

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年5月27日現在

機関番号：10101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011年度～2012年度

課題番号：23657012

研究課題名（和文）アリの幼虫が発する振動音の機能と普遍性に関する研究

研究課題名（英文）Function and generality of sounds emitted by ant larvae

研究代表者

東 正剛 (HIGASHI SEIGO)

北海道大学・・・名誉教授

研究者番号：90133777

研究成果の概要（和文）：

アリのコロニー内における音・振動コミュニケーションの役割を明らかにするため、まず、携帯用高度録音録画システムを開発した。飼育容器の透明アクリル板を二重とし、容器の底をプラスチックフィルムにしてその下に高感度小型マイクロフォンを固定した。これを防音箱の中に入れ、さらにハイビジョン画質で至近距離から録画できるビデオカメラと、小型LED照明のセットを設置し、吸音スポンジで固定した。この装置を使って、蟻客であるクロシジミ属幼虫と様々なフタフシアリ類が盛んに発音することを確認した。特に、高度な分業社会をつくっているハキリアリでは、言語にも似た情報交換手段として音を利用している可能性があることを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：

In the first year, I developed a portable recording video system of high quality to investigate the role of sound communication in ant colonies. Noise sound was intercepted by double-layer transparent plastic boards enclosing a small space where the insects were reared. The space was floored with a plastic paraffin paper connected with a microphone. This apparatus was put in a soundproof box with LED illumination and clear-vision video camera fixed on the box wall with a sound-absorbent sponge. I used it to collect sounds of myrmecophiles (e.g. *Nyphanda* larvae) and myrmicine ants including leaf-cutting ants *Atta* spp. which showed a high level of labor division and might be adopting sounds even for bilateral exchange of information, which seemed analogous to our language.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野:生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生態・環境

キーワード：行動生態・社会性昆虫・コミュニケーション・アリ・幼虫

1. 研究開始当初の背景

地上・地中生活に特殊化したアリ類は主に触覚と臭覚に依存して情報交換をしていると考えられ、実際、警報、動員、集合、巣仲間認識などに関わるいくつかのフェロモンが同定されている(北條・尾崎 2011)。しかし、それらフェロモンは成虫同士の情報交換に関わる物質であり、ワーカーと幼生(卵・幼虫・蛹)の間で交わされる情報交換に関しては未知のことが多い。例えば Glancey et al.(1970)は、ヒアリ幼虫からの抽出物を塗布したろ紙をワーカーが巣内へ運び込むのを観察した。Bigley & Vinson (1975)はこの抽出物を精製し、トリグリセリド類が幼生の世話に関与するフェロモンであると結論付けたが、トリグリセリドは幼虫の体内に由来するものであり、アリはろ紙を餌として認識して巣内に運び込んだ可能性が高く、トリグリセリドが幼生フェロモンであるとの説はあまり支持されていない。そこで Vander Meer & Morel (1988)は幼虫フェロモン説に疑問を呈し、幼虫が発する振動や形態に基づく接触刺激が主なシグナルとして用いられている可能性を指摘したが、証明には至っていない。

腹柄節を2節有するフタコブ系アリ類(ハリアリ亜科、フタフシアリ亜科など)は、腹部と後腹柄節にあるやすり状器官を擦り合わせて発音し、警告、動員、(交尾済みメスによる)交尾拒否、他のシグナルの強化などに使用していることが最近分かってきた。例えば、Barbaro et al.(2009)は、フタフシアリ亜科 *Myrmica schencki* の女王とワーカーが異なった音を発すること、女王の音はワーカーによる庇護を強めることを明らかにするとともに、このアリに寄生するシジミチョウ *Muculinea rebeli* が

女王の音を擬態し、巣内でワーカーの庇護を受けていることを示した。これらの研究は、アリの情報伝達手段として音や振動がこれまで考えられていた以上に重要な役割を果たしている可能性があることを示唆している。

そこで、申請者は映像・音響機器の研究を専門とする電子工学者の協力を得、フタフシアリ亜科シワクシケアリの女王、雄、ワーカーのやすり状器官から発せられる音を録音するとともに、偶然に高感度マイクの上に置かれた幼虫が振動音を発するのを捉えた。これは、アリがこれまで考えられていた以上に音や振動を巣内コミュニケーションに利用している可能性が高いことを示唆しており、本研究を計画するに至った。

2. 研究の目的

高度な社会性を示すアリ類の主な情報伝達手段は化学物質と考えられ、実際、いくつかのフェロモンが同定されている。しかし、しかし、社会性を維持する上で重要と考えられてきた女王フェロモンや幼虫フェロモンは未だに同定されず、それらは実際には存在しないのではないかと考える研究者も増えている。そこで、狭い巣内では、コストがかかり、高速度の情報交換には不適な化学物質より振動や音が重要という仮説もあるが、証明は全くなされていない。本研究では、電子工学者のアドバイスを得ながら、携帯可能な高感度録音録画装置を開発するとともに、発音が証明されているフタフシアリ類を中心に、巣内音を録音し、行動と対応させながら、音や振動がアリ類の社会性維持に果たしている役割を解析する。

3. 研究の方法

まず、耐震ゴム、スポンジなどを組み合

わせた複層式の消音装置を作成し、その中に音響検出・録音機材ならびにプレイバック装置を備え付けた実験箱を設置し、移動可能な実験系を作出した。次に、この装置を用いて、主にフタフシアリ類の成虫、幼虫、蟻客が発する音や振動をとらえ、ビデオ再生により、発音の行動学的意味を明らかにした。

まず、日本産アリ類・蟻客類の実験は、北海道大学の実験室内に設けた消音装置内で行った。音響検出・録音機材はマイクセットおよび HDR 用電源キットをベースとして、振動を鋭敏に検出できるように加工した微小振動音用マイクロフォンを人工巣内に複数個設置して行った。録音した振動音は、SD カードを用いて解析用パソコンへと移し、音響解析ソフトを用いてノイズを除去した。このようにして得た音・振動を同じ装置内で再生し、プレイバック実験を行った。

4. 研究成果

アリやその共生蟻客類が発する音を録音できる小型携帯用装置を開発した。アリが発する音を録音するためには、外部からの音を遮断した状態でアリの行動を観察することと、録音機材の感度を高め、できるだけ小さな音まで検出できるようにする必要がある。まず、前者の課題解決のために、透明なアクリルで作ったアリの行動観察容器を、更にもう一重のアクリルケース（厚さ 10mm）で覆うことによって、外部からの物理的なノイズを大幅に削減することに成功した。より以上のノイズ削減のために、この録音装置を防音箱の中に設置した。防音箱の外側には防振ゴム（厚さ 7mm）、その内側に吸音スポンジ（厚さ 5cm）と、それぞれ異なる材質からなる防音素材をはり、録音装置をこれで包み込むことにより特に

低周波ノイズをほぼ取り除くことができた。防音箱の中でアリの行動を観察するため、ハイビジョン画質で至近距離から録画できるビデオカメラと、小型 LED 照明のセットを入れ、吸音スポンジで固定した。また、後者の課題解決のために、アクリル製のアリの行動観察容器中に入れたアリの人工巣（アリが幼虫の世話をする場所）の底を薄いプラスチックフィルムにし、その下に録音用マイクロフォンを固定した。プラスチックフィルムとマイクロフォンの間を繋ぐように、プラスチックの薄片を設置する（人間の耳における耳小骨の役割を果たす）ことで、人工巣内でアリが発する音・振動が直接的にマイクロフォンで検出できるようにした。すなわち、人工巣の底面すべてがマイクロフォンになっていると考えても良い。マイクロフォンで検出した音をパソコン上で録音し、Audacity 等の音響解析ソフトで分析できるようにした。

この携帯型高性能録画録音装置を用いて、様々なアリ類の巣内音を収録、分析した。まず、フタフシアリ類はほとんどの種が腰柄にあるやすり状器官を用いて発音していることを確認した。特に、高度な分業社会をつくっているハキリアリ *Atta columbica* では、巣の状況に応じて異なる周波数の音が発せられており、コミュニケーション手段として音が用いられていることを見出した。細かな波形分析の結果、ハキリアリは単なる警戒音として音を使っているだけでなく、言語にも似た鳴き交わりを行っている可能性すらあることが明らかとなった。「言語類似音」は少なくとも社会性昆虫では世界で初めての報告であり、恐らく昆虫全体でも極めて珍しい現象と考えられる。

蟻客としては、アリから給餌・防衛を含

む高度な庇護を受けるシジミチョウ類を主な材料とし、日本産5種（クロシジミ、キマダラルリツバメ、ムモンアカシジミ、ゴマシジミ、オオゴマシジミ）はその全てが発音することを確認した。さらに、アリの巢中でアリ幼虫を捕食し、給餌を受けない種であるゴマシジミ・オオゴマシジミは常に発音するのにに対し、アリの巢中でアリ成虫から給餌を受けるクロシジミ幼虫は、アリ成虫から分離して30分程度の時間が経過すると発音頻度が増すこと、多くの場合、アリ成虫を容器に戻すと3分以内に給餌が行われることを見出した。これらのことは、アリの給餌シグナルとして音響が用いられていることを示唆している。更に細かい給餌行動をハイスピードカメラで解析したところ、給餌を受けるクロシジミ幼虫はアリの大顎を下から1秒間に30回程度の速さで連続的に頭部によって刺激しており、振動刺激が給餌の直接的なシグナルになっている可能性も高いと考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① M. Kidokoro-Kobayashi, M. Iwakura, N. Fujiwara-Tsujii, Sh. Fujiwara, M. Sakura, H. Sakamoto, S. Higashi, A. Hefetz, & M. Ozaki (2012) Chemical discrimination and aggressiveness via cuticular hydrocarbons in a supercolony-forming ant, *Formica yessensis*. Plos One 7(10):1-14 有 DOI:10.1371/journal.pone.0046840

[学会発表] (計0件)

[図書] (計0件)

[産業財産権]
○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]
ホームページ等 なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

- ・東 正剛 (HIGASHI SEIGO)
北海道大学・一・名誉教授
研究者番号: 90133777

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし