



大脳一次視覚野の機能構築に関する新説：

視野局所を見るための構造とより広い状景を見るための構造が分離配置していることを計算で予測

概要

九州大学大学院医学研究院の岡本剛准教授は、大阪大学の藤田一郎教授ら、東京大学の合原一幸教授らと共同で、実験データを用いたコンピュータ・シミュレーションを行い、物体の形を知覚する際に大脳一次視覚野で行われている画像細部の傾き検出に関する新しい構造の存在を予測しました。このシミュレーションにより、周囲の画像の複雑さに応じて検出特性を変える神経細胞と、周囲の画像の複雑さに関係なく一定の検出特性を保つ神経細胞が、ある規則に基づいて分離配置している可能性を世界で初めて示しました。この成果は、2011年10月12日にネイチャー・パブリッシング・グループの新しい総合科学雑誌サイエンティフィック・レポート（オンライン版）に掲載されました。掲載論文は下記 URL からどなたでも無料で閲覧することができます。

<http://www.nature.com/srep/2011/111012/srep00114/full/srep00114.html>

背景

私たちが何かを見る時、網膜に映った画像は電気信号に変換され、後頭葉の一次視覚野^(注1)から大脳に入ります。一次視覚野の各神経細胞は画像のごく一部を切り取り^(注2)、その中にある「線の傾き」を検出し、その情報をより上位の視覚野の神経細胞に送ります。どの傾きを検出するかは神経細胞毎に決まっております（傾き選択性）、検出する傾きによって特別な分布を示します（図1）。最近の実験研究により、これらの神経細胞の中には、画像の一部を切り出して線の傾きを検出しているだけでなく、切り出した画像とその周囲にある画像との関係性（コンテキスト^(注3)）によって傾き検出のしかたを変える神経細胞があることがわかってきました。その機構や分布については、定性的な仮説が過去にいくつか提案されたに過ぎず、傾き選択性地図とどのような関係にあるのか定量的な分析を行った研究はありませんでした。

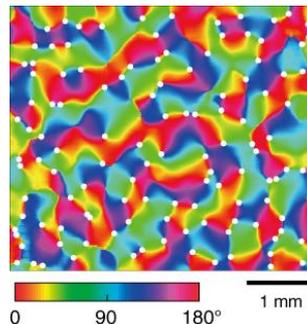


図1 サル一次視覚野の傾き選択性地図。異なった色の領域には、異なった傾きに反応する神経細胞が集まっている。

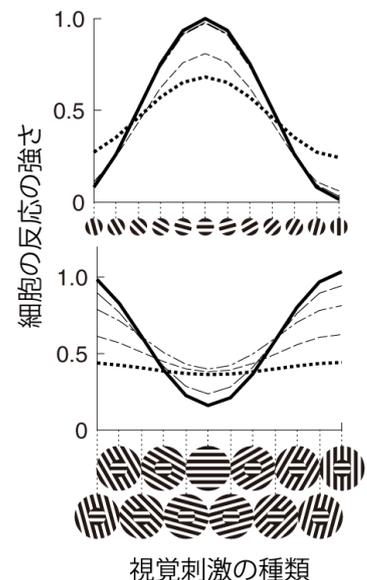
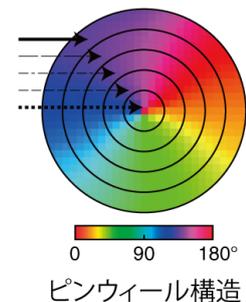


図2 コンテキストによって変わる傾き検出特性とその特性を示す細胞の分布。特性が変わる細胞はピンウィール構造の周辺部に、特性が変わらない細胞は中心部（図1では白点で示している）に位置する。

内容

本研究グループは、まず、オプティカル・イメージング（光学計測法）という計測技術を用いてサルの一次視覚野の広域な神経活動を計測し、傾き選択性に基づく機能地図（図1）を作成しました。次に、この地図を用いて、各神経細胞が自分と近い神経細胞から受け取る入力と、自分から遠く離れた神経細胞から受け取る入力の違いを詳しく見積もりました。その結果を使ってコンピュータ・シミュレーションを行い、次のことを示しました。

1. 神経細胞の傾き選択性は、ピンウィール構造^(注4)（図2上）の中心に近づくにつれて感度が弱まるが、検出特性は変わらない（図2中）
2. 神経細胞の傾き選択性は、ピンウィール構造の中心から離れた場所ではコンテキストによって特性が変わるが、ピンウィール構造の中心では特性は変わらない（図2下）

この結果から「ピンウィール構造の中心では異なる傾きを統合し、ピンウィール周辺では同じ傾きを統合している」という従来の仮説 (Das と Girbert, *Nature*, 1999) とは異なる、「ピンウィール中心では局所的な傾きのみを検出し、ピンウィール周辺では傾きの差を検出している」という新しい仮説を提案しました。

■効果

実験と理論を組み合わせたコンピュータ・シミュレーションで新たな予測を行った本研究の成果は、コンテキストによって傾き検出特性を変える神経細胞の機能構造を理解するための基盤となり、実験研究による検証や理論研究によるさらなる予測を喚起して、一次視覚野の機能の理解を促進するものと期待されます。

■今後の展開

今後は、他の特性を持つ一次視覚野神経細胞や、上位視覚野の神経細胞などに本研究の手法を展開し、物体の形を知覚する脳内情報処理の解明を進めていきます。

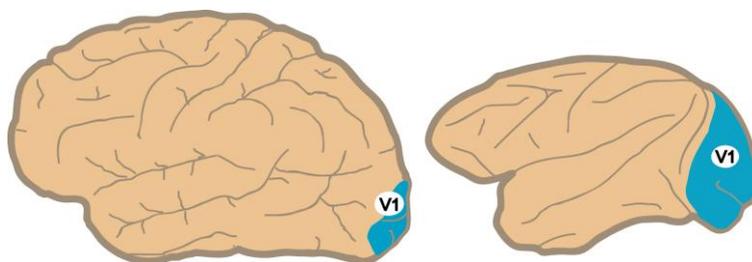
■論文

Tsuyoshi Okamoto, Koji Ikezoe, Hiroshi Tamura, Masataka Watanabe, Kazuyuki Aihara & Ichiro Fujita: Predicted contextual modulation varies with distance from pinwheel centers in the orientation preference map. *Sci. Rep.* 1, 114; DOI:10.1038/srep00114 (2011).

【用語解説】

(注1) 一次視覚野 (V1)

大脳で最初に視覚情報処理を行う領域。ここを起点として、形を知覚するための経路、動きや位置を知覚するための経路にわかれて、視覚情報処理が進みます。



ヒトの大脳

サルの大脳

(注2) 画像のごく一部を切り取る

わたしたちの目は両眼で視角 180 度以上にも及ぶ広い視野を持っていますが、一次視覚野の神経細胞の視野はとても小さく、サルやヒトの場合、視角 1 度にも及びません。

(注3) コンテキスト (文脈)

神経細胞の視野内にある線の傾きと視野外にある線の傾きがどれだけ異なるかを意味します。ここでは、神経細胞の視野内の線の傾きは、その神経細胞が一番強く反応する傾きに固定しています。漢字や英単語の読み方が、組み込まれている文によって変わるように、対象物の見え方も視野の状況によって変わることがあります。神経細胞がコンテキストによって反応を変えることがこの知覚現象の原因になっていると考えられています。



(注4) ピンウィール構造

傾き選択性細胞の並び方にみられる構造。0 度から 180 度までの傾き選択性細胞がある点を中心に順序よくぐると並んでいるのが特徴。中心点は図 1 に白点で示してあります。その構造がまるで風車の羽根のように見えることから、「ピンウィール (風車や回転花火という意味の英語) 構造」と呼ばれています。

【お問い合わせ】 大学院医学研究院 准教授 岡本 剛

電話/FAX : 0 9 2 - 6 4 2 - 6 7 4 0

Mail : okamoto@digital.med.kyushu-u.ac.jp