HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Studies on the multisensory integration in cricket’s auditory system [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	染谷, 真琴
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(生命科学)
Dissertation Number	甲第13333号
Issue Date	2018-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/71921
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Makoto_Someya_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称　博士（生命科学）　氏　名　染谷　真琴

学 位 論 文 題 名

Studies on the multisensory integration in cricket's auditory system
（コオロギ聴覚系における多感覚統合に関する研究）

動物は異なる感覚器官で受容された複数のモダリティの感覚刺激の情報を中枢神経系で統合する。この過程は多感覚統合と呼ばれ，それによる神経活動の変化は物体の知覚や刺激によって誘導される行動の修飾をもたらす。多感覚統合は捕食者の検出感度の向上や，より正確な位置や距離の把握に有効であり，生存のための回避行動にも利益をもたらすと推測される。昆虫の中枢神経系には捕食者の接近に関連した刺激を検出するいくつかのニューロンが同定されているが，これらのニューロンが複数モダリティの感覚入力を統合しうるのかは不明であった。本学位論文では，捕食者であるコウモリが発する超音波エコーに応答するコオロギの聴覚ニューロン AN2 を対象として，やはり捕食者の接近を検知する気流感覚器である尾葉からの機械感覚入力と前肢鼓膜器官からの聴覚入力の多感覚統合に着目し，この問題に取り組んだ。

第一章では，AN2 を含む聴覚ニューロンが尾葉からの機械感覚入力を受けるかを検証した。尾葉は空気流の変化によって捕食者の接近を検出し，コオロギに逃避行動を引き起こす。まず，頸部腹側縦連合からの細胞外記録により，音刺激および気流刺激に応答する上行性神経活動を検証し，次に細胞内記録法により前胸神経節内における多感覚ニューロンを探索した。その結果，すでに聴覚ニューロンとして同定されている AN2，ON1 を含むいくつかの前胸介在ニューロンが気流刺激に対してスパイク応答を示した。気流応答は尾葉を切除すると消失したことから，鼓膜器官で受容された聴覚入力と尾葉で受容された気流感覚入力が，前胸神経節内の感覚情報処理の初期段階において統合されることが示唆された。

第二章では，聴覚および気流感覚入力が AN2 のスパイク発火に与える影響を検証した。音と気流刺激の同時提示刺激に対する応答はそれぞれの刺激の単独提示に対する応答より有意に大きく，多感覚統合によって応答が増大されることがわかった。しかし，同時提示に対する応答は，基本的に単独提示に対する応答の和にほぼ等しく，AN2 は音と気流入力を

線形に加算していた。単独提示応答の線形和よりも大きな加算は，スパイク閾値に近い弱い強度の刺激を同時提示した場合にのみ観察された。したがって，AN2 の多感覚統合における非線形加算は，興奮性シナプス後電位（EPSP）からスパイクへ変換する閾値特性を反映したものであると考えられる。

AN2 は音源の位置，音圧および音の長さといった情報を高頻度のスパイク発火(バースト発火)で符号化することが報告されている。音と気流の同時提示は，単独提示よりも高い頻度でバースト発火を誘発したことから，多感覚統合は音情報表現へも影響することが示唆された。しかし，単独提示した音刺激の強度を増大した場合にも同様にバースト発火は増大し，同程度の大きさのスパイク活動に含まれるバースト数は単独提示と同時提示に違いは見られなかった。したがって，バースト発火の増加は単にスパイク応答の増大によるもので，多感覚統合特異的なものではないと考えられる。したがって，AN2 は刺激のモダリティによらず興奮性入力を統合しており，その統合過程は一般的なシナプス入力加算のメカニズムによるものであると推測された。

第三章では，AN2 におけるバースト発火をもたらす神経基盤を理解する手がかりとして，感覚刺激のモダリティ，およびバースト発火と閾値以下の膜電位応答の関連を検証した。細胞内記録した AN2 の膜電位応答からスパイク成分を取り除き，閾値下の興奮性シナプス後電位（EPSP）を推定した。第二章においてほとんどのバースト発火は一発目の活動電位に続いて生じていたため， この初発スパイク後の EPSP に注目したところ，同時提示刺激に対する応答は単独提示刺激に対する応答よりも脱分極がより持続していた。この期間の脱分極の高とその持続時間は，いずれもバースト発火の発生および個々のバースト発火の大きさと相関を示したが，その関係性に刺激モダリティによる違いはみられなかった。以上の結果から，閾値以下の膜電位変化はバーストの発生およびその大きさを決定する重要な要因であるが，それに対する影響は入力強度の増大によるものであり多感覚統合特異的ではないことがわかった。

AN2 はコオロギの捕食者であるコウモリが発する超音波を検出し，そのバースト発火は飛行中のコオロギに音源と反対方向に飛行する逃避行動を引き起こすことから，捕食者検出ニューロンとして働くと考えられている。本研究によって，AN2 が尾葉への気流刺激に対しても興奮性の応答を示し，鼓膜からの聴覚入力と線形に加算したスパイク出力をすることによってバースト発生を増大させることがわかった。本研究結果は，感覚情報処理の初期に単一ニューロン内で複数のモダリティの感覚入力が統合され，逃避行動に利用されている可能性を示すものである。