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_review.pdf, 審査の要旨 |

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

# 学 位 論 文 審 査 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

審査担当者
主査　教 授　小川 宏人
副査　教 授　松島 俊也
副査　教 授　水波 誠
副査　ﾁｰﾑﾘｰﾀﾞｰ　風間 北斗（理化学研究所脳科学総合研究センター）

## 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）

## 博士学位論文審査等の結果について（報告）

我々を含めて，動物は複数の感覚器官を持ち，異なる種類の物理的・化学的刺激を受容する。これらの異なる感覚器官で同時に受容された感覚入力は，中枢神経系内でそれぞれのモダリティごとに処理されるだけでなく，それらの情報が統合されることによって，刺激が別々に与えられた場合とは異なる神経活動を惹起する。この過程は多感覚統合（multi-sensory integration）と呼ばれ，刺激源の検出感度の向上や正確な空間情報の把握をもたらすと考えられてきた。しかし，捕食者からの逃避行動のような特定の生得的行動において，その行動を支配するニューロンで多感覚統合がどのように実行され，機能しているかは不明であった。

本論文は，コオロギの前胸神経節内に同定されている聴覚上行性投射ニューロン AN2 を対象として，鼓膜器官からの聴覚入力と尾葉器官からの機械感覚入力の多感覚統合機能と，その細胞メカニズムを解明したものである。AN2 は主に 10 kHz 以上の高周波音に感受性を持ち，捕食者であるコウモリが発する探針音波を検出して飛行中の回避行動を引き起こすことが知られている。一方，コオロギは尾部に存在する尾葉感覚系により，捕食者の接近をわずかな気流変位として捉え，地上での様々な逃避行動を示す。染谷氏は，一連の電気生理学的実験により，この AN2 をはじめとする聴覚ニューロンが尾葉を介して気流刺激にも応答することを発見した。

本論文の第一章では，吸引電極を用いて頸部腹部縦連合から上行性神経活動を細胞外記録し，その発火ユニットの大半が音にも気流にも応答することを示した。さらに細胞内記録法により，前胸神経節内ですでに聴覚ニューロンとして同定されている AN2, ON1 を含む介在ニューロンが気流刺激に対してスパイク応答を示すことを証明した。この気流応答は尾葉を切除すると消失したことから，鼓膜器官ではなく尾葉を介して受容されたものである。以上の様に，第一章の結果は，コオロギ前胸神経節内の感覚情報処理の初期段階において，鼓膜器官で受容された聴覚入力と尾葉で受容された機械感覚入力が統合されることを示唆した。これほど初期段階で独立した感覚器官からの入力が統合されている例はなく，染谷氏の発見は昆虫の感覚情報処理に関する新たな知見を提唱するものである。

第二章では，AN2 において音刺激と気流刺激の同時提示がそのスパイク応答に及ぼす影響を解析した。音と気流刺激の同時提示に対する応答は，それぞれの刺激の単独提示に対する応答よりも大きく，多感覚統合によって応答が増大されていたが，その大きさは単独提示に対する応答の和にほぼ等しかった。このように，AN2 は音と気流入力を，基本的に線形に加算していたが，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は，単独提示刺激に対する応答の線形和を越える大きな反応が得られた。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）がスパイク発火を生じる際の閾値特性を反映したものであると考えられた。また，音と気流の同時提示は，スパイク間隔が短いバースト発火と呼ばれる活動を，単独提示よりも高い確率で誘発した。AN2 は音源の位置，音圧および音の長さなどの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。このバースト発火の増加自身は，単に同時提示による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かったが，AN2 の多感覚統合は刺激源の検出感度の向上や，より正確な位置情報の表現に関与している可能性が示唆された。以上の結果は，単一同定ニューロンにおける多感覚統合の機能を明らかにしたものであり，神経生物学的に重要な知見を提供した。

第三章では，AN2 の多感覚統合機能に密接に関連するバースト発火をもたらす細胞メカニズムを明らかにするため，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。その結果，バースト発火を起こす初発スパイク後の EPSP による脱分極の高さとその持続時間は，刺激モダリティによらず，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。以上の結果と第二章の結果を総合すると，AN2 における多感覚統合は，興奮性シナプス後電位の線形加算を生じ，その結果，より大きく持続した脱分極をもたらすことでバーストの発生を促進していることが明らかとなった。

これを要するに，染谷氏は，回避行動という行動を支配する単一ニューロンにおいて，多感覚統合がもたらす機能とそれを実現する細胞メカニズムを初めて明らかにした。その結果は従来のシナプス統合の理解の枠組みを超えるものではなかったが，その神経生物学的意義はけして小さなものではない。

よって著者は、北海道大学博士（生命科学）の学位を授与される資格あるものと認める。