

自己組織化ニューラルネットワークを用いた感性情報分析支援ソフトウェアの開発

橋場 参生, 及川 雅稔, 万城目 聡, 高橋 裕之, 本間 稔規

Development of the Kansei Analysis Support Software Using Self-Organizing Neural Networks

Mitsuo HASHIBA, Masanori OIKAWA, Akira MANJOUME
Hiroyuki TAKAHASHI, Toshinori HONMA

抄 録

近年、消費者の「感性」を取り入れた製品開発が重要視されており、統計的手法などを用いた感性の分析が試みられている。しかし、入力データの作成、処理、視覚化、考察などの作業を効率良く実施するための環境が整っていないため、企画やデザインなどの創造的活動に至るまでに多くの時間と労力が費やされている。

そこで我々は、上述の作業を支援可能なソフトウェアツールの実現を目的に、Kohonenの自己組織化ニューラルネットワークを応用した感性情報分析支援ソフトウェアの開発を行った。本ソフトウェアは、二次元マップの作成機能や分析機能などをユーザーに提供し、感性情報の分析作業を支援する。本報では、開発したソフトウェアの概要と、フォントや風景画像を対象として行った実験結果について述べる。

キーワード：感性、ニューラルネットワーク、製品開発、デザイン

Abstract

Recently, "Kansei" has been recognized as important factor in product development. So, the analysis of consumer's Kansei using statistics methods and so on, has been tried. However, it is very difficult to proceed creative works (planning, designning etc.) smoothly, because the analysis of Kansei requires much time and labor.

In this paper, we describe the development of Kansei analysis support software using Kohonen's Self-Organizing neural networks. This software makes possible visualization of Kansei, using two-dimensional maps, and provides some functions to analyze Kansei. By using the proposed software, we tried evaluations of fonts and landscape images.

KEY-WORDS : Kansei, Neural networks, Product development, Design

1. はじめに

通産省（現経済産業省）の諮問機関である産業構造審議会

事業名：創造的研究推進事業

課題名：ニューラルネットワークによる感性情報の計測・評価技術

は、最終答申『21世紀経済産業施策の課題と展望』の中で、今後発展する産業群の一つに「感性産業」をあげている¹⁾。また、北海道通商産業局（現北海道経済産業局）がまとめた『21世紀北海道経済産業施策』の中でも、21世紀の北海道を担う新しい産業群として「感性産業」が記されている²⁾。このように、今後は「感性」が製造業における重要なキーワードになると予想される。

消費者の嗜好・欲求などの「感性」を反映させた製品開発は、既にデザインの現場などで重要視されており、統計学や心理学の手法を用いた「感性」の分析が試みられている³⁻⁷⁾。しかし、入力データの作成、処理、視覚化、考察などの一連の作業を効率良く実施するための環境が整っていないため、企画やデザインといった創造的活動に至るまでに多くの時間と労力が費やされている。

そこで我々は、上述の作業を総合的に支援可能なソフトウェアの実現を目的に、自己組織化ニューラルネットワークを応用した感性情報分析支援ソフトウェアの開発を行った^{8,9)}。本報では、その概要と実現方法、動作実験の結果などに関して報告する。

2. 開発の背景

図1に「感性」を反映させた製品開発の一例を示す。製品の開発を進めるにあたり、メーカーでは、どのような製品がユーザーの「感性」に合致するのかを調べるため、既製品や試作品を用いたアンケート調査などを行う。この代表的な調

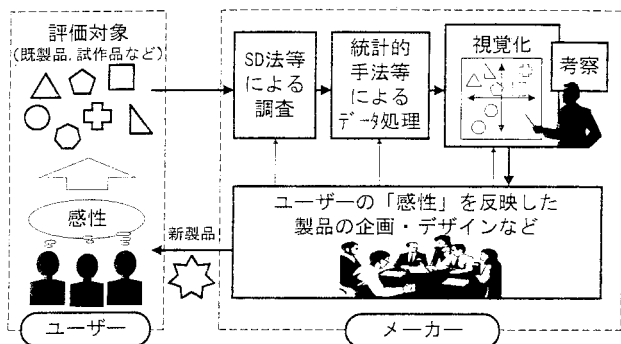


図1 「感性」を反映させた製品開発の例

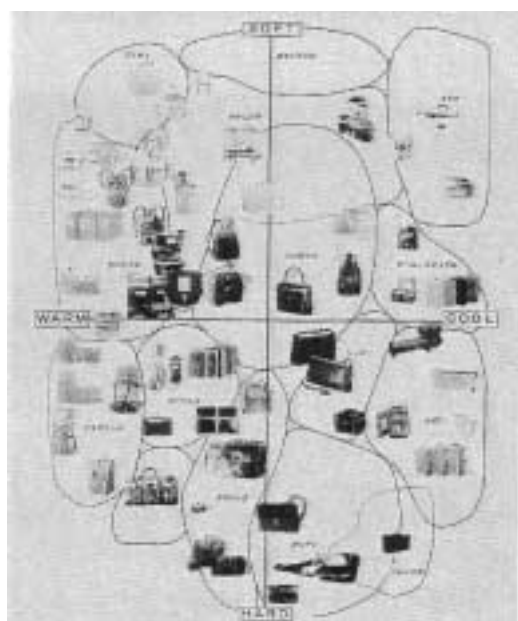


図2 二次次元マップ

査方法に、製品の印象を表現するための複数の言葉の対（例えば「かたい感じーやわらかい感じ」、「あたたかい感じーつめたい感じ」など）を被験者に呈示し、各対の間を数段階のスケールで評価してもらったSD法 (Semantic Differentials: 意味微分法) がある^{5,6)}。

次に、メーカーは、得られた調査結果をデータ処理し、製品開発に反映させるべき「感性」情報を抽出する。「感性」という曖昧な情報を抽出するためのデータ処理手法は、現在も研究途上で確立されていないが、多変量解析などの統計的手法が利用されている他、ファジィ、ニューラルネットワークなどの応用も研究されている^{3,4)}。

上記のデータ処理結果を基にして、メーカーは「感性」の分析を行い、製品の企画やデザインに結びつけていく。この時、データの処理結果を単に数値として取り扱うだけではなく、視覚的に把握できるように整理することが重要とされている。視覚化の手法としては、製品を平面上に配置した、図2に示すような二次元マップがよく用いられており、作成されたマップ上で、軸の抽出や意味づけ、類似した製品のグループ化などが考察されている。

以上の調査 (入力データの作成)、処理、視覚化、考察などの作業は、非常に手間を要する作業であるため、本来の目的である、企画・デザインなどの創造的活動に至るまでに多くの時間と労力が費やされている。これらの一部は、近年のパーソナルコンピュータの普及によって、ある程度の効率化が図られつつあるが、統計ソフトを利用してデータ処理を行った後、手作業で二次元マップを作成するなど、煩雑な作業は依然として多く、「感性」情報の分析を円滑に実施できる環境には至っていない。

そこで我々は、自己組織化ニューラルネットワークを応用した「感性」情報の分析手法を提案し、一連の作業を支援可能なソフトウェアとしての実現を図った。

3. 感性情報分析支援ソフトウェア

本章では、開発したソフトウェアの概要と、ソフトウェアの核として利用した自己組織化ニューラルネットワークに関して述べる。ソフトウェアの具体的な使用方法は、事例を交えて次章で説明する。

3.1 ソフトウェアの概要

開発したソフトウェアの概要を図3に示す。本ソフトウェアは、T.Kohonenが考案したSOM (Self-Organizing Map) と呼ばれる自己組織化ニューラルネットワーク¹⁰⁾を応用しており、マイクロソフト社のWindowsをOSとするパーソナルコンピュータ上で動作する。後述するように、SOMは、入力ベクトル間の関係を学習によって視覚化する能力を有していることから、この能力を活用して二次元マップの生成な

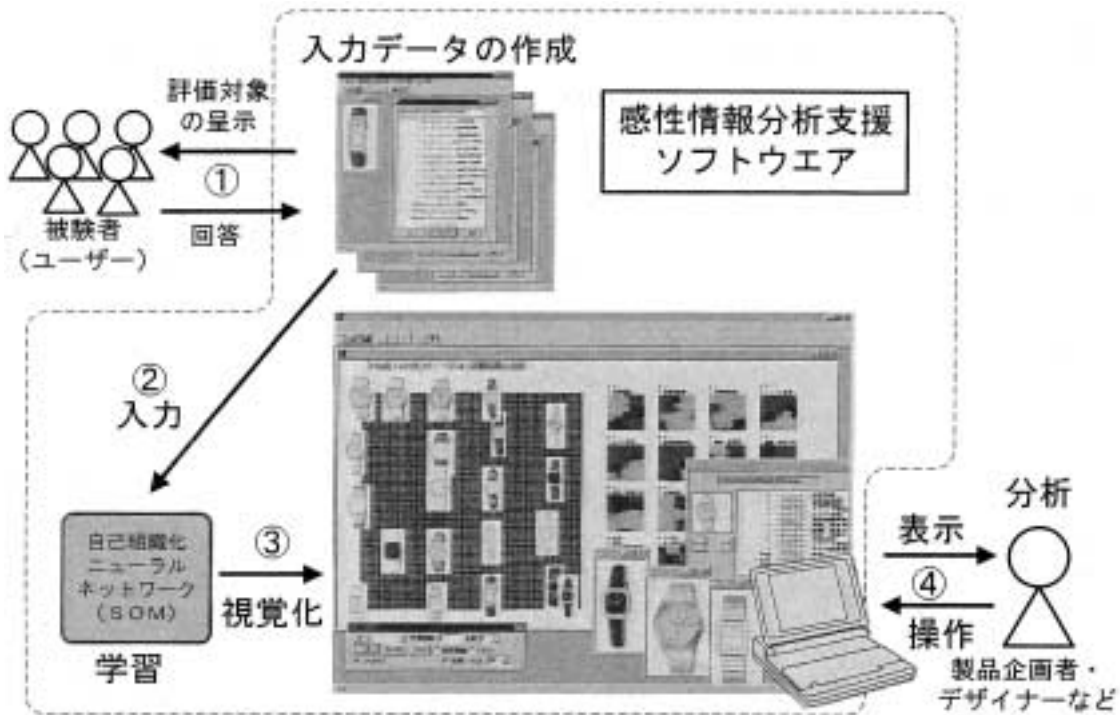


図3 開発した感性情報分析支援ソフトウェアの概要

どを行う。本ソフトウェアの利用手順を以下に記す。

- ①評価対象を被験者に呈示し、SD法などを用いてn個の評価項目に対する回答を得る。回答結果から、評価対象毎にn次元の入力ベクトル（入力データ）を作成する。
- ②作成した入力ベクトルを用いてSOMの学習を行う。
- ③学習後のSOMの状態を視覚化する。
- ④二次元マップの作成や解釈、評価対象のグループ化、検索などの支援機能を利用して「感性」を分析する。

3.2 自己組織化ニューラルネットワーク（SOM）

SOMは、図4に示すように、n次元のベクトル w_i を有する多数のニューロンから構成される。この w_i は、ニューロンの特徴ベクトルと呼ばれる。

SOMの学習は、入力ベクトル x を全てのニューロンに入力した後に、後述する条件を満たしたニューロンを求め、その特徴ベクトル w_i を、入力ベクトル x に少しずつ近づけるようにして行われる。学習手順の詳細は後述する。

学習の結果、SOMの内部には、様々な特徴ベクトルを有するニューロンが形成される。その中から、後述する手続きに従って、各入力ベクトルに対応するニューロンを求めていくと、それらのニューロンの位置関係を介して、入力ベクトル間の相対関係を調べることができる（図5）。これがSOMの特長である写像能力で、この能力を利用することによって、通常把握が困難であるn次元入力ベクトル空間内での入力ベクトル間の相対関係を、ニューロンの位置関係によって視覚化することができる。

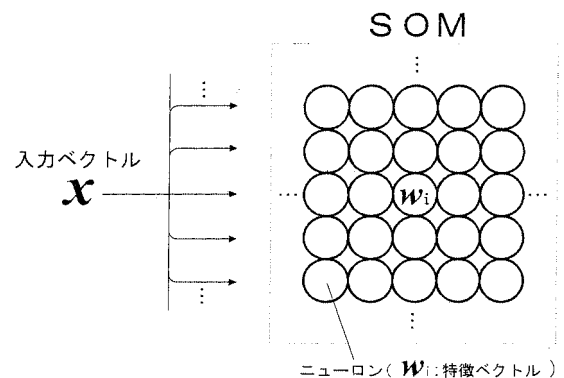


図4 SOMの構成

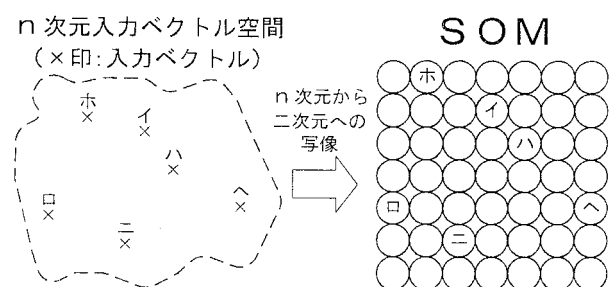


図5 SOMの写像能力

以上の手順を具体的に記すと、次のようになる。

- (1) 時刻 t における入力ベクトル $x(t)$ を全てのニューロンに入力し、入力ベクトル $x(t)$ と、ニューロン i の特徴ベクトル $w_i(t)$ とのユークリッド距離 $\|x(t) - w_i(t)\|$ を計算する。

- (2) ユークリッド距離が最小となるニューロン c を求める。
- (3) ニューロン c とその近傍のニューロンの集合 N_c の特徴ベクトル $w_i(t)$ を次式により更新し、入力ベクトル $x(t)$ に少し近づける。 $\alpha(t)$ は更新の割合を決める係数である。

$$w_i(t+1) = w_i(t) + \alpha(t) [x(t) - w_i(t)] \quad i \in N_c$$

$$w_i(t+1) = w_i(t) \quad i \notin N_c$$

- (4) 上記(1)~(3)を学習が収束するまで繰り返す。
- (5) 学習が収束した後、各入力ベクトルに最もユークリッド距離に近い特徴ベクトルを有するニューロンを選び、その位置関係を視覚化する。

4. 動作説明—フォントの分析への適用例—

本章では、フォントが与える印象の分析を例として、本ソフトウェアの利用方法を説明する。

4.1 評価対象

評価対象として市販のフリー素材集の中から18種類のひらがなのフォントを選び、本ソフトウェアを用いてフォントが人に与える印象の分析を行った。フォントの評価には、「おもい—かるい」、「かたい—やわらかい」などの16項目の形容詞の対（以後、形容詞対と記す）を用意し、被験者には、各形容詞対の間を5段階で評価するよう依頼した。被験者は3名のデザイナーである。

4.2 入力データの作成

入力データの作成画面を図6に示す。画面上には、評価対象となるフォントの画像と、16項目の形容詞対が表示される。被験者は、各対の間をマウスでクリックすることで、回答を進めることができる。全てのフォントに対する回答が終了した後、5段階の回答結果を1~5の値に数値化し、各フォント毎に、16項目の回答結果を要素とする16次元の入力ベクトルを作成する。なお、本事例では3名のデザイナーの評価結果を平均して、入力ベクトルを作成した。

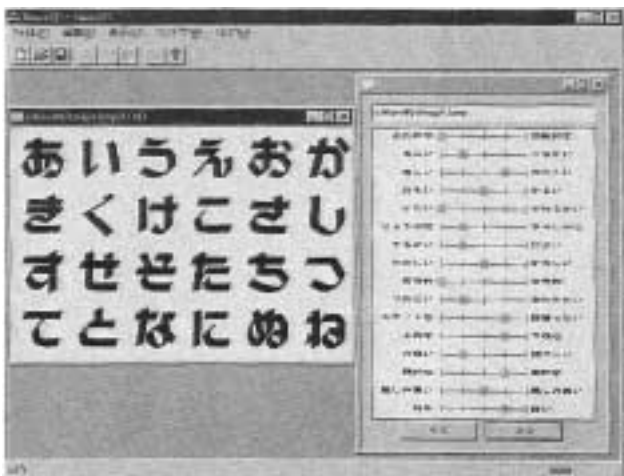


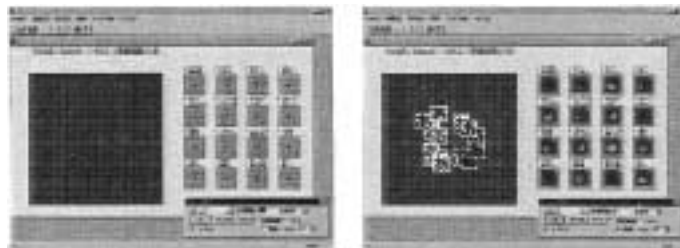
図6 評価入力画面

4.3 学習回数や表示方法の設定

SOMの学習回数や、SOMを利用して作成する二次元マップの表示方法などは、図7(e)右下のダイアログボックスを用いて設定する。また、SOMを構成するニューロンの個数や、特徴ベクトルの修正を行うニューロンの範囲なども、別のダイアログボックスにより設定する。本事例では、縦18個、横18個の格子状に配列された合計324個のニューロンからなるSOMを用いた。

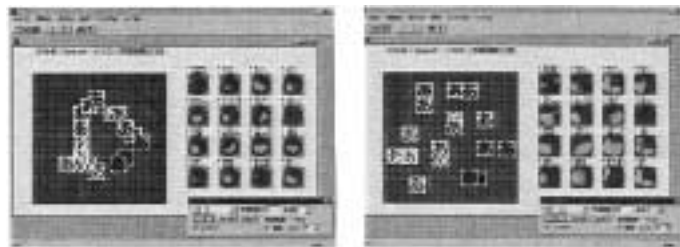
4.4 二次元マップの作成

格子状に配置されたニューロンの中央部から学習が始まるように特徴ベクトルを初期化した後、先に作成した入力ベクトルを用いてSOMの学習を行った。SOMの学習後に、各入力ベクトルとのユークリッド距離が最も近い特徴ベクトルを求め、その特徴ベクトルを有するニューロンの位置にフォントの画像を表示するように指示すると、二次元マップが自動的に作成される。学習の様子を図7に示す。



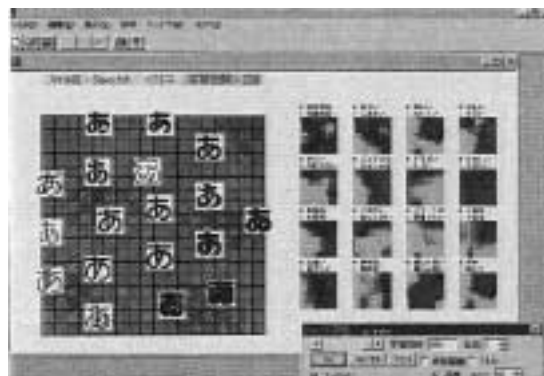
(a) 初期状態

(b) 学習過程—その1—



(c) 学習過程—その2—

(d) 学習過程—その3—



(e) 学習結果

図7 SOMの学習と二次元マップの生成

学習に要する時間は、入力データの次元や総数、SOMの規模や収束の程度によって異なるが、本事例の場合には366MHzのCPUを備えたパーソナルコンピュータを用いて、数十秒で二次元マップを作成することができた。

図7(e)は、SOMの学習が収束した状態での表示結果である。画面左側が、18個×18個のニューロンを表しており、さらに各ニューロンの内側に、16次元の特徴ベクトルの要素が4個×4個の小さな四角形で表示されている。また、この表示結果の上にフォントの画像が配置されている。

既に述べたように、SOMは入力ベクトル空間の写像を形成する能力を有するため、入力ベクトル間のユークリッド距離に近いフォント、即ち、回答者の評価結果が類似したフォントが二次元マップ上で近距離に配置される。図7(e)より、線の太さ、輪郭の形状、飾りの有無などに関して類似の特徴を有するフォントが近距離に配置されている様子が観察できる。

4.5 特徴ベクトルの要素毎の表示

特徴ベクトルの各要素の値が、入力ベクトルの作成に用いた各評価項目の回答結果に対応していることに着目し、特徴ベクトルを同一次元の要素毎に表示する機能を開発した。図7(e)の画面右側が、ニューロンの特徴ベクトルを同一次元の要素毎に表示した結果で、この表示結果と二次元マップを比較検討することにより、二次元マップの考察が可能になる。

図8は、特徴ベクトルの要素別表示結果の中から類似の傾向を示すものをまとめた結果である。例えば、「男性的-女性的」の評価結果に対応する要素を表示した結果は、二次元マップの左側部分に「女性的」、右側部分に「男性的」と評価されたフォントが存在することを示している（画面上では、赤と青に色分けして表示されている）。同様の傾向は、「じょうぶ-きゃしゃ」、「力強い-弱々しい」の評価結果に対応する要素にも見ることができる。また、「つめたい-あたたかい」、「するどい-にぶい」の評価結果に対応する要素も比較的類似した表示結果となっており、左上部分が「つめたい」・「するどい」、右下部分が「あたたかい」・「にぶい」という傾向を示している。さらに、「美しい-みにくい」、「上品な-下品な」、「好き-嫌い」に対応する要素の表示結果は、右上部分と左下部分に分離する傾向を示している。また、これらとは表示結果が異なるが、「かたい-やわらかい」についても右上部分と左下部分に分離する傾向が見られる。以上の結果を二次元マップに重ねて考察すると、図9のようになる。

4.6 入力ベクトルと特徴ベクトルのユークリッド距離表示

学習後のSOMに入力ベクトルを再入力し、ニューロンの特徴ベクトルとのユークリッド距離を表示する機能を開発した。ユークリッド距離に近いニューロン上に配置されている評価対象は、再入力した入力ベクトルに対応する評価対象と

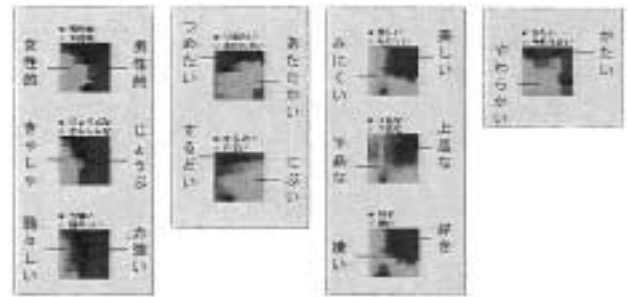


図8 特徴ベクトルの要素別表示結果（フォントの事例）

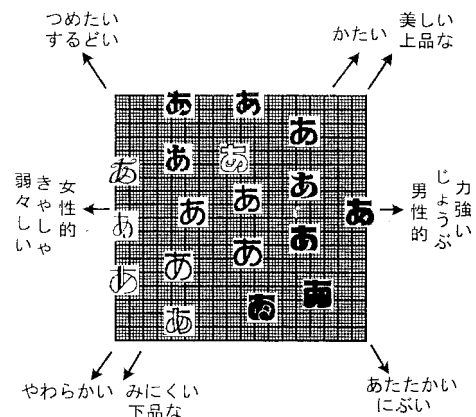
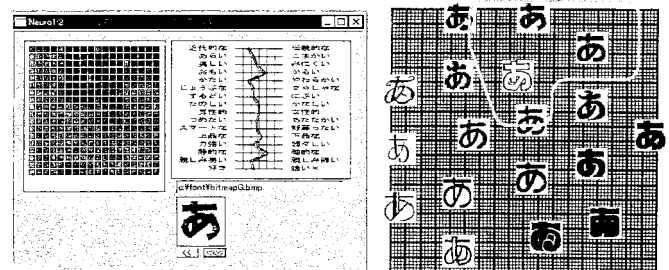
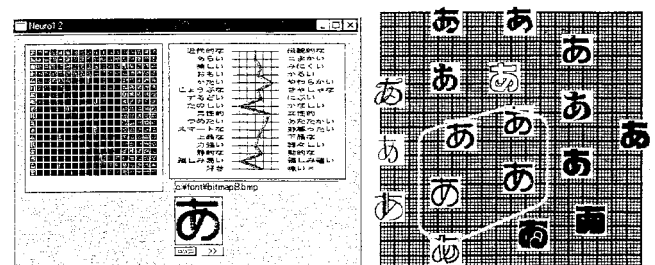


図9 二次元マップの考察（フォントの事例）



(a) 入力ベクトルの再呈示結果 (b) グループ化の考察

図10 グループ化の支援例-その1-



(a) 入力ベクトルの再呈示結果 (b) グループ化の考察

図11 グループ化の支援例-その2-

類似の印象を与えていると考えられることを利用して、グループ化などの考察を支援する。

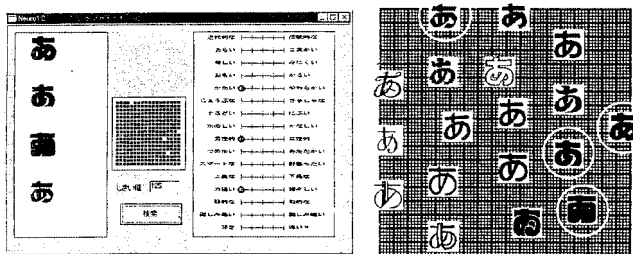
図10は、本機能をフォントの分析に用いた例で、図10(a)は

ウインドウ内のフォントに対応する入力ベクトルと、各ニューロンの特徴ベクトルとのユークリッド距離を計算した結果を示している。同図は、暗い程ユークリッド距離が近いことを表しており、暗い部分に配置されているフォントが、入力ベクトルに対応したフォントと近い印象を与えるフォントと考えることができる。図10(b)は、この機能を用いて、二次元マップ上のフォントをグループ化した例である。また、図11は別なフォントに対して同様の機能を用いた例である。

4.7 二次元マップを活用した検索機能

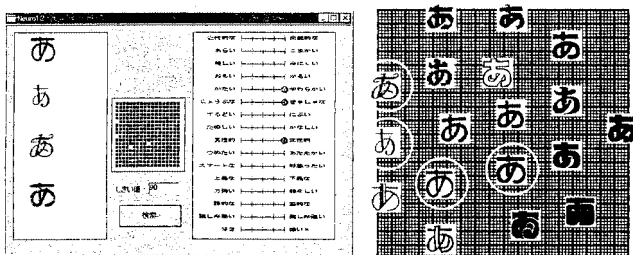
入力ベクトルを作成する際に用いた評価項目に、利用者が任意の評価を入力することで、評価対象の検索を可能にする機能を開発した。利用者が作成した入力ベクトルと、各ニューロンの特徴ベクトルとのユークリッド距離が4.6と同様の方法で表示されるので、ユークリッド距離に近い評価対象を調べることによって、入力条件に該当する評価対象を検索することができる。本機能は、ベクトル間のユークリッド距離を計算するという点において新規性はないが、検索された評価対象を二次元マップ上で確認し、考察できるという利点がある。

図12(a)は、「かたい」・「男性的」・「力強い」という条件を入力ベクトルとして、各特徴ベクトルとのユークリッド距離を表示した結果である（評価項目が指定されなかった入力ベクトルの要素は、ユークリッド距離の計算を行う際に除外している。本例では、指定された3個の要素のみを用いて距離



(a) 検索入力と結果 (b) 検索されたフォント

図12 「かたい」・「男性的」・「力強い」を指定した検索



(a) 検索入力と結果 (b) 検索されたフォント

図13 「やわらかい」・「きゃしゃな」・「女性的」を指定した検索

計算を行った)。図12(a)の右側がマウスで評価項目を指定する部分、中央部がユークリッド距離の表示結果、左側が候補となるフォントを示している。中央部の表示は、暗い部分がユークリッド距離に近いニューロンであることを表しており、この部分に候補となるフォントが存在することになる。白（画面上では黄色）で表示されている箇所は、しきい値処理の結果、候補として選ばれた4種類のフォントの位置である。これらを二次元マップ上で確認すると、図12(b)のようになり、同図から、選択されたフォントと他のフォントの相対関係が視覚的に把握できるほか、選択されたフォントの近傍に配置されているフォントを調べることによって、近い候補になり得るフォントを考察することなどができる。図13は、「やわらかい」・「きゃしゃな」・「女性的」という条件を入力ベクトルとした場合の結果である。

4.8 その他の機能

以上の他、本ソフトウェアは次のような機能を有する。

- ・メニューから選択することにより、評価対象の画像や評価結果を別のウインドウに表示できる。
- ・二次元マップ上に画像ではなく、製品名などのテキストを表示することもできる。
- ・二次元マップ上の画像の大きさを変更することができる。
- ・二次元マップ上の画像の位置や重なりを修正したい場合、マウスのドラッグで画像を移動できる。
- ・二次元マップ上の画像をダブルクリックすることにより、評価対象の画像を別のウインドウに原寸で表示できる。

5. 風景画像の分析への適用例

本章では、風景画像を評価対象とした分析事例を紹介する。ソフトウェアの動作画面を図14に示す。

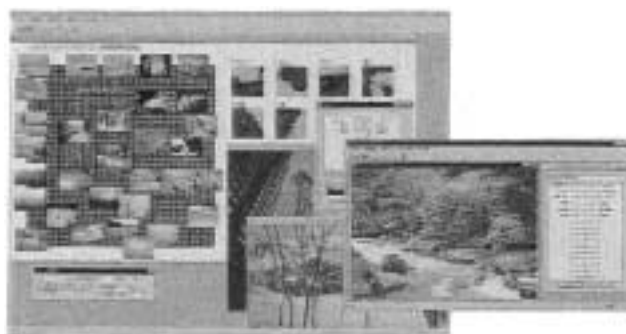


図14 風景画像の分析画面

5.1 評価対象

評価対象として、市販のフリー素材集の中から34種類の風景画像を選び、各風景画像が人に与える印象の分析を試みた。本分析では、風景画像から受ける印象を言葉で表現するため

に、「あたたかいーつめたい」、「あかるいーくらい」、「やわらかいーかたい」、「田舎風ー都会風」、「和風ー洋風」、「静的ー動的」の6項目の形容詞対を用意し、フォントの場合と同様に、各対の間を5分割して被験者に評価させた。以上の方法により、各風景画像について、6項目の回答結果を要素とする6次元ベクトルを作成した。

5.2 分析結果

各風景画像に対して得られた6次元ベクトルを入力ベクトルとして30個×30個のニューロンで構成されるSOMの学習を行い、風景画像の二次元マップを作成した。図15に特徴ベクトルの要素別表示結果を、図16に作成された二次元マップを示す。特徴ベクトルの要素別表示結果を基にして二次元マップに考察を加えると、図16に示すように、垂直方向に「つめたいーあたたかい」、「くらいーあかるい」、水平方向に「和風ー洋風」、右上がりの対角線方向に「かたいーやわらかい」、「都会風ー田舎風」という傾向があることなどがわかった。

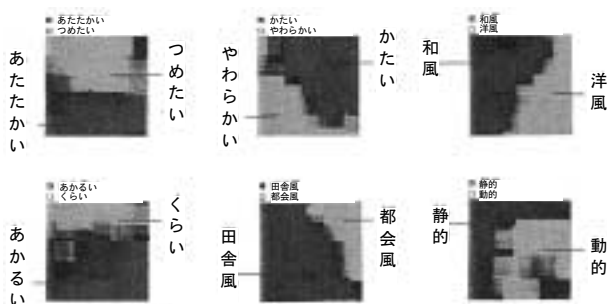


図15 特徴ベクトルの要素別表示結果（風景画像の事例）

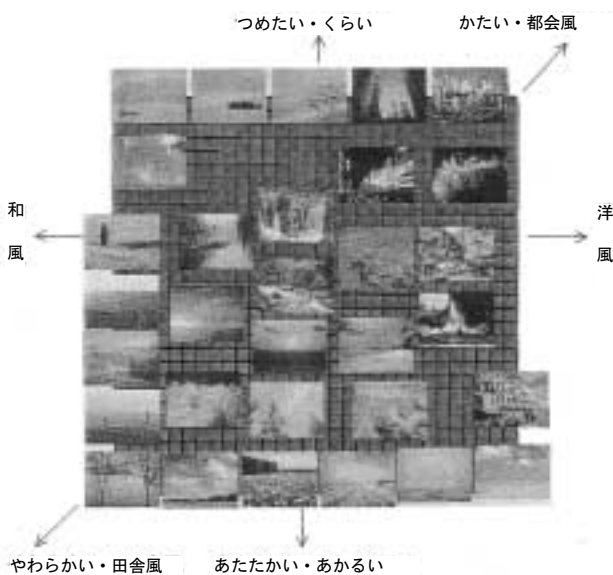


図16 二次元マップの作成結果（風景画像の事例）

5.3 検索例

検索機能を用いて風景画像の検索を行った。図17に示すように、「あたたかい」・「田舎風」・「和風」という条件を入力

して検索を行った場合には、紅葉した森林の画像などが選ばれ、「つめたい」・「かたい」を条件として検索を行った場合には、ビルや冬景色の画像などが候補として選ばれた。図16と比較検討することにより、前者は二次元マップの左下付近に、後者は右上付近に配置されていることを視覚的に確認でき、その周辺に配置されている画像も類似の印象を与える候補として考察することができる。



(a) 「あたたかい」・「和風」・「田舎風」を指定した結果



(b) 「つめたい」・「かたい」を指定した結果

図17 風景画像の検索例

6. 物理的特徴などに基づく分析への適用例

フォントや風景画像の事例では、形容詞の対を評価項目として入力ベクトルを作成していたが、製品の 카테고리などに対応した2値データや、性能を示す物理量などを用いて入力ベクトルを作成し、分析を行うことも可能である。

図18は、乗用車を対象とし、RV、ミニバン、スポーティなどのカテゴリーと、価格、排気量を基にして入力ベクトルを作成し、二次元マップを作成した事例である。また、図3は、腕時計のコンセプト、形態、機能、素材、使用場面、対象などの評価結果¹⁾を利用して入力ベクトルを作成し、二次元マップを作成した事例である。このように、本ソフトウェアは、物理的特徴などに基づく製品の分類などにも適用することができるため、マーケティングリサーチなどの多くの分野で活用できると考える。

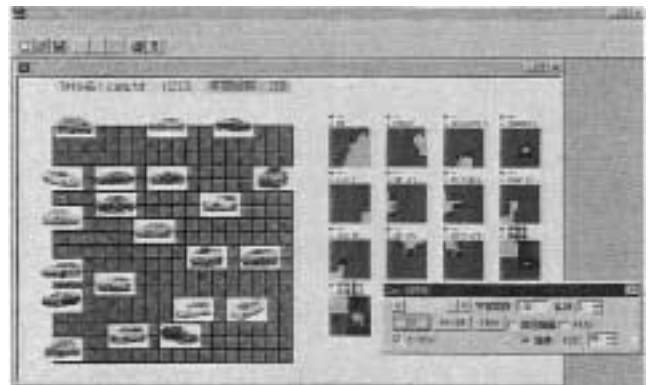


図18 乗用車の分析画面

7. おわりに

製品の企画やデザインを進める際に利用可能な、感性情報分析支援ソフトウェアの開発を行った。また、フォントや風景画像が人に与える印象の分析に本ソフトウェアを適用し、二次元マップの作成や解析などの機能が良好に動作することを確認した。本ソフトウェアは、一般的な仕様のパーソナルコンピュータ上で動作するため、デザイナーなどが創造的活動を行う際の、手軽なツールとして活用できる。特に、データ処理から二次元マップの作成までを短時間で実行できるという特長は、作業を円滑に進める上で有効であると考えている。

今後は、SOMの学習能力を活用して、データの修正・追加機能や、カスタマイズ機能などの充実を図って行く予定である。また、主成分分析や数量化理論Ⅲ類などの手法との比較検討を行うことも重要と考えている。

謝 辞

本研究に関して貴重な御助言、御協力を頂いた千葉大学工学部工業意匠学科 渡辺誠助教授に感謝致します。

引用文献

- 1) 産業構造審議会（通商産業省）：21世紀経済産業施策の課題と展望～競争力ある多参画社会の形成に向けて～，（2000）
- 2) 北海道通商産業局：21世紀北海道経済産業施策～経済新生の加速役「触媒」を目指して～，（2000）
- 3) 森典彦：デザインの工学，朝倉書店，242PP.，（1991）
- 4) 森典彦：左脳デザイン，海文堂，194PP.，（1993）
- 5) 井口征士・猪田克美・小林重順・田辺新一・長田典子・中村敏枝：感性情報処理，オーム社，176PP.，（1994）
- 6) 長町三生：感性工学のおはなし，日本規格協会，209PP.，（1995）
- 7) 杉山和雄・井上勝雄編，E X C E Lによる調査分析入門，海文堂，168PP.，（1996）
- 8) 橋場参生・及川雅稔・高橋裕之・本間稔規：自己組織化ニューラルネットワークを用いた感性情報分析支援システムの検討，1999年電子情報通信学会総合大会講演論文集，p.329，（1999）
- 9) 橋場参生・及川雅稔・万城目聡：自己組織化ニューラルネットワークを用いた感性情報分析支援システム，情報処理学会第60回全国大会講演論文集(4)，pp.23-24，（2000）
- 10) T.コホネン：自己組織化マップ，シュプリンガーフェアラーク東京，455PP.，（1996）