

氏 名	やま 協 兆 史
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 2081 号
学位授与の日付	平 成 11 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	理 学 研 究 科 生 物 科 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	The analysis of visual system in the mantis by behavioral experiments (行動実験によるカマキリの視覚系の解析)

(主査)

論文調査委員	教 授 山 岸 哲	教 授 堀 道 雄	助教授 今 福 道 夫
--------	-----------	-----------	-------------

論 文 内 容 の 要 旨

カマキリは餌を発見すると、頭部を動かしてターゲットを凝視する。ターゲットが移動している場合には、頭部を動かし続けて追尾（トラッキング）を行う。そして、餌との距離が近ければ、前脚の素早い動作で餌を捕らえる。これらの行動の制御に必要な情報処理を行うカマキリの視覚系の機能や仕組みは、単純な視覚刺激を用いた行動実験で調べられてきたが、未だよくわかっていない。本論文（5部構成）では、コンピュータで作成した複雑な視覚刺激をディスプレイ上に提示することで、カマキリの視覚系の詳細な解析を試みた。

第1部から第3部では、捕食行動をひき起こす視覚刺激について調べた。第1部では、カマキリは静止した黒い正方形とその両側で振動する直線を同時に見せられるとよく捕食行動を行い、正方形だけや直線のみではあまり反応しないことが示された。

第2部では、この「正方形と振動する直線」モデルの色を明るくすると、捕食行動の反応率は落ちることがわかった。また、正方形の大きさや直線の角速度を、極端に小さくしたり大きくしたりしても反応率が低下した。

第3部では、横に連ねて配置した黒丸6個の端をミールワームのように揺らしたモデル（ミールワームモデル）は、よく捕食行動をひき起こすことがわかった。揺らさない側から黒丸5個を消してみせても、反応率は変わらなかった。

第4部では、ターゲットの明るさがトラッキングに与える影響を調べた。カマキリは、背景が一様な時には、頭部を滑らかに動かすスムーズトラッキングを行い、背景にパターンがある時には、頭部の素早い動きを断続的に繰り返すサカディックトラッキングを行うことが知られている。実験の結果、移動する灰色の正方形には、一様な背景であってもサカディックトラッキングを行うことがわかった。

第5部では、点滅する四角形を2つ同時に提示した時の凝視を観察した。その結果、カマキリは餌としての魅力がより高いと考えられるサイズの四角形を、大きすぎたり小さすぎたりするものよりも、選択して凝視することがわかった。

以上の結果から、カマキリは、動かない正方形と振動する直線を一つの対象として統合して認知すること、逆にミールワームモデルの最も激しく動く部分だけに注目し他の部分を無視すること、またターゲットに応じて柔軟にトラッキングの仕方を変えること、さらには同時にみせられた2つの対象のうち餌として魅力の高い方を選択すること、などが示された。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

無脊椎動物のなかで、昆虫は最も高度な情報処理機能を備えた神経系を持ち、反射、走性、生得的行動、学習・記憶行動などといった、脊椎動物の基本行動様式のほとんどを発現する。そのような複雑な行動の発現を制御する昆虫の神経系（感覚・運動系）については、未解明な部分が数多く存在する。

視覚によって餌を認知して捕えるカマキリは、昆虫の視覚系の研究に適している。しかしながら、従来のカマキリの視覚に関する研究では、カマキリが実際に捕食する餌とはかけ離れた単純な視覚刺激が使われてきた。これに対し本論文では、コンピューターで作成した複雑な視覚刺激をディスプレイ上に提示することで、カマキリの視覚系の詳細な解析を行っている。物理的に再現するのが困難な複雑な動きや明るさの変化も、画面上でなら容易に実現できるので、より細かな点に注目した研究が可能となる。

どのような視覚刺激が餌として魅力的か調べた実験の結果、カマキリは、静止した黒い正方形とその両側で振動する直線と同時に見せられるとよく捕食行動を行い、正方形だけや直線のみではあまり反応しないことが示された。このことから、ある程度の大きさの物体の周りで直線が振動することがカマキリの餌認知に重要であり、カマキリの視覚系にはそのような視覚刺激の結合に反応する仕組みがあることが示唆される。また、黒丸6個をミールワームのように揺らしたモデル（ミールワームモデル）はよく捕食行動をひき起こした。このとき、最も激しく動く一番端の黒丸だけでも高率で反応することは、カマキリが対象のうちの特徴的な一部を抽出する能力のあることを示している。

移動する餌に対する追尾行動（トラッキング）を調べた実験から、カマキリは、黒いターゲットには、頭部を滑らかに動かすスムーズトラッキングを行うが、灰色のターゲットには、頭部の素早い動きを断続的に繰り返すサカディックトラッキングを行うことが示された。このことは、カマキリが餌の性質に応じてトラッキングの仕方を変えることを示唆しており、カマキリの視覚情報処理システムの柔軟さを窺わせる。またこの場合、背景が一様であるにもかかわらず、サカディックトラッキングを行っているが、このことは、動く物体を網膜中心に保持しようとするスムーズトラッキングと、背景全体が網膜上で動かないように保持する視運動反応の対立を避けるためにサカディックトラッキングを行うという、これまでの定説に疑問を投げ掛けるものである。

点滅する四角形を2つ同時に提示した実験からは、カマキリは餌としての魅力がより高いと考えられるサイズの四角形を、大きすぎたり小さすぎたりするものよりも、選択して凝視することが明らかとなった。このとき、選択率と反応率が必ずしも相関しないとことから、適切なものを選ぶ「選択」過程と、実際に凝視する「反応」過程が独立である可能性が示唆される。

このように本論文は、複雑な視覚刺激を提示する行動実験によって、カマキリの視覚系の機能や仕組みの一端を明らかにしてきた。動物の感覚の研究では、電気生理学的にニューロンの挙動を直接調べると共に、行動実験によって感覚情報処理の目的や機能を明らかにする必要がある。これまでの昆虫の視覚の研究は、電気生理実験のみに偏りがちであったが、本論文の成果は、この分野における行動研究の重要性を指摘するもので、今後、行動学と生理学を繋ぐ分野へと発展するものと期待される。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。なお、申請論文に報告されている研究業績を中心とし、これに関連した研究分野について試問した結果、合格と認めた。