



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	歩行運動時の昆虫のキノコ体ニューロンの活動
Author(s)	水波, 誠; 岡田, 龍一; 池田, 潤治
Citation	電子科学研究, 3, 104-106
Issue Date	1996-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/24362
Type	departmental bulletin paper
File Information	3_P104-106.pdf



歩行運動時の昆虫のキノコ体ニューロンの活動

神経情報研究分野 水波 誠, 岡田 龍一, 池田 潤治

昆虫の脳にはキノコ体と呼ばれる中枢がある。最近、我々を含めた幾つかのグループの研究により、キノコ体が場所や匂いなどの様々な種類の記憶に関与することが明らかになってきた。本研究では、埋めこみワイヤ電極を用いて自由行動中の昆虫の中枢ニューロンの活動を記録する技術を確立し、この技術を用いて歩行運動時のゴキブリのキノコ体のニューロンの活動について解析した。

キノコ体の出力部位で記録されたニューロンには、種々の感覚刺激に反応するニューロン、歩行運動中に活動するニューロン、感覚-運動の統合型ニューロン、ターンなどの特定の行動の開始に先行した活動を示すニューロンなどがあった。これらの結果はキノコ体が記憶に関与するだけでなく、感覚情報の統合や運動の高次制御なども含めた複数の機能に関与することを示唆している。

1. はじめに

昆虫の行動の大半は定型的な本能行動であるが、高度な学習行動を示す昆虫も少なくない。例えばミツバチやアリの採餌行動や帰巣は、場所、時間、太陽の方位、花の形や色や匂いなどについての驚くほど正確な記憶に支えられている。わずかに数 10 万個のニューロン(神経細胞)しかもたない昆虫が何故このような高度な記憶能力を持つのか、その神経機構を解明することは生物学上重要であるのみならず、新しい記憶素子の開発にもつながる。

昆虫の脳にはキノコ体と呼ばれる領域がある。ミツバチやショウジョウバエのキノコ体が匂いの記憶に関与することが以前から示唆されていたが^[1-2]、最近、我々はゴキブリのキノコ体が場所の記憶にも関与することを明らかにしている^[3]。

キノコ体における場所記憶形成の神経機構を解明するためには、行動中の昆虫のキノコ体ニューロンの活動を調べることが不可欠である。本研究で我々は極細の被覆銅線を用いて昆虫の中枢ニューロンの活動を記録する技術を開発し、歩行運動中のゴキブリのキノコ体の出力部位のニューロンの活動について調べた。

2. 方法

ワモンゴキブリのキノコ体ニューロンの活動電位の記録には、直径 14-20 μm のポリウレタン被覆銅線を 4-6 本束ねたもの(ワイヤ電極)を用いた。ゴキブリを麻酔し、頭部のクチクラの一部を切除して脳を露出させ、ワイヤ電極を脳のキノコ体に挿入した。銅線の束はワックスで頭部のクチクラに固定し、任意の 2 本を差動増幅器に接続してニューロンの活動電位(スパイク)を記録した。

3. 結果

記録はキノコ体の出力部位である葉部や柄葉接合部で行なった。これらの領域にはキノコ体を構成するケニオン細胞とケニオン細胞からシナプスを受けて脳の前運動中枢に投射するキノコ体出力ニューロンの 2 種類があるが、今回の記録はこのうち出力ニューロンからのものであると推定された。キノコ体の出力部位で記録されたニューロンは感覚刺激時および歩行運動中の応答様式から 4 つのタイプに分けられた。

第 1 のタイプは視覚、嗅覚、または機械覚刺激(気流および接触刺激)、またはその組み合わせに反応する感覚性のニューロンであった。

第 2 のタイプは歩行時に活動する運動性のニューロ

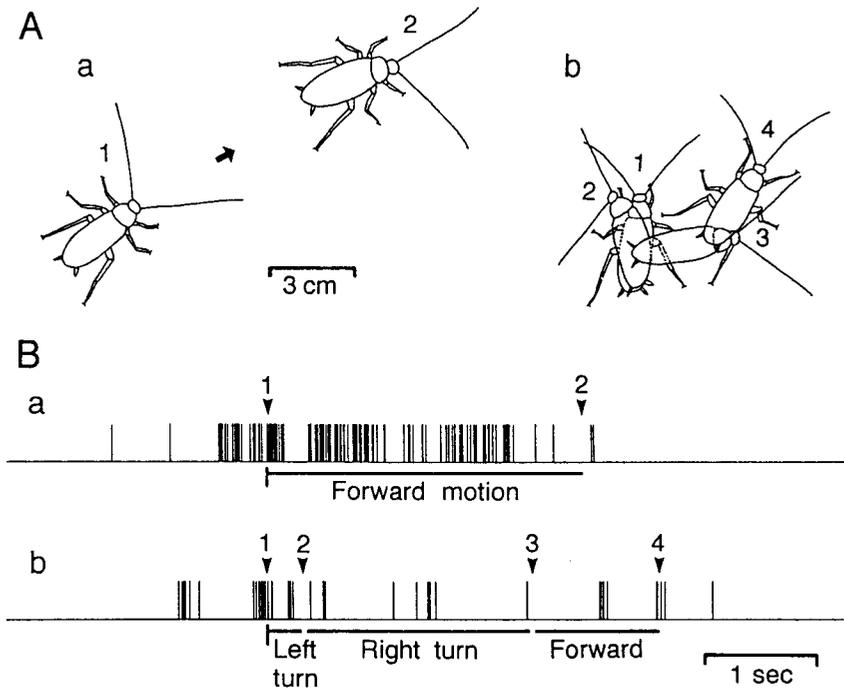


図1 歩行運動の開始に先行した活動を示したニューロン。A：ビデオで録画したゴキブリの行動。B：ワイヤ電極で記録したAの行動の際のキノコ体ニューロンの活動。記録の上に表示した数字はAの数字に対応する。ニューロンの活動はウィンドー・ディスクリミネータで一定波形に変換した。

ンであった。例えば右ターンの際には自発放電の頻度が増加し、左ターンの際にはその抑制がみられるニューロンなどがあつた。

第3のタイプは感覚刺激時にも行動時にも活動する感覚-運動統合型のニューロンであつた。例えば脚、触角、尾葉等への風刺激等に応答するとともに、歩行運動時にも活動するニューロンがみられた。

第4のタイプは歩行中および歩行の開始に先行して発火するニューロンであつた。図1はその一例である。このニューロンは自発放電を示さず、速い前進運動の際に高い頻度のスパイク放電を示した(a)。左ターン、右ターンやそれに続くゆっくりとした前進運動の際にもまばらなスパイク放電が見られたが(b)、興味深いことにスパイク放電は前進および左ターンの開始に0.5-1秒先行して始まつた。他の例では、右へのターン中および右ターンの開始に1-3秒先行した活動を示し、左ターンの際には活動が抑制されるニューロンなどもあつた。

4. 考 察

本研究の結果はキノコ体が多種の感覚情報の統合や行動の高次制御など、複数の機能に関与することを示唆している。哺乳類では、運動の開始に先行してスパイク放電するニューロンは、大脳皮質の運動前野、補足運動野などの領域で見られ、運動の企画や組み立てなどの高次の運動制御機能に関与していると考えられており、同様なニューロンが昆虫のキノコ体にも存在することは極めて興味深い。

われわれの将来の目標の1つは場所学習の前後でのキノコ体ニューロンの活動の変化を記録・解析し、キノコ体での場所記憶の神経機構とその計算原理に迫ることである。本研究で用いた微小ワイヤ電極法を更に改良し、そのような行動実験へとつなげていきたい。

【参考文献】

- [1] Erber J., Masuhr T., and Menzel R.. *Physiol. Entomol.*, 5, 343-358 (1980)
- [2] Nighorn, A., Healy, M. J., and Davis, R. L. *Neuron*, 6, 455-467 (1991)
- [3] Mizunami M., Weibrecht J. M., Strausfeld N. J. In: *Biological neural networks in invertebrate neuroethology and robotics* (Beer R. D., Ritzmann R. and McKenna T., eds), pp.199-225, Academic press (1993)