

脳のシナプスを介さない相互作用によるアナログな調節機構



毛内 拓

お茶の水女子大学基幹研究院
monai.hiromu@ocha.ac.jp

脳が生きているとはどういうことか？ 脳細胞を漫然と集めても脳にはならない。一方、最近、試験管の中で幹細胞から作られたミニ脳が、統合的な脳活動を意味する脳波を発生したそうだ。その脳は果たして、ものを考えたり、喜怒哀楽を感じたりするようになるだろうか。

神経細胞（ニューロン）は、神経インパルスとよばれる電気的活動を行い、ニューロン同士の接合部であるシナプスを介して神経回路を形成している。シナプスを介した一対一の精緻で迅速な信号伝達は、ニューロンが神経インパルスを発生した/発生しないように二値のデジタル信号として解析される。例えば、ラスタプロットとよばれる作図法は、個々のニューロンの神経インパルスの発生を、短い時間窓で判定し、バーコードのように並べることで、ニューロン同士の活動の同期・非同期を可視化する方法であり、神経科学の論文では多用されている。

さらに、現在、注目を集めている人工知能や深層学習を支えるニューラルネットワークも、神経回路をデジタル的にモデル化することで、パターン認識や機械学習などの分野において大きな成果を上げている。

これまで、ニューロンのシナプス伝達を介した“デジタル的”な相互作用によって、感覚情報や意識や知覚などの高次機能を説明しようとする試みがなされてきた。一方で、ニューロンのデジタル回路の理解だけでは説明のつかない現象も数多く報告されている。脳を理解するためには、ニューロンの電気的活動の二値的な理解だけでは不十分である。

ニューロンの局所的で速い信号伝達が、感覚や運動などの一次的な情報処理を担うことは間違いない。一方で、脳の中には、広範囲でゆっくりとした調節的な伝達様式も存在していることがわかってきている。筆者は、従来の二値的な解釈だけでは理解できない脳の多様な伝達様式を「アナログ的な伝達」とよんでいる。この点で脳とコンピュータは本質的に異なるのである。

例えば、脳には神経回路ネットワークのほかにも血管網やグリア細胞が存在しており、栄養や脳内物質の補給や物流の支援と管理（ロジスティクス）を担っている。

また、脳細胞の間隙である細胞外空間は、単なる隙間ではなく、細胞外環境を一定に保ち、老廃物の排泄のための通り道となっている。さらに液性因子の拡散や、細胞外電場を介した近接作用の「場」として重要な役割を果たしている。

意識や知覚、知性などの脳の高次機能を理解するためには、これらのシナプスを介さないアナログ的な伝達を理解する必要があると私は考えている。筆者の考える知性は、「答えがないことに答えを出そうとする営み」で、例えば、創造やいわゆる“人間らしさ”などが挙げられる。一方、知能は、「答えがあることに答えを出す能力」で、例えば、将棋の局面において最適な一手を導き出す高度な計算能力などが挙げられる。これらは、区別して考える必要があるのではないか。人工知能は、計算が速く、人間の知能を凌駕しているが、残念ながら知性とは程遠い。

知性の謎を解き明かす鍵は、ニューロン以外の脳の要素にあるのではないだろうか。

用語解説

グリア細胞：

ニューロン以外の脳細胞の一種で、アストロサイト、ミクログリア、オリゴデンドロサイト等が知られている。グリアとは膠（にかわ）という意味で、発見当時から単にニューロンの隙間を埋める支持細胞でしかないと考えられてきた。アストロサイトは星型の細胞で、脳環境維持を、ミクログリアは脳の免疫を、オリゴデンドロサイトは、髄鞘を形成し、神経伝導の調節を担っている。