

顔視覚像の脳内表現：サル上側頭溝皮質「顔細胞」の生理学的解析

代表研究者 大阪大学医学部教授 藤田 一郎

共同研究者 大阪大学医学部大学院生 田中 秀樹

〔研究の概要〕

物体認識の神経機構の研究の過程で、サルの側頭葉で見つかった、顔を見た時にのみ反応をする顔選択性細胞(「顔細胞」)は、大きな議論を神経科学や認知科学に産み出した。しかし、これら議論がよりどころにしているデータは不十分であり、例えば、「顔細胞」の反応を引き起こしている本質的視覚刺激特徴が十分に解析されていない。また、側頭葉の中でも、「顔細胞」が多く分布すると報告されている上側頭溝皮質(STS野)のその他の細胞の性質はほとんど解析されておらず、この領域における顔視覚像の処理と他の視覚情報処理の関係が不明である。3年計画である本研究の1年目は、STS野と、その隣に位置しやはり「顔細胞」が存在するとされる下側頭葉皮質(TE野)の細胞の視覚反応性の全体的把握を得ることを目標にした。この過程で、顔に反応する細胞の分布の概略を知り、また、それらの細胞の性質についての予備的な解析を行った。

〔研究経過および成果〕

上側頭溝皮質 STS 野と下側頭葉皮質 TE 野

ヒトの正面像、正面威嚇像、右横顔、左横顔、サルの正面像の5つの顔刺激と、顔以外の3次元物体、幾何学的パターン、単純刺激(傾き、長さの異なる白または黒のバーと色スポット)を含む40の図形を刺激セットとして、STS野とTE野の細胞の反応を調べたところ、両領域において50-60%の細胞は、どの刺激に対しても反応を示さなかった。しかし、何百という物体刺激を丹念に提示して探索することで有効刺激を見いだすことができる。このことは、STS野もまた、TE野と同様、顔の視覚像のみの処理にかかわっているのではなく、非常に多様な図形特徴の処理に関わっていることを示唆している。

刺激1個あたり、サンプルした細胞のうちの何個を興奮させたかを計算してみると、細胞に興奮性応答を引き起こす可能性が高いのは、顔、物体、幾何学パターン、単純刺激の順となっていた。この順序はSTS野でもTE野でも同じであった。

STS野の最深部(上側頭溝の底部)において、視覚刺激の拡大、縮小、回転、並進など、特殊な視覚運動(オプティカルフロー)に反応する細胞の一群が固まっている部位が見いだされた。本発見は、申請課

題とは直結しないが、MST野(同様にオプティカルフローに反応する細胞があることがすでに80年代に見いだされている)の次のステージに相当する領域である可能性を含んでいる。

顔反応性細胞と顔選択性細胞

顔に反応する細胞は、有意視覚応答を示した細胞の約半数、調べた細胞全体に対する割合は20%であった。ところが、これらの細胞のほとんどは、顔のみならず他の物体にも反応を示した。Rolls, E.T. & Tovee, M. (1995)は顔選択性細胞の基準として、顔に対する最大応答と他の刺激に対する最大応答の比が2以上という定義を用いている。試みにそのような細胞を我々のサンプルで数えてみると、サンプル全体のわずか3-4%にしかすぎなかった。

しかも、一見非常に顔に選択性が高く見える細胞においても、さらに100を越す物体を呈示し有効刺激を探索したり、刺激で有効であった顔をコンピュータ画像作成装置を用いて様々な変換をほどこすことで、真にその細胞を興奮させている図形特徴を決定してみると、顔の中の部分特徴(たとえばサルの顔の明暗パターン:非常に粗い空間周波数フィルターを通すことで作成できる)に応じており、同じ明暗パター

ンを持つ物体にも顔と同様に反応する場合があった。ただし、このような解析を適用できた細胞の例数はまだ限られており、さらに検討を重ねる必要がある。

顔反応性細胞の分布

顔に反応する細胞は、探索を行った STS 野および TE 野の後部 (A8: 耳道より 8 ミリ前方) より最前部 (A20) までのすべてのレベルで見いだされた。時に、一つの電極刺入路にそって 3-5 ミリ以上にわたって連続して記録できた。しかし、すでに述べたように、これら顔に反応する細胞のほとんどは、顔に選択的に反応するわけでない。特筆すべきは、A20 のレベルで、TE から STS 野へ移行する上側頭溝の肩の部分に、上記 Roll & Tovee (1995) の定義を満たす、比較的顔に選択性の高い細胞が固まって存在していたことである。

結 語

現在までの結果は、顔全体を刺激として必要としている細胞がある確率は低く、「顔細胞」と呼ばれている細胞は、顔の部分的図形特徴に反応している可能性が高いことを示し、「顔に真に選択的に反応する細胞がある、すなわち、顔と他の物体の視覚像は別の神経機構により処理されている」という考えに大きな疑問を提出している。今後、今回の解析により得られた顔反応性細胞の分布の知見をもとに、その領域から、能率良く顔反応性細胞を記録し、その一つ一つについて、丁寧な刺激選択性の解析 (reduction method; Fujita, I. et al., *Nature*, 360:343-346, 1992) を適用し、この問題をさらに追及することを第一の目標としたい。

〔発表論文〕

1. Fujita, I. (1995) The warp and weft in the inferior temporal cortex. In: *Emotion, Memory and Behavior: Study of Human and Nonhuman Primates*, pp. 79-89, Japan Scientific Press.

2. Fujita, I. (1995) Inferior temporal cortex: columns and horizontal axons. International Brain Research Organization (IBRO) symposium on "Physiology and anatomy of the association cortices", 11.
3. Fujita, I. (1995) How are object images represented in the monkey brain? In: *Nervous systems and Behavior*, 29, Georg Thieme Verlag.