

一寸の虫にも魂はあるか？

長尾 隆司

金沢工業大学 人間情報システム研究所

〒924 石川県松任市八束穂 3-1

性行動や闘争行動に見られる行動パターンは、動物が生まれつきもっているものが多く、一定の環境条件のもとで、一定の刺激を受けると動物は同じように決まりきった反応を示す。これを定型的行動 (fixed action pattern) と呼んでおり個体による違いはほとんど見られない。定型的行動を引き起こす原因となる動物の形、色、音、匂い、さらには行動といった特性をリリース (releaser) という。リリースは遺伝的に定まった、種に固有のものである。

定型的行動を引き起こすのに必要な刺激としてリリースに含まれている要素のことを鍵刺激 (sign stimulus) と呼ぶ。

鍵刺激やリリースがあれば動物は機械じかけのように同じ行動を起こすかといえばそうではない。われわれがその時の気分によってある行動を起こすか否かの選択を行っているのと同じように、動物は同一の環境におかれ、同一の刺激にさらされたとしても、いつも同じ行動を示すとは限らない。コオロギのようなちっぼな虫においても、先ほどまで他の雄に気づけば必ずけんかをしてきた雄が急におとなしくなったり、雌を求めて鳴き続けていた雄が、雌がいくら近くに寄ってもならん反応しなくなったりすることがある。コオロギに人間と同じような気分があるかどうかは、“動物に心はあるか”という問いかけにつながるもので、心とは、そして意識とは何かという生物学の究極のテーマを明らかにしない限り答を出せない。しかし、少

くとも、コオロギも人間と同じように、自分をとりにく環境が同じであっても必ず同じ行動をとる訳ではなく、そのときの自分のからだの内部状態 (気分?) によって示す行動も変化させているのである。

それでは、この行動を調節している気分とは一体何だろう。そして、気分そのものを生み出しているものは何だろうか。もちろん、行動そのものは、神経系の働きによって生み出されるが、神経系の状態が変われば現れる行動も変化する。このような神経系の状態は、神経系自身によって調節されているだけでなく、血液中の神経ホルモンや中枢内の局所神経ホルモンである神経修飾物質 (neuromodulator) によって調節されている。これらのホルモンは、神経系に直接作用して行動を引き起こす状態 (動機づけ) を作り出している。この動機づけは、これまで、行動学の分野で脊椎動物を中心に調べられてきたが、その神経機構や液性調節のしくみについては不明な点が多い。その大きな理由は、脊椎動物の行動が複雑すぎて解析そのものが困難なことにあった。

昆虫の行動も一見無秩序で複雑に見えるが、いくつかの定型的な要素に分けることができる。なかでも性行動は、それらの要素が合わされた一連の流れとして現れるが、この流れは必ずしも決まり切ったものではなく、内外の環境の状態によってくり返されたり一部が省略されたりする。性行動から闘争行動や摂食行動への切り替えや、その逆も頻繁に見られる。行動発現の神経機構がわかっている動物はほと

んどないが、脊椎動物に比べて神経系の単純な節足動物は、行動を支配する司令神経や調節を行っているノンスパイキングニューロンや中枢内のパターンジェネレータなどが次々に明らかにされており、行動の動機づけの調節機構や切り替え機構を調べる上で最適の材料である。

筆者は、明白な行動の遷移を示す昆虫を実験系として用いて、動機づけに関与するホルモンの実体を明らかにし、その調節のしくみを探ることを目的に研究を進めてきた。行動学と神経生化学的手法を組み合わせることによって得られたこれまでの研究成果について報告する。

クロコオロギの雄の性行動は、求愛発音、交尾、そして交尾後に次の交尾のための精包（精子の詰まった玉）を生殖口に準備する精包準備行動の3つの主要なレパートリから成っている。雄は、雌がいればいつでも交尾行動を行うわけではない。精包準備行動を行ってから1時間たないと求愛発音を行わない。この1時間の間、雄は、摂食や闘争といった性行動以外の個体維持行動を示す。つまり、コオロギは、精包準備から1時間経過することによって求愛発音に動機づけられる。行動実験や、体液や中枢の抽出物の注入実験などから、この動機づけには、神経系だけでなく神経ホルモンによる液性調節が関与していることがわかった。さらに、各種薬物の微量注入や、動機づけ調節に有効な体液や中枢の分画の推定分子量から、生体アミンが神経ホルモンの最も有力な候補物質と考えられるようになった。

生体アミンは、脊椎、無脊椎を問わず広く動物の中枢内に分布しており、神経伝達物質として神経間の情報伝達を担っている。昆虫では、生理状態の変化にともなって中枢や血液中の生体アミンの分布が変化することが数多く報告されており、また一方では、生体アミンを体液や中枢内に微量注入した場合の生理状態や行動への影響が詳細に調べられてきた。これらの研究によって、筋収縮リズム、光受容、体内時計、飛翔、歩行、摂食、性行動などの昆虫の主要な生理現象の調節に生体アミンが深く関わってい

ることが明らかになっている。それらの調節において、生体アミンは、神経伝達物質としてはもちろん、神経修飾物質や神経ホルモンとしても幅広く昆虫の体内で機能していると考えられている。

しかし、体液や中枢内の極微量の生体アミンを定量するのは技術的に困難なため、行動と生体アミンの作用を直接結びつける研究は極めて少ない。この困難を克服するため、逆相高速液体クロマトグラフィーと電気化学検出法を組み合わせ、分析条件の最適化を図った結果、主要な生体アミンとその前駆物質、代謝産物を同時にしかも高感度で分析できる系の開発に成功した。この系を用いることにより、いろいろな動機づけの状態にある動物の血液や中枢内の生体アミンの分布の精密な測定が可能となった。この神経生化学的分析法を行動学に結びつけることにより、これまであいまいにされてきた動機づけや行動の切り替えのしくみを物質レベルで解き明かす有効な手がかりを得ることができるようになった。

本講演では、コオロギの性行動を中心に、詳細な行動の説明を交えながら、生体アミンによる行動の動機づけの調節のしくみについて話を進める。