

本件の取り扱いについては、下記の解禁時間以降でお願い申し上げます。

2020年9月17日

TV・ラジオ・WEB … 日本時間 2020年9月23日(水)0時

新聞 … 日本時間 2020年9月23日(水)朝刊

目の錯覚から紐解く脳の仕組み —錯視を用いた視覚神経回路の「要所」の発見—

■ 概要

私たち人間を含む多くの動物は、外界の動きを視覚によって感知します。この感知には、特定の方向への動きに反応する「方向選択性細胞⁽¹⁾」と呼ばれる神経細胞が中心的な役割を果たします。方向選択性細胞は、脊椎動物において脳の広い領域に数多く存在することが知られていました。しかしながら、これらの数多くの方向選択性細胞のうち、どの細胞群が視覚にとって重要な役割を担っているのかはわかっていませんでした。

情報・システム研究機構 国立遺伝学研究所の久保郁准教授らとドイツ、マックス・プランク神経生物学研究所 Yunmin Wu 博士、Herwig Baier 博士らの共同研究グループは、モデル生物のゼブラフィッシュ⁽²⁾を用いて、目の錯覚の一つとして知られる「運動残効⁽³⁾」を使用し、錯視刺激に反応する方向選択性細胞を探索しました。運動残効とは、一定方向に動く物を見続けると静止している物が反対方向に動くように見える目の錯覚(錯視)のことです。その結果、錯視に反応する方向選択性細胞は脳の視覚領域のひとつである前視蓋⁽⁴⁾の限られた領域に存在していることがわかったのです。このようにして同定した方向選択性細胞は、ゼブラフィッシュが動きを視覚情報感知するのに重要な役割を持っていました。(図1)

本成果により、錯視反応を利用することによって、動きを感知する神経回路の鍵となる「要素」を新たに突き止める道を拓いたのです。

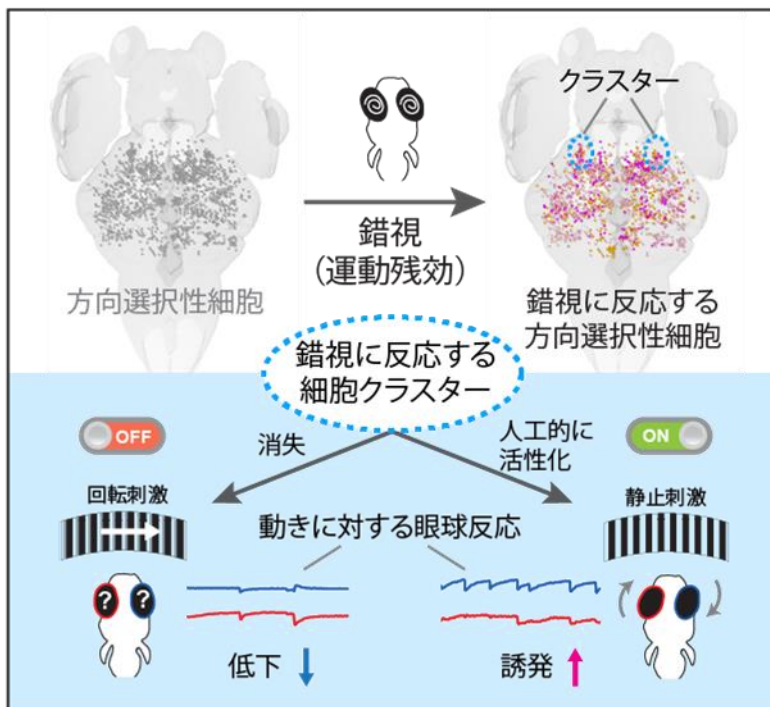


図1: 錯視現象を利用した、動きを感知する神経回路の要所の発見

(上) 動きに反応する神経細胞(=方向選択性細胞)は脳内に多数存在しているが、そのうち錯視に反応する神経細胞は、前視蓋にクラスターを形成していた。

(下) 錯視に反応する細胞クラスターを消失させるとゼブラフィッシュは動きを視覚的に感知できなくなった(左図)。一方で、これらの細胞を人工的に活性化させると、静止したものに対して、あたかも動きを感知しているかのような行動を示した(右図)。これらの結果から、この細胞クラスターが動きの視覚情報処理に必須であることが明らかになった。

■ 成果掲載誌

本研究成果は、米国科学雑誌「Neuron」に 2020 年 9 月 23 日 0 時(日本時間)に掲載されます。

論文タイトル: An Optical Illusion Pinpoints an Essential Circuit Node for Global Motion Processing
(錯視現象を用いた動きの視覚情報処理に関わる神経回路ノードの同定)

著者: Yunmin Wu, Marco dal Maschio, Fumi Kubo*, Herwig Baier
(Yunmin Wu, Marco dal Maschio, 久保 郁*, Herwig Baier)

*責任著者

■ 研究の詳細

● 研究の背景

私たち人間を含む多くの動物は、空間を移動する際、様々な物体や景色の動きを正確に捉えることにより、適切な行動を成し遂げることができます。このような物体や景色の動きは、多くの場合、視覚によって感知されます。動きの情報を視覚として捉えるためには、特定の方向へ動く視覚刺激に反応する「方向選択性細胞」という特殊な細胞の働きが重要です。この「動きのセンサー」ともいうべき方向選択性細胞は、脊椎動物の脳の広い領域に渡って数多く(数百個程度)存在することが知られていました。しかしながら、数多く存在する細胞のうちから、重要な機能を持つ細胞集団を絞り込む方法がなかったため、これらの方向選択性細胞のすべてが一律に重要な役割を持っているのか、あるいは、そのうちの一部の細胞が特に重要な役割を持っているのかはわかっていませんでした。

● 本研究の成果

本研究では、ゼブラフィッシュが人間と同様に、「運動残効(別名: 滝の錯視)」⁽³⁾と呼ばれる動きの錯視を知覚するという性質を利用しました。「運動残効に反応する細胞は、他の細胞と比べてより重要な役割を持つのではないか」という仮説を立て、数多く存在する方向選択性細胞の中から運動残効に反応する細胞を見出すことを試みたのです。

運動残効に反応する方向選択性細胞を神経活動イメージング⁽⁵⁾の技術を用いて探索したところ、運動残効に反応する細胞は前視蓋と呼ばれる脳領域の一部に特に集中して存在していました(図2)。これらの方向選択性細胞を消失させると、ゼブラフィッシュは動きを視覚的に感知できなくなりました。一方で、これらの細胞を人工的に活性化させると、静止した物に対しても、あたかも動きを感知しているかのような行動を示したのです。

錯視に反応する細胞のクラスターは、すべての方向選択性細胞のうちの 10%程度であり、これらのごく少数(6~12 個程度)の細胞が動きの情報処理において鍵となる働きを持つことがわかりました。

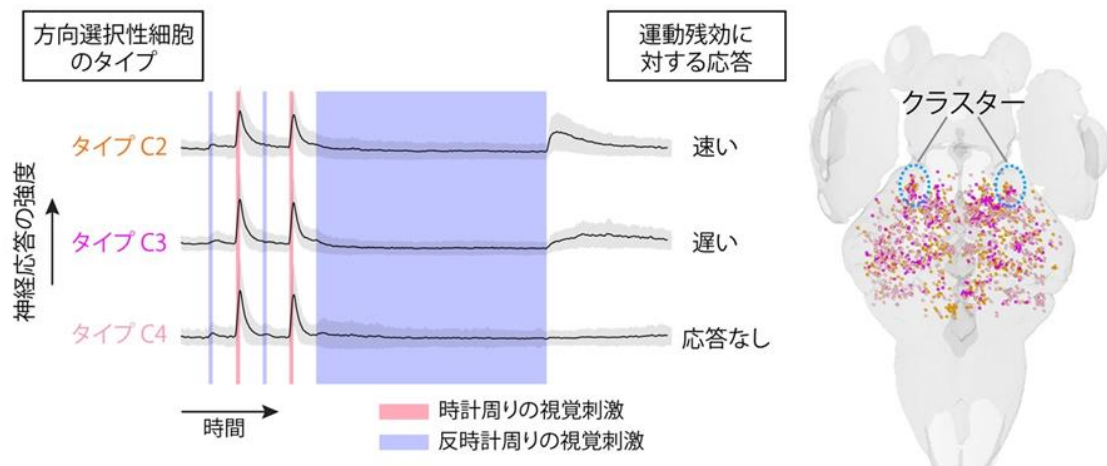


図 2: 動きの錯視に反応する神経細胞の発見

動きに反応する神経細胞(=方向選択性細胞)には、動きの錯視(=運動残効)に対する応答性の違いから、3つのタイプが存在していた(左図)。このうち、タイプ C2(オレンジ)とタイプ C3(濃いピンク)で示された細胞は、錯視によく反応し、さらに前視蓋と呼ばれる脳領域の一部にクラスターを形成していた(右図)。

● 今後の期待

錯視は、それ自体が興味をかき立てられる現象です。一般的に、錯視は脳が「間違い」を起こすことによって生じる副産物であるという考えが主流です。しかしながら、本研究によって、錯視現象は、視覚情報処理の新たな基本原理に迫る有用なツールとして役立つ可能性が示されました。今後、本研究で用いた手法を異なる種類の錯視に応用することで、新たな視覚情報処理の仕組みの解明につながることを期待されます。

■ 用語解説

(1) 方向選択性細胞

特定の方向に動く視覚情報に選択的に反応する細胞。方向選択性細胞は、視覚神経回路において、網膜の細胞から大脳皮質に至るまで様々な脳領域に存在することが知られている。

(2) ゼブラフィッシュ

脊椎動物のモデル生物。体が透明で小型であるため、脳全体の神経細胞を可視化することができる利点があり、近年、神経科学の研究でよく用いられるようになってきている。

(3) 運動残効

ある一定方向に動く視覚刺激を長時間見続けたあとに、静止している物を見ると、静止物が反対方向に動くように知覚される錯視。例えば、滝を見続けたあと、その周りの静止物(木々や岩など)を見るとそれが(実際には動いていないにもかかわらず)上方向に動いて見える。「滝の錯視(waterfall illusion)」とも呼ばれる。

(4) 前視蓋

脳内において、目からの視覚情報を受け取る領域の一つで、動きの方向を感知する方向選択性細胞が豊富に存在することが知られている。

(5) 神経活動イメージング

神経細胞の活動を、顕微鏡を用いて可視化することによって調べる技術。一般的に、カルシウムインディケーターなどの、神経活動が高まると蛍光強度が上昇するセンサーを用いることにより、脳内で活動する神経細胞を同定することが可能になる。

■ 研究体制と支援

本研究は、情報・システム研究機構 国立遺伝学研究所 システム神経科学研究室の久保郁准教授、ドイツ、マックス・プランク神経生物学研究所 大学院生 Yunmin Wu, Herwig Baier 教授が中心となって行われました。

本研究は、マックス・プランク協会およびドイツ研究振興協会(DFG)の支援を受けて実施されました。

■ 問い合わせ先

<研究に関すること>

- 国立遺伝学研究所 システム神経科学研究室
准教授 久保 郁 (くぼ ふみ)

<報道担当>

- 国立遺伝学研究所 リサーチ・アドミニストレーター室 広報チーム

※時節柄、Zoom 会議での取材にも対応できますので、Zoom 会議をご希望の場合には、その旨お知らせください。