

「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. 研究実施の概要

霊長類の大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脳内メカニズムの理解を進め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一次視覚野から下側頭葉皮質にいたる腹側視覚経路の機能と構造を解析している。昨年度までの研究により、「下側頭葉皮質に両眼視差を処理伝達している細胞が存在し、しかもその一部が両眼視差と形の情報の統合から計算した面の奥行き構造を伝えている」ことの証拠を得た。本年度も、この研究結果を補強、発展させる実験を中心に研究を展開した。また、下側頭葉皮質の図形特徴(形、形と色またはテクスチャーの組み合わせ)に対する選択的応答性の形成に、下側頭葉皮質内におけるGABA抑制メカニズムが貢献していることを示す研究結果がまとまった。PETグループは、サルにおける物体の部分と全体の知覚において、ヒトと同様、全体の知覚が先行することを示す心理学的証拠を得、さらに、部分の知覚、全体の知覚それぞれの場合に、下側頭葉皮質の特定の部位が活動することを見いだした。

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(「腹側経路」)の最終段であり、脳局所破壊実験はこの分野が物体知覚・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. 腹側視覚経路における両眼視差情報処理

昨年度までの研究により、1. 両眼視差をもつような視覚刺激を提示されるとサルもヒトと同じ立体構造(面構造)を知覚すること、2. 下側頭葉皮質の神経細胞の約半数が両眼視差に反応し、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り(位置不変性)、さらに似た選択性を持つ細胞が集団を形成していること、

3. 両眼視差に選択性をもつ下側頭葉皮質細胞の一部は、局所の両眼視差ではなく、形と両眼視差の両方の情報を統合して計算された面構造を伝えていることの3点を示した。これらのことから、両眼視差が検出されている一次視覚野から下側頭葉皮質へ向かう腹側視覚経路が、2次元網膜像から3次元面構造の再構成の過程に寄与しているという仮説を提出した。

下側頭葉皮質への両眼視差情報はどのような経路で到達しているのだろうか。両眼視差情報が腹側経路に沿ってやってきているかどうかの検討の手始めとして、本年度は、腹側経路において下側頭葉皮質の前段であり、下側頭葉皮質への主入力先であるV4野において、両眼視差への反応を調べた。V4野においても、7割近くの細胞が両眼視差に依存して活動を変化させた。これらの変化は、輻輳眼球運動や、片目像に対する反応の変化で説明することはできず、真の両眼視差選択性を反映したものであると考えられる。受容野内の異なる位置に刺激を提示しても、両眼視差選択性同調曲線に大きな変化はなく、V4野細胞の示す両眼視差選択性は、局所の受容野構造を反映したものではないことが示された。また、両眼視差選択性は、右眼像、左眼像に対する応答の平均または線形和からは予測できないことから、V4細胞の保持する両眼視差情報は、その細胞自身が検出したものではなく、V4より前段の細胞（おそらくV1の単純型細胞）により検出されたものがV4まで伝達されたものと考えられる。

b. 下側頭葉皮質細胞の図形特徴選択性形成へのGABA抑制の寄与

下側頭葉皮質TE野の細胞は、複雑な図形特徴（特定の形、または形と色、形とテクスチャーの組み合わせ）に反応し、その広い受容野の中では、刺激選択性が保存されている。過去の研究は、図形特徴選択性は、TE野の前段であるTEO野やV4野で形成されており、これらの領域で、同じ選択性を持ちながら異なる受容野を持つ細胞が、TE野の特定の細胞に収斂することで、TE野細胞の位置不変的な図形特徴選択性が形成されると提唱してきた。今回、抑制性伝達物質GABAの拮抗剤であるピキュキュリンを、TE野細胞に微小投与して、図形特徴選択性への影響を調べたところ、GABA抑制遮断下で、TE野細胞は、正常下では反応しない図形に反応するようになった。この新たに効果を持つようになった図形は、ピキュキュリンを与えられた細胞の近傍の細胞に対する有効刺激である場合が多かった。これらの結果は、図形特徴選択性の形成のプロセスはTE野においても続いていること、TE野におけるコラム内もしくはごく近傍のコラム間の相互作用がこの過程に必要であること、この過程にGABAを介した抑制機構が関与していることを示している。

c. サルにおける図形の全体と部分の知覚：心理物理学実験

我々は、物体を全体として一つのものとして知覚すると同時に、その物体を形

成する部分をも知覚できる。ヒトにおいては、このとき、全体の知覚が部分の知覚に先だっている。この神経メカニズムを追う一歩として、サルにおいて心理物理実験を行ったところ、サルにおいても、全体の知覚が部分の知覚に先立っていた。しかし、これら2つの脳内過程の間には時間的重複があり、全体から部分へ、部分から全体へという両方向性の干渉作用が認められた。同じテストを受けたヒトの被検者も同様の結果を示した。

サルにおいてもヒトと同様の知覚が生じていることをこのように確認した後、サルにPET法を適用し、部分を知覚しているときと全体を知覚しているときの脳内局所血流量を計測したところ、部分を知覚しているときには、下側頭葉皮質前部TE野がより強く、全体を知覚している時には下側頭葉皮質後部TEO野がより強く活動していた。結果は、下側頭葉皮質の前後軸にそって機能的な分化が起きていることを示している。

3．主な研究成果の発表（論文発表）

- Uka, T., Tanaka, H., Kato, M. and Fujita, I.: Behavioral evidence for visual perception of 3-dimensional surface structures in monkey. Vision Res., 39, 2399-2410 (1999)
- Takao, M., Wang, Y., Miyoshi, T., Fujita, I. and Fukuda, Y: A new intraretinal recording system with Multiple-barreled electrodes for pharmacological studies on cat retinal ganglion cells. J. Neurosci. Methods, 97, 87-92 (2000)