



路面がうっすら凍っている朝に歩いていて、たとえ足を少し滑らせても、とっさに体勢を立て直して転ばずにすむことがあります。こうした瞬間的な動きは、経験や勘だけで生まれるものではないかもしれません。ところが、頭の中で思い描いたほど体が動かず、思いがけない場面で転倒してしまうこともあります。鍵となるのは、脳が次の一瞬を予測し、起こりうる反応を見越して体の動きを先回りで整えていることです。

熱いものに触れた瞬間

“予測する脳”の原理に挑む

最先端医療

in山梨

山梨大医学部脳神経システム科学講座教授

梅田達也

に手を引っ込めるような速い反応は「反射」と呼ばれます。運動中にも、筋肉が急に引き伸ばされると瞬時に縮もうとする反射が働き、姿勢を保ったり力を支えたりしています。反射は便利な仕組みですが、強すぎると動きがガクガクし、弱すぎると踏ん張りが利きません。ところが反射は意識のぼらないため、「脳は無意識の反射をどう使いこなしているのか」は長く謎でした。

そこで私たちの研究室では、動物が腕を動かす際の、運動に関わる脳領域（運動野）の神経活動、反射を伝える神経の信号、そして筋肉の活動を同時に記録して調べてきました。得られた信号から筋肉の活動を計算する

と、運動野からの信号と反射を伝える信号が合わさって筋肉の活動が作られていることが分かりました。さらに、信号の流れを時系列で追うと、運動野からの指令そのものが、反射の働き方を前提に組み立てられていることが見えてきました。言い換えれば、脳は「どの程度の反射が起きるか」を見越したうえで、ちょうどよい力が出るよう運動指令を出しているのです（図①）。実際に、反射を急に弱めるような操作をすると、運動野の信号も小さくなり、筋肉の活動量も減りました。反射が変われば脳の指令も変わるように、脳と反射は別々に働くのではなく、一つの系として協調していることが示されました。

さらに最近、動物の神経活動を記録する実験から、もう一つ興味深い事実も分かってきました。暗い部屋でスイッチを探すとき、目に頼らず指先だけでスイッチの形状を理解できます。このような運動中では、触った感覚を受け取る場所だと思われてきた触覚に関わる脳領域（体性感覚野）も積極的に情報処理していることが明らかになりました。体性感覚野や感覚信号を伝える神経の活動を記録する実験から、体性感覚野には動く前から手の動きに



運動野は、反射のタイミングや影響を事前に計算して、最適な運動指令を出力している。加齢に伴う転倒は、脳の予測が働いていないかもしれない

に関する情報が入り、運動に伴って起こる感覚を予測して準備していることが分かってきました。脳は自分が起こす運動の見通しを持ち、その結果として生じる触覚や位置感覚を先回りして待ち構えているのです。

運動野が反射を見越して、体性感覚野が感覚を先回りする。一見別々に見える二つの動きは、「脳は未来の状態をあらかじめシミュレーションしている」という一つの原理でつながります。近年、脳は世界を予測することで外界を知覚し、適切な行動を選び取っていると考えられるようになってきました。私たちの研究室では、動作中の神経活動を捉えるとともに、数理モデルも用いて、脳が

どのように予測し、その予測が行動や感覚にどう反映されるのかを調べています。

例えば加齢に伴い、転倒・転落などの不慮の事故が増え、主要な死因の一つとして社会的な課題になっています（図②）。

脳の予測の仕組みが分かれば、筋力やバランスの変化に自分の予測が追いつかないことで起こる事故を減らす手がかりや、事故後のリハビリテーションで何を補うべきかを見極める指針にもつながります。山梨大医学部では、「予測する脳」の原理を基礎から掘り下げながら、医療・リハビリ現場の課題と往復し、社会に役立つ形へ橋渡ししていきたいと考えています。