

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 10 月 31 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2013～2015

課題番号：25304008

研究課題名(和文)アリ類はどこまで音声をコミュニケーションツールとして使っているのか？

研究課題名(英文)Evolution of ant vibratory communication

研究代表者

村上 貴弘 (Murakami, Takahiro)

九州大学・持続可能な社会のための決断科学センター・准教授

研究者番号：40374706

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究はアリ類が音声をコミュニケーションに利用する重要性を明らかにするという新規性の高い研究である。とくに中南米に生息する菌食アリの中のもっとも進化した種であるハキリアリにおいて、「言語システム」に類するほどの複雑な音声を使用していることを世界に先駆けて明らかにした。さらに、菌食アリのグループの中でも社会構造が原始的なものから進化的なものになるにつれて、音声コミュニケーションの程度も多様になることが示された。これらのデータによって、アリ類の社会進化と音声コミュニケーションには明確な関連があることが示唆された。今後は、これらの成果をいかに応用していくかを追求していく。

研究成果の概要(英文)：In this study we aim to illustrate an importance of vibrational communications in ants. Especially, leaf-cutting ants that is the most advanced species in fungus growing ants have evolved diverse vibrational communication system like "language system in human being". Furthermore, the frequencies of vibrational communication were gradual evolved among fungus growing ants including simple social structures and complex social structures. These data indicate that is related between ant social evolutions and vibrational communications. In the future, these accomplishments will apply any application area such as protection from harmful ant species.

研究分野：行動生態学、社会生物学、保全生態学

キーワード：音声コミュニケーション SEM 高精度小型録音装置 行動生態 アリ類 菌食アリ

1. 研究開始当初の背景

地上・地中生活に特殊化したアリは、多種多様な行動レパートリーを駆使し、高度な社会構造を進化させてきた。これらの行動は触角による物理的接触、化学物質を用いたコミュニケーションを基盤にするものと考えられてきた。実際に、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 (Tschinkel 2006)。例えば、アルゼンチンアリの腹部末端から分泌される (Z)-9-hexadecenal は道しるべフェロモンとして機能している。また、アリの体表にはコロニー特有の比率で体表炭化水素が分泌され、それを触角の受容体で感知することにより血縁と非血縁を区別する (Ozaki et al. 2005)。しかし、物理的接触や化学コミュニケーションでは広範囲に短時間で正確な情報を伝達することは困難である。また、現段階にいたるまで、社会性を維持するのに重要な女王フェロモンや幼虫フェロモンなどの化学物質は特定されていない。

Barbaro et al. (2009) が Science 誌に発表した論文では、フタフシアリ亜科 *Myrmica schencki* の女王と働きアリが異なった音を発すること、女王の音は働きアリ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 reveli* がその女王アリの音を擬態し、巣内で働きアリ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、物理的接触や化学コミュニケーション以外にも音声・振動が重要な役割を果たしている可能性を示唆している。

2. 研究の目的

本研究は、アリ類の音声コミュニケーションの重要性を、高精度小型録音装置を用いて、詳細に明らかにすることにある。アリ類全体の音声データを収集することが最終的なゴールであるが、まず注目するのは中南米を中心に生息する菌食アリだ。このアリは菌類と共生することでよく知られているが、コロニーサイズが 50 個体前後の単純な社会から、数百万個体を要する強大コロニーをもつ高度な社会を持つ種まで段階的にそっており進化を検証するのにうってつけの研究題材である。この菌食アリの音声コミュニケーションを明らかにすることにより、社会進化と音声との関連を明らかにする。また、高度な社会を進化させたハキリアリ (*Atta* 属) において、より複雑な音声コミュニケーションが獲得されているのではないかと仮説を検証する。

3. 研究の方法

データは主に以下の 3 つの方法で収集した。

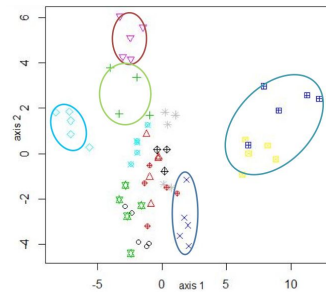
- (1) 高精度小型録音装置を用いて、中米パナマ共和国、オーストラリア、日本においてアリ類の音声を録音した。中米パナマでは菌食アリ 7 属 10 種 (*Myrmicocrypta ednaella*, *Apterostigma mayri*, *Ap. sp.*,

Mycetarotes sp., *Cyphomyrmex costatus*, *C. rimosus*, *Trachymyrmex smithii*, *Sericomyrmex amabilis*, *Acromyrmex ocotspinosus*, *Atta columbica*)、グンタイアリ 4 種 (*Eciton hamatum*, *E. burchelli*, *Neivamyrmex pilosus*, *Cheliomyrmex andicola*)、デコメハリアリ亜科 2 属 2 種、ハリアリ亜科 1 属 1 種、サシハリアリ亜科 1 属 1 種の音声データを収集した。また、菌食アリに関しては、各種において、菌園、幼虫、蛹をそれぞれ入れた状態での音声を 15 分ずつ録音した。オーストラリアでは ツムギアリ (*Oecophylla smaragdina*)、*Onychomyrmex hedleyi*、*Nothomyrmecia macrops*、*Polyhachis australis*、*Odontomachus sp.* の音声を録音した。日本では、*Myrmica kotokui*、*Myrmecina nipponica*、*Pheidole fervida*、*Aphaenogaster japonica*、*Camponotus obscuripes*、*Paratrechina flavipes* の音声を録音した。

- (2) SEM 画像による発音器の構造解析: 上記のアリ類の発音器の SEM 画像を撮影し、その面積とスリット数をカウントした。
- (3) 菌食アリの中でもっとも複雑な社会構造を進化させたハキリアリ (*Atta columbica*) を対象に操作実験を行った。一つのグループは発音器官を接着剤で固定して音を出せなくしたワーカーのみ 15 個体で構成されたサブコロニー (n=10)、もう一方はフェロモン分泌を司る腹部末端を接着剤で固定し、分泌を阻害したワーカー 15 個体で構成されたサブコロニー (n=10) を 1 週間飼育し、その間のワーカーの行動と 1 週間後の菌園の重量を測定した。

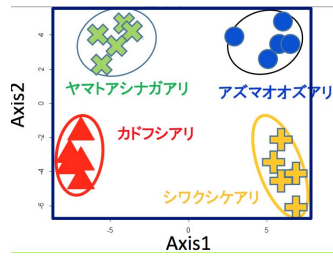
4. 研究成果

- (1) ハキリアリは右図に示すように、多様な音声を、行動レパートリーごとに発していることが明らかになった。これらの音素は統計的に有意に異なっており、これほど多様な音が発せられていることは、世界ではじめて明らかになった。



これまで音声を発さないとされてきたグンタイアリの中で *Neivamyrmex* と *Cheliomyrmex* で音声を録音することに成功した。また、オーストラリアで地球

上でもっとも原始的なアリと考えられている Nothomyrmecia でも音声を

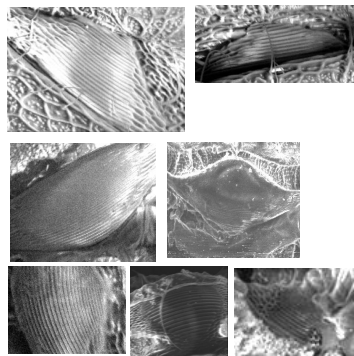


を確認している。このような知見は、これまでのアリ類の音声コミュニケーションのデータとは食い違っており、高精度小型録音装置により成し遂げられたものと考えている。

また、同じ刺激を与えても種が異なることで別の音声を使っていることも明らかになった。アリ類における音声コミュニケーションが種ごとに進化していることも示唆している。

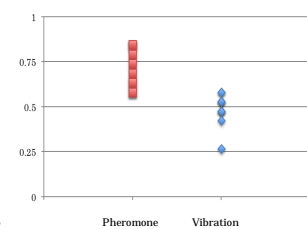
(2) 菌食

アリ10種の発音器のSEM画像解析により(右図)進化段階に沿って発音器官が複雑になっていることが示された。



(3) 操作実験の結果、右図のようにフェロモン分泌を阻害したグループよりも音声を阻

害したグループの方が菌園サイズが有意に小さくなった。また、行動レパートリーでも菌園の上にいる個体数、菌園廃棄行動数、掘削行動数いずれも音声を阻害されたグループの方が有意に少なくなっていた。これらのことから音声コミュニケーションの重要性が明らかになった。



害したグループの方が菌園サイズが有意に小さくなった。また、行動レパートリーでも菌園の上にいる個体数、菌園廃棄行動数、掘削行動数いずれも音声を阻害されたグループの方が有意に少なくなっていた。これらのことから音声コミュニケーションの重要性が明らかになった。

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) 高梨琢磨、坂本洋典 (2015) 振動によるマツノマダラカミキリの行動制御と害虫防除への応用、昆虫と自然、vol. 50

〔学会発表〕(計 3 件)

(1) Murakami T., Paris C., Sasa C., Sakamoto H., Sato K. and Higashi S. (2014) Why can the fire ant adapt to various environment? -Effects of hybridization in invasive fire ant population. 17th Congress of the IUSSI, Cairns, Australia, 13-18 July 2014.

(2) Sakamoto H., Ogata N. and Sasaki T. (2014) Epigenetics of brain development in workers of the European honeybee, Apis mellifera. 17th Congress of the IUSSI, Cairns, Australia, 13-18 July 2014.

(3) 坂本洋典、小池卓二、深谷緑、高梨琢磨 (2015) マツノマダラカミキリの定着を振動により阻害する。第59回日本応用動物昆虫学会、山形市

〔図書〕(計 1 件)

(1) 坂本洋典、東正剛、村上貴弘編著「アリの社会」東海大学出版会、273 ページ

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

村上貴弘 (MURAKAMI, Takahiro)
九州大学・持続可能な社会のための決断科学センター・准教授
研究者番号：40374706

(2) 研究分担者

東 正剛 (HIGASHI, Seigo)
北海道大学・名誉教授
研究者番号：90133777

(3) 連携研究者

坂本洋典 (SAKAMOTO Hironori)
玉川大学・脳科学研究所・研究員
研究者番号：70573624