

# 見えないものを見る仕組み

杉田陽一

## 研究のねらい

日常生活では、手前にある障害物によって、見ようとする物体の一部が隠されることが頻繁である。たとえば、茂みの背後の動物、電柱の後ろの小さな家、窓枠の後ろに見える自動車等々。それらの物体の一部は見えないにも関わらず、我々は見えない部分が「在る」ことを信じて疑わない。そして、見えている断片を上手につなぎ合わせて全体の形状を認識する。このように、「見る」ことは、網膜像を正確に解釈するのではなく、眼に写ったものから本質を推察する行為に他ならない。同じように、「聞く」ことも過牛有毛細胞の活動を正確に分析することではない。このような推論は、脳の何処でどのようにして行われているのだろうか。

私共の研究グループでは、高次脳機能のメカニズムに迫るべく、曖昧な部分を文脈から類推することに参与している脳の場所を捜し始めた。すると、驚くべきことに、第一次視覚野あるいは第一次聴覚野、すなわち視覚情報や聴覚情報が始めて大脳皮質に到達する部位の細胞が、既に「高次な脳機能」を実現していることが明らかになったのである。

## 研究成果

連続した音の一部を雑音で完全に置き換えても、音は雑音の陰で鳴り続けているように聞こえる。この錯聴現象は、連続聴効果あるいは聴覚誘導として良く知られている。私共は、連続的に

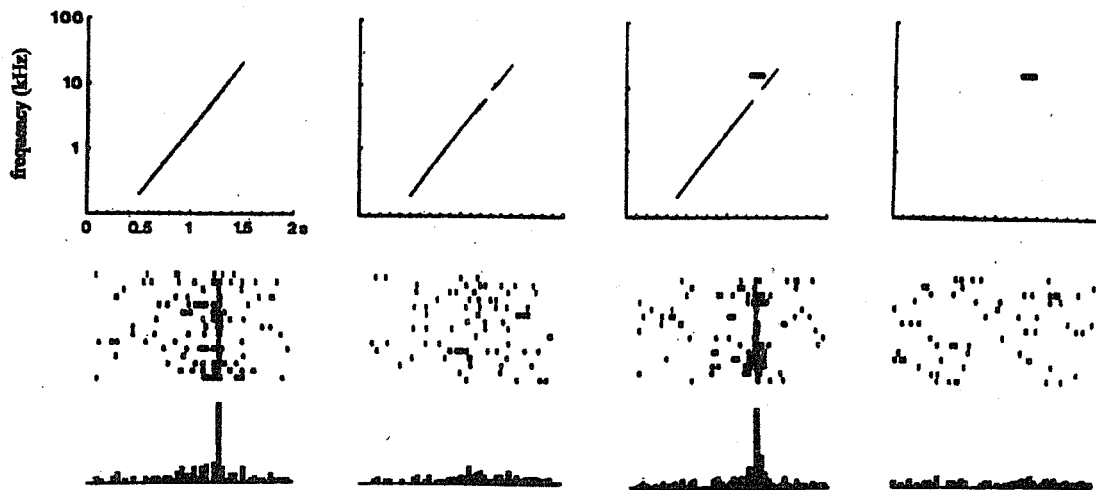


図1 周波数変化音に対するネコ第一次聴覚野の細胞活動。この細胞は周波数が10 kHz 近辺にさしかかった時に強く応答した。周波数変化音から10 kHz 附近の音を切り取ると全く応答しなくなったが、その部分を中心周波数1.6 kHz の帯域雑音でさしかえると再び強く応答した。しかし、帯域雑音だけを単独で呈示しても全く応答しなかった (Sugita, 1997)。

周波数が上昇あるいは下降する音を聞かせながら、ネコ大脳皮質第一次聴覚野の細胞活動を記録した。図 1 に示すように、第一次聴覚野の細胞は上昇音あるいは下降音に強く応答する。そして、上昇音や下降音の一部を空領で置き換えると、応答は著しく減衰する。このとき、空領部分を帯域雑音で置き換えると、ふたたび活発に応答する。しかし、帯域雑音だけを単独で聞かせても、全く応答しない。これらの事実は、第一次聴覚野の細胞が音の瞬時の周波数成分を抽出しているのではなく、少なくとも100ミリ秒以上に渡る音情報の時間的統合を行っていることを示している。このような第一次聴覚野の細胞の応答特性は、雑音が存在しても間違いなく音の意味を聞き取ることに役立っているものと思われる。

私共は、最近、第一次視覚野からも見えない部分を能動的に補完する細胞があることを確認している。3次元の視覚世界において、目標となる物体の一部が、手前にある障害物で遮蔽されることがたびたびである。たとえば、茂みの背後の動物、電柱の後ろの小さな家、窓枠の後ろに見える自動車等々。それらの物体の一部は見えないにも関わらず、我々は見えない部分が「在る」ことを信じて疑わない。この「信じて疑わない」メカニズムを調べるために、ディスプレイ上で、一本の垂直な棒を左右に動かし中央に障害物を置いた。左右の眼から見える障害物の位置をそれぞれ少しだけずらすと、障害物の奥行きが変化し、いわゆる3次元立体視が可能になる。この両眼立体視を利用して、障害物が垂直な棒の手前に在るように見せると、棒は障害物の背後で左右に動いているように見える。逆に、障害物が垂直な棒より遠くに在るように見せると、もはや障害物が棒の一部を覆っているようには見え、垂直方向に並んだ2本の短い棒が障害物の手前で左右に動いているように見える。

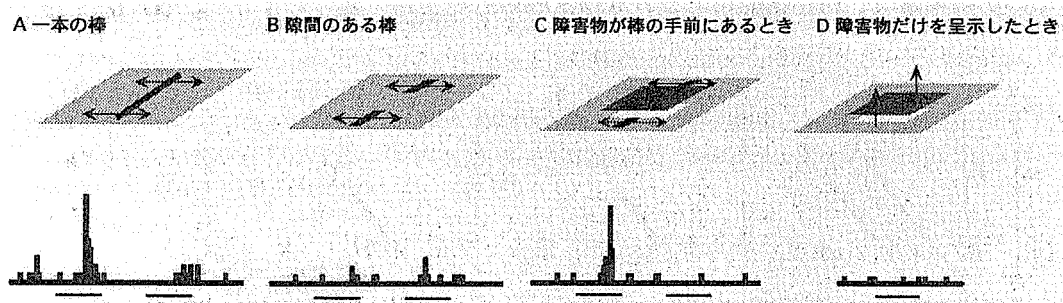


図 2 第一次視覚野の細胞活動。この細胞は線分が左から右に動く時に強く応答した。しかし、線分の中央に隙間を設けると応答は著しく減衰した。この時、隙間を覆うように障害物を置くと、再び強く応答するようになった。ところが、障害物だけを単独で呈示しても全く応答しない。それぞれの図の上は、呈示した視覚刺激の模式図を現している。下の部分は応答のヒストグラムである。ヒストグラムの下側のアンダーラインは線分が左から右に動いている時間、右側のアンダーラインは逆に右から左に動いている時間を示している (Sugita, 1999)。

このような絵をサルに見せながら、第一次視覚野の細胞の応答を記録した。第一次視覚野は、後頭部に位置し、網膜からの視覚情報が最初に到達する大脳皮質の領域である。第一次視覚野の細胞の多くは、特定の傾きの線分あるいは輪郭線に対して特異的に応答する。これらの細胞の中

から、線分に隙間がある時には応答を停止し、隙間の部分を障害物で隠すと再び活発に応答する細胞があることを確認した。この細胞は、障害物だけ呈示しても全く応答しないことから、障害物の陰になり実際には見えない線分に対して応答していると考えられる。このような細胞の応答は、我々の主観的な知覚と見事に対応している（図2）。

## 今後の展開

障害物に隠されていて実際には見えない輪郭を「在る」と知覚することは、認知的輪郭線と呼ばれ、視覚情報処理が相当に進んだ段階で始めて達成されると考えられてきた。ところが、逐次処理の最初の段階で、既に見えない部分の推測が行われていることが明らかになったのである。したがって、脳は情報を部分に分解してこれを並列処理した後、統合して全体像を見るのではなく、すでに第一次聴覚野や視覚野においても統合された全体像を予測した情報処理が行われていると考えられる。おそらく、逐次処理が進むにつれて、聞こえない部分や見えない部分の補完は、その時間的空間的範囲を広げていくものと思われる。これらのメカニズムを明らかにすることによって、脳の高次な情報処理様式を理解することが可能になるものと思われる。

## 成果リスト

### 論文

- Y. Sugita (1997) Neuronal correlates of auditory induction in the cat cortex.  
*NeuroReport*, 8: 1155-1159
- Y. Sugita (1999) Grouping of image fragments in primary visual cortex.  
*Nature* 401 : 269-272
- Y. Sugita (1999) Global plasticity in adult visual cortex.  
In: C. Shaw & J. McEachern (eds.) *Toward a Theory of Neuroplasticity*.  
Tayler & Francis Publishing, in press.

### 口頭発表

- Y. Sugita, Y. Suzuki & T. Sone (1999) Auditory search asymmetry.  
20<sup>th</sup> Annual International Conference of IEEE/EMBS, Hong Kong.
- Y. Sugita (1999) Neuronal correlates of amodal completion in primary visual cortex.  
29<sup>th</sup> Annual Meeting of the Society for Neuroscience, Miami Beach.