

－ 経常研究 －

製品の「使いやすさ」と形状設計技術に関する研究

－ユニバーサルデザイン製品の評価技術・設計技術の検討と製品開発研究－

研究開発科 桐山有司

陶磁器科 小林孝幸・山口英次

九州大学大学院芸術工学府 村木里志・斉藤誠二・箕原大悟

要 約

本研究は、ユニバーサルデザイン（以下UD）製品開発に必要な評価技術及び設計技術について、レバーハンドル式ドアノブ（以下ドアノブ）をケーススタディに、人間工学的手法を用いて検討した。既存のドアノブ（解錠回転角は30°）を水平位置から15°間隔で+に5、-に2、計8段階に調節できるよう加工した実験用ドアを製作、角度毎に心理評価（主観調査）と行動評価（動作解析、筋電図測定）を実施した。主観調査は高齢者男女と20代男女各20名にアンケート調査を行った。調査の結果、解錠時にドアノブが水平なものが最も使いやすいという回答を得た。行動評価は6名の高齢者男性を対象に実験を行った。その結果、解錠時に斜め下へ-30°傾斜する既存のドアノブよりも解錠時にハンドルの角度が水平なものが稼働領域が小さかった¹⁾。握圧測定と形状シミュレーションによるドアノブの試作を行った。その結果、既存のドアノブよりも解錠時に水平なものが筋電量及び握圧量が少なかった。以上のことから、既存のドアノブよりも解錠時に水平になるよう予めドアノブを傾斜させたものが、「使いやすい」ことが確認できた。これらの結果をもとに3次元CADを用いて形状のシミュレーションを行い「使いやすい」ドアノブを製作した。

（キーワード：ユニバーサルデザイン、人間工学、上肢、レバーハンドル式ドアノブ、評価技術）

1. はじめに**1.1 研究の背景と現状**

高齢社会を迎え福祉の分野は、介護などの医学的領域に限らず住環境を始めとする工学的分野においてもその重要性が目され、様々な医工融合分野による取り組みが行われている。その中でも、我々に身近なものが1985年に提唱されたユニバーサルデザイン（以下UD）であり、UDの市場は今後も大きく成長すると予想される。本来モノ（製品）とは、「使いやすさ」に配慮されているべきで、今後の製品開発にはUDの評価が不可欠である。

UDの市場規模は、共用品推進機構の調査によると、平成15年度（2003年度）には、2兆3,743億円と推計され、前年度（2002年度）比+4.9%、金額にして1,100億円強の伸びとなっている²⁾。上位品目の中で住宅設備関連は2,589億円、前年比+9.4%となっている（図1）。また、回答があった住宅関連企業から、「施錠システム（ドアノブも含む）、引き戸などについてもUD製品と言えるものもあ

る」という意見があった。これまで“部材”として捉えられていたが、それ自身が単独で機能を発揮する製品として新たな需要を生み出しており、今後も需要が伸びると予測されるため、正式な調査品目の有力な対象とすべきとのことである。

UD製品の普及度については、経済産業省調査統計部の工業統計データ（従業者10人以上の事業所）も参照して、工業製品全体の出荷額におけるUD製品出荷額の割合を求めた³⁾（図2）。

また、UD製品の配慮事項には「本体への配慮」「包装・容器への配慮」の二つの類型がある。前者には、「それ自身が全てUD製品として位置づけられる品目」と「一部がUD化に配慮された品目」の2種類がある。UD化への配慮については、工業分野製品の本体の部類では、まだ製品の基本機能までには至っておらず、「付加価値」「差別化」の一つとしての位置づけである。一方、包装・容器の部類では、「家庭用ラップ（凸マークでホイルと区別）」「缶ビール・缶酒類（フタ上部に点字でお酒と表示、

非アルコール飲料と区別)」「シャンプー・リンス(シャンプー容器には上面、側面のギザギザでリンスと区別)」などは、業界全体が導入しており、ほぼ100%普及している²⁾。

1.2 研究の目的

本研究は、「手」と「モノ」の関係に焦点をあて、ドアノブをケーススタディに、UD製品開発のための評価技術、設計技術の確立を目的とするものである。評価技術については、九州大学と共同研究契約を結び人間工学的手法を用いて、行動評価、心理評価について実験を行った。また、人間工学的評価手法のUD製品開発における有効性についても検討した。設計技術については、分析結果をもとに3次元CADによる形状設計のシミュレーションを行い、ドアノブの試作を行った。

2. 実験方法

現在、室内用ドアノブの9割以上をレバーハンドル式のドアノブが占めている(国内住宅メーカー、建材メーカー、施錠システム製造メーカーなどを調査)。これら既存のドアノブの「不便さ」(使いにくさ・問題点など)について障害者や高齢者への調査を行ったところ、得られた回答の中から、ドア開閉時のドアノブの角度などに「不便さ」があることが解った。

これらドアノブの「不便さ」を解決するため、人間工学的評価手法を用いて実験を行った。ドアノブを水平位置から15° 間隔で+に5段階、-に2段階、計8段階に角度が調整でき、実際の室内用ドアと同寸法の実験用ドアを製作した(使用したドアノブの解錠回転角は約30°)。

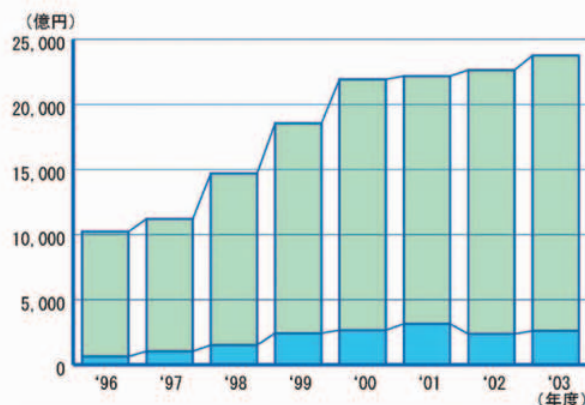
2.1 心理評価

a. アンケート調査による主観評価

実験用ドアを用いてドアを開閉する動作を被験者に行ってもらい(図3)、各角度でのドアノブの握りやすさ、捻りやすさ、押しやすさ、引きやすさについて、アンケート形式での主観調査を実施した。被験者は高齢者(男女20名)及び若年層(男女20名)を対象に実験を行った。

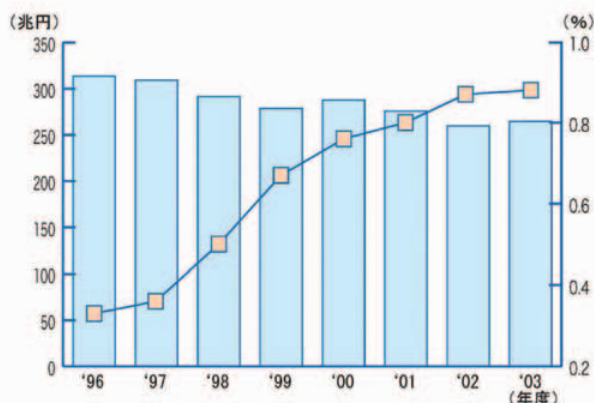
2.2 行動評価

a. 動作解析による評価



(単位: 億円)

図1 ユニバーサルデザインの市場規模



(単位: 億円)

図2 ユニバーサルデザイン製品の普及度



図3 主観調査風景

2台のカメラを設置して、被験者がドアを開閉する動作を3次元の画像として取り込んだ（図4）。被験者の肩、肘、手首、小指の付け根の4カ所にマーカーを付け、画像を抽出してそれぞれのマーカーが移動した軌跡を求め、最大角と最小角との数値差によって稼働域を求めた。

b. 筋電図の測定による評価

ドアの開閉に必要な、上腕二等筋、上腕三頭筋、腕撓骨筋、撓側手根屈筋、尺側手根伸筋の5カ所の筋肉に電極を付け、各角度毎に被験者にドアノブをにぎる、捻る、押す、引く動作を行ってもらい、電極を付けた各筋肉の筋電量の最大値によって、筋活動量を求めた（図5）。

c. 握圧測定による評価

ドアを開閉する際に、ドアノブに掛かっている力を測定するため、ハンドルの部分に圧力センサーを装着して握圧量を求めた（図5）。

また、既存のドアノブ（最大手2社の製品80種類）のCADデータを用いて、ハンドルの直径（幅）と長さの平均寸法を調べたところ、直径（幅）が25.3mm、長さが117.7mmであったため、直径が20mm、25mm、30mmの3種類のドアノブのモデルをRP（ラピッドプロトタイプング）装置を用いABS製の実験モデル製作して、ハンドルの大きさの違いによる主観調査を実施した。

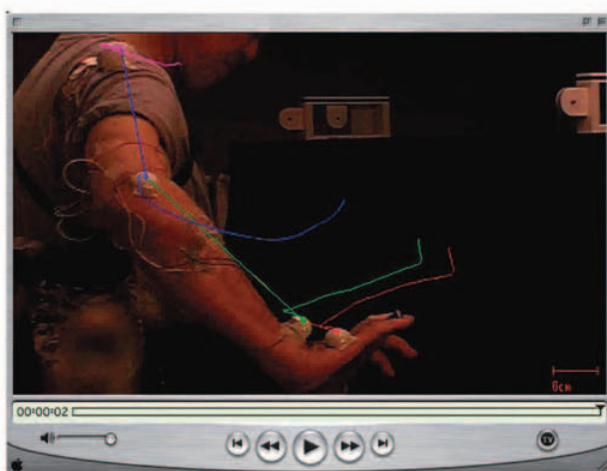


図4 動作解析の実験風景



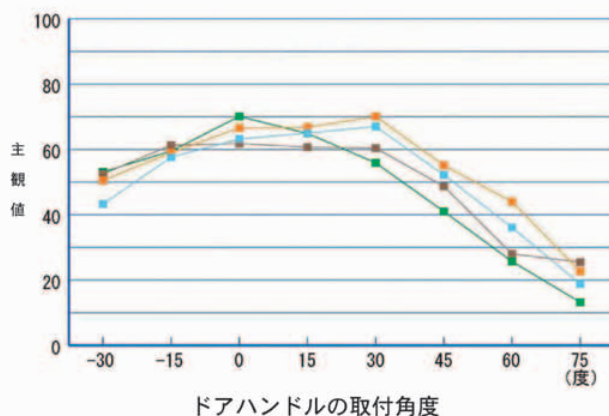
図5 筋電図及び握圧測定風景

3. 結果及び考察

3.1 心理評価

a. アンケート調査による主観評価

被験者にドアを開閉する動作を行ってもらい、8段階の角度での各動作（握る、捻る、押す、引く）と総合的（全体的）な印象を0~100（0：使いにくい、100：使いやすい）までの目盛りを付けた直線のチャート上に、その度合をプロットしてもらい、その位置までの線の長さ（0からの距離）を測ることで、握る、捻る、押す（引く）動作の「使いやすさ」について評価した。図6に示すように、握る動作の場合、傾斜が0°（水平に設置）、捻るや押す動作の場合、+30°傾斜（解錠時水平）、引く動作の場合、傾斜が0°という結果が得られた。引く動作を除くどの動作の場合も、動作時にハンドルが水平（角度）になっている状態が、最も「使いやすい」と感じていることが解る。このことは聞き取り調査においても、「開ける時真横になっているものが力



角度	-30	-15	0	15	30	45	60	75
握る	53.1	59.5	70.1	64.9	55.9	41.0	25.7	13.2
捻る	43.3	57.6	63.2	65.0	67.0	52.2	36.1	17.7
押す	50.5	59.0	66.6	66.8	70.1	55.1	44.0	22.7
引く	52.5	61.3	61.8	60.7	60.4	48.7	28.0	25.5

(主観値：0~100)

図6 アンケートによる主観調査

もいらず一番開けやすい」という回答もあり、アンケートによる主観評価では、ドアノブの位置はドア開閉時に水平なものが最も「使いやすく」感じていることが解った。但し、引く動作については、他の動作が、手と体の位置が同じ距離もしくは手が体から離れていく（腕を伸展する）方向に動作しているのに対して、引く動作は、手が体の方に近づく（腕を屈曲する）動作であることから、他の動作と違い、水平よりもマイナス角度方向に傾いている方が開けやすく感じたのではないかと推測される。

3.2 行動評価

a. 動作解析

図7は、手首と肘の押す時の稼働域をグラフにしたものである（ドアノブを握ってドアを開けた時点までの動作の最大値と最小値の差を稼働域としてプロットしたもの）。ドアノブの角度が手首、肘などの動きに影響を及ぼすことで、稼働域に差があることがグラフからも読みとれる。実験の結果から、手首では+30°、肘では+15°ハンドルを傾けた時が、最も稼働域が小さいことが解った。

b. 筋電図の測定

図8は、筋肉の部位と作用である。回外とは、手掌を外側に回転させる（手掌を上に向ける）動作で、前腕の尺骨と橈骨の運動で起こり、上腕及び前腕の筋が作用している。外転とは手を母指側に曲げることで、背屈とは手を手背側に伸ばすことである。ドアノブを握る動作は、手根骨の動きが関わっており、捻る時には前腕の回外、押す動作では肘関節の伸展、引く動作では肘関節の屈曲が作用している¹⁾。

図9は、「押す」（上腕三頭筋）、「引く」（上腕二頭筋）時の筋電量及び握圧量のグラフである。角度毎に各動作時の筋活動量を見ても、「押す」では+30°、「引く」では+15°で最小値を示している。このことから、各動作における筋肉への負荷が最も少ない角度が認められた。「押す」「引く」の両動作とも+側に傾斜をつけ、ドア開閉時に斜め下に傾かなくすることで、筋肉への負荷が既存のドアノブよりも軽減できることが解った。

c. 握圧測定

握圧量でも解錠時にドアノブが、水平なもの（+30°傾斜）が最も値が小さく、設置角度が一方へ傾いているものが、ドアノブを握る力を多く必要としていることが解った。また、被験者12名に

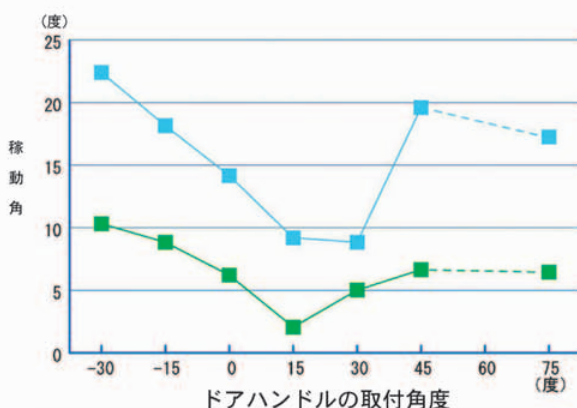


図7 手首、肘（押す）の稼働域

部 位	作 用
上腕二頭筋	前腕を回外、前腕を屈曲、腕を外転など
上腕三頭筋	手を回外、肘関節を伸展など
腕橈骨筋	前腕を回外、肘関節を屈曲など
橈側手根屈筋	手関節を背屈、前腕を回外など
尺側手根伸筋	手関節を背屈、手関節を外転など

図8 筋肉の部位と作用

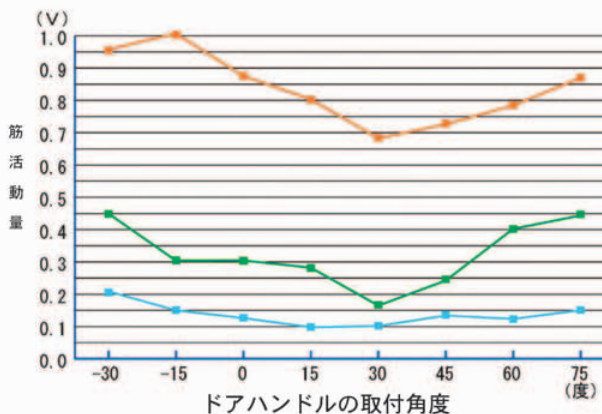


図9 筋電量及び握圧量

してドアノブの直径を変えたもの（図10）による主観調査を行った結果、12名中10名の被験者が直径25mmのドアノブが最も握りやすいとの回答を得た。

3.3 製品試作

これまでの心理評価及び行動評価の結果から、ラッチを解錠する際に水平となるような形状（構造）のものが、最も心理的にも「使いやすく」感じ、身体的負担も少ないことが解った。これらの結果をもとに、既存のレバーハンドル式のドアノブのハンドルの角度を、あらかじめ30° 傾斜をつけたモデルをRP装置を用いて製作して（図11）、30° 角度をつけたものと既存のものについて主観調査を行った。その結果、8割の被験者が30° 傾斜をつけたものが主観として「ドアを開けやすく感じる」との回答を得た。

これらを踏まえ、3次元CADによる設計シミュレーションを行い、陶磁器製（軸の部分は金属製）、金属製、木製のレバーハンドル式ドアノブを製作した（図12）。

4. ま と め

本研究は、UD製品の開発を目的として、ドアノブをケーススタディに、人間工学的手法を用いた評価技術の検討を行い、下記の知見を得た。

（1）既存のドアノブの「不便さ」（⇨使い勝手）について調査した結果、既存のドアノブは、レバーハンドルが水平に設置されており、解錠時に斜め下方に傾くため「不便さ」を感じていることが解った。

（2）主観調査において、解錠時にドアノブの角度が水平になるものが、最も「使いやすく」感じていることが解った。

（3）筋電図測定、握圧測定及び動作解析の結果から、解錠時にドアノブの角度が水平となるものが、筋肉などへの負担が少ないことが解った。

（4）上記（2）、（3）の調査及び実験結果から、解錠時に水平になるように予めハンドルを斜め上方に角度を付けたもの（今回の実験では30°）が、既存のドアノブよりも「使いやすい」ことが解った。

（5）今回の研究の結果、人間工学的評価手法が、ユニバーサルデザイン製品の開発における評価手法として有効であることが確認できた。

今後は、既存の製品開発プロセスに人間工学的評価技術やコンピュータシミュレーションでの設計技術を導入して、UD製品の開発プロセスの構築を図る。

謝 辞

今回の研究に際して、シルバー人材センターの



図10（左から）直径30,25,20mmの
ドアノブモデル



図11 30° 角度を付けたドアノブモデル



図12 ドアノブの試作品

方々をはじめ、調査に協力していただいた皆様に、心より御礼申し上げます。

文 献

- 1) 桐山有司、村木里志、斎藤誠二、箕原大悟：
「製品の「使いやすさ」と形状設計技術に関する研究」平成16年度長崎県窯業技術センター研究報告（52）p32-33、平成17年12月
- 2) (財) 共用品推進機構：「2003年度共用品市場規模に関する調査報告書」第3,4章、平成17年6月
- 3) 経済産業省調査統計部：「工業統計調査結果電子データ一覧」産業編、平成8～15年度
- 4) ロレフ・ヴィルヘッド著：「目で見える動きの解剖学 新装版」p58-69

付記：本研究の成果は、九州大学の村木助教授とともに実用新案を申請した。また今回の研究結果から、ドアノブを握る段階からドアを開ける段階までの動作において、常に水平状態であるものが実験や調査の結果からも最も負担が少なく「使いやすい」と感じていることから、解錠機構を考案したものを、新しいレバーハンドル式のドアノブとして共同で特許を申請した。