

Chernoff 顔グラフへの適切な変数の割り当てに関する実験的検討^{注1)}

富田 新* 佐々木宏之** 丸山 欣哉***

The Experimental Study about Effective Assignment of Multivariate Variables to 'Chernoff Face'

Arata TOMITA *, Hiroyuki SASAKI ** and Kinya MARUYAMA ***

This study investigated about effective assignment of multivariate variables to 'Chernoff face', which is an unique graphical method with facial forms, introduced by Chernoff in 1973, and about its application as a configural display. In the experiment subjects were set to the similarity judgement task and the character evaluation task with many facial patterns, which have been produced by assigning random numerical values to the seven features of 'Chernoff face'. The data were analysed by using multidimensional scaling (INDSCAL) and regression method. The results of the analyses showed the following two facts. First, subjects could the most easily perceive the changes of data which were assigned to such features as outline (vertical size of face), eyes (slant of eyes, eccentricity of eyes, size of eyes), and eyebrows (slant of eyebrows). The next salient feature was nose (length of nose). However, they could hardly detect the changes of data which were assigned to mouth (curvature of mouth). The second finding in the experiment was that subjects had strong tendency to detect the change of data on the basis of holistic and semantic impressions of facial patterns. This tendency in perceiving Chernoff faces may severely disturb their correct detection of each value embedded in them.

key words: Chernoff face, configural display, emergent features, effective assignment of multivariate variables to graph

目 的

変数の関係を視覚的に呈示する方法の一つとしてグラフがある。グラフを用いることによって、2つ

以上の変数の相互関係を視覚的に表現することができるのだが、変数が多くなるとそれらの相互関係を直感的に理解することは難しい。

人間のもつ注意や物体知覚の能力を利用すれば、

* いわき明星大学教養部
Faculty of Liberal Arts, Iwaki Meisei University

** 東北大学文学部心理学研究室
Department of Psychology, Faculty of Arts & Letters,
Tohoku University

*** 宮城学院女子大学学芸学部
Faculty of Liberal Arts, Miyagi Gakuin Women's College

注1) 本論文は、平成5年度、平成6年度の2カ年にわたり、(株)原子力安全システム研究所・社会システム研究所と東北大学文学部心理学研究室(代表:丸山欣哉)との間で行われた共同研究「大型技術システムの安全管理にかかる心理学的基礎研究」の研究報告書の一部に、加筆、修正を行ったものである。

もっと効率の良いグラフやディスプレイの開発が行えるのではないかという立場がある。例えば、多変量データを幾何学図形などのまとまりをもったパターンの中に組み込んで提示し、そこから創発される特徴 (emergent features) によって変数間の関係を把握させようとする試みがある。ここで言う創発特徴とは、部品の集まりから飛躍的に産出される全体的かつ統合的な単一表徴のことである。創発特徴によって変数間の関係を表現するディスプレイは形態的ディスプレイ (configural display) と呼ばれている (Bennet et al., 1993²⁾; 富田, 1997¹⁰⁾)。

数理統計学者の Chernoff (1973)³⁾ は、多変量データを人間の顔の形に配置し、そこに現れた相貌から多変量データの特徴を把握させるというユニークな方法（顔グラフ：face graph）を提案した（Table 1, Figure 1）¹⁾²⁾。Chernoff は、人間の表情

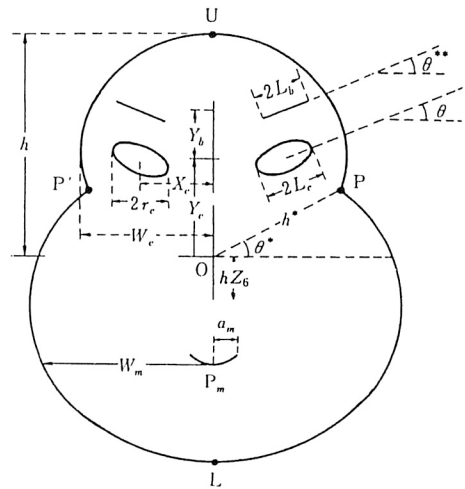


Figure 1 Chernoff の顔形グラフの基本構成図

Table 1 Chernoff の顔形グラフに盛り込むことのできる 18 の変量と顔を描くパラメータとの対応

Z_1	h^*	$h^* = \frac{1}{2}(1 + Z_1)H$	OPの長さ、 H は顔の大きさの倍率
Z_2	θ^*	$\theta^* = (2Z_2 - 1)\pi / 4$	X軸とOPの角度
Z_3	h	$h = \frac{1}{2}(1 + Z_3)H$	顔のOU (=OL) の長さ
Z_4	Z_4		顔の上半分の楕円の離心率
Z_5	Z_5		顔の下半分の楕円の離心率
Z_6	Z_6		鼻の長さ (hZ_6)
Z_7	p_m	$p_m = h\{Z_7 + (1 - Z_7)Z_6\}$	口の位置
Z_8	X_8		口の曲率 (半径 $h/ Z_8 $)
Z_9	a_m	$a_m = Z_9(h/ Z_8) \text{ or } Z_9W_m$	口の幅
Z_{10}	Y_e	$Y_e = h\{Z_{10} + (1 - Z_{10})Z_6\}$	目の位置
Z_{11}	X_e	$X_e = W_e(1 + 2Z_{11}/4)$	目の中心の離れ具合
Z_{12}	θ	$\theta = (2Z_{12} - 1)\pi / 5$	目の傾き
Z_{13}	Z_{13}		目の楕円の離心率
Z_{14}	L_e	$L_e = Z_{14} \min(X_e, W_e - X_e)$	目の幅の半分
Z_{15}	Z_{15}		ひとみの位置
Z_{16}	Y_b	$Y_b = 2(Z_{16} + 0.3)L_eZ_{13}$	目から眉の位置
Z_{17}	θ^{**}	$\theta^{**} = \theta + 2(1 - Z_{17})\pi / 5$	眉の傾き
Z_{18}	L_b	$L_b = r_e(2Z_{18} + 1)/2$	眉の長さ ($2L_b$)

注： W_i は Y_i の高さでの顔の輪郭までの距離

W_m は点 P_m での顔の輪郭までの距離。

はほんの少し変わっても把握することができるので、データの変化を非常に敏感にとらえることができると主張している (Chernoff, 1973³¹⁾)。確かに、人間の顔の認識能力は多くのパターン認識の中でも特に優れているので、データの変化や関係を敏感に読み取れる可能性がある。

反面、顔グラフによる多変量データの表示には、幾つかの問題があることが指摘されている。

その第一は、変数の割り当て (マッピング) の問題である。どの変量を顔グラフのどの部品に対応させればよいかに関する一般的な原則はない (脇本ほか, 1984¹³⁾)。そこで通常は、知覚にとって重要度の高い視覚特徴に重要度の高い変数を割り当てるという方針がとられる。この際、変数の割り当てには、顔認識 (face recognition) 研究の知見が利用できる。しかし、顔グラフは人工的なパターンであるため、部品の相対的重要度 (feature saliency または cue saliency) が、必ずしも生態学的な顔認識の知見と一致しないことがある。

また、変数を割り当てる部品パラメータの組み合わせによって、生成される顔グラフのパターンが随分と異なってしまう。有効な変数配置について調べた幾つかの研究では、採用した部品パラメータの相違から、用いられた刺激系列がかなり違っている。その結果、変数配置において重要とされる部品パラメータも、研究ごとに異なっており、必ずしも一貫した知見は得られていない^{注3)}。部品パラメータの相対的重要度がある程度正確に特定するためには、18のパラメータの全てに標準化されたデータを割り当て、生成された全ての顔パターンの印象を比較する、といったシステムティックな研究を行う必要があるが、労力的にも時間的にも相当な困難を伴うと

予想される。

顔グラフによる多変量データの表現において指摘されている第二の問題は、データのもつ意味や構造と顔グラフが与えるイメージとの整合性の問題である。この問題について、松原 (1977)⁷⁾ は次のように述べている。“観察する方は、データのイメージでなく、彼自身に見えた顔 (フェイス) 自体としてのイメージとして見るから、きわめてミスリーディングということになる。フェイス作成過程でどのようなことがおこなわれたか示さない場合には、フェイスが最終的な結果となり、危険ということになりかねない。こういう場合は、フェイスから遡れるようにしておいたり、あるいは背後のデータにアクセスできるようにすることが必要である”。

背後にあるデータとそれを表現したディスプレイボタンとの対応は、顔グラフに限らず、全ての形態的ディスプレイで問題となっている。しかし、顔グラフへのデータのマッピングは幾何学的図形へのマッピングよりもずっと複雑である。それは、顔グラフから創発されるイメージが生態学的な意味をもっていることに起因する。知覚にとって重要度の高い視覚特徴により重要度の高い変数を割り当てるという操作は、幾何学的図形へのマッピングにおいても必要となるが、幾何学図形の場合、創発される特徴そのものに特別な意味はない。むしろ、意味は訓練や教育によって後から付与することができる。これに対し、顔グラフの場合、ボタン自体のもつ創発特徴、すなわちグラフから読みとられる意味次元 (表情やアイデンティティ等) に対してうまくマッピングを行わねばならない。この意味次元へのマッピングがうまくなされないまま顔グラフを使用することは、被験者に顔の意味のデコーディング (表情やアイデンティティの読みとり) という本来のタスク (データの関係構造の読みとり) とは無関連なタスクを課すことになる。

顔グラフの利用における第三の問題は、顔グラフの知覚に個人差が介入してくる可能性が大きいという点である。例えば、“「良い顔」は人によって異なり、笑顔にするのか優しい顔にするのか整った顔にするのか、多義性が常に残る” (松原, 1977⁷⁾)。

顔グラフ利用における第四の問題は、顔グラフが知覚者に何らかの情動を喚起させてしまう可能性が高いという点である。顔グラフを見続けることに

注2) いずれも、脇本和昌・垂水共之・田中豊、「パソコン統計解析ハンドブック I 基礎統計編」、共立出版株式会社、1984、226 - 227³¹⁾ より許可を得て転載。

注3) 例えば、Soete & Corte (1985)⁹⁾ の研究では、口の曲率 (Z_6) が最も salient な部品パラメータであるとされ、次いで重要度の高いものとして、顔の長さ (Z_3)、目の幅の半分 (Z_{14})、眉の長さ (Z_{18}) 等が挙げられている。また、辻本 (1990)¹²⁾ の研究では、課題や被験者間で差はあるものの、目の楕円の離心率 (Z_{13})、目の幅の半分 (Z_{14})、瞳の位置 (Z_{15})、口の幅 (Z_9)、口の曲率 (Z_8)、目の中心の離れ具合 (Z_{11})、目から眉の位置 (Z_{16})、顔の上半分の楕円の離心率 (Z_4)、顔の下半分の楕円の離心率 (Z_7) などが重要度の高いパラメータとして抽出されている。

よって、イライラや不快など、負の情動が知覚者に喚起され、そのことが長時間にわたる課題遂行や顔グラフの長期使用において障害となる可能性もある。特に、顔グラフを用いて多変量データの時系列的な変化を長時間モニタさせる場合には、オペレータの心理面に少なからぬ影響を与える可能性があり、事は重大である。

顔グラフの利用における第五の問題は、顔グラフを使用する際の手続きに関係している。松原 (1977)⁷⁾ は、顔グラフ利用の手続き的な制約についても言及しており、以下のように述べている。“クラスター分析や多次元時系列データの表示に顔グラフを用いる場合、少なくとも数十のフェイスの集合を用意する必要がある。顔の共通性や変化に気づくのはフェイスの集合があって初めてそうなるのであって、たった一個のフェイスから何かを抜き出すということになると、圧倒的にそのフェイスのイメージ自体の評価がきいてくる”。顔グラフによってデータの関係構造の相違の読みとりを行わせる場合には、一対比較が可能のように基準 (norm) となるパターンを常に提示しておいたり、課題遂行に先だって、知覚者に十分な学習を積みませ、比較の基準となるプロトタイプを記憶内に形成させておくなどの工夫が必要となろう。

このように、顔グラフを用いた多変量データの表示には多くの制約が伴う。しかし、データのもつ構造と顔グラフから創発される意味との対応づけがうまく行えれば、人間のもつ高度な顔認識能力を用いることにより、よりスムーズな課題遂行が行える可能性がある。

本研究は、顔グラフにおける有効な変数配置について検証し、顔グラフの形態的ディスプレイとしての利用可能性について考察することを主眼として企画された。顔グラフを形態的ディスプレイとして利用する際、変数をどのように配置すればデータの読みとりが最もスムーズになるかについて探り、顔グラフの実用化に向けての基礎データを得るのが本研究の目的である。

方 法

被験者：東北大学学生 20 名 (女性 7 名、男性 13 名：19～25 歳)。

装置：刺激の呈示及び評定値の入力には、マイクロコンピュータ (EPSON PC-286VF)、ディスプレイ (SHARP color display cu-14fu) を使用した。

刺激：顔グラフには 18 個の変数まで盛り込むことができる (Table 1, Figure 1)。しかし、これらの全ての変数に値を割り当てて実験を行うことは、多大な労力を要するばかりでなく、効率も悪い。そこで、Soete & Corte (1985)⁹⁾ と辻本 (1990)¹²⁾ の研究結果を参考にして、相対的重要度が高いとされるパラメータの幾つかをあらかじめ絞り込み、その上で値を割り当てる視覚特徴を選別した。それが、以下の 7 つの特徴である。

- ・顔の (OU の) 長さ (Z_3)
- ・鼻の長さ (Z_6)
- ・口の曲率 (Z_8)
- ・目の傾き (Z_{12})
- ・目の楕円の離心率 (Z_{13})
- ・目の幅 (の半分) (Z_{14})
- ・眉の傾き (Z_{17})

Table 1 からわかるように、個々の視覚特徴を構成する変数の関係は必ずしも独立ではない。例えば、Table 1 の眉の傾き (Z_{17}) の関数 (θ^{**}) を見ると、目の傾き (Z_{12}) (θ) と連動しているのがわかる。つまり、 Z_{17} の値が同じでも、目の傾きが変われば、眉の傾きは全く異なってしまう。眉の傾きを固定させただけでは、目の傾き (Z_{12}) の値も固定させなければならない。Figure 2 は、眉の傾き (Z_{17}) の値を 0.3 で固定したまま、目の傾き (Z_{12}) の値を 0.3 (左)、0.7 (右) と変化させたものである。眉の傾き (Z_{17}) の値は変化させてないにも関わらず、眉の傾きの変化による 2 つの顔の表情の違いは明らかである。この部品間の非独立性の問題は、顔グラフを用いてデータの読みとりや関係把握を行わせる

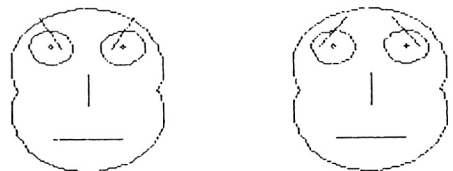


Figure 2 眉の傾き (Z_{17}) を 0.3 に固定したまま、目の傾き (Z_{12}) を 0.3 (左図) → 0.7 (右図) へと変化したグラフ

場合、大きな障害となる可能性がある。

これら7つのパラメータに代入する数値を決定した。割り当てられる数値データは、それぞれのパラメータの最大値 (max) から最小値 (min) の間の等間隔な9つの値である。例えば、顔の長さ (Z_3) では、min が 0.2, max が 1.0 であるから、割り当てられる数値データは {0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0} のいずれかになる。このようにして、9段階の輪郭ができるのである。さらに、これらの各段階の値を4個ずつ、つまり1つのパラメータにつき36個のデータを用意し、これらをパラメータごとにランダムに並べ替え、7つのパラメータを組み合わせて36組のデータセットを作った。この36組のデータセットから36個の顔グラフ (第1刺激系列) が作成された。また、以上の手続きを繰り返し、第1刺激系列とは異なる36個の顔グラフ (第2刺激系列) が作成された。顔グラフの作成には脇本ら (1984)¹³⁾ のプログラムを用いた。

手続き：第1刺激系列を用いた類似性判断と印象評定：類似性判断課題 まず、第1刺激系列の全ての刺激対 (630組) について類似性評定を行わせた。刺激対はランダムに呈示され、被験者はディスプレイ上に左右に並んで呈示された刺激対を見て、その似ている程度を非常によく似ている (7) ~ 全く似ていない (1) の7段階で評定した。判断に時間的な制限はなく、被験者が1~7の評定値を入力するまで、刺激対はディスプレイ上に呈示されたままであった。被験者は本試行に先立ち、35試行の練習試行を行った。**印象評定課題** 類似性判断終了後、被験者は類似性判断で用いた全ての刺激 (36個) について印象評定を行った。評定項目には、性格・気質に関するもの (20項目)、表情に関するもの (20項目)、物理的特徴に関するもの (10項目) の計50項目が設定されていた。これらの項目は、事前に行った刺激パタンの印象調査や足立ら (1990)¹⁾ の印象評定項目を参考に設定された。被験者は各刺激パターンと評定項目が印刷された用紙を持ち帰り、所定の期日までに評定を完了させた。**第2刺激系列を用いた類似性判断と印象評定**：同様な手続きを第2刺激系列についても行った。すなわち、第2刺激系列を用いて類似性判断課題を行った後、用いられた全ての刺激パターンについて50項目からなる印象評定を行った。同一の被験者に2つの刺激系列

の判断を行わせたのは、被験者の判断の安定性やボタンへの慣れの効果について検証するためである。

結 果

1. 類似性判断の結果分析

第1刺激系列、第2刺激系列の各刺激系列について得られた類似性判断のデータを、MDSの手法の1つであるINDSCALを用いて分析した。分析にはSASのMDSプロシジャが用いられた。

収束条件が満足されたときの各次元でのストレス (Kruskalのストレス1) の値をプロットしたのがFigure 3, Figure 4である。解の退化や不完全な収束の傾向は見られないが、ストレスの減少の仕方が急激な、いわゆる「肘」も見あたらない。従って、両系列ともよりデータとの適合度が高い、より高次元な解を採用することが望ましいと考えられる。しかし、ここでは次元の解釈可能性やデータの集約性から、次元数を3次元と定めた。

INDSCALによって得られた3次元の刺激空間を2次元平面上にプロットしたのがFigure 5~Figure 8である。

Figure 5, Figure 6より、第1刺激系列の次元1の値が大きくなるほど、顔の長さ (Z_3)、目の傾き (Z_{12})、眉の傾き (Z_{17}) の値が大きくなること、次元3の値が大きくなるほど、目の幅 (Z_{14}) の値が大きくなること、が読みとれる。また、Figure 7, Figure 8より、第2刺激系列の次元1の値が大きくなるほど、眉の傾き (Z_{17})、目の楕円の離心率 (Z_{13}) の値が小さくなること、次元2の値が大きくなるほど、顔の長さ (Z_3) の値が小さくなること、次元3の値が大きくなるほど、目の幅 (Z_{14}) の値が小さくなること、が読みとれる^{注4)}。ただし、これらはあくまでも、視察から読みとれる概略的な傾向であり、個々の刺激パターンについて見ると、必ずしもこれらの傾向に当てはまらない刺激も存在している。

注4) これらはあくまでも、部品パラメータに割り当てられた数値の大小に基づいた記述である。Chernoffの顔グラフでは、これらのパラメータに代入された数値の大小と、ボタンから知覚される部品の大小が逆転して描かれるようになっている。そのため、パラメータに代入された数値の大小に基づいた記述を行うと、部品の大小の変化とは一見矛盾した印象を与えてしまうことになる。

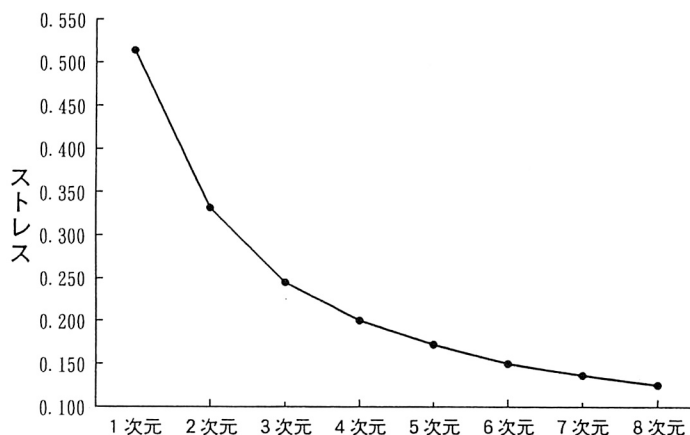


Figure 3 各次元解でのストレス (第1刺激系列)

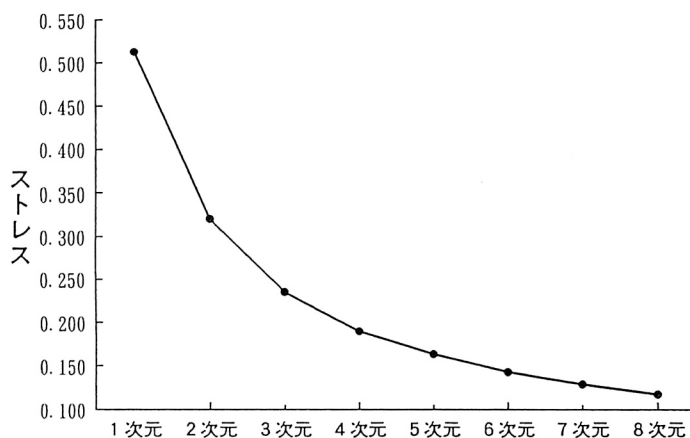


Figure 4 各次元解でのストレス (第2刺激系列)

2. 刺激空間の座標値を説明変数、印象評定値を目的変数とした重回帰分析

2つの刺激系列から得られた次元をさらに詳細に解釈するため、各刺激空間の3次元の座標値を説明変数、個々の顔刺激について得られた50項目からなる印象評定値を目的変数として重回帰分析を行った。

各刺激系列において得られた重回帰分析の結果を比較すると、前述の目の楕円の離心率に関連した印象項目（目が細長い、目が丸い）の分析結果が異なっているほかは、予測性の順序に多少の変動はあるものの、全体的な傾向はほぼ一致している。すなわち、目の大きさや傾き、眉の傾き、顔の大きさに関する項目は抽出された3次元から比較的容易に予測できるが、鼻に関する項目の予測性はやや低く、

口に関する項目はほとんど予測できない。それ故、これらの予測可能性の低い特徴パラメータ（例えば口の曲率 (Z_8)）に変数を割り当てても、被験者はその変化をそれほど重要視しないと推察される。

各次元がどのような印象と関連しているかをより詳細に調べるために、重相関係数が高かった項目（重相関係数の t 検定が1%水準で有意であった項目）のうち、偏回帰係数の t 検定が1%水準で有意であった項目を各次元ごとにピックアップし、降順に整理した。それらを、Table 2～Table 7に示す（ただし、一部の表 (Table 4) には、偏回帰係数が有意傾向であった項目も含まれている）。

これらの印象項目の中には、性格や表情に関する項目のほか、顔の物理的特徴の印象に関する項目が含まれている。各表の太字項目は、顔の部品の物理

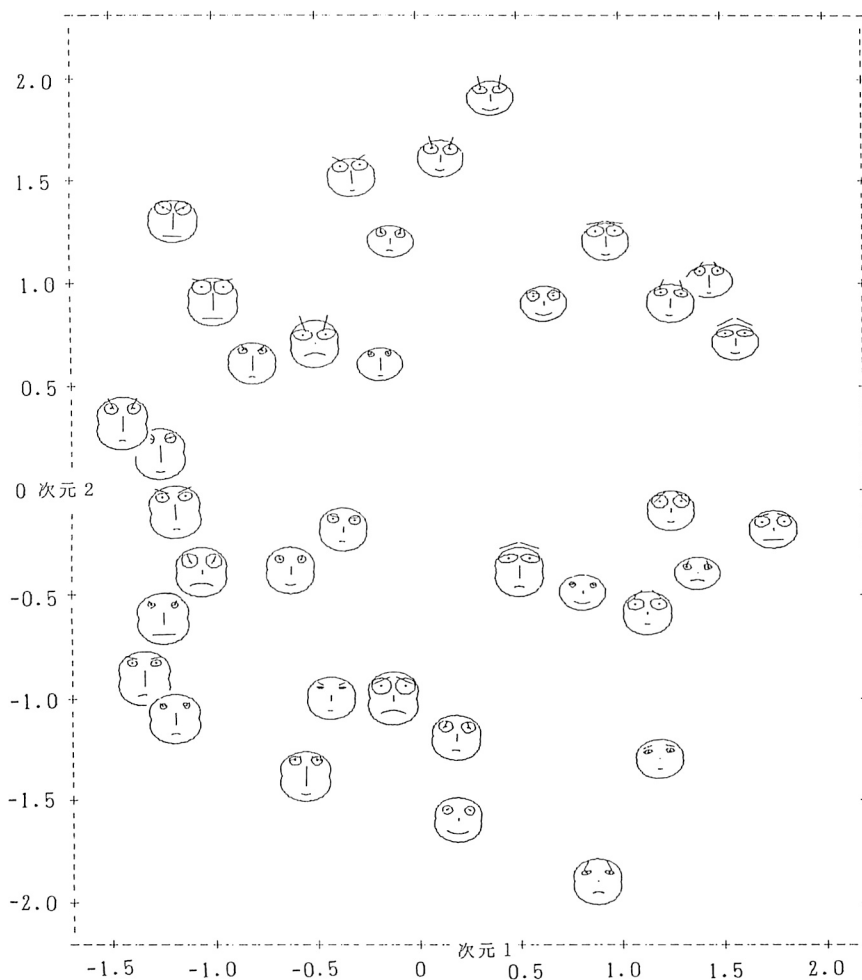


Figure 5 第1刺激系列の3次元解 (次元1 × 次元2)

的特徴に関連した印象項目である^{注5)}。これらの組み合わせから、各次元が顔の部品の印象とどのように関連し、また同時に顔の意味的な印象（性格や表情）とどのように関連しているかが明らかになる。つまり、部品の印象の変化と意味的印象の変化が、各次元を媒介にしてどのように関連しているかをある程度推察できるのである。

2. 1, 第1刺激系列における INDSCAL 解の次元軸の解釈

まず、第1刺激系列の次元1と関連の深い項目 (Table 2) を見ると、次元1は気が弱そうな、内気な、穏やかな、優しい、不安そうな等の印象項目と有意な正の相関をもち、決意した、威張った、意志の強そうな、攻撃的な等の項目と有意な負の相関をもっている。このことから、次元1は顔の“弱さ

— 力強さ”の次元であると解釈できる^{注6)}。これらの印象の喚起に、個々の顔の部品がどのように関連しているかを見るには、次元1と偏相関の高い部品の印象項目（太字項目）を見ればよい。

Table 2によると、顔が小さい、鼻が小さい、眉が長い、は次元1と有意な正の相関をもち、目がつり上がった、眉がつり上がった、顔が広い、鼻が長

注5) 太字項目は全部で15項目ある。その内訳は、あらかじめ設定しておいた顔の物理的特徴に関する印象項目が10項目、性格・気質及び表情に関する項目のうち、物理的印象をも反映すると解釈できる項目（例えば、“ほころんだ口許”や“太った”など）が5項目である。

注6) この次元に相当する情緒次元は、幾つかの先行研究においても抽出されている。例えば、Schlosberg (1954)⁸⁾の“睡眠—緊張 (sleep-tention)”の次元、Ekman et al. (1972)¹⁾の“覚醒水準 (level of activation) または強度 (intensity)”の次元などがそれである。

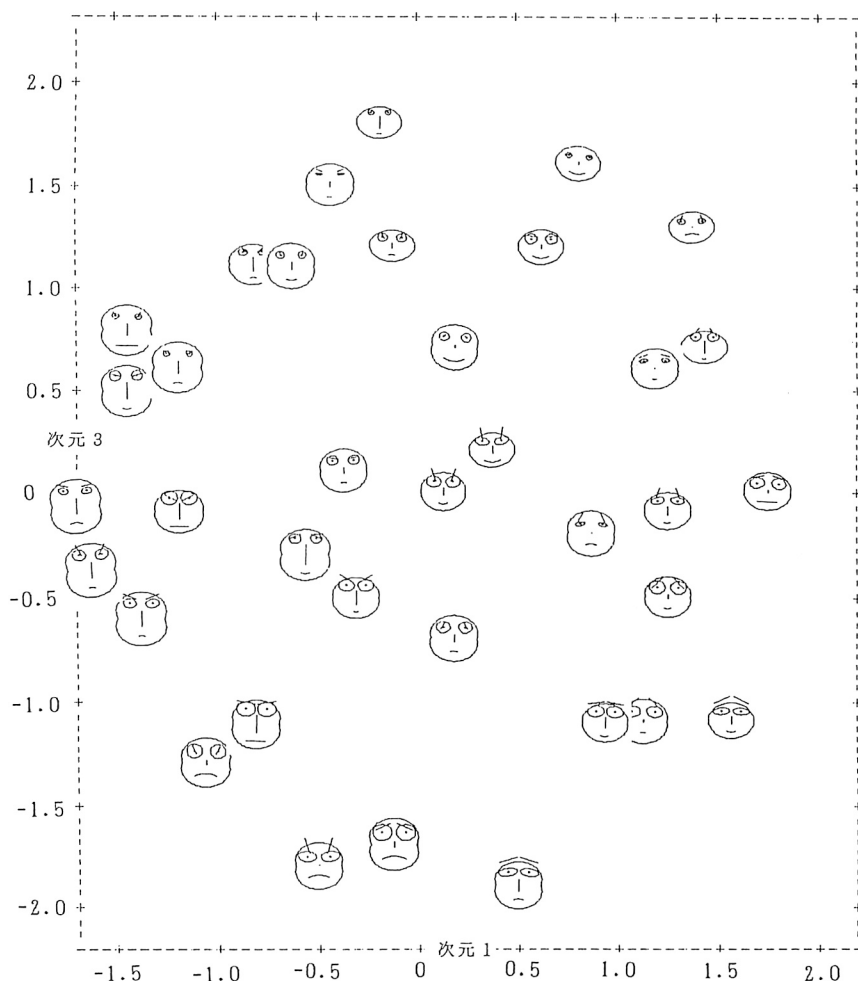


Figure 6 第1刺激系列の3次元解 (次元1×次元3)

い、太った、は有意な負の相関をもっている。これにより、眉がつり上がり、目がつり上がり、顔が広く、鼻が長い顔ほど“より力強い”と評定され、顔が小さく、鼻が小さく、眉が長い顔は“より弱々しい”と評定されると考えられる。

この分析の結果から、次元1が顔の長さ (Z_3)、目の傾き (Z_{12})、眉の傾き (Z_{17})、鼻の長さ (Z_6)の4つのパラメータと関連の深い次元であることがわかった (Figure 5, Figure 6)。顔の“力強さ—弱さ”の次元は、これら複数の部品の変化を考慮して形成された総合的な印象次元であると考えられる。

第1刺激系列の次元2と関連の深い項目 (Table 3)を見ると、次元2は好奇心にあふれた、性格が明るい、積極的な、自信に満ちた等の印象項目と有意な

正の相関をもち、悲しみ、残念そうな、内気な、あきれた、不安そうな、困っている、気が弱そうな等の項目と有意な負の相関をもっている。つまり、次元2の座標値が大きくなるほど、その顔はより“ポジティブで積極的な”な印象を与え、次元2の座標値が小さくなるほどより“ネガティブで消極的な”な印象を与えると予測される。これらのことから、次元2は“積極性—消極性”の次元と解釈された^{注7)}。

次元2と相関の高い顔の物理的特徴 (太字項目)を見ると、眉が長い、眉がつり上がった、目が大きい

注7) この次元に相当する情緒次元も、先行研究において抽出されている。例えば、Schlosberg (1954)⁸⁾の“注目—拒否 (attention-rejection)”の次元、Ekman et al. (1972)⁴⁾の“注目—拒否”または“関心”の次元などがそれに当たる。

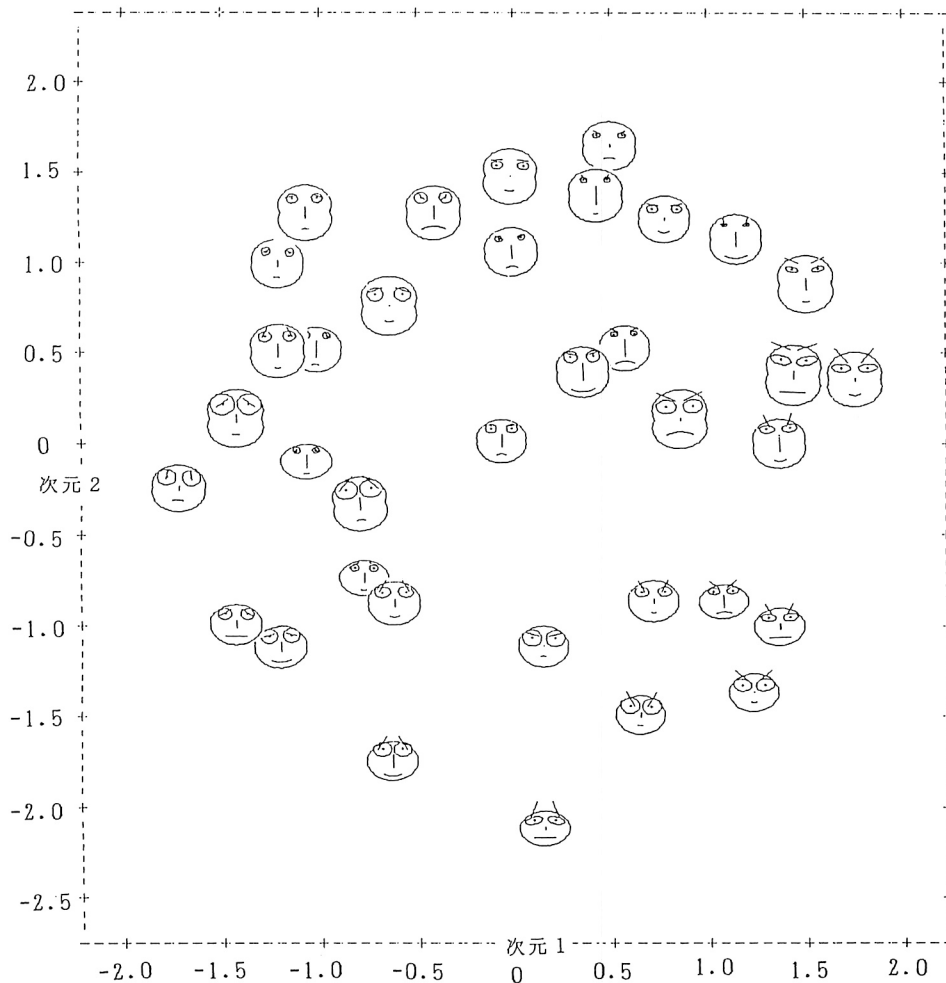


Figure 7 第2刺激系列の3次元解 (次元1 × 次元2)

い、顔が小さい、目がつり上がった、鼻が長い、は有意な正の相関をもち、太った、目が離れた、顔が広い、鼻が小さい、は有意な負の相関をもっている。偏回帰係数の正負から、眉が長くつり上がり、目が大きく、つり上がり、鼻が長く、小さな顔は“より積極的”と見なされ、一方、広く、太った印象を与え、目が離れ、鼻が小さい顔は“より消極的”と見なされる。これらの複数の特徴の変化が総合されて、“積極性—消極性”の印象次元が形成されていると考えられる。

これらの物理的特徴のうちには、あらかじめ用意した部品パラメータとの対応がわかりにくいものが幾つか含まれている。例えば、眉の長さはこちらであらかじめパラメータとして採用していないにも関わらず、次元2と高い相関を有する項目として抽出

されている。これは、眉の長さが今回採用したほかのパラメータ（目の幅 (Z_{14})）と連動して変化するため、そのように認識されたと考えられる。実際に刺激を見てみると、操作しなかったはずの眉の長さが変わっていることがわかる（例えば Figure 5）。刺激の項でも述べたように、Chernoff (1973)³⁾ の顔グラフに見られるこの種の部品パラメータの連動は、個々の部品パラメータの変化を個別に追跡する際に大きな障害となる可能性がある。

Table 3 を参考に刺激空間 (Figure 5) を眺めてみると、顔が広く、太った印象を喚起する刺激には大別して2種類有り、顔の面積が大きく下ぶくれのような印象を喚起する顔と、顔の面積は小さいものの、顔全体に対する目の大きさの比率の小さな顔とが混在していることがわかる。顔の大きさに対する目の

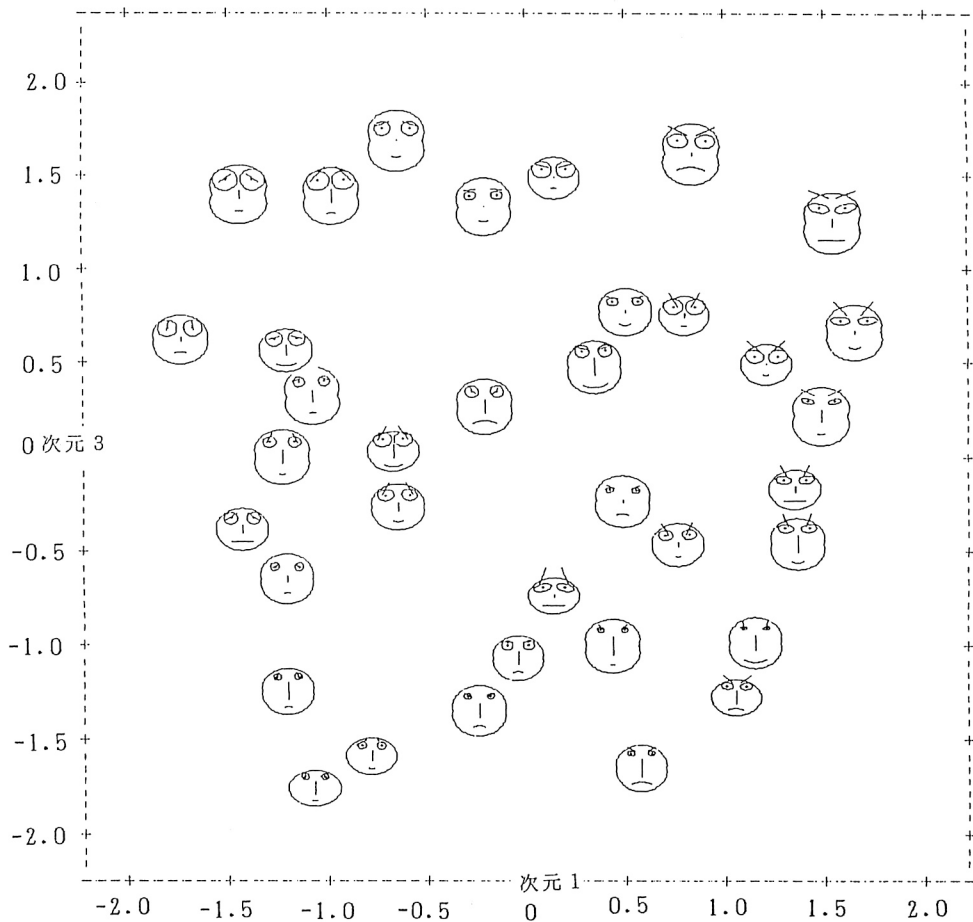


Figure 8 第2刺激系列の3次元解 (次元1×次元3)

大きさ (目の幅 (Z_{14})) の比率が高くなると、その顔は“太った”とか“顔が広い”とか評定されにくくなり、“顔が小さい”と評定されるようになる。つまり、次元2では、絶対的な顔の大きさに加え、顔の大きさと目の大きさの比率が考慮されているのである。顔の大きさに対する目の大きさの比率の小さな顔は“目が離れた”印象を喚起しやすいのに対し、顔の大きさに対する目の比率の大きな顔は“目が大きい”という印象を喚起しやすい。また、眉が長い、眉がつり上がったという印象に関しても、比較的面積が小さく、顔から飛び出た触覚のような眉を有している顔がそのように評定されやすい。ここでもまた、眉の絶対的な長さに加え、顔の大きさと眉の長さとの相対的な比較が行われている可能性が高い。

結局、次元2に関与しているパラメータは、顔の

長さ (Z_3)、眉の長さ (目の幅 (Z_{14}) との連動による)、眉の傾き (Z_{17})、目の傾き (Z_{12})、鼻の長さ (Z_6) の5つであると考えられる。

次元3の解釈に移る。Table 4を見ると、この次元3と高い偏回帰係数をもつ印象項目は、次元1、次元2に比べるとそれほど多くない。ただし、絶対値が0.7以上の偏回帰係数をもつ項目が2つある (目が離れた、目が大きい)。次元をより詳しく解釈するため、偏相関係数が有意傾向にあった全ての項目を取り上げ考察を行う。

この次元3と関連の深い項目を見ると、次元3は知性的な、軽蔑した、冷静な、敵意に満ちた笑み、ずるい、冷たそうな等の印象項目と有意な正の相関をもち、驚いた、困っている、あきれた、残念そうな等の項目と有意な負の相関をもっている。このこ

Table 2 重回帰分析において次元1の偏回帰係数が1%水準で有意であった項目、及びその偏回帰係数（第1刺激系列）

印象評定項目	次元1
気が弱そうな	0.73**
内気な	0.72**
おだやかな	0.72**
優しい	0.70**
不安そうな	0.70**
顔が小さい	0.65**
残念そうな	0.64**
あきれた	0.62**
困っている	0.62**
悲しみ	0.54**
鼻が小さい	0.53**
友好的な笑み	0.52**
恐怖	0.50**
眉が長い	0.30**
太った	-0.38**
ずるい	-0.41**
冷静な	-0.42**
知性的な	-0.43**
拒否的な	-0.54**
軽蔑した	-0.54**
鼻が長い	-0.55**
顔が広い	-0.61**
積極的な	-0.63**
意地の悪そうな	-0.64**
冷たそうな	-0.67**
自信に満ちた	-0.69**
怒り	-0.75**
眉がつり上がった	-0.77**
目がつり上がった	-0.78**
攻撃的な	-0.78**
意思の強そうな	-0.79**
威張った	-0.80**
決意した	-0.82**

とから、次元3は“冷静—動揺”の次元であると解釈された。

次元3と相関の高い顔の部品項目（太字項目）について調べると、Table 4 から、目が離れた、顔が小さい、目がつり上がった、眉がつり上がった、がこの次元と有意な正の相関をもち、目が大きい、眉が長い、太った、顔が広い、は有意な負の相関をもつことがわかる。このことから、目が離れ、目と眉がつり

Table 3 重回帰分析において次元2の偏回帰係数が1%水準で有意であった項目、及びその偏回帰係数（第1刺激系列）

印象評定項目	次元2
好奇心にあふれた	0.69**
性格が明るい	0.61**
積極的な	0.58**
眉が長い	0.52**
自信に満ちた	0.51**
眉がつり上がった	0.51**
目が大きい	0.50**
知性的な	0.47**
決意した	0.43**
意思の強そうな	0.43**
顔が小さい	0.43**
攻撃的な	0.40**
幸福	0.40**
目がつり上がった	0.40**
威張った	0.39**
鼻が長い	0.37**
鼻が小さい	-0.40**
恐怖	-0.44**
顔が広い	-0.46**
気が弱そうな	-0.50**
困っている	-0.51**
目が離れた	-0.52**
不安そうな	-0.52**
あきれた	-0.52**
内気な	-0.54**
残念そうな	-0.56**
悲しみ	-0.58**
太った	-0.69**

上がり、小さな顔ほど、“より落ち着いて冷静である”と評定され、目が大きく、眉が長く、顔が広くて、太った印象を与える顔は、“より不安が強く動揺している”と評定される傾向にあると解釈される。

Figure 6 から、次元3が目の幅 (Z_{14}) と関連が深いことは容易にわかるが、重回帰分析の結果 (Table 4)、眉の長さや顔の長さ (Z_3) もこの次元に沿って変化していることが示唆された。そこで、改

Table 4 重回帰分析において次元3の偏回帰係数が有意または有意傾向であった項目、及びその偏回帰係数（第1刺激系列）

印象評定項目	次元3
目が離れた	0.74**
知性的な	0.47**
顔が小さい	0.43**
軽蔑した	0.37**
冷静な	0.36*
敵意に満ちた笑み	0.35*
ずるい	0.34*
冷たそうな	0.32**
自信に満ちた	0.28**
意地の悪そうな	0.26*
幸福	0.26+
眉がつり上がった	0.23**
攻撃的な	0.21*
決意した	0.18*
意思の強そうな	0.17*
威張った	0.15+
眉がつり上がった	0.15*
気が弱そうな	-0.17*
不安そうな	-0.21*
悲しみ	-0.22*
顔が広い	-0.23*
恐怖	-0.24+
残念そうな	-0.28**
あきれた	-0.29*
困っている	-0.29**
太った	-0.34**
驚いた	-0.54**
眉が長い	-0.67**
目が大きい	-0.73**

Table 5 重回帰分析において次元1の偏回帰係数が1%水準で有意であった項目、及びその偏回帰係数（第2刺激系列）

印象評定項目	次元1
眉がつり上がった	0.89**
積極的な	0.88**
自信に満ちた	0.88**
眉がつり上がった	0.87**
威張った	0.81**
意思の強そうな	0.81**
好奇心にあふれた	0.80**
決意した	0.80**
目が細長い	0.79**
攻撃的な	0.73**
意地の悪そうな	0.71**
ずるい	0.71**
知性的な	0.69**
性格の明るい	0.68**
冷たそうな	0.66**
冷静な	0.64**
満足そうな	0.63**
敵意に満ちた笑み	0.59**
幸福	0.53**
眉が長い	0.41**
太った	-0.22**
不快	-0.58**
おだやかな	-0.62**
目が丸い	-0.76**
恐怖	-0.77**
あきれた	-0.84**
悲しみ	-0.84**
気が弱そうな	-0.85**
残念そうな	-0.87**
内気な	-0.87**
困っている	-0.88**
不安そうな	-0.89**

めて Figure 6 を見てみると、確かに次元3に沿って、眉の長さや顔の長さがある程度系統的に変化していることが読みとれる。この眉の長さはあらかじめ選定したパラメータではない。目の幅（ Z_{14} ）との連動によって変化したものである。それ故、視察だけからでは、その関与を十分に把握できなかったものと思われる。

結局、次元3に関与している主なパラメータは、

目の幅（ Z_{14} ）、眉の長さ（目の幅（ Z_{14} ）との連動による）、顔の長さ（ Z_3 ）の3つであると考えられる。この次元も、先の2つの次元と同様、複数の部品の変化を考慮して得られた総合的な印象の次元であることが示唆される。

2. 第2刺激系列における INDSCAL 解の次元軸の解釈

同様な手続きを用いて、第2刺激系列の各次元の

Table 6 重回帰分析において次元 2 の偏回帰係数が 5 % 水準以下で有意であった項目、及びその偏回帰係数 (第 2 刺激系列)

印象評定項目	次元 2
顔が広い	0.79**
太った	0.78**
目が離れた	0.74**
目がつり上がった	0.19*
自信に満ちた	0.17*
あきれた	-0.22*
目が大きい	-0.61**
驚いた	-0.62**
眉が長い	-0.63**
顔が小さい	-0.73**

解釈を行った。まず Table 5 で、次元 1 と偏回帰係数の高い印象項目を見ると、積極的な、自信に満ちた、威張った、意志の強そうな、好奇心にあふれた、決意した、などの項目が次元 1 と有意な正の相関をもち、不安そうな、困っている、内気な、残念そうな、気が弱そうな、悲しみ、あきれた、などの項目が有意な負の相関をもっている。これらには、第 1 刺激系列の次元 1 及び次元 2 と相関の高かった項目が混在しており、“力強さ — 弱さ”、“積極性 — 消極性”のいずれの次元とも解釈できそうである。

この次元 1 と相関の高い部品の印象項目 (太字項目) を見ると、眉がつり上がった、目がつり上がった、目が細長い、眉が長い、がこの次元と有意な正の相関をもち、目が丸い、太った、が有意な負の相関をもっている。ただし、“太った”の偏回帰係数の絶対値はそれほど大きくない。これらのことから、この次元 1 は主として目と眉のパラメータ (目の傾き (Z_{12}), 目の楕円の離心率 (Z_{13}), 眉の傾き (Z_{17})) と関連が深いことが示唆される。偏回帰係数の正負から、目や眉がつり上がり目が細長く、眉が長い顔ほど、より“積極的で力強い”と評定され、逆に、目や眉が下がり、目の丸い顔は“より消極的で弱々しい”と評定される傾向がある (Figure 7, Figure 8)。

第 2 刺激系列の次元 2 と次元 3 について見ると、これらの次元と相関の高い項目の数は非常に少なく (Table 6, Table 7)、しかも、そのほとんどが部品の印象に関する項目 (太字項目) である。各表から、

Table 7 重回帰分析において次元 3 の偏回帰係数が 1 % 水準で有意であった項目、及びその偏回帰係数 (第 2 刺激系列)

印象評定項目	次元 3
目が大きい	0.72**
鼻が小さい	0.63**
眉が長い	0.53**
太った	0.40**
顔が広い	0.27**
顔が小さい	-0.39**
目が離れた	-0.54**
鼻が長い	-0.67**

次元 2 は顔の長さ (Z_3), 眉の長さ (目の幅 (Z_{14}) との連動による), 目の幅 (Z_{14}), と関連が深く、次元 3 は目の幅 (Z_{14}), 鼻の長さ (Z_6), 眉の長さ (目の幅 (Z_{14}) との連動による), 顔の長さ (Z_3), と関連が深いことが読みとれる。

この 2 つの次元は、意味的な印象評定項目とほとんど関連していない。第 2 刺激系列で、意味的な印象と関連した次元が、次元 1 (力強さ・積極性 — 弱さ・消極性) 以外抽出されていないというのは、第 1 刺激系列において抽出された 3 つの次元 (力強さ — 弱さ, 積極性 — 消極性, 冷静 — 動揺) が多くの意味的な印象と関連していたことと、著しい対照をなしている。第 1 刺激系列の評定と第 2 刺激系列の評定はかなり異なった判断基準で行われている可能性が高い。

考察と結論

今回の実験で得られた結果を要約すると以下のようになる。

- (1) 第 1 刺激系列の類似性判断において抽出された 3 つの次元軸は、

次元 1 力強さ — 弱 さ

次元 2 積極性 — 消極性

次元 3 冷 静 — 動 揺

の 3 次元である。これらの次元はそれぞれ、次のような部品パラメータと関係している。

次元 1 顔の長さ (Z_3), 鼻の長さ (Z_6), 目の傾き (Z_{12}), 眉の傾き (Z_{17})

次元 2 顔の長さ (Z_3), 鼻の長さ (Z_6), 目の傾き (Z_{12}), 目の幅 (Z_{14}), 眉の傾き (Z_{17})

次元 3 顔の長さ (Z_3), 目の幅 (Z_{14})

第 1 刺激系列の顔の類似性判断は、複数の部品の変化を総合的に考慮し、そこから創発される意味的な印象に基づいて行われていることが示唆される。

- (2) 第 2 刺激系列の類似性判断において抽出された意味的な次元は、

次元 1 力強さ・積極性 — 弱さ・消極性

のみである。この次元は、第 1 刺激系列の次元 1 と次元 2 を合成したような次元である。次元 2 と次元 3 は、意味的な印象項目と有意な相関をほとんどもっており、主として部品の物理的な印象と相関している。

第 2 刺激系列の各次元は、次のような部品パラメータと関係している。

次元 1 目の傾き (Z_{12}), 目の楕円の離心率 (Z_{13}), 眉の傾き (Z_{17})

次元 2 顔の長さ (Z_3), 目の幅 (Z_{14})

次元 3 顔の長さ (Z_3), 鼻の長さ (Z_6), 目の幅 (Z_{14})

- (3) 第 1 刺激系列と第 2 刺激系列で抽出された次元はかなり異なっており、特に、第 2 刺激系列では、意味的な印象と関連した次元が 1 つしか抽出されていない。このような傾向の相違が何に帰因しているのか確定的なことは言えないが、第 2 刺激系列の判断が第 1 刺激系列の判断の後に行われていることから、顔グラフを見続けたことによる判断基準の変化がその一因として考えられる。一度に多くの顔刺激に曝されることで、顔の印象がつかみにくくなるという現象は日常的にもしばしば体験される（たとえば、卒業アルバムなどで未知顔の写真を数多く見続けた時など）。今回の実験でも、同様な現象が起り、第 2 刺激系列で意味的な印象が喚起されにくくなった可能性もある。

以上のような実験結果から、Chernoff の顔グラフを形態的ディスプレイ (configural display) として利用する際には、以下のような点に留意する必要がある。

- ① Chernoff の顔グラフにおいては、顔の外形 (顔の長さ (Z_3)), 目 (目の傾き (Z_{12}), 目の楕円の

離心率 (Z_{13}), 目の幅 (Z_{14})), 眉 (眉の傾き (Z_{17}), 眉の長さ (Z_{18})) を構成するパラメータに変数を配置すると、顔パタンの全体印象の変化に気づきやすい。次いで、鼻 (鼻の長さ (Z_6)), 口を構成するパラメータ (例えば、口の曲率 (Z_8)) に変数を配置しても、その変化は顔の全体的印象の中に埋もれてしまい、ほとんど認知されない。ただし、これはあくまでも顔パタンの全体的印象に基づいて判断させた場合である。先行研究では、口の曲率の重要性が報告されている (Soete & Corte, 1985⁹⁾; 辻本, 1990¹²⁾)。

- ② Chernoff の顔グラフでは、重要度 (saliency) の高い幾つかの部品 (顔の外形, 目, 眉) が総合的に考慮され、そこから創発される意味的な次元に基づいて類似性が判断される可能性が高い。これらの次元は、力強さ — 弱さ, 積極性 — 消極性, 冷静 — 動揺などであるが、このことは、顔グラフを形態的ディスプレイ (configural display) として利用する場合、すなわち、顔の全体的印象から変数間の関係を考慮し、さらに個々の変数の値の読みとりを行う場合に、障害となる可能性が高い。顔グラフの認識では、まず、顔自体の印象 (性格や表情など) が強く喚起されてしまい、その背後にどのようなデータ及びデータの関係があるかを読みとることはかなり難しいのではないかと予想される。

- ③ 第 2 刺激系列で意味的な印象と関連の深い次元が 1 つしか抽出されず、そのほかの次元はいずれも顔の部品の物理的な印象に基づいている点は注目に値する。これが、顔グラフに対する被験者の慣れを反映しているかどうかは定かではないが、長時間顔グラフを見続けるうちに、顔の意味的な印象が喚起されにくくなり、部品の物理的な大小及びそれらの関係に基づいた印象だけが知覚されるようになる可能性は捨てきれない。このような傾向があるとすれば、特定の顔パターンに馴化させることにより、個々の部品が表しているデータの読みとりもある程度可能になると考えられるが、その際、パターン全体から創発されたデータの関係が同時に把握できるかどうかについては定かではない。今後さらなる検討を要するであろう。

- ④ 顔グラフの認知が幾つかのカテゴリーに基づいて行われている可能性がある。個々のカテゴリー

を形成しているパラメータ及びパラメータ間の関係を分析することで、より被験者の認識に適した顔グラフの利用が可能になるかもしれない。そのためには、顔の印象カテゴリーとその背後にある多変量データの関係をあらかじめ詳細に分析しておく必要がある。

顔型チャートは Chernoff の顔グラフ以外にも幾つか提案され、実際に利用されている（例えば、Flury & Riedwyl, 1981⁵⁾）。これらの顔型チャートは、データ構造のもつ意味（会社の財務指標等）を、顔の表情から概略的に理解させようと試みたものがほとんどであり（例えば、萱原・八柳, 1973⁶⁾）、個々の背景データの正確な把握を求めたものはそれほど多くない。また、そこに見られる顔表示のフォーマットも様々である。このような顔型チャートは今後も開発されるであろうし、その利用法に関する改良も今後行われてゆくであろう。そこで最後に、新しい顔型チャートの開発や利用に向けて幾つかの提案を行っておきたい。

- a. Chernoff の顔グラフにおいても見られるパラメータの連動は、顔型チャートを形態的ディスプレイとして用いる場合に障害となる可能性が高い。パラメータ間の連動が起ると、認識者は、顔の印象の変化がどのパラメータの変化に基づいているかをスムーズに把握できない。独立に変化する個々のパラメータの追跡を可能とするためには、顔を構成する部品パラメータの連動はできるだけ避けた方がよいだろう。
- b. ただし、これらの連動を逆に利用することもできる。先の分析で、顔グラフの類似性判断が、複数の部品のシステムティックな変化の知覚に基づいてなされていることが明らかになったが、1つの変数を複数の部品パラメータに配置することにより（この時これらのパラメータは連動して変化することになる）、その変数の変化をより鮮明に知覚させることが可能となる。ただし、認識者はその変化を顔の全体的な印象の中で知覚することになるので、印象の変化がどの変数のどういった変化と対応しているかについて、認識者にあらかじめ知らせておく必要がある^{注8)}。
- c. 顔型チャートの開発にあたっては、チャートに基づいて作成された顔型パタンの弁別がどのような次元（またはカテゴリー）に基づいて行われる

か、そして、その次元やカテゴリーが背景データの構造とどのように関連しているか、これらのことについて、事前に分析しておくことが不可欠であろう。

今回用いた類似性判断と印象判断を併用する手法は、足立ら（1990）¹⁾を参考にしている。同様な手法を顔写真に適用することにより、顔の特徴の相違とそこから喚起される印象の相違の関係をある程度詳細に分析することができる。

図式顔や線画の場合、部品が少数のパラメータによって幾何学的に規定されていたり、個々の部品が単純で比較がしやすいこともあって、部品の特徴を記述することは比較的容易である。例えば、富田（1999）¹¹⁾は、大小の異なる4つの部品（眉・目・鼻・口）を組み合わせて8種類の顔パターン（線画）を作成し、今回と同様な実験を行い、顔の部品の大小と顔から喚起される印象の間に一定の傾向があること（例えば、大きい目は「明るい」、「優しい」、「誠実な」といったポジティブな印象を喚起しやすいなど）を見いだしている。しかし、顔写真を用いる場合、部品の大きさや形状のバリエーションが多様であることから、個々の部品の特徴の記述がかなり難しいと予想される。

今後同様な手法を適用して、顔の物理的特徴とそこから喚起される全体的・意味的印象の関係を分析してゆくためには、個々の部品の特徴を詳細かつ正確に記述しておくための工夫、そして、それらを変数として適切に取り込むための工夫、が不可欠となるであろう。

引用文献

- 1) 足立浩平・渡辺昭一・鈴木昭弘 1990 顔の類似性を規定する知覚次元の抽出 — 多次元尺度法によるアプローチ —, 応用心理学研究, 15, 1-7.
- 2) Bennet, K. B., Toms, M. L., & Woods, D. D. 1993 Emergent Features and Graphical Elements: Designing More Effective Configural Displays. *Human Fac-*

注8) これにより、顔型チャートに盛り込むことのできる変数の数は減少することになる。多変量データを表現できることが、この種の顔型チャートのメリットであることを考えれば、パラメータの連動を多用することにより、そのメリットを損なうことにもなりかねない。パラメータの連動を利用する場合には、このことに十分留意しておく必要がある。

- tors, 35, 71 - 97.
- 3) Chernoff, H. 1973 The Use of Faces to Represent Points in k-Dimensional Space Graphically. *Journal of the American Statistical Association*, 68, 361 - 368.
 - 4) Ekman, P., Friesen, W. V., & Ellsworth, P. 1972 Emotion in the human face: guidelines for research and an integration of findings. New York: Pergamon Press.
 - 5) Flury, B., & Riedwyl, H. 1981 Graphical Representation of Multivariate Data by Means of asymmetrical Faces. *Journal of the American Statistical Association*, 76, 757 - 765.
 - 6) 萱原秀二・八柳正之 1973 チャーノフの Faces Method 企業財務分析への適用. 数理科学, 126, 56 - 62.
 - 7) 松原 望 1977 チャーノフのフェイス法とイメージ. 数理科学, 165, 46 - 50.
 - 8) Schlosberg, H. 1954 Three Dimensions of Emotion. *Psychological Review*, 61, 81 - 88.
 - 9) Soete, G. D., & Corte, W. D. 1985 On the Perceptual Salience of Features of Chernoff Faces for Representing Multivariate Data. *Applied Psychological Measurement*, 9, 275 - 280.
 - 10) 富田 新 1997 configural display の開発・利用に関する理論的考察. 文化 (東北大学文学会), 60, 73 - 86.
 - 11) 富田 新 1999 顔認知に見られる男女差について ― 類似性判断課題と印象判断課題を用いた実験的検討 ―. いわき明星大学人文学部紀要, 12, 93 - 112.
 - 12) 辻本英夫 1990 チャーノフ・フェイスの分類手がかりについて ― 予備的検討 ―. 大阪市立大学文学部紀要, 42, 79 - 88.
 - 13) 脇本和昌・垂水共之・田中 豊 1984 「パソコン統計解析ハンドブック I 基礎統計編」. 共立出版株式会社.

(受付: 2000. 1. 20, 受理: 2000. 12. 7)
