

## 「音キチ」とアリの鳴き声の研究

(拡大音声・拡大画像・同時収録ビデオの Web 公開)

サイエンスライター

千葉 憲昭

### 聞こえなかった音の発掘

多くの「音キチ」たちは、この命題を自身に課している。ある人は今どき時代遅れとなった真空管アンプに灯を入れ、またある人は LP レコードを引っ張り出してきて針を落とす。成熟期に達したオーディオの世界では、いわばこのような「マイナーチェンジ」を楽しんでいる例も多いのではないだろうか。

しかし、時代の針を逆に回して当時の LP レコード全盛期にタイムスリップするならば、技術者たちは「原音再生」を目指して、まだ聴いたことのない理想的な音の世界を追求してきたのである。

たとえば、当時のオーディオ協会理事 池田 圭氏は、左右 2 本の低音用スピーカーを 1 本化して「3D」というシステムを提案した。このアイディアは、今日 5.1 サラウンドなどで低音用のスピーカーを独立させる形態に引き継がれている。

また、現オーディオ協会理事の森 芳久氏は、「F8」という MM 型の国産カートリッジを開発した。当時ベストセラーとなった F8 は「虫」と呼ばれ、マニアたちは「虫の声」ともいうべき心地よい音にあこがれたのである。

これらの時代は真空管全盛期であり、トランジスタの黎明期でもあった。「球(真空管)か石(トランジスタ)か」という議論も懐かしい時代に、アリの鳴き声の研究は始まった。

### 未知の音への誘い

1960 年代のオーディオマニアの話である。釧路湿原の片田舎では、電源などが大掛かりになる真空管よりも、電池で駆動できる手軽さからトランジスタを選択するのが現実的だった。にもかかわらず真空

管を選ぶマニアが多かったのは、経験ある指導者からノウハウを踏襲できたからであろう。そのような先人に出あえなかった筆者は、幸か不幸か中学生時代からストレートにトランジスタの世界に入り込むことになった。

高校 1 年のとき、筆者の論文「トランジスタアンプの研究(1962)」が読売新聞学生科学賞に入賞すると、「生物」担当の小島忠和教諭から筆者に

「アリの巣から『カチカチ』という音が聞こえたような気がするが、アンプを使って確かめてみないか」

と提案があった。

もし筆者が真空管を選んでいたら、当時アリの巣まで持ち運び可能なアンプを作ることはできず、この記事も存在しなかったであろう。

### アリは鳴くのか？

アンプを作るのは得意でも、研究を開始するにはマイクをどうするかという問題が残った。当時高校の放送室にこぶし大のダイナミックマイクがあったが、これを使ってアリの巣の中の音を聞くことは、周辺の雑音などから非現実的に思えたのである。

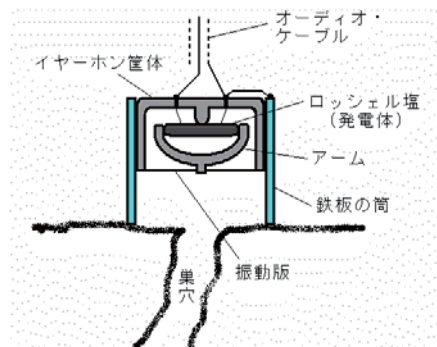


図 1 自作マイクの構造

そこで、クリスタルイヤホーンを改造して、巣の上に被せ、まわりの音を聞こえにくくする構造のものを自作した(図1)。

そして手製のマイクとアンプを抱えて片っぱしからアリの巣穴からの音を聞いていたら、ある場所で鳴き声らしい「チリチリ」という感じの音をキャッチした。色々試しているうちに、アリの中でもトビイロシワアリやシワクシケアリなど鳴く種類と、クロオオアリなど鳴かない種類があることがわかった。

鳴くアリは、胸と腹の間にある「腹柄節」というジョイントの部分が2段になっていて、「フタフシアリ亜科」などと呼ばれている仲間である。腹柄節が1段のアリは鳴かない(写真1)。

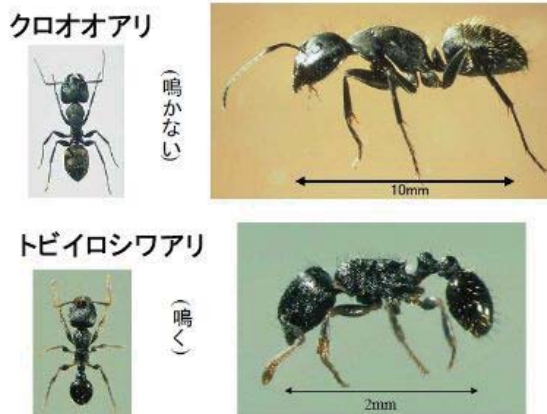


写真1 鳴くアリと鳴かないアリ

写真は「日本アリ類画像データベース」<sup>(1)</sup>より引用

また、鳴くアリといえども声はコミュニケーションに使われているのだから、理由もなく鳴いてくれない。従って、初期の段階では人為的に鳴かせる方法を利用して解明を進めたと言っても過言ではない。

後でわかったことだが、自作マイクをアリの巣に被せるとき、筒の部分がアリの頭や胸を圧迫すると、アリは「悲鳴」をあげる。小島教諭が巣穴に耳をあてたとき聞こえたという音も、巣の入り口付近にて教諭の耳を押しつけられたアリの悲鳴と説明できる。それに気がついてからは、故意にアリに触れるようにして鳴き声を調べた。

## 死んだアリも鳴く!?

巣穴を転々とする作業を終え、捉えた音声がアリの体から発せられたものであるということを確認するために、次は机上に舞台を移した。

アリの動きとの因果関係を調べるのに、ここでも自作マイクの構造が幸いした。筒の内側にアリを固定し、主として腹部の動きを見たのである。もしこのとき既存のマイクを使っていたら、アリを固定するスペースがなく随分苦労したに違いない。

観察の結果、鳴くときは腹部を上下に振っていることがわかった。鳴いていないときも刺激すると腹部を動かして音を発することから、この段階で腹部が大きく関与していることが推察できた。

それだけではない。死んだアリの腹部をピンセットで上下に動かしてみると、同様な音が聞こえたのである。この方法ならば、まさに意のままにアリを鳴かせることができる(1963)。

## 国際エジソン生誕記念祭で表彰

東京オリンピックを記念して、例年米国で行われてきたエジソン生誕記念祭が1964年に東京で開催され、日本の高校生を対象に科学論文を募集した。

この行事はアリの鳴き声の研究成果を発表する好機となり、提出した論文は特選に入選、朝日、読売、毎日、道新の各紙で大きく報道された。日米両大使が関わった国際行事のため、東京のホテルオークラで開催された表彰式には皇太子(当時)美智子妃両殿下がご臨席された。

## NHK-TV「私の秘密」騒動

テレビでは、NHK総合TVの「子供ニュース」が「高校生がアリの鳴き声を録音」と報じた。NHKからは、さらに当時の人気番組「私の秘密」が直後に釧路から現地中継されるのを機会に、出演の依頼がきていた。

このためアリの拡大模型まで製作して準備していたが、前日に予期せぬ連絡が届いた。NHKによれば「アリが鳴くことを確認するため昆虫学者の古川

晴男氏と中央放送局のスタッフが録音を試みたが鳴き声は収録できなかったので、出演を見合わせたい」という。出演キャンセル以上に、研究成果が否定されたショックは大きかった。

そこで、直後の日曜日、NHK 釧路放送局に出向き、番組担当の千葉 守氏を訪ねた。付近で採取したアリを持参して、同局関係者立ち会いのもと鳴き声を録音するためである。最初は鳴き声が聞こえなかったが、スタジオが暗かったため電灯を点けたところ、これが刺激となってアリたちは鳴きだした。

昆虫学の権威者と NHK 中央放送局のチームが録音に失敗し、高校生とローカル局のチームが成功を収めたのは、前者がアリの鳴き声について詳細な情報を持っていなかったからにほかならない。

## 発音器官を発見

ともあれ、アリの鳴き声については未解明なことが多かった。そこで筆者は、これを機会に専門家をも納得させられるレベルでの裏付けを取る方向に舵を切った。鳴き声を発生する仕組みの解明に着手したのである。

高校の理科室から顕微鏡を持ち出し、最初にアリを体中線で切り出し断面を調べた。すると、フタフシアリの特徴である 2 つ目の腹柄節(後腹柄節)に腹部の先端がのめりこむような構造をしていることがわかった。これならば腹部を上下に振ると、腹部の先端がこすれて音が出ることは容易に想像できる。

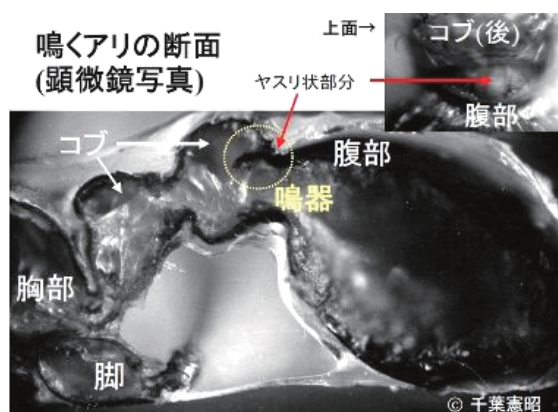


写真2 アリの断面とヤスリ状部分

次に腹部を押し下げ、上から先端を覗いてみると、何とそこには「ヤスリ」状の部分があった。ヤスリだったらこすれば間違いなく音が出るはずで、これほど明快な説明はない(写真2)。

早速論文にまとめ読売新聞学生科学賞に応募したら入賞したので、表彰式のため上京した。そして、NHK 中央放送局を訪れ、「私の秘密」担当プロデューサーの石田氏に経過を説明した。石田氏には昆虫学者の古川氏宅まで案内して頂いたが、残念なことに不在だった。それもそのはず、古川氏は入院中で、後日病死されたと聞く。

後の文献でわかったことだが、筆者が最初にアリの声を録音した 1963 年には、Broughton が「アリがリズムを伴った音を出す」との発表をしている。そして、筆者が発音器官を発見した 4 年後(1968)に Markl がやっと発音器官の写真を発表している<sup>(2)</sup>。いずれも当時の専門家による世界の先端研究であり、もし筆者が高校生でなく大学院生だったら、英国の科学誌 Nature に筆者の論文が掲載され日本が世界の先陣を切っていたはずであった。

## 研究の再開

それから 40 年以上経過した。筆者は大学に進学して当時真空管が常識だった FM ステレオ放送機器をトランジスタ化する研究などをし、卒業後は北海道庁の電算室で 15 年間技師・主任を勤めた。そしてその後著述家に転向、大学の非常勤講師などをしながら還暦を迎えた。その間に大学院に進んだ息子の論文が Nature や Science に掲載されたことから、筆者の生きている間に「日本のアリの鳴き声の研究を国際レベルに復活させなければ」と考えるようになったのである。

そんなある日、妻が買い物から帰ってきたら、袋から体長 7mm ほどのシワクシケアリ女王が出てきた。願ってもない「客」だったので、そのまま飼育することに決めた。この女王は、翅を落とさずに出産し子育てをしたことから、「翅子」と命名した。

また、その少し後、筆者は大量の翅アリが「結婚



飛行」の準備で集結しているところに出あわせた。捕獲の準備はしていなかったが、とりあえずティッシュペーパーで袋を作り、そこにアリたちを詰め込んでハンカチでくるみ持って帰った。調べてみると、シワクシケアリの女王が14匹、オスが4匹いた。シワクシケアリは多数の女王が協力して出産、子育てし一定の勢力になるのを早める「多雌創設巣」で有名だが、14匹もの女王によるものは珍しく、後日貴重なデータが得られた。

この時点でも、日本国内ではまだアリの鳴き声を研究する専門家は皆無だった。「布教」を急がなければと感じていた筆者が、専門家と議論を進める上で必要な基礎知識はこれらのアリたちに教えられた、と言っても過言ではない。

### 「防衛役」の発見

独学で飼い始めたのと、ビデオカメラとマイクを使った電子的観察のため、筆者のアリ飼育法は独特なものとなった。専門家を中心とした多くのアリ飼いたちは石膏を中心に巣を構築しているのに対して、筆者の場合はプラスチックケース丸出しのままアリたちを棲まわせている。その代わりに、コルクの小箱で子育てスペースとなる「女王の宮殿(巣箱)」を作り、水はその外でメラミンスポンジで与えているわけである。前者は集団として上から観察、後者は横から少数の個体を拡大観察することになる。

特に後者の方法では、子育てするアリと、そうでないアリとが巣箱内外に分かれる。観察していると、巣箱の外には常時2匹の女王がいて、何もせずにブラブラしているのが気になった。

北大大学院農学研究科の長谷川 英祐助手(当時)によれば、カドフシアリ30匹の3つのコロニーを調べたら、よく働くのが2割、仕事をしないのが2割、残り6割は普通という分布だったという。仕事というのは、具体的には(i)巣の外にエサを採りに行く、(ii)卵や女王アリをなめてきれいにする、(iii)ごみを捨てるなどである。

働かないアリの存在理由については、大阪府立大

大学院工学研究科西森 拓助教授(当時)がコンピュータ・シミュレーションで、「優秀でないアリがいた方が巣の生産性が上がる」との報告をしている<sup>③</sup>。

ところで筆者が「ブラブラしている」と言ったアリたちは3つの仕事すべてをサボっており、これらのアリたちが巣の中でどのような役割を果たしているのか大いに関心があった。だが、筆者が行ったひとつの実験がこの議論に疑問を投げかけた。

すなわち、普段は餌として切断して与えているミルワーム(小鳥の餌用の幼虫)を生きたまま飼育ケースに入れ、アリたちの反応を見たのである。するとアリたちは体長が何倍もある「怪獣」の出現におびえて巣箱の中に隠れたが、アルファ女王(全体を支配している女王)が恐る恐る出てきて、暴れまわるミルワームを見届けた上で戻った。そして、直後に「キラキラ女王(翅が光っていたので命名)」と呼んでいたアリが出てきて、一撃のもとにミルワームをおとなしくさせてしまったのである(写真3)。それ以来、筆者はこの女王を「防衛大臣」と呼ぶようになった。その後も、飼育ケース内での防衛役の割合は2割を保ったのは言うまでもない。

この実験から、長谷川氏の「働かない」という定義はあくまで研究室のように外敵の来ない環境でのことであって、自然界で「有事」の際に働くアリは普段働かないで体力を温存している、というのが筆者の得た結論である。いわば、北朝鮮や中国から脅されて初めて「防衛」という「仕事」の重要性に気づいた某国の政府よりも、アリの方が賢いようだ。



写真3 たった1匹で外敵を仕留めた「防衛大臣」

## 大学院研究室への「技術移転」

筆者は、長年北大などで非常勤講師をしてきた。北大にはアリの研究をしている研究室が複数存在するが、中でも地球環境科学研究所 東 正剛教授の「石狩市エゾアカヤマアリ 3 億 6 千万匹大群落」の研究は世界的に知られ、筆者も注目していた。研究室のページを閲覧していたら、そこには何とかつての筆者の教え子がいて、筆者が鳴き声の研究に使っているのと同じシワクシケアリを題材とした研究に取り組んでいたのである。

偶然のめぐりあわせで研究室訪問が早まり、扉を叩いてみたら、東教授から「鳴き声に興味があり、研究したいテーマもある」と歓迎していただいた。教え子は、発音器官の電子顕微鏡写真撮影を手伝ってくれた。

また、神戸大の尾崎研究室では学生の卒論でクロナガアリ等の発音器官の大きさの分布を調べる研究がなされ、東研究室を通じて筆者から鳴き声録音のノウハウを提供した。

さらに、東研究室では後日鳴き声の研究に関心が高いPD(ポストドク)坂本氏が採用されたので、筆者は技術移転の好機ととらえ、教授に提案させて頂いた。その結果、筆者が一定期間研究室に通うなどして、共同研究を推進することになった。

これによって技術移転が進み、アリの観察についても多くのデータが得られた。その基礎を作ったのは、拡大音声と拡大画像を同時にビデオ収録できるシステムの開発である。具体的には、研究室には大きな冷蔵庫など色々な機材があつて騒音に困まれ録音時の障害となっていたが、ある程度遮断できるように飼育ケースの構造を決めた。また、音声の感度を上げるとファイル収録するパソコンからのノイズが混入しがちだったが、これを回避する工夫もした。

## シジミチョウ幼虫の鳴き声もキャッチ

共同研究について検討を始めた頃、Science に衝撃的な論文が掲載された。それは、Barbero らによる「ゴマシジミ幼虫がクシケアリ女王の声をまねて

巣に寄生する」<sup>(4)</sup>というもので、明らかにアリの鳴き声の研究の延長線上にあった。これによって昆虫の音声研究で欧米勢に先手を取られたことは残念だが、まだまだこの分野の研究が Science や Nature に掲載されるほど希少であることを確認できた。日本勢にもチャンスは残されているということである。

シジミチョウについては、その後筆者らも捕獲してきた幼虫を使って、鳴いているシーンを収録した。もちろん、録音録画用の飼育ケースはそのため特別に開発したものである。結果は、ツバメシジミの幼虫を単独で収録用ケースに入れた段階ではかすかにポソポソと声を出す程度だったが、共生相手のトビイロケアリを入れると盛んに鳴き声を発生した(図5)。

Barbero らの論文では音声は公開されていたが、鳴いているシーンのビデオはなかった。筆者たちが撮影したものは、トビイロケアリの刺激に対してツバメシジミの幼虫が反応している様子が明快に描写されている。映像との同時収録という観点で一歩進んでおり、学術的にも価値のあるビデオとなった。



図5 ツバメシジミの幼虫がトビイロケアリに刺激されて鳴く (a)

## 今後の研究が目指すもの

収録したクシケアリ成虫が鳴いた場面の多くは、「威嚇」のためだった<sup>(b)</sup>。たとえば、体長 10mm のクロナガアリと体長 2.5mm のトビイロシワアリがすれ違つると、触覚を触れ合っただけで大きい方の

クロオオアリが電撃を受けたように退散する。なぜだろうか。筆者の解析では、トビイロシワアリの鳴き声は体の大きさの割に強力なものである。他方、クロオオアリは鳴かないが、頭を硬い場所に打ち付けて仲間に危険を知らせる。この音を聞き分ける能力を持つくらいだから、鳴かないクロオオアリだって音には敏感なのだ。

トビイロケアリも鳴かないアリである。そのアリが「女王アリの声」に似た音を出すツバメシジミの幼虫と共生している。鳴き声を出すことができるのはフタフシアリ亜科などに属する2コブのアリだけだが、鳴き声に反応するのはアリ全体に言えることなのだ。

では、鳴き声を発するアリたちはなぜ2コブなのか。現在わかっていることは発音器官の存在であるが、腹部の付け根にあるヤスリをこするだけなら1コブでもできるはずである。だが、これまで筆者が得たデータは、後腹柄節(2つ目のコブ)が大きな役割を果たしていることを物語っている。鳴き声を持続させるために必要なのである。

以上は成虫についての構造論であるが、筆者らは Barbero らが鳴かないとしている幼虫<sup>4</sup>が成虫との間で音声コミュニケーションをしている兆候もつかんでおり、解明に向けて取り組んでいる。

これらを総合すると、アリ全体が音声コミュニケーションでつながり、さらには「進化の解明」にも到達する。

これまでアリのコミュニケーションはフェロモン(化学物質で「臭い」のようなもの)が中心とされ、それに対する行動はいわば「化学反応(反射的)」のように見られてきた。その観点からは、アリは「知的」な存在とは想像しがたい。

しかし、音ならば判断を伴い、知的に作用するはずだ。従って、かつてのオーディオマニアが昆虫の専門家と組んだ「日本チーム」は、従来人間が直接認識できなかった世界を「電子の目と耳」で観察し、これまでの常識を書き換えるべく挑戦している。

#### [拡大音声/拡大画像同時収録ビデオの Web 公開]

- (a) ツバメシジミの幼虫がトビイロケアリの刺激を受けて盛んに鳴き声を発している場面

<http://cbn.la.coocan.jp/videos/tsubame001.wmv>

- (b) シワクシケアリのワーカーが他巣からの侵略者を鳴き声で威嚇して追い払う場面

[http://cbn.la.coocan.jp/videos/A20100910\\_565-8.wmv](http://cbn.la.coocan.jp/videos/A20100910_565-8.wmv)

#### [参考文献]

- (1) アリ類データベース作成グループ 2008 「日本アリ類画像データベース」  
<http://ant.edb.miyakyo-u.ac.jp/J/>
- (2) Bert Holldobler and Edward O. Wilson "the Ants" HUP 1990
- (3) 長谷川英祐「お利口ばかりでも、たわけばかりでもダメよね!〜『集団』行動の最適化〜」  
日本動物行動学会 NEWSLETTER 2004.1.1  
[http://www.soc.nii.ac.jp/ies2/NL/NL43\\_web.pdf](http://www.soc.nii.ac.jp/ies2/NL/NL43_web.pdf)
- (4) Francesca Barbero, Jeremy A Thomas, Simona Bonelli, Emilio Balletto, Karsten Schonrogg "Queen Ants Make Distinctive Sounds That Are Mimicked by a Butterfly Social Parasite" *Science* 323, 782, 2009

#### 筆者プロフィール

##### ■ 千葉 憲昭 (ちば のりあき)



1946年生まれ。1969年福岡工大電子工学科卒業後、北海道庁技師を経て著述家に転向。著書に講談社ブルーバックス「オーディオ常識のウソ・マコト」、「カメラ常識のウソ・マコト」、「続・オーディオ常識のウソ・マコト」などがある。