



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Neuroethological studies on auditory modulation of wind-elicited walking behavior in the cricket [an abstract of entire text]
Author(s)	福富, 又三郎
Description	この博士論文全文の閲覧方法については、以下のサイトをご参照ください。【担当:理学部図書室】 https://www.lib.hokudai.ac.jp/dissertations/copy-guides/
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(生命科学)
Dissertation Number	甲第13613号
Issue Date	2019-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/74517
Type	doctoral thesis
File Information	Matasaburo_Fukutomi_summary.pdf



学 位 論 文 の 要 約

博士の専攻分野の名称 博士（生命科学） 氏 名 福 富 又 三 郎

学 位 論 文 題 名

Neuroethological studies on auditory modulation
of wind-elicited walking behavior in the cricket
(コオロギの気流誘導性歩行運動の聴覚修飾に関する神経行動学的研究)

外敵の接近から素早く逃げる逃避行動は、その行動制御に関わる神経回路が少数のニューロンによって構成されているにも関わらず、同一の忌避刺激に対しても状況に応じて運動パターンを柔軟に変化させる。本研究では、逃避行動の状況依存的な変化が、行動を直接引き起こす「トリガー刺激」と状況を表現する「状況刺激」の異種感覚統合によって生じるという作業仮説の下、その神経機構の解明を目的として、フタホシコオロギ (*Gryllus bimaculatus*) を用いて行動実験及び電気生理学実験を行った。コオロギは腹部末端に尾葉と呼ばれる気流感覚器官をもち、短い気流刺激に対してすばやく遠ざかる逃避行動を示す。また、前肢には鼓膜器官が存在し、同種のオスの求愛歌や捕食者であるコウモリの発する超音波に対して、それぞれ正または負の走性を示す。これは、コオロギの気流感覚系、聴覚系ともに刺激源方位に関する空間情報を認識する機能を有することを意味している。さらに、これら生得的定位行動の神経機構についての詳細な神経行動学的知見が蓄積されているため、コオロギは本研究の目的に適した実験材料である。

第一章では、音刺激（10 kHz トーン音）が気流刺激で誘発される逃避行動を修飾するか、また、音と気流刺激の方向一致性が音刺激による修飾作用に影響するかを検証した。音刺激を気流刺激に対して 800 ミリ秒先行して呈示し、続く 200 ミリ秒間気流刺激を音と同時に側方から与えたところ、逃避行動の移動方向が後方へ偏り、気流刺激に対する反応閾値が上昇した。これらの行動変化は、音刺激を前方から呈示しても気流刺激と同じ側方から呈示しても変化せず、2 つの刺激の方向一致性の影響は見られなかった。音刺激による移動方向の変化と反応閾値の上昇は初回の試行から観察され、繰り返して実験しても変化しなかったことから、経験依存的な学習の効果ではないと考えられる。以上の結果から、コオロギは生得的に聴覚系と気流感覚系を統合する機構をもち、その異種感覚間相互作用が行動を変化させることが示唆された。

第二章では、音刺激による気流逃避行動の修飾に対する両刺激の時間的關係性の影響を調べるため、気流刺激に対する音刺激の先行時間と両刺激の重複時間が異なる複数の刺激パターンを用いた。その結果、音刺激の先行時間を 200 ミリ秒に短縮しても移動方向は後方へ偏ったが、同時に呈示した場合は移動方向の変化は見られなかった。また、先行音を気流刺激前に終了させ、重複呈示しない場合でも、移動方向の変化が観察された。驚くことに音刺激終了から 600 ミリ秒の間隔を開けて気流刺激を呈示しても、移動方向の変化が生じた。これらの結果は、移動方向の変化には音刺激が気流刺激に対して先行することが必要であり、さらに音刺激の情報は終了後少なくとも 600 ミリ秒間は保持されることを示している。一方、反応閾値は、音刺激のタイミングにかかわらず上昇した。したがって、音刺激による移動方向の変化と反応閾値の上昇は、異なる神経メカニズムによって修飾/制御されていると考

えられる。

第三章では、音刺激の周波数を変化させ、気流逃避行動の修飾における聴覚による状況依存性を調べた。コオロギ求愛歌の搬送周波数である 5 kHz トーンと、飛行中に回避運動を引き起こす 15 kHz トーンを状況刺激として使用した。これらの音刺激を第一章と同じ時間関係で気流刺激に先行して呈示し、周波数音の違いによる影響を比較した。5 kHz トーンは移動方向を若干後方へ偏らせたものの反応閾値の上昇は見られなかった。一方、15 kHz トーンは移動方向の変化と反応閾値の上昇に加え、移動距離の増大とターン角度のばらつきの上昇をもたらした。すなわち、忌避的な信号である高周波の音ほど気流逃避行動への影響が大きいことがわかった。これらの結果から、コオロギは音の周波数から状況を判断し、続く気流刺激に対する逃避戦略を変化させていると考えられる。

第四章では、音刺激による気流逃避行動の修飾を支配する神経機構を調べるため、細胞内電位記録法を用いて、先行音によって気流応答が変化するニューロンを探索した。本研究では、先行研究においてすでに音・気流刺激の両方に応答することが明らかにされている胸部神経節に存在する Ascending neuron 2 (AN2) に着目した。第三章の実験と同様に、15 kHz トーンを気流刺激に対して 800 ミリ秒先行して呈示したところ、AN2 の気流刺激に対する応答が気流刺激のみの応答よりも減少することが明らかになった。しかし本実験で用いた気流刺激は噴出ノイズを伴うことから、AN2 の応答にはノイズに対する聴覚応答成分が含まれてしまう。そこで尾葉感覚神経束を電気刺激し、AN2 の純粋な機械感覚応答に対する先行音の影響を調べた。その結果、先行音は尾葉電気刺激に対する応答も減弱させた。これらの結果から、行動実験で観察された逃避行動の修飾と同様に、AN2 の気流応答も聴覚入力によって変化することが分かった。AN2 は鼓膜器官の聴覚受容ニューロンから入力を直接受け取っていることから、状況依存的な気流誘導性逃避行動の変化に重要な役割を持っている可能性がある。

本学位論文では、コオロギを材料として、動物が状況依存的に行動を変化させる神経機構を調べるための新規な実験パラダイムを構築した。これを用いて、2 種の感覚刺激の時空間一致性を検証するとともに、状況依存的な行動の変化の発端である可能性をもつニューロンを特定した。本研究結果を足がかりとして、ニューロンの応答性の変化と状況依存的な運動の変化の相関や因果関係を調べることで、行動の状況依存性を支配する神経機構の全容を解明することが期待される。