

「脳を知る」

平成7年度採択研究代表者

藤田 一郎

(大阪大学大学院基礎工学研究科 教授)

「視覚認識の脳内過程」

1. 研究の概要

霊長類の脳皮質における物体視覚像の処理過程を解析し、物体の認識にいたるメカニズムを理解することを目標とする。心理学・生理学・解剖学・分子生物学・陽電子断層撮像法（PET 法）を用いてサルの視覚野とくに下側頭葉皮質の機能と構造を解析している。これまでの成果で最大のものは、「下側頭葉皮質に両眼視差に選択性を持つ細胞が存在し、その一部が面の奥行き構造を伝えている」証拠を得たことである。一次視覚野から下側頭葉皮質への経路が、2次元網膜像から3次元面構造の復元過程に関わっていることを提唱する。

2. 研究実施内容

サルにおいて下側頭葉皮質は物体視に関わる神経経路（「腹側視覚経路」）の最終段であり、脳局所破壊実験はこの領域が物体知覚・認識に必須であることを示している。この理由から、われわれは下側頭葉皮質を中心に、視覚情報処理のメカニズムを解析している。プロジェクトは、心理学・生理学・解剖学・分子生物学の手法を主体とする生理解剖グループとPET法を主体とするPETグループからなり、脳の異なった階層での現象を解析し、視覚認識の脳内過程に関する階層縦断的理解をめざしている。

a. サルにおける面構造知覚の行動学的証拠

人は、両眼視差をもとに、2次元網膜像から3次元面構造を復元する。2次元画像から立体構造を求めることは典型的な不良設定問題であり、本来ならば解は一つに定まらない。しかし、脳は、情報として不十分な網膜像から、その網膜像を与えうる可能性の最も高い面構造一つを復元する。この現象の神経メカニズム解明にとりくんでいる。Nakayama & Shimojo (1992) は、ヒトの知覚心理実験から、一般像抽出原則（ある2次元網膜像を投影する3次元面構造が複数存在する時、視覚系は、その像を一般的に生じるような3次元面構造を再構築する）を提唱し、ヒトの面構造復元を説明した。一般像抽出原則を実現する神経機構の解析には、サルを用いた生理学的実験が必須である。われわれは、その出発として、サルを用いた行動

実験を行い、1) サルが面を知覚していること、2) 面の知覚の際に、一般像抽出原則で予測される面構造を復元していることを示した。

b. 下側頭葉皮質における両眼視差情報処理

個々の物体は奥行きと傾きの異なる複数の面から成り、それぞれの面は固有の形・色・きめを持つ。従来、形・色・きめなどの表面特徴は下側頭葉皮質にいたる腹側視覚経路で処理されており、面に奥行きを与える両眼視差は頭頂葉にいたる経路（背側視覚経路）で処理されていると考えられてきた。しかし、どんな表面特徴を持った面がどの奥行きにどのような傾きで存在するかを知るには、両者の情報の統合が必要である。われわれは最近、下側頭葉皮質細胞の半数が両眼視差に反応することを発見した。さらにこれらの細胞の両眼視差選択性は受容野内では一定であること（位置不変性）、似た選択性を持つ細胞が集団を形成していることも明らかとなった。両眼視差は、下側頭葉皮質細胞の処理する視覚属性の重要な一つであると考えられる。

c. 下側頭葉皮質細胞による面の奥行き構造の表現

上記の両眼視差選択性を持つ下側頭葉皮質細胞の一部が、図形に含まれる両眼視差そのものでなく、2次元図形と両眼視差の情報から一般像抽出原則にそって復元された面構造を、情報として伝えていた。本結果から、われわれは、一次視覚野から下側頭葉皮質にいたる腹側視覚系路が、両眼視差情報を手がかりに、一般像抽出原則などのルールに従って、2次元網膜像から3次元面構造を再構成しているという仮説を提唱する。

d. 両眼視差情報による形の表現

物体認知を行うための一番重要な手がかりは、物体の形である。輝度・色・きめの他、両眼視差も物体表面の境界で大きく変化するため、形情報の抽出に両眼視差も貢献している可能性がある。そこで、形情報の処理をしている下側頭葉皮質細胞が、両眼視差をもとに検出される形に反応するかどうかを検討した。単眼像には形を含まず両眼融合して初めて形が現れるランダムドットステレオグラム (RDS) をサルに呈示し、下側頭葉皮質細胞の反応を調べたところ、RDS の中に含まれる両眼視差で規定される形に反応する細胞が見つかった。両眼視差、きめ、輝度の3つの異なる手がかりで定義した形に対して、これらの細胞は似た選択性を示した。手がかりに依存しない形の情報伝達は、一つの手がかりでは不確かな形の検出が、複数のがかりにより確実になることに寄与していると考えられる。

e. 下側頭葉皮質におけるシナプス可塑性

シナプスにおける伝達効率の長期的変化により、神経回路の機能的構成を変化させることが学習記憶の基礎過程になっていると考えられ、実験的に誘発される長期増強 (LTP) と長期抑圧 (LTD) がそのモデルとして活発な研究対象となってい

る。この仮説が正しいならば、学習適応能力に優れた霊長類の、認知記憶の貯蔵場所である大脳皮質で、LTP や LTD が観測されるはずである。そこで、下側頭葉皮質および一次視覚野において、皮質 2/3 層に記録電極と刺激電極を設置し、細胞外電場電位を記録した。皮質内水平軸索への同様の高頻度刺激により下側頭葉皮質では LTP が、一次視覚野では LTD が誘発された。これらは、霊長類の大脳皮質に LTP, LTD というシナプス可塑性がそなわっていること、およびその性質は領野間で異なることを示す。

3. 主な研究成果の発表 (論文発表)

○Tanigawa, H., Fujita, I., Kato, M., Ojima, H.: Distribution, morphology, and aminobutyric acid immunoreactivity of horizontally projecting neurons in the macaque inferior temporal cortex. *J. Comp. Neurol.*, 401, 129-143 (1998)