



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Spatial perception through active sensing by cricket antennal mechanosensory system [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	IFERE, Nwuneke Okereke
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(生命科学)
Dissertation Number	甲第14827号
Issue Date	2022-03-24
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/85965
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Ifere_Nwuneke_Okereke_review.pdf, 審査の要旨



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 Ifere Nwunke Okereke

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

学位論文題名

Spatial perception through active sensing by cricket antennal mechanosensory system

(コオロギ触角機械感覚系のアクティブセンシングによる空間知覚)

博士学位論文審査等の結果について（報告）

動物は様々な感覚器官によって外界を知覚するが、環境に積極的に働きかけることによって情報を得る手法をアクティブセンシングと呼ぶ。神経生物学の分野ではこれまでコウモリのエコーロケーションや電気魚の電気感覚、げっ歯類のヒゲによる体性感覚などを対象として、その神経メカニズムについて研究されてきた。昆虫の触角（アンテナ）による機械感覚も代表的なアクティブセンシング・システムであり、彼らは積極的に触角を動かすことによって周囲の物体を検出する。これまでゴキブリ等を対象として、触角への刺激に対する反応や接触した物体に対する定位について明らかにされてきた。しかし、これまでの研究では、昆虫が触角を用いて周囲を「認識」しているかは不明であった。なぜなら周囲の空間全体を認識せずとも、触角への接触刺激に対して一定の空間的関係性をもって反射的に反応すれば、上記のような行動を示すことは可能だからである。空間認識能力の有無を確認するためには、触角入力とは関係ない、別の感覚器への刺激によって誘導される行動が、触角のアクティブセンシングによって知覚された物体の配置や向きによって変化するかを検証する必要がある。Ifere 氏らは、コオロギの気流誘導性逃避行動を用いてこの問題に取り組んだ。コオロギはゴキブリなどと同様に、長い触角を自発的に動かして周囲の物体を検出する。一方、腹部末端には尾葉と呼ばれる機械感覚器官をもち、短い気流刺激に対して刺激源からすばやく遠ざかる逃避行動を示す。Ifere 氏は、球形トレッドミル上にコオロギを保持し、その前方や側方に様々な物体を提示して触角で触らせた状態で気流刺激を与え、触角への機械感覚入力が逃避行動に及ぼす影響を調べた。

本論文の第一章では、まず棒状の物体と壁状の物体をそれぞれ遠位または近位側方に置き、後方または側方から気流刺激を与えた。いずれの場合も壁を近位に置いたとき、コオロギは壁への衝突を避けるように、逃避行動の進路を変更した。遠位の壁や棒状の物体は刺激方向にかかわらず逃避行動に影響はなかった。したがって、コオロギは物体の形状や位置を把握し、それによって行動を変化させていた。気流刺激のない自発歩行では、壁から離れようとしたり、逆に近づいたりする傾向は見られなかったことから、単に触角の入力に対する反射的な行動ではない。また、コオロギ前方に進路を遮るように壁を配置して、後方から気流刺激を与えた場合、両方の触角が壁に接触できるように正面に位置させると進路は右または左に大きくカーブしたが、片方の触角だけが接触できるように左右どちらかにずらすと進路は明瞭に壁のない方側にカーブした。以上の結果から、コオロギは、触角によるアクティブセンシングによって周囲に存在する障害物を認識し、その配置や形状に合わせて衝突を回避するように逃避行動を変化させることが明らかとなった。

第二章では、コオロギ正面の壁に対する後方気流刺激による逃避行動中の衝突回避運動が、視覚入力によってさらに修飾／増強されるかを調べた。視覚入力のみの場合、逃避行動の反応潜在時間が長くなり移動距離は減少するものの、逃避行動の進路の方向は変化しなかった。また、壁を触角でも視覚でも知覚できるようにした場合、逃避行動の進路は壁のない側へ偏ったが、その大きさは触角入力のみの場合と変わらなかった。したがって、コオロギは近距離の障害物の認識には、主として触角の機械感覚に依存していると考えられた。

第三章では、空間認識のために左右の触覚入力の比較を用いているかを検証するために、片方の触角を切断した場合の正面の壁に対する回避運動を調べた。片側の触角を切断すると、正面に壁を配置した場合、移動方向は残った触角側にのみカーブする。一方、切断した触角と反対側に壁を寄せて配置した場合は、正常な個体と同様壁のない側へカーブするが、その大きさは切断前に比べて小さかった。すなわち、触角はたとえ物体に触らなくても、そこに障害物が「ない」という情報を提供しており、切断によってそれが消失した場合は、残った入力側に依存した行動をとると考えられた。さらに、正面中央に配置した壁に様々な幅の隙間を持たせたところ、幅が大きくなるにつれて衝突回避のカーブは小さくなり、壁が存在しない時と同じように直進するようになった。すなわち、コオロギは逃避経路として十分な幅であるかを計測している可能性が示唆された。

これを要するに、著者はコオロギを対象とした行動実験により、昆虫が触角機械感覚系によって空間認識、計測する能力を持ちうることをはじめて明らかにした。この知見は昆虫の脳神経系における高次認識機能を証明したものであり、行動神経科学分野における貢献するところ大なるものがある。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。