表情認知に関わる顔の視覚的構造変数の再検討¹⁾

渡 邊 伸 行 (日本大学大学院文学研究科)

鈴 木 竜 太 (日本大学文理学部)

山 田 寛 (日本大学大学院文学研究科・日本大学文理学部)

Facial structural variables involved in the recognition of emotional facial expressions

Nobuyuki WATANABE (*Graduate School of Literature and Social Sciences, Nihon University*)

Ryuta SUZUKI (*College of Humanities and Sciences, Nihon University*)

Hiroshi YAMADA (*Graduate School of Literature and Social Sciences, and College of Humanities and Sciences, Nihon University*)

This study investigates the facial structural variables involved in the recognition of facial expressions of emotion. While some studies using schematic faces have reported the structural variables of “slantedness” and “curvedness/openness”, subsequent studies, employing both real face images and schematic faces, have indicated three variables. In order to further examine this issue, this study created new schematic faces to be used as stimuli that cover the variability in the real facial expressions used in Yamada, Matsuda, Watari, & Suenaga (1993). Participants were asked to judge 102 face stimuli in terms of six basic emotion categories (happiness, surprise, fear, sadness, anger, and disgust). A canonical discriminant analysis, with displacements for nine feature points as independent variables and category judgment frequencies as dependent variables, revealed the three structural variables of “slantedness of eyebrows and eyes”, “slantedness of lips” and “curvedness/openness”, which match those in Yamada et al. (1993). These results indicate that emotion judgments for both real and schematic faces are based on the same facial structural variables.

Key words: facial expressions of emotion, facial structural variables, schematic faces, categorical judgments

本研究では、表情認知に関わる顔の構造変数について検討を行った。従来の線画表情図形を用いた研究では、顔の構造変数として、“傾斜性”、“湾曲性・開示性”といった眉・目・口の相関的変位構造を示す二つの変数が見出されてきた。しかしその後の実際の表情画像および線画を用いた検討から、構造変数は上述の2変数ではなく、三つの変数である可能性が示された。この問題について検証するため、本研究ではYamada, Matsuda, Watari, & Suenaga (1993)の実画像研究に基づいて新たに生成した、実際の表情と同じ可変性を持つ102枚の線画を用いて、基本6表情(喜び、驚き、恐れ、悲しみ、怒り、嫌悪)のカテゴリー判断実験を実施した。線画の眉・目・口の特徴点変位を示すパラメータ値を説明変数、実験参加者のカテゴリー判断の一致率を反応変数とする正準判別分析を実施したところ、“眉・目の傾斜性”、“口部傾斜性”、“湾曲性・開示性”と命名できるような、実画像研究(Yamada et al., 1993)とほぼ同様の三つの構造変数が見出された。この3変数で構成される視覚情報空間におけるカテゴリー判断の中心傾向を示す点を比較したところ、線画と実画像で基本6表情の相対的な位置関係が類似していることが示された。以上の結果から、表情認知に関わる構造変数は三つであり、線画と実画像で共通してこれらの変数に基づいて表情の判断が行われていることが示された。

キーワード：表情、顔の構造変数、線画表情図形、カテゴリー判断

コミュニケーションにおける顔と表情

日常生活において他者とコミュニケーションを取る際、

顔は極めて重要な役割を担う。我々は相手の顔から、その人が誰であるかを判断し、その人がどのようなプロ

1) 本研究は2003年1月に開催された電子情報通信学会ヒューマンコミュニケーション基礎(HCS)研究会、および2003年9月に開催された10th European Conference Facial Expression, Measurement and

Meaningにおいて発表された。また本研究は、第一著者が2002年度の修士学位論文として日本大学に提出した論文「表情認知に関わる視覚情報空間についての基礎的検討」の一部を、加筆修正したものである。

フィールの持ち主かを推測する。さらに相手の表情を見ることが、自分の発言に対する反応を窺ったり、相手の情動状態や気分を読み取る。これは、顔が個人、性別、年齢、人種など、その人自身のプロフィールに関わる情報や、表情のようなその人の一時的な状態を示す情報などの提示装置としての側面を持つからである (Bruce & Young, 1986, 1998; Ekman & Friesen, 1975; Posamentier & Abdi, 2003; 山田, 1994)。このように、顔の様々な情報がコミュニケーションにおいて重要な手がかりとなるが、その中でも特に表情が果たす役割は大きい。Mehrabian (1972) によると、様々なコミュニケーション・チャンネル (言語・表情・声の調子など) の全体を1とした場合、顔の表情が担う役割はその0.55を占めるとされる。この数字にも示されるように、我々は顔から表情を読み取ることで、その場に応じた適切な対応を取り、円滑なコミュニケーションを行うことができるのである。

表情認知に関わるカテゴリーと次元

表情認知に関する科学的な研究を始めたのは、進化論で著名な Darwin (1872/1998) であった (Bruce & Young, 1998; Ekman, 1973, 1999; Hochberg, 1978 上村訳 1981; 池田, 1987; 山田, 1994)。以後、表情認知に関わる表情カテゴリーや、カテゴリー間の関係の基底にある感情的意味次元の探求が行われてきた。前者の表情カテゴリーについては、複数の研究者が比較文化研究を実施し、人類に共通で普遍的とされる表情カテゴリーを提案してきた。特に Ekman & Friesen (1971) が提案した基本6表情、すなわち“喜び (happiness)”, “驚き (surprise)”, “恐れ (fear)”, “悲しみ (sadness)”, “怒り (anger)”, “嫌悪 (disgust)” は、現在多くの研究者が同意するところである (Calder, Burton, Miller, Young, & Akamatsu, 2001; Matsumoto, 1996; Matsumoto・田谷, 2000; Russell, 1997 など)。後者の感情的意味次元については、快 (pleasantness)、活動性 (activity)、注意的活動性 (attentional activity) といった意味次元が繰り返し確認されてきた (Ekman, Friesen, & Ellsworth, 1982; Russell, 1997; Smith & Ellsworth, 1985; 山田, 1994, 2000b)。特に Russell (1980, 1997) が提案した快次元と覚醒次元からなる Circumplex Model は、現在の感情研究における一般的モデルとして注目されており、そのモデルの頑健性が繰り返し確認されている (Ogawa & Suzuki, 2000; Russell & Bullock, 1985; Takehara & Suzuki, 1997, 2001)。

なお、表情認知過程における以上のカテゴリーと感情的意味次元の関係について、Russell (1997) は次元に基づいた判断が一次的、前注意的な処理であるのに対し、カテゴリー名が付与されるのは二次的、意識的な処理であると説明しており、次元的な処理がカテゴリーカルな処

理に先行することを示唆している。この次元的な処理の先行性の問題については、Suzuki, Shibui, & Shigematsu (2002) において検証され、Russell (1997) の見解を支持する結果が示されている。

表情認知に関わる視覚情報

従来の表情認知研究では上述したように、表情カテゴリーの検討、および感情的意味次元の探求が主に行われてきた。しかし、顔のどのような情報が表情認知に関わるか、言い換えれば表情認知の手がかりとなる物理的な変数とはどのようなものか、という点については十分には検討されてこなかった (山田, 1994, 2000b)。ただし、表情認知に関わる情報は眉・目・口などの変位に基づく動的な情報であり (Bruce & Young, 1998; Hochberg, 1978 上村訳 1981; 池田, 1987; Posamentier & Abdi, 2003 など)、顔の静的な情報とされる個人識別に関わる情報とは独立していることが示唆されている (Bassili, 1978; Bruce & Young, 1998; Calder et al., 2001)。また表情認知に関わる情報に対する処理過程も、個人識別に関わる情報の処理過程とは独立していることが示唆されている (Bruce & Young, 1986; Haxby, Hoffman, & Gobbini, 2000; 河村・望月, 2000 など)。

では、個人識別の情報とは独立しているとされる、表情認知に関わる視覚情報とは、具体的にどのようなものであろうか。この問題の解明に当たり、Yamada (1993) は Figure 1 に示す線画表情生成システム SEE (Schematic Expressions of Emotion) を開発し、基本6表情 (Figure 2) の描画実験および生成された表情のカテゴリー判断実験を実施した。そして眉・目・口の特徴点の相関的変位構造とカテゴリー判断の関係性について分析した。この特徴点の相関的変位構造を分析するアプローチの根拠として、表情認知に関わる運動情報の検討 (Bassili, 1978; 松崎・佐藤, 1999; 鈴木・小川・時田・山田, 2003) が挙げられる。いずれの検討においても、顔の眉・目・口などの様々な部位に配置した特徴点の動きを提示すると、それだけでも観察者は表情として認知することが示された。以上の検討から、表情に伴う顔の様々な部位の変化の中に、我々が表情認知の手がかりとするような変数が存在している可能性が指摘されている (池田, 1987)。以上の知見に基づいて、Yamada (1993) は眉・目・口のどのような視覚的変位がカテゴリー判断に関わるか検討した。その結果、二つの構造変数が得られた。一つは、外眉や目尻の釣り上がり口角の引き下げ、またはその逆方向の変位を示す変数で、言わば眉・目・口の傾斜に関わる変数であることから、“傾斜性 (slantedness)” と命名された。もう一つは、眉の上昇と目や口の開き、またはその逆方向の変位を示す変数で、言わば目・口の開き具合、それに伴う輪郭の湾曲の程度を示す変数であることから、“湾曲性・

Figure 1. The original face of SEE (Schematic Expressions of Emotion) (Yamada, 1993). The nine arrows from p_1 to p_9 indicate the directions to which eight feature points of the face can be displaced from the original face. The displacements of each point was defined by the number of pixels and recorded as nine parameters. When a point was moved upward (except for p_9 , which was moved to outer direction), the parameter represented plus number and *vice versa*.

Figure 2. Schematic facial expressions of six emotions (A: Happiness, B: Surprise, C: Fear, D: Sadness, E: Anger, F: Disgust) produced in Yamada (1993).

開示性 (curvedness/openness)”と命名された。これら二つの構造変数は、同様の手法を用いた追試 (小川・鈴木, 1999; 高橋, 1994) によって確認されている。

さらに Yamada は、以上の顔の構造変数が従来の研究で確認されてきた感情的意味次元とどのような相関関係にあるかを調べるため、SD 法を用いた意味評価実験を実施した (Yamada & Shibui, 1998)。その結果、“傾斜性”、“湾曲性・開示性”を軸とする視覚情報空間における表情の布置と、“快-不快 (pleasantness)”、“活動性 (activity)”を軸とする感情的意味空間における基本 6 表情の布置が類似しており、“傾斜性”と“快-不快”、“湾曲性・開示性”と“活動性”のそれぞれの間に、高い相関が見出された。この心理物理的関係についても、その後の追試によって支持されている (小川・鈴木, 1999; 渡邊・鈴木・鈴木・山田, 2001)。

ところで以上の知見は、線画の特徴点の分析により得られたものであるが、Facial Action Coding System (FACS) (Ekman & Friesen, 1978; Ekman, Friesen, & Hager, 2002) を用いた表情筋動作の分析によるアプローチにおいても、上述の心理物理的関係を支持するような知見が得られている。FACS は表情筋の可視的な変化を Action Unit (AU) という動作単位で記述する手法である。Russell (1997) が紹介している Snodgrass

の研究では、例えば眉を寄せる動作 (FACS の AU4 に相当) と快次元、あるいは両眉を上げて目を見開く動作 (AU1+2+5 に相当) と活動性 (覚醒) 次元の間で、それぞれ高い相関があることが示されている (Russell, 1997 より引用)。AU4 は“傾斜性”、AU1+2+5 は“湾曲性・開示性”に相当する表情筋動作であることから、以上の知見は先行研究 (小川・鈴木, 1999; 渡邊他, 2001; Yamada & Shibui, 1998) で示されてきた顔の構造変数と感情的意味次元の相関関係を裏づけるものであると考えられる。

こうした知見に基づいて、山田 (2000a) は表情認知過程に関する説明モデルを提案している。このモデルによると、我々は顔から“傾斜性”、“湾曲性・開示性”といった視覚的構造変数を読み取り、“快-不快”、“活動性”で構成される感情的意味次元に基づく評価を行うことで、表情のカテゴリー化を行っている、と考えられている。

構造変数に関するその後の検討

従来の線画研究 (小川・鈴木, 1999; 高橋, 1994; Yamada, 1993) によって示された顔の構造変数は、“傾斜性”、“湾曲性・開示性”の 2 変数であった。この知見の妥当性を確認するため、Yamada, Matsuda, Watari, & Suenaga (1993) は、実際の表情画像を用いて Yamada (1993) の追試を行った。その結果、ほぼ同様の“湾曲性・開示性”と呼べるような変数が得られたものの、Figure 3 に示されるように“傾斜性”は一つではなく、眉と目の部分と口の部分で独立していること

Figure 3. Central tendencies of categorical judgments of emotion from real facial images in the three-dimensional space of visual information of facial expressions of emotion (Yamada, Matsuda, Watari, & Suenaga, 1993). The first axis (CAN1) represents “curvedness/openness”, the second one (CAN2) represents “slantedness of lips”, and the third one (CAN3) represents “slantedness of eyebrows and eyes”.

が示唆された。

また線画を用いたその後の検討から、当初提案された2変数では説明に限界があることが示唆されている。渡邊・山田(2002)はSEEを用いた無表情の描画実験を実施した。そしてYamada(1993)で見出されている“傾斜性”、“湾曲性・開示性”を軸とする視覚情報空間に無表情の位置づけを試み、空間上の基本6表情と無表情の位置を確認した。その結果、視覚情報空間を構成するのは2変数ではなく3変数である可能性が示された。具体的には、無表情とは明らかに外見が異なる“恐れ”の表情(Figure 2参照)が、空間上で無表情と極めて近い布置を示した。このことから、両者の視覚的な違いを説明するような第3の軸の存在が示唆された。そこで渡邊・山口・山田(2005)はこの問題について検討するため、新たに線画図形を生成し、Yamada(1993)の追試を実施した。その結果、顔の構造変数が3変数であり、“傾斜性”がYamada et al.(1993)と同様、顔の上部(眉・目)と下部(口)で独立している可能性が示唆された。また三つの変数で構成される視覚情報空間において、基本6表情の布置関係が実画像を用いた検討(Yamada et al., 1993)と類似している可能性が示された。

本研究の目的

従来の線画を用いた検討(小川・鈴木, 1999; 高橋, 1994; Yamada, 1993)では、表情認知に関わる顔の構造変数は2変数とされており、一方で実画像を用いた検討(Yamada et al., 1993)では3変数とされてきた。

これは表情認知に関わる顔の手がかりが、線画と実際の表情では異なることを示している。しかし表情判断の普遍性、および認知的経済性を考慮すると、線画と実画像で異なる変数を手がかりとして使っているとは考えにくい。また上述した渡邊他(2005)の線画を用いた検討によって、顔の構造変数は3変数であることが示唆され、かつ実画像を用いた検討(Yamada et al., 1993)によって得られた視覚情報空間と比較して、基本表情の布置が類似している可能性が示された。しかしこれまでの検討では、顔の三つの変数が線画と実画像で同じであるかという点までは確認されていない。

そこで本研究では、線画を用いてこの点を再度検証し、表情認知に関わる顔の構造変数が実画像の場合と共通するものであるか、という点について検討することを目的とした。本研究によって見出される顔の構造変数が実画像における構造変数と同様であることが確認できれば、線画も実画像も同じ視覚情報空間のモデルで説明することが期待できる。

線画表情図形の生成

本研究の目的は上述の通り、線画を用いた実験を実施し、実画像を用いた先行研究(Yamada et al., 1993)で見出された三つの顔の構造変数を検証することにある。

実画像を用いた検討(Yamada et al., 1993)で見出されたような三つの変数が線画では見られていないのは、線画の持つ特性が影響していると考えられる。線画は表情を視覚的に図式化したものである。また先行研究(小川・鈴木, 1999; 高橋, 1994; Yamada, 1993)で実験材料となったのは、描画実験で得られた線画であったため、実際の表情で見られるような微細な動きが損なわれている可能性がある。

本研究では以上の問題を解消するため、最初に新たな線画の作成を試みた。Yamada et al.(1993)の実画像研究で見出された三つの顔の構造変数で構成される視覚情報空間(Figure 3)に、基本6表情を表す線画(Figure 2)を位置づけることで、線画と実画像の位置関係を確認し、両者の空間的構造の類似性を検討した。続いて線画の座標値と特徴点変位を示すパラメータ値(Figure 1)を用いて、視覚情報空間上の各座標値に対応するパラメータ値の算出を試みた。そしてFigure 3の空間上に布置する線画、言い換えれば、人間の表情と同様の可変性を持つ線画を生成した。詳細については、以下に述べる。

視覚情報空間への基本6表情の位置づけ

線画と実画像の視覚情報空間における布置の類似性を検討するため、基本6表情を示す線画の視覚情報空間への位置づけを最初に試みた。まずFigure 2に示した基本6表情の眉・目・口に設定されている特徴点の変

位置を示す、九つのパラメータ値と、渡邊・山田 (2002) で得られた無表情を表す線画のパラメータ値の差分値を求め、これを修正値とした。これは、従来の線画のパラメータが原図形 (Figure 1) からの変位量を表すのに対し、Yamada et al. (1993) のような実際の顔から特徴点計測を行う際、無表情と表情の差分が求められていることを考慮したためであり、実画像データと対応させるために取った処置である。この修正値を、Yamada et al. (1993) で得られた実画像のパラメータ値の平均値および標準偏差を用いて標準化した。続いて Yamada et al. (1993) の正準判別分析で得られた標準化判別係数と、以上の手続きで標準化した線画のパラメータ値を用いて、線画の正準変数値 (構造変数値) を算出した。得られた正準変数値を座標値として、視覚情報空間にプロットした (Figure 4)。

線画の6表情は、実画像と比較して第1正準変数 (CAN1) と第2正準変数 (CAN2) 上では正の方向に、第3正準変数 (CAN3) 上では正負の両方向に、それぞれ大きく離れた位置に示された。しかし線画と実画像の配置を比較すると、基本6表情の相対的な位置関係が類似していることが示された。

パラメータの計算

Figure 3 の視覚情報空間に布置する線画を生成するため、そのパラメータの算出を試みた。なお、Yamada et al. (1993) で得られた実画像によるデータだけでは、視覚情報空間の任意の点から線画のパラメータを算出することができない。それは空間の任意の1点を示す三つの座標値から九つのパラメータ値を求めることであり、数学的に一意に決まらないからである。しかし Figure 2 の基本6表情の線画については、九つのパラメータ値が既にあり、また Figure 4 に示したように、視覚情報空間における三つの座標値も求まっている。この線画の九つのパラメータ値と三つの座標値をもとに、それぞれの表情の間を線形補間の要領で結ぶことで、補間された表情間の直線上の位置とパラメータの関係が求められる。さらに線形補間により結ばれた直線上の任意の表情と、もう一方の直線上の任意表情との間で線形補間を行うことで、同様に直線を引く要領でその中間表情のパラメータ値を求められる。以上の手続きにより、視覚情報空間における任意の点のパラメータ値を算出するための単位ベクトルを求めることにした。

まず Figure 4 の視覚情報空間における基本6表情の各表情の間で直線を想定し、モーフィングの要領で線形補間を行うことにより、直線間の中間表情のパラメータを算出した。すなわち、ある基本表情から別の基本表情へと連続的に変化していく途中の中間表情の九つのパラメータ値を割り出し、その中間表情のパラメータ値に対応する視覚情報空間上の座標値を算出した。その結果、

Figure 4. Central tendencies of categorical judgments from real facial images and schematic faces representing six basic emotions in the three-dimensional space of visual information. The white points represent the real facial images, while the black points represent the schematic faces.

座標値は空間上で直線上に並ぶことを確認した。以上のようにして、特定の表情間の中間表情の九つのパラメータ値と視覚情報空間上の座標値を対応づけた。続いて、上述の手続きで算出した視覚情報空間における各基本表情間の直線上で、任意の点の座標値とパラメータ値を抽出し、同様にもう一方の直線から抽出した点との間で線形補間を行った。この作業により算出された新たな直線上で、九つのパラメータ値を算出した。例えば、“怒り”と“喜び”の2表情間を結ぶ直線上で中間表情のパラメータ値を計算した。一方で“驚き”と“悲しみ”の2表情間で、同様に中間表情のパラメータ値を計算した。続いて、“怒り-喜び”と“驚き-悲しみ”のそれぞれの間で、Y座標 (CAN2) 上で0に当たる部分の中間表情のパラメータ値を取り出した。これはY軸上で直線を引くに等しいものであり、これによりY軸上を変化する中間表情のパラメータが得られた。この計算と同じ要領で視覚情報空間上の様々な表情間で線形補間を行い、座標に対応するパラメータを算出することを繰り返した。最終的には、原点から各軸方向に+1移動した場合のパラメータ値を算出し、これを単位ベクトルとした。得られた単位ベクトルを Table 1 に示す。

以上の手続きで算出した単位ベクトルを用いて、線画のパラメータを算出した。座標 $X(x, y, z)$ におけるパラメータ値 P_n を求める場合、 P_n の係数値を CAN1 を a 、CAN2 を b 、CAN3 を c とすると、

$$P_n = ax + by + cz \quad (1)$$

という式を用いて算出した。例えば座標値が $(1, 0, 0)$ のパラメータ値 P_1 を求めると、

Table 1
Coefficients of nine parameters of schematic faces in the three-dimensional space of visual information

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
CAN1	-0.60	1.89	3.98	4.96	-0.12	4.36	-7.31	-4.34	-2.98
CAN2	-1.62	0.20	-0.01	-0.78	-2.10	-1.37	-1.20	6.77	2.72
CAN3	-3.41	-2.20	2.68	0.70	-3.25	1.52	0.70	-2.56	-0.75

Figure 5. Some of schematic faces produced as stimuli in this study. (A) Faces which change along the first axis (CAN1: curvedness/openness) from original point in the visual information space of facial expressions. (B) Faces which change along the second axis (CAN2: slantedness of lips) from original point in the space. (C) Faces which change along the third axis (CAN3: slantedness of eyebrows and eyes) from original point in the space.

$$P1 = (-0.60 \times 1) + (-1.62 \times 0) + (-3.41 \times 0) = -0.60$$

という値が算出される。同じ要領で座標値 (1, 0, 0) の全てのパラメータ値を求めると、(-0.60, 1.89, 3.98, 4.96, -0.12, 4.36, -7.31, -4.34, -2.98) となる。なお、以上の手続きで算出されたパラメータ値が示す視覚情報空間上の座標値を改めて計算したところ、座標値とパラメータ値が対応していることが確認された。

以上の手続きにより、Figure 4 の視覚情報空間における基本表情の線画の位置を考慮して、CAN1 では -1~6, CAN2 では -2~5, CAN3 では -4~4 の範囲内で、整数の座標値に相当する線画のパラメータ値を算出した。得られた 576 組のパラメータを用いて、576

枚の線画図形を SEE (Yamada, 1993) により生成した。

576 枚の線画の中で、Figure 5 に示す三つの軸の上に布置する線画を取り出して、軸上での眉・目・口の変化を調べた。第 1 正準変数上では、原点から正の方向に向かうにつれて目や口が徐々に開き、同時に眉の内側が上昇した。そして“恐れ”や“驚き”を示すような表情に変化した。原点から負の方向に向かうと、逆に目や口が閉じた状態になった。第 2 正準変数上では、原点から正の方向に向かうにつれて、口角の引き上げが強くなり、さらには目尻が下がり、“喜び”を表すような表情になった。原点から負の方向に向かうと、逆に口角の引き下げが見られるようになった。第 3 正準変数上では、原点から正の方向に変化すると、徐々に内眉が上がり、外眉や目尻が下がった。より強くなると口角の引き

下げも見られるようになり、“悲しみ”を示すような表情に変化した。負の方向に変化すると、外眉や目尻が釣り上がり、“怒り”を示すような表情になった。

以上のことから第1正準変数は、Yamada et al. (1993)で“湾曲性・開示性”と命名された顔の構造変数であることが裏づけられた。第2正準変数と第3正準変数は、いずれも“傾斜性”を示す構造変数であることを裏づけるものである。第2正準変数は口角の引き上げや引き下げに関わる変位が際立っているため、ここでは新たに“口部傾斜性 (slantedness of lips)”と命名した。第3正準変数については、眉や目の釣り上がりや釣り下がりに関わる変位が際立っているため、“眉・目の傾斜性 (slantedness of eyebrows and eyes)”と命名した。

以上の手続きで作成した線画が、実際の表情と同様の視覚的構造を持つことが確認された。同時に、従来の2変数空間では表現できなかったような、視覚的にバラエティに富んだ表情が得られた。

カテゴリー判断実験

以上の検討から、実際の表情と同じ視覚的構造を持つ刺激群を生成することが可能となった。ここでは、そうした刺激群を用いた認知判断実験を行い、上述の三つの顔の構造変数が線画においても判断の変数になっているかを検討した。

方法

実験参加者 日本大学文理学部心理学科、および大学院文学研究科心理学専攻の学生、59名が実験に参加した（男性33名、女性26名、年齢19～25歳、平均21.9歳、標準偏差1.58）。視力は矯正も含めて全員健常であった。実験参加者は全員、実験者の募集に応じてボランティアで参加した。

実験材料 上述の手続きで生成した視覚情報空間に布置する576枚の線画の中から、以下に示す手続きにより102枚を選出して用いた。

まずFigure 5に挙げた、視覚情報空間の原点と各座標軸上の線画、23枚を採用した。次いで、Figure 4における原点と基本6表情の位置関係を考慮して、軸ごとに抽出する線画の枚数の分布（度数分布）を設定した。具体的には、CAN1上での表情の分布をみると、原点の周辺に表情が集まっており、正の方向に離れた位置に“驚き”が布置している。そこで原点を頂点としたF分布に近似した度数分布となるように、原点上で30枚の線画を抽出し、原点から正の方向に向かうにつれて線画の枚数が減少するよう度数を設定した。CAN2上でも、原点の周辺に表情が分布しており、正の方向に離れた位置に“喜び”が分布しているので、CAN1と同様に原点を頂点としたF分布に近い度数分布となるよう、原

CAN2

Figure 6. The distribution of schematic facial expressions selected as stimuli in this study in the three-dimensional space of visual information.

点上で30枚の線画を抽出し、原点から正の方向に向かうにつれて線画の枚数が減少するよう度数を設定した。CAN3については、原点を中心として両端に“怒り”、“悲しみ”が分布しているため、原点を中心としたt分布に近似した度数分布となるように、原点上で線画を20枚抽出し、原点から正負の両方向に向かうにつれて線画の枚数が減少するよう度数を設定した。

以上の手続きにより、三つの軸上で抽出する線画の度数を設定した上で、乱数表を用いて抽出する線画の座標値をランダムに選出し、最終的に以上の度数分布を満たすよう、枚数を調整した。結果的に合計144枚の線画が得られたが、眉・目・口の動きが極端に強く、顔として捉えるのに無理が生じる表情は除外したため、最終的に102枚の線画を採用した。この102枚の線画の視覚情報空間上での分布をFigure 6に示す。

実験では、線画は後述する14.1インチの液晶ディスプレイの中央に、視角7度の大きさで提示した。画面の背景は白、線画は黒とした。線画が提示される位置から55 mm下方に、基本6表情（喜び、驚き、恐れ、悲しみ、怒り、嫌悪）の選択肢を常に提示した。選択肢は黒字で、1文字の大きさは18 ptであった。選択肢は横に3つずつ、2段に分けて並べて提示した。選択肢の並び順については、実験参加者間でランダムになるよう設定した。

実験装置 実験は小実験室にて、通常照明の下で実施した。線画の提示制御には実験用アプリケーションソフト (Psychology Software Tools E-Prime 1.0) を用いた。提示装置として、14.1インチ液晶ディスプレイ付きノート型パーソナルコンピュータ (NEC LaVie C LC 600J/54DR) を使用した。判断用装置として、テンキー (ELECOM TK-UYLG) をパソコンに接続して使用した。

手続き 実験は個別に実施した。実験前にフェイス

Table 2
Total canonical structure of categorical judgments from schematic faces obtained by a canonical discriminant analysis

Parameters	Canonical variables		
	CAN1	CAN2	CAN3
P1	.8035	.5901	.0784
P2	.5596	.2958	.7742
P3	-.7660	.0435	.6414
P4	-.3415	.3549	.8703
P5	.7006	.6986	.1450
P6	-.5629	.4059	.7200
P7	.0306	-.1453	-.9889
P8	.6008	-.7769	-.1882
P9	.4700	-.7387	-.4831
Eigenvalue	2.5810	2.0793	1.7053
Proportion	.4055	.3266	.2679

シートへの記入を求めた。続いて、ディスプレイに提示される線画の表情に対して、最も当てはまる表情カテゴリーを画面下の選択肢から選び、テンキーの対応する番号を押すよう教示した。注意事項として、線画に対する自分の気持ちを判断するのではなく、あくまで線画がどの表情を表しているかを判断すること、線画に当てはまる表情カテゴリーを判断した時点でテンキーを正確に、かつなるべく早く押すことの2点を教示した。

実験の各試行の流れは以下のとおりである。画面中央に注視点を1s提示後、線画を提示した。実験参加者がテンキーを押すと、2sのブランクを置いて、再び注視点に続いて次の線画を提示した。以上の手続きで、102試行を実施した。なお線画の提示順序については、ランダムになるように設定した。実験に先立ち基本6表情の線画 (Figure 2) を用いた練習試行を実施し、参加者を課題に慣れさせた上で、本試行を実施した。実験終了後には内省報告を求めた。

結果

まず102枚の線画それぞれに対する、カテゴリー判断の度数を算出した。そして線画の眉・目・口の特徴点変位と実験参加者のカテゴリー判断の関係性を探るため、102枚の線画のパラメータ値を説明変数、各線画に対する最も判断頻度の高かったカテゴリーを反応変数として、正準判別分析を実施した。分析に際して、反応変数に参加者の判断の一致率を重みとして乗じた。

正準判別分析の結果、Table 2に示されるように、第3正準変数までが得られた。説明率は第1正準変数から順に40.55%、32.66%、26.79%となっており、三つの変数で100%となった。このことは、三つの変数で全体

Figure 7. Central tendencies of categorical judgments of six emotions in the three-dimensional space of visual information. The black points represent the central tendencies of categorical judgments from schematic faces in this study. The white points represent those from real facial images in Yamada et al. (1993).

が説明されていることを意味していると考えられる。具体的に正準変数の全体構造について、重みづけが.70以上のパラメータに着目して検討してみると、第1正準変数は眉の外端点 (P1)、目尻 (P5) の重みづけが正の方向に高く、眉の内端点 (P3) が負の方向に高い。したがってこの変数は、眉や目の釣り上がりに関する“眉・目の傾斜性”を示す構造変数であると考えられる。第2正準変数については、口角の垂直方向 (P8) および水平方向 (P9) の重みづけが負の方向に高い。これは口角の斜め方向の動きに関わる構造変数であり、言わば“口部傾斜性”を示すものであると考えられる。第3正準変数については、眉の midpoint (P2)、上瞼の midpoint (P4)、上唇の midpoint (P6) の重みづけが正の方向に高く、下唇の midpoint (P7) が負の方向に高い。したがってこの変数は、“湾曲性・開示性”を示す構造変数であると考えられる。以上の結果から、Yamada et al. (1993) で抽出された“眉・目の傾斜性”、“口部傾斜性”、“湾曲性・開示性”の3変数が線画でも確認された。ただしTable 2からわかるように、どの正準変数においても、上に挙げた特徴点以外の部位の重みづけも高いため、命名の対象となった部位以外の視覚的変位もカテゴリー判断に影響していることに注意しなければならない。例えば第1正準変数では“眉・目の傾斜性”と命名したが、口の動きが全くないわけではない。また第2正準変数は“口部傾斜性”と命名したが、眉や目の動きもある程度含まれている。

次に三つの顔の構造変数を軸とする視覚情報空間における実験参加者のカテゴリー判断の傾向を調べるため、各線画の九つのパラメータ値を最も判断頻度の高かった

カテゴリーごとに平均化し、視覚情報空間に位置づけた。その結果、Figure 7に示されるように、実画像や線画の基本6表情と類似した相対的布置関係が見出された。このことは、表情の視覚情報空間が三つの構造変数で構成されていることを支持すると共に、基本6表情の分布が空間上ではほぼ一貫していることを示すものと考えられる。

考 察

本研究では、実画像から見出された表情認知に関わる顔の構造変数、すなわち“湾曲性・開示性”、“口部傾斜性”、“眉・目の傾斜性”の3変数が、線画を実験材料とした場合でも見出されるか否かを検討するため、新たに生成した線画を用いてカテゴリー判断実験を実施した。その結果、上述の三つの構造変数が線画からも確認された。

具体的には、Table 2の正準判別分析の結果について、各正準変数の重みづけが高いパラメータに着目して詳細に検討したところ、第1正準変数から順に“眉・目の傾斜性”、“口部傾斜性”、“湾曲性・開示性”と命名できるような相関的変位構造が見出された。これらの変数はYamada et al. (1993)における実際の表情画像を用いた検討から得られたものとほぼ同様の変数であると考えられる。さらにFigure 4やFigure 7に示されるように、Yamada et al. (1993)の実画像、Yamada (1993)の線画、そして本研究での線画に対するカテゴリー判断の中心傾向を示す点は、視覚情報空間でその分布が類似していることが示された。このことは、表情判断が線画でも実画像でも同じ構造変数を手がかりに行われていることを示すものである。したがって、刺激の種別に依存しない、より一般的な表情認知の説明モデルを構築することが可能であると考えられる。

なお、視覚情報空間の各軸と表情の関係について分析してみると、第1軸(CAN1: 湾曲性・開示性)上では、正の方向に“恐れ”や“驚き”が布置していることから、第1軸は“恐れ”や“驚き”の判断に関わる変数であると考えられる。第2軸(CAN2: 口部傾斜性)上では、正の方向に“喜び”が布置している。このことから、第2軸が“喜び”の判断に関わる変数であると考えられる。第3軸(CAN3: 眉・目の傾斜性)に着目すると、この軸では正の方向に“悲しみ”、負の方向に“怒り”、その間に“嫌悪”の表情が布置している。このことから、第3軸が言わば負の感情価を持つ表情の識別や判断に関わる変数であると考えられる。

これまでの線画研究で見出された顔の構造変数は、“傾斜性”、“湾曲性・開示性”の2変数であった(小川・鈴木, 1999; 高橋, 1994; Yamada, 1993)。線画で上述の3変数が見出されなかったのは、前述したよ

うに線画の特性が影響していると考えられる。線画は表情を抽象化したものであり、実際の表情と比較して平面的である。また従来の線画は、表情の描画実験によって得られたものであり、したがってFigure 2に示されるように実際の表情が強調化されたものである。実際にFigure 2の基本6表情の線画を視覚情報空間に位置づけ、実画像と線画の分布を比較したところ、Figure 4に示されるように、線画の基本6表情が実際の表情を強調化したものであることが確認された。逆に考えると、実画像は線画と比較して空間でより狭い範囲に分布していることがわかる。これは実際の表情が、線画と比較してより微細な変化であることを示している。以上のような両者の違い、または線画の特性、すなわち実際の表情を抽象化または強調化しているという特性によって、顔の構造変数は3変数ではなく2変数という、より集約化された形で見出されてきた可能性が考えられる。また逆に、実際の表情は線画に比べて変化が微細であることから、2変数ではなく三つの変数が見出されたものと考えられる。本研究では実画像の空間分布を線画に適用し、線画刺激作成時における構造変数を実画像と同じ3変数にすることで、そうした実際の表情の微細な構造を線画で表現できたからこそ、実画像と同様の三つの構造変数が改めて見出されたと思われる。

なおCalderら(Calder et al., 2001; Calder, Rowland, Young, Nimmo-Smith, Keane, & Perrett, 2000)は、Yamada (1993) および Yamada & Shibui (1998)を参照して、視覚情報空間が二つの変数で構成されるものであると限定し、またそうした知見が線画研究で見出されたことを指摘した上で、そのような二つの変数で表情認知構造を説明することに対する疑問を挙げている。しかし本研究の結果から、顔の構造変数は3変数であり、また線画と実画像に共通する、より一般的な変数であることが示された。このことは、以上のようなCalderらの疑問に対する回答になりうると考えられる。

ところで、従来“傾斜性”とされてきた変数が、本研究で顔の上部(眉・目)と下部(口)とで分かれて見出されたことは、表情認知に関わる視覚情報が顔の上部と下部とで分かれていることを示唆する複数の先行研究(de Bonis, 2003; de Bonis, De Boeck, Pérez-Díaz, & Nahas, 1999)と符合するものであると考えられる。日常場面における例を挙げると、目が笑っておらず、口元だけが動いている笑顔や、両眉が寄せられるだけの怒りの表情が見られることがある。従来の二つの構造変数では、こういった、口元のみ、あるいは眉や目のみの表情を説明することができなかった。“傾斜性”が顔の上部と下部で分かれていると考えることは、以上のような表情を説明することができるという点で、より日常場面を説明できる知見であると考えられる。

ただし、表情認知に関わる顔の構造変数は、顔の上部と下部で必ずしも完全に独立しているわけではない。これは表情認知に影響する顔の部位の果たす役割の大きさを表しているだけであり、実際には表情を認知する際、顔をまとまりのある全体、すなわちゲシュタルトとして捉えていると考えられている (Guillaume, 1937 八木 訳 1952; 山田, 1994)。

実際の表情でも、FACS (Ekman & Friesen, 1978; Ekman et al., 2002) によると、ある単一 AU が見られる場合、それに伴って他の部位の動きも観察される。例えば口角の引き上げ (AU12) が強くなると、頬や下瞼が押し上げられ、外眉がわずかに下がる。このことは、口の動きが顔の上部の動きにも影響を及ぼしていることを示している。このように、ある部位の表情筋動作は他の部位にも影響を及ぼしている。そのため、顔の上部と下部では情報が完全に独立しているとはいえない。

この観点から考えると、Table 2 に示された正準判別分析の結果において、各正準変数で変数名の命名の根拠となったパラメータ値以外についても、比較的重みづけが高いことが、説明できると思われる。すなわち、ある部位の視覚的变化に伴い、他の部位もある程度連動して変化することを、正準判別分析の結果が示していると考えられる。この点について、今後の課題として FACS の知見との照合を行う必要がある。

以上の考察から、表情認知に関わる顔の構造変数が 3 変数であることが示されたが、この点を踏まえた今後の課題の一つとして、山田 (2000a) が提案した表情認知過程の説明モデルをより精緻化していくことが挙げられる。山田 (2000a) のモデルによると、我々はまず顔から“傾斜性”、“湾曲性・開示性”といった顔の構造変数を抽出し、“快-不快”、“活動性”といった感情的意味次元に基づく評価を行った上で、表情のカテゴリー判断を行っていると言われている。この根拠として、複数の研究によって、“傾斜性”と“快-不快”、“湾曲性・開示性”と“活動性”の間に高い相関関係が確認されている (小川・鈴木, 1999; 渡邊他, 2001; Yamada & Shibui, 1998)。しかし本研究において、構造変数は“湾曲性・開示性”、“口部傾斜性”、“眉・目の傾斜性”の 3 変数であることが確認された。そこで現在、線画や実画像を用いて、三つの構造変数と 2 次元の感情的意味次元の対応関係について検討しているところである (渡邊・前田・山田, 2003; 渡邊・鈴木・山田, 2003 など)。以上の検討により、顔の構造変数と感情的意味次元が従来示されたような 1 対 1 の関係ではなく、より複雑な相関関係であることが示唆されている。また感情的意味次元も 3 因子である可能性が示されている。今後の課題として、感情的意味次元の因子構造についても再検討を行い、その上で顔の構造変数と意味次元の関係について調

べ直す必要がある。両者の関係が明らかになれば、表情認知モデル (山田, 2000a) をさらに精緻化しうることが期待できる。

ところで、本研究で使用した線画について考えてみると、現実的な表情と比較していくつかの制約が存在している。まず、非対称性が考慮されていない点が挙げられる。本研究の線画は Figure 1 に示すように、眉・目・口の特徴点が左右対称に移動するよう設定されている。しかし実際の人間の表情は、顔の左右で顔面筋の付き方が異なることにより、自然な表情であっても若干の左右差が見られる。より人間らしい表情を考慮した場合、こういった左右差を考慮した線画を使用する必要があると思われる。また本研究の線画には輪郭がないという点も、考慮すべき問題である。輪郭は個人を識別する上で重要な変数の一つであると考えられるが、表情表出に伴う輪郭の変化は、表情認知の際の手がかりとなる可能性も否めない。さらには表情表出に伴う皺の変化も、同様に重要な手がかりとなりうる。こうした左右非対称性や輪郭、皺などの要因を線画に加えた上で検討を行うことで、表情認知に関わる顔の構造変数はさらに増える可能性がある。以上のような要因を考慮した線画を生成して本研究と同様の実験を行うことで、より現実的な表情認知場面を説明するための顔の構造変数について検討する必要がある。

今後は以上の検討に加え、表情認知に関わる文脈や文化差の要因も考慮した、より説明力の高い一般的な表情認知モデルを構築していきたい。

引用文献

- Bassili, J. N. (1978). Facial motion in the perception of faces and of emotional expression. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 4, 373-379.
- de Bonis, M. (2003). Causes and reasons in failures to perceive fearful faces. In M. Katsikitis (Ed.), *The human face: Measurement and meaning*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. pp. 149-167.
- de Bonis, M., De Boeck, P., Pérez-Díaz, F., & Nahas, M. (1999). A two-process theory of facial perception of emotions. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences—Series III—Sciences de la Vie*, 322, 669-675.
- Bruce, V., & Young, A. (1986). Understanding face recognition. *British Journal of Psychology*, 77, 305-327.
- Bruce, V., & Young, A. (1998). *In the eye of the*

- beholder: The science of face perception*. New York, NY: Oxford University Press.
- Calder, A. J., Burton, A. M., Miller, P., Young, A. W., & Akamatsu, S. (2001). A principal component analysis of facial expressions. *Vision Research*, **41**, 1179-1208.
- Calder, A. J., Rowland, D., Young, A. W., Nimmo-Smith, I., Keane, J., & Perrett, D. I. (2000). Caricaturing facial expressions. *Cognition*, **76**, 105-146.
- Darwin, C. (1998). *The expression of the emotions in man and animals*. In P. Ekman (Ed.), 3rd ed. New York, NY: Oxford University Press. (Original work published (1872).)
- Ekman, P. (Ed.) (1973). *Darwin and facial expressions: A century research in review*. New York, NY: Academic Press.
- Ekman, P. (1999). Facial expressions. In T. Dalgleish, & M. Power (Eds.), *Handbook of cognition and emotion*. Chichester: John Wiley & Sons. pp. 301-320.
- Ekman, P., & Friesen, W. V. (1971). Constants across cultures in the face and emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, **17**, 124-129.
- Ekman, P., & Friesen, W. V. (1975). *Unmasking the face: A guide to recognizing emotions from facial clues*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Ekman, P., & Friesen, W. V. (1978). *Facial Action Coding System (FACS): A technique for the measurement of facial action*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- Ekman, P., Friesen, W. V., & Ellsworth, P. (1982). What emotion categories or dimensions can observers judge from facial behavior? In P. Ekman (Ed.), *Emotions in the human face*. 2nd ed. New York, NY: Cambridge University Press. pp. 39-55.
- Ekman, P., Friesen, W. V., & Hager, J. C. (2002). *Facial Action Coding System (FACS)*. Salt Lake City, UT: A Human Face.
- Guillaume, P. (1937). *La psychologie de la forme*. Paris: Flammarion.
(ギョーム, P. 八木 晃 (訳) (1952). *ゲシタルト心理学* 岩波書店)
- Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences*, **4**, 223-233.
- Hochberg, J. E. (1978). *Perception*. 2nd ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
(ホッホバーク, J. E. 上村保子 (訳) (1981). *知覚* 原書第2版 岩波書店)
- 池田 進 (1987). 人の顔または表情の識別について 上—初期の実験的研究を中心とした史的展望— 関西大学出版会
(Ikeda, S.)
- 河村 満・望月 聡 (2000). 相貌失認・表情失認 脳の科学, **22**, 183-190.
(Kawamura, M., & Mochizuki, S. (2000). Prosopagnosia and agnosia for facial expression. *Brain Science*, **22**, 183-190.)
- Matsumoto, D. (1996). *Unmasking Japan: Myths and realities about the emotions of the Japanese*. Stanford, CA: Stanford University Press.
- Matsumoto, D.・田谷晴世 (2000). 情動判断に及ぼす文化の影響 心理学評論, **43**, 147-160.
(Matsumoto, D., & Tatani, H. (2000). Cultural influences on judgement of emotion. *Japanese Psychological Review*, **43**, 147-160.)
- 松崎直幸・佐藤隆夫 (1999). 表情知覚における形態情報と運動情報 電子情報通信学会技術研究報告, **HCS99-12**, 1-5.
(Matsuzaki, N., & Sato, T. (1999). The role of the static pattern and the motion in the perception of facial expressions. *IEICE Technical Report*, **HCS99-12**, 1-5.)
- Mehrabian, A. (1972). *Nonverbal communication*. Chicago, IL: Aldine-Atherton.
- 小川時洋・鈴木直人 (1999). 線画表情を用いた特徴点変位と表情認識の関係 感情心理学研究, **6**, 17-26.
(Ogawa, T., & Suzuki, N. (1999). The relationships between physical and semantic dimensions of facial expressions of emotion. *The Japanese Journal of Research on Emotions*, **6**, 17-26.)
- Ogawa, T., & Suzuki, N. (2000). Emotion space as a predictor of binocular rivalry. *Perceptual and Motor Skills*, **90**, 291-298.
- Posamentier, M. T., & Abdi, H. (2003). Processing faces and facial expressions. *Neuropsychology Review*, **13**, 113-143.
- Russell, J. A. (1980). A circumplex model of

- affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, **39**, 1161–1178.
- Russell, J. A. (1997). Reading emotions from and into faces: Resurrecting a dimensional-contextual perspective. In J. A. Russell, & J. M. Fernández-Dols (Eds.), *The psychology of facial expression*. New York, NY: Cambridge University Press. pp. 295–320.
- Russell, J. A., & Bullock, M. (1985). Multidimensional scaling of emotional facial expressions: Similarity from preschoolers to adults. *Journal of Personality and Social Psychology*, **48**, 1290–1298.
- Smith, C. A., & Ellsworth, P. C. (1985). Patterns of cognitive appraisal in emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, **48**, 813–838.
- Suzuki, A., Shibui, S., & Shigemasa, K. (2002). Dimensional information is primary in judgment of facial expression. *Perception*, **31** (Supplement), 25.
- 鈴木竜太・小川宜子・時田 学・山田 寛 (2003). 光点運動による表情知覚を反映する事象関連電位 電子情報通信学会技術研究報告, **HCS 2003-17**, 19–23.
- (Suzuki, R., Ogawa, Y., Tokita, G., & Yamada, H. (2003). Event-related potentials elicited by perception of facial expression from point-lights motion. *IEICE Technical Report*, **HCS2003-17**, 19–23.)
- 高橋 博 (1994). 感情強度と表情図形の関連性 日本心理学会第 58 回大会発表論文集, 937.
- (Takahashi, H.)
- Takehara, T., & Suzuki, N. (1997). Morphed images of basic emotional expressions: Rating on Russell's bipolar field. *Perceptual and Motor Skills*, **85**, 1003–1010.
- Takehara, T., & Suzuki, N. (2001). Robustness of the two-dimensional structure of recognition of facial expressions: Evidence under different intensities of emotionality. *Perceptual and Motor Skills*, **93**, 739–753.
- 渡邊伸行・前田亜希・山田 寛 (2003). 表情認知における物理変数と心理変数の対応関係—Affect Grid 法を用いた検討— 電子情報通信学会技術研究報告, **HCS2003-20**, 1–6.
- (Watanabe, N., Maeda, A., & Yamada, H. (2003). Psychophysical relationship involved in the recognition of facial expressions of emotion: Study using the Affect Grid. *IEICE Technical Report*, **HCS2003-20**, 1–6.)
- 渡邊伸行・鈴木竜太・續木大介・山田 寛 (2001). 表情の感情の空間布置に関する検討—Affect Grid 法を用いて— 日本心理学会第 65 回大会発表論文集, 274.
- (Watanabe, N., Suzuki, R., Tsuzuki, D., & Yamada, H.)
- 渡邊伸行・鈴木竜太・山田 寛 (2003). 表情認知における心理物理的關係の再検討 日本認知心理学会第 1 回大会発表論文集, 178–179.
- (Watanabe, N., Suzuki, R., & Yamada, H.)
- 渡邊伸行・山田 寛 (2002). 視覚的情報空間における無表情の範囲 日本顔学会誌, **2**, 59–70.
- (Watanabe, N., & Yamada, H. (2002). The region of neutral face in the visual information space of facial expressions. *Journal of Japanese Academy of Facial Studies*, **2**, 59–70.)
- 渡邊伸行・山口拓人・山田 寛 (2005). 表情認知に関わる視覚情報次元の再検討 日本大学心理学研究, **26**, 53–58.
- (Watanabe, N., Yamaguchi, T., & Yamada, H. (2005). The dimensions of visual information used for the recognition of facial expressions of emotion. *Psychological Research Nihon University*, **26**, 53–58.)
- Yamada, H. (1993). Visual information for categorizing facial expression of emotions. *Applied Cognitive Psychology*, **7**, 257–270.
- 山田 寛 (1994). 顔面表情認識の心理学モデル計測と制御, **33**, 1063–1069.
- (Yamada, H. (1994). Psychological models for recognition of facial expressions of emotion. *Journal of the Society of Instrument and Control Engineers*, **33**, 1063–1069.)
- 山田 寛 (2000a). 顔面表情の知覚—その心理物理的説明モデルの提案— 脳の科学, **22**, 159–164.
- (Yamada, H. (2000a). A psychophysical model of perceiving facial expressions of emotion. *Brain Science*, **22**, 159–164.)
- 山田 寛 (2000b). 顔面表情の知覚的判断過程に関する説明モデル 心理学評論, **43**, 245–255.
- (Yamada, H. (2000b). Models of perceptual

- judgments of emotion from facial expressions. *Japanese Psychological Review*, **43**, 245–255.)
- Yamada, H., Matsuda, T., Watari, C., & Suenaga, T. (1993). Dimensions of visual information for categorizing facial expressions of emotion. *Japanese Psychological Research*, **35**, 172–181.
- Yamada, H., & Shibui, S. (1998). The relationship between visual information and affective meanings from facial expressions of emotion. *Perception*, **27**(Supplement), 133.
(2005 年 5 月 19 日受稿, 2005 年 12 月 6 日受理)