

Neurons on border patrol

境界を認識するニューロン

Asher Mullard doi:10.1038/news.2008.1313 / 18 December 2008

行く手をさえぎる壁や溝を認識する特殊な脳細胞が見つかった。

自分の周囲の環境空間にある境界を見つけ、頭の中の地図を作製するのを助けるニューロンが、ラットで発見された。

これらのニューロンは「境界細胞 (border cell)」とよばれ、空間内の進路を見つけ出すのに役立つニューロン (神経細胞) としては、4 番目に見つかったものである。既に見つかっているほかの 3 種類は、1 つ目が、決まった位置を通り抜けるときに発火、つまり興奮する「場所細胞」であり、これによって自分が今いる場所がわかる。2 つ目が「方向細胞」で、これは顔が特定の方向を向いているときに発火し、コンパスの役目をする。3 つ目の「グリッド細胞」は、環境空間に重ね合わせて六方格子状に配置し、自分がある特異点に対応する細胞が発火する。

今回、ラットの脳の嗅内皮質に境界細胞があることを初めて見つけたのは、ノルウェー科学技術大学の神経科学者である Edvard Moser が率いる研究チームである¹。彼らが単一ニューロンの活動を記録していたとき、頭の中の地図 (認知地図) に関連してはいるものの、地図作製にかかわる既知の 3 種類のニューロンのどれとも異なる応答をするニューロンをたびたび目にしたのである。

「初めのうちは、それらのニューロンを無視していました」と Moser はいう。しかし研究チームはやがて、理論から存在を予測されていた² 境界細胞という種類のニューロンを、自分たちが見つけた可能性があることに気づいた。

そこで Moser たちは、ラットが小さい部屋の中を走り回るときにこれらのニューロンがどのように応答するかについて、改めて集中的に取り組んだ。すると、この境界細胞は、ラットが壁に近づいたときに発火することがわかった。ほとんどの

場合、1 個の境界細胞は 1 つの壁面と関連していたが、一部の境界細胞は複数の壁面に応答した。

小部屋の壁を広げたところ、ラットがどれか 1 つの壁のどこに近づいても、その壁と関連するニューロンが発火した。このことから、これらのニューロンは境界全体に応答しているのであって、局所的な区画に応答するのではないことがわかった。また、境界を壁面ではなく垂直な崖状の構造にしても、ニューロンは壁面の場合と同じように応答したことから、ニューロンの活動を引き起こすのは壁面という構造ではなく、境界そのものであることが明らかになった。

「これらの境界細胞は、[自分の置かれた環境空間の] 構造を検知し、その空間がどのくらいの大きさなのかを知らせてくれるのです」と、ダートマス大学 (米国) の神経科学者、Jeffrey Taube はいう。

認知地図のモデル化

ロンドン大学ユニバーシティカレッジ (英国) の Neil Burgess は、境界細胞が存在するはずだと最初に主張した研究者の 1 人である。彼は、自分の予想が正しかったことが実証されたのを知って喜び、「ほとんどの人は私のモデルに見向きもしていなかったと思います」と語った。

Burgess も Moser も次のステップとして考えているのは、動物が 4 種類のニューロンによってどのように、自分の居場所を知るための認知地図を共同で作りに上げているのかを解明することである。Moser の予想では、例えば、境界細胞が何らかの仕組みでグリッド細胞を環境空間の適切な境界にそろえて整列させているのではないかと、いう。また彼は、境界細胞は、ラットが進路を考える際の



ラットには、自分の周囲にある物理的境界の認識に専念するニューロンが備わっている。

介助役として特に重要だと考えている。

認知地図作製にかかわるニューロンについての知見は、ラット以外の動物でも得られている。場所細胞はヒトで、グリッド細胞はマウスで、方向細胞はマウス、チンチラ、サルで既に見つかっている。「[境界] 細胞も、ヒトをはじめとする高等な哺乳類に存在していると強く確信しています」と Moser はいう。

Moser は 4 年ほど前にも、グリッド細胞という予想もしなかった細胞を見つけ、認知地図の研究者たちを驚かせた。彼はこの業績を、運がよかったことと、嗅内皮質という正しい場所に注目したおかげだとしている。この場所は、海馬への主要な情報入力を行っている脳領域であり、現在わかっているように、頭部方向細胞やグリッド細胞、境界細胞の存在する領域でもある。「今回の論文を読んだとき、まさきに思いましたよ。この研究チームは次にいったい何を見つかるんだ」と Taube は語っている。 ■

1. Solstad, T., Boccara, C. N., Kropff, E., Moser, M.-B. & Moser, E. I. *Science* **322**, 1865-1868 (2008).
2. Hartley, T., Burgess, N., Lever, C., Cacucci, F., O'Keefe, J. *Hippocampus* **10**, 369-379 (2000).