な理解の単位から、中位の感覚的理解、上位の抽象的な価値判断に至る階層的な構造として定義し、その構成単位(評価項目)と構造(評価構造)を明らかにする。

評価グリッド法の最大の特徴は回答者に様々な刺激を提示し、これらを比較しどちらが好ましいかを判断させてからその評価判断の理由を尋ねることにより、評価判断の基準を回答者自身の言葉によって抽出する点にある¹⁾。何らかの評価判断基準を問う際、一般的には「あなたが○○を選び際の基準はですか」などと質問することが多いが、この形式では具体的な対象物を目の前にしているわけではないため答えが出てきにくい場合がある。それに対して評価グリッド法では具体的な対象物を自ら比較し、片方がもう片方よりも好ましいと考えた理由という形で評価判断基準を答えるため、回答しやすい。

もう一つの特徴として、回答者には回答に100%自由を確保しつつも、調査自体は一定の手順に従つ

* 慶應義塾大学 環境情報学部

て進められる点が挙げられる¹⁾。従来のインタビューの弱点として、得られるデータの量・質がインタビューの技量に大きく左右されることや、調査者(インタビュア)の主観の混入に対して無防備であること、調査結果が冗長でとりまとめが困難であることなどが挙げられているが²⁾、評価グリッド法はこれらの弱点を克服する方法であるといえる。

そこで本研究では、評価グリッド法を用い、高齢者が自動車を評価する際の基準を分析することとした。

2.2 調査者および回答者

調査者はシニアアルネサンス財団のシニアライフアドバイザ23名であった。調査者には予め評価グリッド法の講義ならびに実習を2回行い、確実にインタビューができるることを確認した。その後各調査者は任意の回答者を選んでインタビューを実施し、最終的に25名分のデータが収集された。回答者の内訳は男性18名、女性7名で年齢は50～72歳(平均63.9歳；59歳以下3名、60～64歳10名、65～69歳9名、70歳以上3名)であった。いずれも現在車を買い物や送り迎え、さらには遠出など日常的に使っているドライバーであった。

2.3 インタビューの際に用いた比較対象物

トヨタのプリウス(4ドアセダンのハイブリッドカー)、カローラアクシオ(4ドアセダン)、ラウム(ユニバーサルデザインコンセプトに基づくセミトールワゴン、パノラマオーブンドア装備)、ポルテ(フロア高が低く助手席側に大型の電動スライドドアを備えた3ドアトールワゴン)、ヴィッツ(ハッチバック型コンパクトカー)のカタログを比較対象に用いた。同一メーカーの車を選択したのは、どのような特徴を持つ車を選択するかを明らかにする上で、メーカーのブランドイメージの影響は排除する必要があったためである。カタログは比較の際のみならず、評価判断についてのインタビューを行っている間も参照できるようにした。

2.4 インタビュー手順

まず2.3に挙げた5車種のカタログを回答者に渡し、以下のような教示①を与えた。

教示①：「カタログを見て、これら5種類の車をあなたが好ましいと思う順番に並べてください」

回答者が並べ終えたら、最下位のものと下から2番目のもの、下から2番目のものと下から3番目の

ものというように、最も下位のものから上位のものまで、一方が他方に比べて好ましいと判断した理由(評価項目)を以下の教示②により聞いていった。さらに1位のものはそれよりも好ましいと思われる任意の車(ほとんどの場合は回答者自身が所有している車)と比較し、同様の手法でその判断理由を尋ねた。

教示②：「こちらの車(順位が高い方)はこちらの車(順位が低い方)よりも好ましいと判断されました。が、そう判断された理由をどんなことでも構ないので、思いつくまま、一つずつ順番にお知らせください。」

それぞれの組み合わせにおいては、上記の教示により評価項目を抽出した後、各評価項目について以下の教示③を与えた。

教示③：「○○(②で挙げられた判断理由)だと良いということでしたが、あなたにとって○○あることは、どんな良い点があるのですか。その理由をいくつでも一つずつ順番に教えてください」

すべての評価項目について以上の質問をした後、各評価項目について以下の教示④を与えた。

教示④：「○○(②で挙げられた判断理由)だと良いということでしたが、あなたは○○あるために具体的に何がどうなっていることが必要だとお考えですか。○○あるための条件をいくつでも、一つずつ順番に教えてください」

上記③④は②で抽出された評価項目から上位、下位の関連評価項目を引き出すラダリングという作業であるが、これをすべての組み合わせについて行った。その後、回答者の運転歴等に関する質問をしてインタビューを終了した。

3. 結果

インタビューデータをもとに評価構造図を作成したところ、自動車を評価する際の基準は非常に多岐にわたっており、各評価者が独自の視点を持っていることが明らかになった。図1に回答数が多かった(6回以上観測された)評価項目を抜粋し作成した評価構造図を示す。各項目の後の数字は回答数を表している。以下にこの評価構造を3つの階層に分け説明する。

3.1 上位概念

図1の左側に示された上位概念の階層は、車がその評価項目の下位概念を満たすことで得られるメリ

ットを表している。特にそれ以上のラダリングが行われなかつた評価項目に着目すると、「安全」「快適」「安心」という3つの評価項目は全体における出現頻度がそれぞれ1位、2位、3位ともっとも高かつたが、これらは車が満たすべき基本的、かつ最重要の条件であると捉えることができる。一方、「エ

ンジョイ」や、回答数が6より少なかつたため図1には示されていないが「行動範囲が広がる」などのように車を利用することによりもたらされる効果、もしくは「優越感」「差異化・個性的」「好み」「やさしい」など個人の一般的な価値観に関わるような車の付加価値と捉えられる項目も挙げられた。

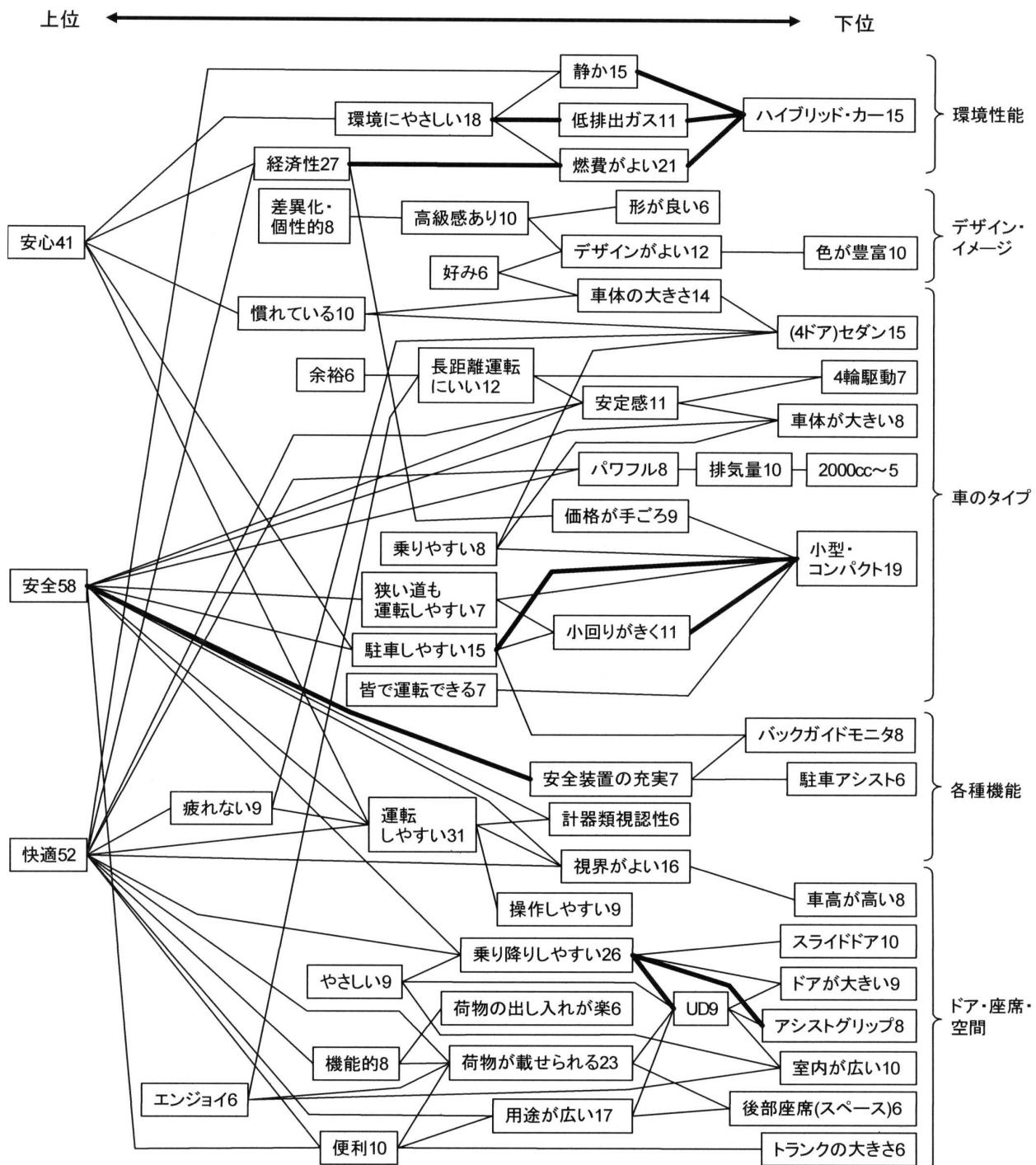


図1 評価構造図

3.2 中位概念

「運転しやすい」「乗り降りしやすい」などのように、自動車を利用する際の人間の行動面からの評価基準が上位概念の近くに位置した。そのうち最も回答数が多くかったのは「運転しやすい」という評価項目であった。「駐車しやすい」「狭い道でも走りやすい」「長距離運転にいい」など、特定の場面、それも通常走行よりも難しい条件での運転のしやすさについて評価する項目も多く見られた。また、「運転しやすい」に次いで多く回答があったのは「乗り降りしやすい」「荷物が載せられる」という項目であった。

中位概念の階層のうち下位概念に近いところに位置するのは、車の持つ属性や性能そのものを評価する項目であり、「静か」「デザインが良い」「パワフル」「小回りがきく」などが例として挙げられる。「環境にやさしい」「経済性(が高い)」などの評価項目もその一例であるが、これらは車を走らせることが環境もしくは自らの経済状態に及ぼす影響を評価した項目であり、やや趣が異なる。

当該階層に含まれる評価項目はいずれも自動車の利用に直接関係しているところにその特徴がある。

3.3 下位概念

図1の右側に示された下位概念の階層は車において実現されるべき具体的な要件を示している。車 자체が持つ特徴や機能など諸元表に記載されるようなこれらの項目は、車のタイプ、各種機能、ドア・座席・空間、環境性能、デザイン・イメージの5つに分類することができた。

車のタイプに関してはセダンに対する愛着が強く見られた。車の大きさは大きいものを見む人も小さいものを好む人も見られたが、大きいものに関しては排気量をその基準とする人があった。また、4輪駆動であるかどうかも評価項目として挙がっていた。

各種機能として挙げられた項目はエアバッグ等の安全予防システム、バックガイドモニタやインテリジェントパーキング等の駐車アシストシステム、レバーやエンジンスイッチ等の操作器、大きな窓や見やすい計器等、車外および車内の見やすさを確保するものなど多岐にわたっていたが、回答数が多くかったのはバックガイドモニタと駐車アシストシステムであった。

ドア・座席・空間に関しては、「ユニバーサルデザイン(UD)」という言葉をまず挙げる人が多く見ら

れた。その具体的な内容としてはスライドドア、大きなドア、アシストグリップなど乗り降りのしやすさに繋がる項目が多く挙げられていた。また、室内や後部座席、トランクなどの空間については、いずれも大きいものを評価する傾向が見られた。

環境性能に関しては「ハイブリッド・カーであること」という回答が多くあったが、これはすべてプリウスが他の車よりも好ましいと判断した理由として挙げられたものである。

デザインやイメージに関する評価は好みが大きく影響するためか、回答は分散する傾向にあった。図1には示されていないが、例えばデザインがいいことの具体的な条件として「丸みがある」と「流線型である」といういわば対極にあるような条件が挙げられていることや、回答数が1である項目が多いのは、個人差が大きいことの現れであるといえる。

なお、下位概念の評価項目は2車種を比較した際にまず挙げられることが多い、比較検討の際に直感的に基準とされる項目であるということができる。

「ハイブリッド」や「ユニバーサルデザイン」など、カタログでスペースを割いて説明されている項目を挙げるケースが多く見られた。しかし、回答数の多かった評価項目に下位概念が占める割合は少なかつた。

3.4 階層構造における評価項目のつながり

「安全」「快適」「安心」の3つの基本条件を軸に評価項目間のつながりを見ていくと、安全であるということは主に運転のしやすさ(さまざまな場面での運転のしやすさを含む)や乗り降りのしやすさ、視界の良さや計器類の見やすさなど人間と車との関わりがうまくいっていることに、安全装置の充実や安定感など車そのものの性能が加わることで保障されると考えられていることがわかる。快適であるということは安全性に比べて多面的であり、運転のしやすさや乗り降りのしやすさ、静かさ、視界の良さとのつながりは乗車中の乗員自身の身体もしくは感覚器官にとっての快適さを、機能性、便利さ、荷物の載せやすさ、用途の広さとのつながりは利便性が高いという意味での快適さを、経済性とのつながりは精神的ストレスが少ない(かかる費用のことを心配することなく車を利用できる)という意味での快適さであると解釈できる。安心であるということは、運転しやすい、駐車しやすい、慣れている、経済性、

環境にやさしいなどの項目とつながりが見られた。駐車を含む運転のしやすさは運転行為における安心感につながると解釈されるが、「慣れていること」は「運転になじんでいる」という表現もされており慣れによる運転のしやすさを暗示していることから、やはり運転行為における安心感につながるということができる。一方、経済性や環境にやさしいといった評価項目は、車の運転による負の影響が少ないということに対する安心感につながると解釈される。

中位概念と下位概念のつながりにおいては、セダンであること、小型・コンパクトであることという下位の評価項目がそれ多くの中位概念と結びついていたのが特筆に値する。これはそれぞれのタイプの車の特長が多面的であることを表している。それ以外の下位項目に関しては、單一の中位概念にのみ結びついている場合が少なくなかった。

4. 考察

以下に評価構造図から読み取れる事柄をまとめる。

4.1 評価において優先される事項

出現頻度の最も高い評価語は車が最低限満たすべきもっとも基本的な条件である「安全」「快適」「安心」の3つの上位概念であった。それ以外に挙がっていた車の付加価値を表す上位概念項目は、上記の基本的な条件に比べて出現頻度が圧倒的に低く、優先順位も低いといえる。中位概念についても運転に関わる行動のしやすさを評価する項目の出現頻度が高く車の持つ諸特徴そのものを評価するような項目の出現頻度は低かったことから、やはり運転の本質に関わるような評価項目が重視されていることが示唆される。

車の諸元に相当する下位概念の評価項目は2車種の比較の際に最初に挙げられることが多いが、人間の価値判断がより深くかかわる上位概念の評価項目よりも数が少なかったうえ、1名しか挙げていない項目が多いなど回答頻度も全般的に低かった。すなわち、実際には同じ価値判断をしている場合でも、それを満足させる具体的な条件として考えられていることは必ずしも個人間で一致していないということが示唆された。3.3に示したグループのうち各種機能とデザイン・イメージについては、その傾向が特に強く見られた。

挙げられた評価項目の数ならびに各項目の出現回

数の合計については車のタイプと各種機能、ドア・座席・空間が8割前後を占めており、デザイン・イメージと環境性能が占める割合は少なかった。車のタイプや各種機能、ドア・座席・空間に関する評価基準は最終的に車の満たすべき基本条件につながる場合が多く、下位概念においても運転の本質に関わりのある評価項目が重視されていることが明らかになった。

上記より、「安全」「快適」「安心」という車の満たすべき基本的な条件を運転の本質に関わる部分で実現している車が好まれており、付加的機能の優先度は低いということが示された。

4.2 想定する使用場面の多様性

評価構造図を詳細に検討すると、評価者が多様な使用場面を想定しているという特徴が浮かび上がった。乗員に関しては図1で示された「皆で運転できる」という評価項目のように対象を幅広く設定しているものだけでなく、「孫」から「祖父母」に至るまでさまざまな年代を対象とした項目が見受けられた。ただし「シニア／高齢者向け」という言葉を使ったものはごくわずかであった。

使用する場所に関しては都市部の狭い道から高速道路、山道、雪道まで幅広く想定している様子がうかがえた。使用目的についても買い物、送迎、仕事等の日常的な活動から旅行のような非日常的な活動までと多岐にわたる。定年退職して時間ができたのでドライブを楽しみたいという回答者は多く、そのために近所に行く「足」としてだけでなく、長距離ドライブを実現させる手段としても捉えられているものと思われる。

さらに、評価項目には時間軸における広がりも認められた。将来介護が必要となったときなど、将来も視野に入れたうえで評価項目を挙げる回答者が見受けられた。

上記より、今回のインタビューに応じた高齢者は多様な乗員、場所、目的に応じられる車を求めていることがうかがえる。

4.3 「高齢者向け」乗用車のあるべき姿

いわゆる福祉車両を別として、高齢者にも配慮した車の例はユニバーサルデザインの考え方に基づいたものであろう。「誰にでも使いやすい」というコンセプトは高齢者もユーザとして含まれていることを意味する。その一例が今回の調査でも対象となっ

たトヨタのラウムであるが、パンフレットには「乗降」「空間」「快適」「運転」「安全」「環境」という6つのキーワードが挙げられている。

今回の調査でも、確かに乗り降りのしやすさは高齢者が車を評価する際の1つの基準であることが示されたが、それ以外にも運転のしやすさや荷物の載せやすさなどが重要な評価基準として挙がっていた。

また、高齢者が車を選ぶ際の重要なキーワードの1つとして「慣れ」が挙げられる。これまで乗っていた車と似ている、もしくは同じで「慣れて」いるので運転しやすい、安心できる、などの評価構造が見られたことは、高齢者の学習に関する機能と関わりがあり大変興味深い。一般に高齢になるほど新しい物事を学習するのに時間がかかるようになるため、たとえ使いづらても慣れ親しんだものの方を好む高齢者は多い。運転を助ける様々な機能が搭載された車や、運転のしやすさに配慮したこれまでとは違う形の車（特にボックス型など）が次々と世に送り出されているが、それらがこれまで乗ってきた車とあまりにも違うと、その違いを乗り越えるのが困難となる可能性は十分ある。また、これまでに乗ってきた車に対する信頼が高い場合はよけい新しいものに乗り換えることの必要性を感じられなくなってしまう。本来なら高齢者の運転を楽にするはずの配慮も、その斬新さゆえにターゲットである高齢者に伝わらなければ無駄になってしまふ。今までのものにできるだけ近い形で新しい機能を提供できるような工夫が必要であろう。

5. 結論

評価グリッド法を用い、高齢者が自動車を選択する場合の評価基準について分析した。その結果、自動車づくりにおける高齢者への配慮は、従来重視されてきた乗り降りのしやすさにとどまらず、「安全」「快適」「安心」といった運転の本質に関わる部分を中心に多角的に行う必要があることが示唆された。

高齢者は生きてきた時間が長い分人生経験もさまざまであり、若い世代に比べて生体機能の面でもニーズの面でも個人差が大きいことから、今回の調査結果が高齢者もしくは高齢者となる世代を代表するものであると位置づけることはできない。しかし、単純なインタビューやアンケートでは潜在している要求が得られにくい世代について評価グリッド法に

よりその一端を明らかとし得たことは、今後の高齢ドライバーに配慮した車づくりに寄与するものと考える。

謝辞

本研究は(財)シニアルネサンス財団の全面的なご協力をいただきて行われた。ここに感謝申し上げる。

●参考文献

- 1) 讃井純一郎, 丸山玄:評価グリッド法, 日本建築学会(編), よりよい環境創造のための環境心理調査手法入門, 57-64, 技報堂出版, 東京, 2000.
- 2) 讃井純一郎: 商品企画のためのインタビュー調査: 従来型 インタビュー調査と評価グリッド法の現状と課題, 品質, 33(3), 281-288, 2003.

連絡先

慶應義塾大学 環境情報学部 福田亮子
〒252-8520 神奈川県藤沢市遠藤5322
Tel : 0466-49-3525
E-Mail : ryoko@sfc.keio.ac.jp

姿勢調節障害のリハビリテーション装置の開発 —実証試験方法確立のための予備的検討—

Development of Rehabilitation System for Patient with Postural Control Disorder
- Preliminary Study about Experimental Method for Availability of the System -

長瀬 浩明^{*1}、相澤 淳平^{*1}、林 良一^{*2}、大原 慎司^{*3}

Hiroaki NAGASE, Junpei AIZAWA, Ryoichi HAYASHI, Shinji OHARA

パーキンソン病（PD）などの姿勢調節障害の治療や訓練を支援するために、患者に座位でプラットフォーム（座面）を周期的に振動させて外乱刺激を与え、これによりバランス反応などの運動制御機能の応答を誘発するという仮説に基づき開発している椅子型のリハビリテーション装置の有効性を評価する実証試験方法を検討した。はじめに、偏心円運動と直線運動を座面に発生させるプラットフォームの動作部を開発し、これを組み込んだ実験装置を試作した。そして、PD患者と健常者を対象に、座面の運動に対する姿勢調節の反応について体幹胸部の加速度を計測して調べた。その結果、健常者では座面の動きに対し体幹を逆位相に保ち振動を吸収する様子が認められた。一方、PD患者では座面の動きに対して体幹がほぼ同位相で、かつ座面の振動よりも大きく動搖してしまう傾向が認められた。また、円運動の前後に試行した左右直線運動中の姿勢調節の反応をビデオに記録し動作解析した結果、円運動前の直線運動中で確認された“Pisa徵候”によると思われる体幹保持角度の傾きが円運動後の直線運動中では僅かに減少した。

In order to support the rehabilitation of postural control disorders such as Parkinson's disease (PD), novel rehabilitation equipment has developed, based on the hypothesis that sinusoidal oscillation (liner and rotary motion) of a platform (seat) in the horizontal plane induces response of the patient's postural control. Then, we examined the evaluation method for the availability of this rehabilitation equipment. First, a drive unit of the platform used as the core of this system which could generate sinusoidal oscillation in its platform was developed, and an experimental system incorporating it was built. In this experiment, we compared PD patients with normal subjects. The motion of the trunk of the subject sitting on the equipment platform, subjected to sinusoidal oscillation, was measured by an accelerometer. Result, we found that normal subjects could absorb a perturbation of the trunk by keeping it in antiphase to the platform motion actively. In PD patients, the tendencies which the trunk motions to become larger than platform motion at in-phase were found. Moreover, we analyzed the postural reflex of PD patients under right-and-left liner motion tried before and after rotary motion using video tracking method. Consequently, the inclination of the trunk of “Pisa sign” which had appeared in the liner motion before rotary motion decreased slightly in the liner motion after rotary motion.

1. はじめに

パーキンソン病（以下、PDと略）はアルツハイマー病について患者数が多い慢性進行性の神経変性疾患で、日本では人口10万人当たり約50～100人、全国で約10万人の患者がいると推定されている。高齢化の進行に伴いPD患者数は増加傾向にある。その症状は、安静時に手などが震える振戦（4～6 Hz）をはじめ、寡動・無動、筋固縮、姿勢調節障害などを特徴とする。また、パーキンソン病と類似の症状を呈する他の疾患もあり、これらは総称してパーキンソン症候群（パーキンソニズム）と呼ばれている^{1～4)}。

PDの根治療法は今のところ確立されておらず、症状を一時的に緩和したり悪化を防いだりするためには、専ら薬物療法とリハビリテーションによる運動療法が処方されている。薬物療法は病初期には症状の改善にしばしば劇的な効果があるが、病気の進行とともに薬でのコントロールが困難になってくると運動療法を行うことになる。運動療法は、医師や理学療法士による徒手的な治療や指導を中心である。ところが、患者が増える一方で理学療法士などの医療従事者が絶対的に不足しているため、スタッフの負担が増大するばかりか、患者への医療サービスの

*1 長野県工業技術総合センター、 *2 市立岡谷病院、 *3 国立病院機構中信松本病院

質的な低下を招く要因にもなっている。このような問題点を改善するためにも、新たなリハビリテーション支援装置の開発が急務となっている。

PDの姿勢調節障害の特徴の一つに“Pisa徵候”がある。Parkinsonの著書An Essay on the Shaking Palsy⁵⁾に体幹が左右どちらか一側に傾く現象として記載されている。また、Shumway-Cookらは姿勢調節障害の先行研究を論説した著書⁶⁾の中で、PD患者の姿勢調節の異常性は、筋の複雑な同時収縮活動によるものとしている。バランスが崩れるような外乱刺激を受けた際に、体幹筋の前面と後面にある筋が同時に複雑に収縮することにより、結果的に体幹が硬く緊張し、運動課題に対する柔軟性や適応性が喪失して制御できなくなる。

そこで、我々はPD患者に認められる座位で体幹が徐々に斜めに傾く現象のPisa徵候に着目し、座位で座面（プラットフォーム）を振動させて周期的な外乱刺激を与えることにより、身体からの応答を誘発してPisa徵候などの姿勢調節障害の治療を支援するという、新しい視点に立ったリハビリテーション装置の研究開発に着手した。本稿では、当該装置の開発過程で行った装置の有効性に関する実証試験方法の予備的な検討を行ったので報告する。

2. 開発の概要と課題

我々は基礎的な研究として、これまでに(株)カルチアマシーンが試験的に製造販売している椅子型の健康器具「らっくいす[®]」（図1）を用い、2名のPD患者の同意を得て座面の偏心円運動刺激の長期的な効果を検証した。同器具の座面を任意の速度で左右どちらかに偏心円運動させることにより、この上で座位をとる患者は姿勢を保持するためにバランス運動を行うことになる。被験者の一人は2ヶ月間、もう一人は約1年間、毎日30分程度（午前午後15分ずつ）同器具を在宅にて試用した。試用を開始する前と2ヶ月後及び1年後に、重心動描計を用いてPisa徵候の症状を検査した結果、安静座位2分間の重心動描跡の総軌跡長が試用開始前に比べ2ヶ月後及び1年後に2名とも減少した^{7~9)}。

しかしながら、このような長期的な実験による事例だけでは、装置の効果を言及することは困難であ

る。パーキンソン病の場合に、重心動描跡の総軌跡長が減少したからといって、装置の効果を証明できるものではない。また、在宅での試用には管理上の問題もあり、Pisa徵候の症状改善が装置の効果によるものか否かを特定するのには限界がある。さらに、長期的に多数の検証を続ける必要があるが、そのためには多くの時間と費用が必要になる。

そこで、我々は当該装置の効果を短期的に実証する試験方法を確立するため、プラットフォームの運動の軌跡を円運動の他に単振動にも制御できる駆動装置を新たに開発するとともに、これを組み込んだ実験装置を製作した。そして、予備的な実験を通じて運動刺激に対するPD患者のダイナミックな姿勢調節の特徴を把握するとともに短期的に装置の効果を評価する方法について検討した。



図1 らっくいす[®]

2.1 実験装置の概要

本実験装置は従来の偏心運動機構を2段に重ねた構造で、上下のユニットを別々に制御することにより、円運動をはじめとする各種運動を生成することができる。機能としては円運動の周期・半径を任意に設定できるほか、円運動以外にも直線運動や動的に軌跡が変化する運動など、2種類の偏心円運動の組み合わせからなる様々な運動パターンを生成することが可能となる。

なお、本装置の運動パターンの検討に際して、2基のユニットの制御パラメータを入力すると運動パターンを描画することができる運動シミュレーションプログラムを作成した。参考まで運動の軌跡を描

画したサンプル画像を図2に示す。

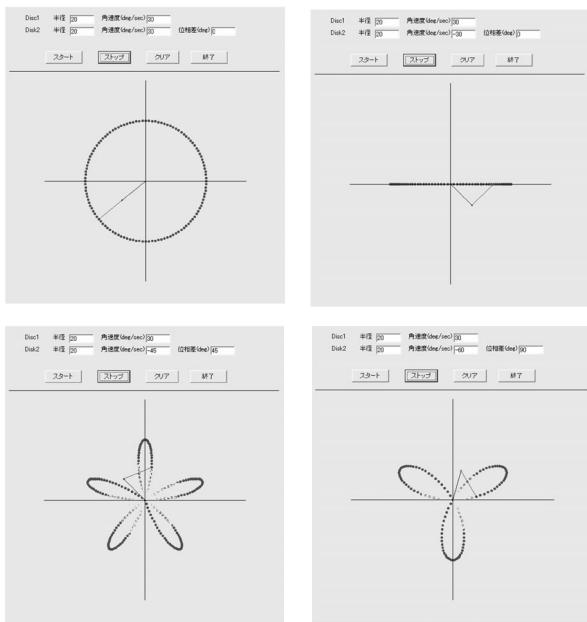


図2 計算機シミュレーションによる座面運動の軌跡パターンサンプル

2.2 構造と機能

図3に実験装置の外観を、図4に座面駆動部の構造を示す。本体は上下に偏心回転ユニットを2つ重ねた構造からなり、それぞれはサーボモータによって駆動する。ユニットは8個の鉄球が所定の位置に埋め込まれており、これがベアリングの役目を果たしている。各ユニットの回転半径は20mmである。2段のユニットの位相と角速度を制御することにより座面が結合する本ユニットの上面に、先の図2に示すような様々な軌跡の運動を生成することができる。これにより、円運動については最大で半径40mmまで任意に設定することが可能となっている。なお、各種運動の設定は制御盤上の操作パネルで行い、主な運動については予め設定したパターンから軌跡と振動数を選択して実行する。



図3 実験装置の外観

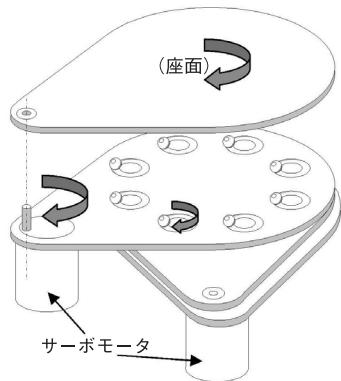


図4 座面駆動部の構造

3. 実証試験方法の検討

3.1 実験方法

製作した実験装置を用い、パーキンソン病患者5名（平均 69.4 ± 6.1 歳）と健常者5名（平均 33.4 ± 1.5 歳）を対象に運動中の身体動揺・姿勢を計測した。座面には、表1に示す手順で左右の直線運動（単振動）と円運動を発生させ、運動周期による変化を調べるため、各運動パターンにつき60秒ごとに振動数を増加（0.33Hzから1Hzまで5段階）させて計測した。なお、PD患者に対しては1Hzの振動数が危険であると判断したため、上限を0.83Hzまでとした。運動パターンを変えて試行する際には、必ず5分間程度の十分な休息時間をとった。円運動の偏心量は20mm、直線運動の移動量は40mmとした。なお、前後の直線運動パターンについて予備的に実験を行った結果、試行開始から徐々に上体が前屈みになる傾向がPD患者でみられたため、安全性と患者への負担を考慮し、本実験では前後の直線運動の試行は行わなかった。

被験者には事前に担当医師がインフォームドコンセントを行い、実験に際しては神経内科の医師の立ち会いのもとで実施した。

表1 実験手順（運動パターン）

	軌跡	方向	振動数
1	直線運動（単振動）	左右	0.33→0.5→0.67→0.83
2	円運動	時計回り	→1Hzの5段階で各1分
3	円運動	反時計回り	間（PD患者は0.83Hzまで）
4	直線運動（単振動）	左右	まで

3.1.1 体幹動揺の計測

座面の運動刺激に対するPD患者と健常者の座姿勢調節特性の違いを比較するために、加速度センサを用いて被験者の身体動揺を計測した。図5に示すように、座面と被験者の胸骨上端部に小型の加速度センサを取り付け、左右方向の加速度を計測した。サンプリング周波数は100Hzである。計測結果は市販の波形データ処理ソフト（キッセイコムテック社製BIMTUS II[®]）により解析を行った。

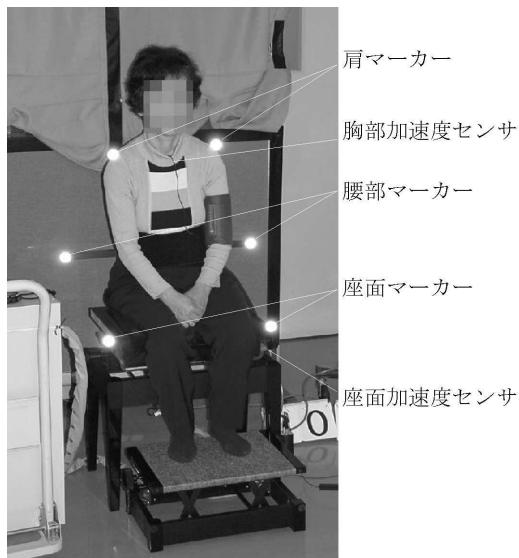


図5 実験の様子

3.1.2 加速度の解析方法

座面・胸部の加速度の計測例を図6に示す。座面の振動数の増加に伴い胸部の加速度の振幅も増加している。加速度の値から座面の振動に対する体幹の動揺の特徴を調べるために、振動数切り替え時の不安定なデータを除き、動作が安定した時間帯の50秒間の1階積分値（速度に相当する量）により定量化した。また振動数の区間にごとに座面と胸部それぞれの左右方向の加速度成分の相互相関係数を算出し、これが最大値となる時間のずれを座面に対する胸部の「遅れ時間」と定義した。

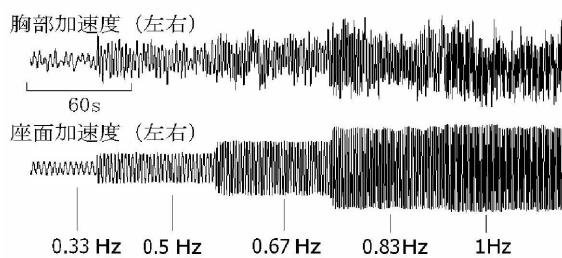


図6 加速度の計測例（健常者、左右直線運動時）

3.1.3 姿勢の計測

運動中の被験者の姿勢変化を調べるために、図5に示すとおり、被験者の肩・腰と座面の計6ヶ所に反射マーカーを取付け、ビデオカメラにより前額面の映像を撮影した。そして、撮影画像を30Hzでキャプチャリングした後、ビデオ動作解析ソフト（ライブライヤー社製Move-tr/2D[®]）を用いて各マーカーの2次元座標の変位を求め、水平軸を基準に両肩のマーカーの位置から肩の角度、腰に取り付けた左右のマーカーの位置から腰の角度を算出した。

角度の変位は正弦波形を示すことから、振動数ごとに姿勢が安定する50秒間の角度の変位を抽出し、その平均値を求めて基線となる角度の値を体幹各部位の傾きと定義した。

3.2 実験結果

3.2.1 加速度積分値の比較

図7に左右の直線運動について、被験者10名分の座面と胸部の加速度積分値（1階積分）の分布を示す（被験者ごとに0.83Hzの値で正規化）。PD患者と健常者で分布に差が認められ、健常者では胸部の加速度積分値（速度に相当する量）が小さく、特に座面の振動数が大きい場合に座面に対する胸部の値は相対的に小さく（座面比0.5～1）なった。これに対しPD患者では常に胸部の加速度積分値の方が座面の値より大きくなかった。

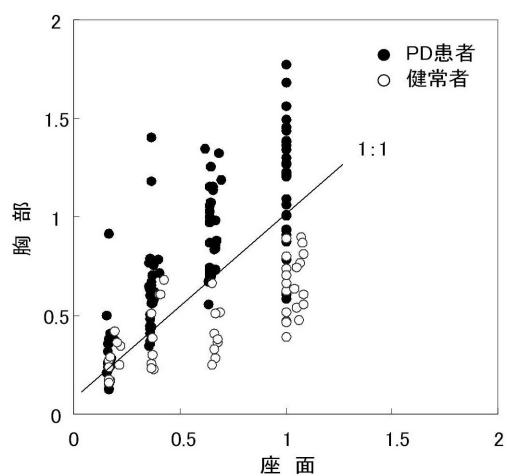


図7 座面と胸部の加速度積分値比
(被験者ごとに0.83Hzの値で正規化)

3.2.2 体幹動揺の位相遅れ

図8に左右の直線運動について、座面に対する胸部の振動の遅れ時間を条件ごとに周期で正規化した比を示す。健常者では特に振動数が高い0.83Hz以上

のほぼ全ての計測例で $1/2$ 周期に近い値となった。これに対しPD患者では全体的に位相の遅れは小さく($1/4$ 周期以下)、振動数が大きくなるにつれて遅れ時間が増加する傾向が見られた。なお、 0.67Hz と 0.83Hz において、PD患者の遅れ時間は健常者と比較して有意に低かった。

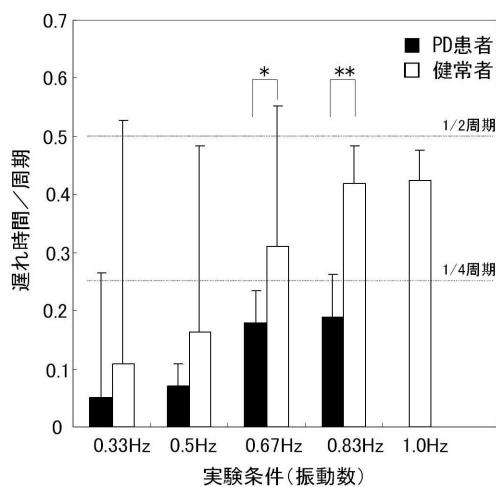


図8 条件ごとの周期に対する遅れ時間の比
(*p<0.05, **p<0.001)

3.2.3 円運動前後のPD患者の姿勢変化

円運動がPD患者の姿勢に与える影響を調べるために、円運動を行う前後（運動パターン1と4）で、左右単振動中の肩と腰の傾きの平均値を比較する。図9に示すとおり全ての患者で円運動後には傾きが肩、腰とも水平（0度）に近づいた。

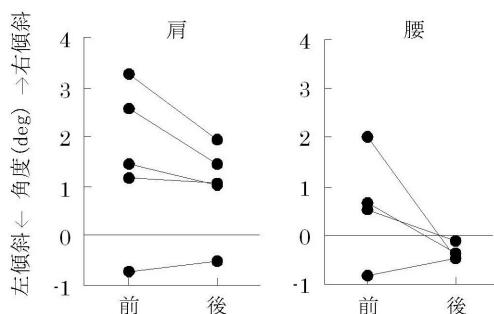


図9 円運動前後の直線運動中の肩・腰の傾斜角の比較
(PD患者5名)

3.3 考察

PD患者に認められる体幹が左右どちらかに傾く現象の病態生理は未だ明らかになっていない。しかしながら、筋電図を用いた先行研究により、PD患者の運動戦略の特徴が徐々に明らかになってきていく

る。立位でバランスが崩れるような外乱刺激を受けた際の下肢筋と体幹筋の筋電図を分析し、体幹筋の前面と後面にある筋が同時かつ複雑に収縮する現象を認めている⁶⁾。この体幹筋の前面と後面にある筋の同時かつ複雑な収縮活動が体幹の緊張と運動課題に対する柔軟性や適応性の喪失を招くと考えられている。本研究では、座面を介して与えられた運動刺激に対するPD患者の姿勢制御の特徴について、加速度を計測することにより明らかにしようと試みた。そして加速度の解析結果から、運動課題に対する適応性の喪失によるものと思われる現象が確認されたので以下に論じる。

健常者では座面の振動数が高くなると相対的に座面よりも胸部の加速度積分値が減少するとともに、胸部が座面に対してほぼ逆位相（ $1/2$ 周期）で運動する傾向がある。一方、PD患者では全ての振動数の条件において座面よりも胸部の加速度積分値が大きく、また座面に対して胸部がやや遅れながらもほぼ同位相（ $1/4$ 周期以下）で運動する様子が認められた。このことから、座面から入力される振動に対し、健常者は体幹上部をこれと逆位相に保つことにより座面の加速度を吸収していると推察されるが、PD患者では座面と同位相のまま体幹が動搖してしまうために、体幹上部の加速度が増幅されたと考えられる。すなわち、健常者が体幹の揺れをコントロールできるのに対し、PD患者は体幹の筋緊張のアンバランスにより、座面の揺れに適応できないものと推察される。座面から振動を入力した場合の身体動搖の加速度積分値の大きさと位相差により、少なくともPD患者と健常者を区別できる可能性があることが示唆された。

また、ビデオを用いた2次元（前額面）での動作解析により、PD患者で円運動刺激を付与する前の体幹の傾きに比べ円運動後には左右の直線運動中に体幹がより垂直に近い状態で保持される傾向が認められた。このことは、円運動前の直線運動中でも左または右のどちらかにPisa徵候が確認されたのに対し、円運動後の直線運動中では体幹を垂直に保持しようとする姿勢調節のような現象が現れた可能性がある。ただし、今回の実験方法では、試行間隔を5分程度とっているとはいえ、直線運動中の体幹保持角度の変化が円運動刺激によるものか、または直線運動刺激自体によるものか特定し難いため、実験方

法を更に見直す必要がある。

なお、偏心回転ユニットの振動数の仕様に関しては、健常者における胸部の位相遅れの変化（逆位相が現れる）、PD被験者の対応状況（対応できる上限）を考慮すると、0.4～0.8Hz付近を主な使用領域に設定し、必要に応じて上限を1Hz程度までとする設定範囲が望ましいと考えられる。

4.まとめ

開発しているリハビリテーション装置の実証試験方法を確立するために、新たに製作した実験装置を用いて、外乱刺激に対するPD患者の姿勢調節の特性やリハビリテーション装置の短期的効果の判定方法について予備的な検討を行った。

実験装置を用いて外乱刺激を与え、座面（プラットフォーム）とこの上で座位をとる被験者の胸部の加速度を計測した。そして、座面と胸部の加速度の1階積分値と位相差を分析した結果、健常者とPD患者の体幹動搖の違いや特徴が明らかになった。また、円運動前後で左右の単振動刺激に対するPD患者の体幹の傾きの変化がビデオの2次元画像解析から認められた。しかし、円運動の外乱刺激の有効性を実証するためには実験方法を見直す必要があり、今後の課題として引き続き研究を進める予定である。

謝辞

本研究の推進にあたり、多大なるご支援・ご協力いただいた株式会社カルチアマシンの有賀光治様と元タカノ株式会社の下平智弘様、さらには実験にご協力いただいた被験者の皆様に、心から感謝申し上げたい。

●参考文献

- 1) 中馬孝容、眞野行生：リハビリテーションの効果パーキンソン病、総合リハビリテーション、28-9、805-810、2000
- 2) 長岡正範：パーキンソン病、総合リハビリテーション、29-2、135-142、2001
- 3) 福永秀敏：パーキンソン病などの神経筋疾患、総合リハビリテーション、29-8、715-718、2001
- 4) 山永裕明、野尻晋一、中西亮二：在宅リハビリテーションの実際 パーキンソン病、総合リハビリテーション、29-11、1021-1027、2001
- 5) Parkinson J : An Essey on the shaking palsy. London : Sharwood, Neely, and Jones ; 1987
- 6) Shumway-Cook A, Woollacott M : Motor Control : Theory and Practical Applications, Lippincott Williams & Wilkins, 1995
- 7) 長瀬浩明、相澤淳平、有賀光治、大原慎司、林田研介、渡會恵、林良一：パーキンソン症候群の新たな治療・訓練装置の開発に関する研究、長野県情報技術試験場研究報告、No.20, 55-56, 2004
- 8) 林田研介、渡會恵、大原慎司、林良一、長瀬浩明、相澤淳平：傍脊柱筋のリハビリが姿勢障害の改善に有効と考えられたパーキンソン病の一例、臨床神経学、44, 559, 2004
- 9) 林田研介、長瀬浩明、林良一、相澤淳平、大原慎司：Parkinson病患者の“Pisa徵候”に対する運動療法、神経内科。63-1, 102-105, 2005

連絡先

長野県工業技術総合センター
情報技術部門 人間生活科学部
〒399-0006 長野県松本市野溝西1-7-7
TEL : 0263-25-0981
FAX : 0263-26-5350
<http://www.nagano-it.go.jp/index.html>

人間の心理特性の観点からデザインを考える（3）

書体デザインの改善への貢献—その2

日比野 治雄 (ひびの はるお)

千葉大学大学院 工学研究科 デザイン科学専攻 教授

東京大学文学部心理学科卒。カナダ国ヨーク大学大学院博士課程修了（Ph.D.：実験心理学専攻）。千葉大学教養部講師、助教授、工学部助教授を経て2000年より現職。大学院工学研究科デザイン科学専攻副コース長。日本心理学会、日本デザイン学会、日本色彩学会、日本基礎心理学会、照明学会、日本アニメーション学会、日本視覚学会などに所属。原子力安全システム研究所 色彩に関するワークショップ委員、（財）製品安全協会 子供用電気製品の安全性に関する調査研究委員会（経済産業省からの業務委託）委員および小委員会委員長、（社）日本心理学会認定心理士資格認定委員会委員などを歴任。専門：デザイン心理学

1. はじめに

前回の講座では、当デザイン心理学研究室が株式会社リムコーポレーションと共同で行った新書体デザイン開発（Uni-TypeTMという）に関するプロジェクトについて、その概要を記述した。今回は、その内容について、基礎的な考え方から実験的な枠組みまで、具体的に示してみよう¹⁾。

ただ、学術論文と同様な記述をしても面白くないので、本講座では、そのような紙面では記述しない（できない）研究計画の裏事情などについて記すことにしよう。

2. 可読性・識別性とは

前回から、特に断ることなく「可読性」と「識別性」という語を使っているが、今後の議論の展開を明確にするため、最初にこれらの語について定義しておこう。

一般的に、「可読性」は、文章の読みやすさや理解しやすさを示す語として使われることが多い。コンピュータ言語のプログラミングにおいて、「可読性の高い記述」などという表現がなされるのも、そのような意味からである。しかし、本稿では、もう少し限定的な意味で、この「可読性」を捉えることにする。すなわち、文章の中で、その文字が読めることと定義する。換言すれば、「可読性」は、文章の中にある特定の文字が読めるか否かを示す概念であると考えるわけである。したがって、「可読性」にはその文字が出現する文脈が影響を及ぼす。たとえば、観察距離が長い場合には、単独で提示された文字が「は」か「ば」か判然としないことはあった

としても、「皆さん、こんにちは！」という文として提示されれば、「こんにちは」の「は」を「ば」と迷うことはほとんどない。これは、後者の「は」を判断する場合には、文脈の効果が影響するためである。

一方、「識別性」であるが、こちらは通常の定義と変わらない。すなわち、その文字を正確にその文字として特定できるか否かを示す概念として捉えるのである。この「識別性」は、文脈の影響のない場面で対象を特定できる能力を示すものであり、その意味では、人間の視覚系の解像力を直接反映した特性であるといえよう。上記の例でいえば、単独で「は」という文字が提示された場合に、それを明確に（すなわち、「ば」や「ぱ」と迷うことなく）「は」と識別できる能力のことである。

以上から、「可読性」と「識別性」を区別するのは、文脈の効果の有無であることがわかるであろう。逆に、ある文字が単独で提示された場合の「可読性」が「識別性」であるともいえるのである。このように考えると、書体の機能的側面を直接評価する場合には、「可読性」よりも、文脈に影響を受けない「識別性」を扱う方が適切であることが理解できるであろう。そこで、以下の議論では「可読性」は棚上げし、「識別性」についてのみ考えることにする。

3. 書体の特殊性

本プロジェクトでは、「書体」を対象として実験的検証を行ったわけであるが、その「書体」を扱う場合に注意しなければならなかった点について、次に記述してみよう。

当然のことであるが、書体とは文字の形をデザインしたものである。そのため、一言で書体といつても、その種類は文字の数だけ存在することになる。つまり、一つの書体の中にも、形態的に単純なものから複雑なものまでさまざまなものがあるわけである。さらに、書体の文字の大きさは、一般的にもよく知られているように、「ポイント」(pt)という単位で表される。そのため、書体の識別性を評価する場合には、同じポイントを構成する文字全体を対象とすることになる。したがって、書体の識別性について検討する場合には、そのような点を十分考慮しなければならない。

この点について、具体的に説明しよう。ある一定の距離から文字を読むことを想定してみよう。提示する文字は、同じポイントの漢字の「一（いち）」と「鷹（たか）」であるとする。その場合、提示する文字のポイントによっては、形の単純な「一」は識別できても、形の複雑な「鷹」は識別できないこともあります。つまり、書体の場合には、同一ポイントの文字でも、その形態の複雑さ（単純さ）によって、識別できる場合と識別できないという事態が生ずるわけである。これは、書体の識別閾（対象を識別できる場合とできない場合の境目のこと）を測定する際には大きな問題となる。書体においては、同一ポイントの文字を一つのグループとして考えるのが自然であるので、これは書体の重要な特性の一つである識別性が、その文字の種類によって異なってしまうことを意味するからである。たとえば、「一」の識別閾は4 ptであるが、「鷹」の識別閾は6 ptであるなどということになり、提示する文字の種類によって、ポイントで表される閾値が変化してしまう可能性がある²⁾。

しかし、本プロジェクトでは、非漢字の新書体（最終的に決定したデザインではなく、暫定的な初期のデザイン案であるため、ここではあえてUni-TypeTMとは記していない）のみ（主として「ひらがな」）を扱った³⁾ので、この点もさほど問題とはならなかった。ひらがなの場合には、漢字ほど形態の複雑な文字はないので、すべての文字を同等なものと見なしたからである。この点については、もう少し説明の必要があるが、何を明らかにしたかったのかとい

う本プロジェクトの目的とも密接に関連しているので、次にその点について記述しよう。

4. プロジェクト進行の実際

本プロジェクトの目的は極めて明確であった。前回の講座で記したように（前回の図1も参照）、第一の目的は、新書体の第1デザイン案に対して実験的に問題点を指摘することであった。ただ、その際、字母デザインを担当した宮崎紀郎前教授の設定した新書体のデザインコンセプト（これも前回の講座を参照）自体には何も問題はないと考えたので、検討を加えたのは新書体の機能的側面である識別性についてである。つまり、「新書体の識別性は、従来の書体と比べ、どのような特性があるのか」という問題設定であった。それをどのように検証したのかについて説明しよう。

新書体は、特に携帯電話の場合のような小さなディスプレイ上に提示されることを念頭にデザインされたものであるので、識別閾付近の非常に小さい表示条件での機能性の評価が必要である。つまり、文字を識別できる限界に近い条件で、その書体の識別性を評価しなければならない。ただ、視力には個人差があるため、識別閾にも大きな個人差が生ずる。そこで、まず被験者毎に識別閾を測定し、その識別閾に相当する大きさの文字を用いて新書体の識別性を評価するという2段階を踏むことにし、識別性評価の指標としては、正答率を採用した。具体的には、21インチの高解像度LCDディスプレイ（EIZO Color Edge CG 210）上に、3種類の書体〔新書体の他に、代表的な書体である「ヒラギノ角ゴシック体W4」および「ヒラギノ明朝体W4」（以下、それぞれ「角ゴ」、「明朝」と略す）の2種を用いた〕のひらがな文字すべてをランダムな順序で提示して、識別できるか否かを測定したのである。

予想では、新書体も他の2書体と遜色のない識別性を示すものと考えていたのであるが、実験結果は、大きく異なっていた。正答率は、角ゴの80.7%、明朝の81.3%に対して、新書体は71.4%で最も低かったのである。これは非常に大きな問題であった。この結果は、新書体では小さな文字として表示しても直ぐに明瞭に分かる識別性の高い書体を目指したの

にもかかわらず、それが全く達成されていなかったことを意味するからである。

ところが、得られた結果を詳細に分析してみると、興味深い事実が浮かび上がってきた。それは、新書体の正答率が低くなったのは、濁点と半濁点のデザインに原因があることがわかったからである。図1に示すように、いずれの書体の場合にも、濁点・半濁点のない文字では90%以上の高い正答率であるのに対して、濁点・半濁点のある文字では、新書体の正答率が、他の2書体に比して十数%も低いことが明らかになったのである〔さらに精査してみると、その中でも特に新書体の「で」の正答率が23.1%で、最も低かった（図2左参照）〕。

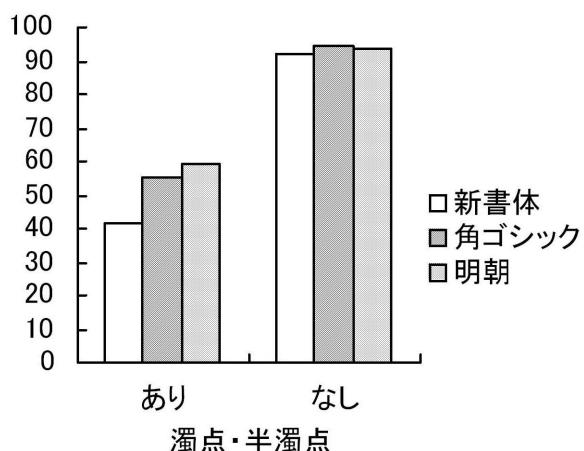


図1 書体別の濁点・半濁点の有無による正解率



図2 新書体「で」の第一案（左）とその改良案（右）

したがって、新書体の濁点・半濁点のデザインを改良すれば、他の書体と同様な識別性を達成することが可能であることが予測された。そこで、それらの実験結果を、分析結果とともに宮崎前教授および開発プロジェクトチームにフィードバックし、その点に関するデザインの改良を求めたのである。その結果、示された改良デザイン案（それがUni-Type™である：図2右参照）で、再び識別性についての検証実験を行ったところ、他の書体とほとんど変わらない正答率が得られるようになったのである。

5. 新書体（Uni-Type™）の印象評価の意義

最後に、特記すべきは、新書体の印象評価実験（一对比較法を用いた）の結果である。本プロジェクトでは、新書体の印象評価（好感度および読みやすさ）を、文字を十分な大きさで表示した場合と識別閾付近の大きさで表示した場合で行った（識別性の測定で用いた上記の2書体に加えてリュウミンR-KLおよび新ゴシックRの計5書体を用いた）。その結果、新書体は、十分な大きさで表示する条件では、好感度の評価は最下位となり、読みやすさの評価も中程度であった。ところが、識別閾付近の小さな表示条件になると、読みやすさの評価が最もよい（新ゴシックRと有意差がない）という結果が得られたのである（好感度の評価には、全書体において有意差は認められなかった）。

これは、新書体Uni-Type™の特徴をよく表している。つまり、文字を識別するのに困難を感じるような非常に悪い条件（識別閾付近の大きさ）の下で、その文字を「読みやすい」と感じさせることができる特性を有しているからである。上記の識別性の評価実験結果から、どの書体も（新書体は改良版のUni-Type™であればということになるが）同程度の識別性を有していることがわかっている。したがって、論理的には、どの書体でも同程度の読みやすいという印象が得られると考えるのが当然であろう。しかし、実際に印象評価を行ってみると、そうはならなかったわけである。

このUni-Type™の心理的な特徴は、書体としては非常にユニークで優れたものであると考えられる。なぜなら、表示文字が小さく、文字の認識にストレスの生じるような場合に、このUni-Type™書体は、他の書体よりも「読みやすい」という心理的な印象を与えるからである。

本シリーズにおいて何度も述べているように、近年とみにデザインの分野では製品（もちろん書体も含まれる）がユーザに及ぼすエモーショナルな心理的効果の重要性が指摘されるようになっている。したがって、このUni-Type™書体は、意図的にデザインされたものではないが（そこがまた興味深いところもある）、エモーショナルな要素を効果的に活用した製品であるといえよう。

6. おわりに

日本語の文章中には、「ひらがな」、「カタカナ」、「漢字」など種類の異なる文字が使われる。これは日本語の優れた特徴の一つでもあるが、その可読性や識別性の評価、あるいは文章としての印象評価を行おうとする場合には、多様な問題を生じさせる。逆に言えば、そのように総体的な評価を行わなければ、その評価検討は不十分であるとも言えよう。したがって、Uni-TypeTMの漢字書体の評価およびUni-TypeTMの漢字書体も含んだ日本語文章の印象評価などは、非常に重要な今後の課題である。

上記の通り、本プロジェクトが進行していた時点では、Uni-TypeTMの漢字書体はまだ作成中であったが、本年度中には漢字書体案も完成する予定である（筆者自身も、Uni-TypeTM漢字書体を早く見たいと心待ちにしているところである）。そのデザイン過程においても、本講座で紹介したデザイン心理学の視点から関与することになっているので、より良い書体デザイン実現への貢献ができればと考えている。

ここまで辛抱強く読んでいただいた読者諸氏に対しまして、心から感謝の意を表します。また、デザイン心理学に関連したご質問等につきましては、ご遠慮なく下記アドレスへお問い合わせ下さい。

E-mail: hibino@faculty.chiba-u.jp

なお、当デザイン心理学研究室は、これまでスタッフは私一人でしたが、今年度から新たに小山慎一氏（助教：ボストン大学Ph.D.）を迎えることができましたので、今後一層の発展が図れるものと考えています。どうぞ宜しくお願ひ致します。

●参考文献および注

- 1) 本稿における記述には、平成18年度千葉大学大学院自然科学研究科修士論文『ユニバーサルデザインフォントの評価に関する研究—識別性、可読性、デザイン性からの評価—』（土佐林歩著）に基づく部分が多いことを付記する。
- 2) この問題にはいくつかの対処法が考えられるが、本プロジェクトでは次のような方法を採っている。それは、可読闘あるいは識別闘を測定する場合に、提示刺激を同程度の形態の複雑さ（単純さ）を有する文字に限定するという方法である。つまり、文字をその複雑さ（単純さ）の程度によっていくつかのグループに分け、そのいずれかのグループを、当該の書体の代表と見なすのである。ただ、その選ばれたグループが、眞の意味で当該書体の可読闘あるいは識別闘を代表するか否かについて問題があるのは確かである。特に、上記の例からも理解できる通り、漢字のように形態的に単純なものから複雑なものまでさまざまな種類がある場合には、大きな問題となる。しかし、論旨が外れるので、その点については本稿ではこれ以上触れない（また、稿を改めて報告したい）。
- 3) 本プロジェクトの時点では、まだUni-TypeTMの漢字書体は完成していなかったのである。

堀田 明裕 (ほった あきひろ)
博士 (工学)

1965年東京藝術大学美術学部工芸科卒。同年、産業工芸試験所入所、製品科学研究所システム設計課長を経て、93年宝塚造形芸術大学教授、97年千葉大学工学部デザイン工学科教授、07年同大を退職、現在財団法人芸術財団理事。

■ デザイン研究への道

戦後、我が国の産業デザインが新たな方向で再び活動が始まり、工業デザイン等の分野で現在長老といわれる人達が活躍されていた頃、私は未だ学生でした。これら先人の活躍は、美しい生活環境を創造するという使命感を、デザインを学ぶ学生に与えました。一方、大学では奈良、京都の古美術研究で日本の美を体験し、「デザインが明日の美しい世界を創るのだ」との教えを受けました。また、チームによる生活環境全般にわたるデザイン研究・教育組織であるドイツ・バウハウスの近代デザイン運動の歴史は、私を産業工芸試験所へと導きました。

■ 産業工芸試験所での研究

入所後私に最初与えられた研究は、流し・調理台の高さの標準化に関する研究と貿易振興のための家具デザインの仕事でした。前者は実験方法の提案、データ分析のための統計学の勉強等美術学校出の私には全く新しい学習が必要でした。幸いこの研究の成果は、JIS委員会に反映され、従来の高さ80cmに85cmが加えられる事となりました。一方、家具デザインでは、食堂椅子やテーブル等の試作・商品化までを行い、グッドデザインマークもいただきました。

■ 研究とデザイン作業

人間工学の研究と実際のデザイン作業の関係をどうすれば良いか、という悩みが私に生まれました。いずれも良いデザインを目指すための作業ですが、美しさを評価する能力は座学研究から習得できません。そこで、当時世界的に光り輝いていたイタリアデザインを体験するため、イタリア政府の給費留学生としてミラノ工科大学に留学しました。イタリアでの工業デザインや中世都市の空間・芸術作品等の総合的な美しさの体験は、その後のデザイン研究の方向や目標を定める私の基盤となりました。

■ 製品科学研究所での研究

イタリアから帰国後、デザインが社会的に生活環境を良い方向で改善、開発の力になるには、チームの仕事による論理的な研究が必要であると感じました。現家政学院大学の岩井一幸先生の指導のもとに、東大の故池邊陽先生の住宅実験プロジェクトに加えていただき、新たなデザインの研究方法を学びました。1980年代には、岩井先生のもとに高齢者・身体障害者用設備ユニットの開発、高齢者・身体障害者配慮住宅プロジェクトに参加し、その後の高齢社会

対応の生活環境デザインの基盤を創りました。また、この研究を通じ数多くの企業のデザイン開発の方々との交流は、デザインの理論と実際の関係について勉強させていただきました。1990年に開始された通産省の研究プロジェクト「人間感覚計測応用技術」では、従来整備されていなかった人体寸法データをチームとして計測整備すると共に、このデータを利用したデザインへの応用技術についての基本的な方法や考え方を検討しました。

■ デザイン教育への展開

新たな創造的研究にはリーダーを若手に、という考え方から、私も50歳代に入ってすぐ宝塚造形芸術大学産業デザイン学科に転進いたしました。宝塚では、人間工学や造形、工業デザインの指導をすると共に、大阪府産業デザインセンターの皆様と一緒にエイジレスラボを主催し、多くの企業やデザイン事務所の方々と高齢社会対応デザインについて長期間勉強会を行いました。その後、千葉大学工学部デザイン工学科へ移り、工学という視点からのデザイン教育・研究を進める事となりました。千葉大学では院生や学部生を対象に、ユニバーサルデザインをテーマにして問題発見と問題解決の方法、また、造形力養成を含めた大学でのデザイン教育のあり方等を検討しました。デザインとその教育方法は、作りあげればそれを壊し、新たに構築するところに創造性のエネルギーが生まれるというのが私の結論でした。

■ デザイン・人間生活工学研究に携わる方達へ

「生活環境におけるユーザの要求、問題を発見し、それを創造的に解決する思考作業、あるいは、その結果」とデザインを定義すれば、その研究には、まず、生活やそこで生活している人々に関する観察と問題発見能力が必要です。また、種々の知識や技術が総合されて進められる産業技術には、ダ・ヴィンチのような科学と芸術に通じる総合的な問題解決能力が必要です。しかし、今、個人にこれを求める事は不可能です。では、チームとしてはどうでしょうか。このチームに参加できるような能力が、今後のデザインや人間生活工学に携わる人に必要と思います。すなわち、自分の専門を極めると同時に、他の専門を理解し、総合的にチームで問題を解決して行く柔軟な対応能力です。そのためには、生活に対する不断の興味と観察や、現状への批判精神を持つ事が必要ではないでしょうか。

■「日本人の人体寸法データブック2004-2006」の販売を開始しました

人間生活工学研究センターで発売中の日本人の人体寸法データベース2004-2006の生データ217項目のそれぞれを、男女別、年齢層別に統計値（平均値、最小値、最大値、標準偏差、パーセンタイル値）を算出し、電子データブックとしてとりまとめました。

データ表は、皆様にご活用いただきやすいよう、工夫しています。計測部位の項目や図をクリックすると統計データ表（PDF形式）にジャンプします。CSV形式データを開くとダウンロードできますので、データの加工も容易です。さらに解説として、本計測データの信頼性や計測方法についての情報も掲載しています。CD-ROMでの提供で価格は42,000円（消費税込、送料別）です。人体寸法データは、日用品、衣服から大型機械まで、人間の関わる工業製品の設計に欠かすことのできないものです。ぜひ、お手元に置いてご利用ください。

No.1 文部省式身長 height.p

年齢 Age	人数 N	平均値 Mean	標準偏差 S.D.	標準偏差 Min.	最大値 Max.	パーセンタイル値 Percentile								
						1%	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%	99%
20-29	100	165.0	4.5	154.0	186.0	154.0	165.0	175.0	183.0	188.0	195.0	203.0	210.0	218.0
30-39	100	167.0	4.5	156.0	188.0	156.0	167.0	177.0	185.0	190.0	197.0	205.0	212.0	220.0
40-49	100	170.0	4.5	160.0	190.0	160.0	170.0	180.0	188.0	195.0	202.0	210.0	218.0	226.0
50-59	100	172.0	4.5	162.0	192.0	162.0	172.0	182.0	190.0	197.0	204.0	212.0	220.0	228.0
60-69	100	174.0	4.5	164.0	194.0	164.0	174.0	184.0	192.0	199.0	206.0	214.0	222.0	230.0
70-79	100	176.0	4.5	166.0	196.0	166.0	176.0	186.0	194.0	201.0	208.0	216.0	224.0	232.0
20-29	100	165.0	4.5	154.0	186.0	154.0	165.0	175.0	183.0	188.0	195.0	203.0	210.0	218.0
30-39	100	167.0	4.5	156.0	188.0	156.0	167.0	177.0	185.0	190.0	197.0	205.0	212.0	220.0
40-49	100	170.0	4.5	160.0	190.0	160.0	170.0	180.0	188.0	195.0	202.0	210.0	218.0	226.0
50-59	100	172.0	4.5	162.0	192.0	162.0	172.0	182.0	190.0	197.0	204.0	212.0	220.0	228.0
60-69	100	174.0	4.5	164.0	194.0	164.0	174.0	184.0	192.0	199.0	206.0	214.0	222.0	230.0
70-79	100	176.0	4.5	166.0	196.0	166.0	176.0	186.0	194.0	201.0	208.0	216.0	224.0	232.0

計測意義：床面から頭部最高点までの垂直距離
計測器具：スタジオメータ
計測姿勢：-

データブック見本



ご注文はFAXか電子メールでお願いします。こちらから商品と請求書を宅配便で送付いたします。なお、計測項目など詳しくは、ホームページをご覧ください。<http://www.hql.jp/database/size2004/>

お問い合わせは研究開発部へどうぞ。

(TEL: 06-6539-2348 size2004-06@hql.jp)

■講座「人間生活工学」、イブニングセミナーをご利用ください

1～3月の予定は以下の通りです。

講座「人間生活工学」

- ・1月21-22日 デザインプロセス演習：イノベーションを進めるデザインの方法（京都開催、演習、10:00-17:00, 14時間, 52,500円）

イブニングセミナー

- ・2月18日 ラフ集合理論の感性工学への活用－ユーザ特性把握の事例から－（東京開催、軽食付 18:00-20:00, 2時間, 10,500円）

詳しくはホームページをご覧ください。

<http://www.hql.jp>

当センターの会員企業には受講料の割引があります。お問い合わせは、企画部人材育成担当へどうぞ。
(TEL: 03-5510-7442 E-mail: kouza@hql.jp)

■人にやさしいものづくりをお手伝いします

ユニバーサルデザインや製品安全など、人にやさしいものづくりの重要性はますます高まってきています。人間生活工学研究センターでは、人間特性データ（寸法、身体機能、生活行動等）に基づくものづくりをサポートしています。研究開発部へご相談ください。

(TEL: 06-6539-2348 E-mail: support@hql.jp)

■2008年度の会員募集

人間生活工学研究センターは、社団の設立の趣旨、諸活動に賛同して入会された、会員（法人・個人）のご支援により運営されています。会員構成は、日用品、建材、自動車、電機、印刷、アパレルなど、幅広い業種の企業、団体及び個人です。

2008年度は会員制度の見直しや会費の引き下げを検討中です。詳細は決まり次第お知らせします。是非、入会をご検討いただき、お願い申し上げます。詳細は経営管理部までお問い合わせください。

(TEL: 06-6539-2347 E-mail: soumu@hql.jp)

■一時休刊のお知らせ

2000年7月の本誌発刊以来、皆様にはご購読をいただき、誠にありがとうございます。このたび、人間生活工学研究センターの組織改革に伴い、本誌は、一時休刊することになりました。引き続き、新しいスタイルでの最新情報の提供を計画しております。準備が整いますまで、暫時のご猶予を戴きたく、どうかご了承くださいますようお願い申し上げます。

なお、2008年度の本誌購読受付は一時休止いたしますので、ご了承下さい。

人間生活工学 第9巻 第1号 通巻31号

2008年1月15日発行

発行所：社団法人 人間生活工学研究センター

発行人：石川 明彦

〒550-0012 大阪市西区立売堀一丁目4番12号

住友生命立売堀ビル2階

電話 06-6539-2331 FAX 06-6539-2150

定価1,500円（税込）

本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

本誌の編集並びに論文審査は以下の方々にお願いしております。

2007年度 編集委員（五十音順）

小松原 明哲	早稲田大学 理工学術院創造理工学部経営システム工学科 教授（委員長）
岡田 明	大阪市立大学大学院 生活科学研究科 教授（副委員長）
大須賀美恵子	大阪工業大学 工学部 生体医工学科 教授
久保 博子	奈良女子大学 生活環境学部生活環境学科 准教授
倉片 憲治	(独) 産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門 アクセシブルデザイン研究グループ長
高橋 美和子	(社) 人間生活工学研究センター 企画部 課長
萩原 啓	立命館大学 情報理工学部知能情報学科 教授
畠中 順子	(社) 人間生活工学研究センター 研究開発部 次長
松岡 克典	(独) 産業技術総合研究所 研究業務推進部門 部門長
横井 孝志	(独) 産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門 身体適応支援工学グループ長

※ 編集委員は審査委員として論文審査も行います。

2007年度 審査委員（五十音順）

荒井 利春	金沢美術工芸大学 デザイン科 教授
飯田 健夫	立命館大学 科学技術教育研究部門長 情報理工学部 教授
彼末 一之	早稲田大学 スポーツ科学学術院 教授
口ノ町 康夫	静岡福祉大学 社会福祉学部福祉情報学科 社会福祉学部長 教授
黒須 正明	(独) メディア教育開発センター 研究開発部 教授
佐川 賢	(独) 産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門 上席研究員
多屋 淑子	日本女子大学大学院 人間生活学研究科・家政学部 教授
土屋 和夫	日本アイ・ビー・エム(株) ユーザーエクスペリエンス・デザインセンター 次長
徳田 哲男	埼玉県立大学 保健医療福祉学部社会福祉学科 教授
原田 悅子	法政大学 社会学部 教授
堀田 明裕	(財) 工芸財団 理事
持丸 正明	(独) 産業技術総合研究所 デジタルヒューマン研究センター 副研究センター長
八木 昭宏	関西学院大学 総合心理科学科 教授
山岡 俊樹	和歌山大学 システム工学部デザイン情報学科 教授



Journal of Human Life Engineering