

2つの目で見えて1つの目では見えないもの



藤田 一郎*

What the two eyes tell you more than one eye does

Key Words : binocular disparity, 3-D vision, visual processing, temporal lobe

黒澤明の映画などで独特の演技を見せた左ト全という俳優がいた。石原慎太郎氏の回想によると、ある日、片目に眼帯をして現れた左氏に「どうしたのか。」と問うと、「どうせ右目も左目も同じものを見ているのに、一緒に使うともったいないから、片っ方ずつ使うんだよ。」と答えたそうである。日常生活でもユニークだった左氏の両目躍如たる言葉だが、実は、彼の言ったことは正しくない。

顔の前に人さし指を立て、右目、左目を交互に閉じると、遠景はほとんど変わらないのに、近くにある人さし指は左右に位置が動いて見える。このことは、右目と左目が違った世界を見ていることを意味する。さらに、遠くの物体と近くの物体で像のずれの量が異なることから、このずれ(両眼視差と呼ばれる)をもとに、見ているものまでの距離を脳が算出できる可能性を示している。実際、両眼視差が生じる工夫をした絵を眺めると奥行きをもった図形が浮かんでくる。このような絵はステレオグラムと呼ばれ、一時期、世間で大いにはやり、雑誌や新聞などに掲載されているものを楽しんだ方も多しと思う。この時、右目をつぶっても左目をつぶっても、浮かんで見えた図形は消えてしまう。脳は、2つの目を使うことで1つの目では見えないものを見るのである。

両眼視差は、後頭部の大脳一次視覚野で検出される。その後、脳は、多くの情報処理を経て見ているものの3次元構造を復元し、私たちは明確な奥行き

感を伴う3次元世界を知覚する。この情報処理は、大脳の中でも、頭のてっぺん付近に位置する頭頂葉皮質が行っていると考えられてきたが、この数年のわれわれの研究で、こめかみの奥の方にある側頭葉皮質もまた、両眼視差情報の処理に関わっていることが判明した。

まず、図1を見ながら、両眼視差とは何かをもう少し精確に定義してみよう。空間内の一点、たとえば、窓ガラスにとまった小さなハエを注視しているとする。このとき、ハエの像は、左右の網膜それぞれの中心窩(ちゅうしんか：網膜の中で最も空間精度良く光を感じることでできる部分、図中●)に投影されている。もう1匹のハエがやってきて同じ窓ガラス上(すなわち、同じ奥行き)にとまると、その像(図中□)は、中心窩から同じ方向に同じ距離だけ移動した位置に投影される。しかし、2匹目のハエがガラス窓にとまらず、手前か奥かにホバリングしているとする、その像は、左右の網膜の上で、中心窩から異なった方向にずれて投影される。どの位ずれるかは、2匹目のハエが窓ガラスに対して奥行き方向にどれだけ離れているかによる。両眼投影像のこの位置ずれが両眼視差であり、その符号と大きさがわかり、かつ、2つの目玉間の距離がわかれば、三角法を用いて、2匹目のハエのガラス面(すなわち注視面)に対する相対的奥行き位置が計算できる。われわれが自分のまわりの3次元世界を知覚しているとき、脳はまさにこの計算を行っている。もちろん無意識のうちに。

ヒトを含め霊長類の大脳皮質は機能の異なる多くの部分(領野)からなる。一次視覚野で、右目と左目からの情報が一つ一つの細胞上で出会い、両眼視差が算出される。一次視覚野以後の経路は2つに大別でき、それぞれ視覚の異なった側面を担っている。一次視覚野から頭頂葉皮質へ向かう経路(頭頂葉経路)は視覚対象の位置や運動情報の処理とそれらの



* Ichiro FUJITA
1956年11月生
1979年東京大学・理学部・生物学科卒業
現在、大阪大学大学院・生命機能研究科、教授、理学博士、認知脳科学
TEL 06-6850-6510
FAX 06-6857-5421
E-Mail fujita@fbs.osaka-u.ac.jp

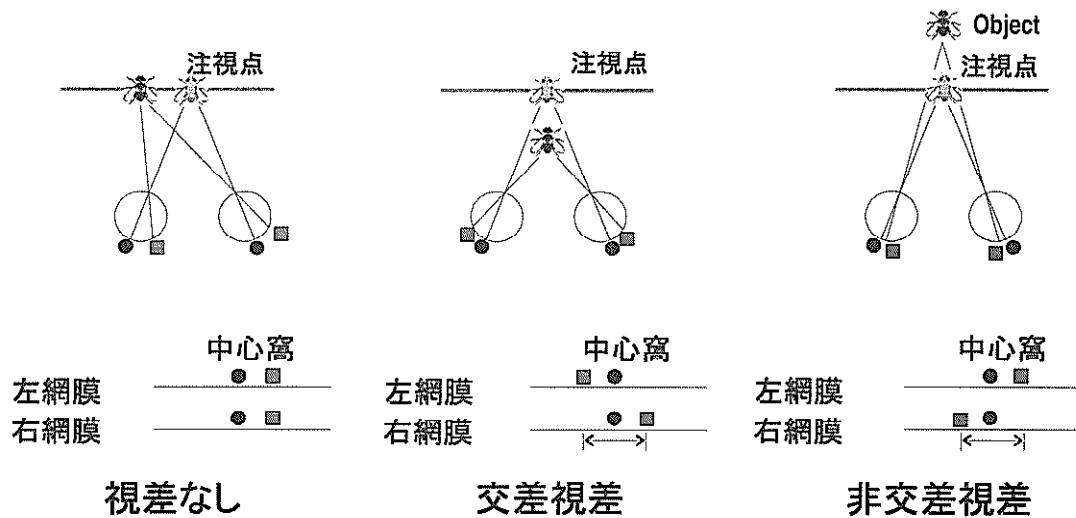


図1 両眼視差とは何か?



図2 霊長類視覚系を構成する2つの経路 (側頭葉経路と頭頂葉経路)

情報に基づいた行動の実現(たとえば、視覚対象に眼を向けたり、手を伸ばしたりする)に関わっている。一方、一次視覚野から側頭葉皮質へ向かう経路(側頭葉経路)は、視覚対象が何であるかを認識することに関わっている。前者に損傷をうけた人や動物は、物体が何であるかはわかっていながら、それをつかむことができなくなり、一方、後者に損傷を受けると、物体が何であるかがわからないにも関わらず、正確にそちらに眼を向け、ときには握することもできる(図2)。

両眼視差や視覚対象の面の傾きに反応する細胞は頭頂葉皮質で見出されてきており、頭頂葉経路で、両眼視差や面の情報が処理されていることは間違いない。一方、側頭葉経路での両眼視差情報処理や面構造復元過程の存在の可能性は、これまで、ほとんど考慮されてこなかった。しかし、われわれは、物体を見たときに、その物体を形成する面の奥行き構造(面の配置と傾き)だけでなく、それぞれの面がどんな形、色、模様をしているかを知ることができ、また、面の知覚自体が視覚対象の形や色に影響され

ることを示す心理学的実験証拠も多くある⁽⁶⁾。これらのことは、脳のどこかで、両眼視差の情報と形、色、模様などの情報が相互作用を持っていることを示唆している。物体の形、色、模様の情報が主に側頭葉経路で処理されている^(1,2,7)ことを考えると、この相互作用が側頭葉経路で起きている可能性がある。

われわれはこの仮説を確かめるために、まず、側頭葉経路の最終段階である下側頭葉皮質およびその前段のV4野の細胞が両眼視差に感受性をもつかどうかを検討したところ、半数以上の細胞が感受性を持っていることが判明した^(4,5,8)。これらの細胞はすべて、視覚刺激の形に対しても感受性を持っており、その活動を集めれば、特定の形がどの奥行きにあるかを情報として知ることができる⁽⁵⁾。さらに、奥行き面の順序関係を情報として伝える細胞も見つかった⁽³⁾。

以上の結果は、左右の網膜に与えられた2次元視覚像から、その網膜像を与えた物体の3次元構造を脳の中に復元し、物体を知覚する過程が、側頭葉経路に沿っても行われている可能性を示している。この経路における面の復元過程と頭頂葉経路における面の復元過程は、おそらく、その機能的意義が異なるであろう。われわれの発見を出発として、これら情報処理の機能的意義およびその背景にあるメカニズムの解明が、現在、欧米の複数の研究室とわれわれの研究室を中心になされている。これらの研究は、将来的には、効率的な3Dディスプレイの開発や、

側頭葉損傷患者の新たな診断法の開発に寄与すると期待できる。

参 考 文 献

1. Fujita, I. (2003) The inferior temporal cortex: architecture, computation, and representation. *J. Neurocytol.* In press.
2. Fujita, I., Tanaka, K., Ito, M., Cheng, K. (1992) Columns for visual features of objects in inferotemporal cortex. *Nature*, 360: 343-346.
3. Shimojo, S., Paradiso, M., Fujita, I. (2001) What visual perception tells us about mind and brain. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 98: 12340-12341.
4. Tanaka, H., Uka, T., Yoshiyama, K., Kato, M., Fujita, I. (2001) Processing of shape defined by disparity in inferior temporal cortex. *J. Neurophysiol.*, 85: 735-744
5. Uka, T., Tanaka, H., Kato, M., Fujita, I. (2000) Disparity selectivity of neurons in inferior temporal cortex. *J. Neurophysiol.*, 84: 120-132
6. Uka, T., Tanaka, H., Kato, M., Fujita, I. (1999) Behavioral evidence for visual perception of 3-dimensional surface structures in monkeys. *Vision Res.*, 39: 2399-2410.
7. Wang, Y., Fujita, I. & Murayama, Y. (2000) Neuronal mechanisms of selectivity for object features revealed by blocking inhibition in inferotemporal cortex. *Nature Neuroscience* 3, 807-813.
8. Watanabe, M., Tanaka, H., Uka, T., Fujita, I. (2002) Disparity-selective neurons in area V4 of macaque monkeys. *J. Neurophysiol.*, 87: 1960-1973.

