



コオロギは音の高さで危険を判断する

～昆虫聴覚機能の新しい側面～

研究成果のポイント

- ・音を聞くと、コオロギは気流に対する逃げ方を変えることを発見。
- ・音の周波数によって逃げ方への影響が違ふことを発見。
- ・昆虫の聴覚系が周りの状況を把握するために使われている可能性を初めて示した。

研究成果の概要

私たちヒトは音に囲まれて生活しており、音を発する物体や周りの状況を把握したうえで、様々な意思決定を行っています。コオロギやキリギリスなどの種の昆虫も前肢に耳を持っていて、オスの鳴き歌を頼りに繁殖行動を行ったり、コウモリの探索音を感知して回避行動をとったりします。このように、昆虫の耳は音に対してある決まった行動を引き起こすための感覚器官だと考えられてきました。ところが、小川教授らの研究グループは、特に行動を起こさないような音刺激でも、音に続けて危険な信号（気流の刺激）を与えると気流から逃げる行動が変わること、さらに音の高さ（周波数）によって逃げ方への影響が違ふことを発見しました。今回の発見は、昆虫も音を状況判断に用いるという昆虫聴覚系の新たな側面を示しました。

論文発表の概要

研究論文名：Crickets alter wind-elicited escape strategies depending on acoustic context.

（コオロギは聴覚状況に応じて気流逃避戦略を変える）

著者：福富又三郎（北海道大学大学院生命科学院）、小川宏人（北海道大学大学院理学研究院）

公表雑誌：Scientific Reports

公表日：英国時間 2017 年 11 月 9 日（木）（オンライン公開）

研究成果の概要

(背景)

同僚が上司に叱責されるのを遠くで聞いたら、あなたは「上司は今日機嫌が悪いかもしれない」と考え、良くない報告を先延ばしにしたり、挑戦的な提案を取りやめたりするかもしれません。このように、ヒトは音から様々な状況を把握し行動を適切に選択しています。

ヒトから進化的に遠く離れている昆虫にも、耳をもち、音のシグナルを頼りに生活しているものがあります。例えば、メスのコオロギはオスの求愛歌を聞くと、交尾をするために近づいていきます。また、コオロギを含めた多くの飛翔性昆虫は捕食者であるコウモリの探索超音波を聞くと、音源から遠ざかるようとする回避運動を示します。このように、昆虫が音に対してある決まった行動をとる例は多数報告されていましたが、ヒトのように、聴覚系を状況判断に用いているかはわかっていませんでした。小川教授らの研究グループは、コオロギは、特に何も行動を示さないような音も状況判断に用いているのではないかと考え、この謎に迫りました。

(研究手法)

コオロギは両方の前肢に鼓膜器官をもち、様々な音を聞くことができます(図 1A)。また、腹部後端にある尾葉と呼ばれる感覚器官(図 1A)で周りの空気の流れを感知し、その突然の変化を捕食者の接近として捉えて、気流のやってくる方向から逃げようとします。

小川教授らの研究グループはこれまでの研究で、コオロギが何も行動を起こさない 10 kHz のトーン音を聞くと、次に来る気流に対する逃げ方を変えることを発見していました(Fukutomi et al., 2015)。しかし、どんな音に対しても同じように逃げ方を変えるのでは、音を状況判断に用いているとはいえません。

そこで、高さ(周波数)の違う二つの音刺激を使って、この気流に対する逃避行動に対する影響を調べました。飛んでいるコオロギは周波数が 5 kHz の求愛歌に対しては近づくような運動を示す一方、同じパターンの音刺激であってもコウモリがだすような 15 kHz などの高い音に対しては逆に回避しようとする運動を示すことが報告されています。このように、コオロギにとって音の周波数は、周りに仲間がいるか、それとも天敵がいるのかという状況を判断する重要な手掛かりになります。そこで今回の研究では、ボール型のトレッドミル装置(図 1B)の上を自由に歩行できるコオロギに 5 kHz と 15 kHz の 2 種類のトーン音を聞かせ、そのすぐ後に気流刺激を与えた時の逃避歩行運動を解析しました。

(研究成果)

実験の結果、どちらの周波数のトーン音も、それだけではトレッドミル上のコオロギは行動しませんでした。音刺激の後に与えた気流刺激に対する逃避行動には次のような違いがありました。

- (1) 15 kHz 音を聞かせると、コオロギは気流刺激に対して逃げにくくなりましたが、5 kHz 音を聞かせても逃げにくさは変わりませんでした。
- (2) ただし、逃げる移動距離は、15 kHz 音を聞かせた時の方が 5 kHz 音よりも長くなりました。
- (3) 気流刺激を真横から与えたとき、コオロギに前もってトーン音を聞かせると、聞かせなかった時に比べて真横よりも後方へ逃げるようになりましたが、その度合いは 15 kHz 音の方が 5 kHz 音よりも大きなものでした(図 2)。
- (4) 15 kHz 音を聞かせると、逃避行動におけるターン角度(つまり逃避行動の後にどちらを向いているか)をよりばらつかせましたが、5 kHz 音ではそのような影響はありませんでした。

(1)と(2)の結果は、コオロギは周りにコウモリがいそうな状況では、むやみに風に反応して動くことをやめ、いざ逃げるときにはより遠くまで逃げようとしていることを意味しています。

また、(3)と(4)の結果から、コオロギは逃げる方向や向きをコウモリに予測されないようにしている可能性も考えられます。このように音の周波数によって逃避行動への影響が異なることから、コオロギが聴覚に基づいて状況を把握し、いろいろな行動に反映させている可能性が示唆されました。

(今後への期待)

これまで昆虫の聴覚系は、定型的な行動を引き起こすためのものとして考えられてきました。しかし、今回の研究から、昆虫の耳が単に交配相手に近づいたり、天敵から逃れたりするためのきっかけとなる刺激を感知しているだけでなく、複雑な「状況判断」にも使われているという、新たな機能的側面を持つことがわかりました。哺乳類に比べてずっと神経細胞が少ない小さな脳を持つ昆虫は、細胞レベルでの神経回路の理解を目指した研究が盛んです。そのなかでもコオロギの聴覚系は、古くから特に研究が進められているものの一つです。今回昆虫が聴覚を状況把握に用いていることが新たに発見されたので、ほ乳類のような複雑な脳では解明が難しかった「状況把握の機能」を実現する神経基盤を明らかにできるかもしれません。今後は、音によって得られた状況が脳の中でどのように表現されているのか、状況判断に基づいてどのように行動が調節されるのか、といった神経メカニズムを明らかにしていく予定です。

なお、本研究は、文部科学省科学研究費補助金により実施されました。

お問い合わせ先

北海道大学大学院理学研究院生物科学部門行動神経生物学分野 教授 小川 宏人(おがわ ひろと)
TEL : 011-706-3525 FAX : 011-706-3525 E-mail : hogawa@sci.hokudai.ac.jp
ホームページ : <http://www.sci.hokudai.ac.jp/~hogawa/index2.html>

【参考図】

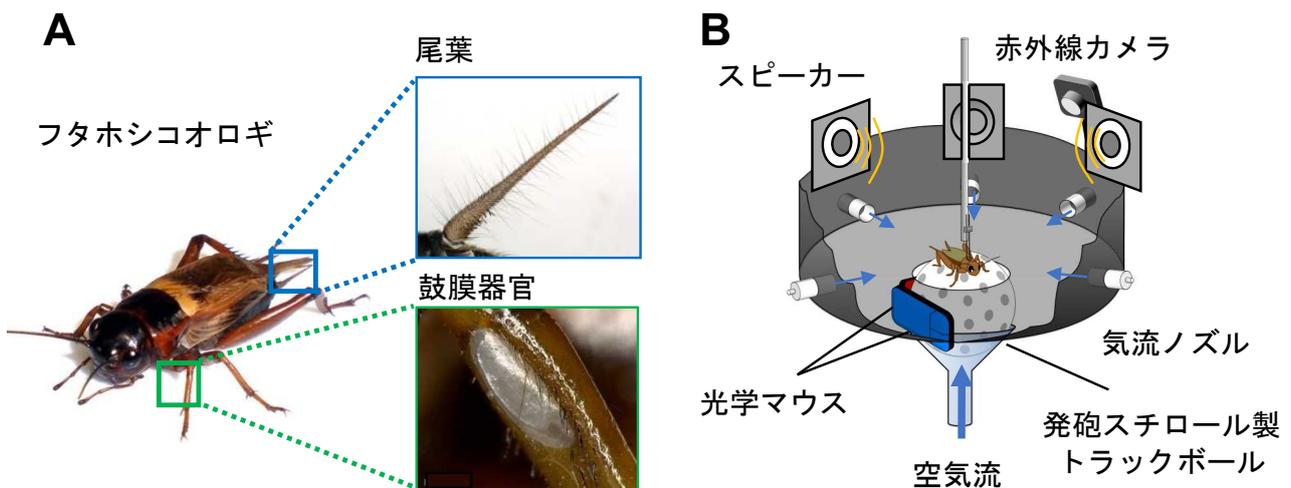


図1 A : コオロギの気流感覚器官(尾葉)と聴覚器官(鼓膜器官)。

B : ボール型トレッドミル装置。コオロギは空気流で浮かせた発砲スチロール製のトラックボール上を自由に歩行できる。2つの光学マウスでボールの回転を検出し、その回転量からコオロギの運動を記録する。

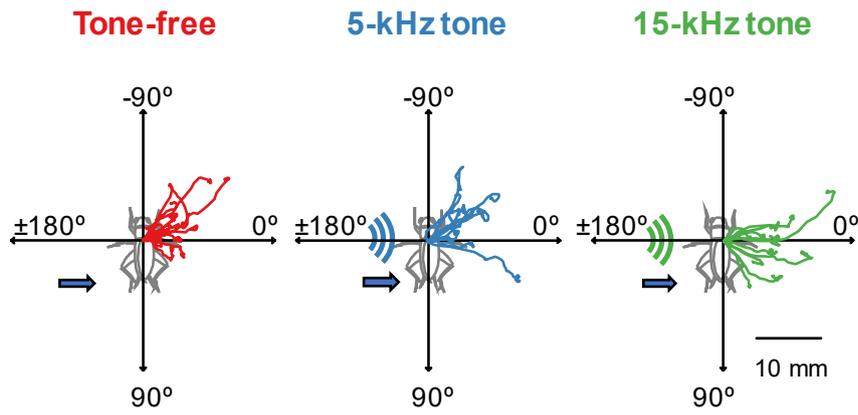


図2 それぞれの周波数のトーン音を聞かせたときの、左からの気流刺激に対する逃避歩行運動の軌跡（赤色はトーン音なしを表す）。いずれも気流と反対の方向に逃げているが、15 kHzの音を聞いた場合にはやや後方に移動しているのがわかる。