個人の主観による感性を用いた概念空間形成型設計

正員 長 田 聡 宏 (大阪大学)

非会員 柿 原 要 (大阪大学)

正員 大 川 剛 直 (大阪大学)

正員 薦 田 憲 久 (大阪大学)

Case-Based Design Method Using Concept Space of Personal Image

Toshilhiro Nagata, Member (Osaka Univ.), Kaname Kakihara, Non-Member (Osaka Univ.),

Takenao Ohkawa, Member (Osaka Univ.), Norihisa Komoda, Member (Osaka Univ.)

In this paper, a method for design of a new product suited for the personal image is proposed. The method consists of two phases. In the first phase, a concept space is formed by using user's personal images of several existing products. In the second phase, a new product is designed from similar three products which are located near the position corresponding to required image in the concept space. This method can create products from the viewpoint of personal specification, because a concept space is formed based on each user's images of existing products. In this method, new product is designed from similar products by applying "operations." "Operations" are defined as unit manipulations of some partial features of product. As a result, discrete parameters of design could be treated by this method.

Using some simple pictures, the experiment to create new simple pictures suited for personal image is made. The concept space of the test subject is formed by his picture image, and some new pictures are created. Since new pictures produced in the experiment are suited for test subject's image, it is found out that this method could create new design suited for personal image.

キーワード：感性情報処理、設計、概念空間、主成分分析、個性

1. はじめに

近年、人間の生活の質が向上するにつれ、より個人の嗜好や感性にあった製品が求められるようになってきた。製品に対する感性とは、ある製品を見た時に受ける印象やイメージであり、個々人で異なるものである。また、時には製品そのものの価値さえも左右することがあるくらい重要なものである。

このような背景のもとに、近年、人間の感性に対し、工学的にアプローチする感性情報処理の研究が、盛んに進められている^{(1)~(4)}。製品設計に関するものとしては、既存の設計事例がもつイメージを多変量解析を用いて数量化し、イメージと対象の物理的特徴との関連を求め、設計案を立案する手法が報告されている^{(5)~(7)}。これらの手法では、製品イメージを掌る普遍的な特徴を求めることに主眼が

置かれており、個々の製品に対するイメージの個人差はあまり反映されていない。個人の感性を活かした設計案を立案するためには、多数の人間に対するアンケートデータから抽出した設計対象の分析結果を利用することはできない。なぜならば、複数の人間から抽出した平均的データには、個人独特の感性がノイズとなって埋没し、主観性が反映されないためである。

さらに、製品のイメージと物理的特徴との関係は非線形で変化することが多く、このような関係を普遍的に見い出すのは困難であると考えられる。また、製品の物理的特徴は、必ずしも連続量で変化させられるというわけではなく、ある部位が設計案に含まれるか含まれないかということが、感性に影響を与えることもある。このような離散的に変化する特徴量も調節できる設計方法を開発する必要がある。

そこで本研究では、既存の設計事例のサンプルに対する

個人のイメージを基に、それらを概念空間に配置し、望まれる製品イメージの空間上の位置と既存事例との相対位置から、新しい設計案を作成する概念空間形成型設計を開発した^{(8)~(11)}。提案手法は少量の設計事例に対する個人のイメージにより概念空間を作成するため、個性を設計案に反映できる。さらに、プリミティブな事例の修正操作を組み合わせて事例を修正することにより、単なる連続的な数値パラメータの修正のみに留まらず、事例間の離散的な差異も考慮に入れた設計が可能である。

概念空間形成型設計は既存の類似事例を用いるという点で、事例ベース推論^{(12)~(14)}と共通点がある。しかし、事例ベース推論における事例修正は既存の少数の類似事例のみに着目するのに対し、本手法ではサンプルされた全ての事例間の関係をもとに、類似事例を修正する。また、設計事例の物理的特徴を基に空間配置し、新しい設計案の発想支援を行なう手法の研究も見られる⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾。この手法は設計事例の配置状態をユーザに提示し、その配置を動かすことにより新たな設計案作成の発想支援を行なうものである。一方、概念空間形成型設計では空間の配置状態はユーザに提示せず、元の配置状態をそのまま利用して自動的に設計案を作成するという点で異なる観点からのアプローチである。また、概念空間形成型設計と同様に基本的な事例の変形操作により、徐々に事例を変形し、新たな設計案を創出する手法の研究も見られる⁽¹⁷⁾。しかし、これはユーザが予め登録されている基本的操作を選択し、自由に事例を作り変えるため枠組を提供するものである。本手法は概念空間をもとにオペレーション列の自動生成を試みている点で大きな違いがある。

以下、概念空間形成型設計の方法を説明した後、簡単な図形設計への適用について述べる。また、評価実験を通して概念空間形成型設計の有効性を検証する。

2. 概念空間形成型設計

(2.1) 概念空間形成型設計の枠組

概念空間形成型設計では、比較的少量の事例に対してイメージの属性値⁽¹⁸⁾を与え、類似事例をユーザの望むイメージに合うように修正し、出力する。本手法の枠組を図1に示す。

まず、過去の設計事例がすべて格納されている事例ベースからサンプルを抽出し、予め定められたイメージ属性を用いて、ユーザが各サンプル事例のイメージを入力する。次に、入力されたイメージを基に各サンプル事例を主成分分析⁽¹⁹⁾⁽²⁰⁾を用いて概念空間に配置する。同様に、ユーザが要求する設計案のイメージを先のものと同一のイメージ属性を用いて入力し、その概念空間上の位置を決定する。概念空間上で要求イメージの位置に近い3つの事例を類似事例として検索し、最も近い最類似事例から他の類似事例に変形する操作方法を求める。それらの変形操作から最類似事例を要求イメージに近づける操作手順を合成し、それを最類似事例に適用することにより設計案を生成する。以

図1 概念空間形成型設計の枠組

Fig. 1. Outline of case-based design method using concept space.

下、処理手順の詳細について順に説明する。

(2.2) イメージの入力と概念空間の形成

事例ベースから任意に抽出された m 個の事例を c_j ($j = 1, \dots, m$) とする。ユーザは以下の定義に従い、各事例に対するイメージを入力する。

定義 2.1 (事例のイメージ) 事例 c_j のイメージ $Image(c_j)$ は、 n 個のイメージ属性 A_i ($i = 1, \dots, n$) に対する k 段階の評価変数 V_i の属性ベクトルとして以下のように定義される。

$$Image(c_j) = (V_{1j}, \dots, V_{nj})$$

ここで、 V_{ij} は変数 V_i の事例 c_j に対する値を表し、 $1, \dots, k$ の整数値をとるものとする。□

次に、入力されたイメージをもとに、事例を概念空間上に配置する。概念空間は、後の取り扱いが容易なように、また、入力されたイメージに曖昧性が含まれることを考慮して、2次元で表すものとする。そこで、主成分分析の考え方を用い、イメージ属性の属性値に対する合成変量から第1主成分と第2主成分を抽出し、以下の定義に従って形成する。

定義 2.2 (概念空間) サンプルされた全ての事例に対する入力イメージ $Image(c_j)$ の属性値 V_i ($i = 1, \dots, n$) による共分散行列を Σ とする。 Σ の最大固有値 $\lambda_1 = (\alpha_{11}, \dots, \alpha_{n1})$ 、2番目に大きい固有値 $\lambda_2 = (\alpha_{12}, \dots, \alpha_{n2})$ に対して、

$$x_1 = \alpha_{11}V_1 + \dots + \alpha_{n1}V_n, \quad (1)$$

$$x_2 = \alpha_{12}V_1 + \dots + \alpha_{n2}V_n \quad (2)$$

なる合成変量 x_1, x_2 を座標軸とする平面を概念空間と呼ぶ。□

各事例 c_j は $Image(c_j)$ の値を上記 (1), (2) 式に代入することにより概念空間上に配置される。

(2.3) 要求イメージの入力と類似事例の検索

要求イメージは、事例のイメージを入力する際に用いたものと同一のイメージ属性 A_i を用いて、属性ベクトル $(V_{1D}, \dots, V_{nD})$ として入力する。入力された属性ベクトルをもとに、(1), (2) 式より、要求イメージの概念空間上での位置を決定する。

要求イメージの近傍にある3つの事例を検索する。このとき、要求イメージと事例との間の距離は概念空間上での

ユークリッド距離により計算する。要求イメージとの距離が最小のものを最類似事例 c_{ms} と呼び、他の2つを類似事例 c_{s1} , c_{s2} と呼ぶ。なお、図2のように、類似事例の概念空間上の位置を結んでできる三角形に要求イメージが囲まれるように最類似事例、類似事例を選ぶ。

図2 類似事例と要求イメージの位置関係

Fig. 2. Similar cases and required image.

(2.4) オペレーション列の生成

既に述べたように本手法では、検索された類似事例に対し、変形を加えることにより、要求イメージを満たす設計案の生成を試みる。この変形作業は、プリミティブな事例変形操作として事前に与えられたオペレーションの順序付き系列として規定する。まずオペレーションについて定義する。

定義 2.3 (オペレーション) 事例集合を含む設計対象の全集合を U とする。オペレーション OP は、 U から U への関数である操作手順 p とその操作による変形の度合を表す重み w の2つ組 $\langle p, w \rangle$ により規定される。ある事例(設計対象) c に対し、オペレーション $OP = \langle p, w \rangle$ の操作 p を適用して c を変形した結果を $p(c)$ と書く。また、 p を適用することを単にオペレーション OP を適用するとも言う。□

定義 2.4 (合成オペレーション) 2つのオペレーション $OP_1 = \langle p_1, w_1 \rangle$, $OP_2 = \langle p_2, w_2 \rangle$ に対し、オペレーション $OP_2 \circ OP_1$ を $\langle p_2 \circ p_1, w_1 + w_2 \rangle$ で定義し、 OP_1 と OP_2 の合成という。また、合成オペレーション $OP_2 \circ OP_1$ をオペレーション列 $OP_1 \rightarrow OP_2$ により表すこともある。なお、 $p_2 \circ p_1$ は通常の関数の合成を表し、 $p_2 \circ p_1(c) = p_2(p_1(c))$ を意味する。□

定義 2.5 (オペレーション列の生成) c_i , c_j を2つの事例とする。事前に定義された s 個のオペレーションの集合 $\{OP_1 = \langle p_1, w_1 \rangle, \dots, OP_s = \langle p_s, w_s \rangle\}$ のもとで、 $c_j = (p_{q_1} \circ \dots \circ p_{q_t})(c_i)$ (ただし、 $q_1, \dots, q_t$ は $1, \dots, s$ のいずれか) なる合成操作 $p_{q_1} \circ \dots \circ p_{q_t}$ を導く合成オペレーション $OP_{q_1} \circ \dots \circ OP_{q_t}$ を求めることを、事例 c_i から事例 c_j を導くオペレーション列の生成と呼ぶ。□

前過程で検索された近傍事例の中で、最類似事例 c_{ms} から類似事例 c_{s1} , c_{s2} を導くオペレーション列 OPS_1 , OPS_2 を、上記の定義に従って生成する。

なお、ある2つの事例に対し、一方から他方を導くオペレーション列は、通常、一意に定めることができない。このため、実際の列生成処理の際には、対象に応じて、近似的にオペレーション列を求めることが必要となる。

(2.5) 最類似事例の変形による設計案の生成

ある事例と別の事例がユーザに与えるイメージが異なる、すなわち、概念空間上での位置が異なるとき、両者のイ

メージの相違は、事例間の変形操作に対応付けて考えることが可能である。そこで、概念空間上における最類似事例と類似事例の位置関係を前段階で求めたオペレーション列に対応させる。この対応付けをもとに、概念空間上での要求イメージの表す位置を、最類似事例と類似事例の位置から求め、その位置を導くオペレーション列を線形結合により合成する。合成したオペレーション列を最類似事例に対して適用することにより、新たな設計案を導出する。以下に、その具体的な手続きを述べる。

定義 2.6 (設計案生成手続き)

1. 要求イメージ c_d , 最類似事例 c_{ms} , 類似事例 c_{s1} , c_{s2} の概念空間上での座標をそれぞれ、 P_d , P_{ms} , P_{s1} , P_{s2} とする。これに対し、

$$\overrightarrow{P_{ms}P_d} = a_1 \overrightarrow{P_{ms}P_{s1}} + a_2 \overrightarrow{P_{ms}P_{s2}}$$

なる係数 a_1 , a_2 ($0 \leq a_1, a_2 \leq 1$) を求める。

2. c_{ms} から c_{s1} , c_{s2} を導くオペレーション列をそれぞれ

$$OPS_1 = OPS_{11} \rightarrow \dots \rightarrow OPS_{1u} = \langle ps_1, ws_1 \rangle,$$

$$OPS_2 = OPS_{21} \rightarrow \dots \rightarrow OPS_{2v} = \langle ps_2, ws_2 \rangle$$

とする。 OPS_1 , OPS_2 の部分列

$$OPS_{11} \rightarrow \dots \rightarrow OPS_{1u'} = \langle ps'_1, ws'_1 \rangle \quad (u' \leq u),$$

$$OPS_{21} \rightarrow \dots \rightarrow OPS_{2v'} = \langle ps'_2, ws'_2 \rangle \quad (v' \leq v)$$

のうち、

$$ws'_1 = a_1 ws_1$$

$$ws'_2 = a_2 ws_2$$

が成立するものを、それぞれ OPS'_1 , OPS'_2 とする。

3. $OPS'_1 = \langle ps'_1, ws'_1 \rangle$, $OPS'_2 = \langle ps'_2, ws'_2 \rangle$ に対し、 $ps'_1 \circ ps'_2(c_{ms})$ および、 $ps'_2 \circ ps'_1(c_{ms})$ を求め、設計案として出力する。□

上記において、 c_{ms} から c_{s1} , c_{s2} を導くオペレーション列に複数の可能性がある場合には、その全ての組合せに対し、手続きを実行し、代替案としてユーザに出力する。

なお、本章では概念空間を2次元平面として定式化し、これに基づいた設計案の生成法について述べたが、主成分分析の結果、第2成分までの寄与率があまり高くない場合には、さらに次元数を高めた空間を形成する必要がある。これは、原理的には定義 2.2 において、高い寄与率が得られるまで固有値 $\lambda_1, \dots, \lambda_n$, および合成変数 $x_1, \dots, x_n$ を求め、 $x_1, \dots, x_n$ を軸とする n 次元空間として概念空間を形成することで実現される。この場合、空間上で要求イメージを取り囲むような $n+1$ 個の類似事例を検索して求めた n 個のオペレーション列から設計案が合成される。

しかしながら、本手法の利用形態としては、各ユーザがイメージ属性を用いてサンプル事例のイメージを入力することを想定しているため、あまり多数のイメージ属性を用意することは現実的でない。後の実験でも示すように、数個程度のイメージ属性を用いた場合、2次元の空間でも十分に高い寄与率が得られており、実際の利用を考えた場合、2次元平面として概念空間を形成することは妥当と考えられる。

3. 概念空間形成型設計による図形設計

(3-1) 設計対象

ここではケーススタディとして、簡単な形状のパーツによって作られた“図形”を設計対象として取り上げ、概念空間形成型設計の具体的な実施法について述べる。また、この適用例を通して手法の評価を試みる。設計対象となる図形は、縦5ポイント、横5ポイントの格子状の合計25ポイントに、丸、四角、三角といった基本的な形状のパーツを配置することによって構成される。各設計事例には、図形の構成に関する物理的な情報を与える。すなわち、図3のように、図形の基準点、図形を構成しているパーツの種類、基準点からの相対座標を付与する。基準点は、いわば図形の原点となる点であり、後述するオペレーションはこの基準点を基に施され、オペレーション列の導出を容易としている。

図3 対象図形の例

Fig. 3. An example of the target picture.

(3-2) 概念空間の形成

表1に示す5種類のイメージ属性を用いて、図形に対するイメージを入力する。ここでは、5段階の評価を行っており、評価点の最大値は5としている。

50個の事例に対して入力されたイメージをもとに構成した概念空間を図4に示す。図4を見ると、中央下部付近にパーツ数が少なく直線的な図形、右側付近に曲がった構造を持つ図形、左側上部にパーツ数が多い図形が配置されているのが分かる。

(3-3) オペレーション列の生成

事例に対するイメージ属性と同一の属性を用い、要求イメージを入力し、その概念空間上での近傍事例をもとに、オペレーション列を生成し、設計案を出力する。

今回の設計対象のために定義したオペレーションを表2に示す。これらのオペレーションのは図形内の基準点をもとに適用される。

オペレーション列は、検索された近傍事例をもとに、定義2.5に従って生成するが、定義を満たすオペレーション列は、通常、何通りも考えられ、また、そのすべてを導出することは、効率的でない。そこでここでは、図形に付与された基準

表1 事例のイメージ属性値例 (一部)

Table 1. User's image of cases (part).

事例番号	1	2	3	4	5	6	7	49	50
重量感	2	2	3	3	5	3	2	4	2
密集感	3	2	2	3	3	1	2	4	2
歪曲感	4	3	3	4	3	3	1	1	1
重厚感	1	1	2	1	3	2	1	4	1
対称性	2	2	2	3	2	2	2	2	4

図4 概念空間の例

Fig. 4. An example of the concept space.

表2 オペレーション

Table 2. Primitive operations.

平行移動	基準点に対して x, y 軸方向に整数値分だけ平行移動	重み1
回転移動	基準点を中心に45度きざみで回転	重み2
線対称移動	基準点を通る4方向の線に関し対称移動	重み2
縮小・拡大	軸方向に定数倍	重み2
置き換え	ある座標のパーツを別のパーツに置換 (パーツの種類毎に基準点に近いものから)	重み1

点をもとに、オペレーションの適用順序に制限を設けながら、近似的にオペレーション列を生成することを考える。

オペレーション列の生成は、オペレーション集合の生成とオペレーションの分割および順序づけのフェーズから成る。以下、各フェーズについて述べる。

(1) オペレーション集合の生成

まず、最類似事例の図形の基準点を類似事例の図形の基準点を一致させるように平行移動し、次に、回転移動、線対象移動、拡大縮小の各オペレーションを適用し、2つの図形のパーツの存在位置を一致させる。このとき、平行移動、回転移動、拡大縮小の3つに関しては、最小移動量、最小倍率をもとに、それを数回繰り返して適用したものを1つのオペレーションと考える。最後に、パーツ置き換えのオペレーションを行ない、以上の過程で用いられた全てのオペレーションを要素とするオペレーション集合を生成する。このとき、2つの図形が完全に一致しないこともあるので、2つの図形のパーツがある一定の割合以上一致していれば、図形全体が一致したと考える。図5にオペレーション集合生成の例を示す。

(2) オペレーションの分割および順序づけ

オペレーション集合からオペレーション列を作成する。オペレーション集合を求める際、平行移動、回転移動、拡大縮小の3つのオペレーションについては、最小単位の移動量、縮尺をいくつか重畳する形で、1つのオペレーションが構成されている。そこで、まず、これらのオペレーションを

図 5 オペレーション集合生成の例
Fig. 5. An example of operator set generation.

最小単位を考慮して二分する。
例えば、平行移動 (2, 3) であれば、平行移動 (1, 1) と平行移動 (1, 2)、5/3 倍の拡大であれば、あらかじめ登録されている倍率である 5/4 倍と 4/3 倍の拡大操作に分ける。なお、対称移動と置き換えに関しては、離散の変形操作であるため分割しない。

次に、2 分割したオペレーションに順序をつける。分割された各オペレーションを、その重みの小さいものから順に列の先頭と末尾に置き、重みの大きいものほど列の中間に位置するように並べる。このとき、重みの等しいものは順序を入れ換えて、オペレーション列の代替案とする。

例えば、オペレーション集合 { 平行移動 (2, 3), 回転移動 (45 度), 拡大 (5/3 倍) } のうち、分割可能なオペレーションを二分することにより、{ 平行移動 (1, 1), 平行移動 (1, 2), 回転移動 (45 度), 拡大 (5/4 倍), 拡大 (4/3 倍) } が得られ、オペレーション列 平行移動 (1, 1) → 拡大 (5/4 倍) → 回転移動 (45 度) → 拡大 (4/3 倍) → 平行移動 (1, 2) を生成する。

このように、重みが大きくイメージを比較的大きく変化させるオペレーションをオペレーション列の中央に持つてくることにより、図 6 のように概念空間上の 2 つの事例の中間位置に、2 つの事例の物理的な「ギャップ」を置くことができる。このようなオペレーションを用いて事例を修正すれば、事例とその近傍にくるユーザ概念との類似性を保つことができる。

求めたオペレーション列をもとに、定義 2.6 に示す設計案生成手続きを用いて、最類似事例を変形し、設計案を生成する。

図 6 最類似事例の修正イメージ
Fig. 6. Modification of the most similar case.

(3.4) 図形の作成例

20 種類の基礎的な図形を設計事例としたイメージ事例ベースを作成し、筆者の 1 人がユーザとなって、要求イメージに対する図形設計実験を行なった。事例ベースに格納されている図形は、曲がった構造を持たず、外形が長方形で表されるものばかりである。それらの図形に対して、「重量感」「浮遊感」「安定感」「重厚感」のイメージ属性によりイメージを入力した。このとき、意図的に「重量感」に関しては、同数の三角形、円形、四角形を含む図形の場合、この順番に、より大きい属性値を付与し、「浮遊感」に関しては、図形の底辺に一番近いパーツが図形の上に配置されているほど大きい属性値を与えた。

ユーザの要求イメージと、それらに対する出力結果を図 7 および図 9 に示す。また出力図形作成に用いられた類似事例を、それぞれ図 8 および図 10 に示す。

図 7 入力 1 およびその出力結果
Fig. 7. Input image 1 and its output picture.

図 8 入力 1 に対して検索された類似事例
Fig. 8. Similar pictures retrieved for input image 1.

図 9 入力 2 およびその出力結果
Fig. 9. Input image 2 and its output picture.

図 10 入力 2 に対して検索された類似事例
Fig. 10. Similar pictures retrieved for input image 2.

図7の要求イメージは、図8における最類似事例の「重量感」を1だけ増加させたものである。出力図形をみると、最類似事例中の三角形が、より重量感を感じさせる四角形に置き換わっていることが分かる。図9の要求イメージに対する出力図形も同様に、図10における最類似事例の「浮遊感」を1だけ減少させた図形に近いものが得られた。

4. 評価実験

(4.1) 実験方法

ここでは前章で述べた図形設計を対象として、概念空間形成型設計の有効性を実験的に評価する。評価実験を行なうに当たり、次の2つの事例ベースを準備した。

事例ベースⅠ…すべての図形の外形が長方形で表せるもの(10種類)

事例ベースⅡ…すべての図形の外形が曲がった構造を持つもの(10種類)

これらの事例ベースに含まれる事例を、4人の被験者(被験者 a, b, c, d とする)に提示し、各図形に対するイメージを回答してもらう。事例ベースⅠに関しては「重量感」「浮遊感」「安定感」「重厚感」、事例ベースⅡに関しては「重量感」「歪曲感」「浮遊感」「安定感」「重厚感」のイメージ属性を用いた。回答結果から作成した4人の被験者のうち、被験者 a および b の事例ベースⅠに対する概念空間を図11および図12に示す。

図11 被験者 a の概念空間 (事例ベースⅠ)

Fig. 11. The concept space of test subject a (case-base I).

図12 被験者 b の概念空間 (事例ベースⅠ)

Fig. 12. The concept space of test subject b (case-base I).

図13 評価実験の概要

Fig. 13. Outline of evaluation procedure.

被験者 c と被験者 d の概念空間は、図11に示したものと似た配置となったが、図12に示した被験者 b の事例配置は、いくつかの事例が密集してクラスタを形成しており、他の3人のものとかなり食い違っていた。事例ベースⅡによる概念空間も、被験者により異なる傾向が得られた。このように、各概念空間は個人の主観性を反映したものとなるのがわかる。なお、生成された全ての概念空間において2軸の持つ寄与率について調査した結果、最小で0.82、最大で0.95であり、2次元の概念空間が十分もとのイメージ属性を反映したものとなっている。

次に、評価実験の手順および評価方法を述べる。

1. 各被験者の概念空間上で、無作為に座標を抽出する。ただし、抽出座標を囲む三角形を構成する事例が存在するものに限る。
2. 抽出座標を要求イメージの位置とみなし、抽出座標に対する出力図形を作成する。
3. 作成された図形を各被験者に提示し、その図形に対するイメージをイメージ属性を用いて評価させる。
4. 回答イメージを、空間上に配置する。
5. 無作為抽出した座標と回答イメージの座標の、概念空間上での距離を計算し、この値を評価値とする。

評価実験手順の概要を図13に示す。上の手順で求められた評価値が0であれば、イメージにまさに適合した図形が設計されていると言える。しかしながら、イメージの評価は被験者の感性によるものゆえ、完全に0になることは稀であり、十分に小さければ、被験者のイメージに近い図形の設計が実現されていると判断できる。

ところで、評価値の大きさを絶対量として、評価することは意味がない。そこでここでは、任意の2事例間の距離の分布を調査し、これに対する評価値の相対的な大きさを比較することにより、無作為抽出した位置と回答イメージの位置のずれの度合を評価する。すなわち、他の図形事例間のイメージの類似性に比べて、作成事例とそれに対するイメージの位置が近ければ、十分に利用者のイメージを反映した設計案が作成されていると見なす。

(4.2) 実験結果および考察

ひとつの概念空間につき、3つの座標を無作為に抽出し、評価値を計算した。実験の結果を図14および図15に示す。各図中の折れ線は、概念空間上での任意の2事例間の距離の密度分布、つまり横軸のある値を持つ事例間距離の頻度を表す。また、各図中の矢印は、評価値、すなわち無作為抽出位置と回答イメージの位置の距離を表している。各概念空間で無作為抽出座標を3点抽出したので、矢印は各被験者ごとに3本ずつ存在する。

図14および図15より、事例ベースIに対しては1箇所、事例ベースIIに対しては2箇所を除く他の21の抽出点に関して、評価値が任意の事例間距離より小さいか、あるいは距離の最小値程度となっていることがわかる。特に、図14の被験者cでは、3つの抽出点の全てに対して、ユーザのイメージに極めて近い出力が得られている。この結果から、本手法によりユーザのイメージに比較的適合した設計が可能であることが結論付けられる。

一方、あまり評価値が小さくなかった3点に関して調査した結果、無作為抽出された座標が、図16に示すように、概念空間の端に偏っており、これを囲む事例がその近傍には存在しないため、離れた事例が類似事例として検索されていることがわかった。また同様に、事例の概念空間上での配置があまり均一でなく、図12のようにいくつかまとまって配置されている場合にも、適切な類似事例の選択が困難となる。このため、図14の被験者bの結果に示されるように全体的に比較的大きな評価値が得られている。

図14 実験結果(事例ベースI)
Fig. 14. The result of evaluation using case-base I.

図15 実験結果(事例ベースII)
Fig. 15. The result of evaluation using case-base II.

図16 不適切な設計例(事例ベースII, 被験者aの概念空間)
Fig. 16. An example of inappropriate result (case-base IIa).

図17 キャラクターデザインにおける概念空間
Fig. 17. The concept space in character design.

図18 キャラクターデザインの評価実験結果
Fig. 18. The result of evaluation in character design.

5. 概念空間形成型設計によるキャラクターデザイン

概念空間形成型設計をマスコット人形などのような、キャラクターデザインに適用し、図形設計と同様の評価を実施した。キャラクタは図17に示されるようなワイヤフレームとして与えられる。「安定感」「躍動感」「奇妙さ」「暖かみ」の属性を用い、図17のような概念空間を作成した。オペレーションとしては、「羽を付ける」「尾ひれを付ける」「手足を付ける」「ある部分を太くする」「ある部分を伸ばす」を登録した。このようなオペレーションにより、「人間」と「鳥」の中間的な存在である「天使」のようなキャラクタ

ラクタも出力することが可能である。

4人の被験者にキャラクタの持つイメージを入力してもらい、評価した結果を図18に示す。図18のグラフより、キャラクタデザインにおいても、図形設計とほぼ同様の特性が得られており、適切なキャラクタの設計が可能であることがわかる。

6. おわりに

本論文では個人の主観性を反映した製品設計を目的とする概念空間形成型設計について述べた。概念空間形成型設計は、過去の少量の設計事例に対する個人的なイメージデータから概念空間を構成し、空間上での事例の修正操作により、新たな設計案を作成することができる。イメージデータの入力作業が軽減できたことにより、新しい要求の発生にともなって迅速な設計案の創出が可能となる。事例修正の際には、オペレーションという基本的な操作を用いて設計事例の一部分の特徴を変形または変更している。オペレーションとして、事例の特徴を離散的に変化させる操作を登録でき、事例どうしの数値的な差異のみに着目した修正操作だけでなく、より一般的な修正を実現している。

本研究では、概念空間形成型設計を用いて個人のイメージに合わせた図形作成とキャラクタデザインの実験を行った。実験の結果から、被験者の主観性に依存して構築された異なる概念空間をもとに、個人のイメージに比較的良好な設計案が作成されていることが示された。

(平成7年4月3日受付、同7年10月2日再受付)

文 献

- (1) 辻 三郎 編: 感性情報処理の情報学・心理学的研究、文部省科学研究費補助金重点領域研究平成6年度成果報告書(平7)
- (2) 辻 三郎 ほか: 感性と情報処理(平5) 共立出版
- (3) 井口 征士: 「感性の情報科学的研究」、計測と制御, **33**, No.3, pp.198-203(平6-3)
- (4) 井口 征士 ほか: 感性情報処理(平6) オーム社
- (5) 長町 三生: 感性工学(平元) 海文堂出版
- (6) 森 典彦: デザイン工学(平3) 朝倉書店
- (7) 長町 三生 ほか: 感性商品学(平6) 海文堂出版
- (8) 長田 聡宏・大川 剛直・薦田 憲久: 「イメージ事例を用いた概念空間形成型設計」 情報処理学会研究会報告, **94**, No.60, pp.25-32(平6-7)
- (9) T.Nagata, T.Ohkawa & N.Komoda: "Case-Based Evolutionary Design by Primitive Operators", Proc. 1994 IEEE Int. Conf. on Systems, Man and Cybernetics, pp.2492-2497(1994-10).
- (10) 長田 聡宏・大川 剛直・薦田 憲久: 「感性による概念空間を用いた設計案作成方式」、計測自動制御学会第17回システム工学部会研究会「発想支援ツール」資料, pp.45-52(平7-1)
- (11) T.Nagata, T.Ohkawa & N.Komoda: "Case-Based Transformational Design Method Based on Personal Specification", Proc. IEEE Int. Symposium on Industrial Electronics, pp.924-929(1995-7)
- (12) J.Kolodner & W.Mark: "Case-Based Reasoning", IEEE Expert Intelligent Systems & Their Applications, **7**, No.5, pp.5-6(1992-10)
- (13) 小林 康弘: 「事例ベース推論」、人工知能学誌, **8**, No.1, pp.26-36(平5-1)
- (14) M.Pearce et al.: "Case-Based Design Support", IEEE Expert Intelligent Systems & Their Applications, **7**, No.5, pp.14-20(1992-10).
- (15) 杉本 雅則・堀 浩一・大須賀 節雄: 「設計問題への発想支援システムの応用と発想過程のモデル化の試み」、人工知能学誌, **8**, No.5, pp.575-582(平5-9)
- (16) K.Hori & S.Ohsuga: "Application of Articulation Aid to Design", Information Modelling and Knowledge Bases IV, pp.56-64(1993)
- (17) W.Latham: "Form Synth: The Rule-based Evolution of Complex Forms from Geometric Primitives", Computers in Art, Design and Animation, pp.80-108(1989)
- (18) 岩下 豊彦: SD法によるイメージの測定(昭58) 川島書店
- (19) 河口 至商: 多変量解析入門I(昭48) 森北出版
- (20) 奥野 忠一 ほか: 多変量解析法(改訂版)(昭56) 日科技連

長田 聡宏

(正員) 1969年10月13日生まれ。93年3月同大学工学部情報システム工学科卒業。同年4月同大学大学院工学研究科情報システム工学専攻博士前期課程入学。感性情報処理の研究に従事。95年3月同専攻修了。同年4月日本アイ・ビー・エム(株)入社。93年度電気学会論文発表賞受賞。

柿原 要

(非会員) 1972年2月17日生まれ。95年3月大阪大学工学部情報システム工学科卒業。同年同大学大学院工学研究科情報システム工学専攻博士前期課程入学。感性情報処理の研究に従事。

大川 剛直

(正員) 1963年5月1日生まれ。88年3月大阪大学大学院通信工学専攻博士前期課程修了。90年同後期課程退学。現在、同工学部情報システム工学科講師。工博。知識獲得、機械学習に関する研究に従事。93年度電気関係学会関西支部連合大会奨励賞受賞。IEEEなどの会員。

薦田 憲久

(正員) 1950年2月27日生まれ。74年3月大阪大学大学院電気工学専攻修士課程修了。同年(株)日立製作所入社。81~82年UCLA留学。91年4月大阪大学工学部情報システム工学科助教授。現在、同教授。工博。システム工学、知識情報処理の研究に従事。計測自動制御学会86年度論文賞、同学会87年度技術賞受賞。IEEEなどの会員。