



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	電位感受性色素によるワモンゴキブリ最終腹部神経節の光学的計測
Author(s)	松本, 茂; 水波, 誠
Citation	電子科学研究, 5, 94-96
Issue Date	1998-01
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/24424">https://hdl.handle.net/2115/24424</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	5_P94-96.pdf



# 電位感受性色素によるワモンゴキブリ 最終腹部神経節の光学的計測

神経情報研究分野 松本 茂, 水波 誠

ゴキブリやコオロギは、外敵の接近によって起こる気流の変化を検知し、その流れと反対側の逃げる逃避行動を示す。本研究では、ゴキブリを材料に、この逃避行動に関して重要な役割を担っている最終腹部神経節の神経活動を光学的に計測し、解析を行った。その結果、尾葉感覚神経束のTAGへの投射領域は4つの部位に分かれること、また、左右の投射領域の間に横連合が存在することが確認できた。

## 1 はじめに

ゴキブリの腹端部には、尾葉という気流刺激や接触刺激に対する一對の受容器があり、そこからのびる感覚神経束は最終腹部神経節 (Terminal Abdominal Ganglion) に入力し、更にそこから胸部、頭部の高次中枢系へ神経束がのびている。この系において、尾葉が受け取った気流情報は尾葉感覚神経束を通してTAGに伝達される。TAGでは、入力された気流情報に対して気流の方向の弁別といった情報処理を施し、更に高次の中枢系へと情報を出力する。この情報処理のシステムにより、ゴキブリは極めて高感度の逃避行動を実現している。この様な複数の神経細胞が協調して行うような情報処理の様式の解析のためには、空間的に広がりを持った神経細胞群の動態を同時に計測する必要がある。そこで本研究ではTAGを電位感受性色素で染色し、尾葉感覚神経束を電気刺激する事で生じるTAGの神経活動を光学的に計測した。

この種の研究は、得られるシグナルの小ささから、従来は哺乳類の大脳皮質、もしくは昆虫においても脳神経節のような、神経細胞の密度が高い系において行われてきた。しかし、本研究では、昆虫の腹部神経節のような比較的少数の神経細胞群の活動についても光学的計測が可能な事がわかった。以下にその実験方法、及びその結果について示す。

## 2 実験

(1) 試料: 実験動物は成虫ワモンゴキブリ *Periplaneta americana* を用いた。冷凍麻酔後開腹し、TAGの鞘皮を除去し、生理食塩水で1 mg/mlに薄めた電位感受性色素RH-155で30分間染色した。この色素は神経細胞を選択的に染め、膜電位の変化によって吸光度を変化させる。染色後、TAGを切り出し、生理食塩水を満たしたチャンバーに置いた。

(2) 画像化: 落射型の顕微鏡を用いて、神経活動による吸光度変化を検出した。100 Wハロゲンランプ光源を用いて試料を照射し、透過光を10倍対物レンズで拡大し、128 × 128 素子のフォトダイオードアレイで受光した。受光したデータはADコンバータで8ビットのデジタルデータに変換し、コンピュータで画像化した。

(3) 電気刺激: TAGの神経活動は、尾葉感覚神経束への電気刺激によって引き起こした。尾葉感覚神経束への電気刺激はフック電極によって行った。刺激強度は1 mA, 刺激時間は500  $\mu$ sとした。

(4) 記録: 神経活動による吸光度の変化率を求めるために、記録前に背景光の画像データを715.2 ms間取得し、次に電気刺激時の画像データを307.2 ms取得し、背景光との差分をとった。以上の試行を16回加算平均した。

### 3 結果

片側の尾葉から伸びる感覚神経束は、TAG 内で同側の領域に投射する事が知られている<sup>[1]</sup>。感覚神経束を上記条件で電気刺激した時の TAG の神経活動の光学的計測の結果を図1,2に示す。この図により、以下の2つの結果が確認できる。

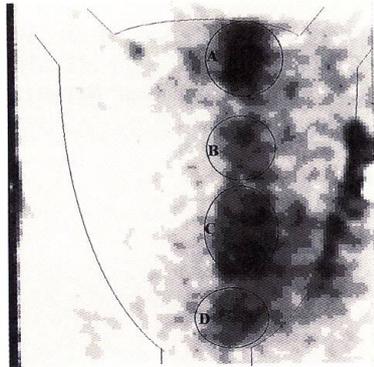


図1 右側の感覚神経束を電気刺激したときのTAGの神経細胞群の神経活動。一辺が0.9mm。黒いラインがTAGの輪郭を示す。濃度が神経細胞の膜電位の脱分極方向の変化部位に対応する。

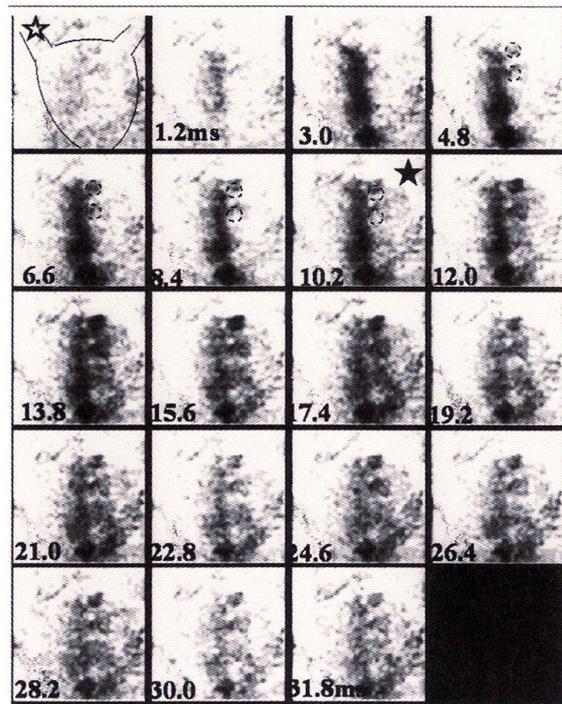


図2 両側の感覚神経束を時間差10msで電気刺激した。19フレーム連続表示した。フレーム間の時間間隔は1.8ms。

(1) 図1では、刺激を受けた感覚神経束と同側の領域が興奮しているのがわかる。更に、4箇所の方が同時に興奮しているのが確認できる(図中のA-D)。

(2) また、図2では、左側の感覚神経束の刺激(図中★)の後、反対側へ連絡する形の興奮領域が捉えられた。この部位の興奮は右側の神経束の刺激(図中★)の前に現れた。

### 4 考察

(1) の結果より、神経細胞における活動電位の伝播速度が数m/sである事を考えると、これら4つの同時に興奮する部位はすべて尾葉感覚神経束の投射領域であると推定できる。この結果は、ゴキブリのTAGは複数の体節が融合していること<sup>[2]</sup>、あるいは、感覚神経は受容する刺激の種類によってTAGへの投射部位が異なることを反映したものであると考えられる。

また(2)の結果より、図の部位が興奮に際して数msという時間遅れを伴っている事から、この領域は尾葉感覚神経束の終末とシナプス結合を持つ横連合であると推定できる。

今後の課題としては、以下の事柄が考えられる。まず、色素の吸光度変化は非常に微弱であり(吸光度変化率0.3%程度)、試料に適した色素の選択等、測定感度の向上が必要である。また、得られるシグナルは試料の深さ方向の解像力が不十分であるし、色素の濃度等の影響も考慮しても、そこから得られたシグナルから静止電位や活動電位を定量的に求める事は難しい。これらの欠点を補う為には、電気生理的手法による少数の神経細胞の詳細な動態や形態の計測を行い、光学的計測の結果と比較する必要がある。本研究に関しても、上記の結果に対して更に形態的データとの比較等を行う予定である。

### 5 おわりに

電位感受性色素による光学的計測は、膜電位の変化、すなわち神経による情報の伝達そのものを多点にわたり観測できる。すなわち、協調して動作する神経細胞群の動態を時空間的に直接とらえ

ることができる。本研究でも、ゴキブリの最終腹部神経節の電気的活動について、従来の手法では得られなかった新しい知見を得ることができたが、

更に計測方法の改良や光学的信号と活動電位との関係の解析なども合わせて、神経活動の時空間的動態を解明していきたい。

---

[参考文献]

[1] D. L. Dalay, N. Vardi, B. Appignani, and J. M. Camhi, *J. Comp. Neurol.*, 196, 41(1981).

[2] I. Huber, E. P. Masler, B. R. Rao, *COCK-ROACHES as MODELS for NEUROBIOLOGY: Applications in Biomedical Research* Volume 1, CRC, Florida, 1990.