

一般論文

楕円フーリエ記述子を用いたボディソープボトル 形状の分析と評価

小森 政嗣*、川村 智**、横山 卓未***、森下 佳昌***

Quantitative Analysis of the Shapes of Liquid Soap Bottles Using Elliptic Fourier Descriptors

Masashi KOMORI*, Satoru KAWAMURA**, Takumi YOKOYAMA***
and Yoshimasa MORISHITA***

本研究では、楕円フーリエ記述子と主成分分析を用いて、ボトル形状を定量的評価する手法の構築を試みた。楕円フーリエ記述子は、物体の輪郭などの二次元閉曲線を解析する手法であり、これまで生物の形態学的解析に用いられてきた。本研究では17種のボディソープボトルの輪郭形状の楕円フーリエ解析で得られた多変量のフーリエ係数に主成分分析を行うことで、ボトルの主要な形態上の特徴を検討した。その結果、各主成分はボトルの丸さ、重心の垂直位置、肩部形状と関連していることが示された。さらに、SD法によりボトル輪郭形状の印象評価をさせた結果、第1主成分は「美しい」、「上品な」といった印象と、第2・第3主成分は「アクティブな」、「ユニークな」といった印象と関連していることが示された。また、様々な印象に対応するボトル形状をフーリエ逆変換によって再構成し、再構成されたボトル形状が意図した印象を与えることができるかも検証した。

This study aims at establishing a quantitative method to evaluate bottle shapes by using a combination of elliptic Fourier descriptors (EFDs) and principal component analysis (PCA). EFDs are used for analytically parsing closed, two-dimensional contours and have been applied to evaluation of biological shapes. Using EFDs, we converted the contours of 17 body soap bottle shapes into multivariate Fourier coefficients and performed a PCA on the Fourier coefficients to extract major morphological features of body soap bottles. The principal components (PCs) were found to be related to the roundness of the bottles, their vertical location of the center of gravity, and form of the shoulder of the bottles. Participants rated their impressions of the bottle contours on a seven-point semantic differential scale. The first PC of bottle shapes was linked to impressions of “beautiful” and “refined.” Both second and third PCs were related to impressions of “active” and “unique.” Moreover, bottle shapes corresponding to each impression within the set of impressions were reconstructed using inverse Fourier transformations. The reconstructed bottle shapes were assessed to determine if they conveyed the intended impressions.

キーワード: 形状、デザイン、楕円フーリエ記述子

Keywords: Shape, Design, Elliptic Fourier Descriptors

*大阪電気通信大学 (〒572-8530 大阪府寝屋川市初町1 8番の8号), Osaka Electro-Communication University, Neyagawa, Osaka 572-8530, Japan, TEL: (072)824-1131, FAX: (072)824-0014, Email: komori@oecu.jp

** 千歳科学技術大学, Chitose Institute of Science and Technology

*** クラシエホームプロダクツ(株), Kracie Home Products, Ltd.

1. 緒言

ボディソープやシャンプーなどの化粧品を購入する際、消費者は製品を実際を使用して確認することは通常難しい。そのため、製品が消費者の求める特性を有しているかを消費者が判断する手掛りは限られている。それらの手掛りの中でもパッケージデザインは重要な要素の一つである。パッケージデザインが製品の特性やイメージを反映したものであるならば、まだ商品を購入したことがない消費者であっても商品の特性を把握することが可能になる。このように、化粧品や石鹸等などのパッケージデザインにおいては、ターゲットとなる消費者のニーズに合致したパッケージデザインを行うことが非常に重要となる。

化粧品の容器のデザインの中でも、容器形状は容器プリントと並びデザインを構成する重要な要素である。しかし、形状を定量的に扱うことは簡単ではない。このため、従来、工学的なデザイン支援手法においては、形状はなんらかのカテゴリ変数（たとえば丸、四角といった分類）として扱い、数量化理論などに基づき解析されることが一般的であった。しかし複雑な形状の違いを十分に網羅できるカテゴリを構成し、またそれらのカテゴリに客観的に分類することは容易ではない。そのため、従来の形状評価手法では複雑な形状を扱うことは難しかった。

現状では、デザイナーの経験や知識に頼って容器形状のデザインが行われている。

そこで、本研究では輪郭形状を多変量データに変換することが出来る楕円フーリエ解析(Elliptic Fourier Analysis)¹⁾に着目した。ここで形状とはサイズや向きの違いや変位（位置移動）と独立した幾何学的情報と定義する。形状を定量的に比較する手法は、2次元や3次元の標識点座標を用いる手法²⁾³⁾と、輪郭などの曲線を用いる手法に大別される。これらの手法はともに、形状をカテゴリに分類する手法と異なり、分析結果をもとに形状を再構成することができるという長所を持つ。本研究で用いる楕円フーリエ解析は、輪郭に基づく形状比較の代表的な手法であり、輪郭のような閉曲線を周期関数として捉え、そのフーリエ級数展開により導出されたフーリエ係数により形状を近似し解析するものである。これまで、楕円フーリエ記述子は、穀物の種子判別など動植物の器官の形状解析や⁴⁾⁻⁶⁾、工業製品の評価⁷⁾、出土品の考古学的分析⁸⁾などに利用されてきた。これらの例からも楕円フーリエ記述子は微細な形状の違いを定量的に比較することができる手法であるといえる。

本研究では、日常的に使われる化粧品の代表的な例としてボディソープボトルを取り上げ、楕円フーリエ解析によりボトル容器形状を定量的に解析する。解析対象となったボトル形状は楕円フーリエ

解析によってそれぞれが多変量の数値データに変換される。また、ボトル形状の印象評価実験を行い、ボトル形状と印象との対応関係を明らかにする。また、印象語からボトル輪郭形状を再構成する手法を提案し、手法の有効性を検討する。

2. ボトル輪郭形状の分析

2.1 サンプル

日本国内で一般に市販されていたボディソープのうち、相対的に高いシェアを持つ製品から17種類を解析対象とした(これをサンプルA-Qとする)。サンプルA, D, Gは特にシェアが高い製品である。ただし、ディスペンサの形状がワンドロップ型のもののみを解析対象とし、形状が大きく異なるポンプフォーマー型のボディソープは解析対象外とした。

各ボディソープボトルの正面画像をスキャナにより取得した。このときディスペンサの向きは全て左向きとした。さらに、取得した画像に対しノイズの除去と2値化処理を行い(Fig.1)、輪郭抽出処理を行うことで輪郭座標を求めた。



Fig.1 Binarized frontal view images of liquid soap bottles (Sample A, B and C)

2.2 楕円フーリエ解析

各ボトルについて求められた輪郭に対して楕円フーリエ解析を行う。楕円フーリエ解析では、輪郭上のある点 S から出発し、輪郭上を一定の速度で周回する点 P を考える。ここで、点 P の時刻 t における x, y 座標をそれぞれ $x(t), y(t)$ と表すと、点 P は輪郭上を1周するごとに出発点 S に戻ってくるため、 $x(t), y(t)$ は周回時間 T を周期とする周期関数となる。周期をもつ関数はフーリエ級数により記述できるので $x(t), y(t)$ は以下ようになる。

$$x(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^N \left(a_n \cos \frac{2n\pi t}{T} + b_n \sin \frac{2n\pi t}{T} \right)$$

$$y(t) = \frac{c_0}{2} + \sum_{n=1}^N \left(c_n \cos \frac{2n\pi t}{T} + d_n \sin \frac{2n\pi t}{T} \right)$$

この a_n, b_n, c_n, d_n が楕円フーリエ記述子の係数になる。ただし、取得された輪郭は互いに大きさや向きが異なるため、以下の式で、第1調和楕円の半長軸の長さを等しくするスケールリングを行うとともに、半長軸の向きが同一になるよう位相を揃える標準化を行った(Fig.2)。

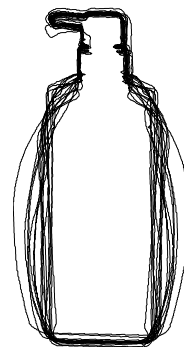


Fig.2 Standardized contours of the 17 samples

$$\begin{bmatrix} a_n^{**} & b_n^{**} \\ c_n^{**} & d_n^{**} \end{bmatrix} = \frac{1}{E^*} \begin{bmatrix} \cos\psi & \sin\psi \\ -\sin\psi & \cos\psi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_n & b_n \\ c_n & d_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos n\theta & -\sin n\theta \\ \sin n\theta & \cos n\theta \end{bmatrix}$$

ただし

$$E^* = (a_1^{*2} + c_1^{*2})^{\frac{1}{2}}$$

$$\begin{bmatrix} a_1^* \\ c_1^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_n & b_n \\ c_n & d_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta \\ \sin\theta \end{bmatrix}$$

$$\psi = \arctan\left[\frac{c_1^*}{a_1^*}\right] \quad (0 \leq \psi \leq 2\pi)$$

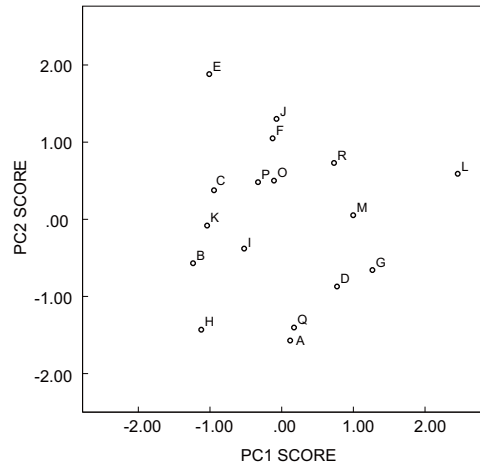
$$\theta = \frac{1}{2} \arctan\left[\frac{2(a_1 b_1 + c_1 d_1)}{(a_1^2 + c_1^2 - b_1^2 - d_1^2)}\right] \quad (0 \leq \theta \leq \pi)$$

標準化された係数を a_n^{**} , b_n^{**} , c_n^{**} , d_n^{**} とし、本研究ではこれらの係数を用いる。なお、式中の E^* は第 1 調和楕円に基づく大きさの標準化係数、 θ は第 1 調和楕円に基づく向きの標準化係数、 ψ は計測開始点の位置を揃える標準化係数である。本研究では第 80 調和までの係数により輪郭形状の近似を行った。このとき 1 枚の画像の輪郭より a_n^{**} , b_n^{**} , c_n^{**} , d_n^{**} の 4 係数 \times 80 調和で 320 の楕円フーリエ記述子の係数が得られる。

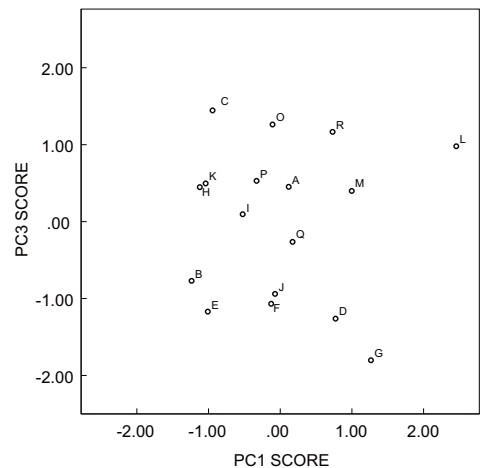
2.3 形状の主成分分析

楕円フーリエ解析により、所与のボトルの側面輪郭形状は 320 次元の変数 (a_n^{**} , b_n^{**} , c_n^{**} , d_n^{**} の 4 係数 \times 80 調和) で表現される。しかし、このままでは次元が多く解釈が困難である。楕円フーリエ解析では、係数に対し主成分分析を行うことで、形状の差異の主要な成分を抽出し、形状を少数の主成分得点で表現することがしばしば行われる⁹⁾。本研究でも、分散

共分散行列に基づく主成分分析 (PCA) を行い、寄与率の高かった第 3 主成分までを解析対象とした (寄与率: PC1, 71.5%; PC2, 9.5%; PC3, 6.4%; 累積寄与率, 87.4%)。各ボトルの主成分得点を Fig. 3 に示す。



(a)



(b)

Fig. 3 Principal component scores on (a) the first and the second principal components and (b) the first and the third principal components

各主成分軸と輪郭形状の関係を理解するため、逆変換により各主成分軸に沿った輪郭形状の変化 (\pm SD) を再構成した (Fig. 4)。第1主成分は縦長の形状か丸みを帯びた形状であるかの違いに対応した主成分であり、寄与率が非常に高いことから、ボディソープボトル形状の違いの多くはこの主成分軸に沿った違いで説明ができる。第1主成分得点の低いものほど縦長の形状となる (e.g., サンプルB)。また第2主成分はボトルの重心の位置と対応しており、第2主成分得点が小さいもの (e.g., サンプルA) は、ボトル下部に重心がある。

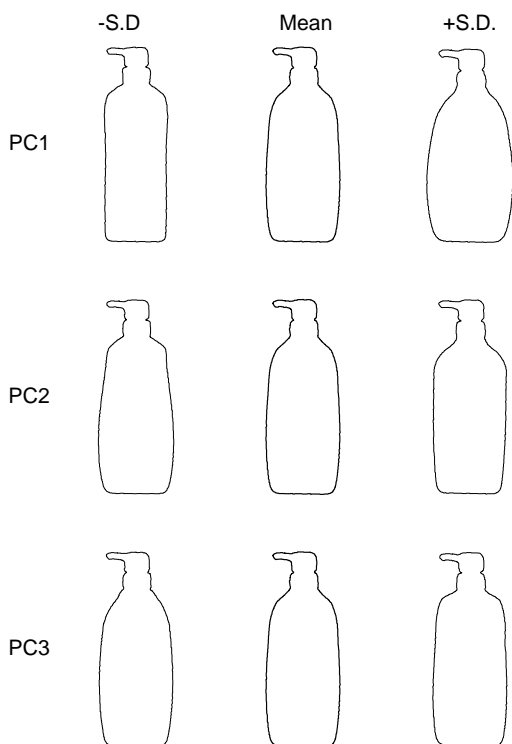


Fig. 4 Bottle shape \pm SD variation along the principal components (-SD/average/+SD)

第3主成分はボトル肩部の形状と関連しており、主成分得点が低いほど「なで肩」、高いほど「いかり肩」 (e.g., サンプルC) の形状となる。

このように、以上の3主成分でボディソープボトルの主要な形状の違いを記述できることから、以下では第1—第3主成分得点によりボトル形状を記述する。すなわち、各ボディソープは3次元空間の1点として表現されることになる。この空間を本稿では形状空間と呼ぶ。

3. ボトル輪郭形状印象の調査

輪郭形状の違いがボトルの印象に及ぼす影響を検討するため、ボトルのシルエット画像を用いて、印象の調査を行った。

3.1 方法

私立大学に在籍する85名(男性: 82名、女性: 3名; 平均年齢 = 20.95、SD = 0.76) が調査に参加した。

前述の17種類のボディソープボトルの輪郭内を黒く塗りつぶしたものを刺激とした。この輪郭には、2.2にて大きさと向きが規格化したもの (Fig. 2) を用いた。各画像は評価用紙の各ページに高さ約10cmで印刷された。

評価用紙には各画像とともに各画像の印象を問う19項目の双極の評価語対が示されていた (Table 1)。この評価語対は予備調査に基づいて決定された。印象評定に

先立ち、順序効果を低減するため調査参加者に全ての評定用紙の画像を確認させ、その後各項目について画像の順に7段階で評定を行わせた。評価刺激および評価語対の順序はランダム化されていた。全ての調査参加者が20分以内に評価を終えた。

Table 1 Set of bipolar adjective pairs

評定語対	
健康的な	不健康な
家族向けの	個人向けの
ありきたりな	個性的な
洗練された	野暮な
爽やかな	むさ苦しい
子供っぽい	大人っぽい
自然な	人工的な
肌にやさしい	肌に悪い
美しい	醜い
新鮮な	古くなった
今風な	古くさい
かわいい	かわいくない
親しみやすい	親しみにくい
落ち着いた	活動的な
地味な	派手な
元気がない	元気がある
軽やかな	重苦しい
信頼できる	信頼できない
上品な	下品な

3.2 印象と形状空間の関係

各ボトルに対する各評価値の平均に対して主成分分析を行った。その結果、第1および第2主成分の寄与率が非常に高かったため(PC1, 63.0%; PC2, 25.9%)、これらの主成分を検討対象とする。この空間をここでは評価空間と呼ぶ。

各評定語の主成分負荷量を Fig. 5 に示す。双極の尺度であるため、対になる評定語は原点を挟んで反対側に示されてい

る。さらに、評価空間の各主成分と形状空間の各主成分の相関係数およびこれらの相関係数に-1 を乗じた値をも重ねて Fig. 5 にプロットした。これらを結ぶ線は、形状空間の主成分の変化と印象の対応関係を示している。

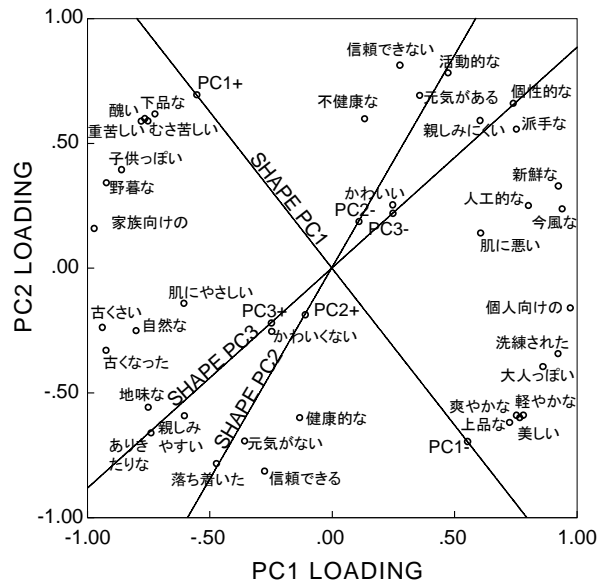


Fig. 5 Principal component loadings of each adjective. The solid lines show changes in shapes along each principal component of shape space.

形状空間での第1主成分の変化は「上品な—下品な」、「美しい—醜い」、「爽やかな—むさ苦しい」といった評価の違いと関係しており、形状の第1主成分得点が高いほど (Fig. 4-PC1 右) ネガティブな印象 (e.g., 「下品な」、「醜い」、「むさ苦しい」など) と関連付けられている。また、評価空間の第1・第2主成分と形状空間の第1主成分の相関係数の絶対値

が大きいことから、形状空間の第1主成分は印象と密接に関連していることが分かる。

形状の第2主成分は形状の第1主成分とは異なり、「落ち着いた」、「元気がない」といった印象と関連付けられている。また形状の第3主成分に沿ったボトル形状変化の印象に及ぼす影響は、第2主成分に沿った変化が及ぼす影響に似通っており、「親しみやすい」「ありきたりな」、「地味な」といった印象と関連付けられていた。

4. 印象に基づく形状の合成と評価

4.1 印象を反映したボトル形状の再合成

3節ではボトル形状空間とそのボトル

形状から受ける印象の対応関係が明らかになった。一方、本節では対形状空間と個々の評価語の関係を詳細に検討する。

そのため、形状空間の第1—第3主成分得点を独立変数とし、各印象評定値を従属変数として強制投入法による重回帰分析を行った (Table 2)。特に「軽やかな重苦しい」、「爽やかなむさ苦しい」、「美しい醜い」、「上品な下品な」の重決定係数 (R^2) は高く、これらの印象評価にはボトル形状が大きく影響していることがわかる。一方、「地味な派手な」、「元気がない元気がある」、「肌にやさしい肌に悪い」、「ありきたりな個性的な」の決定係数は低いことから、これらの印象評価に対して輪郭形状が及ぼす影響は小さいと言え

Table 2 Relationship between impressions and principal components of shape space

評定語対		標準偏回帰係数(β)			R^2
		PC1 Score	PC2 Score	PC3 Score	
健康的な	不健康な	-0.293	0.168	0.429	0.298
家族向けの	個人向けの	0.652	0.064	0.250	0.491
ありきたりな	個性的な	-0.050	0.227	0.359	0.183
洗練された	野暮な	-0.711	0.025	-0.154	0.530
爽やかな	むさ苦しい	-0.857	0.011	-0.017	0.735
子供っぽい	大人っぽい	0.703	-0.040	0.059	0.499
自然な	人工的な	0.279	-0.024	0.333	0.189
肌にやさしい	肌に悪い	0.291	0.080	0.274	0.166
美しい	醜い	-0.840	-0.047	-0.053	0.711
新鮮な	古くなった	-0.279	-0.209	-0.294	0.207
今風な	古くさい	-0.333	-0.175	-0.211	0.186
かわいい	かわいくない	-0.113	-0.419	0.212	0.233
親しみやすい	親しみにくい	-0.058	0.156	0.428	0.211
落ち着いた	活動的な	-0.212	0.169	0.347	0.194
地味な	派手な	-0.016	0.194	0.212	0.083
元気がない	元気がある	-0.333	-0.013	0.044	0.113
軽やかな	重苦しい	-0.914	-0.014	-0.163	0.862
信頼できる	信頼できない	-0.243	0.186	0.337	0.207
上品な	下品な	-0.770	0.067	0.059	0.602

る。

上記の重回帰分析の第1—第3主成分得点のそれぞれの回帰係数を要素とするベクトル β は形状空間内で各印象評定値を最も変化させる方向を示しており、このようなベクトルは一般に理想ベクトルと呼ばれる。全ての印象評定語について、平均形状 (Fig. 4 中央) およびサンプルA (Fig. 1 左) を形状空間内で理想ベクトルの方向に $\pm 1SD$ 変化させた形状の主成分得点を算出した。さらにこの主成分得点をもとに、フーリエ逆変換により各印象に対応したボトル輪郭形状を再構成した (Fig. 6、Fig. 7)。

4.2 再構成された輪郭形状の印象評価

4.1節の手法により再合成したボトル輪郭形状 (Fig. 6、Fig. 7) が、意図した印象の違いをもたらすか検証するため、これらの輪郭形状画像を用いて強制選択による評価実験を行った。

4.2.1 方法

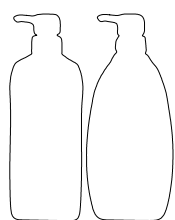
男子大学生 37 名 (平均年齢 = 21.0, SD = 0.8) が実験に参加した。いずれの参加者も関連する他の評価実験への参加経験はない。

実験には4.1節で作成した輪郭形状画像を用いた。刺激は平均形状を変形した輪郭画像を評定語対ごとに対にした19ペア (38種類) の画像および、サンプルAを変形した輪郭画像を対にした19ペア (38種類) である。評価シートの各ページに各ペアを構成する

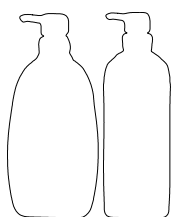
輪郭形状画像 (それぞれをA、Bとする) を並べて表示し、さらにその下に選択肢を表示した。選択肢は、仮に評定語対が「今風な—古くさい」であった場合、「Aが「今風な」、Bが「古くさい」ボディソープボトルであると感じられる」という選択肢と「Aが「古くさい」、Bが「今風な」ボディソープボトルであると感じられる」という選択肢を示し、実験参加者にこの二つの選択肢から一つを強制選択させた。各ペアを構成する輪郭画像の左右の位置は被験者間でランダム化されていた。実験参加者は二つのブロックに分割され、一方のブロックにはまず平均形状を変形した19セットの画像 (Fig. 6) を評価させ、次にサンプルAを変形した19セットの画像 (Fig. 7) を評価させた。またもう一方のブロックにはサンプルAの変形画像、平均形状の変形画像の順で評価させた。

4.2.2 結果と考察

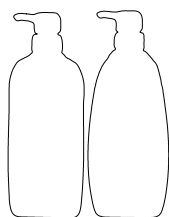
印象評価実験の結果をFig. 8に示す。ここでは、所与の印象と対応した理想ベクトル方向への変形に対し、実験参加者のその方向と合致する印象判断を行った場合を「一致」、実験参加者が理想ベクトルと逆の印象を持った場合には「不一致」とした。



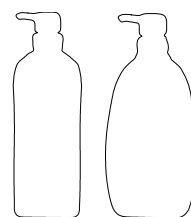
(a)健康的な-不健康な



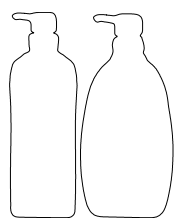
(b)家族向けの-個人向けの



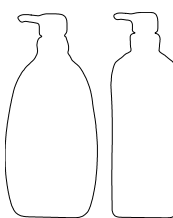
(c)ありきたりな-個性的な



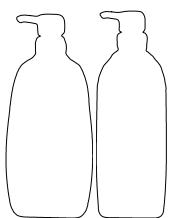
(d)洗練された-野暮な



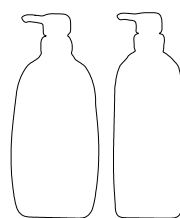
(e)爽やかな-むさ苦しい



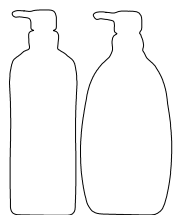
(f)子供っぽい-大人っぽい



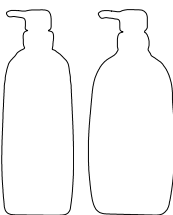
(g)自然な-人工的な



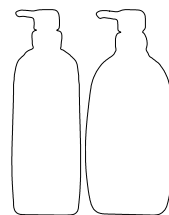
(h)肌にやさしい-肌に悪い



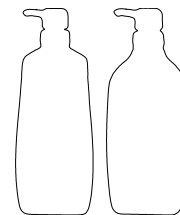
(i)美しい-醜い



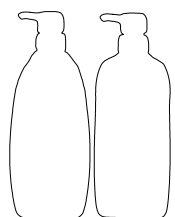
(j)新鮮な-古くなった



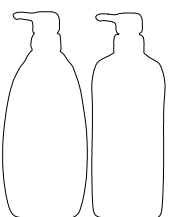
(k)今風な-古くさい



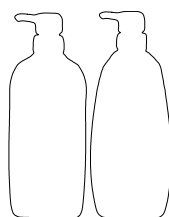
(l)かわいい-かわいくない



(m)親みにくい-親みやすい



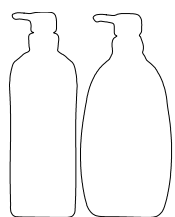
(n)活動的な-落ち着いた



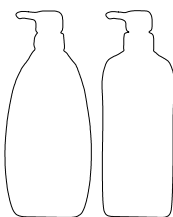
(o)地味な-派手な



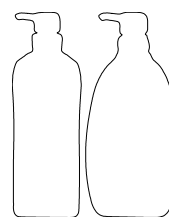
(p)元気がある-元気がない



(q)軽やかな-重苦しい



(r)信頼できない-信頼できる

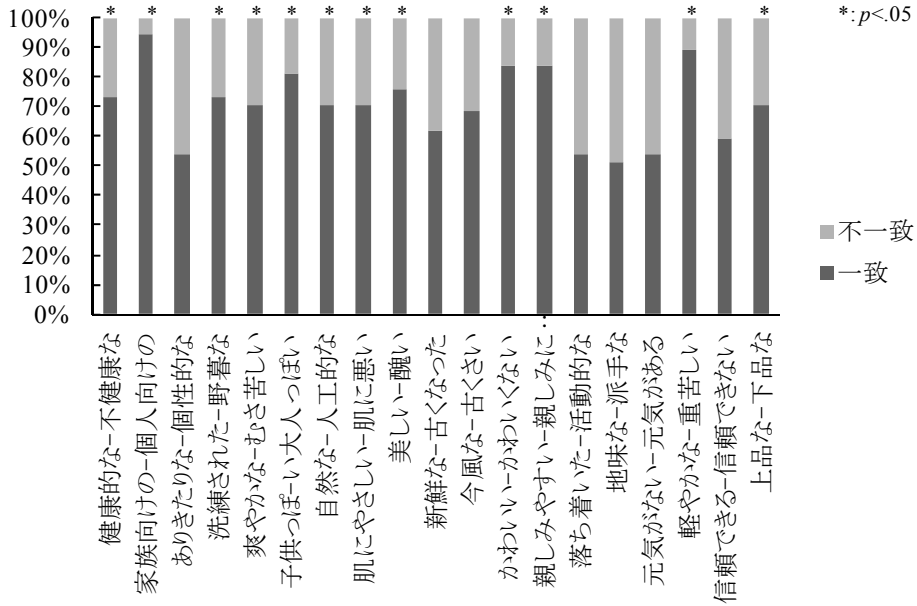


(s)上品な-下品な

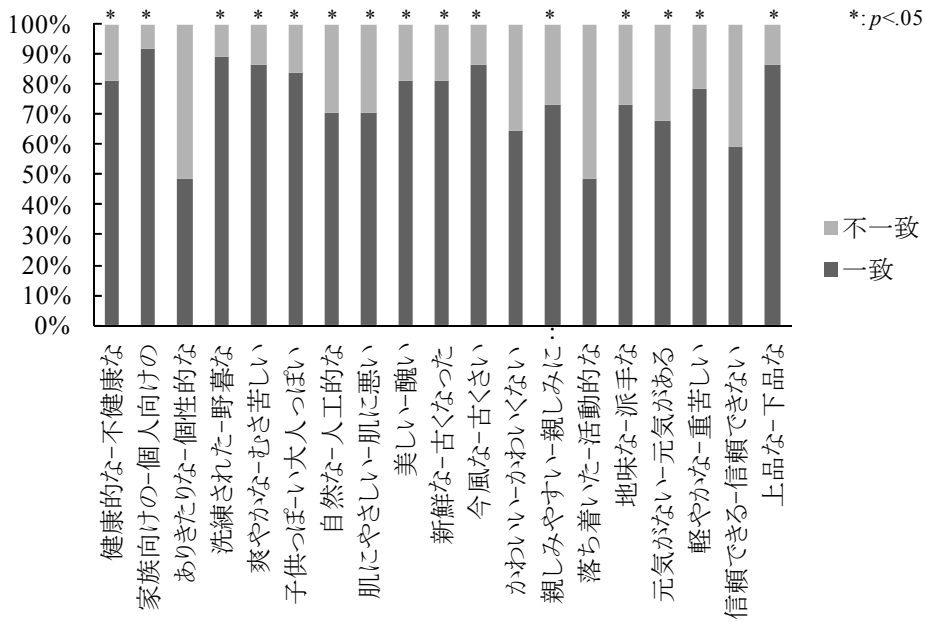
Fig. 6 Deformations of average bottle shape in direction of ideal vectors ($\pm 1SD$)



Fig.7 Deformations of Sample A in direction of ideal vectors ($\pm 1SD$)



(a) 平均形状の変形画像に対する判断



(b) サンプル A の変形画像に対する判断

Fig. 8 Impressions on (a) deformations of average shape and on (b) deformations of Sample A

また、平均ボトル形状の輪郭およびサンプルAの輪郭形状の変形が意図した印象の変化をもたらしていたか検討するために、評価結果に対して二項検定を行った。その結果、平均ボトル形状では19項目中12項目で、またサンプルAでは19項目中15項目で「一致」の判断が「不一致」の判断よりも有意に多かった。また、有意に「不一致」の判断が多い項目は平均形状を変形した画像にもサンプルAを変形した画像にも認められなかった。「一致」の判断が有意に多かった項目の多くは、理想ベクトルを求める際の重回帰分析において重決定係数が高い値を示した項目 (e.g., 「軽やかな—重苦しい」「爽やかな—むさ苦しい」) である。これらの項目は、形状と印象の関係が強い項目であり、このような項目において輪郭形状の変形が印象を変化させるうえで有効であるといえる。

5. 結論

本研究では、楕円フーリエ解析をボディープ容器形状の評価に適用し、この手法が容器形状を定量的に比較検討する手法として有効か検討を行った。楕円フーリエ解析により得られたフーリエ係数は、容器の輪郭形状を表す多変量の数値データとして扱うことができる。本研究では、この多変量データに対し主成分分析を適用し、商品間での容器形状の違いを特徴づける主要な形態的差異を視覚的に示した。

また、SD法による調査に基づき、心理的

な評価空間と輪郭形状の特徴の関係を検討することで、複雑な形状と多様な印象の関係を簡潔に示した。これにより、所与の輪郭形状がもたらすおおよその印象を推定することもできた。ただし、形状との関係が明確ではない印象語 (e.g., ありきたりな—個性的な) も存在することも明らかになった。

楕円フーリエ解析は輪郭形状の可逆変換であるという特性を利用することで、印象から輪郭形状を再構成することも容易である。本研究では、平均的容器形状および既存の容器 (サンプルA) の輪郭を、特定の印象を強めると推定される方向に変形することを試みた。変形画像に対する評価実験の結果、この手法による輪郭形状変形は、形状と関連のある印象 (e.g., 「家族向けの—個人向けの」) において、ターゲットとなる印象をより強めることが示された。

以上のことから、楕円フーリエ解析による容器形状の解析と多変量解析、およびSD法による印象評価の組み合わせは、(1) 多様な商品デザインの中で、ある商品の形状デザインのポジショニングを客観的に理解する、(2) 商品の形状とそれらがもたらす印象の対応関係を系統的に理解する、(3) 特定の印象の強度を変化させるようなデザイン特徴を可視化する、という3つの点において有用な手法であることが示された。すなわち本提案手法は、製品の特性やイメージを反映したパッケージデザインを行うプロセスにおいて、有効なデザイン支援手法となりうると言える。

<参考文献>

- 1) F.P. Kuhl, C.R. Giardina, Comput. Graph. Image Process., 18, 236-258(1982)
- 2) F.L. Bookstein, “Morphometric tools for landmark data”, Cambridge Univ. Press. (1991)
- 3) I.L. Dryden, K.V. Mardia, “Statistical shape analysis” Wiley & Sons. (1998).
- 4) L.J. Segerlind, B. Weinberg, Trans. ASAE, 16, 324-327 (1973)
- 5) R. White, H.C. Rentice, T. Verwist, Can. J. Bot., 66, 450-459. (1988)
- 6) H. Iwata, S. Niikura, S. Matuura, Y. Takano, Y. Ukai, Breeding Sci., 50, 73-80 (2000)
- 7) 伊藤豪俊, 平田達也, 石井直宏, 電子情報通信学会論文誌D, J71-D(6), 1065-1073(1988)
- 8) 矢野環, “文化系統学—歴史を復元する” (村上征勝編) 文化情報学入門, 勉誠出版 pp. 36-48 (2006)
- 9) F.J. Rohlf, J.W. Archie, Syst. Zool. 33: 302-317 (1984)

(原稿受付 2012年8月17日)

(審査受理 2012年10月4日)

