

製品表面形状の高感性化と高機能化に関する研究

—包丁を使いやすくする柄の表面形状の触覚による官能評価—

千原 健司、安藤 敏弘*

Study on achieving both high sensitivity and high performance by the product surface shape
- Results of sensory evaluation by tactile sense of the handle's surface shape to make kitchen knife easy to use-
Kenji Chihara, Toshihiro Ando*

使いやすい包丁を機能的に設計することを目的に、柄の表面形状に着目し、手のサイズに関わらず使いやすさを向上させる2つの特長的なシボを触覚により官能評価した。この結果、各々のシボについて使いやすく感じられる表面形状のスケールを見出した。また、接する部位により使いやすく感じる形状に違いがあること、滑りにくさは、温冷感、硬軟感、粗滑感及び乾湿感を説明変数として定式化が可能であることを確認した。

1. はじめに

使いやすい包丁を機能的に設計するために、著者らはこれまで、包丁の使い方実験¹⁾により包丁の握り方を分類し手の大きさとの相関を明らかにしたり、評価グリッド法により包丁の評価構造モデルを作成²⁾したり、評価構造モデルの中で、柄の握りやすさに着目し、使いやすい柄の太さと手の大きさとの関係を明らかにした。³⁾ これらにより、複数のサイズの柄を準備することが望ましいという結果を得ている。

しかし服や靴等と異なり、包丁は1つのサイズで提供されるということが現状である。このため今回、柄の表面形状に着目し、手のサイズに関わらず、使いやすさを向上させる表面形状（以下、「シボ」という。）について評価方法を検討し、2つの特長的なシボについて触覚により官能評価を行った結果について報告する。

2. 実験

2.1 シボの設定

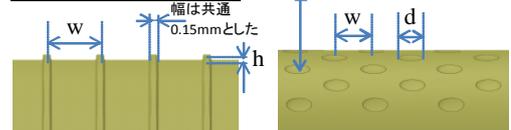
包丁のほか、様々な道具のグリップ表面形状を観察した結果、主に滑り止めの効果を図ったと考えられる縦格子状のシボ（以下、「縦格子シボ」という。）と、触感の良さを図ったと考えられる円形に窪んだシボ（以下、「ディンプルシボ」という。）の2つの基本的かつ特長的なシボについて評価を行うことにした。

試料数は、縦格子シボは、段差間隔4水準と段差高さ2水準を組合せた4×2の8条件を設定した。ディンプルシボは、窪みの径3水準と窪みの水平間隔2水準を組合せた3×2の6条件を設定した。試料片の構成を表1に示す。

縦格子シボの水準値設定の考え方は、指紋の高さが約0.1mm、幅約0.3~0.5mmであり、これらのスケールにおいて指先の触感の変化を与える閾値が存在するという研究⁴⁾を散見するため、このスケールを基準とし、また、2点弁別閾（2点を認識できる距離）が指先と比べて一

表1 試料の構成

縦格子シボ			ディンプルシボ		
試料番号	段差間隔 w [mm]	段差高さ h [mm]	試料番号	窪みの径 d [mm]	窪み間隔 w [mm]
1	0.5	0.1	1	1	4
2	1.0	0.1	2	2	4
3	2.0	0.1	3	3	4
4	4.0	0.1	4	1	3
5	0.5	0.3	5	2	3
6	1.0	0.3	6	3	3
7	2.0	0.3			
8	4.0	0.3			



般的に大きいとされている手掌による触感も、今回、評価するために、この基準を対数的に増大させて水準値を設定した。なお、対数的に増大させるのは、「知覚認識は対数変換した物理量を知覚することにより行われている」というフェヒナーの法則⁵⁾を考慮している。

ディンプルシボの水準値の考え方は、同様のシボをソフトフィールド硬質面として、触知覚現象と生成メカニズムの研究をしている佐野らによる知見⁶⁾を概ねの基準（試料5）とし、この基準の前後に水準値を設定した。

2.2 評価試料の製作

前節により設定した試料の内、特に間隔の狭い縦格子シボを切削加工で製作することは困難であるため、県内企業が有する3Dプリンター（米3D Systems社、ProJet3500）により全ての試料を製作した。材料はUV硬化型アクリル樹脂を使用し、積層方向ピッチ0.016mmで積層した。製作した試料の一部を図1に示す。レーザー顕微鏡で仕上がりを確認したところ、ほぼ設計値どおりに製作できていることを確認した（図左）。

2.3 被験者

心身ともに健康な12名（全員右利き）を対象にした。被験者の基礎データを表2に示す。手のサイズ等に関わらず、柄のシボにより包丁の使いやすさを向上させることが本研究の目的であるため、年齢、性別、握り内径や握り方¹⁾が様々な被験者を対象とした。

* 岐阜県商工労働部産業技術課

2. 4 試験方法

2. 4. 1 評価方法

今回の評価では、類似するシボの微妙なスケールの差を評価する必要があることから、例えばSD (Semantic Differential) 法のように1試料毎に被験者が持つ絶対的な基準により評価することは困難が想定される。このため、シェッフェの一对比較の中屋の変法を用いた。本方法は、全ての被験者が、全ての試料の組合せ毎に互いを比較し、相対評価を行うもので、1試料の評価回数も多くなることから信頼性の高い評価が期待できる。

2. 4. 2 評価項目

著者らが包丁の評価構造モデル²⁾により導き出した、包丁の柄の表面形状が使いやすさに影響し得る項目から、次の3つを選択し、総合的な評価項目とした。

- 滑りにくさ (滑りにくい⇔滑りやすい)
- 触感の良さ (触感が良い⇔触感が悪い)
- フィット性 (フィットする⇔フィットしない)

また、永野らは触覚によって材質感を構成する評価次元に関する研究動向を広域に調査し、5つの評価次元を主要な次元として見出している⁷⁾。この内、今回の評価では、大きな凹凸の次元を除く次の4つの次元を基本的な評価項目とした。

- 温冷感 (温かい⇔冷たい)
- 硬軟感 (硬い⇔柔らかい)
- 粗滑感 (粗い⇔滑らか)
- 乾湿感 (乾いた⇔湿った)

これらの項目を、スケールの違いを主要因とする有意差検定することに加えて、総合評価項目を目的変数、基本評価項目を説明変数として、重回帰分析を試みる。

2. 4. 3 試験手順

試験の概要説明を図2に示す。上面2mmをフライス盤で削ってある樹脂丸棒(長さ70cm, 径30mm)を用いて、図左上に示すように、A部分とB部分に削った分と同形の2種類の比較する試料片をテープで固定し、被験者が交互に触れたり擦ったりして、前節の7項目について7段階尺度により評価をし、図右のシートに○を記載する。これを縦格子シボの場合は ${}_8C_2=28$ 通り、ディンプルシボの場合は ${}_8C_2=15$ 通り評価する。なお、視覚の影響を除くために、被験者には試験片を見ないようにお願いし、別の試験者が試料片を貼り換えて、評価を繰り返した。

また、手内の部位による感じ方の違いを知るため、親指と、中指~小指下の手掌(図左下)の2か所の部位により評価した。

2. 5 データ処理

前節の評価シートを元に、評価項目毎に左から3点、2点、1点、0点、-1点、-2点、-3点と重みを付けて、量的データに変換し、Excelにより統計処理をした。

3. 結果及び考察

3. 1 縦格子シボ

縦格子シボの総合評価項目の結果要旨を図3に示す。左列は親指での評価結果、右列は手掌での評価結果を示

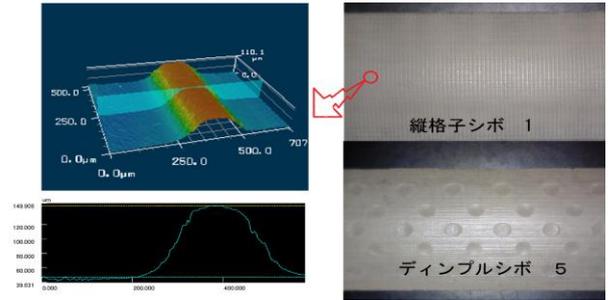


図1 製作した試料の一部

表2 被験者の基礎データ

	平均値	標準偏差	最小値	最大値
年齢 [年]	40.6	7.5	30	53
包丁使用歴 [年]	22.3	11.7	6	40
握り内径(示指)[mm]	44.3	2.5	40.4	47.8
男女の内訳	男6名、女6名			
握り方の内訳	握り形7名、柄元握り型1名、人差し型1名、人差し指押さえ型1名、親指押さえ型1名			

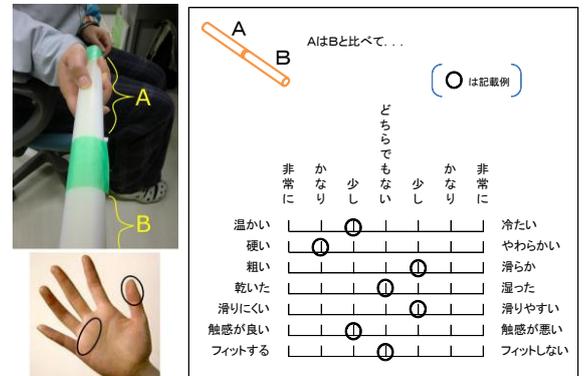


図2 試験の概要

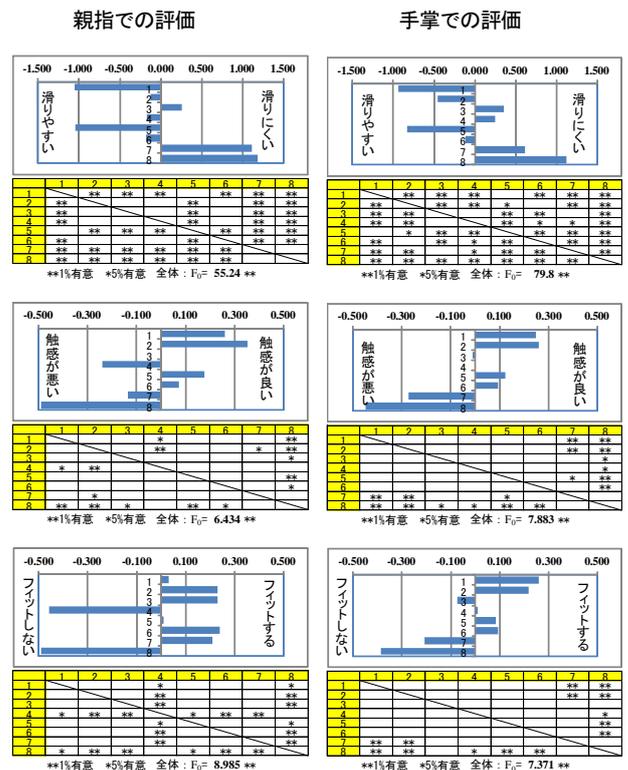


図3 縦格子シボの総合評価項目の結果

す。棒グラフは、全試験による得点を平均化したもので、試料1～8の各々をどのように感じるか、またその程度を比較できる。下表は、スケールの違いを主効果とする各試料間の有意差の検定結果である。これにより以下の考察ができる。

【親指での評価】

- ・試料7および試料8のスケールが他と比較して、ほぼ同等に有意に滑りにくいと感じられている。
- ・試料7は試料8と比較して、有意ではないものの触感が悪くない傾向があり、また、有意にフィットすると感じられている。
- ・この結果、この種のシボで親指の部位では、試料7の段差間隔2mm、段差高さ0.3mmのスケールが総合的に使いやすいスケールであることが推測される。

【手掌の部位について】

- ・試料8のスケールが他と比較して有意に滑りにくいと感じられている。
- ・試料7の評価は、前出の親指の部位による評価と違い、触感およびフィットの両面で、他と比較して悪いと感じられている。
- ・この結果、この種のシボで手掌の部位では、滑りにくさを重視するのであれば試料8のスケールを、触感およびフィット性を重視するのであればその他（例えば試料2）のスケールを選択すると良い。

以上の結果より、手に接する部位により、使いやすさを感じる適切なスケールに違いがあることが分かる。

3.2 ディンプルシボ

ディンプルシボの総合評価項目の結果要旨を図4に示す。図表の配列等は図3と同様である。これにより以下の考察ができる。

- ・この種のシボでは、全ての総合評価が高いのは試料6の窪みの径3mm、窪み間隔3mmのスケールであることが推測される（ただし、このスケールの水準値は端値であるため、より評価の高い窪みの径は3mm以上、窪み間隔は3mm以内にある可能性は否定できない）。
- ・親指と手掌の評価傾向は同様であるものの、手掌の感じ方の程度は弱い。

3.3 重回帰分析

総合評価項目を目的変数、基本評価項目を説明変数として重回帰分析をする。代表して、縦格子シボを親指で評価した結果により分析結果を説明する。図5に、同評価の全ての評価項目の結果要旨を示す。まず、この結果を俯瞰すると、以下の点が興味深い。

- ・試料8が、有意に冷たいと感じられている。
 - ・試料1と5が、有意に柔らかいと感じられており、試料7と8が、有意に硬いと感じられている。
 - ・試料7と8が、有意に乾いたと感じられている。
- 一見すると、基本評価項目と総合評価項目の間に、何らかの相関があるように思われる。

表3に、目的変数として、滑りにくさを T_1 、触感の

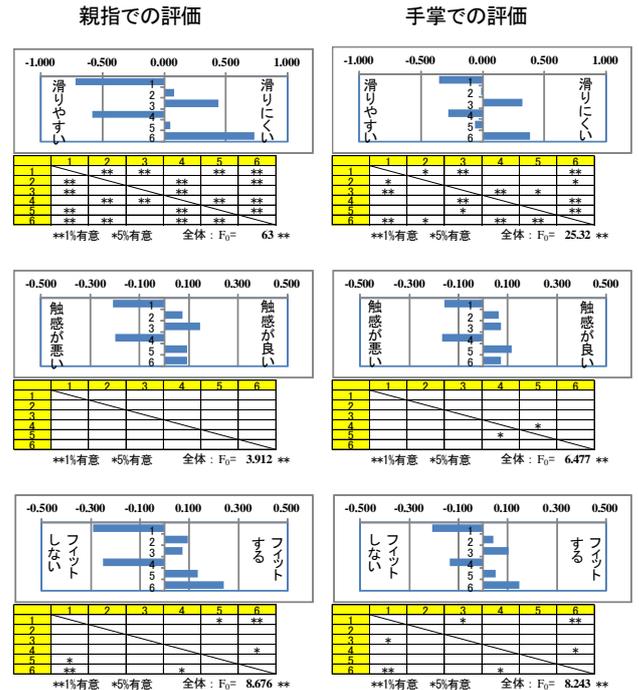


図4 ディンプルシボの総合評価項目の結果

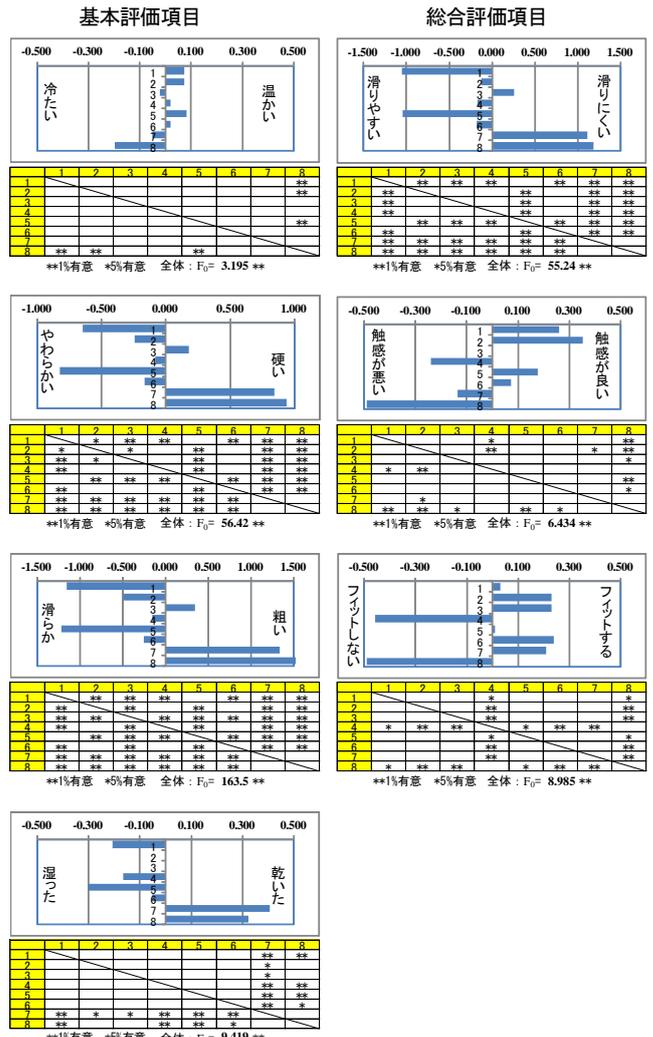


図5 縦格子シボ（親指での評価）の全評価結果

良さを T_2 、フィット性を T_3 とし、説明変数として、温冷感を B_1 、硬軟感を B_2 、粗滑感を B_3 、乾湿感を B_4 として、重回帰分析を行った結果を示す。これにより以下の考察ができる。

- 滑りにくさ T_1 は、 $B_1 \sim B_4$ の説明変数により定式化した結果、決定係数が高く ($R^2=0.861$)、十分に予測することが可能であり、より効果的に機能設計ができる可能性がある。

- 触感の良さ T_2 とフィット性 T_3 は、 $B_1 \sim B_4$ の説明変数により定式化した結果、決定係数がそれぞれ低く ($R^2=0.295$ と 0.181)、十分な予測は困難である。

これらの原因としては、各評価項目に主に寄与する要因の違いが考えられる。表4に、一対比較法の有意差検定の過程で作成した $T_1 \sim T_3$ の分散分析表を示す。決定係数の高い T_1 では、主効果の寄与率が高いが、 T_2 、 T_3 では、個人差と誤差の寄与率が高い。このために十分な予測が困難であったと考えられる。

3. 4 その他の考察

当初は、試料片を電動ステージに取り付け、自動で往復運動する試料の表面に指を触れることにより各官能評価を実施する予定であったが、実際に試作して試験したところ、うまく評価することができなかった。これは、人の触覚による知覚は、自ら能動的に対象物に触れ、この応答により判断するという、所謂、アクティブセンシングであることに起因すると考えられる。

4. まとめ

本研究では、使いやすい包丁を機能的に設計することを目的に、柄の表面形状に着目し、手のサイズに関わらず、使いやすさを向上させる2つの特長的なシボについて、評価を行い、以下の知見を得た。

- 縦格子シボは、親指の部位において、段差間隔 2 mm、段差高さ 0.3 mm のスケールが、総合的に機能を高める。
- 同シボは、手に接する部位により、機能を向上させるスケールに違いがある。
- ディンプルシボでは、窪みの径 3 mm、窪み間隔 3mm のスケールが、総合的に機能を高める傾向がある。
- 滑りにくさは、温冷感、硬軟感、粗滑感及び乾湿感を説明変数として、十分に定式化することが可能である。

【謝 辞】

試験に参加頂きました被験者の皆様に感謝致します。

【参考文献】

- 1) 安藤ら,岐阜県機械材料研究所研究報告 No.3, pp9-12,2010
- 2) 安藤ら,岐阜県機械材料研究所研究報告 No.3, pp13-15,2010
- 3) 安藤ら,岐阜県機械材料研究所研究報告 No.5, pp5-13,2012

表3 各総合評価の回帰分析結果

T_1 の回帰分析結果

回帰統計		係数	標準誤差	t	P-値	
重相関 R	0.928	切片	0.000	0.035	0.000	1
重決定 R ²	0.861	B_1	0.399	0.153	2.606	0.011 **
補正 R ²	0.854	B_2	-0.189	0.074	-2.558	0.012 **
標準誤差	0.344	B_3	0.865	0.055	15.694	0.000 **
観測数	96	B_4	0.314	0.110	2.858	0.005 **

(分散分析表)

	自由度	変動	分散	分散比	有意 F
回帰	4	66.35	16.587	140.459	0.000 **
残差	91	10.75	0.118		
合計	95	77.09			

T_2 の回帰分析結果

回帰統計		係数	標準誤差	t	P-値	
重相関 R	0.544	切片	0.000	0.052	0.000	1
重決定 R ²	0.295	B_1	0.648	0.228	2.836	0.006 **
補正 R ²	0.264	B_2	-0.170	0.110	-1.539	0.127
標準誤差	0.513	B_3	-0.172	0.082	-2.091	0.039 *
観測数	96	B_4	0.609	0.164	3.720	0.000 **

(分散分析表)

	自由度	変動	分散	分散比	有意 F
回帰	4	10.03	2.507	9.541	0.000 **
残差	91	23.91	0.263		
合計	95	33.94			

T_3 の回帰分析結果

回帰統計		係数	標準誤差	t	P-値	
重相関 R	0.425	切片	0.000	0.058	0.000	1
重決定 R ²	0.181	B_1	0.871	0.253	3.443	0.001 **
補正 R ²	0.145	B_2	-0.236	0.122	-1.933	0.056
標準誤差	0.568	B_3	0.067	0.091	0.735	0.464
観測数	96	B_4	0.368	0.182	2.027	0.046 *

(分散分析表)

	自由度	変動	分散	分散比	有意 F
回帰	4	6.49	1.622	5.023	0.001 **
残差	91	29.39	0.323		
合計	95	35.88			

表4 各総合評価の分散分析表

T_1 の分散分析表

要因	平方和	自由度	不偏分散	F_0	寄与率
主効果	478.8	7	68.39	55.24 **	0.500
主効果×個人	138.0	77	1.792	1.448 *	0.045
組合せ効果	37.3	21	1.774	1.433	0.012
誤差	286.0	231	1.238		0.443
総平方和	940.0	336			

T_2 の分散分析表

要因	平方和	自由度	不偏分散	F_0	寄与率
主効果	52.4	7	7.479	6.434 **	0.079
主効果×個人	219.1	77	2.846	2.448 **	0.231
組合せ効果	22.0	21	1.047	0.900	0.000
誤差	268.5	231	1.162		0.691
総平方和	562.0	336			

T_3 の分散分析表

要因	平方和	自由度	不偏分散	F_0	寄与率
主効果	63.0	7	9.006	8.985 **	0.103
主効果×個人	224.0	77	2.909	2.902 **	0.269
組合せ効果	27.5	21	1.308	1.304	0.012
誤差	231.5	231	1.002		0.617
総平方和	546.0	336			

- 4) 例えば、渡辺ら,精密工学会誌 Vol.71,No.11, pp1421-1425,2005
- 5) 大山 今井 和気編,新編 感覚・知覚心理学ハンドブック,誠信書房,1994
- 6) 佐野ら,ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集,2P1-L03,2009
- 7) 永野ら,日本バーチャルリアリティ学会論文誌,Vol.16,No.3,pp343-353,2011