

昆虫脳科学

理学部長 横 張 文 男

あなたの研究室では何を研究しているかと問いに、昆虫の脳の研究をしていると答えると、昆虫にも脳があるのかと問い返され、戸惑うことがしばしばある。昆虫には学習する能力も記憶する能力もあるし、個体間でコミュニケーションをする能力もあり、それぞれの環境の中でたくみに生きている。これらの能力を支えているのは、我々同様に脳の働きである。昆虫も反射や本能だけで生きているわけではなく、またこの反射や本能行動さえも脳・神経系の働きに基づいている。昆虫は体が小さいからヒトのように巨大な脳を持つわけではないが、と言って我々の脳を単純に小さくしたものではなく、はしご型神経系と呼ばれる昆虫を含む節足動物（エビ・カニ・昆虫などの総称）特有の脳構造をもっている。神経細胞数は、ヒトでは10の11乗個程度と巨大であるが、昆虫ではその100万分の1程度で、最近のパソコンのCPUを構成しているトランジスタの数とほぼ同程度である。そのために我々の分野では、脊椎動物の脳を巨大脳と呼び、昆虫などの脳を微小脳と呼ぶことがある。

なぜこのような少数の神経細胞でたくみに生きられるのか。その解は2つあると考えている。1つは彼らにとって無駄な情報は取り込まず、必要な情報だけを取り込む。更に必要な情報の取り込みでは、できるだけ脳での情報処理量を少なくするようになっている。たとえば、我々は湿度を特異的に受容する感覚器官を持たず、皮膚にあるいろいろな感覚器官からの情報を統合して「さわやかさ」や「じめじめさ」を認識している。しかし昆虫には湿度だけを受容する感覚器があり、その感覚情報だけで環境の湿度をかなり高い精度で知ることができる。昆虫は体が小さいために体表からの水分蒸発による水分不足は致命的であり、摂取できる水をできるだけ容易に見つけ出す必要があるためと思われる。また、

子孫を残すには異性に容易に遭遇する必要があり、夜行性の昆虫では雌が性フェロモンを空中に分泌して雄を誘引して交尾する。この種特異的な性フェロモンだけを受容する嗅覚器があり、脳での比較的簡単な情報処理だけで性行動が発現するようになっている。もうひとつの解は、情報処理系を分散化し、行動を定型化していることである。すなわち、我々の場合、重要な感覚情報はほぼすべて大脳に送り込まれ、そこで処理をした上で複雑な行動が発現するが、昆虫では必ずしもヒトの大脳に対応する脳（前大脳という）任せにせず、脳は受け取った情報に基づいて指令情報を送り出し、はしご型神経系の特徴である末梢の神経節にある生得的な神経回路での情報処理によって定型的な行動が発現する場合が多い。こうして少数の神経細胞で情報処理をして行動を発現している。

以上のように、昆虫では情報取得から行動発現までを比較的単純な神経回路での処理によって実現しているのが基本であるが、一方では、一般的な嗅覚の情報処理や先に述べた学習や記憶のように、哺乳動物と非常によく似たしくみで処理にされているものもある。嗅覚系の第一次中枢である触角葉と呼ばれる神経叢は、哺乳動物の第一次中枢である嗅球よりはずっと小型ではあるが、驚くほど良く似た構造をもち情報処理のしくみもきわめてよく似ている。また、昆虫の学習や記憶の中枢は前大脳にあるキノコ体と呼ばれる神経叢にあり、記憶は短期記憶・中期記憶・長期記憶と3段階を経て形成され、記憶形成にはタンパク質の合成が必要であるなど、学習・記憶形成過程は哺乳類の場合とほぼ同様である。分子レベルで哺乳動物と昆虫を比べてみると、たとえば神経伝達物質や受容体タンパク質などでは両者で共通した物質も非常に多く、上記の学習・記憶の細胞内での分子機構でも共通するところが多い。脊椎

動物と昆虫などの節足動物は進化史の早い段階で枝分かれし別な系統を辿って進化しているので、このような情報処理機構の基本となる遺伝情報は系統樹が分枝する前からあったのか、あるいは同じ地球環境という制約のために別々の進化を遂げながら、部分的に適応収斂した結果なのかは詳らかではない。

最近では、このような昆虫の少数素子による情報処理が工学分野において注目されるようになり、ロボット技術としても利用されようとしている。素子が少数で回路が単純であればあるほど、システムとして壊れにくい。また長い進化史の中で生まれ試され生き延びたシステムは、我々の頭脳が短時間で作り上げたシステムよりも優れている場合がしばしばある。進化の産物である優れたシステムを利用しないのはもったいないと思う。昆虫の神経情報処理機構は、たとえば人が近づけないような過酷な環境で働くロボットの情報処理装置として利用できるのではないか。

