

研究論文：論文 ORIGINAL ARTICLES

Received November 14, 2001; Accepted January 22, 2003

指の使用本数と接触位置を考慮したつまみの操作性と視覚的イメージ

—円柱形つまみの回転操作における指の使用状況について (3)

Operability and Visual Image of the Knobs Considering the Number and Touching Points of Fingers

—How to Use Fingers during Rotary Control of Columnar Knobs (3)

● 松崎元

千葉工業大学
Matsuzaki Gen
Chiba Institute
of Technology

● 上原勝

千葉工業大学
Uehara Masaru
Chiba Institute
of Technology

● 上野義雪

千葉工業大学
Ueno Yoshiyuki
Chiba Institute
of Technology

● 井村五郎

千葉工業大学
Imura Goro
Chiba Institute
of Technology

● Key words: Rotary Control, Operability, Visual Image

要旨

筆者らは既報において、つまみの回転操作開始時における指の使用状況を明らかにした。本報では、その結果の有効性を確認するため、既に得られた指の使用本数および接触位置のデータから、直径と溝の数および位置が異なる12個のつまみサンプルを作成し、回転操作実験を行った。被験者は40名（男性22名、女性18名）で、操作性・視覚的イメージの16項目について、SD尺度上で評価させた。操作性については、指の接触位置に合わせて作成した断面形状の6種類の方が、他の6種類よりも総合的に良い評価を受け、データの有効性を示す結果となった。次に、視覚的イメージに対する評価を因子分析した結果、「力量性」「活動性」「美的整然性」の3因子に分けることができた。これらを軸として、各12サンプルの散布図を作成したところ、第3因子「美的整然性」の評価が高いサンプルが、必ずしも操作性の良いつまみではなく、視覚的な「美しさ」と操作性の関係性は見られなかった。

Summary

In the preceding papers, we have found how people use their fingers at the time when they start the rotary control of knobs. The purpose of this study was to confirm the results of the preceding papers. In this experiment of rotary control, based on the number and touching points of fingers, we used 12 test samples which have the different number of groove. 40 subjects (22 men, 18 women) were asked to evaluate 16 scales, about the operability and the visual image, using the Semantic Differential (SD) standard. Regarding operability, the 6 samples based on the results of preceding papers were evaluated better synthetically, than other 6 samples. Then, the factor analysis revealed that 3 factors in visual image were “dynamism”, “activity” and “aesthetic-orderly”. By analysis of plotting sample coordinates, we found that the samples, which were evaluated high in the 3rd factor “aesthetic-orderly”, didn't always have high operability.

1. はじめに

円柱の回転操作における指の使用状況が、円柱の直径変化によって、どのように推移するかを検討するため、第1報 [注1] では、操作台の上面につまみを設置した場合について実験を行い、得られた画像から「指の使用本数」「指と円柱の接触位置」について検討を行った。同様に、第2報 [注2] では、操作台の正面および側面につまみを設定した場合について行い、上面・正面・側面の三設定における実験結果を比較することで、各操作条件での特性を統計学的に考察した。これらをまとめた結果、設置位置の異なる三設定それぞれにおいて、回転操作開始時に使用する指の本数が変化する境界値を、相対的に図示し把握することができた。また、円柱の直径が増大するのに伴って、各指の接触位置がどのように推移するかを二次曲線で近似でき、人間の円柱形対象物に対する回転操作の部分的特性を明らかにした。しかし、これまでの実験では、手指と操作対象物の位置関係のみを扱っていたため、「つかみやすさ」「まわしやすさ」などの操作性、つまみ形状の視覚的イメージなど、操作者の感覚的データを取り上げることができなかった。本報ではSD法を用い、断面形状と大きさの異なるつまみサンプルに対して、操作性と形状の視覚的イメージを調査し、既に得られた結果を用いてつまみの形状を設計することが、実際の製品デザインに有用であるかを検証した。

2. 操作性・視覚的イメージに対するつまみの評価実験

2.1. 手の寸法と力に関する被験者の特性

被験者は、工業デザインを専攻する20~21歳の学生40名（男性22名、女性18名）で、右利きの者を対象とした。表1に記した手の各部の寸法（手長・手幅・指長）は、実験後に撮影した画像から誤差を補正した後、モニタ上で計測した。握力は握力計、摘み力は全て第1指（母指）と他の指との間で、ピンチメーターを使用し、得られたものである。

身長と手長の相関係数は全体で0.75、手長と手幅も0.75であった。手長と各指長では、第1指から順に0.63、0.81、0.82、0.82、0.65で、第3指および第4指との相関が高い。手幅と各指長においては、いずれも0.60前後の係数を示し、特に強い関係は見

表1 被験者の属性

	身長 (mm)	手長 (mm)	手幅 (mm)	指長 (mm)					握力 (kg·f)	摘み力 (kg·f)			
				第1指	第2指	第3指	第4指	第5指		1-2	1-3	1-4	1-5
平均	1659	174	80	63	70	76	70	55	37.6	7.5	6.7	3.8	2.1
標準偏差	84.0	9.3	5.5	5.4	4.4	5.0	4.9	5.2	11.2	2.9	2.4	1.5	1.1
平均(男)	1712	179	84	65	72	78	72	56	46.1	9.3	8.3	4.8	2.6
標準偏差(男)	61.1	7.4	4.1	4.2	3.4	3.9	3.9	4.9	6.9	2.3	1.4	1.1	1.0
平均(女)	1593	168	75	60	68	73	67	53	27.2	4.9	4.6	2.6	1.4
標準偏差(女)	56.9	7.7	2.9	5.4	4.5	4.7	4.7	5.0	4.3	1.4	1.6	0.9	0.7

被験者は、20～22歳の学生40名(男性22名、女性18名)で、右利きの者を対象として操作実験を行った。

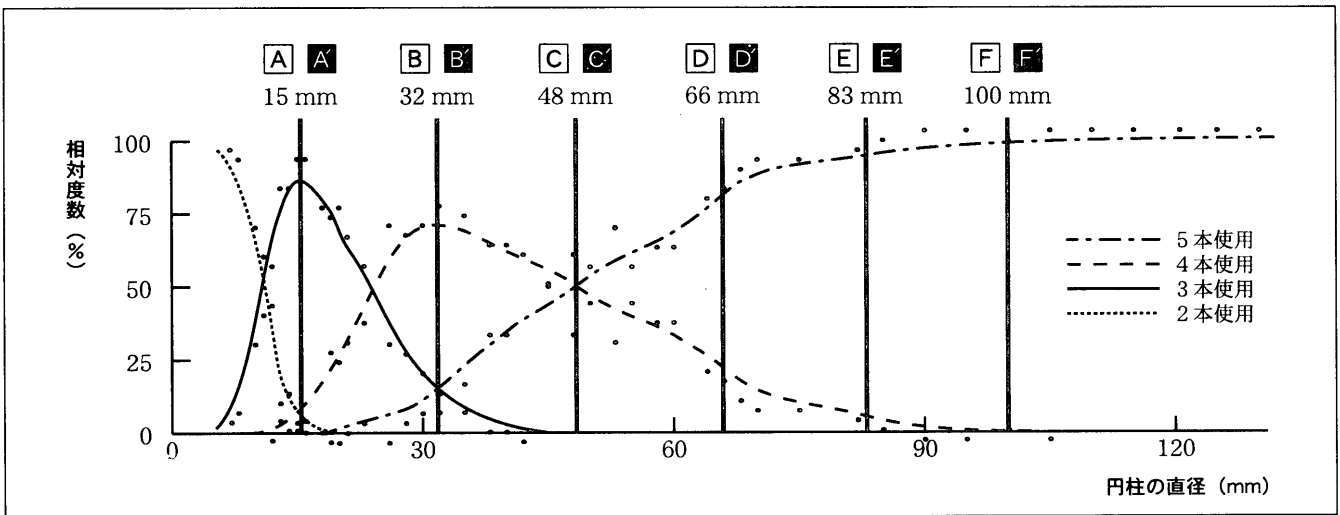


図1 回転操作開始時に使用される指の本数の推移(上面設定)とサンプルの内径

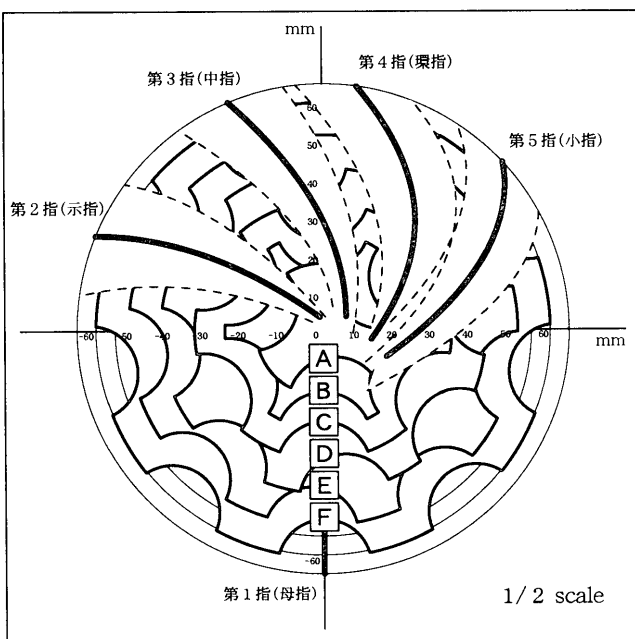


図2-1 サンプルの断面形状(指の接触位置に溝が合う場合)

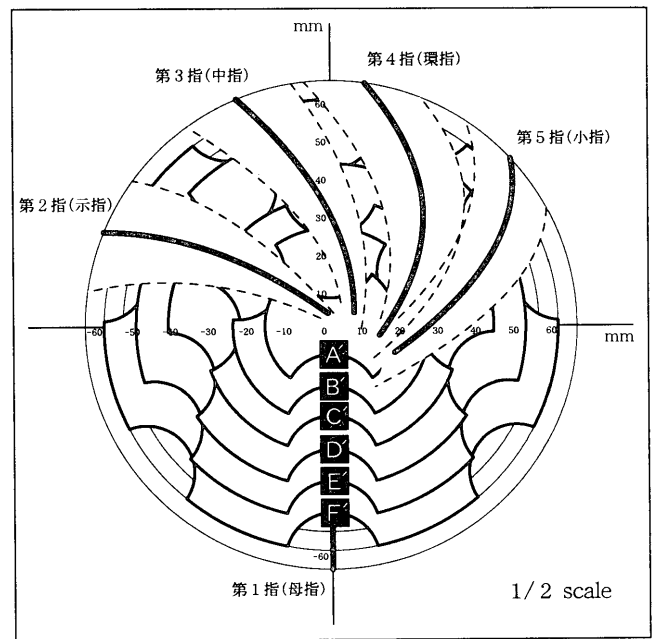


図2-2 サンプルの断面形状(指の接触位置に溝が合わない場合)

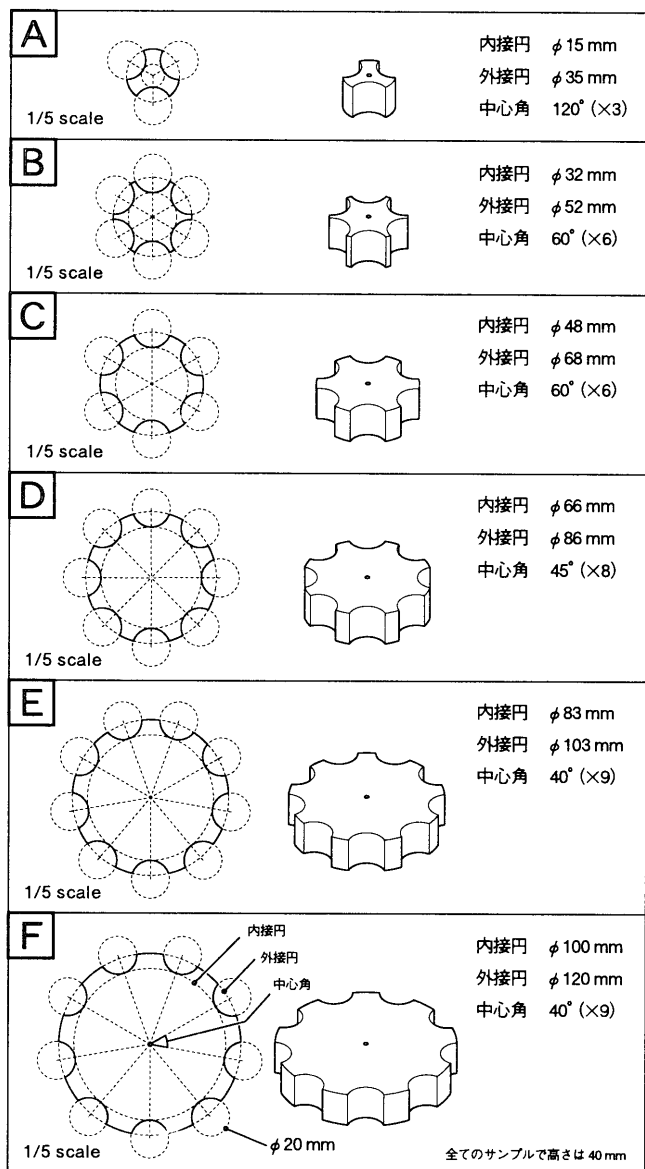


図3-1 サンプルの寸法 (指の接触位置と溝が合う場合)

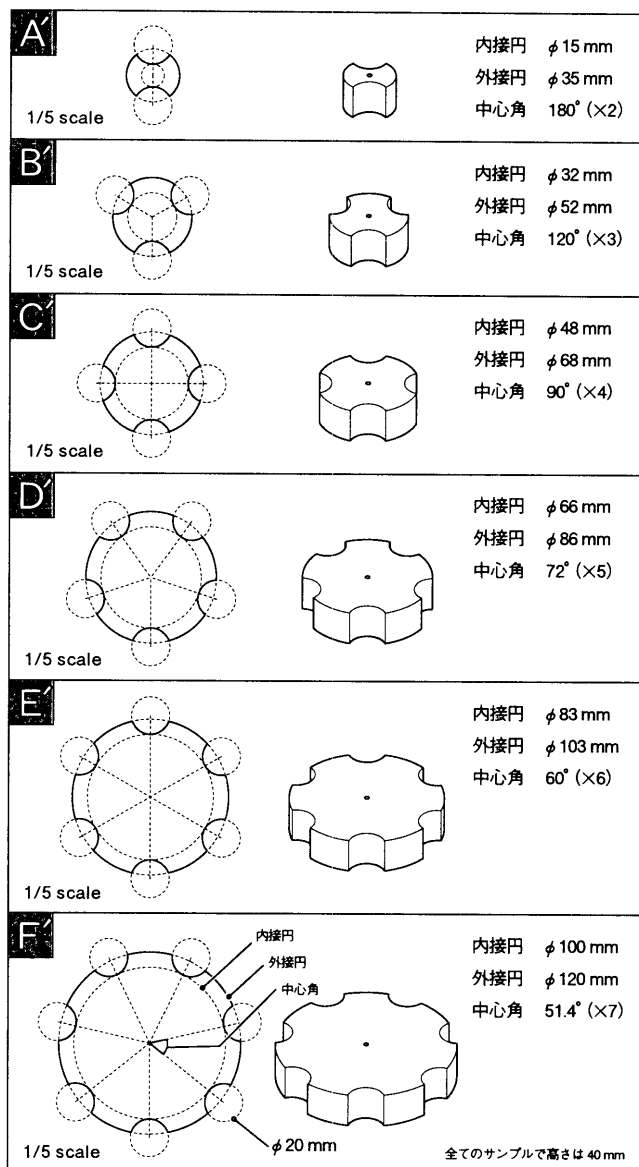


図3-2 サンプルの寸法 (指の接触位置と溝が合わない場合)

られなかった。握力と摘み力では、第1指-第2指で0.75、第1指-第3指および第1指-第4指で0.81、第1指-第5指で0.64と、比較的高い係数を得た。また、手長と握力は0.64、手幅と握力では0.73であり、ここに記した相関係数は、いずれも $p < 0.01$ で統計的に有意であった。表1とこれらの結果を総合的に見て、今回の実験に参加した20~21歳の男女は、手の寸法・握力・摘み力等に関して、評価実験に適さないような極端に偏った被験者ではないと判断した。

2.2. つまみサンプルの作成

つまみサンプルの加工は、ウォータージェットで20mm厚の木材を、同じ形状に2枚ずつ切り抜き、それらを重ねて接着した(各サンプルの高さ40mm)。断面形状は、すでに得られた指の使用本数が変化する境界値(図1)および直径毎の指と円柱の接触位置を示す帰帰曲線(図2-1、図2-2)を参考とし、6種類の直径を定め(図1)、それらを内径とする円に外接する小円(直径20mm)で切り抜いた[注3]。回転操作開始時

の指の位置に合う溝の断面形状と、そうでないものを2種類ずつ作成したため、サンプルは合計12種類となった。(図3-1、図3-2)

2.3. 評定用紙

分析のための評価語対は、操作性および視覚的イメージについて、表2の順で評定用紙に記した。表記の方法は、被験者の判断が順序の影響を受けないように並べ、いずれも+3(非常に)+2(かなり)+1(やや)0(どちらでもない)-1(やや)-2(かなり)-3(非常に)の7段階で評価させた。

「操作性」では、使いやすいつまみの設計に役立つと思われる評価語対を選定し、「視覚的イメージ」についてはSD法から因子分析を行う上で有効と思われる形容詞を、過去の文献[注4]を参考として選択した。

2.4. 評価実験の手順

各被験者は、12種類のつまみサンプルに対して立位で、表2の評価語対を7段階で評価した。床からつまみ上底まで高さ

表2 操作性および視覚的イメージに対する評価語対

<p>◆ 操作性について ◆</p> <p>右に回しやすい - 右に回しにくい</p> <p>つまみ (つかみ) にくい - つまみ (つかみ) やすい</p> <p>触り心地が良い - 触り心地が悪い</p> <p>回転操作が安定しない - 回転操作が安定する</p> <p>回転角度の微調整がしやすい - 回転角度の微調整がしにくい</p> <p>各指が収まりにくい - 各指が収まりやすい</p> <p>大きな角度まで回せる - 小さな角度しか回せない</p> <p>左に回しにくい - 左に回しやすい</p>	<p>◆ 視覚的イメージについて ◆</p> <p>美しい - 美しくない</p> <p>雑然とした - 整然とした</p> <p>存在感がある - 存在感がない</p> <p>きゃしゃな - 丈夫な</p> <p>繊細な - 無骨な</p> <p>複雑な - シンプルな</p> <p>動的な - 静的な</p> <p>自然な - 不自然な</p>
--	---

は、前回 [注1] 同様800mmに合わせた。操作性・視覚的イメージ、つまみサンプルの大きさ、サンプルの溝の位置など、評価の順序は、結果に影響を与えないため、全てランダムになるように配慮した。また、評価時間については制限を与えなかった。評定用紙の記入を終えた被験者は、握力、摘み力を測定した後、手の各部寸法を計測するため、手のひらを写真撮影し、実験を終了した。

2.5. 解析機器とデータ処理の方法

7段階で行った評価結果のデータは、1から7の点数で得点化し、平均値からイメージプロフィールを作成した。次に、視覚的イメージの因子を抽出するため、主因子法による因子分析を行い、バリマックス回転後の因子負荷量を算出した。因子数は、累積寄与率が70%以上、初期の固有値が1.0以上の場合で決定した。本実験でのデータ処理には、StatSoft STATISTICA および Microsoft Excel 2001を使用した。

3. 結果と考察

3.1. 操作性に関する評価結果

調査結果をまとめ、各評価項目別のイメージプロフィールを作成し、指の接触位置を考慮して作成したサンプルA~F、指の位置に合わないような断面形状にしたA'~F'で、操作性に関する各評価項目について、その違いを考察した。

(1) 右・左方向への回転操作性について (図4 ①②)

今回のつまみサンプルの形状は、右手で右方向に回転させた場合の指の接触位置と使用本数を参考に作成したものであった。そのため、左方向の操作性にどのような評価結果が得られたか、またつまみの大きさの違い、性別などでどのような特徴が見られるかに着目した。右方向の回転では、BCDで良い評価が得られ、左方向では、BCで評価が高かった。いずれの回転方向でもEE'、FF'で評価の差は見られなかったが、右方向のF'では女性の評価が低かった。両方向の回転操作において、指の接触位置に合わせたAは、そうでないA'よりも操作しにくく、予想外の結果が得られた。直径のもっとも小さいAは、手首を使わない指先のみによる回転操作が適していたため、溝を切るよりも円柱形のものの方が回しやすかったと考えられる。

また、A'は両方向で女性の評価が高かった。全体を通してB~E、B'~E'では右方向の方がやや操作しやすいと評価された。

(2) つまみやすさと指の収まりについて (図4 ③④)

既報のデータがつまみ形状の設計に役立つかどうかを見る上で、これらは重要な評価項目であった。つかみ (つまみ) やすさについては、Cが最も高い評価で、特にCとC'、DとD'では同じ直径でも溝の切り方で明らかな評価の違いが見られた。「つかみ (つまみ) やすさ」「各指の収まり」の両方の項目で、B~FはB'~F'より上の評価が得られ、特にA'~F'は「つかみ (つまみ) やすさ」のD'を除く各サンプルで「どちらでもない」の4点を下回った。Aのつまみやすさは女性の評価が低く、全体平均がA'と同程度であった。以上の2項目の評価結果から、既報データが、つかみやすい断面形状のつまみを作成するのに有効であったと考えられる。

(3) 触り心地と回転操作の安定性について (図4 ⑤⑥)

いずれの項目においても、A~FおよびA'~F'で極端な違いは見られず、直径の大きさ以外による特性は確認できない。CとC'は両項目で高い評価を得た。Aは「触り心地」A'は「安定性」で評価が低かった。また、AとBの「安定性」については、男女の評価が分かれた。

(4) 回転角度と微調整のしやすさについて (図4 ⑦⑧)

どちらの評価項目に対しても、Cで最も高い評価が得られ、微調整のしやすさについては、Fの評価が女性の場合で高かった。A'~F'での平均値は、両項目について全て4点付近で、大きさによる違いはほとんど見られなかった。また、Aは両項目でやや評価が低く、Fは微調整のしやすさでやや高かった。

全ての操作性に関する評価結果を総合的に見ると、Cの評価がいずれも5点前後で最も良く、Aの評価が低かった。しかし、「つかみやすさ」と「各指の収まり」では、指の接触位置を考慮して作成したサンプルA~Fの方が、指の位置に合わないような断面形状にしたA'~F'より、良い評価を得られ、データの有効性を少なからず示す結果となった。

3.2. 視覚的イメージに関する評価結果

視覚的イメージに関する調査結果をまとめ、各評価項目別の

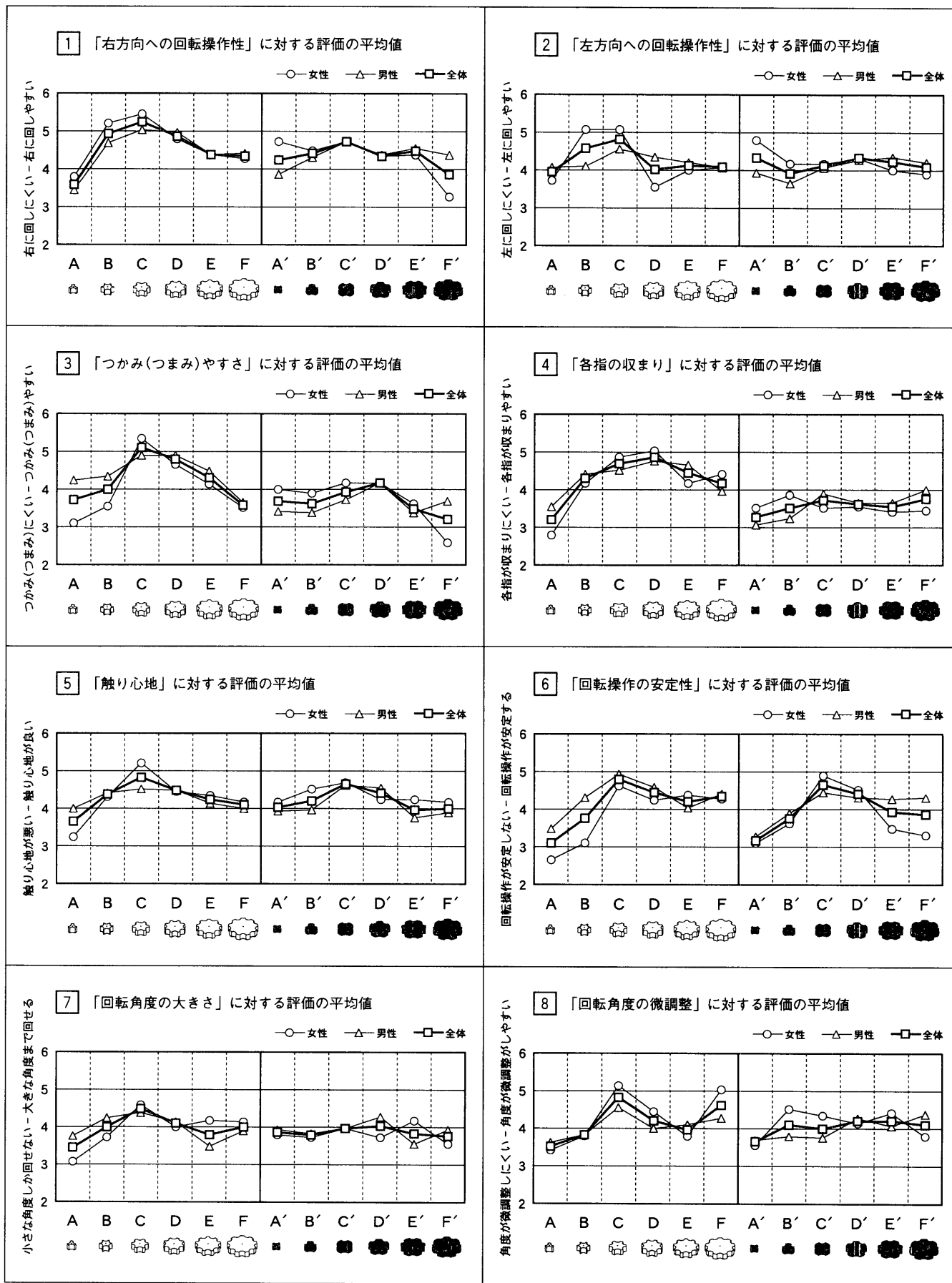


図4 尺度別の平均得点によるイメージプロフィール (操作性について)

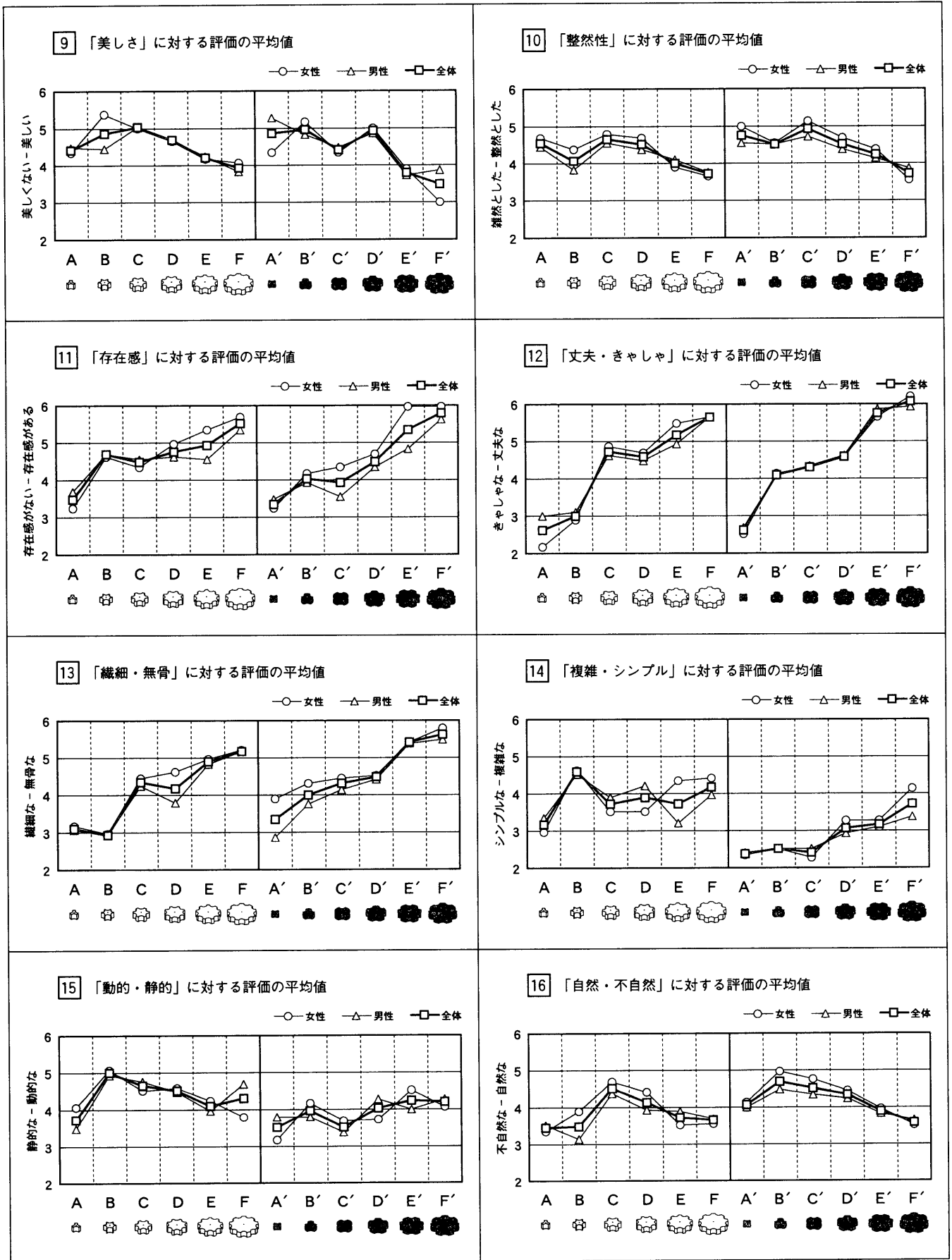


図5 尺度別の平均得点によるイメージプロフィール (視覚的イメージについて)

表3 視覚的イメージの因子分析結果 (バリマックス回転後)

評価項目	因子負荷量		
	因子1	因子2	因子3
無骨な・繊細な	0.993	-0.014	0.050
丈夫な・きゃしゃな	0.982	0.172	-0.008
存在感がある・存在感がない	0.806	0.505	0.288
動的な・静的な	0.068	0.984	0.004
複雑な・シンプルな	0.116	0.890	0.340
自然な・不自然な	0.054	-0.229	-0.965
美しい・美しくない	-0.710	0.154	-0.655
整然とした・雑然とした	-0.514	-0.457	-0.654
固有値	4.608	1.951	1.191
寄与率 (%)	57.597	24.392	14.885
累積寄与率 (%)	57.597	81.989	96.874

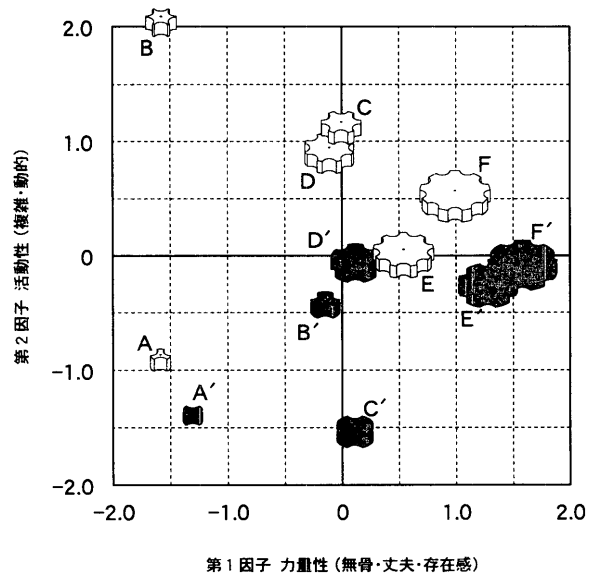


図6-1 因子得点によるサンプルの散布図 (第1因子 - 第2因子)

イメージプロフィールを作成し、大きさ・断面形状の違いによる操作者の各サンプルに対するイメージを考察した。

(1) 「美しさ」について (図5回)

B A' F' で男女の評価が分かれたが、他はほぼ性別によらず同様の平均値が得られた。Bは女性の評価が高く、A' F' は男性の評価が高かった。全体ではC B' D' が平均で5点近い得点を得た。また、E E'、F F' の直径が大きなサンプルは「美しさ」として評価が低い傾向にあった。

(2) 「整然性」について (図5回)

溝の切り方に関わらず、A~F、A'~F' ではほぼ同じような傾向を示した。最も大きなF F' の評価がやや低かったが、整然としているか雑然としているかについては特に区別されず、男女の評価の違いも、ほとんど見られなかった。

(3) 「存在感」について (図5回)

直径が大きくなるほど「存在感」は増した。また、EとE' では女性の評価が高く、男女の評価が分かれた。

(4) 「丈夫-きゃしゃ」について (図5回)

直径が大きなサンプルほど「丈夫」なイメージを与えた。BとB' は直径が同じだが溝の切り方の違いで評価が大きく分かれた。溝の数が3のB' に対して、Bは6で先端部が細く、きゃしゃな印象を与えたと考えられる。全体で見ると、E' F' の丈夫さが印象的だったようである。

(5) 「繊細-無骨」について (図5回)

先端部が多く細いBが最も繊細と感じられた。全体的には直径の大きなものは「無骨」、小さなものは「繊細」と評価され、サンプルの大きさの影響がうかがえる。また、DおよびA' では男性の評価が低く、男女の評価が分かれた。

(6) 「複雑-シンプル」について (図5回)

指の接触位置に合わせるため溝を多く切ったA~Fの方が、A'~F' よりも各直径のサンプル毎で「複雑」と感じられた。A' B' C' は直径も小さく凹凸も少ないので、かなり「シンプル」と評価された。Bが最も「複雑」と感じられ、また、Eで男女の評価が分かれた。

(7) 「動的-静的」について (図5回)

「複雑-シンプル」のイメージプロフィールと似た傾向を示したが、平均得点の数値では各サンプルで1点近く高い値であった。やや「複雑」と評価されたBは、やや「動的」とも評価された。

(8) 「自然-不自然」について (図5回)

直径が小さく、先端部が細いAとBがやや不自然な印象を与え、C B' C' はやや「自然」と評価された。

3.3. 視覚的イメージに対する因子分析の結果

サンプルA~FおよびA'~F' に対して行った視覚的イメージに対する評価実験の結果から、8対の評価尺度の平均値に基づいて、主因子法によるバリマックス回転の因子分析を行った。初期の固有値が1.0以上で、回転後の累積寄与率が90%を越え、その結果、表3に記した3つの因子を抽出した。これら3つの因子により、つまみサンプルの形状に対する視覚的イメージの構造が説明できると判断した。

過去の文献[注4]を参考に、第1因子(無骨な・繊細な・丈夫な・きゃしゃな・存在感がある・存在感がない)を「力量性」、第2因子(動的な・静的な・複雑な・シンプルな)を「活動性」、第3因子(自然な・不自然な・美しい・美しくない・整然とした・雑然とした)を「美的整然性」とした。寄与率は順に、

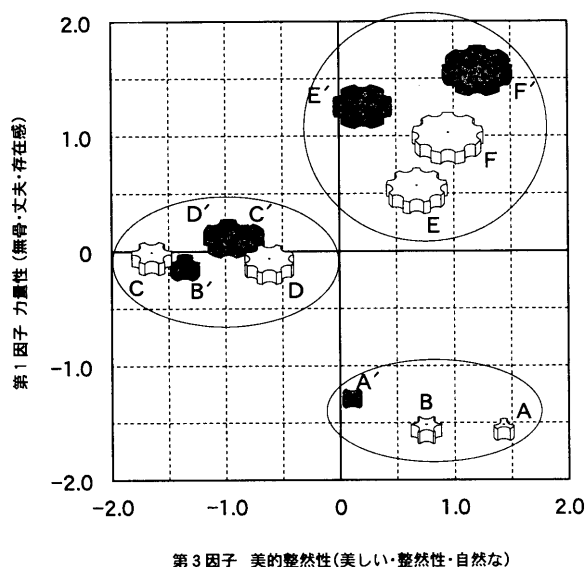


図6-2 因子得点によるサンプルの散布図(第3因子-第1因子)

57.5%、24.3%、14.8%で、つまみサンプルの視覚的イメージの構造は、「力量性」「活動性」「美的整然性」の3つで把握されていると考えられる。

次に、各因子を軸とした因子得点の平均値による散布図を作成し、A～F(白)およびA'～F'(黒)の各図をプロットした。図6-1は「力量性-活動性」を軸とした空間で、大きさ(力量性)と溝の数(活動性)によって上下左右にグループが形成されていることが分かる。図6-2は「美的整然性-力量性」で、操作性の評価が最も高かったサンプルCは、力量性に関係なく美的整然性が最も低いサンプルであった。また、力量性が極端に異なるAとF'は、操作性では比較的低い評価であったにもかかわらず、美的整然性が高い空間に位置している。「美的整然性-力量性」の空間は、サンプルの直径によって大・中・小の3グループに分けられるのが特徴である。図6-3の「美的整然性-活動性」では、特に際だった特徴は見られなかった。

4. まとめ

本研究では、回転操作実験から得られた「開始時の指の使用本数」および「各指とつまみの接触位置」のデータを基に、操作しやすくであろうつまみサンプルと、そうでないサンプルを6種類ずつ計12個作成し評価実験を行った。これにより、既報データのとつまみ設計に対する有効性を確認すると共に、各サンプルに対する被験者の視覚的イメージを探り、製品デザインに役立てることを目的とした。操作性に関しては、特に「つかみ(つまみ)やすさ」と「各指の収まり」の2項目について、直径が最小のサンプルA以外は、既報[注1]の実験結果を基に作成したサンプルの方が、そうでないものより評価が高く、データの有効性を示す結果となった。また、視覚的イメージの評価結果を因子分析した結果、そのイメージ構造は「力量性(無骨・丈夫・存在感)」「活動性(複雑・動的)」「美的整然性

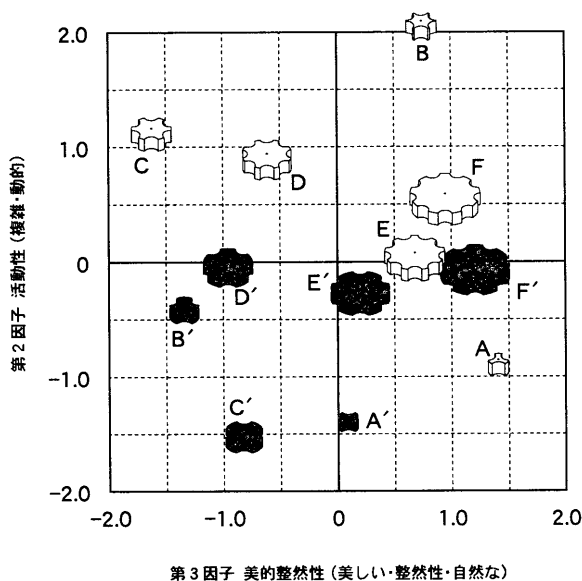


図6-3 因子得点によるサンプルの散布図(第3因子-第2因子)

(美・整然・自然)」の3因子に分けることができた。これらを軸として、各12サンプルの散布図を作成したところ、第3因子「美的整然性(美・整然・自然)」の評価が高いサンプルが、必ずしも操作性の良いつまみではなく、デザイナーが作成した視覚的に「美しい」つまみが、操作性の悪い形状となる場合もあり得ると示唆した。

今回の結果では、操作性と視覚的イメージの性別による違いがいくつかのサンプルで見られた。操作性では得点化する際に、女性の方が極端な評価を出す傾向にあり、AA'FF'で顕著であった。操作に負荷を掛けていないため、握力・摘み力の違いによる影響は考えられない。しかし、手の大きさや日常使用している道具の違いによって操作性に対する評価で性差が出た可能性は否定できない。今後、他の設置条件についてもデータの有効性を確認し、性差についても深く検討することで、製品デザインのための資料として、その価値を高める必要がある。

注および参考文献

- 1) 松崎元, 大内一雄, 上原勝, 上野義雪, 井村五郎: 円柱形つまみの回転操作における指の使用状況について, デザイン学研究, 45, 5, 69-76, 1999
- 2) 松崎元, 上原勝, 上野義雪, 井村五郎: 正面および側面に設置したつまみの直径変化による指の使用本数と接触位置, デザイン学研究, 48, 1, 85-92, 2001
- 3) (社)日本生活工学研究センター: 日本人の人体計測データ 1992-1994, 1997
溝となる小円の直径は、上記の「人体計測データ」より、5指の中で最も太い第1指(母指)の幅から平均値を参考にしてφ20mmとし、各円周上に均等配置した。
- 4) 小原二郎編: デザイン計画の調査・実験, 鳳山社, 66-76, 1969