解説

顔の情報処理 －顔表情の知覚・認知を中心に－†

渋井 進*¹・松寄 直幸*²・山田 寛*³

1. 「顔の情報処理」研究の展開

1.1 はじめに

顔は、我々が日常生活を営む上で、他者とのコミュニケーションの窓口となる重要な役割を果たしている。顔を見る事により、その人物の性別、年齢、表情、既知の人物かどうか、等の多くの情報を読み取ることが瞬時に行われている。この点から見ても、顔を研究対象として学問的に検討する必要性が示されていると言える。

「顔の情報処理」を解説するにあたって、まず「顔の情報」において、何が問題となり得るかを整理する。これに関して、1995年に設立された学術団体である日本顔学会[1]の活動を参考として見てみる。2009年12月末の約750名の会員構成を会員の登録分野から見ると、園学系20%、工学系17%、美容・化粧・服飾系16%、心理学系8%、医学系8%、芸術系6%、人類学系4%、マスコミ系3%、その他18%、とあるように幅広い領域に渡っており、情報の持つ意味についても分野に対応して、多様なものが想定される。すなわち、園学、医学等における顔の構造の持つ形態的な情報から、工学的に顔を認識、合成するにあたって符号化して取り扱う意味としての情報や、顔が意味的に伝達する文化的、社会的、心理的な側面に与える情報のように、様々な顔に係る情報がある。

次に顔の「情報処理」の側面について考える。「情報処理」については、やや古いが標準的な用語の定義であるJIS X0001情報処理用語－基本用語[2]において、「情報に対して行われる、データ処理を含む操作の体

系的実施、データ通信、オフィスオートメーションなどの操作を含むことがある。」と定義されているように、工学的な見地から、計算機等を用いて既存の情報を操作し、より付加価値の高い情報として役立てる事が、まずイメージされる。その代表としては、コンピュータビジョンにおける顔画像認識システムがあげられるだろう。Turk and Pentland[3]に代表されるような顔画像のパターン認識手法において主成分分析による固有顔(eigenface)を利用したシステムの提案をはじめとし、独立成分分析、判別分析等の他の統計的手法を応用した技術や、ニューラルネットワークのアルゴリズムとしての自己組織化マップ、ベイジアンネットワークなどの適用に代表される技術の研究等を通じて、顔画像認識技術は著しく発展した(レビューとして、[4]、[5]など)。身近な例としては、2002年のワールドカップ開催に伴い、テロリスト等に対する保安上の対策として、成田、大阪の国際空港に顔照合・検索監視システムが導入された事や、タバコの自動販売における年齢判別システムの導入は記憶に新しい。また、ここ数年では、顔の個人認識、表情判別などの機能が、安価に入手可能なデジタルカメラ等の製品に実装されるようにまでなった。一方、「情報処理」は、「情報処理心理学」の語に示されるように、情報処理者としての人間内部の知覚・認知の過程を意味する語でもある。

以上の様に、「顔の情報処理」は多様な意味を持ち、ここで全てを網羅的に説明する事は難しい。また心理学という限られた分野の専門である筆者らが、全てを把握することの出来ないほどの、幅広い展開がなされているのが、顔研究の現状であると言える。よって以下では筆者らが専門としてきた、顔の知覚、認知に係る人間の情報処理過程についての心理学的研究を扱う。

しかし、人間の顔の知覚・認知に限定したとしても、そこで議論される内容は幅広い。例として、知覚心理学の国際会議であるECVP (European Conference on Visual Perception)における発表演題のカテゴリー

† Face Information Processing—Perception and Cognition of the Facial Expressions of Emotion—

Susumu SHIBUI, Naoyuki MATSUZAKI and Hiroshi YAMADA

*1 大学評価・学位授与機構評価研究部

Faculty of University Evaluation and Research, National Institution for Academic Degrees and University Evaluation

*2 ウェイン州立大学医学部

School of Medicine, Wayne State University

*3 日本大学文学部

College of Humanities and Sciences, Nihon University

を参照すると、2010年の会議[6]では全55セッション中4セッションが“Face Perception”に関するものである。これが代表的な知覚心理学のトピックである“Attention”や、“Motion”のセッション数と同等であるという事実は、顔という分野が幅広い注目を集めていると同時に様々な内容の議論を含むことを端的に示している。

そのような発展を見せる顔の知覚・認知に関する研究の中でも、脳機能イメージング技術を応用した、顔認知機能の解明に関する認知神経科学的研究の進捗が著しい事は、注目すべき点である。具体的な手法としては、脳活動を、脳血流計測をもとに記録する、機能的核磁気共鳴画像法(fMRI)、ポジトロン断層法(PET)、近赤外光脳機能計測装置(NIRS、光トポグラフィ)を用いた研究や、神経細胞の電気的活動を記録する脳波(EEG)、脳磁図(MEG)を用いたアプローチによる、人間の顔認識過程の解明へ向けた研究が挙げられる。

1.2 認知神経科学的アプローチによる心理学的モデルの検証

実験心理学的手法を中心として顔の知覚・認知の特性を表す現象に対して、反応率、反応時間等の行動データをもとに積み上げてきた知見が、直接的に顔刺激の呈示に対する反応やその判断に関連した脳部位の活動を把握する事により、心理的な判断のハードウェア的な基盤としての生理学的な裏付けが示されることとなった。サルを対象とした電気生理学的手法を用いて、側頭皮質において顔に特異的に反応する、いわゆる顔ニューロンを発見したとして取り上げられるBruce et al.[7]の研究から約30年が経過し、現在では人間を対象とした様々な非侵襲的方法の発達によって、種々の手法を組み合わせる事により、時間的にも空間的にも高い解像度のレベルで、両側紡錘状回(lateral fusiform gyrus)のFFA(fusiform face area)や、上側頭溝(superior temporal sulcus)の果たしている役割が、多くの研究を通じて特定されつつある(レビューとして、[8]–[10]など)。また、非侵襲的方法ではないが、近年では単独でも高い時空間的解像度での計測が可能な、皮質脳波(electrocorticogram, ECoG)を用いた研究も始まっている[11]。

認知神経科学的な研究成果を示す端的なものとして、Haxby et al.[8]の提案したモデルがある。彼らの研究は、顔認知に関する様々な機能の局在を示す事により、Bruce and Young[12]において示された実験心理学的知見に基づいたモデルに対して、神経科学的な裏付けを示唆した例として取りあげられており[13]、

以下に簡単に紹介する。

Bruce and Young[12]のモデル(図1)は、人物同定過程において視覚的な入力から名前の生成までを中心として扱ったモデルである。ここでは、最初に観察者中心の記述として形態的な分析がなされ、そこから、表情、発話等に関する情報の処理への経路と、表情とは独立の情報を処理する構造的符号化(図1右上の枠内)の後に人物同定へと至る経路に分けられている。このモデルでは、人物同定過程と、表情、発話等の情報処理を独立した経路として扱っている。これに相当する神経科学的過程が、Haxby et al.[8]のモデル(図2)では、下後頭回(inferior occipital gyrus)における顔の形態的な特徴の初期的処理の後に、両側紡錘状回における個人同定に必要な不変的な側面の顔の情報処理経路と、上側頭溝における視線、表情、唇の動き等の

図1 Bruce and Young[12]のモデル

図2 Haxby et al.[8]のモデル

可変的な側面の情報処理経路の存在として示されている。なお、このモデルでは、ここまでの視覚的分析のコアシステムとして定義し(図2, 左点線内), その後の拡張システムを他の神経システムと提携する過程として定義している(図2, 右点線内)。それらは, 1. 両側紡錘状回からの, 前部側頭葉(anterior temporal)における個人情報や名前に関する情報処理, 2. 上側頭溝からの, 頭頂溝(intraparietal sulcus)における空間的注意, および聴覚皮質(auditory cortex)における語彙前の音声情報処理, および扁桃体, 島, 辺縁系(amygdala, insula, limbic system)における情動の処理, を想定している。

以上の例が示す様に, 顔認知のメカニズムの解明において, 近年発展しつつある認知神経科学的なアプローチが心理学的研究に与えている影響は大きい。一方, 認知神経科学の問題意識は, 心理学的な研究に基礎を置いており, 両者は相補的な関係で発展していると言えよう。これらの関係性については, 心理学・行動科学における事象関連電位(ERP)を用いた研究の意義を論じた入戸野[14]らの説明が端的に示している。彼らは, 「脳科学は基本的に個体の内側へ向かう学問であり, 脳の中で起こっている出来事をマクロ(領野)からミクロ(神経や遺伝子)へと掘り下げて行く。これに対して, 心理学・行動科学は個体とそれ以外のもの(環境・他者・道具)との関係性を扱う学問である。」とアプローチの違いを解説した上で, 両者の融合的研究の必要性を主張している。

1.3 工学的な顔画像合成技術に応用した顔の実験心理学的研究

融合的研究という点では, 先に工学的な顔画像認識技術の発展や実用化について紹介したが, 同じく顔画像処理技術のもう1つの側面である顔画像合成の技術が心理学・行動科学, とりわけ実験心理学に与えた影響は大きい。特に, 刺激を定量的に操作し, それに対する反応から閾値を計測することによって知覚特性を検討する(顔の)心理物理学的研究に与えた。顔画像合成技術が心理学実験に応用される以前は, 刺激としての顔の複雑さ故に, 例えば錯視図形における線分の長さの様に, 独立変数である物理的な刺激量を一次的に操作をする, あるいは厳密に操作するということは困難であった。それゆえ, 顔の知覚特性に関して心理物理学的に検討しようという場合には, 極めて単純化された線画刺激を用いるしかなかった。これまでは, このような工夫により顔知覚の基本的な特性が明らかとされてきた[15]。ただし, このような刺激では現実の刺激と比べて情報量が著しく低下しているという問

題は避けられない。これについて, 1990年代半ばに山田[16], [17]では顔刺激制御の容易性と顔刺激が持つ情報の忠実性との間の二律背反関係として, 顔研究に携わる心理学者を悩ませてきた問題として指摘している。その上で, 原島[18]が知的画像符号化方式として提案した技術が, その二律背反問題を解決する手法として, 心理学的研究にパラダイムシフトをもたらす事を予見した。

原島[18]によって提案された技術は, 人物頭部の3次元ワイヤーフレームモデルにテクスチャマッピングを施す画像処理技術である。この技術は, その後の開発を経て, 1995年から3年間で行われた情報処理振興協会における, 顔画像の処理に関する共通的なソフトウェアツールの作成を目的として行われた「感性擬人化エージェントのための顔情報処理システムの開発」(アドバンスドエージェントプロジェクト)において発展を遂げた[19]。ここでは, 工学のみならず, 心理学や医学などの他分野へ向けての応用を視野に入れた共通のツールとして開発がなされた。ここで作成されたソフトウェアは当時一般的に普及していたWindows95のOS上で動作するツールとして1999年に公開されて以来, 現在も無償で利用する事ができる[20]。

これらの心理実験における刺激操作のために導入されたツールとして, 特に大きな影響を与えたのが, モーフィングと, 平均顔の技術である。これらの基本となる技術は以下の通りである。任意の顔を操作する場合, まず, それにワイヤーフレームモデルと呼ばれる顔モデルをあてはめる。このモデルは, 特徴点の座標を指定することにより定量的に操作可能である。平均顔を作成する場合には, 複数の基底となる顔画像から, 重み付けをした線形和を取る事により, 顔の特徴情報を1つの顔画像に新たに合成する。モーフィングを利用する事により, 2つの顔画像の間で, 定量的に段階的に変化させた顔が出来る。さらには2つの表情の間で一方を基準として, より特徴を強調した強調顔や, 特徴を減少させた反対顔も作成できるようになった。これにより, 情報の忠実性を保ったまま, 顔画像刺激の定量的な操作が可能になった(図3)。

平均顔については, 原島[22]においてプロレスラー, 銀行員, 政治家等の職業別の平均顔や, ミスコンテスト入賞者の平均顔を作成した研究がある。平均顔に基づき, それぞれの職業の特徴を分析した研究は, 評価実験を行ったものではないが, 平均顔が個々の特徴を代表した顔としての印象を与えるものとして, 顔合成技術の紹介としてインパクトがあり, 多くのメディアに取りあげられた。心理学的な研究としては, 魅力に関する研究を中心として, 平均的な特徴を

図3 モーフィングにより作成した、中間表情および、反対表情(Shibui et al.[21])
喜び(100%)と無表情(0%)を元として、中間表情及び反対表情を作成した例として示す。

図4 典型表情として作成した平均顔(渋井他[25])
表情刺激スライドセットJACFEE[26]から基本6表情に対してコーカソイドの男女各1名、モンゴロイドの男女各1名、計4名を平均した画像を示す。

持つ平均顔が魅力的であると評定されることが示され[23]，[24]，魅力に関する研究の1つのテーマとなった。また，独立変数の操作に際し，複数の人物に関して同一特性を持つ顔の集合体としての平均顔を作成して用いる事により，代表的な顔を作成するためのツールとしても用いられている。例として，渋井他[25]では表情のカテゴリー化における典型性の効果を見るために，人種，性別にまたがって平均顔を作成する事により，基本感情カテゴリーを表す典型表情を作成している(図4)。

以上の様なモーフィング等の顔合成技術を用いて，1990年代後半から多くの実験心理学的なアプローチによる顔認知過程に関する研究がなされた。次節では，その中でも筆者らが専門に行ってきた，表情の識別過程の研究に関して紹介する。

2. 表情認知過程に関する実験心理学的研究

2.1 表情処理モデルにおける次元説とカテゴリー説

表情認知過程についてのモデルとして，次元説とカテゴリー説という大別して2つの立場がある。次元説は，各表情が次元空間上で連続して存在すると見なし，表情間の類似性や相反関係といった関係性によって構成される表情および情動処理の空間の存在を重視する立場である。一方カテゴリー説は，表情間の関係性を仮定せず，各表情カテゴリーは離散的に存在するとみなし，各表情それぞれにおいて独立な処理がなされるとする立場である。

これらのモデルについては，多くのレビューに取りあげられており([27]–[29]など)，ここでは両者の立場を示す代表的な研究を挙げる。次元説についてはSchlosberg[30]，[31]の「快–不快」，「注意–拒否」の2次元モデル，さらに「睡眠–緊張」を加えた3次元モデルによって示された表情認知の次元の存在を示した研究に代表される。その後の統計的手法の発展により，多くの表情刺激をSD法によって評定を求めた結果を因子分析するアプローチや，個々の刺激の類似性評定を求めた結果を，類似性の距離行列を算出して多次元尺度構成法により，空間上に配置するアプローチ等により，Schlosbergの確認した次元の存在が繰り返し確認されてきた。その中でもRussellの情動及び表情処理の空間を示した円環モデル(Circumplex Model)は，代表的な研究とされている[32]，[33]。一方，カテゴリー説を支持する研究としては，Ekman[34]の比較文化的研究による表情カテゴリーの文化を越えた普遍性を示した研究が代表的なものとして取りあげられる。

以上に示した2つのモデルは，概念的な対立を基礎に置くもので，それぞれの主張を示すデータを元に対立が議論されてはいたものの，両者は直接実験的に比較可能なモデルではなかった。しかし，先に示したような顔画像のモーフィング技術等を刺激操作に応用する事により，実験による同一の枠組みでの比較が可能になった。以下では，まず表情の次元に基づいて表情の認知過程をモデル化した山田[35]のモデルを紹介する。次にカテゴリー説を実験心理学的に裏付けたとされるカテゴリー知覚の研究および，カテゴリー知覚を次元説の立場から捉えて直接比較を試みた筆者らの研究について紹介する。

2.2 山田[35]のモデル

実験心理学的手法を用いて、刺激操作による物理的な顔の変化と、心理学的な反応の関数関係を元に、顔の視覚的入力から、感情カテゴリー判断までの過程をモデル化した最初の研究が、山田[35]のモデル(図5)であり、表情認知に関する代表的なモデルとして取りあげられている([28], [36]など)。

山田[35]のモデルについて簡潔に説明すると、以下の3つの段階を仮定したモデルである。

1. 表情に関する視覚的情報の抽出
2. 表情情報の感情的意味評価
3. 感情的意味評価に基づく表情のカテゴリー分類

第1段階に関して、Yamada[37]ではSEE(Schematic Expressions of Emotion)という8つの眉、目、口に関する特徴点の9つの動きのパラメータによって実験参加者が調整法により操作可能な線画刺激を用いて作成を求め、その移動量の相関的変異構造を、因子分析および、カテゴリー判断と関連した正準判別分析等の、多変量解析を適用する事により検討した。その結果、視覚的構造変数としての、「傾斜性」(眉や目のつり上がりないし垂れ具合および口のとがり具合に関する変位)および、「湾曲・開示性」(眉の湾曲の程度や目や口の開き具合に関する変位)という2つの変数の存在を示した。

第2段階に関しては、Yamada[37]において、同様の刺激をSD法により評定を求め、因子分析をするアプローチにより、「快-不快」と「活動性」という感情的意味次元の存在を確認した。これは、前節で示した表情の認知次元を示してきた先行研究[30]–[34]の延長上にあるものと言える。そして、因子得点を算出し、それに基づき次元上に基本表情を配置した。その結果と、視覚的構造変数の次元上での表情の布置関係を比較した結果、それらの布置関係はほぼ同型になり(図6)、「傾斜性」と「快-不快」の間、「湾曲・開示性」と「活動性」の間で有意な相関関係が認められた。このような、視覚的情報の次元と感情的意味次元の対応関係は、実画像を用いた実験によっても確認されている[38], [39]。以上の第1段階および第2段階における、視覚的情報次元と感情的意味次元の明確な対応関係を示したYamada[37]の研究が、このモデルの中核をなしている。

第3段階については、感情的意味次元上での情報をもとに、情動カテゴリーへと分類される過程とされる。ここでは、各情動カテゴリーの最も典型的な表情(プロトタイプ)が位置する点が存在し、それらをリファレンスポイントにして、知覚された顔の定位点との距離が計算され、最も近接したリファレンスポイン

図5 山田[35]のモデル

図6 視覚的情報次元と感情的意味次元における、基本表情の布置関係の対応(Yamada[36]を基に作成)

トのカテゴリーメンバーとして分類されるとしている。このモデルの信頼性については、線画刺激[40]や、実画像の合成刺激を用いて[25]実験参加者に対してカテゴリー判断課題を実施し、それによって測定された反応率および反応時間が、プロトタイプからの次元空間上の距離的な近接性から説明されることが、裏付けになっている。

上記に示した第2段階および第3段階については、図5の右上に示されるような、文脈情報も影響する総合的なプロセスとされている。ここでの文脈情報とは、第1段階によって抽出された表情に関する視覚的な情報以外の、他者が発する声の調子や会話の内容などの音声情報、他者のパーソナリティーや行動様式に関する事前知識、観察者自身の内面的感情状態等の、幅広い情報であるとしている。それを裏付けるデータとして、感情的意味次元が表情刺激の感情的意味評価に限定された空間ではなく、より一般的な感情的意味評価に関わる包括的な空間であることを挙げている。それは、基本情動カテゴリーの概念語をSD法により評定を求めた結果を因子分析した結果と、第2段階にて示された表情の次元との因子構造を比較した結果、

非常に高い相関での因子構造が見られたことおよび、空間上での情動概念語と基本表情刺激の布置関係にも非常に高い相関が見られたことから示されている。

以上に示した山田のモデルは、第3段階において基本表情のプロトタイプの存在や、カテゴリー分類を説明している点で、次元説とカテゴリー説を統合したモデルとも解釈できる。しかし、視覚的情報次元と感情的意味次元の存在との間での高い相関関係および、カテゴリー化において次元空間上での距離的な近接性からの説明を行っている点で、次元説に基礎を置くモデルと言える。

2.3 顔表情のカテゴリー知覚

前節では、次元説を支持するモデルとして、Yamada [35]を紹介した。ここでは、カテゴリー説を支持する知覚現象として、顔表情のカテゴリー知覚(Categorical Perception)について説明する。1.3節に示したように、モーフィングを用いて連続的に顔刺激が操作できるようになったため、それまでの実験心理学において用いられてきた実験パラダイムが、顔の知覚過程の研究に応用されるようになったが、その中でもカテゴリー知覚は、代表的な例である。

カテゴリー知覚とは、連続した物理的的刺激に対して、カテゴリーが影響を及ぼす事により、不連続な知覚が生じる事を示す知覚現象である。具体的には下記のと2つの現象によって説明がなされる。

1. 2つのカテゴリーの間で物理的に等間隔に変化させた刺激であっても、実験参加者のカテゴリー判断の分布はカテゴリーの境界で急激に変化する。
2. 対刺激の識別課題を行わせた場合には物理的に等間隔な刺激対であっても、カテゴリー間のほうがカテゴリー内での識別成績に対して高い。

カテゴリー知覚は、音声や色の識別の研究において確認されてきた。例えば、音声では/ba/-/pa/-/da/の3つの音素のフォルマントを段階的に変化した場合[41]や、色では緑色と黄色の識別において物理的に等間隔に波長を変化させた場合[42]について、同一カテゴリー内より、カテゴリー間の方が識別成績が向上することが示されている。カテゴリー知覚についてはその後も多くの研究がなされている(レビューとして、[43]など)。

カテゴリー知覚の実験パラダイムを表情に応用したのがEtcoff and Magee[44]である。Etcoffらはいくつかの基本表情カテゴリー間で物理的に等間隔に変化させた線画の刺激を用意し、参加者にそれらのカテゴリー判断および識別判断を求める実験を行った。その

図7 表情のカテゴリー知覚のデータ(渋井他[48])
悲しみ-喜び間での合成表情刺激に対する、カテゴリー判断課題(上図)および、識別課題(下図)のデータを示す。カテゴリー判断課題では、中間の表情である刺激番号5番周辺で急激に判断率が変化している。識別課題では、カテゴリー境界に位置する刺激番号5番を挟む刺激対の識別、特に3-6の識別成績が高くなっている。

結果から、基本表情カテゴリーにおいても、音声や色のようにカテゴリー知覚が成立していると結論づけた。Etcoffらの実験以降、刺激を現実の顔画像間でモーフィングを用いて等間隔に変えた実験を主として用いて、刺激や課題、被験者等を変化させた実験が行われ、いずれにおいても、おおむね表情のカテゴリー知覚の存在を支持する結果が確認されてきた[45]–[47]。例として、図7に筆者らが行った、モーフィングによって作成した中間表情刺激を用いて示した、カテゴリー知覚を示す実験データの例を示す。

2.4 カテゴリー知覚と次元モデルの関係

以上のようなカテゴリー知覚であるが、カテゴリー知覚のデータでは、図7の下図にも見られるが、カテゴリー内での識別成績の違いを説明できないことや、驚きの基本表情と一部の表情間では安定した結果が見られない事[44]から、必ずしも基本表情に対して成立する訳ではない、等の問題があった。以上を踏まえ、渋井[48]では、2つの対立していたアプローチを統合し、カテゴリー知覚における識別課題のデータが、

SD法によって構成された感情的意味空間上での距離と、どのような関係を持っているかについて検討した(図8)。その結果、カテゴリ知覚の実験のみでは明確でなかったカテゴリ内での識別成績の差が、感情的意味空間上での距離との関係を検討することにより説明され、感情的意味空間上でのカテゴリ内とカテゴリ間での識別傾向の違いが見られた。

以上のデータは、次元空間上の情報の重要性を示しつつ、カテゴリの影響を否定するものではない点で、表情識別において、2つの情報が影響する事を示している。山田のモデルでは、視覚的な情報が抽出され、感情的意味空間へと変換された後の処理段階に、カテゴリ化がなされるとしている。同様に、次元説を支持するとされているRussell[49]の研究では、表情の次元的な処理は、色や音の心理次元同様の初期知覚レベルであるのに対して、カテゴリ判断は、それに続いて注意等を伴って生じる、より高次の認知的段階であると、段階的な位置づけをしている。

そのような階層的なモデルを支持する根拠として、カテゴリ知覚が高次の認知的過程に関与する現象である事を示唆するデータがある。鈴木他[50]の研究では、表情のカテゴリ知覚が、顔刺激が50-75ms程度の短時間しか呈示されない場合弱まる、あるいは消失することから、カテゴリ知覚が瞬時に起こる感情的評価とは関連がないことを意味し、表情の持つ初期の情動情報がカテゴリ的ではないことを示唆している。また、カテゴリ知覚は、基本表情に限らず、人種間[51]、性別間[52]、個人間[53]などの多くの顔のカテゴリについて見られること、物体認識において親近性の高い場合[54]や、新規な無意味刺激に対し

ても学習のみで成立すること[55]、言語的な干渉によってカテゴリ知覚が阻害されること[56]なども示されている。

このように、カテゴリ知覚は、言語的な符号化の過程や、学習の効果が影響する高次の認知的過程の関与が示唆されている。以上を考慮すると、基本表情に関してカテゴリ知覚が成立する事は、必ずしもカテゴリの普遍性および、離散的な処理の存在を保証するものではない可能性があり、現状では、山田[35]のモデルのように、次元上での処理を前提としつつ、その上でのカテゴリ化を考慮する段階的なモデルが説明力を持っていると言える。

3. まとめと展望

本稿では、顔の情報処理に関する研究の現状を概観し、その中でも顔の知覚・認知過程の研究に関連し、表情認識過程に関する実験心理学的研究における代表的なモデルを紹介した。ここで、筆者らが考える、今後の顔表情の知覚・認知研究を中心に、注目されて行くと思われるいくつかのトピックを取りあげる。

近年の研究で顔の形状的な視覚情報処理に関する基礎的な過程については、細かなプロセスについては未だ不明確な点がありながらも、大枠については解明が進みつつあると言える。今後は、それらの基礎的な情報処理に関する知見をベースとして、より現実的な場面において、情報処理過程がどのように影響を受けるかを探って行くことが考えられる。これは、表情認知であれば山田[35]のモデルの文脈情報に相当する情報の与える影響を解明して行くことと言える。

例として、視覚的情報以外の他の情報とのクロスモーダルな関係が挙げられる。これについては、視聴覚情報の相互作用として古くはMcGurk効果[57]が代表例としてあげられるが、最近の研究として、Tanaka et al.[58]が、顔と声の感情の認知において行った比較文化的研究が興味深い。彼らは、顔と声の感情が一致しない条件の刺激を作成し、日本人とオランダ人の間で、どちらの情報を優先的に用いるかを検討し、日本人は声の情報を重視することを示した結果から、知覚レベルでの現象として、感情を読み取る際に文化差が影響を与えることを示している。

また、これまでは表情の表出と認知のメカニズムが、個別に検討されていたが、具体的なコミュニケーション場面においては、表出と認知が同時にかつ瞬時に継続的に行われる複雑な過程である。Dimberg[59]が行った表情筋の測定による、表情の同調的表出に関する研究は、この問題について扱った代表的なものと言える。近年では、市川、牧野[60]では、表情刺激を

図8 感情的意味空間上での距離と、識別成績との関係(渋井他[48])

カテゴリ間を含む刺激対(左図)および、カテゴリ内での刺激対(右図)における、刺激間の距離と識別課題の正答率を示す。カテゴリ間では、意味的な距離と関係なく高い識別成績を示すのに対し、カテゴリ内では、意味的な距離が遠いほど、対数関数的に識別成績は上昇している。

見る側の表情が、その表情刺激と同じ作ように変化するかどうかを録画して分析する事により検討しており、その結果、基本表情のうち、「喜び」および「驚き」について同調的行動が生じる事を示している。この知見は、生理学的な基盤として近年報告されている、自らが行為をしたときにも、他者の行為を観察したときにも反応する共感性を司るといわれている、ミラーニューロンの存在とも関連している可能性もあり、今後の解明が望まれる。

また、現実的なコミュニケーション場面においては、どのような場において表情を表出するかといった、環境の及ぼす影響を探る社会心理学的な研究も興味深い。この例として、高木[61]は、採用面接場面という、雇用に関連して今日的な課題としても注目される場について検討を行っている。彼女の研究では、面接者の表情が、志願者の採否の判断の印象および、評価に関する予測に与える影響と、そこにおける志願者の対人不安傾向が及ぼす影響について検討している。同様に、他者から判断される場面での、表情から手がかりを読み取る過程の研究として、筆者らは、複数の顔が対峙する特殊な場として、大学評価の訪問調査時の顔表情の役割について論じている[62]。面接等では、本心を隠したコミュニケーションがなされることが多く、その点で自動的な表出という側面を持つ表情は、それらの過程を説明する重要な鍵となっている可能性がある。

ここまで、顔表情の認識過程についての話題を挙げたが、心理学的な知見を応用して、人間の顔認知能力の鋭敏さを利用した、コミュニケーション支援システム等の研究も期待される。例として、Chernoff[63]によって提案された顔グラフの研究は、多変量データを目の位置、眉の傾きなどの顔の部分特徴に割り当てて、同時に表示する方法として知られている。これについて筆者らは既存の表示法を改良し、Yamada[36]の視覚的情報次元と感情的意味次元の対応関係を元に、表情によって表現することにより、直感的に把握しやすい顔グラフ表示法を提案している[64]。

以上、表情の知覚・認知的研究を中心に論じてきたが、はじめに概観した様に顔研究の関連分野は幅広い。それゆえ、「文と理の知を取り入れた領域横断型の学会」を目指し、学際的領域の広さを特徴としている日本知能情報ファジィ学会が、今後の顔研究の発展において期待される役割は大きい。本稿が、今後の顔研究の参考になると幸いである。

参考文献

- [1] 日本顔学会, <http://www.jface.jp/>
- [2] 用語番号01.01.05.「情報処理」, JISX0001 情報処理用語-基本用語, 1970年制定, 1994年改正, (財)日本規格協会.
- [3] Turk, M. and Pentland, A.: "Eigenfaces for recognition." *Journal of Cognitive Neuroscience*, Vol.3 No.1, pp71-86, 1991.
- [4] 赤松茂: "コンピュータによる顔の認識: サーベイ" 電子情報通信学会論文誌, D-II, Vol.80, No.8, pp2031-2046, 1997.
- [5] Zhao, W., Chellappa, R., Rosenfeld, A. and Phillips, J.: "Face recognition: A literature survey." *ACM Computing Surveys*, Vol.35, pp399-458, 2003.
- [6] Thirty-third European Conference on Visual Perception, Lausanne, Switzerland 22-26 August 2010, Abstracts, Perception, Vol.39, supplement, pp1-203, 2010.
- [7] Bruce, C., Desimone, R., and Gross, C.G.: "Visual properties of neurons in a polysensory area in superior temporal sulcus of the macaque." *Journal of neurophysiology*, Vol.46, No.2 pp369-384, 1981.
- [8] Haxby, J.V., Hoffman, E.A. and Gobbini, M.I.: "The distributed human neural system for face perception." *Trends in Cognitive Sciences*, Vol.4, No.6, pp223-233, 2000.
- [9] Tanaka, E., Inui, K., Kida, T., and Kakigi, R.: "Common cortical responses evoked by appearance, disappearance and change of the human face." *BMC Neuroscience*, Vol.10, 38, 2009.
- [10] 柿木隆介, 三木研作, 本田結城子, 田中絵美: "脳波と脳磁図を用いた顔認知の研究" 日本顔学会誌, Vol.10, No.1, pp5-11, 2010.
- [11] Tsuchiya, N., Kawasaki, H., Oya, H., Howard, M. A., and Adolphs, R.: "Decoding face information in time, frequency and space from direct intracranial recordings of the human brain." *PLoS ONE*, Vol.3, No.12, e3892, 2008.
- [12] Bruce, V. and Young, A.: "Understanding Face Recognition." *The British Journal of Psychology*, Vol.77, No.3, pp305-327, 1986.
- [13] 野村理朗: "第5章, 顔と認知神経科学", 竹原卓真, 野村理朗(編著)「顔」研究の最前線, 北大路書房, pp86-104, 2004.
- [14] 入野野宏: "事象関連電位(ERP)と認知活動: 工学心理学での利用を例に" 行動科学, Vol.42, No.1, pp25-35, 2003.
- [15] Matsuzaki, N. and Sato, T.: "The perception of facial expressions from two-frame apparent motion." *Perception*, Vol.37, No.10, pp1560-1568, 2008.
- [16] 山田寛: "顔面表情認識の心理学モデル" 計測と制御, Vol.33, No.12, pp1063-1069, 1994.
- [17] 山田寛: "画像工学と顔面表情認知の心理学的研究" 画像ラボ, Vol.7, No.2, pp42-44, 1996.
- [18] 原島博: "知的画像符号化と知的通信" テレビジョン学会誌, Vol.42, No.6, pp519-525, 1988.
- [19] 森島繁生, 八木康史: "顔の認識・合成のための標準ツール" システム制御情報学会誌, Vol.44, No.3, pp121-127, 2000.

- [20] 感性擬人化エージェントのための顔情報処理システムの開発, <http://nae-lab.org/project/face/IPA/>
- [21] Shibui, S., Izawa, K., Hraschina, H., and Shigemasa, K. : "Adaptation to the facial expressions of emotion in the realistic face." *Perception*, Vol.32, Supplement, pp173, 2003.
- [22] 原島博 : "第 11 章, コンピュータで描く未来顔", 馬場悠男, 金澤英作 (編) "顔を科学する! 多角度から迫る顔の神秘", ニュートンプレス, pp199-213, 1999.
- [23] Langlois, J. H., and Roggman, L. A. : "Attractive faces are only average." *Psychological Science*, Vol.1, No.2, pp115-121, 1990.
- [24] Perrett, D. I., May, K. A., and Yoshikawa, S. : "Facial shape and judgments of female attractiveness." *Nature*, Vol.368, No.6468, pp239-242, 1994.
- [25] 渋谷進, 山田寛, 巖島行雄, 佐藤隆夫 : "表情のカテゴリ化モデルの検討"電子情報通信学会技術研究報告, HCS, Vol.97, No.506, pp1-8, 1998.
- [26] Matsumoto, D. and Ekman, P. : "Japanese and Caucasian Facial Expressions of Emotion (JACFEE) and Neutral Faces (JACNeuF)." [Slides]. San Francisco, CA : Department of Psychology, San Francisco State University, 1988.
- [27] 神酒勤 : "感情-知的マン・マシン・インターフェース実現の鍵-" 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol.22, No.1, pp3-9, 2010.
- [28] 小川時洋 : "曖昧表情研究とその生態学的妥当性" 心理学評論, Vol.43, No.2, pp295-306, 2000.
- [29] 山田寛 : "第 4 章, 表情によるコミュニケーション", 乾敏郎, 安西祐一郎 (編) "認知科学の新展開 2 コミュニケーションと思考", 岩波書店, pp115-138, 2001.
- [30] Schlosberg, H. : "A scale for the judgment of facial expressions." *Journal of Experimental Psychology*, Vol.29, pp229-237, 1941.
- [31] Schlosberg, H. : "Three dimensions of emotion." *Psychological Review*, Vol.61, pp81-88, 1954.
- [32] Russell, J. A. : "A circumplex model of affect." *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol.39, No.6, pp1161-1178, 1980.
- [33] Russell, J. A. and Bullock, M. : "Multidimensional scaling of emotional facial expressions : Similarity from preschoolers to adults." *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol.48, No.5, pp1290-1298, 1985.
- [34] Ekman, P. : "An argument for basic emotions." *Cognition and Emotion*, Vol.6, No.3, pp169-200, 1992.
- [35] 山田寛 : "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, Vol.22, No.2, pp159-164, 2000.
- [36] 竹原卓真 : "第 4 章, 顔の表情と認知", 竹原卓真, 野村理朗 (編著) "「顔」研究の最前線", 北大路書房, pp61-80, 2004.
- [37] Yamada, H. : "Visual information for categorizing facial expression of emotions." *Applied Cognitive Psychology*, Vol.7, No.3, pp257-270, 1993.
- [38] Yamada, H., Matsuda, T., Watari, C., and Suenaga, T. : "Dimensions of visual information for categorizing facial expressions of emotion." *Japanese Psychological Research*, Vol.35, No.4, pp172-181, 1993.
- [39] 渡邊伸行, 鈴木竜太, 山田寛 : "表情認知に関わる顔の視覚的構造変数の再検討" 認知心理学研究, Vol.3, No.2, pp167-179, 2006.
- [40] Yamada, H. and Shibui, S. : "The relationship between visual information and affective meanings from facial expressions of emotion." *Perception*, Vol.27, Supplement, pp133, 1998.
- [41] Liberman, A.M., Harris, K.S., Hofman, H.S., and Griffith, B.C. : "The discrimination of speech sounds within and across phoneme boundaries." *Journal of Experimental Psychology*, Vol.54, pp358-368, 1957.
- [42] Bornstein, M.H. and Korda, N.O. : "Discrimination and matching within and between hues measured by reaction times : Some implications for categorical perception and levels of information processing." *Psychological Research*, Vol.46, No.3, 207-222, 1984.
- [43] Harnad, S. : "Categorical perception." Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
- [44] Etcoff, N.L. and Magee, J.J. : "Categorical perception of facial expressions." *Cognition*, Vol.44, No.3, pp227-240, 1992.
- [45] de Gelder, B., Teunisse, J.P., and Benson, P.J. : "Categorical perception of facial expressions" : Categories and their internal structure. *Cognition and Emotion*, Vol.11, No.1, pp1-23, 1997.
- [46] Calder, A.J., Rowland, D., Young, A.W., Nimmo-Smith, I., Keane, J., and Perrett, D.I. : "Caricaturing facial expressions." *Cognition*, Vol.76, No.2, pp105-146, 2000.
- [47] Young, A.W., Rowland, D., Calder, A.J., Etcoff, N.L., Seth, A., and Perrett, D.I. : "Facial expression megamix : tests of dimensional and category accounts of emotion recognition." *Cognition*, Vol.63, No.3, pp271-313, 1997.
- [48] 渋谷進, 山田寛, 佐藤隆夫, 繁樺算男 : "表情のカテゴリ化知覚と意味的距離の関係" 心理学研究, Vol.72, No.3, pp219-226, 2001.
- [49] Russell, J.A. : "Reading emotions from and into faces : resurrecting a dimensional-contextual perspective," in *The psychology of facial expression*, Russell, J.A. and Fernandez-Dols J.M. (Eds.), pp295-320, Cambridge : Cambridge University Press, 1997.
- [50] 鈴木敦命, 渋谷進, 繁樺算男 : "Categorical perception is not a hallmark of fast initial processing of facial expressions of emotions." 感情心理学研究, Vol.14, No.1, pp3-14, 2007.
- [51] Levin, D.T. and Angelone, B.L. : "Categorical Perception of race." *Perception*, Vol.31, No.5, pp567-578, 2002.
- [52] Campanella, S., Chrysoschoos, A., and Bruyer, R. : "Categorical perception of facial gender information : Behavioral evidence and the face-space metaphor." *Visual Cognition*, Vol.8, No.2, pp237-262, 2001.
- [53] Beale, J.M. and Keil, F.C. : "Categorical effects in the perception of faces." *Cognition*, Vol.57, pp217-239, 1995.
- [54] Newell, F.N. and Bulthoff, H.H. : "Categorical Perception of familiar objects." *Cognition*, Vol.85, No.2, pp113-143, 2002.
- [55] Andrews, J., Livingston, K., and Harnad, S. : "Categorical perception effects induced by category

- learning.” Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, Vol.24, No.3, pp732-753, 1998.
- [56] Roberson, D. and Davidoff, J.: “The categorical perception of colours and facial expressions: The effect of verbal interference.” Memory and Cognition, Vol.28, No.6, pp977-986, 2000.
- [57] McGurk, H. and MacDonald, J.: “Hearing lips and seeing voices.” Nature, Vol.264, No.5588, pp746-748, 1976.
- [58] Tanaka, A., Koizumi, A., Imai, H., Hiramatsu, S., Hiramoto, E., and de Gelder, B.: “I feel your voice. Cultural differences in the multisensory perception of emotion.” Psychological Science, Vol.21, No.9, pp1259-1262, 2010.
- [59] Dimberg, U.: “Facial reactions to facial expressions.” Psychophysiology, Vol.19, No.9, pp643-647, 1982.
- [60] 市川寛子, 牧野順四郎: “刺激表情に対する観察者の同調的表情” 心理学研究, Vol.75, No.2, pp142-147, 2004.
- [61] 高木幸子: “採用面接場面における顔表情と対人不安の関係性” 日本顔学会誌, Vol.9, No.1, pp43-52, 2009.
- [62] 渋谷進, 井田正明: “コミュニケーション研究の大学評価への応用” 電子情報通信学会技術研究報告, HCS, Vol.109, No.457, pp15-16, 2010.
- [63] Chernoff, H.: “The use of faces to represent points in k-dimensional space graphically” Journal of the American Statistical Association, Vol.68, No.342, pp361-368, 1973.
- [64] 渋谷進, 野澤孝之, 芳鐘冬樹, 井田正明: “表情の印象を反映する顔グラフの表示法の検討—シラバスの多変量情報を例に—” 日本顔学会誌, Vol.8, No.1, pp109-120, 2008.

(2011年2月26日 受付)

[問い合わせ先]

〒187-8587 東京都小平市学園西町1-29-1

大学評価・学位授与機構 評価研究部

渋谷 進

TEL: 042-307-1814

FAX: 042-307-1863

E-mail: shibui@niad.ac.jp

著者紹介

しげい すむい
渋谷 進 [正会員]

2002年東京大学大学院総合文化研究科博士課程単位修得退学, 2004年博士(学術)(東京大学), 日本学術振興会特別研究員PD(東京大学)を経て, 2005年大学評価・学位授与機構評価研究部助手, 2007年鹿児島大学評価室准教授, 2009年大学評価・学位授与機構評価研究部准教授, 現在に至る。顔面表情認識過程の認知心理学的研究, 大学評価システムの検証と開発に従事。日本知能情報ファジィ学会, 電子情報通信学会, 日本顔学会, 日本心理学会, 日本視覚学会, 各会員。

まつぎ なおゆき
松崎 直幸 [非会員]

2001年東京大学大学院人文社会系研究科博士課程単位修得退学, 2011年博士(心理学)(東京大学), 日本学術振興会特別研究員PD(東京大学)を経て, 2004年東京大学大学院新領域創成科学研究科客員研究員, 2006年豊橋技術科学大学未来ビークルリサーチセンター研究員, 2010年 Wayne State University School of Medicine 研究員, 現在に至る。運動視, 立体視などの基本的メカニズムを基礎とした顔と情動の認知についての研究に従事。日本心理学会, 日本基礎心理学会, 各会員。

やまだ ひろし
山田 寛 [非会員]

1986年日本大学大学院文学研究科博士後期課程単位修得退学, 1997年博士(心理学)(日本大学), 1986年日本大学文理学部助手, 1988年川村短期大学専任講師, 1992年同短期大学助教授, 1997年日本大学文理学部助教授を経て, 2003年日本大学文理学部教授, 現在に至る。認知と情動にかかわる心理学の中でも顔面表情とその認知の研究に従事。電子情報通信学会ヒューマンコミュニケーショングループ次期委員長, 日本顔学会理事, 日本心理学会, 日本基礎心理学会, 各会員。