解説

エステティックデザイン

—潜在する感性の形状化—

Aesthetic Design
—Externalize Latent Kansei—

執筆者プロフィール

柳澤 秀吉
Hideyoshi YANAGISAWA

◎2004年東京都立科学技術大学博士課程修了，博士（工学），同年，東京大学助手。2008年より現職
◎研究・専門テーマは，感性設計学，設計工学，デザイン学
◎正員，東京大学大学院工学系研究科 講師
〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1/
E-mail : hide@mail.design.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

製品の「良さ」を決定する要因は，大きく二つに分類することができる。一方は，製品仕様として記述できる性能や機能である。他方は，本稿で取り上げる形の美しさのように，製品仕様としての記述が困難な要因である。後者の要因は人の感性によって評価されるため，以下では「感性品質」とよぶ⁽¹⁾。感性品質は，本特集のタイトルにある「心を豊かにする」効用を使い手に提供する。心の豊かさ，すなわち精神的な要求は，物理的にモノがあふれる現在において急速に高まっている。また，画一的な大量生産品を受け入れてきた消費者は，徐々に独自性の強い製品やカスタマイズに関心を高めてきている。最近では，インターネットを介して消費者が製品づくりに参加することが可能な仕組みも出現し始めている⁽²⁾。

以上の状況を背景として，本稿では，消費者自身が感性品質に対する要求を能動的に外在化し，設計者に伝達するための支援技術について紹介する。具体的には，個人の美的感覚に基づくイメージを形状化するシステムについて紹介する。眼鏡フレーム形状，自動車のアウトライン形状，容器の形状などへ適用した事例について述べる。

2. デザインとアートの違い～顧客要求の把握

本稿タイトルにある言葉「デザイン」は多様な意味に用いられるため，まず，アートとの違いからデザインに対する筆者の認識について述べたい。アートは，主に作り手の内面を表現することが目的である。いっぽう，デザインは，受け手（顧客）のためにモノを設計することが主目的である。つまり，受け手（顧客）の内面に存在する要求をモノとして実現することがデザイナーの仕事であると考ええる。

顧客の要求は，数値化可能な性能だけでなく，感性品質も含む。すでに述べたように，感性品質は，感性の多様性，および主観性の問題から客観的な記述が困難である。では，顧客は自身の内面に存在する感性品質に対する要求をいかに外在化してデザイナー（設計者）に伝えるのか？—その方法は，二つ考えられる。一つは，「シャープな」，「躍動感のある」などの，イメージの印象をあらわす言葉（主に形容詞）を用いる方法である⁽³⁾。これらの言葉は，「感性語」とよばれている。感性語はいまいで主観的であるから，感性語が製品のどの特徴とどのように関係しているかを調べる必要がある。感性工学などの分野で行われている研究の多くは，感性語と製品属性との関係を定式化する試みである。

いっぽう，感性語で表現できないイメージは，言葉を介さず直接的に具体化する必要がある。たとえば，製品の形状が対象である場合，イメージする形状を直接スケッチさせることである。しかし，顧客に絵心や表現力が望めない場合が多い。そこで，筆者らは顧客のイメージを形状化する支援技術の開発を行っている。以下では，そのいくつかの方法について紹介する。

3. インタラクティブ・デザインプロセス

顧客自身が，頭にあるイメージを直接描くことは難しいかもしれないが，複数のサンプルを自身のイメージと照らし合わせて評価することは可能である。また，イメージ自体が明確でない場合は，種々のサンプルを見ながらイメージを固める。これらを考慮すると，ユーザ（顧客）のイメー

ジを形状化するシステム像は、たとえば、次のプロセスをとることが望ましい。

①システムが、複数のサンプル（形状）をユーザに提示する。②提示されたそれぞれのサンプルについて、ユーザが、自身のイメージと近いかな否かを評価する。③ユーザの評価を反映させた新たなサンプルを作成し、ユーザに提示する。④②および③を、ユーザが満足するサンプルが得られるまで繰り返す。

以上のプロセスは、店員と客のやりとりに似ている。店員は客の反応を見ながら商品を勧める。このプロセスを繰り返すことで、客のイメージする商品を徐々に絞り込む。優れた店員は、顧客の反応を的確にくみ取り、外れの少ない商品を勧めることができる。これと同様に、サンプルに対する評価から、いかにユーザのイメージと近いサンプルを生成し提示するかが課題となる。つまり、上記のプロセスにおける③のフェーズが技術的な課題となる。

4. 生物の進化を模擬した形状生成

自然界における生物の進化は、自然淘汰のメカニズムに従うとされている。すなわち、環境に適応する生物種が高確率で子孫を残し、環境に適合しない生物種は淘汰される。この自然淘汰のメカニズムを、前述した形状生成のプロセスに当てはめると次のようになる。すなわち、ユーザのイメージが環境に、サンプル形状が生物種に、サンプル形状のパラメータが生物種の遺伝子に、ユーザの評価が環境の適合度に、それぞれ対応する。

ユーザのイメージ（環境）に、より適合した形状サンプル（生物種）の特徴（遺伝子）を継承した新しい形状サンプル（次世代の生物種）を生成する。図1に、眼鏡フレーム形状を例とした模式図を示す。これにより、上記プロセスの③を実現する。自然淘汰のメカニズムを人のあいまいなイメージの具体化に応用した計算機支援の方法は、対話型進化計算法（Interactive Evolutionally Computation：以下、IEC）⁽⁴⁾とよばれている。

IECを眼鏡フレーム形状のデザインに応用した例を紹介する⁽⁵⁾。眼鏡は個人に特化した製品である。好みや顔とのマッチングをふまえて、顧客は自身のイメージと適合したフレームを求める。店舗に並ぶ多種多様な製品の中から自身のイメージに合うものを探す、あるいは自身のイメージどおりの製品をオーダーメイドで作る際、イメージを客観的に表現する必要がある。

そこで、IECを応用して、眼鏡フレーム形状に対する顧客のイメージを直接的に形状化する支援システムを構築した。図2に、システムの概観を示す。システムを起動すると、複数の眼鏡形状のサンプルが提示される。ユーザは、サンプルのそれぞれを、自身のイメージと照らし合わせて評価し5段階で得点化する。この得点を適合度として、適合度の高い形状サンプルの特徴を継承する新しい形状サンプルを提示する。この操作を繰り返すことで、最終的にユーザのイメージに合致する形状へと収束させる。

眼鏡フレームの形状は、図3に示すように、スプライン曲線から構成されている。図3の矩形領域の各コーナから

図1 デザイン形状の自然淘汰

図2 眼鏡フレームのデザインシステム

図3 眼鏡フレームのパラメトリックモデル

スプライン曲線の各制御点までの距離と、矩形領域の高さ、および幅をパラメータとしている。これらのパラメータが、各形状サンプルを生物種とした際の遺伝子となる。

次世代の形状を生成する方法は、選択、交差、および突然変異の三つのオペレータにもとづいている。まず、ユーザの評価値にもとづく確率で親となるサンプルを選択する。次に、選択した親のサンプルのパラメータを相互に交換した新しいサンプル（子）をつくる。これによって、適合度の高いサンプルの特徴が引き継がれる。最後に、ある確率で、一部のパラメータに乱数を挿入する。これを突然

表1 色を例とした属性表

色	明度	彩度	色相	好み
1	0.1	0.8	0.5	好き
2	0.9	0.1	0.3	嫌い
3	0.5	0.7	0.8	嫌い
4	0.6	0.3	0.9	嫌い

表2 色1の他の色サンプルと比較した識別度行列

Bad / Good	識別度
色1-色2	$\langle -0.8, 0.7, 0.2 \rangle$
色1-色3	$\langle -0.4, 0.1, -0.3 \rangle$
色1-色4	$\langle -0.5, 0.5, -0.4 \rangle$

変異とよぶ。突然変異を行う理由は、局所解に陥らないためである。本システムの有効性を検証するため、被験者による評価実験を行ったところ、8回前後の繰り返しでイメージする形状が得られることがわかっている。

5. 注目特徴を予測する

IECでは、次世代へ継承される特徴（パラメータ）は交差にもとづきランダムに選択されていた。しかし、ユーザは、必ずしもすべてのパラメータを等価に評価しておらず、無意識的にある部分に注目して全体を評価している。これは、認知科学における選択的注意の知見としても説明されている。

そこで、筆者らは、IECに代わる新しいアルゴリズム、対話型縮約進化計算法（Interactive Reduct Evolutionally Computation：以下、IREC）を考案した⁽⁶⁾。IRECは、ユーザが注目している部分の特徴を推定し、その特徴に寄与するパラメータを優先的に継承する仕組みを有する。注目特徴の推定方法には、ラフ集合理論の縮約計算法の考えを応用している。縮約（Reduct）とは、複数の対象を分類した際、その分類を説明する対象の属性の最少の組合せを意味する。つまり、複数のサンプルに対して、ユーザが、複数のサンプルをイメージと合う、合わないに分類した際、その分類に寄与する属性の最少の組合せが縮約である。この場合、縮約はイメージに合うか合わないかを分ける特徴であるから、評価の際にユーザが注目している可能性が高い。そこで、縮約を推定された注目特徴とすることにした。

縮約の計算法について、簡単な例を用いて紹介する。今、表1に示すように4種類の色がサンプルとして提示されているとする。色は、それぞれ、明度、彩度、および色相の三つのパラメータから構成されている。ただし、値は0から1に正規化してある。この四つの色サンプルに対して、色1が好き、それ以外は嫌いと評価したとする。このときの、好みの判断の注目点を、色のパラメータから説明したい。縮約計算では、まず好きと選択された色とそれ以外のパラメータ同士を引き算し、表2のようにまとめる。これ

コンセプト:エレガント

図4 容器の形状のデザイン

図5 自動車のアウトライン形状のデザイン

を、識別行列とよぶ。また、その要素は、好きから嫌いへの識別の度合いを意味するため、識別度とよぶ。

ユーザがすべてのパラメータを同時に注目していないことを仮定し、識別行列の同一行の要素を論理和で結合する。たとえば、色1が色2から分けられる理由は、識別度0.8で明度が0.1、もしくは識別度が0.7で彩度が0.8以上、もしくは識別度が0.2で色相が0.5以上だから、ととらえる。

次に、色1は、色2、3、4のすべてから識別されなければならないので、論理和で表現した各項目を論理積で結ぶ。これを、式で表現すると、 $(0.8 / (\text{明度} < 0.1) \vee 0.7 / (\text{彩度} > 0.8) \vee 0.2 / (\text{色相} > 0.5)) \wedge (0.4 / (\text{明度} < 0.1) \vee 0.1 / (\text{彩度} > 0.8) \vee 0.3 / (\text{色相} < 0.5)) \wedge (0.5 / (\text{明度} < 0.1) \vee 0.5 / (\text{彩度} > 0.8) \vee 0.4 / (\text{色相} < 0.5))$ となる。ただし、 $d / (A > x)$ は識別度 d で属性 A が x より大きいことを意味する識別子である。また、 $\vee$ と $\wedge$ は、それぞれ論理和と論理積をあらわす。以上の式を展開して整理すると、最小縮約は、 $0.4 / (\text{明度} < 0.1) \vee 0.3 / ((\text{彩度} > 0.8) \wedge (\text{色相} < 0.5)) \vee 0.2 / (\text{色相} = 0.5)$ となる。つまり、色1を選んだ理由として、明度が0.1以下、もしくは彩度が0.8以上

かつ色相が0.5以下、もしくは色相が0.5、の三つの可能性が得られた。これは、ユーザがどのパラメータに注目して好き嫌いを判断したかの候補を意味する。IRECでは、ユーザの評価から縮約を計算し、その縮約をユーザが注目した特徴の組合せとしてみなす。そして、その縮約の条件を満たすように、次世代の形状を生成する。

IRECを、図4に示すような容器の形状デザインに適用した。そして、IECによるシステムと、被験者による比較実験を行った。その結果、収束の繰り返し数と、得られた形状解の満足度に有意な差が確認された。また、ユーザが注目していた特徴と、形状の生成に利用した縮約に一致性が確認された。これによって、縮約がユーザの注目する特徴をよくあらわしていることが明らかとなっている。

6. 大域的な形状特徴量の導入

これまで見てきた眼鏡フレームや容器の形状は、スプライン曲線の座標位置など、部分のパラメータのみを扱ってきた。しかし、人間は部分の形状特徴だけでなく、「全体的に複雑な形」といったように全体的な形状の特徴をとらえている場合もある。このような全体的な特徴を、ここでは大域的特徴とよぶことにする。

筆者らは、大域的特徴を定式化し、IRECのパラメータとすることで、より人間の形状認知に適合したシステムへと発展させる試みを行っている⁽⁷⁾。自動車ボデーのサイドビューのアウトライン形状を適用対象としたシステムの概観を図5に示す。本事例では、七つの大域的特徴量を抽出した。すなわち、シャープネス・ソフトネス、曲線の加速度、形状の複雑さ、形状の凹凸度、ボリューム、重心、および傾きである。

シャープネス・ソフトネスとは、人が形状から認知する物体の柔らかさを意味する。一般的に、丸い形状は四角い形状よりも柔らかい印象を受けやすい。連続的な曲線から構成される形状においては、曲率の最も大きい箇所が柔らかさの印象に影響を与えやすいと考えられる。本研究では、連続曲線により構成される形状の最小の曲率半径をシャープネスと定義し、その逆数をソフトネスと定義している。

曲線の加速度とは、曲率の変化の度合いを意味する。加速度が大きければ、急激に曲率に変化する曲線となる。本研究では、曲線の各凹凸において、最大の加速度を代表値とし、その平均値を曲線の加速度と定義している。

曲線で構成される形状においては、形状の複雑さと、曲率のエントロピーとの定量的な関係が確認されている⁽⁸⁾。エントロピーは、情報の局在の度合いをあらわす指標である。したがって、曲率のエントロピーは曲率の隔たりを意味する。この値が増加するほど、曲率の隔たり程度が増し複雑な曲線となる。「複雑さ」は他の大域的特徴量に比べ、より主観的な印象を直接説明する形状特徴量の一つである。また、非線形的な特徴をあらわす。本研究では、これを引用し大域的特徴量の一つとして導入している。

部分的な特徴のみをパラメータとした場合と、大域的特徴量をパラメータに含めたIRECの場合について、被験者による評価実験を行った。その結果、解の収束の早さに有

意な差が確認された。多くの被験者において、まず大まかな形状を作成し、その後、細部に注目して形状を調整する過程が確認された。大域的特徴量を導入することにより、初期の大まかな形状への収束を早めることが可能になったと考えられる。

7. おわりに

本稿では、計算機が生成する複数の形状案に対する主観評価の反復によって、製品形状に対する顧客のあいまいな要求イメージを形状化する支援技術について紹介した。これらは、今後、個人化・多様化が進む製品設計において、顧客のあいまいな感性要求の把握支援に応用可能である。現在、筆者らは、想定内の要求イメージの外在化だけでなく、顧客自身も気づいていない潜在的な感性要求を抽出する方法について検討している⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾。その基本的な考え方は、同一の形状に対する異なる視点を他者間で相互参照し、自身が想定しえない視点を抽出する方法に基づいている。そして、どのような視点が潜在要求の喚起に寄与するかを実験により調査している。

現在までにわかってきていることは、頻度の低い視点の有効性が高いこと、および同質的な被験者間でも他者の潜在要求の喚起に影響を与える視点を提供する被験者とそうでない被験者に分かれることである。このことは、従来のように多量の要求調査データを統計処理するよりも、想定外の視点を持つ少数の顧客を捜し出し、彼らの要求を抽出する新しい方法が必要であることを示唆している。今後は、他者の潜在要求を喚起させる想定外視点を抽出する方法について検討していきたい。

(原稿受付 2008年9月22日)

●文 献

- (1) 柳澤秀吉, 感性と設計, 機械の研究, **59**-1 (2007), 191-197.
- (2) たとえば, 空想無印, <http://www.cuusoo.jp/muji/>
- (3) 柳澤秀吉, 感性の多様性を考慮した感性品質の定量指標化手法: 製品の音質設計への適用, 日本機械学会誌, **110**-1069 (2007), 57.
- (4) Takagi, H., Interactive Evolutionary Computation: Fusion of the Capacities of EC Optimization and Human Evaluation, *Proc. IEEE*, **89**-9 (2001), 1275-1296.
- (5) Yanagisawa, H. and Fukuda, S., Development of Interactive Industrial Design Support System Considering Customer's Evaluation: Shape Design of Eyeglass Frame, *JSME Int. J., C*, **47**-2 (2004), 762-769.
- (6) Yanagisawa, H., Fukuda, S., Interactive Reduct Evolutionary Computation for Aesthetic Design, *Trans. ASME, J. Computing and Information Sci. in Eng.*, **5**-1 (2005), 1-7.
- (7) 柳澤秀吉・福田収一, 大域的特徴量にもとづく対話型縮約進化計算 (意匠設計における曲線形状処理への適用), 日本機械学会論文集, **70**-699, C (2004), 322-330.
- (8) Matsuoka, M., Shape-generation method using curvature entropy, *KANSEI Engineering International*, **1**-4 (2000), 11-18.
- (9) 柳澤秀吉・村上 存, 視点共有型意匠形状生成システムの開発 (異なる視点による顧客の潜在感性の喚起), 日本機械学会論文集, **73**-735, C (2007), 220-227.
- (10) 柳澤秀吉・村上 存, 感性設計における顧客の潜在的な評価視点の抽出とその効果 (他者間での視点の相互評価と想定外視点の抽出), 日本機械学会論文集, **73**-735, C (2007), 228-236.