

■原著

顔の記銘および再認に関わる大脳領域：機能的MRI研究

田中茂樹* 乾 敏郎** 岡田知久*** 小西淳二***

要旨：視覚情報の記銘と再認に関わる大脳の領域を顔刺激を用いて機能的MRIにより検討した。性別判定課題、記銘（符号化）課題、再認（検索）課題、の3種類の課題を用いた。記銘課題では、右前頭葉外側部、および前頭葉内側部において、また、再認課題では、両側前頭葉外側、前頭葉内側部、および右下頭頂小葉において、それぞれ活動の上昇が認められた。性別判定課題では活動上昇は後頭葉視覚野および側頭葉底面に限られていた。PETを用いた実験で、顔の記銘および再認においても言語課題と同様に、記銘＝左、再認＝右という前頭前野の活動に非対称性が存在すると報告されていたが、今回の結果では、記銘課題、再認課題のどちらにおいても前頭葉前野の活動は右＞左の傾向が見られた。言語化が難しい視覚課題を用いた場合の符号化は右前頭前野が重要であると考えられた。この他、記銘および再認課題遂行時の活動上昇が見られた領域に関して従来の機能画像研究などの結果と併せて検討した。

神経心理学 14; 197-206, 1998

Key word：HERAモデル、前頭前野、記銘と再認、顔の記憶

HERA model, prefrontal area, encoding and retrieval, memory for faces

I はじめに

Tulvingら(1994)は、PETを用いた言語課題による実験を総括し、記銘しようとする場合(符号化)と、取り出しを行う場合(検索)で前頭葉の働きに非対称性があるとするHERA(Hemispheric encoding / retrieval asymmetry)モデルを提唱した。エピソード記憶の符号化には左、エピソード記憶のretrivalでは右の、それぞれの前頭前野が関与しているというものである。さらに、PETを用いた実験においてHaxbyら(1996)は、顔写真を視覚刺激として用いた場合においても、符号化では左、検索では右、のそれぞれ前頭前野において活動の上昇が認められたと報告し、HERAモデルが非言語課題にも当てはまる可能性があると述べた。

今回は、機能的MRI(functional magnetic resonance imaging; 以下fMRI)を用いて顔刺激の記銘および再認課題における大脳の活動領域を検討した。顔の認知、記憶は人間の最も発達した対象認知のひとつであり、神経心理学的研究により(緒方ら, 1995 他)、また神経機能画像研究(Haxby et al, 1996; Sergent et al, 1992)でも顔の情報処理を専門とする領域が検討されてきた。fMRIによる顔刺激を用いた遅延再認実験では左右両側の前頭前野に活動上昇が見られたとする報告がある(Courtney et al, 1997)が、この実験では符号化と検索の要素が同時に同じ課題に含まれており個別には検討されていない。今回の実験では、符号化と検索のそれぞれにおける前頭前野の活動の違いを検討すべく実験を行った。なお本稿では前頭前野と

1998年6月3日受付, 1998年7月13日受理

Neural Substrates For Facial Memory: A fMRI study

* 京都大学大学院文学研究科, 岡谷病院神経内科, 日本学術振興会特別研究員, Shigeki Tanaka: Department of Psychology, Kyoto University, Department of Neurology, Okatani Hospital and JSPS Research Fellow

** 京都大学大学院情報学研究科, Toshio Inui: Department of Information Science, Kyoto University

*** 京都大学大学院医学研究科, Tomohisa Okada, Junji Konishi: Kyoto University School of Medicine

(別刷請求先: 〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学文学部心理学研究室 田中茂樹)

言う場合に便宜的に Brodmann's Area (以下 BA) 44 を含めた。これは前頭葉背外側部が活動上昇を示す場合など下前頭溝に沿って BA9 と 44 が一塊として検出され報告されている場合が多いためである。

II 方 法

1. 被験者

健康な成人男女 10 名 (男性 5 名, 女性 5 名), 年齢 19 ~ 30 歳, 平均 22.6 歳。全員右利き。各被験者は十分な説明を与えられ実験に自らの意志で参加することを了承した。

2. 装置

General Electric 社製 1.5 テスラ装置にて実験施行。グラディエント・エコー法のスナップ・ショット EPI にて, 頭蓋底部を一部除いた大脳全域を含む, 7mm 厚, 1mm 間隔の 13 スライスを 3 秒毎に同画像のセットを 96 回分得た。同一面内の分解能は 3.75mm × 3.75mm であった。

3. 課題

使用した視覚刺激はカラーの人物の顔写真 (被験者には未知の人物, 成人男女, 18 ~ 70 歳)。実験刺激はコンピュータで制御しプロジェクターを通して MRI 装置内のスクリーンに投影した。被験者は臥位をとり, 目の上方の鏡を介してスクリーンに投射された画像をみた。視距離は 45cm。画像刺激の大きさは視角で縦×横 = 8° × 8° であった。

実験は 24 秒間を 1 ブロックとして, 課題条件 (24 秒間) と対照条件 (24 秒間) が交互に 6 回繰り返される。合計 4 分 48 秒となる。課題は, 性別判断, 記銘, 再認の順番で固定して行った。性別判断課題では被験者は男女の判定をする。課題条件では, 顔写真が 4 秒間提示され, 続いて, 注視点が 2 秒間提示される。注視点が提示されている間に, 男-右, 女-左, のごとく左右いずれかの人差し指を小さく持ち上げて反応する。対照条件では, 顔写真の代わりに右または左向きの矢印が提示される以外は反応の仕方など課題条件と同じである。被験者は矢印の向きに合わせて左右の人差し指で反応す

る。顔写真は, 24 秒間で 4 枚, 一つの課題では合計 24 枚の写真を提示した。記銘課題は記憶の符号化を焦点にした課題である。被験者は性別判断課題の場合同様, 提示される顔写真に対して男女判断を行うこと, および対象条件で矢印の左右に基づき反応することが要求されたが, さらに後に再認課題が実施されることを告げられ提示される顔写真を覚えるように指示された。性別判断課題において被験者が無意識的に記銘しようとするのを防ぐため, この指示はマイクを通じて記銘課題の直前の段階で初めて行った。再認課題は記憶の取り出しを焦点にした課題である。記銘課題で提示された顔写真 (既知) と未知の顔写真がそれぞれ 12 枚ずつ提示され, 被験者は既知か未知かの判断を行う。この場合は既知-右, 未知-左の人差し指で反応する。各課題での男女, 既知か未知か, および矢印の左右はカウンターバランスして提示した。

4. 統計解析

まず頭部の位置のズレを補正した後, 各被験者の画像を標準脳 (Talairach and Tournoux, 1988) に成形変換した。この変換は各被験者の 3D 解剖画像を標準脳に変換するパラメータを計算し, このパラメータを機能画像に当てはめることによって行った。得られたデータは voxel 単位で, 課題条件と対照条件の繰り返しに一致した MRI 信号の増減の相関を $p = 0.001$ で一次検定し, 続いて偶然に検定を通過する孤立した voxel などを除くため, 一次検定を通過した voxel の拡がりに基づき $p = 0.05$ で多重比較検定を行った。これらの処理はすべてインターネット上で公開されている (<http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm>) 神経機能画像解析ソフトウェア, SPM96 (Statistical Parametric Mapping 96; by Friston K et al, 1996) を用いて行った。

III 結 果

被験者の反応は正確であった。すべての課題において, またすべての被験者において, 誤答は 3 回以下 (24 回中) であった (正答率 87.5 % 以上)。

図 1 は被験者 (S1) のすべてのの課題にお

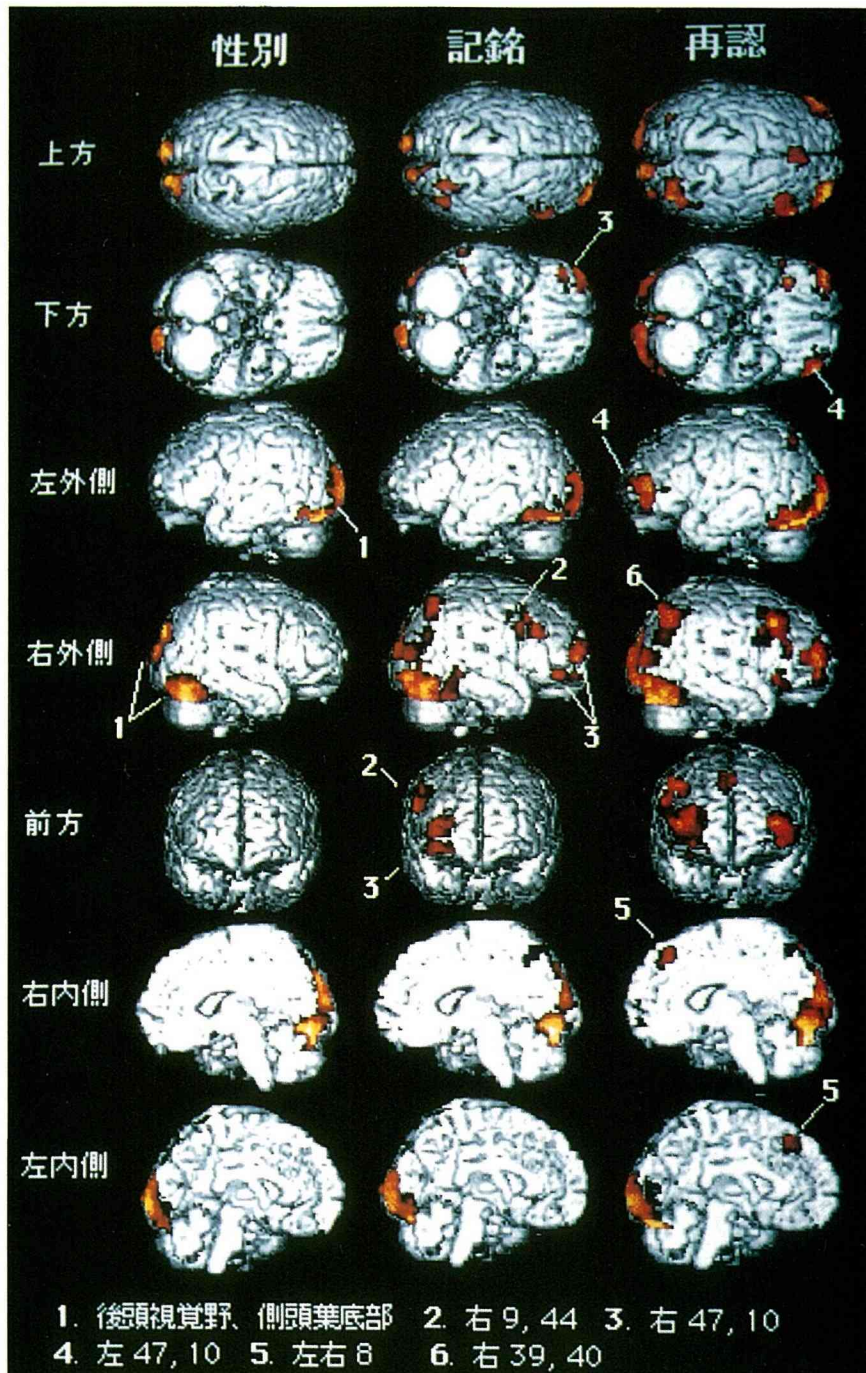


図1 被験者 S1 の各課題における活動上昇領域 (標準変換したもの)

各課題における活動上昇が有意とされた領域を標準脳に貼り付けたもの。機能画像は被験者の解剖画像をもとに計算されたパラメータを用いて標準脳に成形変換してある。黄色や赤で示されているところは、脳血流の増減と課題のサイクルの相関が有意と判定された領域である (voxel レベルで $p < 0.001$; 多重比較検定で $p < 0.05$)。赤色より黄色がより強く活動上昇したことを示す。性別判定課題では活動上昇は後頭視覚野と側頭葉底面に限定している (→ 1)。記銘課題では、右前頭前野 (背外側 (BA46, 9; → 2) および前方 (BA47, 10; → 3))、再認課題では、さらに左前頭前野前方や外側・腹側 (BA47, 10; → 4)、右前頭前野背外側 (BA9, 44)、前頭葉内側 (BA8; → 5) および右下頭頂小葉 (BA39, 40; → 6) など有意な活動上昇が見られる。

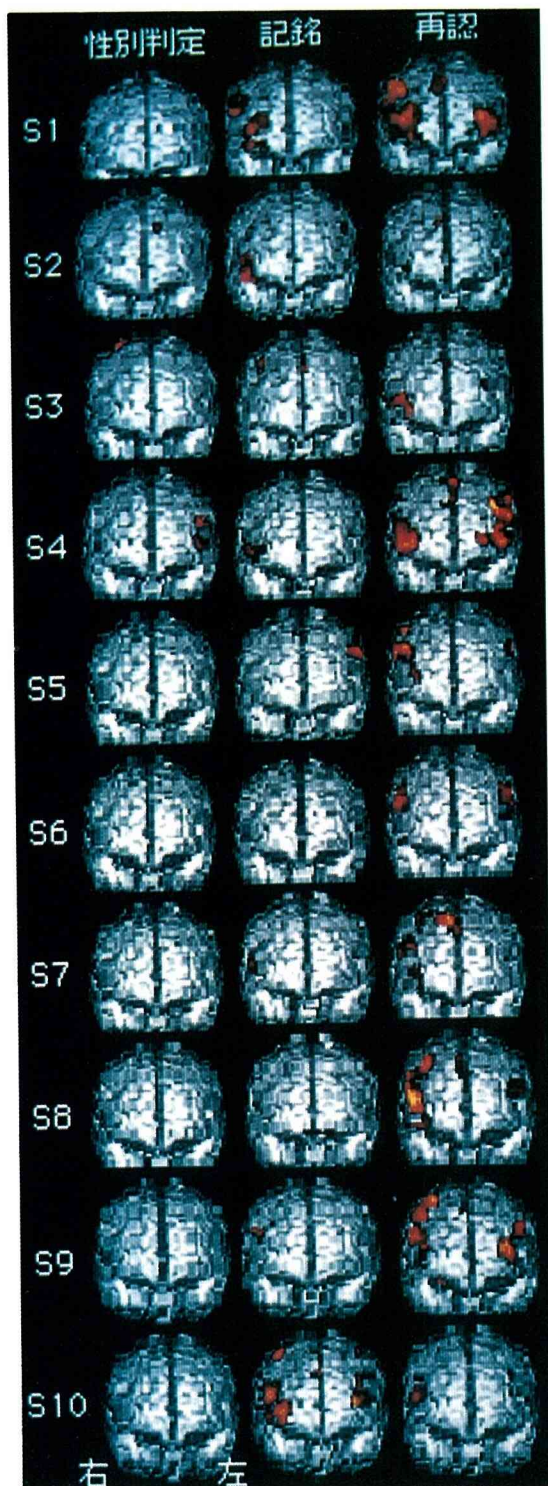


図2 各課題における前被験者の前頭前野での活動上昇領域

図1と同様の標準脳への変換をほどこしたものを正面から見た像（向かって左が右半球）。男女判断課題ではほとんど活動上昇が見られないのに対し、記銘課題では右優位に、再認課題でもやや右>左で活動上昇が見られる。再認課題では前頭前野前方での活動上昇が記銘課題よりも強く見られている

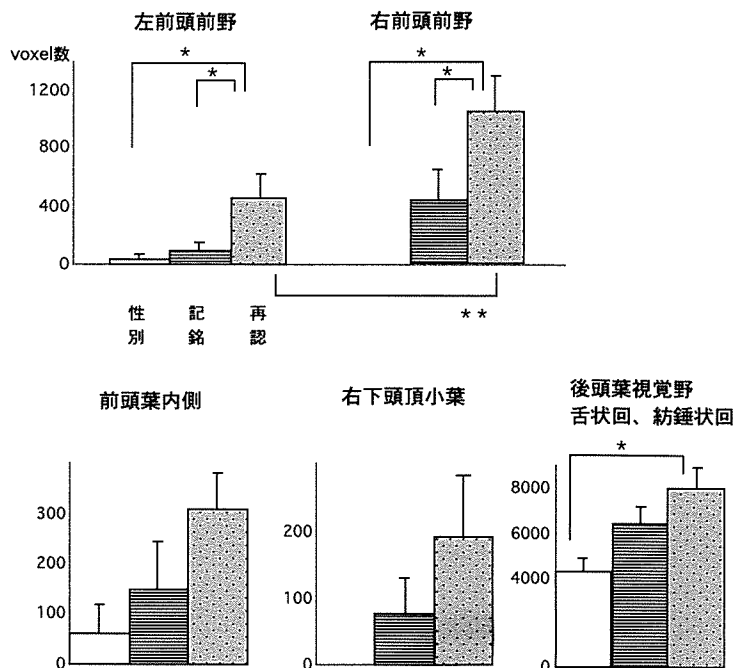
ける活動上昇部位を標準脳上に表示し7方向から見た像の一覧である。図2はすべての被験者について図1と同様の処理を行った結果の前方からみた像を各課題ごとに示したものである。全体でも図1に示した被験者S1と同様の傾向、すなわち前頭前野の活動上昇は性別判断課題では両側で（-）、記銘課題では右側で（+）、再認課題では両側で（+）、が見られた。図3に、各課題においてそれぞれの被験者で活動上昇が認められた voxel の数を前頭前野、前頭葉内側、右下頭頂小葉、後頭視覚野の各領域ごとに比較した結果をグラフで示した。以下、有意な活動上昇が観察された、4つの領域について、それぞれ結果をまとめた。

1. 前頭前野

図2および表1に示すように、性別判断課題では前頭葉における活動の上昇はほとんど見られなかった。記銘課題では、右>左の傾向をもって活動上昇がみられた。個人レベルの検討で、活動上昇が見られたのは、被験者10名中、右前頭前野で8名、左では4名であった。再認課題ではほとんどの被験者に活動の上昇が両側に見られた（右10/10、左8/10）。各被験者ごとに有意とされた voxel 数について、各課題間で比較した分散分析において、再認課題では性別判断課題および記銘課題と比較して、左前頭前野（ $F(2, 27) = 6.090, p = 0.0066$ ）、および、右前頭前野（ $F(2, 27) = 8.927, p = 0.0011$ ）において有意に高かった（図3）。記銘・再認課題それぞれにおける前頭葉の左右差を比較した結果、記銘課題では、右>左の傾向はあるものの、voxel 数で検討すると差は有意ではなかった。（ $t(18) = 1.604, p = 0.126$ ）。再認課題では右>左（ $t(18) = 2.147, p = 0.046$ ）の結果になった（図3）。

図3 各領域における活動上昇を示した voxel 数の比較

各被験者で、前頭前野（左，右），前頭葉内側，右下頭頂小葉，後頭視覚野および側頭葉底面の5つの部位において活動上昇が有意と判定された voxel の数を各課題ごとに比較した。従来 PET を用いた研究によって，記憶課題や再認課題遂行時に活動上昇が報告されている5つの領域のすべてにおいて再認>記憶>男女判断の順で活動の上昇が観察された



* 分散分析および多重比較検定にて有意差あり ($p < 0.05$)

** Student t test (unpaired) にて有意差あり ($p < 0.05$)

2. 前頭葉内側部

性別判断課題では活動の上昇は見られなかった。記憶課題では BA8 に10名中2名で，また，再認課題では BA8 または BA32 に10名中9名で活動の上昇が見られた。

3. 右下頭頂小葉

性別判断課題では活動上昇は見られなかった。それぞれ10名中，記憶課題では，右-4名，左-3名，再認課題では，右-6名，左-1名，において有意な活動の上昇が見られた。

4. 後頭葉視覚領域，舌状回および紡錘状回

すべての課題において，従来 PET や fMRI などによる顔認知の研究で指摘されてきたように後頭葉視覚野から舌状回および紡錘状回に拡がる領域において活動の上昇が観察された。3つの課題に共通して右紡

表1 前頭葉外側における活動上昇領域

subject	性別判断	記憶	再認
1	-	R; 47,10,44,9	R; 9,44,46,47,10 L; 47,10,46
2	-	R; 47,9 L; 9	R; 46,10
3	-	R; 8	R; 10,46 L; 10
4	L; 45,46,9	R; 46,47,10,45	R; 10,46,47,44,6
5			L; 10,46,47,9 R; 44,9
6	-	L; 44,9,6	L; 46,9,6,47 R; 46,45,9 L; 45,46
7	-	R; 46,45	R; 46,9,6,47,10
8	-	R; 10 L; 10	R; 45,46,47,10 L; 46,9
9	-	R; 46,9	R; 46,44,9,6 L; 8,10,47
10	-	R; 47,46,9,10 L; 45,47,46,10	R; 45,46,44,9,47 L; 46,9,47

全被験者でそれぞれの課題において優位な活動上昇が見られた領域。R; 右, L; 左。数字は Brodmann's Area に対応。- は有意な voxel なし

鍾状回に強いピークが存在した。この領域の有意であった voxel の数は性別判断<記銘<再認の順に多くなっていた (図3)。分散分析の結果では、再認課題と性別判断課題の差のみ有意であった ($F(2,27) = 6.437, p = 0.0052$; post hoc test (Fisher's PLSD), $p = 0.0013$)。記銘課題も性別判断に比較して活動が強い傾向があったが、その差はわずかに有意ではなかった (post hoc test (Fisher's PLSD), $p = 0.053$)。

IV 考 察

1. 記銘 (符号化) 課題——HERA モデルおよび PET データとの比較

Haxby ら (1996) は、顔刺激を用いた PET 実験において、記銘課題 (符号化) では左前頭前野 (左 BA11 / 47, 46, 8 / 9), 再認課題 (検索) では右前頭前野 (BA9 / 45, 8 / 44, 10) において、それぞれ有意な活動上昇が認められたとし、非言語課題においても HERA モデル (Tulving ら, 1994) が適合する可能性があると述べた。しかし、今回の我々の実験では、記銘課題における前頭前野の活動は、右>左の傾向が見られた。このような違いの生じた理由の一つとしては、言語的処理の介在の有無が挙げられる。Haxby らの記銘課題において被験者は32枚の顔写真を1枚につき1回4秒間、それぞれ3回繰り返し提示されており言語情報の援用が生じた可能性が高い。言語刺激による符号化課題では被験者が記憶するために verbal rehearsal や意味的処理などを行うことから Broca 領域を含む左前頭葉外側部で活動上昇が観察されたと考えられている (Kapur et al, 1996)。Smith ら (1995) も図形の符号化課題 (PET 実験) における Broca 領域 (左 BA44) の活動上昇について「図形が容易に言語化できるものを用いたことによる被験者の言語使用に関係した可能性が高い」と考察している。一方、我々の実験では顔写真の提示は1枚につき1度だけ (4秒間) であり、各刺激に対する言語化は生じにくく、結果的に左前頭前野での活動上昇が小さかったと考えられる。

また別の可能性として以下のようなものが考

えられる。空間的位置関係の記憶と個々の対象の記憶の一時的保持において、前者は右前頭前野、後者は左前頭前野がそれぞれより重要であるとする実験データが報告されている (Belger et al, 1998; Smith et al, 1995)。顔画像の短時間提示においては各要素の空間的位置関係 (例、目と目の距離や、目や鼻と輪郭との関係など) に重点が置かれて保持され、また、より長い時間提示された場合には、物体として個々の要素の特徴 (例、目や口の形や色など) の処理までなされているのかもしれない。顔の符号化における前頭前野の活動の laterality に関してこのような空間情報の符号化と物体の符号化の処理の違いも関係している可能性がある。

今回の実験のように言語使用が困難な刺激が短時間に連続して提示されるような符号化課題において、被験者は記憶するためには「よく見る」以外ほとんど方法がないため、結果的に視覚的注意を高めることが要求されたと考えられる。非言語刺激の符号化課題で視覚的注意の維持が必要である場合、前頭前野の活動は右>左の結果が多く報告されている (Petrides et al, 1993; Smith et al, 1995; Belger et al, 1998; Gabrieli et al, 1997; 他、表2参照)。

以上より、短時間提示の顔の符号化では前頭前野の活動は主に右側 (BA46, 44, 9 など) でより顕著であり、このような言語化の起こりにくい視覚刺激の短時間提示の符号化に関しては HERA モデルは適合しないと考えられる。

2. 再認 (検索) 課題

再認課題では両側の前頭前野に活動上昇が認められた (10名中、右側-10名、左側-8名)。右前頭前野背外側の活動上昇は、再認において蓄えていた知識が呼び出されることではなく、検索しようとする自体に関係したものであることを示す結果がいくつかの PET 実験により報告されている (Schacter et al, 1996; Nyberg et al, 1995)。また、記銘課題と同様に視覚像の一時的な保持が再認課題でも要求されるために活動上昇が生じた可能性もある。

左前頭前野前方 (BA10, 47) での活動上昇は再認課題に特徴的であった (10名中、再認課

表 2 非言語的課題による記銘・再認実験の結果 (PET および fMRI)

研究者	課題	前頭前野での活動上昇*
PET		
Haxby et al (1996)	顔の記銘 (1 枚につき 1 回 4 秒間, 3 回提示) 顔の認識 (記銘した顔か否かを判断する)	左 11 / 47, 46, 8 / 9 右 9 / 45, 8 / 44, 10
Smith et al (1993)	複数の点と円 (後から提示) の位置関係 図形の遅延再認	右 47, 右 6 左 44
Petrides et al (1993)	8 種類の図形から毎回異なるものを選ぶ	右左 9, 46 (右>左)
fMRI		
Belger et al (1998)	空間の複数の点の位置の遅延再認 複数の図形の遅延再認	右中前頭回 両側中前頭回, 左下前頭回
Gabrieli et al	風景写真 (屋内か屋外かを判断しつつ記銘する)	右下前頭回に沿った領域
Courtney et al	sammpile と test の顔刺激の照合 (3 秒間ずつ提示, 保持期間 = 8 秒間)	9 / 44 (右 -3, 左 -2) ** 45 / 47 (右 -4, 左 -5) 46 (右 -3, 左 -4)

* 数字は Brodmann's Area に対応

** 被検者 8 名中, 優位な活動上昇が見られた人数

題では 6 名, 記銘課題では 2 名, 図 1 の 4)。記銘課題では入力情報の処理に重点が置かれるのに対して, 再認課題では入力刺激に対する親近性または新奇性に基づいて判断・反応するという点が記銘課題と再認課題の重要な違いであったと考えられる。前頭葉前方 (とくに左) の活動はこの点に関係していた可能性がある。

筆者らは, 1) 側頭葉内側部, 2) 前脳基底部近傍, および 3) 左前頭前野前方を要素とするネットワークが, 既知感および新奇性といった一種の価値判断の実現や, それに基づく反応の生成に関与していると推測する。大まかな流れは, 入力刺激は認知の段階で側頭葉内側部 (海馬や海馬傍回) においてプライミング的な要素に基づく処理により親近性や新奇性が検出され, 前脳基底部および近傍にはこれをモニタする機能があり, 左前頭前野前方でこの情報に基づき行動 (反応) を生成する, となる。この仮説の根拠としては以下のような事実が挙げられる。

1) 側頭葉内側部で入力刺激が親近性を持つか新奇であるかによって活動部位に違いが生じることが報告されている (Fujii et al, 1997; Gabrieli et al, 1997)。親近性や新奇性は, 視覚刺激を認知し, それと検索した知識を照合した結果生じるのではなく, 認知の早期の段階で生

じるとする仮説が提出されている (Milner, 1989)。

2) 前脳基底部の損傷による健忘症例における視覚刺激や言語刺激を用いた再認課題で, 成績は非常によいにもかかわらず確信度は低い現象を筆者ら (田中と乾, 1997; 古沢ら, 1997) は報告した。Wilson ら (1990) のサルを用いた実験でも familiarity や novelty に関する課題遂行中に特異的に発火するニューロンが前脳基底部に存在することが報告されている。また, Fujii ら (1997) の PET による実験において, 次々と連続して聴かされる単語のなかで初めて聞かされるものだけを復唱することが要求された場合に前脳基底部 (Talairach Atlas において -20, 2, -8) に有意な活動上昇が認められている。Tulving ら (1996) は PET を用いた実験で初めて提示される絵を見る場合, 前もって提示された絵を見る場合と比較して前脳基底部 (Talairach Atlas において -2, 34, -12) において有意な活動上昇が生じたことを報告した。

3) 左前頭前野腹側 (とくに BA47 とその付近) では, Courtney らの fMRI による顔の遅延再認実験において 8 名中 5 名で活動上昇が見られている。さまざまな PET 実験の結果から左前頭前野前方 (とくに BA47 / 12) の短期および長期記憶に基づく判断・反応への関与が示

唆されている (Rushworth et al, 1997; Reber et al, 1998)。さらに、両側の前頭前野前方腹側が working memory に関する課題の中でも特に decision making に深く関与することが脳損傷症例に関する研究においても示されている (Bechara et al, 1998)。また、以上の各領域が実際に密接な線維連絡を持つことも報告されている (Hoesen, 1982)。他にどのような領域が重要であるか、またそれぞれのネットワークがどのような構造をもつか、などに関しては今後の検討が必要である。fMRI による研究では解剖学的構造からもたらされる磁場の不均一性により前脳基底部や海馬付近からの MRI 信号は検出が困難であり今回の実験ではこれらの領域の検討は出来なかった。しかしデータ採取の方法を改良することによりこれらの問題も解決されつつあり今後研究が進むと考えられる。

なお、今回の再認課題では刺激の半数は既知、半数が未知であったため、刺激に対する親近性や新奇性も半分しか評価されていないことになる。親近性や新奇性の認知およびそれに基づく判断に関与する領域を調べるためには、既知と未知の刺激をブロックごとに提示するなどの方法による研究が必要であると思われる (例えば Tulving et al, 1996 など)。

3. その他の活動上昇領域

再認課題において右下頭頂小葉の活動上昇が見られた。これは再生や符号化と比較して、再認では入力刺激の認知処理がより重要であることに関係があると考えられている (Tulving et al, 1996; Cabeza et al, 1997b)。前頭葉内側部の活動の上昇は、性別判断課題では認められず記銘課題では 10 名中 2 名、再認課題では 10 名中 9 名に認められた。前頭葉内側部および帯状回前方は、情動、発話、反応の選択、行為の開始、などに関与すると考えられている (Devinsky et al, 1995; Cabeza et al, 1997a) が、今回の実験では、再認課題では「既知か未知か」という他の二つの課題と比してより難しい判断が求められていることに関係している可能性がある。後頭葉視覚野および側頭葉底面では、顔認知に最も特異性が高いとされる右の紡錘状回に

おいていずれの課題においても活動上昇のピークが存在し、その位置は 3 つの課題間ではほとんど差がなかった (Talairach Atlas において (36, -70, -16))。これは PET による顔刺激を用いた記銘・再認実験で活動上昇が認められた領域に一致していた (Andreasen et al, 1996; Haxby et al, 1996)。

fMRI は非侵襲的に個人レベルで詳細な神経活動の検討が可能であり認知心理学研究の非常に強力な手法となった。一方、今回示したように従来の PET などの実験結果に必ずしも一致しない結果が得られる場合や、fMRI によって活動上昇が検出された部位と脳損傷症例で報告される機能異常との関連が簡単には見いだせない場合などに遭遇することもある。このような問題点を解決するためにも、今後の fMRI 研究においては実験デザインのさらなる工夫および課題遂行に対応する認知過程の詳細な検討が非常に重要であると考えられる。

付記 本研究は平成 9 年度文部省科学研究費特定領域研究 (A) (1) (「高次脳機能のシステムの理解」課題番号 08279102) の補助を受けた。

文 献

- 1) Andreasen NC, O'Learly DS, Arndt S et al : Neural substrates of facial recognition. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci* 8; 139-149, 1996
- 2) Bechara A, Damasio H, Tranel D et al : Dissociation of working memory from decision making within the human prefrontal cortex. *J Neurosci* 1; 428-437, 1998
- 3) Belger A, Puce A, Krystal JH et al : Dissociation of mnemonic and perceptual process during spatial and nonspatial working memory using fMRI. *Hum Brain Mapp* 6; 14-32, 1998
- 4) Cabeza R, Nyberg L : Imaging cognition : An empirical review of PET studies with normal subjects. *J Cogn Neurosci* 9; 1-26, 1997
- 5) Cabeza R, Kapur S, Craik FIM et al : Functional neuroanatomy of recall and recognition : A PET study of episodic memory. *J Cogn Neurosci* 9; 254-265, 1997
- 6) Courtney SM, Ungerleider LG, Keil K et al : Transient and sustained activity in a distrib-

- uted neural system for human working memory. *Nature* 386 ; 608-611, 1997
- 7) Debinsky O, Morrel MJ, Vogt BA : Contributions of anterior cingulate cortex to behavior. *Brain* 118 ; 279-306, 1995
 - 8) Fujii T, Okuda J, Kawashima R et al : Different roles of the left and right parahippocampal regions in verbal recognition : A PET study. *Neuroreport* 8, 1113-1117, 1997
 - 9) Gabrieli JDE, Brewer JB, Desmond JE et al : Separate neural bases of two fundamental memory processes in the human medial temporal lobe. *Science* 276 ; 264-266, 1997
 - 10) Haxby JV, Ungerleider LG, Horvitz B et al : Face encoding and recognition in the human brain. *Proc Natl Acad Sci USA* 93 ; 922-927, 1996
 - 11) Hoesen GWV : The parahippocampal gyrus : New observations regarding its cortical connection in the monkey. *TINS* Oct. 345-351, 1982
 - 12) Kapur S, Tulving E, Cabeza R et al : The neural correlates of intensional learning of verbal materials : A PET study in humans. *Cogn Brain Res* 4 ; 243-249, 1996
 - 13) 古沢三千代, 田中茂樹, 乾敏郎 : 前脳基底部健忘の記憶保持についての検討. *神経心理* 13 ; 59, 1997
 - 14) Milner PM : A cell assembly theory of hippocampal amnesia. *Neuropsychologia* 27 ; 23-30, 1989
 - 15) Nyberg L, Tulving E, Habib R : Functional brain maps of retrieval mode and recovery of episodic information. *Neuroreport* 7 ; 249-252, 1995
 - 16) 緒方敦子, 東郷伸一, 川津学ら : 紡錘状回梗塞により大脳性色覚異常と連合型視覚失認, 相貌失認を呈した患者の症状と経過. *神経心理* 11 ; 170-177, 1995
 - 17) 小山善子, 鳥居方策, 山口成良 : 相貌失認および色覚失認を呈した両側後大脳動脈領域梗塞の1例. *神経心理* 11 ; 240-249, 1995
 - 18) Petrides M, Alivisatos B, Evans A et al : Dissociation of human mid-dorsolateral from posterior dorsolateral prefrontal cortex in memory processing. *Proc Natl Acad Sci USA* 90 ; 873-877, 1993
 - 19) Reber PJ, Stark CE, Squire LR : Cortical areas supporting category learning identified using functional MRI. *Proc Natl Acad Sci USA* 95 ; 747-750, 1998
 - 20) Rushworth MFS, Nixon PD, Eacott MJ et al : Ventral prefrontal cortex is not essential for working memory. *J Neurosci* 17 ; 4829-4838, 1997
 - 21) Schacter DL, Alpert NM, Savage, CR et al : Conscious recollection and the human hippocampal formation : Evidence from positron emission tomography. *Proc Natl Acad Sci USA* 93 ; 321-325, 1996
 - 22) Sergent J, Ohta S, MacDonald B : Functional neuroanatomy of face and object processing. *Brain* 115 ; 15-36, 1992
 - 23) Smith EE, Jonides J, Koepp RA et al : Spatial versus object working memory : PET investigations. *J Cogn Neurosci* 7 ; 337-356, 1995
 - 24) Talairach J, Tournoux J : Co-planar stereotaxic atlas of the human brain. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1988
 - 25) 田中茂樹, 乾敏郎 : 記憶研究—認知神経心理学的アプローチ. *実験医学* 15 ; 1691-1701, 1997
 - 26) Tulving E, Kapur S, Craik FIM et al : Hemispheric encoding / retrieval. *Proc Natl Acad Sci USA* 91 ; 2016-2020, 1994
 - 27) Tulving E, Markowitsch HJ, Craik FE et al : Novelty and familiarity activations in PET studies of memory encoding and retrieval. *Cereb Cortex* 6 ; 71-79, 1996
 - 28) Wilson FA, Rolls ET : Learning and memory is reflected in the responses of reinforcement-related neurons in the primate basal forebrain. *J Neurosci* 10 ; 1254-1267, 1990

Neural Substrates For Facial Memory : A fMRI study

Shigeki Tanaka*, Toshio Inui**, Tomohisa Okada***,
Junji Konishi***

*Department of Psychology, Kyoto University, Department of Neurology, Okatani Hospital
and JSPS Research Fellow

**Department of Information Science, Kyoto University

***Kyoto University School of Medicine

The purpose of this study was to examine the prefrontal involvement in facial memory using functional MRI (fMRI). Ten healthy subjects performed three types of tasks, gender discrimination, memory encoding, and recognition. Statistical Parametric Mapping 96 was used to analyze those fMRI data. During the encoding task were involved the right prefrontal and bilateral medial frontal cortices. During the recognition task were involved the bilateral prefrontal, medial frontal and the right parietal cortices. Almost no activation was observed in the frontal or parietal lobes during the gender discrimination task. The hemispheric encoding/retrieval asymmetry (HERA) model can explain convincingly the results of PET studies using verbal memory tasks; in episodic memory encoding are involved the left prefrontal cortex more than the right, whereas in episodic memory re-

trieval are involved the right prefrontal cortex more than the left. There was also a PET study on facial memory reported the consistent results to HERA model. Our fMRI study results, however, showed that the right prefrontal cortex was more strongly involved during both encoding and recognition tasks than the left, which was not consistent with HERA model. In our study, the rote rehearsal of subjects or other language mediated process during the encoding task might be suppressed so successfully that the activation in the left prefrontal cortex was smaller than in the right prefrontal cortex. The activation observed in the left anterior prefrontal region during the recognition task was possibly related to the cognitive processes that might occur while the subjects responded according to the familiarity and/or novelty against the stimuli.

(Japanese Journal of Neuropsychology 14 ; 197-206, 1998)