

脳のはたらきと記憶

京都大学理学研究科・理学部 平野丈夫

心のはたらきを担う脳がどのようなものであるかについてお話したいと思います。脳は神経系の一部であって、多くの情報を統合・処理する中枢部分を指しています。それでは脳・神経系は何をしているのでしょうか。一言で表現するならば、外界からの刺激に対して適切な応答をするための仲立ちをしている、ということになると思います。例えば、私たちは道を歩いていて自動車が近づいてくるのを見れば脇に避けますし、大きな音がすればそちらを向くといった行動をします。ただ、多くの場合人の行動はそれほど単純ではありません。どこかへ出かけて昼食をレストランでとる時のことを考えてみましょう。昼食をとろうと考えるのは空腹を感じたときですから、そのきっかけとなる情報は外界からではなく体の内部からきています。脳は体内部からの情報も処理しているのです。メニューから料理を選ぶ時は、各々の品がどのようなものであるかという情報をもとに判断しますが、この場合は記憶情報を使っています。このように脳は、外界・体内部そして脳内に保存された情報を統合して、行動を選択する仕事をしているのです。

それでは、脳の内部はいったいどのようなようになっているのでしょうか。脳は主に神経細胞とグリア細胞で構成されています。そのうち情報の処理・統合を主として担っているのは神経細胞です。約 1000 億の神経細胞により形成される複雑な神経回路網が脳の実体なのです。神経細胞は入力を受け持つ樹状突起と出力を受け持つ軸索という二種類の突起をもった細胞で、情報を伝えるはたらきをしています。神経細胞の軸索の先端は他の神経細胞の樹状突起とシナプスという構造を介して接し、そこで情報を伝達しています。神経細胞はシナプスを介して十分な大きさの入力を受けると、活動電位と呼ばれる電気信号を発生し、その信号は軸索を伝わって末端のシナプス部に到達します。すると、そこで神経伝達物質とよばれる化学物質が放出され、それが次の神経細胞の樹状突起へ作用することにより情報は伝わっていくのです。多くの神経細胞は 1,000 から 10,000 くらいのシナプス入力を受けています。また、シナプス入力にはマイナスの信号を伝えるものもあり、神経細胞はそれらの入力を加算して応答を決めます。こうした神経細胞におけるシナプス入力の統合が動物個体の行動選択の基盤となっているのです。例えば、何種類もの料理が用意されているビュッフェ形式のレストランで料理を選ぶ時のことを考えてみましょう。料理の外見という視覚情報・においという嗅覚情報・各々の料理がどんな味だったかという記憶情報を使って選択すると思います。いいにおいや見かけのよさや以前食べておいしかったという記憶等はすべてプラスの情報となり、変なおいや以前食べてアレルギーをおこした記憶等はマイナスの情報となります。こういったプラス・マイナスの情報を考え合わせる時に、脳内では神経細胞・神経回路レベルでシナプス入力の統合が行われているのです。それでは、記憶情報は脳の中でどのように保持されているのでしょうか。現在、そ

れはシナプスにおける情報の伝達効率という形でなされていると考えられています。例えば、英単語を記憶するときなど、その単語を繰り返し書いたり唱えたりしますが。シナプスを何回も繰り返して使うと、そこでの伝達効率がよくなるといったことが起こります。そうした現象はシナプス可塑性と呼ばれており、特定の情報が脳内で伝わりやすくなることに寄与するので、学習・記憶の基盤になると考えられているのです。

私たちの研究室では、シナプス可塑性がどのようなメカニズムで起こるのかという問題とシナプス可塑性の変化により、神経回路の活動および動物の行動はどのような影響を受けるかという問題を研究しています。シナプス可塑性など細胞レベルの研究に、動物をそのまま使用することは技術的に困難です。そこで、私たちは神経細胞を動物個体から取り出してシャーレの中で飼って（培養といいます）実験に用いています。培養した神経細胞は顕微鏡で直接観察できるため、さまざまな実験操作が容易になるのです。培養系では活動電位やシナプス入力を直接測定でき、シナプス可塑性を研究することもできます。培養した細胞に特殊な色素や色素と結合した蛋白質を発現させることにより、神経細胞の活動に伴う蛋白質などの分子のはたらきを調べることもできます。こうした研究により、どのような分子がどのようにしてシナプス伝達やその制御を担っているのかがわかってくるのです。それらの情報は、脳神経系のはたらきや学習・記憶の基礎メカニズムの解明に役立つとともに、新しい薬剤の開発等にも有用な情報を提供することになります。また、現在では遺伝子工学の進歩によって、特定の蛋白質を全くもたないミュータントマウス（ノックアウトマウスと呼ばれています）を実験室でつくるできるようになっています。ノックアウトマウスを用いると、ある蛋白質やシナプス機能が動物個体内で担っている役割を調べることができます。その結果、シナプス可塑性が起こらない動物では学習がうまくできないことなどがわかってきました。私たちはこうした研究を行うことにより、脳内でどのようなことが起こっているのかを、分子・細胞・神経回路・個体の行動の各レベルを繋いだ形で理解したいと考えています。

脳は動物が外界によりよく適応できるように進化してきました。しかし、外界というものは客観的で絶対的なものに思えても、実は脳が主観的に認識している姿にすぎないという面があるのです。気持ちの持ちようによって世界は全く別物に見えるのです。脳を知ることは、人を知ることそして人がつくる社会さらには人が認識する世界を理解することへと繋がっていくのです。