

## 顔と認知神経科学

野村理朗

## 第1節. はじめに

あらゆる外界の情報がそうであるように、顔もまた脳において認知される。言い換えれば、顔は、網膜を経由して脳に入力される感覚刺激の1つに過ぎない。それにかかわらず、顔を対象とした認知研究の数は、ほかの多くの視覚的刺激についてのそれを圧倒し、またその認知の特異性を示す知見も報告されている。顔は、コミュニケーションにおける、感情や意図などを内包した非言語的情報のソースであり、また自らを証明するいわば名刺として重要であるからかもしれない。高度で複雑な心理過程の基礎をなす脳を知ることは、この顔認知の実体について知ることにほかならない。顔から得られる様々な情報を認知する際、脳のどの領野がどのように協調して、情報を分析・統合しているのだろうか。こうした問いに答えるのが「認知神経科学（cognitive neuroscience）」である。

認知神経科学は、中枢神経系の構造と機能との解明することをめざす、心理学、神経科学、哲学、精神医学などから構成される学際的領域である。近年は、神経脳画像

（neuro-imaging）技術の飛躍的な向上、そして情報処理パラダイムに基づく方法論の援用により、認知心理学はもとより、発達心理学、社会心理学、臨床心理学などの各領域に対して多くの知見が提供されつつある。すなわち、従来の心理学的なモデルや理論の神経基盤の検討のみならず、その妥当性の検証・拡張のための手がかりについて、脳という実体にもとづく、新たな視点からの議論が可能となってきたのである。

脳活動の画像化の方法は、おもに機能的核磁気共鳴装置（fMRI: functional magnetic resonance imaging）や陽電子断層撮像法（PET: positron emission tomography）、脳磁図（MEG: Magnetoencephalograph）の計測といった3つの手法、ならびに近年利用が増加しつつある近赤外分光光度計（NIRS）などに大別される。こうした装置には異なる特徴があるため研究目的に応じて使い分けるものであり、また、利用できる装置に応じた実験計画を立てることになる（各装置の特色については、宮内（1997）を参照）。

本章では、はじめに、顔認知の心理学的モデルとして提唱されたBruce & Young（1986）のモデルをとりあげ、それと対応させつつ顔認知にかかわる神経基盤について押さえておくべ

き基礎知見と最新の研究動向を概説する。続いて、今後の方向性を示す研究として、日常場面でみられる曖昧で複雑な表情をはじめ、顔を通じた自己認知（self recognition）についての最新の研究知見を紹介する。これにあわせて、とくに本章の前半部では、後頭領野、側頭領野におけるおもな領域とその機能を紹介し、後半部では前頭領野の主要な領域とその機能について概観したい。

## 第2節. 顔の認知過程に関与する脳領域

相手の性別や年齢、そして心的状態を知るのに、顔を観察することが役に立つ。顔から得られる多様な情報の処理過程を示した Bruce & Young（1986）のモデルは、その詳細の妥当性についての議論が続いているものの、今なお、顔認知の基本的なプロセスについての説明力の高いモデルとして広く引用されている（第8章；遠藤（1993）を参照）。

Bruce & Young（1986）のモデルを神経科学的に検証した Haxby ら（2000）のモデルのコアシステム（core system）は、おもに2つの処理システムから構成される。1つは顔の輪郭や目鼻立ちなど、人物の同定に必要な顔の「静的な情報」を捉えるシステムであり、もう1つが、表情、視線、口の動きなどの顔の「動的な情報」を捉えるシステムである。なお、後者は顔の可動的な情報により活性化するものとして、刺激が静止画であっても起動されるシステムであることに留意されたい。

両システムを担う脳領域は、次のようなものである（図5-1，図5-2）。はじめに下後頭回（inferior occipital gyri）などの初期視覚野において、顔の輪郭やエッジが符号化され、その個々の情報が統合されつつ「静的な情報」については両側の紡錘状回（lateral fusiform gyrus）へ、「動的な情報」については上側頭溝（superior temporal sulcus）へと入力され処理される。これらの領域の機能は、Bruce & Young（1986）の顔認識モデルにおける構造的符号化過程の処理に相当し、同機能により顔や表情の形態的な特徴が符号化され、以降の拡張システム（extended system）での処理が可能となるように適切な表象が生成される。

### 1. 静的側面の処理：

#### (1) 紡錘状回

人物を同定する上で必要な顔から得られる「静的な情報」は、側頭葉後方下面に位置する紡錘状回において処理される（Kanwisher, 2000）。この紡錘状回を含む側頭葉後方下面の損傷により、相貌失認（prosopagnosia）と呼ばれる顔の認知に選択的な障害が生じる（Barton et al., 2002）。これは、「相手の顔を見てもその人物が誰であるかを判断できず、声や髪型といった顔以外の文脈情報の利用によりはじめて人物を同定できる」といった症状である。なお、顔や顔模式図に特異的に反応を示す事象関連電位（ERP: event related potential）として知られる潜時170msの陰性成分（N170）（e.g., Bentin et al., 1996; 詳しくは第6章を参照）は、その電源が紡錘状回に位置することが確認されている。こうした「顔電位」や相貌失認についての知見は、「顔の認知に特化したシステムが脳内に存在し、その一部を紡錘状回が担っている」という顔認知の特殊説の論拠となってきた。

そして近年、この紡錘状回の外側部と内側部とで機能が異なることがわかってきた。すなわち、顔に対して選択的に反応するのが外側部であり、家や物といった顔以外のカテゴリーに対して賦活するのが内側部である（Haxby et al., 2000; Tarr & Gauthier., 2000）。興味深いことに、顔を180度反転させて倒立提示すると、外側部の活動はコントロール時からの変化はなく、成立させた家や物と同様にむしろ内側部を賦活させる。これに対して家や物の倒立提示をしても、内側部が賦活するという正立時の活性化パターンとほとんど変わらない（Haxby et al., 1999）。すなわち、紡錘状回の外側部は顔の正立像への感受性が高く、倒立像については、顔以外の視覚刺激と同様に内側部における処理が優位となるのである。このことは、反応時間・正答率を指標として示された、倒立提示による知覚の阻害効果が顔に対して顕著であること（Yin, 1969）や、顔の倒立像は物体と同様の方略により知覚処理されているという脳損傷研究の知見（Farah et al., 1995）と符合する結果として、顔認知の特殊性を支持する傍証とされた。

ところが、こうした研究知見に対して「顔認知は知覚処理における熟達化（expertise）にもなって形成されるプロセスの1つに過ぎない」という可能性が示された。こうした主張は、古くからは、再認記憶における倒立提示効果が、犬の専門家（ブリーダー）では顔と同様に犬に対しても生じるというDiamond & Carey（1986）の研究結果をもとに展開されてきたものである。この点について脳機能の観点から検証したChaoら（1999）は、顔（ヒト条件）と、顔部分のみを消去したラクダ（動物条件）、ならびに家（物体条件）の3条件いずれ

かの刺激を被験者に提示し、それらに対する紡錘状回の活性化領域を fMRI により観察した。すると、物体条件ではほとんど賦活しない外側部が、ヒト条件と動物条件のおのおのにおいて活性化したのである（図 5-3）。すなわち、紡錘状回外側部が内側部の活性化値と比較して有意に上昇するという活性化パターンは、顔に限定されていないようである。さらに、Gauthier ら（2000）による巧みな実験においては、顔、車、あるいは鳥をみせる際の被験者の脳を fMRI 計測し、被験者にとって熟達化した対象（バードウォッチャーにとっての鳥など）を提示する場合において、顔提示時と同様の活性化領域が観察されることが確認されている。こうした事実は、紡錘状回外側部の機能は必ずしも顔に特化したものではなく、熟達化したカテゴリーの知覚処理を担うものとして上記の熟達化説を支持するものである。

以上の研究知見と、乳児において観察される顔や顔模式図への視覚的偏好（Johnson & Morton, 1991）や、生後7ヶ月にして生じる顔の倒立呈示効果（Nelson & Haan, 1998）などの多数の発達の知見を考えると、こうした生得的な要因をベースに学習にともなう顔カテゴリー認知の熟達化が生じる中で、顔認知を促進するシステムが形成されているように考えられる。

興味深いことに、この紡錘状回は顔に感情価が含まれると強い活性化を示す（Geday et al., 2003; Vuilleumier et al., 2001）。これは、神経解剖学的には、紡錘状回と扁桃体との間には相互的な神経連絡が存在し、そうした経路を通じて、扁桃体（amygdala）において処理される感情的情報（後述）が紡錘状回にフィードバックされることで、紡錘状回の活性化が調整されつつ知覚の鋭敏化が生じていること（Davis & Whalen, 2001）と関連しているものと思われる。なお、Bruce & Young（1986）のモデルでは、人物同定と表情処理との独立性が仮定されているが、紡錘状回と扁桃体との関連性は、両過程が相互関係にあるとする主張（Baudouin et al., 2000; Endo et al., 1992）を裏づけるものであるといえる。

近年、紡錘状回は感覚的表象の符号化に関わるのみならず、認知的処理にともなうトップダウン的な影響のもとで、感覚的表象を保持している可能性も示されつつある。例えば、逐次的に呈示される感覚情報の n 番目の情報を回答する視覚的ワーキングメモリー課題（n-back 課題）では、その保持量の増加にともなって活性化が高まり（Druzgal & D'eposito, 2001; 2003）、あるいは実験の直前に記憶した顔について、視覚入力のない状態でイメージ形成させても、上側頭溝、扁桃体とともに両側の紡錘状回が活性化する（Ishai et al., 2002）。ま

た、カテゴリーの弁別が困難な曖昧な表情に対する感情カテゴリー判断をさせると、反応時間は遅延し、その際の前頭領野の活動と協調した紡錘状回の活性化が観察される（野村，2002）。

以上のことから、紡錘状回はボトムアップ的な形態的处理にかかわるのみならず、扁桃体や前頭領野からのトップ・ダウン的な調整というダイナミックな相互関係により、以降の処理に向けて適切な表象を形成していることになる。

## （2）側頭領野先端部

Bruce & Young（1986）のモデルでは、形態的处理を経た情報は、顔認識ユニットに貯蔵された記憶表象と照合された後に、人物の意味情報へのアクセスに続いて、名前の生成に利用されるといった逐次的な情報処理が仮定されている。これと対応させたHaxbyら（2000）のモデルによると、人物の意味情報、名前へのアクセスは側頭領野先端部（anterior temporal）の活動により実現されることになる（図5-1）。

名前へのアクセスは、側頭領野の損傷あるいは除去により阻害されることが報告されており（Harris & Kay, 1995; Semenza & Zettin, 1988）、損傷後に新しく出会った人物の名前の想起が選択的に障害されるケースも存在する（e.g., Lucchelli & De Renzi, 1992）。後者の知見は、顔と名前の対連合学習で形成された表象の親近性（familiarity）に応じた、その想起過程での異なる脳領域の関与を示すものである。実際に、顔を手がかりとして名前を想起する際の健常者の脳活動を fMRI 計測すると、左側の側頭葉先端部は親近性の高低にかかわらず必ず活性化し、それが新規の顔とともに対連合学習されたものである場合において、この左側に加えて、右側の側頭葉先端部ならびに両側の前頭領野の活性化が強くなる（Tsukiura et al., 2002）。側頭領野先端部を中心に形成される親近性に応じた柔軟な処理システムにより、名前へのアクセスが効率化されているのであろう。なお、その親近性は顔にもとづくもの（cue familiarity）なのか、あるいは名前のそれによる（target familiarity）のかは不明であり、今後直接的な比較・検討の必要があるだろう。

## 2. 動的側面の処理

### （1）上側頭溝

生まれて間もない乳児は他者の視線に敏感に反応し（Batki, et al., 2000），また大人の表情を模倣する（Meltzoff & Moore, 1977）．やがてこうした他者との相互作用のなか，自己，他者，ならびに第三者との間で成立する関係が形成される．この三項関係の表象がいわゆる共同注意（joint attention）として，他者の視線のモニタリングなど同一の対象に対する注意が可能とする．このようにして，われわれは顔の表情から他者の考えや心情を読み取るだけでなく，その視線方向から，意図あるいは怒りの対象が誰であるかなど，注意の方向性についての情報を得ることができるようになる（Baron-Cohen, 1995）．こうした注意方向の検出をするのが側頭領野に位置する上側頭溝（図5-1）であり，大まかにいえば，以下のような顔の「動的な情報」の検出時に活動する．①視線方向（Calder et al., 2002; Hooker et al., 2003）②表情（Narumoto et al., 2001）③口の動き（Puce et al., 1998）．

なお，上側頭溝には扁桃体との双方向の繊維連絡が存在し，怒り表情の表出者の視線が知覚者に向くと，視線が外れている場合とくらべて活性値が上昇する（Hooker et al., 2002; Kawashima et al., 1999）など，扁桃体と協調しつつ，自己へ向けられた脅威を効率的に検出しているものと思われる．

上側頭溝は，こうした顔から得られる情報に限らず，目標志向的な動きの検出にかかわることも知られており，予測可能な動き全般を検出する機能をもつと思われる．しかしながら，Hookerら（2003）の実験で示されたように，上側頭溝は矢印のような非生物的な方向の手掛かりよりも視線方向への強い活性化を示すなど，社会認知的な処理にあたって特に活動が高まるようだ（詳細は同章のコラムを参照）．実際に，顔の信頼性（信用できそう／怪しそう）について意識的に判断する場合にも活性化する（Winston et al., 2002）など，刺激の知覚的特徴のみならずその意味の評価にもかかわってくる．なお，興味深いことに，このWinstonら（2002）の実験では，同じ顔に対して無意図的な判断（年齢判断）をもとめた場合，上側頭溝よりもむしろ扁桃体が賦活するという，その処理過程に応じた機能分化が示されている．

## （2）扁桃体

扁桃体は側頭領野深部の左右に位置し，前頭前野腹内側部や視床下部（hypothalamus），中脳水道灰白質（periaqueductal gray）などとの神経連絡のもと，入力・知覚された刺激が自己にとって安全で報酬的なのか，あるいは脅威なのかについてすばやく評価する．その評価

結果にもとづき、運動反応指令を大脳基底核へ出力する一方、自律神経系や内分泌系の機能を修飾する (Aggleton, 2000; LeDoux, 1996)。

表情は、取り巻く環境や特定の対象に関する価値判断、また対人コミュニケーションにおける他者の感情判断のソースとなっている。たとえば恐怖表情は、差し迫った何らかの脅威を示すシグナルであり、迅速な検出・処理が必要とされる刺激である。扁桃体の恐怖表情の処理への関与が、動物実験 (Ledoux, 1996) や、損傷脳研究 (Adolphs et al., 1994; Calder et al., 1996)、神経脳画像研究 (Morris et al., 1998) の結果から指摘されてきた。続いて、悲しみ (Blair et al., 1999)、嫌悪 (Gorno-Tempini et al., 2001) といった、主としてネガティブな表情に対する賦活が報告されてきたが、近年は、ネガティブな表情と比較してその活性値は低いものの、幸福表情にたいする活動も報告されている (Sheline et al., 2001)。また幸福表情に対する扁桃体の感受性が、外向性といったヒトの人格特性を修飾するという (Canli et al., 2002) 次のような報告もある。幸福表情、あるいは恐怖表情にたいする無意図的な判断 (性別判断) 課題中の扁桃体を fMRI 計測した活性値と、外向性といったヒトの人格特性との相関分析を行うと、幸福表情の提示条件においてのみ正相関するのである (図 5-4)。同様にこうした脳と行動との相関研究として、Nomuraら (2004) は、閾下刺激に対する扁桃体の感受性の高い人ほど、表情を言語的にラベリングする際、粗い感情を手掛かりとしたヒューリスティック (heuristic) に依拠することを示している。多くの神経脳画像研究では、質問紙などの主観的指標や行動指標は、被験者のグループ分け、あるいは実験操作の妥当性の目安にとどまっているが、上記したような脳と行動との相関研究は、行動の個人差を生み出す生理的基盤を検討する上でのスタンダードな手法として確立されていくものと思われる。

なお、以上の扁桃体機能の特性を踏まえた上で、そのラテラリティ (laterality) にも留意する必要がある。左扁桃体は意識的・顕在的な表情認識に関与し、たとえば恐怖表情の動画に対して賦活し (Sato et al., 2004)、また刺激に対する快-不快という連続的な評価基準でスケーリングを行う機能等が指摘されている (大平, 2004)。その一方で右扁桃体はおもに無意識的・自動的な処理に関与し、表情模倣の際などに活性化される (Carr et al., 2003)。次に詳しく述べるが、扁桃体は知覚された環境 (閾上・閾下での知覚) また、課題の要求特性などにより、前頭領野との相互関係にもとづき異なる反応を示す構造体である。

### (2-1) 顔の自動的処理

網膜に入力された刺激は、大きくは2つのルートを経て扁桃体に入力される。1つは、後頭葉の視覚領野を経る意識的な知覚をともなうルートであり、もう1つは、上丘 (superior colliculus) ・視床枕 (pulvinar) を経て、視覚領野を介さず直接扁桃体に入力される無意識的な処理ルートである (LeDoux, 1996) 。視覚領野の損傷により対象の意識的な知覚が困難となった場合、視覚情報の処理は無意識的・自動的なルートに限定される。そうした場合でも刺激の脅威の有無について、チャンスレベルを超える同定が可能となる現象は、いわゆるブラインドサイト (blind sight) として知られ (Sahraie et al., 2002) , 感情的刺激が無意識的に検出・処理されうることの傍証となっている。こうした証拠が神経脳画像研究からも得られており、健常者に対して、30 ms から 40 ms といった意識的な知覚が困難な、ごく短時間の恐怖表情や怒り表情の提示によっても右扁桃体が活性化することが報告されている (Morris et al., 1998; Nomura et al., 2004; Sheline et al., 2001) 。

扁桃体による自動的かつ速やかな情報処理については、顔画像の空間周波数成分を操作した研究からも示唆を得ることができる。低空間周波数成分は、刺激の概略的な知覚にもとづく、素早い情報処理に利用される空間周波数帯域として知られているが、とくにこの低空間周波数成分により構成される顔画像は、扁桃体の活動を喚起するようだ。Vuilleumier ら (2003) は、顔画像を構成する空間周波数の帯域情報を操作し、低空間周波数成分 (2 - 8 cycles/face-width) , あるいは高空間周波数成分 (8 - 16 cycles/face-width) から構成される恐怖表情に対する性別判断課題中の脳の活性化領域を調べた。その結果、低空間周波数成分から構成される刺激に対しては、上丘、視床枕、扁桃体などの活性化が観察されたのに対して、高空間周波数画像に対しては、上側頭溝、紡錘状回の活性化が得られた。すなわち、粗い情報処理は扁桃体によって担われ、高空間周波数成分にもとづく顔への精緻な情報処理の基礎を紡錘状回がなしているのである。

なお、こうした素早く粗い情報処理をする扁桃体の活動は馴化が早く、とくに右扁桃体においてその傾向が顕著となる。たとえば、脅威刺激であっても繰り返し接触すれば、扁桃体の活性化はしだいに低下する (Breiter et al., 1996; Wright et al., 2001) 。それは、1つの刺激を検出した後は、新たな脅威の出現を逃さないためにデフォルトの状態に戻る、といった適応的なシステムとして機能しているからだろう。以上のことをまとめると、扁桃体は、刺激を自動

的に速やかに検出し、それに対処するための認知や行動を導く機能を担っていることになる。

### 3. カプグラ症候群

視覚情報の処理は、紡錘状回を経由する意識的なルートと、扁桃体などの大脳深部を直接介する無意識的・自動的なルートのおのおのにより担われていることがわかった。こうした2つの処理システムの存在は、相貌失認と、カプグラ症候群（*capgras delusion*）といった顔の認知障害に関する知見からも伺える。すでに述べたとおり、相貌失認とは、紡錘状回などの側頭葉後方下面を損傷した結果、相手の顔を見てもそれが誰であるかを判断できなくなる症状である。彼らに脳を損傷する以前の既知顔を見せると、人物を意識的に同定できないにも関わらず皮膚伝導率（*skin conductance*）に変化が生じる（*Tranel & Damasio, 1988*）。これは、人物の意識的な同定は困難であっても、皮膚伝導率などの自律神経系の活動を起動する扁桃体により、顔の既知感（*familiarity*）にともなう暗示的な顔認識が成立していることを意味する。

これと対照的な症状をしめすのが、カプグラ症候群である。彼らは、その顔が誰を示しているかという明示的な顔認識は可能であるものの、親しい人物の顔を見ても、それを「精巧なアンドロイド」や「地球人に化けたエイリアン」とみなすような誤った信念を抱いてしまう

（*Ellis, 1997*）。この症候群は、対象の認知にともなう既知感や、親愛の情ともいえる感覚などが欠如していることを意味しており、実際に、彼らに既知人物の顔を見せても皮膚伝導率に変化は生じない（*Ellis et al., 1997*）。カプグラ症候群とこうした自律神経系の反応パターンとの対応を考えると、扁桃体などにより構成される自動的な情報処理システムは、慣れ親しんでいる人や所有物への愛着を生み出す1つの次元であるのかもしれない。そうした症候群は人物のみならず、自己の所有する時計、犬などの動物に対しても及ぶ。

異なる機能により特徴づけられるこうした2つのルートにより、直感的な情報を顔から得たり、対象を精緻に分析するなど、状況に即した柔軟な認知が可能となるのである。

## 第3節.

### 1. Haxbyモデルを越えて

第2節まで見てきたように、認知神経科学的研究により、*Bruce & Young* モデルをはじめと

する理論やモデルの妥当性が確証され、あるときはその問題点などが明らかとされてきた。ことに Bruce & Young モデルにおける顔の構造的符号化過程、既知性の判断を経て、その意味情報、名前へのアクセスにいたる一連の神経基盤については、Haxby ら (2000) のモデルを元にしてその大枠が明らかになってきたといえよう。しかしながら、表情分析過程、ならびに高次の処理過程に相当する認知システムはブラックボックスとして、「どのような心理過程が存在し、それはいかなる脳領域により実現されているのか」といった、その内実を焦点をあてた認知神経科学的な研究はほとんど見当たらない。

本節の前半部分では、そうしたプロセスの一端を明らかにすべく、複雑で曖昧な表情の認知過程について、明瞭な表情と直接比較した fMRI 実験 (Nomura et al., 2003) について紹介し、同システムを構成する主要な領域の機能について概観する。また、後半部分では、近年神経科学のテーマとして検討の視野に入ってきた自己認知というテーマに着目し、多くの顔画像の中から自分の顔を認識するのは、他者のそれと比較して早い (Tong & Nakayama, 1999) といった顔認知の促進はいかなる領域で実現されているのかについて、今後の研究方向として示しつつ概観したい。

## 2. 曖昧な表情の認知

恐怖や怒り、または幸福といった、感情カテゴリーがほぼ一義的に定まる基本感情 (basic emotion) を刺激として、脳損傷研究をはじめ、多くの神経脳画像研究によりその神経基盤が確認されてきた。行動実験においては、表情認知の心理学的モデルとして主要なカテゴリー説や次元説から派生した一連の議論にもとづき、カテゴリーの明瞭な表情はもとより、カテゴリーの曖昧な表情の処理過程についての検討なども行われている (その詳細は第5章を参照)。それでは、その後者のような複数の感情や意図を内包するような多義的で曖昧な表情は、脳のいかなる機構により認知が実現されており、また、その際にどのような心的活動が生じているのだろうか。現時点では、こうした問いに神経科学的観点から答える研究例 (Nomura et al., 2003) はごく少数にとどまる。複雑で曖昧な表情は、社会的文脈におけるコミュニケーションの中心的役割を担う表情であり、われわれは、そうした複雑な表情をも速やかに認知することができる。そうした認知に関与する脳システムは、いわゆる接近・回避行動を起動するような明瞭な表情の認知の担う、扁桃体などの側頭領野深部とは異なる領域により形成されてい

る可能性が高い。

著者ら (Nomura et al., 2003) は、感情カテゴリーの曖昧な表情と明瞭な表情に対する言語的ラベリング課題中の脳活動を fMRI により撮像し、曖昧な表情の処理に特異的に関与する領域について検討した。刺激は、画像合成技術であるモーフィング (morphing) により作成された多数の表情から選定された、快感情または不快感情が明確に表出された明瞭な表情 (EC) と、感情が曖昧な表情 (快・不快の両感情が混在して表出された表情) (EA) であった (図 5-5)。

実験の結果、いずれの表情に対しても、下後頭回、紡錘状回などをはじめ Haxby ら (2000) のモデル等で示されてきた顔認知を担う領域の活性化が確認された。また、曖昧な表情と明瞭な表情に対する脳活性値の差分 (EA - EC) の解析により、表情が曖昧になると、前部帯状回、前頭前野背内側部 (DMPFC)、前頭前野背外側部 (DLPFC)、両側の前頭前野腹外側部 (VLPFC) などの、おもに前頭領野を中心とした領域の賦活が高まることがわかった (図 5-5)。

ところで、こうした領域間には機能的な関連性はあるのだろうか。脳の領域間には促進的あるいは抑制的な連絡があり、直接・間接的な影響が相互的に各領域の活動に及んでいる。したがって、特定の心理プロセスが一部位によって担われているとは考えづらい。逆に、機能的関連性のない脳領域が、差分解析において活性化領域として算出されたという可能性もある。

そこで、こうした可能性について、前部帯状回を中心とした上記領域間の神経繊維連絡の結合という解剖学的知見 (Devinsky et al., 1995) をもとに、おのおのの部位の活性値について、領域間の機能的関連性を共分散構造モデリングによる検証を行った。その結果、曖昧な表情の処理過程において、前部帯状回を中心とした前頭前野背内側部、前頭前野背外側部、両側の前頭前野腹外側部における強固なネットワークが形成されていることが確認された (図 5-5)。差分解析は神経脳画像研究のデフォルトともいえる解析プロセスの1つであるが、それに加えて上記したような解析手法を、特定の心理プロセスを実現する領域間の機能的ネットワークを検証する手段として実施する研究 (Kondo et al., 2004; Nomura et al., 2003, 2004) が増加している。研究結果から導かれる推論の妥当性を検証するという点でも、こうした解析技法の進展について追跡することの重要性は言うまでもない。

### (1) 右前頭前野腹外側部

怖れや怒りなどの不快表情は、たとえそれが閾下に呈示されたとしても扁桃体を活性化させる。ところが、一定の実験条件のもとでは扁桃体の賦活が観察されなくなる。例えば、表情にたいする「怖れ」や「怒り」などの感情カテゴリー判断、あるいは感情価について言語的なラベリングをさせると扁桃体の活動は観察されない。こうした課題では、右前頭前野腹外側部の活性化をとまなうこと（e.g., Nakamura et al., 1999）が多く、同領域の活性化が、扁桃体活動の抑制に関わっている可能性が指摘されている（Hariri et al., 2000; Nomura et al., 2003, 2004）。なお、感情の直接的な評価をさせずとも、たとえば性別のカテゴリー判断中の扁桃体の活性値は有意とならないようだ。Langeら（2003）は、恐怖表情に対する感情カテゴリー判断、表出者の性別判断、または受動的注視の課題遂行中の脳活動を比較した。その結果、右前頭前野腹外側部は、言語的ラベリングを要するいずれの課題においても活性化し、受動的注視をさせた場合においてのみ扁桃体の活動が観測された。こうした研究知見と、右前頭前野腹外側部は、go / no-go 課題の no-go 試行などの反応抑制時に賦活すること（e.g., Konishi et al., 1999）など一般的な行動抑制機能への関与が多数報告されていることを考えると、右前頭前野腹外側部は主体的な情報処理、あるいはそれに伴う行動の抑制プロセスに関与していることがわかる。

曖昧な表情を認知する際の右前頭前野腹外側部の活性化（Nomura et al., 2003）は、大雑把な情報を出力する扁桃体活動が抑制されることで、ヒューリスティックに拠らない分析的かつ精緻な処理が可能となっていることを示唆するものである。

### (2) 前部帯状回・前頭前野背外側部

前部帯状回（ACC）の背側部、ならびに前頭前野背外側部は、ストループ課題の不一致条件や二重課題、あるいは逐次的に呈示される感覚情報の n 番目の情報を回答する n-back 課題の高負荷条件などの、比較的難易度の高い課題中にその活動が確認されている（e.g.,

Bench et al., 1993）。この両部位は、正誤判断（数式に対する解が正答か否か）と単語の保持という二重課題の遂行成績の高い被験者群において、課題中の協調性が高くなっていることが示されている（Kondo et al., 2004）。なお、こうしたワーキング・メモリ機能における両部位の関与は異なっており、前頭前野背外側部は文脈情報を表象し保持する一方で、前部帯状

回背側部は、競合のモニタリングをはじめ、注意機能の上位システムの調整機能などにかかわる (MacDonald et al., 2000) . こうした知見から、曖昧な表情に対するこれらの領域の活性化 (Nomura et al., 2002) は、曖昧な表情の処理過程において特に表象間の競合が生起し、またその解消にあたって課題への持続的な注意が維持されているという心理プロセスの反映として解釈ができる.

### 3. 自己の認知

われわれが日常で目にするのは他者の顔だけではなく、自らの顔に接する機会も意外に多い. 朝起きてから出かける前には鏡を見るだろうし、あるいは街中のショーウィンドウ越しに自分の顔を確認する. また、仲間とともに写った写真やデジカメ画像においては、はじめに探すのは自分の顔であろう.

われわれは、当然のように自分の顔をそれとして認知する. しかしながら、鏡に映る自分を他者だと思いこむ「鏡像誤認」では、鏡にうつった自分の顔が自らのそれだと分からず「自分のそっくりさん」として見なしてしまう. こうした鏡像誤認では、右の頭頂領野や頭頂側頭領野の損傷をとまなうようだ (Feinberg & Shapiro, 1989) . 鏡像誤認の例から、「自分の顔が自らのそれであるとわかる」という、このいわば自明とも思われる認知が、ほんの一部の脳領域の損傷により困難となることがわかる. このことを言い換えるならば、自己認知を可能とするシステムが脳内に備わっていることになる. 「自己に纏わる情報は効率的に処理される」 (Markus & Wurf, 1987) といわれるように、自分の顔は他者顔と比較して素早く認知される (Tong & Nakayama, 1999) が、こうした自己に関連した情報処理は脳のいかなる領域により実現されているのだろうか.

#### (1) 自己顔・自己意識的感情の認知

自己顔の認識過程はおもに大脳の右側が担っている、という神経心理学的知見が複数報告されている. たとえば、上述した自己顔認知の促進効果は、左手で反応した場合においてのみみられ、右手で反応をさせると反応時間の短縮はみられない (Keenan et al., 1999) . また、左右分離脳患者に対して左視野・右視野に自己顔・他者顔のおのおのを提示し、皮膚伝導率を計測すると、他者顔については提示視野の影響はなく、自己顔については左視野提示で皮膚伝

導率が増大する (Preilowski, 1977)。左視野に提示された刺激の知覚、あるいは左手による反応出力は右側脳の処理に依存するという神経心理学の理論から、自己顔認知にともなう出力は右側脳優位であると推測されるのである。

ところで、こうした自己顔の認識にともなう現象は、対象を見かける頻度にもとづく親近性の観点から説明可能であるかもしれない。すなわち「自分の顔は頻繁にみかけるから、すぐにそれとわかるのだ」という可能性がある。Caharelら (2002) は、自己顔、有名人顔 (大統領)、未知人物の顔を呈示した際の事象関連電位を計測した。その結果、既知の顔 (自己顔・有名人顔) である場合、未知顔と比較してN 170の振幅が高くなっており、さらに潜時 200 ms の陽性成分の振幅は、未知 < 有名人 < 自己の順に減衰した。こうした振幅の変化について Caharelらは、段階的に異なる親近性が影響したものとして解釈している。このように、同じ自分の顔であってもそれを見慣れない角度から見ると反応時間は遅延するなど (Troje & Kersten, 1999)、自己顔の処理は、親近性の高さに基づき精緻化された表象にすぎないことを示唆する知見も散見される。この点について、f MRI を用いた検討を実施した Kircherら (2000) の研究は1つの可能性を示してくれる。彼らは、自己顔と、それと親近性の統制された配偶者の顔に対する脳活性値の差分を検討した結果、左下頭頂葉、左紡錘状回、右前頭前野背外側部などの活性化をえている。すなわち、自己顔の認知の特徴は親近性に還元されるものではなく、その処理に特異的にかかわる脳領域が存在するのである。

なお、自己鏡像認知の成立は、自己意識的感情 (self-conscious emotion) の発生と関連することが報告されている (Lewis et al., 1989)。自己意識的感情とは、恥感情、道徳的感情、あるいは罪悪感などの自らの内省過程と密接に絡んだ感情であり、喜びや悲しみなどの生得的とされる基本感情とは区別される (Lewis, 1992)。そうした自己意識的感情である恥感情を他者の顔から読み取る場合には、前頭眼窩野、前野前野腹内側部をはじめ下頭頂葉、楔前部といった領域が活性化する (野村, 2004)。恥感情の生起機序について、提唱されている行動モデルの多くは、自己の内省過程や他者との関係性など、自己表象が関与するプロセスに着目をしており (Babcock & Sabini, 1990; Miller, 1996)、こうした領域の活性化 (同領域の機能については後述) は、恥感情を他者に見出す際の自己表象の関与を示すものである。

これまでのところ、こうした顔を刺激として自己の神経基盤を検討した神経脳画像研究は、Kircherら (2000) のグループと野村 (2004) による検討に限られており、まさに萌芽的

な研究段階にあるといえよう。しかしながら、「脳のどの領域が、自己処理のどの側面にかかわっているのか」という大まかな機能分化については、自己一般の処理についての研究知見が蓄積される中で、一定の理解はえられつつあるように思われる。

## (2) 自己の神経基盤

自己の神経基盤は、大まかには「自己関連の処理」「自己非関連の処理」との対比において検討されてきたといえる。例えば、提示される音声が自分の声の場合、他者の声である時と比較して、前部帯状回、前頭前野背内側部などの領域の活動が高まる (McGuire et al., 1996)。また、聴覚呈示された特性形容詞に対する自己関連づけ判断 (自分にあてはまるか否か) と、意味判断との対比で、前部帯状回、後部帯状回・楔前部、前頭前野背内側部などの活性化が確認されている (Johnson et al., 2002)。さらに、視覚呈示された特性形容詞に対する自己関連づけ判断時には、前頭前野腹内側部、前頭前野背内側部などの賦活が観察される (Kelley et al., 2002) など、自己が関連する処理では、刺激提示のモダリティや課題内容によらず、似たような領域の活性化が繰り返し確認されているのである。こうした研究知見にもとづき Northoff & Bermpohl (2004) は、自己関連の処理においては大脳を中心線上の領域が重要であるとし、そのおのおのの機能の神経基盤を4つの領域に大別している (図5-6)。

1. 自己の表象化：前頭前野腹内側部 (VMPFC)
2. 自己の行動モニタリング：前部帯状回 (ACC)
3. 長期記憶に貯蔵された表象との照合・統合：後部帯状回 (PCC)
4. 1～3の情報の統合的評価：前頭前野背内側部 (DMPFC)

なお、上記の4領域に加えて、著者は下頭頂葉にも留意する必要があると考えている。下頭頂葉は、他個体の目標志向的な動作の観察、あるいはその模倣時に活性化し (Iacoboni et al., 1999)、また自己・他者の動作を想像する際に活性化する (Ruby & Decety, 2001) など、ミラー・ニューロン (mirror neuron) 様の機能 (Rizzolatti et al., 1996) が備わっている部位として知られる。また、下頭頂葉はこうした行為の表象機能のみならず、自己の心的状

態を参照する過程でも活性化が観察される (Vogeley et al., 2001) など、身体性を巻き込んだ自己認知を成立させている領域として重要である。

なお、こうした個々の研究を詳しく試みてゆくと、Northoff & Bermpohl (2004) により提唱された4つの機能には複数の領域が関わっており、一連の心理プロセスを分離しおのこの領域に割り当てるような、いわば部位還元的な機能マッピングは、いささか不自然であることがわかる。むしろ上記した領域は、緩やかな機能分化のもと、密接に関連しつつ処理が進行していると考えるのが妥当であろう。

自らの顔を直接見ずとも、他者の顔や表情から自らの存在が認知され、ふたたび他者のそれが意味づけられる。こうしたある種のループの中で、自己と他者との表象は密接にかかわりあっており、自己表象の関与により、他者の自己意識的感情などは効率的に処理されているのだろう。そして同様の表情であっても、その表出者が重要な他者であるか否かによって意味合いが異なってくるように、今後は、自己-他者間の関係性についても顔認知プロセスの1つの視点として位置づけその神経基盤を検討する必要があるだろう。

#### 第4節. 表情の認知と遺伝子

第3節までは、顔認知に関与する脳領域について概観した。次の問題は、顔認知がどのような機能とメカニズムによって担われているかということである。すなわち、各種の神経伝達物質を介したニューロン間のネットワークが、脳の各領域の活動をいかに修飾しているのかについての課題が重要となる。こうした神経伝達物質の機能について知るには、その厳密な検証が可能である動物研究の動向を追跡しておくことも重要である。また、神経伝達物質の働きを辿っていくと、外生的・内生的刺激とともに遺伝子の影響を受けていることがわかる。近年、この遺伝子と脳活動との連関についての神経脳画像研究 (Hariri et al., 2002) が増加しつつあり、将来の研究方向を踏まえて、本節では遺伝子と表情認知との関係についても少し触れておきたい。

神経系における情報伝達は、神経伝達物質によるシナプス伝達と神経細胞の興奮という電気的な活動により担われている。セロトニン神経系は、縫線核より前頭領野、扁桃体、視床下部、小脳 (cerebellum) などを中心に多領域に投射されている。神経終末において遊離されたセロトニン (5-HT) は、セロトニン・トランスポーター (5-HT transporter: 5-HTT) に

よりシナプス間隙から神経終末に取り込み・除去されることで神経伝達が終了する。このセロトニン・トランスポーター遺伝子におけるプロモーター領域の機能性多型（5-HTT linked polymorphic region）が知られている。すなわち塩基配列の長さが異なる s 型と l 型とが存在し、s 型のプロモーター活性は l 型のそれと比較して低いこと、また l 型は s 型に比べてセロトニンの再取り込み活性が高いことが知られている。こうしたセロトニン・トランスポーター遺伝子の s 優位の被験者群は、恐怖表情を知覚する際に観察される扁桃体の血流量変化が、l 優位の被験者群よりも大きいのである（Hariri et al., 2002）。

このように表情認知の個人差の背景の1つには、扁桃体の反応性の差異が存在し、それはセロトニン・トランスポーター遺伝子多型性などの遺伝的影響を受けているのである。こうした脳機能と遺伝子との連関についての検討を実施することで、顔認知の個人差を生み出す背景について、1つの視点を得ることができよう。

### 第5節. 認知神経科学的アプローチの現在と将来

認知神経科学的研究は、Bruce & Young（1986）のモデルをはじめとする顔の心理学的理論・モデルについて脳組織という実体から検証の手立てを提供した。

1998年、著者の参加した日本神経科学会では、機能的神経脳画像研究の演題はほんの数件であり、同時期に開催された fMRI・PET などの神経脳画像研究に特化した国際学会 Human Brain Mapping 大会においても演題は200件程度であった。ところがその6年後、ブタペストで開催された同大会では1000件を越す演題のエントリーがあるなど、研究数の飛躍的な増加とともに目立った傾向にあるのが、同領域における心理学者の参入である。

こうした傾向を受けて、領域を越えた新しい試みもはじまっている。1つの方向性は、fMRI・PET などの利用により得られる脳活動の空間的データと、時間分解能の高い ERP データとを統合してゆく生理心理学的アプローチ、これに加えて、はじめにも触れた NIRS を用いた発達の観点からの研究である。また、計算論的モデルによる予測を神経脳画像研究によって検証するという情報工学的アプローチも、心理指標との連関を探る上で目を離せないものがある。なお、表情認知のカテゴリ説と次元説とに代表されるような、心理学的なモデルや理論などを追跡する必要はいうまでもない。心理学という土台のもと、認知神経科学について興味をもつ研究者が、一人でも増えていくことが期待される。



図説明文

図1. Haxbyら(2000)による顔の認知神経科学的モデル

図2. 顔認知にかかわる脳領域(Adolphら(2002)から改変)

図3. ラクダ, 家, ならびに顔に対する紡錘状回内側部と外側部の反応性(Chaoら(1999)から改変)

図4. 外向性に影響を与える扁桃体の活動

左図: 脳の横断図・各刺激に対する扁桃体の有意な活性 ( $p < .005$ , uncorrected), 中図: 質問紙により得られた外向性得点と正の相関を示す扁桃体の活動, 右図: 各被験者の外向性得点および扁桃体の活性値のプロット図・快刺激に関して正の相関が得られていることがわかる  
(Canliら(2002)から改変)

図5. 曖昧表情の認知の神経基盤

左図: 曖昧表情と明瞭表情との差分解析の結果 ( $p < .0001$ ; uncorrected), 右図: 共分散構造モデリングの結果(Nomura et al., 2003)

図6. 自己認知にかかわる4つの領域(Northoffら(2004)から改変)

文 献

- Adolphs R. 2002 Neural systems for recognizing emotion. Current Opinion in Neurobiology, 12, 169-177.
- Adolphs, R., Tranel, D., Damasio, H., & Damasio, A. 1994. Impaired recognition of emotion in facial expressions following bilateral damage to the human amygdala. Nature, 372, 669-672.
- Aggleton, J. P. 2000. The amygdala: a functional analysis. Oxford University Press. New York.
- Babcock, M. K., & Sabini, J. 1990. On differentiating embarrassment from shame. European Journal of Social Psychology, 20, 151-169.
- Baron-Cohen, S. 1995. Mindblindness: An essay on autism and theory of mind. Cambridge, MA: MIT Press.
- Barton, J. J., Press, D. Z., Keenan, J. P., & O'Connor, M. 2002. Lesions of the fusiform face area impair perception of facial configuration in prosopagnosia. Neurology. 58, 71-78,
- Batki, A., Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Connellan, J., & Ahluwalia, J. 2000 Is there an innate gaze module? Evidence from human neonates. Infant Behavior & Development, 23, 223-229
- Baudouin, J. Y., Gilibert, D., Sansone, S., & Tiberghien, G. 2000. When the smile is a cue to familiarity. Memory, 8, 285-292.
- Bechara, A., Damasio, H., Damasio, A. R., & Lee, G. P. 1999. Different contributions of the human amygdala and ventromedial prefrontal cortex to decision-making. The Journal of Neuroscience, 19, 5473-5481.
- Bench, C. J., Frith, C. D., Grasby, P. M., Friton, K. J., Paulesu, E., Frackowiak, R. S. J., & Dolan, R. J. 1993. Investigations of the functional anatomy of attention using the Stroop test. Neuropsychologia, 31, 907-922.

- Bentin, S., Allison, T., Puce, A. Perez, E., & McCarthy, G. 1996 Electrophysiological Studies of face perception in humans. Journal of Cognitive Neuroscience, 8, 551-565.
- Blair, R. J., Morris, J. S., Frith, C. D., Perrett, D. I., & Dolan, R. J. 1999. Dissociable neural responses to facial expressions of sadness and anger. Brain, 122, 883-893.
- Breiter, H. C., Etcoff, N. L., Whalen, P. J., Kennedy, W. A., Rauch, S. L., Buckner, R. L., Strauss, M. M., Hyman, S. E., & Rosen, B. R. 1996. Response and habituation of the human amygdala during visual processing of facial expression. Neuron, 17, 875-887.
- Bruce, V., & Young, A. 1986 Understanding face recognition. British Journal of Psychology, 77, 305-327.
- Caharel, S., Poiroux, S., Bernard, C., Thibaut, F., Lalonde, R., & Rebai, M. 2002. ERPs associated with familiarity and degree of familiarity during face recognition. International Journal of Neuroscience, 112, 1499-1512.
- Calder, A. J., Lawrence, D., Keane, J., Scott, S. K., Owen, A. I., Christoffels, I., & Young, A. W. 2002. Reading the mind from eye gaze. Neuropsychologia, 40, 1129-1138.
- Calder, A. J., Young, A.W., Rowland, D., Perret, D. I., Hodges, J.R., & Etcoff, N. L. 1996. Facial emotion recognition after bilateral amygdala damage: Differentially severe impairment of fear. Cognitive Neuropsychology, 13, 699-745.
- Canli, T., Sivers, H., Whitfield, S. L., Gotlib, I. H., & Gabrieli, J. D. 2002. Amygdala response to happy faces as a function of extraversion. Science, 296, 2191.
- Carr, L., Iacoboni, M., Dubeau, M., Mazziotta, J. C., & Lenzi, G. L. 2003. Neural mechanisms of empathy in humans: A relay from neural system for imitation to limbic areas. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 100, 5497-5502.
- Castelli, F., Frith, C., Happè, F., & Frith, U. 2002. Autism, Asperger syndrome and brain mechanisms for the attribution of mental states to animated shapes. Brain, 125, 1839-1849.

- Castelli, F., Happè, F., Frith, U., & Frith, C. 2000. Movement and mind: A functional imaging study of perception and interpretation of complex intentional movement patterns. Neuroimage, 12, 314-25.
- Chao, L. L., Martin, A., & Haxby, J. V. 1999. Are face-responsive regions selective only for faces? NeuroReport, 10, 2945-2950.
- Davis, M., & Whalen, P. J. 2001. The amygdala: vigilance and emotion. Molecular Psychiatry, 6, 3-34.
- Devinsky, O., Morrell, M. J., & Vogt, B. A. 1995. Contributions of anterior cingulate cortex to behavior. Brain, 118, 279-306.
- Diamond, R., & Carey, S. 1986 Why faces are and are not special: An effect of expertise. Journal of Experimental Psychology: General, 115, 107-117.
- Druzgal, T. J., & D'Esposito, M. 2001. Activity in fusiform face area modulated as a function of working memory load. Cognitive Brain Research, 10, 335-364.
- Druzgal, T. J., & D'Esposito, M. 2003. Dissecting Contributions of Prefrontal Cortex and Fusiform Face Area to Face Working Memory. Journal of Cognitive Neuroscience 15, 771-784.
- Ellis, H. D. 1997. Misidentification syndromes. In D Bhugra and A Munro Eds, Troublesome disguises. Underdiagnosed psychiatric syndromes. Blackwell Science, Ch.2, pp.7-23.
- Ellis, H. D., Young, A. W., Quayle, A. H., & Depauw, K. W. 1997. Reduced autonomic responses to faces in Capgras delusion. Proceedings of the Royal Society of London B, 264: 1085-1092.
- 遠藤光男 1993 顔の認識過程 . 吉川左紀子・益谷真・中村真編 . 顔と心ー顔の心理学入門ー pp.27-45. サイエンス社 .
- Endo, N., Endo, M., Kirita, T., & Maruyama, K. 1992. The effects of expression on face recognition. Tohoku Psychologica Folia, 52, 37-44.
- Farah, M. J., Levinson, K. L., & Klein, K. L. 1995. Face perception and within-category discrimination in prosopagnosia. Neuropsychologia, 33, 661-674.

- Feinberg, T. E., & Shapiro, R. M. 1989. Misidentification-reduplication and the right hemisphere. Neuropsychiatry, Neuropsychology and Behavioural Neurology, 2, 39-48.
- Frith, U., & Frith, C. 2001. The biological basis of social interaction. Current Directions in Psychological Science, 10, 151-155.
- Gauthier, I., Skudlarski, P., Gore, J. C., & Anderson, A. W. 2000. Expertise for cars and birds recruits brain areas involved in face recognition. Nature Neuroscience, 3, 191-197.
- Geday, J., Gjedde, A., Boldsen, As., & Kupers, R. 2003. Emotional valence modulates activity in the posterior fusiform gyrus and inferior medial prefrontal cortex in social perception. Neuroimage, 18, 675-684.
- Gorno-Tempini, M. L., Pradelli, S., Serafini, M., Pagnoni, G., Baraldi, P., Porro, C., Nicoletti, R., Umità, C., & Nichelli, P. 2001. Explicit and Incidental Facial Expression Processing: An fMRI Study. Neuroimage, 14, 465-473.
- Hariri, A. R., Bookheimer, S. Y., & Mazziotta, J. C. 2000. Modulating emotional responses: Effects of a neocortical network on the limbic system. Neuroreport, 11, 43-48.
- Hariri, A. R., Mattay, V. S., Tessitore, A., Kolachana, B., Fera, F., Goldman, D., Egan, M. F., & Weinberger, D.R. 2002. Serotonin transporter genetic variation and the response of the human amygdala. Science, 297, 400-403.
- Harris, D. M., & Kay, J. 1995. Selective impairment of the retrieval of people's names: A case of category specificity. Cortex, 31, 575-582.
- Haxby, J. V., Ungerleider, L. G., Clark, V. P., Schouten, J. L., Hoffman, E. A., & Martin, A. 1999. The effect of face inversion on activity in human neural systems for face and object perception. Neuron, 22, 189-199.
- Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. 2000 The distributed human neural system for face perception. Trends in Cognitive Science. 4, 223-233.
- Hooker, C. I., Paller, K. A., Gitelman, D. R., Parrish, T. B., Mesulam, M. M., & Reber, P. J.

2003. Brain networks for analyzing eye gaze. Cognitive Brain Research, *17*, 406-418.
- Iacoboni, M., Woods, R. P., Brass, M., Bekkering, H., Mazziotta, J. C., & Rizzolatti, G. 1999. Cortical mechanisms of human imitation. Science, *286*, 2526-2528.
- Ishai, A., Haxby, J. V., & Ungerleider, L. G. 2002. Visual imagery of famous faces: Effects of memory and attention revealed by fMRI. Neuroimage, *17*, 1729-1741.
- Johnson, S. C., Baxter, L. C., Wilder, L. S., Pipe, J. G., Heiserman, J. E., & Prigatano, G. P. 2002. Neural correlates of self-reflection. Brain, *125*, 1808-1814.
- Johnson, M. H., & Morton, J. 1991 Biology and cognitive development: The case of face recognition. Cambridge, UK: Blackwell.
- 神尾陽子（2004）自閉症の対人認知研究の動向：顔研究からのレッスン
- Kawashima, R., Sugiura, M., Kato, T., Nakamura, A., Hatano, K., & Ito, K. 1999. The human amygdala plays an important role in gaze monitoring: a PET study. Brain, *122*, 779-783.
- Keenan, J. P., Mccutcheon, B., Freund, S., Gallup, G. G., Sanders, G., & Pascual-Leone, A. 1999. Left hand advantage in a self-face recognition task. Neuropsychologia, *37*, 1421-1425.
- Kelley, W. M., Macrae, C. N., Wyland, C. L., Caglar, S., Inati, S., & Heatherton, T. F. 2002. Finding the self? An event-related fMRI study. Journal of Cognitive Neuroscience, *14*, 785-794.
- Kircher, T. T., Senior, C., Phillips, M. L., Benson, P. J., Bullmore, E. T., Brammer, M., Simmons, A., Williams, S. C., Bartels, M., & David, A. S. 2000. Towards a functional neuroanatomy of self processing: Effects of faces and words. Cognitive Brain Research, *10*, 133-144.
- Kondo, H., Morishita, M., Osaka, N., Osaka, M., Fukuyama, H., & Shibasaki, H. 2004. Functional roles of the cingulo-frontal network in performance on working memory. Neuroimage, *21*, 2-14.
- Konishi, S., Nakajima, K., Uchida, I., Kikyo, H., Kameyama, M., & Miyashita, Y. 1999. Common inhibitory mechanism in human inferior prefrontal cortex revealed by

- event-related functional MRI. Brain, 122, 981-991.
- Lange, K., Williams, L. M., Young, A. W., Bullmore, E. T., Brammer, M. J., Williams, S. C. R., Gray, J. A., & Phillips, M. L. 2003. Task instructions modulate neural responses to fearful facial expressions. Biological Psychiatry, 53, 226-232.
- LeDoux, J. E. 1996. The emotional brain: the mysterious underpinnings of emotional life. New York: Simon and Schuster.
- Lewis, M. 1992. Shame: The exposed self. New York: Free Press.
- Lewis, M., Sullivan, M. W., Stanger, C., & Weiss, M. 1989. Self development and self-conscious emotions. Child Development, 60, 146-156.
- Lucchelli, F., & De Renzi, E. 1992. Proper name anomia. Cortex, 28, 221-230.
- MacDonald, A. W., Cohen, J. D., Stenger, V. A., & Carter, C. S. 2000. Dissociating the role of the dorsolateral prefrontal and anterior cingulate cortex in cognitive control. Science, 288, 1835-1838.
- Markus, H., & Wurf, E. 1987. The dynamic self-concept: A social psychological perspective. Annual Review of Psychology, 38, 229-337.
- Meltzoff, A. N., & Moore, M. K. 1977. Imitation of facial and manual gestures by human neonates. Science, 198, 74-78.
- Miller, R. S. 1996. Embarrassment: Poise and peril in everyday life. New York: Guilford Press.
- 宮内哲 1997 ヒトの脳機能の非侵襲的測定 —これからの生理心理学はどうあるべきか— 生理心理学と精神性理学, 15, 11-29.
- Morris, J. S., Friston, K. J., Buchel, C., Frith, C. D., Young, A.W., Calder, A.J., & Dolan, R. J. 1998. A neuromodulatory role for the human amygdala in processing emotional facial expressions. Brain, 121, 47-57.
- Morris, J. S., Öhman, A., & Dolan, R. J. 1998. Conscious and unconscious emotional learning in the human amygdala. Nature, 393, 467-470.
- McGuire, P. K., Silbersweig, D. A., & Frith, C. D. 1996. Functional neuroanatomy of verbal self-monitoring. Brain, 119, 907-917.

- Nakamura, K., Kawashima, R., Ito, K., Sugiura, M., Kato, T., Nakamura, A., Hatano, K., Nagumo, S., Kubota, K., Fukuda, H., & Kojima, S. 1999. Activation of the right inferior frontal cortex during assessment of facial emotion. Journal of Neurophysiology, 82, 1610-1614.
- Narumoto, J., Okada, T., Sadato, N., Fukui, K., & Yonekura, Y. 2001. Attention to emotion modulates fMRI activity in human right superior temporal sulcus. Cognitive Brain Research, 12, 225-231.
- Nelson, C. A., & Haan, M. 1997. A neurobehavioral approach to the recognition of facial expressions in infancy. In J. A. Russell & J. M. Fernandez-Dols Eds., The Psychology of Facial Expression, pp. 176-204. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- 野村理朗 2002 神経イメージングによる感情心理学研究 感情心理学研究, 9, 50-62.
- 野村理朗 2004 感情の推測プロセスを実現する脳内ネットワーク 心理学評論, 47, 71-88.
- Nomura, M., Iidaka, T., Kakehi, K., Tsukiura, T., Hasegawa, T., Maeda, Y., & Matsue, Y. 2003. Frontal lobe networks for effective processing of ambiguously expressed emotions in humans. Neuroscience Letters, 348, 113-116.
- Nomura, M., Ohira, H., Haneda, K., Iidaka, T., Sadato, N., Okada, T., & Yonekura, Y. 2004. Functional association of the amygdala and ventral prefrontal cortex during cognitive evaluation of facial expressions primed by masked angry faces: An event-related fMRI study. Neuroimage, 21, 352-363.
- Northoff, G., & Bermpohl, F. 2004. Cortical midline structures and the self. Trends in Cognitive Sciences, 8, 102-107.
- O'Doherty, J., Critchley, H., Deichmann, R., & Dolan, R. J. 2003. Dissociating valence of outcome from behavioral control in human orbital and ventral prefrontal cortices. The Journal of Neuroscience, 23, 7931-7939.
- 大平英樹 2004 社会的認知の神経基盤 岡隆編 社会的認知のパースペクティブー心と社会のインタ・フェイスー 179 - 196 培風館
- Preilowski, B. 1977. Self-recognition as a test of consciousness in left and right hemisphere of "split-brain" patients. Activitas Nervosa Superior, 19Suppl. 2,

- 343-344.
- Puce, A., Allison, T., Bentin, S., Gore, J. C., & McCarthy, G. 1998 Temporal cortex activation in humans viewing eye and mouth movements, The Journal of Neuroscience, 18 2188–2199.
- Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V., & Fogassi, L. 1996. Premotor cortex and the recognition of motor actions. Cognitive Brain Research, 3, 131-141.
- Rossion, B., Dricot, L., Devolder, A., Bodart, J. M., Crommelinck, M., De Gelder, B., & Zoontjes, R. 2000. Hemispheric asymmetries for whole-based and part-based face processing in the human fusiform gyrus. Journal of Cognitive Neuroscience, 12, 793-802.
- Ruby, P., & Decety, J. 2001. Effect of subjective perspective taking during simulation of action: A PET investigation of agency. Nature Neuroscience, 4, 546-550.
- Sahraie, A., Weiskrantz, L., Trevelyan, C. T., Cruce, R., & Murray, A. D. 2002. Psychophysical and pupillometric study of spatial channels of visual processing in blindsight. Experimental Brain Research, 143, 249–256.
- Sato, W., Kochiyama, T., Yoshikawa, S., Naito, E. & Matsumura, M. 2004 Enhanced neural activity in response to dynamic facial expressions of emotion: an fMRI study. Cognitive Brain Research, 20, 81-91.
- Scanlan, L. C., & Johnston, R. A. 1997. I recognize your face, but I can't remember your name: A grown-up explanation? Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology, 50, 183-198.
- Semenza, C., & Zettin, M. 1988 Generating proper names: A case of selective inability. Cognitive Neuropsychology, 5, 711-721.
- Sheline, Y. I., Barch, D. M., Donnelly, J. M., Ollinger, J. M., Snyder, A. Z., & Mintun, M. A. 2001. Increased amygdala response to masked emotional faces in depressed subjects resolves with antidepressant treatment: an fMRI study. Biological Psychiatry, 50, 651-658.
- Sperling, R. A., Bates, J. F., Cocchiarella, A. J., Schacter, D. L., Rosen, B. R., & Marilyn,

- S.2001Albert Encoding novel face-name associations: A functional MRI study. Human Brain Mapping, 14, 129-139.
- Tarr, M. J., & Gauthier, I. 2000. FFA: A flexible fusiform area for subordinate-level visual processing automatized by expertise. Nature Neuroscience, 3, 764-769.
- Tong, F., & Nakayama, K. 1999. Robust representations for faces: Evidence from visual search. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 25, 1016-1035.
- Tranel, D., & Damasio, A. R. 1988. Non-conscious face recognition in patients with face agnosia. Behavioural Brain Research, 30, 235-249,
- Troje, N. F., & D. Kersten 1999. Viewpoint-dependent recognition of familiar faces. Perception, 28, 483-487.
- Tsukiura, T., Fujii, T., Fukatsu, R., Otsuki, T., Okuda, J., Umetsu, A., Suzuki, K., Tabuchi, M., Yanagawa, I., Nagasaka, T., Kawashima, R., Fukuda, H., Takahashi, S., & Yamadori, A. 2002. Neural basis of the retrieval of people's names: evidence from brain-damaged patients and fMRI. Journal of Cognitive Neuroscience, 14, 922-937.
- Vogeley, K., Bussfeld, P., Newen, A., Herrmann, S., Happè, F., Falkai, P., Maier, W., Shah, N. J., Fink, G. R., & Zilles, K. 2001. Mind reading: Neural mechanisms of theory of mind and self-perspective. Neuroimage, 14, 170-81.
- Vuilleumier, P., Armony, J.L., Driver, J., & Dolan, R. J. 2001. Effects of attention and emotion on face processing in the human brain. An event-related fMRI study. Neuron, 30, 829-841.
- Vuilleumier, P., Armony, J.L., Driver, J., & Dolan, R. J. 2003. Distinct spatial frequency sensitivities for processing faces and emotional expressions. Nature Neuroscience, 6, 624-631.
- Winston, J. S., Strange, B. A., O'Doherty, J., & Dolan, R. J. 2002. Automatic and intentional brain responses during evaluation of trustworthiness of faces. Nature Neuroscience, 5, 277-283.
- Wright, C. I., Fishcer, H., Whalen, P. J., McInerney, S. C., Shin, L. M., & Rauch, S. L.

2001. Differential prefrontal cortex and amygdala habituation to repeatedly presented emotional stimuli. Neuroreport, 12, 379–383.
- Yin, R. K. 1969. Looking at upside-down faces. Journal of Experimental Psychology, 81, 141-145.