

研究ノート

生き物から学ぶ

川 合 真 一 郎

面白いことを知ると誰かにしゃべりたくなる。これが大学教員の楽しみの一つである。聴かされる立場にある学生諸君にすればたまったものではないかもしれない。約10年前から私は「生命の科学」という講義を担当している。生命の科学という題名のテキストはごまんとあり、その内容もまちまちであるが、一般的には生理学か、生化学すなわち、人間も含めた動物や植物の生命現象のからくりを扱っているものが大部分である。私の場合は「人間はどこまで賢いか、本当に賢いか」ということと「動物は情報交換をどのようにしているか」を中心においている。「動物はどこまで賢いか」については動物学者のみならず、一般人にとっても大きな関心事である。だからこそ動物の賢さをテーマにしたテレビ番組は大受けするのである。「カラスはどれほど賢いか」、「イカはしゃべるし、空も飛ぶ」、「魚は夢を見ているか」、「ワニはいかにして愛を語り合うか」、「動物は文化をもつか」など動物の賢さや神秘さをとり上げた書物は枚挙に暇がない。かと思うと「人間はどこまで動物か」などという本もある。人間の場合、“賢い”というのはいかにいい加減な尺度で測られている。頭の中が常に整理されており、物事の判断力が優れているというのであれば、記憶力が抜群である、テストの成績が良いなどを指している場合も多い。しかし、2001年9月11日に発生したとんでもないテロ事件とそれに続く報復戦争、そしてこの事件の底に流れる諸々の事柄を見ると、人間は賢い動物だとはとてもいえないようである。人間と動物の賢さを比べてみてみましょう

がないかもしれないし、何を基準にするかも難しいが、動物の生き様の素晴らしさ、不思議さを知ることは少なくとも私にとって非常に楽しいことであり、しばらくの間付き合っていたきたい。

ここでとり上げる生き物はサル、クジラ・イルカ、コウモリ、トリ、ミツバチ、カイコ、アリ、ゴキブリなどである。

はじめに、「動物の賢さ」でよく引き合いに出される話を2つ紹介しておく。

賢馬ハンスの物語

初代賢馬ハンスの物語は動物の行動学のテキストで頻繁にとり上げられるほど有名である。賢馬ハンスはドイツの興行師オステンに飼われていた“数学の天才馬”である。お客の誰かが「7たす9はいくつ」と質問するとハンスはひづめで16回床を打ち鳴らすのである。ハンスがあまりに有名となり、ベルリン大学の心理学研究所長が大いに興味をそそられ、自分の学生のフングストを興行師オステンのところに出向かせて調べさせた。するとフングストはハンスが暗算をしているどころか数を数えているのではなくオステンが不注意に与えている合図に反応しているに過ぎないことを見破った。飼い主が答えを知らないか、あえて間違った答えを教えられている質問をするとハンスも必ず間違った答えを出した。賢馬ハンスは飼い主が正しい答えを知っていて、しかも飼い主がそばにいたときだけ正解を出した。飼い主は正しい答えまでくると僅かにぐいと頭を上げ、ハンスはオステンの眉のかすかな動きや、鼻孔の広がりといった微小な動きを読み取っていたのである。ハンスは計算の天才ではなかったが、いろいろなひとからかすかな手がかりをつかむことにかけては特別に優れていたことになる。このハンスの物語は動物の賢さを調べるときの人間側からのアプローチの仕方に教訓を残し、賢馬ハンス効果ということばもできた。私自身もこの話は面白いと思うが、ベルリン大学の心理学の大家が真剣にこの問題にとり組んだところも愉快に思う。

クロライチョウの婿さん選びの神秘

オスのクロライチョウは華麗なトリで力強い体つきとつやのある黒い羽毛を

持ち、明るい赤色のとさかと肉垂れ、白くてはっとするほど美しい豎琴のような尾を持っている。共通の展示場所（トリの世界の結婚市場）でオスはメスが通りすぎるとてんでにその尾を誇示する。メスは何をもってオスを選択するのであろう。メスが選んだ好ましいオスは必ずしも他より大きくはなく、最も力強くディスプレイしたオスでもなく、また、たかっている寄生虫の数から判断して一番健康なオスというのでもない。なんと！ 番（つがい）になって6ヶ月にまだ生き残っているオスを正確に選んでいたのである。メスは何羽かのオスに将来のトラブルのしるしであるかすかな欠点を見破っている。つまり明るい未来をもつオスに白羽の矢が立つのである。クロライチョウのメスが有するこの“超能力”をヒトのメスが持ち合わせるとどうなるのであろう。

1. 天才ザル カンジ

人間とサル：ヒトに一番近い動物はチンパンジーであり、チンパンジーに一番近い動物はヒトである。チンパンジーとヒトは今から450万年～500万年前に分かれたといわれているが、両者が持っている遺伝子DNAは最新のデータ（2002年1月）によるとほんの1.23%が異なるだけである。ウマとシマウマの違いと同レベルである。この1.23%の遺伝子がどのような情報を担っているのかは、現時点ではわからないが、非常に興味深いところである。

ヒトと、ヒト以外の動物の違いはことばと道具の使用にあると答えるひとは多い。ことばの正確な定義は知らないが、音を介しての情報伝達をことばの始まりとするならば、ヒト以外の動物で多くの例を挙げることができる。サルの仲間、たとえばアフリカのサバンナを中心に広く分布しているベルベットモンキーの例は有名である。ヒョウコール（ヒョウが接近したとき）、ワシコール（ワシが空から近づいたとき）、ヘビコール（ヘビが藪の中にいるとき）などそれぞれ独特の泣き声で仲間へ危険が近づいたことを知らせる。

野生のチンパンジーの観察に関してはまず英国の女性生物学者ジェーン・グドールの名前を挙げなければならない。1960年、26歳のときにタンガニーカ湖畔のゴンベ（現在はタンザニア）にジェーンは母と二人で入り、チンパンジー

の餌付けに成功し、今日までチンパンジーの観察をキメ細かく続け、その間に素晴らしい研究成果をあげてきた。中でも、アリ塚のシロアリを“つる”や草を釣り棒として使い、アリを釣って食べる、すなわちチンパンジーが道具を使用することを発見した功績は大きい。それまで、ヒト以外の動物が道具を使うなんて誰も考えていなかったからである。ヒトとは何かの定義も再考しなければならなくなった。その後、ゴンベ基地のすぐ南のマハレに京都大学のチンパンジー観察基地が設けられ(1965)、図1のようなオオアリ(樹上性のアリ)釣り用の釣り棒の製作過程なども明らかにされている。また、アフリカ西部のギ

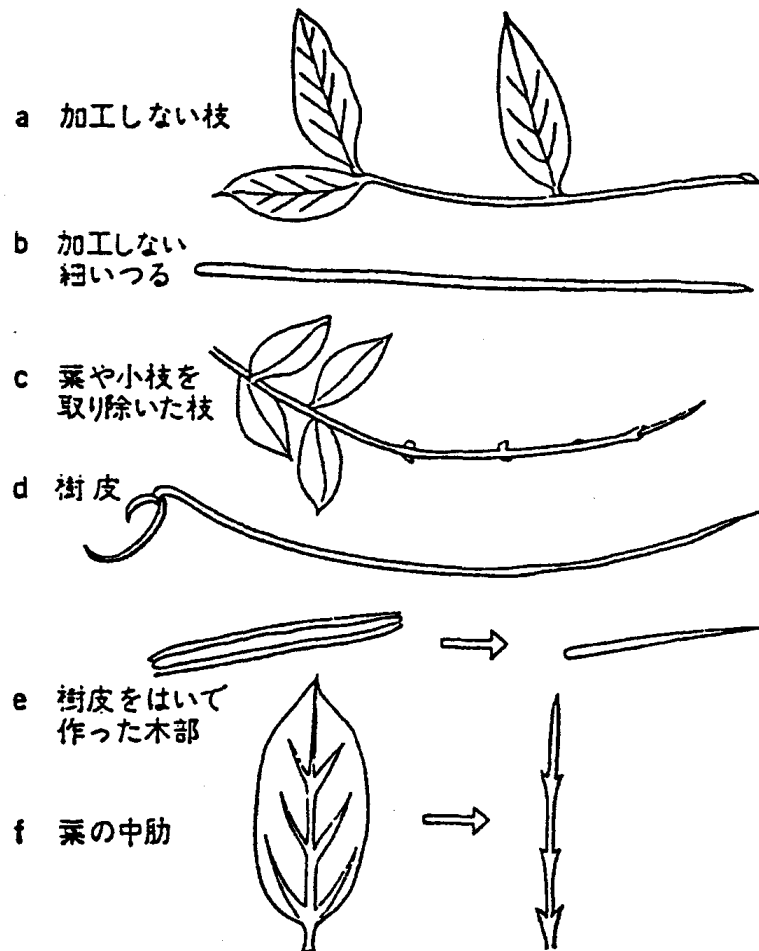


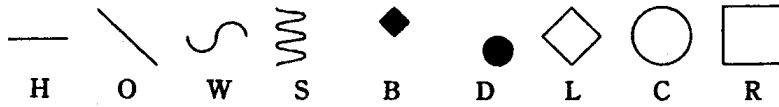
図1 オオアリ釣り用の釣り棒。マハレのチンパンジーが用いたいろいろなタイプ(西田利貞、1981、野性チンパンジー観察記)

ニアに設けられた同じく京都大学のボツソウ基地ではチンパンジーが堅いアブラヤシの種を割って中身を食べるときに、台になる石の上に種を置き、もう一つの石をハンマーとして用い、種を叩き割る、すなわち石器使用をすることも明らかとなった。野生のチンパンジーの研究が進行する一方で、飼育チンパンジーの研究、とくに知的行動に関して、多くのことが分かってきた。米国ジョージア州アトランタにある霊長類研究所のスー・サベージランボーと天才ザル（ピグミーチンパンジー）カンジの話も有名である。スー博士の話すことを良く理解して、行動するさまがビデオに撮影され、これを毎年、講義で使用しているが、カンジの賢さには学生諸君もびっくりしているようである。

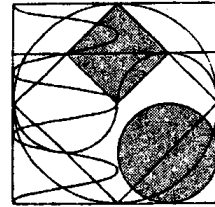
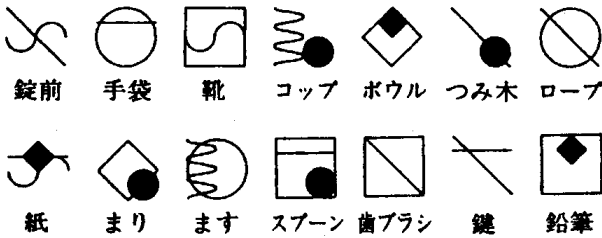
京大霊長類研究所のチンパンジー「アイちゃん」の勉強ずきも驚きである。アイはアフリカ生まれであるが、1才のときに霊長類研究所に連れてこられ現在25才である。図2に示した図形文字は9種類の記号素（図の右上に示されている）からなり、これをキーボードに組み込んだ装置を使って学習の担当者である松沢哲郎さん（京都大学霊長類研究所教授）の質問にアイがテキパキと答えるさまは圧巻である。図形文字の中には、物質名詞、数詞、色などに加えて、形容詞や動詞までも含まれている。上述のスー博士とカンジのやりとりも類似の手法が用いられている。さらにアイちゃんが2000年4月に産んだアユム君をどのように育てるかは今、注目の的である。

宮崎県日南海岸にある幸島（こうじま）のニホンザルのイモ洗いもほほえましい話である。サツマイモで餌付けをしたサルの1頭が水のみ場でサツマイモについた砂を洗って食べた。イモ洗いをはじめたこのサルは“イモ”と名づけられた1歳半のメスで、この習慣は母親のエバ、“イモ”と同年齢層の遊び仲間、きょうだいへと伝わり、10年後には赤ん坊と高年齢のおとなを除く群れの全体へと広がった。最初はイモを真水で洗っていたが、後に海水で洗うことで塩味をつけることを覚えた。これらのことを長年にわたって調べた研究者によると、おとなは保守的でなかなか新しいことを覚えようとしない。イモ洗いを覚えたおとなはメスが多く、これは子供を見習ったのではないかといわれている。

記号素

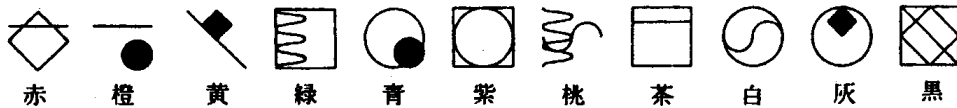


物体

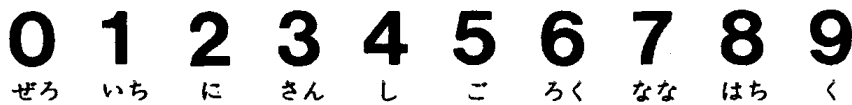


9種類の記号素の相対的位置関係

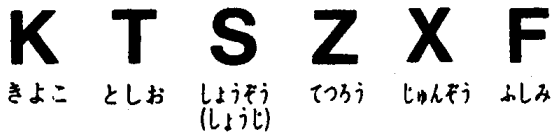
色



数



名前(ヒト)



名前(オランウータン)



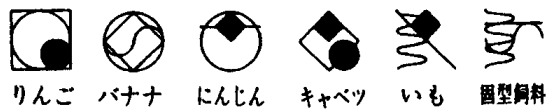
名前(チンパンジー)



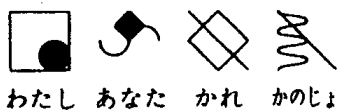
身体部位



食物



人称代名詞



動詞



集合名詞



接続詞



図2 アイが習得した図形文字と記号素 (1991年3月現在)
(松沢哲郎、1991、チンパンジーから見た世界)

る。イモ洗いの後にムギ洗いと呼ばれる行動も広がった。これは砂浜に与えたムギを一粒ずつ拾う手間を省いて、手でムギを砂ごと水中にまいて浮かんだムギを掬い取る行動である。これを始めたのもイモ洗いと同じく“イモ”であるらしい。“イモ”はよほど賢いサルである。これは“イモ”だけでなく、エバの子供たちは賢いものが多いといわれている。“イモ”は賢いだけでなく動作も活発で遊びも豊富であったという。この遊びの中から、イモ洗いやムギ洗いが生まれてきたらしい。世の中の教育パパ、ママも考えなければならない。

戦争で代表されるような人間の残虐性（攻撃性ではない）はどこからくるのか。人類が約1万年前から農耕・牧畜を始め、富の蓄積そして貧富の差が生じ始めた時点で戦争は避けられなくなったのであろうか。あるいは人類の祖先のサルの仲間ですでに残虐性の兆しはあったのか。これらについては関心を持つ人は多かろう。ハヌマンラングールはインドのサルで、ヒンズー教の神の使いであるハヌマンの生まれ変わりといわれているが、このサルで子殺しのあることが1960年代に杉山幸丸により、また、西田利貞によりチンパンジーにおける子殺しもそれぞれ報告されている。これらの事実と人間の残虐性との関わりは今後の課題と思われる。日本のサル学は現在、世界をリードしているといっても過言でないが、第2次世界大戦後の50年余でここまで進んできた。これを推進してきた我国のサル学者たちがどこかに書いていたことばが印象的である。「第2次世界大戦で運良く生き残って復員し、これから何を研究対象とするかを考えた時、人類は戦争というなんと馬鹿なことをしているのか、これはどこから来ているのか、人類に最も近い霊長類、すなわちサル学をやってみよう」と。

2. トリのさえずり

オーストリアの動物行動学者コンラート・ローレンツとハイイロガンのマルティナーの話は有名である。ローレンツは20個のハイイロガンの卵のうち10個をガチョウに、残り10個をシチメンチョウに抱卵させた。最初に誕生したハイイロガンのヒナをローレンツが取り上げるとヴィヴィヴィヴィと親しげに接触

してくる。卵を抱いたガチョウ（乳母？）の元に返してやると悲しそうな鳴き声を挙げ、その後に誕生した9羽の仲間よりもローレンツにくっつくのである。ローレンツはこのヒナにマルティーナと名づけ、寝室は一緒、調査や旅行にも連れて行った。マルティーナはローレンツを実の親と信じきっていたのである。ハイイロガンやマガモなどで見られるこのような現象は生涯の中でもごく限られた時期（臨界期）に起こり、これを刷りこみというが、いったん刷りこみが成立すると、一生持続する。ヘス（1959）の行った実験では図3のように、真ん中にマガモの親の模型を置き、その周りをふ化後まもないマガモのヒナを歩かせ、テープレコーダーで親の鳴き声を流しておく、ヒナはこの模型を親とってしまう。この刷りこみはふ化後13～16時間の間になされる。

トリにおけるこの臨界期とさえずりの学習の話も非常に面白い。トリが出す音には囀り（さえずり）と地鳴きがあり、後者はチュンチュン、チーチーなどであり、ウグイスのホーホケキョウは囀り、すなわち歌である。世界中に9000種のトリがいるが、このうち4000種はスズメの類である。そして歌を歌うトリは分類学的にいえばスズメ目（もく）に属し、オス、メスいずれもが歌う場合もあるが、一般にはオスが歌う。この歌を記述する方法の一つに音符があり、

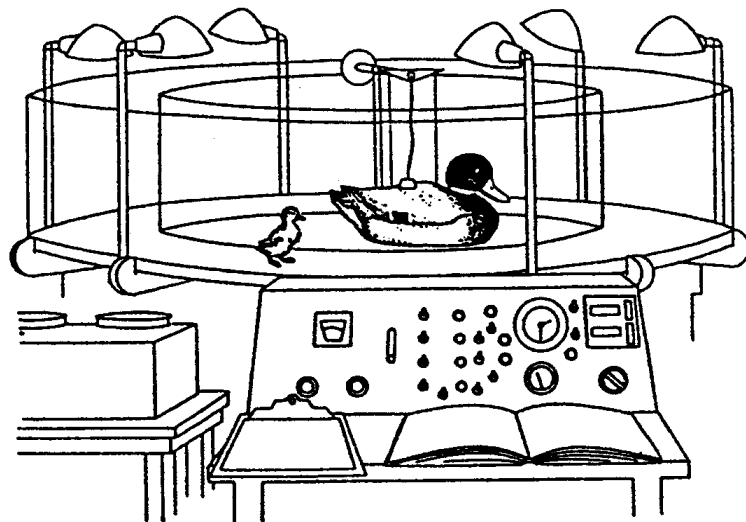


図3 トリの刷りこみに関する実験（原著ヘス、1959：田所作太郎・永井伸一、1989、行動生物学の探求）

ベートーベンの田園交響楽の中でフルートがサヨナキドリ、オーボエがヨーロッパウズラの、クラリネットがカッコウの歌をそれぞれ歌っている。また、フランスの作曲家オリヴィエ・メシアンはトリの歌をテーマにした曲を多く作っている。音符の不便さは音の高さが整数比になっており、トリの歌にはそのような規則性もない。ソノグラフという音声分析装置はその点で非常に便利な器械である。縦軸に周波数（キロヘルツ）を、横軸に時間（秒）をとり、いくつかの小鳥の歌を記録すると図4のようである。当然のことながらトりの種類によって音声パターンはそれぞれ異なる。このソノグラフを使って、同じト

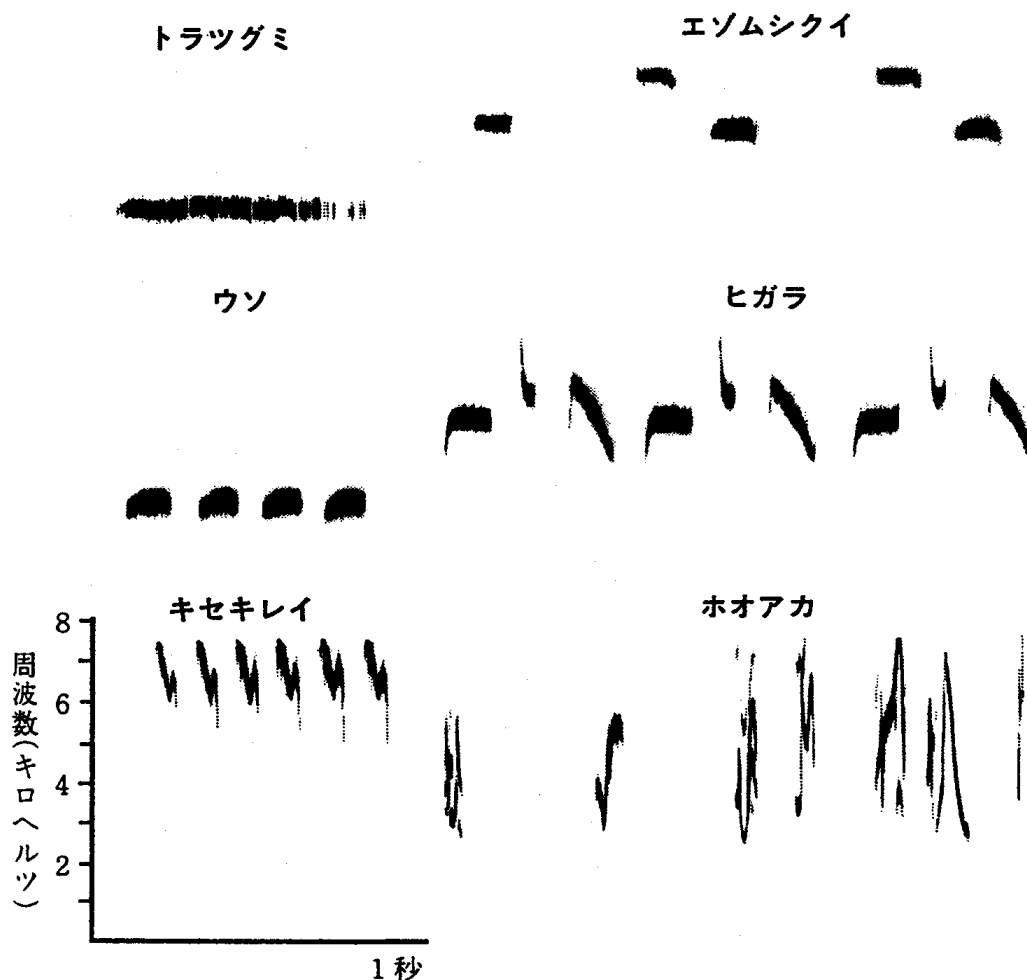


図4 短い歌の種類 多くの小鳥は2秒くらいの短い歌をうたう。このような歌は、簡単なものから複雑なものへ数種類に分類できる。(小西正一、1994、小鳥はなぜ歌うのか)

りでも棲む場所によってさえずる歌に“方言”があることがわかった。サンフランシスコ湾近傍でそれぞれ60マイル（100km）離れているバークレー、インバネス、サンセットビーチの3ヶ所に棲むウタズメ（ミヤマシトド）は図5に示したようにソノグラフで見ると歌は異なっている。小西（1978）はこのウタズメを使って次のような実験をした。1）バークレーで生まれた卵を素早くサンセットビーチに運び、サンセットビーチのメスの成鳥に抱かせる。ふ化後もサンセットビーチのグループの中で育てる。翌年の交尾期には『サンセットビーチの歌を歌う』。2）バークレーでふ化したヒナを1ヶ月後にサンセットビーチに連れてくる。翌年『バークレーの歌を歌う』。3）残酷な実験であるが、聴覚系の一部をこわす。幼鳥が歌い出す前に壊したときは『歌が歌えない』。幼鳥が歌を歌い出す時期以後にこわすと『歌を歌える』。4）ふ化後ウタズメを隔離して、親の歌を聞けなくして育てると『3ヶ所以外の変な歌を歌う』。これら一連の実験から、ふ化後のある時期（臨界期）に聴いた（学習した）歌を繁殖期に歌うことがわかる。小鳥のさえずりは生まれつき（生得的）なものではなく、別のいい方をすれば本能的なものではなく、学習によるのだということが明らかとなったのである。ただ、この“本能”ということばは漠然としているため、動物行動学では好んでは使われない。生得的ということばも学習によらないと定義するならば全く学習によらないものであることをどのようにして証明できるかという問題が生じるし、そもそも全く学習や練習が関与していない動物の行動など存在するのだろうか、つまり動物の行動は生得的か、学習かの論争は今もなお、延々と続いているようである。さらにややこしいことをいえば、上の4）の実験でヒナを隔離して育てると大きくなって滅茶苦茶な歌を歌うと述べたが、その通りに同種のオスの歌を聴かせると幼鳥は関心を示しその歌に耳を傾けるといふ。このことは幼鳥が一種のフィルターまたは鋳型のようなものを持っていて、それに合致するものだけを学習しようとしているのではないかとされており、この場合、学習の鋳型は生得的なものと考えられている。

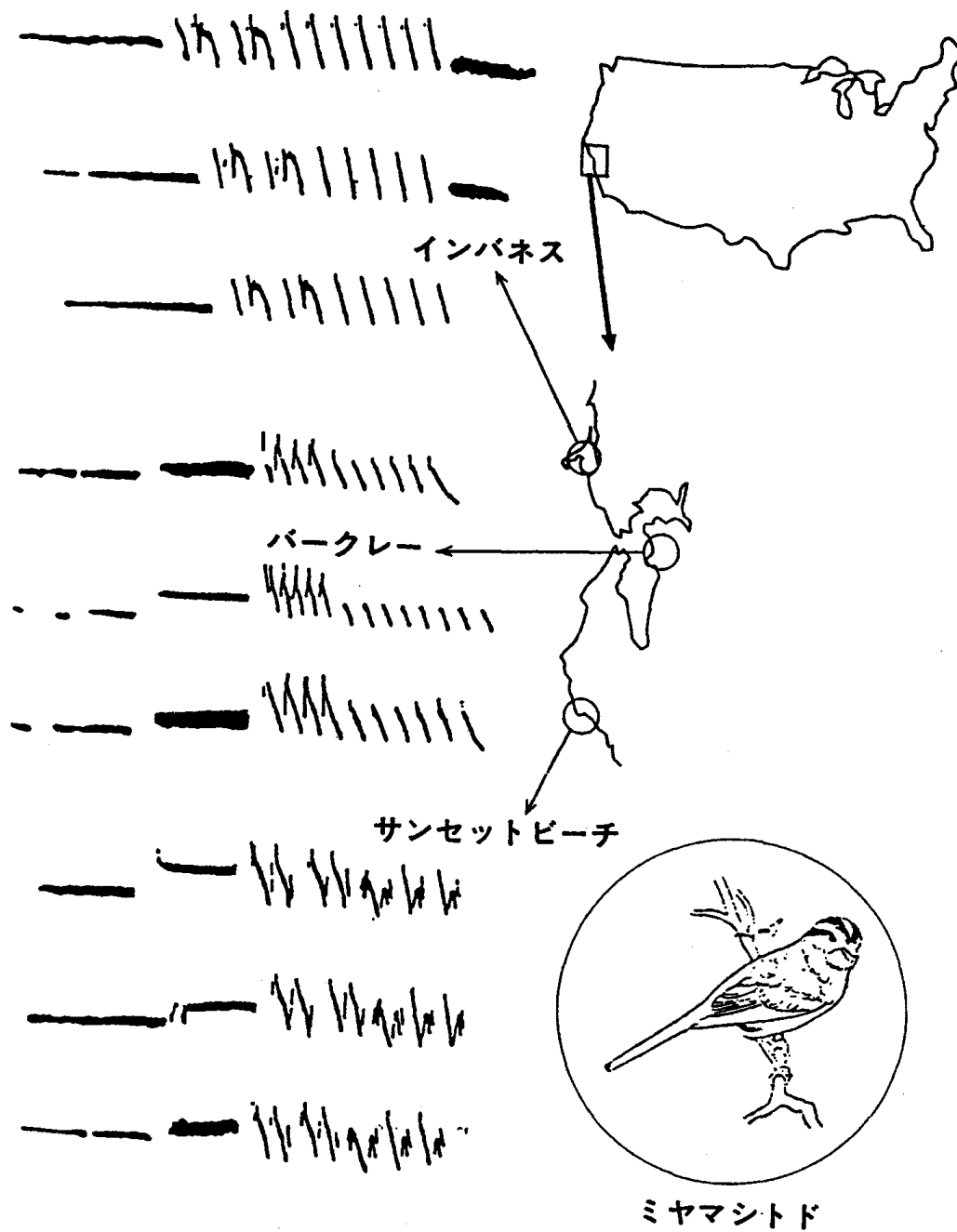


図5 ミヤマシトドの歌にみられる方言 ミヤマシトドは北米の西海岸に棲む鳥で、その歌には地域によって異なる方言がある。図には、サンフランシスコ湾に面するバークレーと、それから北方約50キロのところにあるインバネスと、南方約100キロのところにあるサンセットビーチの方言を示す。方言は若鳥や親やほかの成鳥から歌を習うために、世代を超えて保たれる。(小西正一、1994、小鳥はなぜ歌うのか)

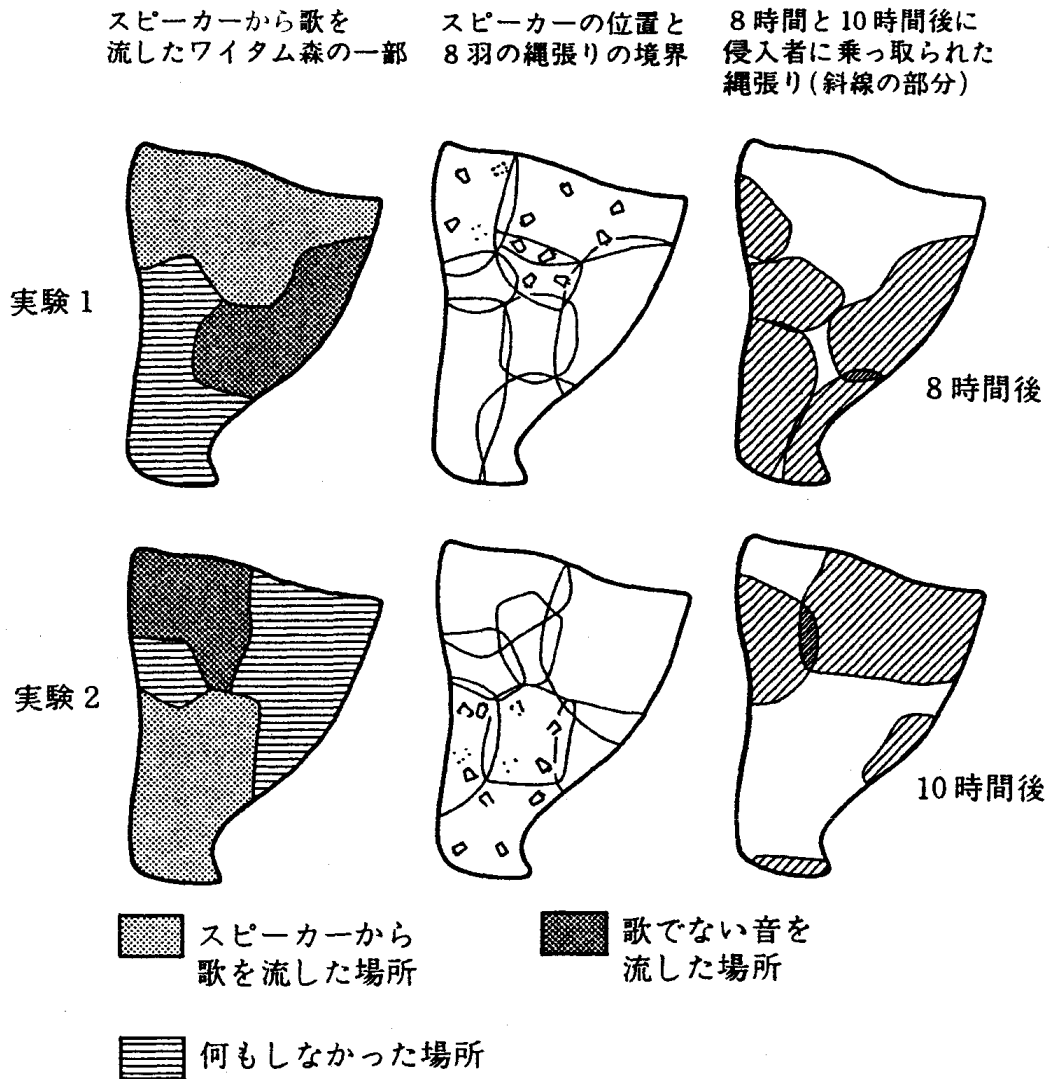


図6 スピーカーから歌を流し縄張りを守る 雄鳥は繁殖期に一定の地所を守り、さえずってその所有権を宣言する。鳥を一時縄張りから除くと、同種の他の雄鳥が、それをすぐに乗っ取る。スピーカーから持ち主の歌を流しておくこと、他の鳥の侵入をしばらく防ぐことができる。(原著ジョン・クレーブス、1975：小西正一、1994、小鳥はなぜ歌うのか)

ところでトリは何故さえずるのかについては次の3つが挙げられる。メスを誘引して交尾を促す。縄張りを防衛する。外敵に対する警戒。ひょっとすると(これは私の考えであるが)歌を楽しんでいるのかも知れない。まず、縄張りについてクレーブス(1975)の実験を紹介したい。図6はシジュウガラの歌が

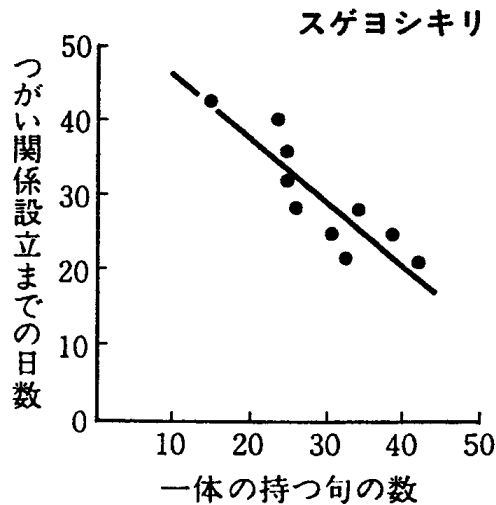


図7 句の数が多いほど早く嫁が来る 日本のヨシキリのように、英国のスゲヨシキリも違った句を次から次へと出してさえずる。句の数は個体のあいだで異なるので、それが春に雌を惹き付ける能力に関係があるかどうかを調べてみると、句を多く持っている雄がより速くつがい関係を作ることがわかった。(原著キャチポール：小西正一、1994、小鳥はなぜ歌うのか)

縄張り防衛の働きを持つことを実証した実験で、英国のオックスフォード近郊の森に実験区と2通りの対照区を設け、初めにシジュウガラを一旦追い出しておく。実験区にはオスのシジュウガラの歌をテープに吹き込みスピーカーで流す。対照区の一つには歌でない音を流し、もう一つの対照区には音を流さない。そうしてシジュウガラが再び縄張りをつくる過程を時間を追って観察する。歌を流さなかった対照区が最も早く縄張りがつくられ、歌を流した実験区では縄張りの形成が一番遅かった。さらに歌の数（種類）が多いほど縄張りの防衛には効果があることもわかった。さえずりがラブ・コールとして大切なこともよく知られている。トリの歌は素音、素音が集まって句となり、数句が節をつくる。句の数が多い歌を歌うオスほど早く嫁がくる（図7）という実験結果も面白い。ヒトでも昔から、バルコニーの下で男性が朗々と歌を歌って…という話は珍しくない。

世界中で8～9科の鳥類、しかも大部分は熱帯産のトリであるが、二重唱か

ら四重唱までするというものもあることが知られている。これはアフリカのケニアやナイロビで鳥類学者がたまたま離れたところでさえずっている2羽のトリの間に立ったときにわかったのである。モズの仲間のシロハラヤブモズは二重唱が抜群の歌い手といわれている。2羽のトリによる二重唱（デュエット）はタイミングが絶妙だそうである。何のために二重唱をするのだろうか。1) 連れ合いを識別し、居場所を確かめ、接触を保つ、2) つがいの2羽の相互刺激、3) つがいのテリトリー（縄張り）の維持、4) 何か攪乱があった後に相互に元気づけ合うことなどと説明されている。これで見ると、シロハラヤブモズではメスもさえずるようである。

トリの歌は一般にオスが歌うと初めに記した。さえずりは鳴管（発声器官）の筋肉を駆動している中枢の命令によって行われる。カナリアとニワトリではこの発声器官が異なり、カナリアはそこに振動する内唇と外唇と呼ばれる構造を持ち、外唇の内部に3対の骨が回転して気道の隙間を調節することができるしくみになっている。ニワトリではその部分の構造が単純であり、微妙な歌を歌うことができないのである。かといって、ブレーメンの音楽隊に出てくるようなニワトリの魅力は捨てがたい。（蛇足であるが、先年、筆者はドイツ留学中にブレーメンの市役所の壁際に据えられた音楽隊のモデルの可愛らしい銅像を見ることができた）。カナリアではオスのさえずりを制御している神経細胞群や鳴管の筋肉もメスの2倍くらい大きい。この差は男性ホルモン（アンドロゲン）の雌雄間における差のためである。それでは、メスのカナリアに男性ホルモンを注射するとどうなるであろう？ 驚いたことに、注射後数日たつとメスでも歌うようになるのである。ただし、オスのさえずりほど巧くはないらしい。

1990年代に入って、環境ホルモン問題が俄かにクローズアップされ、いろいろな動物でオスのメス化、反対にメスのオス化、あるいは間性（Intersexuality）、つまりある個体が内部の組織学的観察ではオスとメスの双方の生殖系を持ち合わせるようになること、などが多数報告されている。その原因は男性ホルモンや女性ホルモンの働きを模倣するような、あるいは正常なホルモンの働きを阻

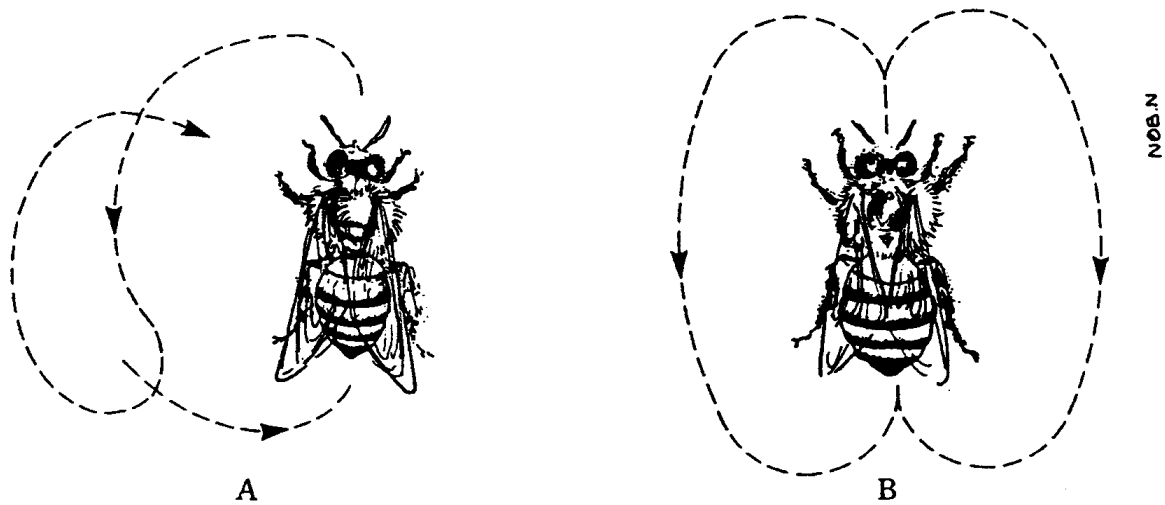


図8 ミツバチの円形ダンスとしりふりダンス
(A) 円形ダンス (B) 8の字ダンス
(田所作太郎・永井伸一、1989、行動生物学の探求)

害するような天然および合成の化学物質が我々の身の回りに存在しているためである。そのような化学物質がメスの小鳥に取りこまれ、さえずるはずがないメスのトリをして歌わせるようになると、これはまた気持ちの悪いことである。

3. ミツバチのダンス

私は4歳から10歳の間、鳥根県の山奥で育った。村には材木屋が持っていた1台のトラックが唯一の車（もちろん木炭車）であるというような極め付きの山村であった。伯父が養蜂を行っていた関係で伯父について小高い山の斜面に設置されたミツバチの巣箱をのぞきに行ったものである。今も憶えていることは、巣箱の前を飛び回っているミツバチに刺されることが怖くて、頭を抱え込みながら小走りについていったことである。

養蜂家たちは餌場（蜜が豊富にある場所）を発見したミツバチが巣に戻って他の働きバチにその場所を教えることを昔から知っていたが、ミツバチが仲間に餌場を教えるのにダンスをすることを初めて明らかにしたのはオーストリアの動物行動学者のカール・フォン・フリッシュである。このダンスには多くのことが秘められている。まず餌場がミツバチの巣からどの方向に、どのくらい

離れたところにあるのか、花の蜜はたっぷりあるのかなどである。ダンスには二通りがあり、円形ダンス（図8のA）と8の字ダンスまたの名は尻ふりダンス（図8のB）である。前者は餌場が近いときに行われ、後者は餌場が遠いときの踊りである。8の字ダンスはさらに、餌場が巣からどの方角にあるかを太陽の位置との関係を利用して仲間に知らせるのだからすごい。図9のAは巣箱の中に垂直に立てかけられている巣板の上で踊るダンスのありさまを示したものである。図中Aの2）を例にとって説明すると次のようである。餌場が太陽の方向から左へ60度傾いているとき、ミツバチは巣板の上で真上（太陽の方向は常に真上としている）から左へ60度の方向に8の字を描く。餌場を見つけたときと巣に帰ってダンスをするときでは太陽の位置が変わっているのは当然であるが、それをきちんと体内時計で補正して、しかも角度の誤差範囲は3度以内という精度で踊るのである。また、餌場までの距離は踊るスピードでもって表す。図9のBからわかるように、餌場まで800mならば15秒間に4回の、4000mならばゆったりと2回の8の字ダンスを踊るのである。餌場が巣から近いとき（50～100m）は円形ダンスのみで、巣の上空に飛び上がれば餌場は簡単に見つかるという合図になる。円形ダンスから8の字ダンスへの切り替えは面白いことに、お国柄があり、オーストラリアでは85m、イタリアのミツバチは35mだそうである。薄暗い巣の中で餌場を見つけてきたミツバチが得意満面でダンスをするのを仲間はポカンと見ているのではない。ダンサーの後について仲間も踊り、方向と距離の情報をキャッチするのである。しかし、巣の中は暗く、沢山の働きバチがダンサーに群がっているのでダンスの細かなところが見えないはずである。最近の研究では、ダンサーが尻をふり、羽根を震わせることによって空気の流れが生じ、他のハチはこの流れを触覚を使って感じ取る（聞く）という説が有力になっている。踊り手は自分が何度の傾きで踊るかをどのようにして決めるのであろう。図8の上半身の密集している毛（感覚毛という）がカギである。感覚毛が頭部により圧迫され、この感覚毛のひずみを角度に換算するのである。

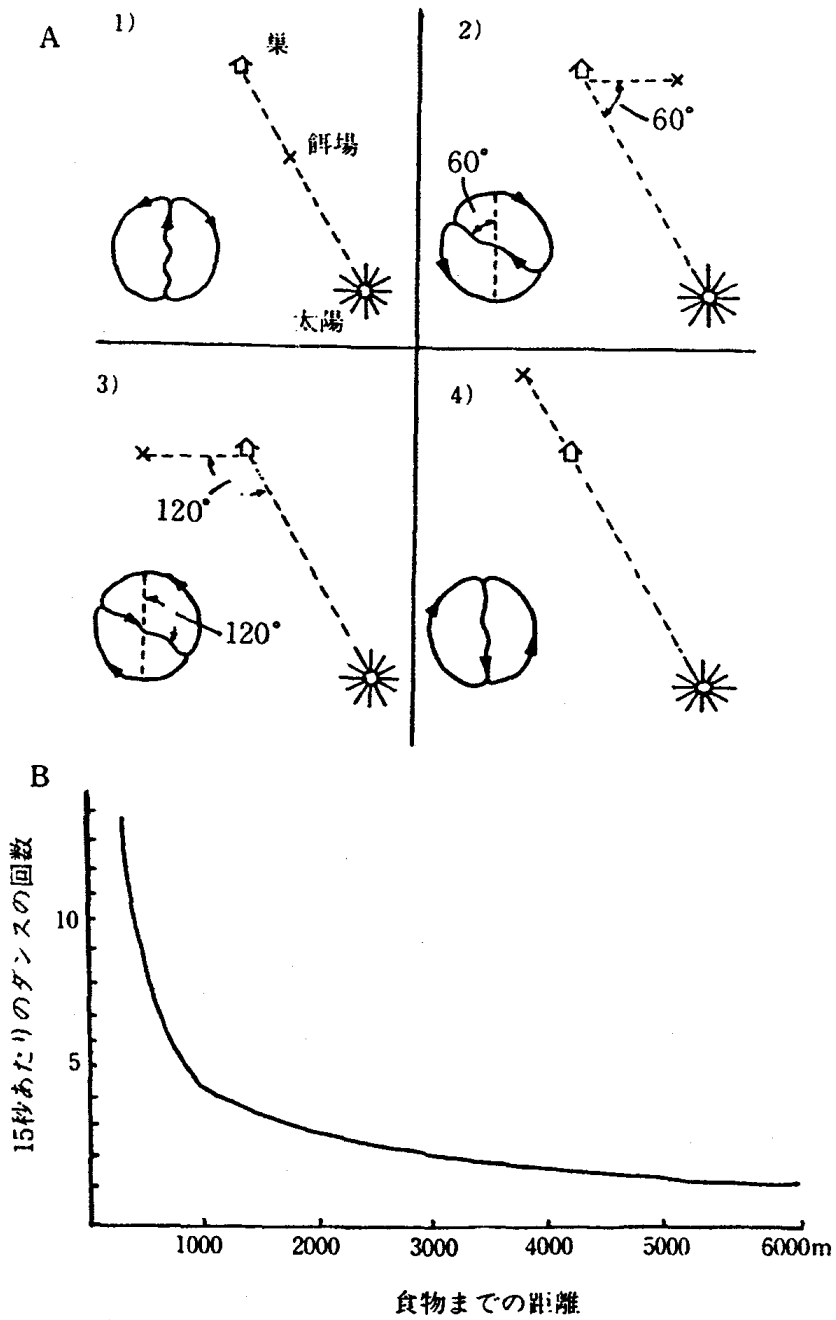


図9 方向と距離

(A) 巣箱と食物と太陽間と8の字ダンスの関係。

(B) 食物までの距離とダンスとの関係。

(原著カール・フォン・フリッシュ、1946；田所作太郎・永井伸一、1989、行動生物学の探求)

餌場と巣の間の距離はどうして把握するのか。我々人間は血糖としてブドウ糖を持っている。これはエネルギーの源である。血糖値は健康診断でもお馴染みで、食事の前後で値は変化するが、ある範囲内に保つような巧妙なしくみがある。空腹を感じるかどうかもこの血糖が関わっている。話がそれてしまったが、ミツバチでは血糖を構成しているのはトレハロースという糖である。ミツバチが餌場を探すために相当なエネルギー（血糖）を費やすのは当然であるが、血中のトレハロースの消費量を距離に換算するのである。もちろん電卓などは要らない。巣箱の入り口に長いパイプをセットしておくのと、餌場から帰ってきた働きバチは必ずこのパイプの中を歩いて巣に戻らなければならない。ミツバチは飛ぶよりも歩くほうにより多くのエネルギーを消費するらしい。パイプを通過してきたミツバチは餌場までの距離の換算が狂ってしまうそうである。

働きバチたちは巣から四方八方へ飛んでいき、餌場探しをして、巣に戻りダンスをするのであるが、その間に他の場所がどうなっているかを見に行く余裕はない。それなのにハチたちは最終的に最も豊富に餌があるところに集合する。つまり情報を比較・分析する作業がどこかで行われていることになる。その役割を担っているのが巣に留まって餌場から帰ってきた“調達バチ”から蜜を受け取る“受け取りバチ”なのである。この受け取りバチはどの餌場から帰ってきたハチが最も糖分が多い食糧を持ち帰ったかを素早く判断し、よい食糧は速やかに受け取られるが、少しばかりの蜜を持ち帰ったハチはなかなか受け取ってもらえない。素早く受け取ってもらったハチは成果が認められ、元気よく踊り出すことになる。このことは学生時代に苦勞をして論文を書き、意気揚揚と指導教官のところへ持っていったもなかなか見てもらえなかったこととダブってくる。

ミツバチは世帯が大きくなると巣が狭くなり、分家することが必要になる。これを分蜂という。人間の世界では若いカップルが家を出て行き新しい家を構えるのが普通かもしれないが、ミツバチでは古い女王が働きバチの半分を連れて巣を飛び出し、近くの木に群れ（これをコロニーといい、1万から1万5千

匹からなる)をつくる(私も小さいころこれを見たことがあるが、なんだか気持ちが悪くような記憶がある)。この時点では群れの行き先はまだ決まっていない。ここから働きバチの餌探しではなく、家探しが始まる。群れを収容するのに最適な木の幹の穴や割れ目、岩の洞穴を徹底的に検討する。偵察バチは群れのところに戻り8の字ダンスにより、新しい巣の方向を仲間に知らせる。あまりよい場所でなければ弱々しいダンスとなり、逆に“掘り出し物”を見つけたハチは興奮して踊る。初めは500匹ばかりがてんでに自分が探した巣について踊るが、それぞれが相手の推奨する巣の候補地を視察しているうちに、徐々に的が絞られ、最終的に群れにとって最善の巣がどれかの合意が成立しそこへ一家で移動する。この分蜂のプロセスの素晴らしさは『自分が見つけた場所よりも優れた場所があれば喜んで他のハチが見つけた場所を支持する』ところに

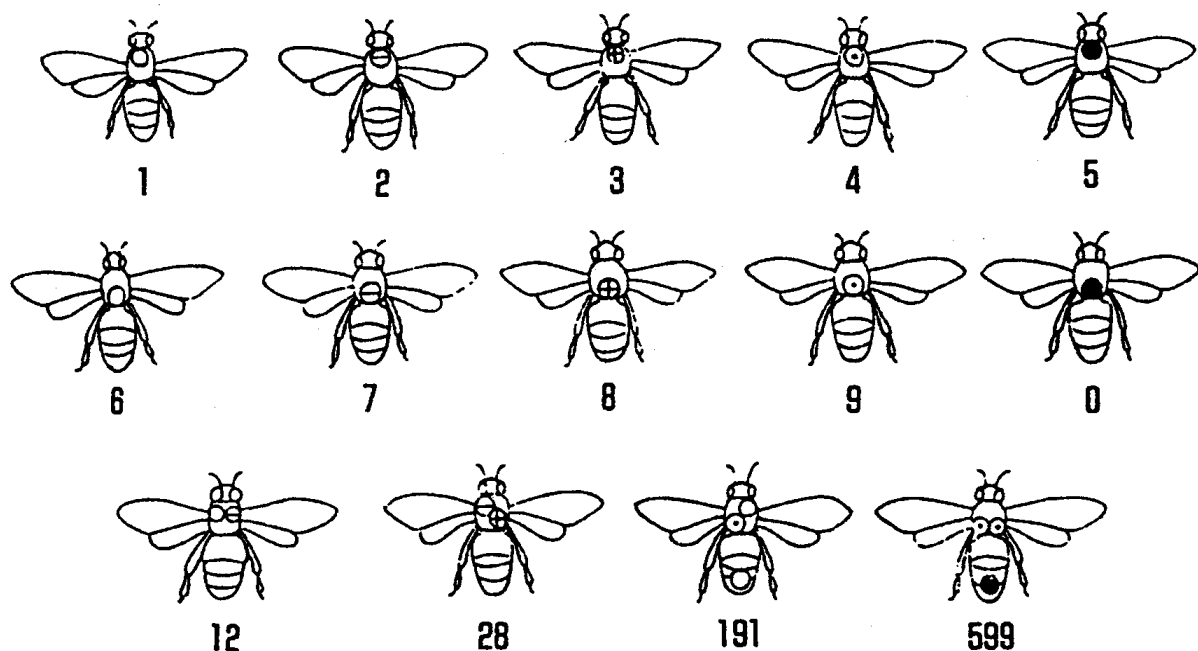


図10 ミツバチの番号は、5種類の色を使って付けた。この絵に示した符号は、次の意味である。単なる丸、白の点。横棒のある丸、赤の点。十字のある丸、青の点。点を打った丸、黄の点。黒い丸、緑の点。(カール・フォン・フリッシュ、伊藤智夫訳、1986、ミツバチの不思議)

ある。

フリッシュとその仲間たちがミツバチの生き様を明らかにするまでには大変な労力と努力があったことは想像にかたくないが、たとえば巣箱でのミツバチの動きを克明に観察するためにミツバチの背中にペンキでマークをつけ（図

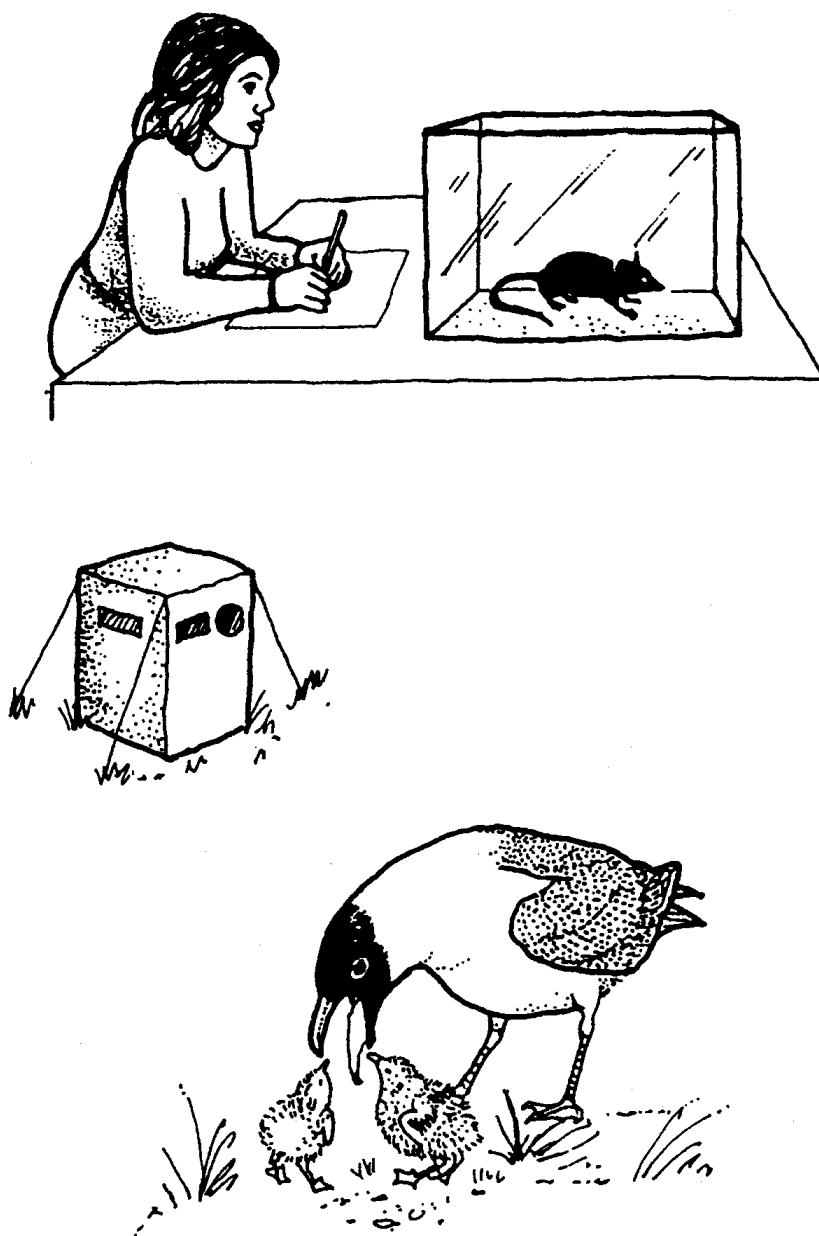


図11 エソロジーと心理学の違いについての伝統的な見解。心理学者は動物を小さな箱に入れ、それが何をしているか中を覗き込む。一方エソロジストは自分が小さな箱に入って外を覗き、動物が何をするかを見る。(P. J. B. スレーター、日高敏隆・百瀬 浩訳、1994、動物行動学入門)

10)、この方式で599匹のハチに標識をつけることができたという。フリッシュの業績に対して、1973年にローレンツとテインバーゲンとともにノーベル医学・生理学賞が授与された。

動物行動学（エソロジー）はとにかく観察するということが重要な部分を占めているが、動物行動学者と心理学者のスタンスの違いを的確に表しているのが図11である。しかしごく最近では動物行動学にも最先端の技術導入がなされている。1989年にデンマークの研究者たちは真鍮性のミツバチを作り、表面にワックスを塗り剃刀の刃で作った羽根をつけた。コンピューターの操作によりこのロボットハチは毎秒280回の速さで羽根を震わすことができ、ややぎこちないが円形ダンスや尻ふりダンスもできる。そしてダンスを通じて他のハチに情報を伝達し、野外にセットした餌場へミツバチを飛んで行かせることができた。これはフリッシュの観察結果が正しいことをみごとに立証したことになる。

4. クジラのジャンプと歌声

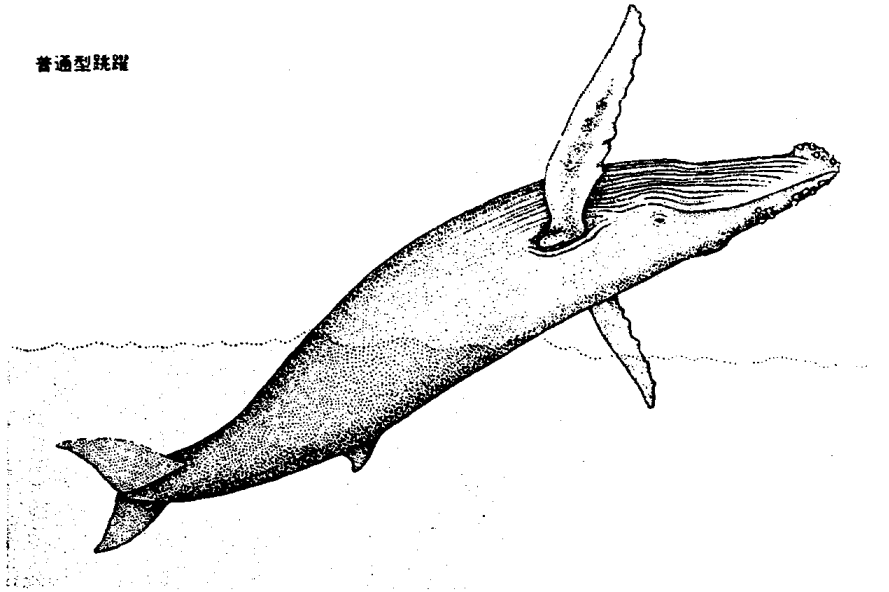
クジラはいろいろな意味合いで注目される動物である。クジラが哺乳類であること、すなわちクジラの赤ちゃんは母乳で育てられることはよく知られている。しかし、今から約300年前、有名な分類学者のリンネは初めクジラを魚類の仲間に入れていた。その後解剖がなされ、内部形態が明らかになって哺乳類へ入れられたのである。クジラの祖先は今から6500万年前、恐竜たちが絶滅した時代に地中海の東部からペルシャ湾あたりの河口部に生息していたメソニックスとよばれる肉食性哺乳類であった。ネズミくらいの小さな動物で、膝まで水に浸かって歩き、魚や貝を食べていたという。その後水中に移行していったと考えられている。海にはクジラ（正確にはクジラ目）以外にも哺乳類がいる。食肉目（ラッコ、セイウチ、アザラシ、アシカなど）、海牛目（ジュゴン、マナティー）である。クジラ目はさらにヒゲクジラ類（シロナガスクジラ、ナガスクジラ、ミンククジラなど歯を持たず、口の周りに密生したヒゲを使ってオキアミを食べる）とハクジラ類（マッコウクジラ、イルカ類など歯を持ってお

り、イカや魚を食べる)に分かれる。水族館で人気のあるイルカは体長が約5 m以下の小型のハクジラの呼び名で、クジラとイルカは鯨類である。

地球上で最大の生き物といわれるあの大きな体がジャンプすると実に雄大である。テレビの画面ですらそうなのだから間近で見ると強烈であろう。クジラのジャンプには二通りがある(図12)。水中から飛び出して水面に落ちるときに普通型跳躍では空中で体をひねって背中から着水するタイプと、ベリーフロップ(腹打ち)では文字どおり腹から落ちる。鯨類のほとんどの種類がジャンプする。しかし、面白いことに肥満したクジラほどしばしばジャンプするという。肥満度を体重/(体長)²で表すと比較的ズングリ、ムックリしているミナミセミクジラ、ザトウクジラ、コククジラはしばしばジャンプし、一方、スリムな体形のイワシクジラ、ナガスクジラなどはほとんどジャンプしない。このジャンプは何のためにするのであろう。普通型ジャンプにしる、ベリーフロップ(腹打ち型)にしる何十トンという巨体が飛び上がって(たとえばザトウクジラは体長15m、体重33トンであるが、これは体重60kgのヒト660人が一斉に飛び上がったと考えればよい)水面に落ちるときは強烈な衝撃音がある。テレビの画面から聞こえる音でもスゴイ。この衝撃音によって1)他個体との何らかのコミュニケーションをとるときの補助手段としている。後述するが、クジラの歌による情報伝達が不可能なとき、たとえば海が時化しているときは着水時の大きな衝撃音の方が有効であろう。実際に、風速が10m/秒以上の時化になるとクジラのジャンプの頻度は一挙に上昇するといわれている。2)群れの中の示威行動、3)メスを獲得するためのオスの誇示、4)若いクジラの遊び、5)肉体を使って示す感嘆符 などといわれている。

小型のハクジラ(イルカ)が鳴き声を持っていることはギリシャ時代から知られていた。第二次大戦中(1942)、米国太平洋岸で水中マイクを設置して潜水艦の接近、襲撃を警戒していたところ、水中の怪音が探知されスワッ!潜水艦の来襲かと思われたが、それがクジラや魚などの鳴き声であることが判明した。ヒゲクジラ類もハクジラ類に劣らず複雑な声(歌)を持っている。最も有

普通型跳躍



ベリーフロップ (旗打ち)

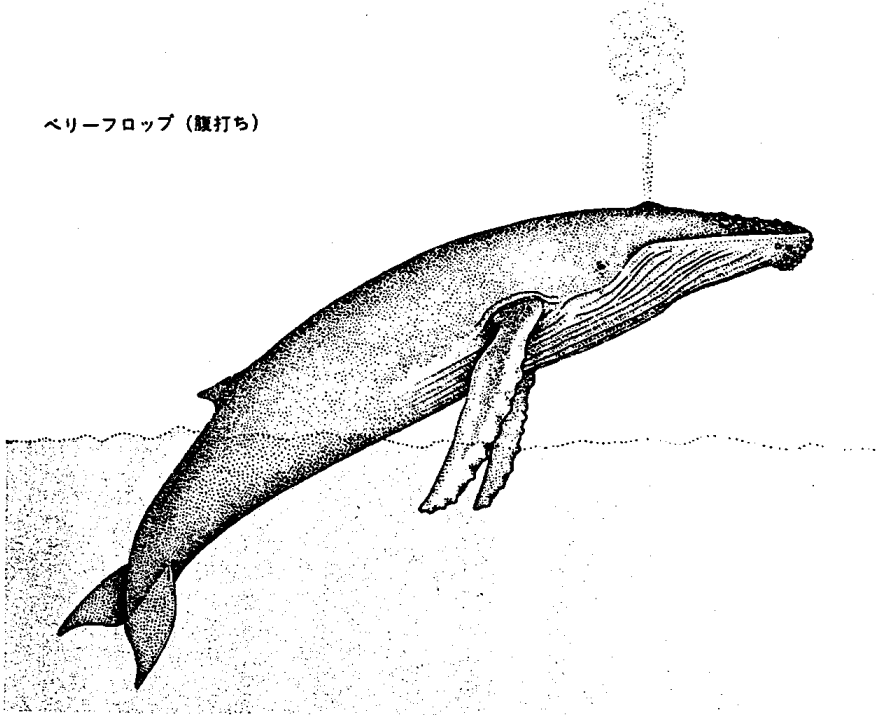
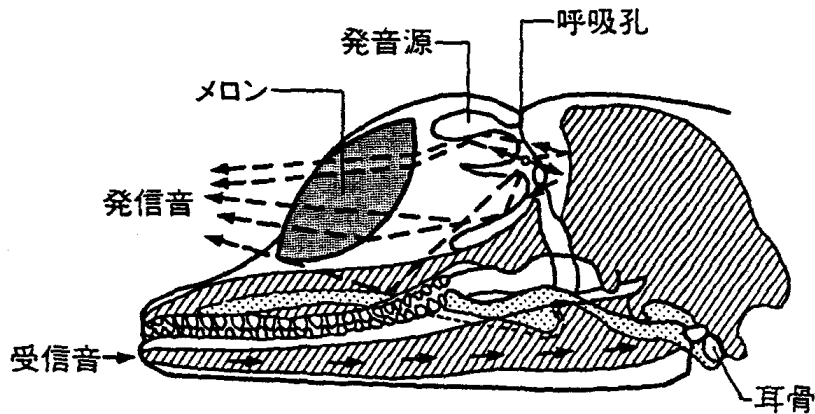


図12 2種類の跳躍 クジラは水面との角度が70度以内の範囲で水から飛び出す。水に落ちる時には違いがあって、“普通型跳躍”では背中から、“ベリーフロップ”の場合は腹側から水に入る。跳躍中に呼吸をする必要があると“ベリーフロップ”をされると思われる。このタイプの跳躍時に、クジラはしばしば噴気をするからである。この姿勢の方が噴気孔に海水がたまっていない時間が長く、呼吸に都合がよい。(H. ホワイトヘッド、1988、クジラはなぜ跳躍するか)

名なのがザトウクジラである。40～5000ヘルツの周波数の歌で、人間の耳で聞けるがテレビなどで聴くと少しくぐもった感じである。6～35分で1曲を歌うこと、亜熱帯域でよく聞かれること、冬期の繁殖期に単独で行動しているオスがよく歌うこと、一頭、一頭に歌の特徴があり、クジラはそれを聞き分けているらしいこと、系統群によって方言があることなどがわかっている。この歌は30km離れたところでも聴くことができ、水温が低く、深い海中から歌が発せられたときは、ナント！1800km先まで伝わるという。東京を中心とすると、北海道から沖縄までをカバーすることになる。ある本の中に“ザトウクジラの声は合衆国を覆い尽くす”という表現を見たことがあるが、あながち出鱈目ではない。周波数の低い音は海中を長距離進むので、遠くにあるものを探索するのに適し、周波数の高い音は逆に、近くにあるものを詳細に観察するのに適している。このように、音を出すことにより物体の探索を行うという目的と、繁殖期にオスが歌うことを考えると繁殖行動とも密接な関係がありそうである。

小型ハクジラのイルカ類は音（音波）を出すことによって、敵、餌生物、障害物などの探索を巧妙に行っており、これをエコロケーション（反響定位）という。この能力は淡水に棲むイルカ（カワイルカ）の仲間やマイルカの仲間とくに優れている。数年前に、環境関連の国際学会で中国揚子江中流の武漢へ行った。揚子江の水は真っ茶色で透明度は極端に低い。ここにはヨウスコウカワイルカが生息しているが、近年その数は激減し、揚子江全体でも100頭いるか（イルカ？）どうかといわれている。武漢の水生生物研究所のプールには1頭が飼われており、まだら模様のからだが目撃的であったが、このイルカは揚子江の濁水の中で泳いでいるときは、視覚に頼るわけには行かず、エコロケーションが生きていく上で大切な役割を演じているであろうことが容易に想像できた。イルカは一つの音を発すると1)音が発射されてから戻ってくるまでの時間を読み取る、2)どの方向から音が返ってくるかを判断する、3)泳ぎながら音を発しているのだから、遊泳スピードと移動距離を補正しつつ返ってくる音を解析する、4)他の個体が発した音の反響と自己のものとを聞き分けるな



資料/「イルカと人間」黒木敏郎著(講談社現代新書)

図13 イルカの音の発信と受信のしくみ
(原著ノリス、1963；鳥羽山照夫、1994、イルカの愛)

どを瞬時にやっつけてのけるのである。ハクジラ類のエコロケーションは上顎にあるメロンという器官が深く関わっている(図13)。1970年代の終わりころから約10年間、私は『イルカを使って海の汚染を知る』というプロジェクトに加わった。和歌山県の南端のクジラの町「太地」でスジイルカという種の漁業、水揚げを見ることができ、市場に上がった丸ごとの個体を購入後、直ちに現地で解剖することにも関わった。その際、前頭部のメロンという脂肪組織を見て、なるほどうまく命名したものだと感心した。夕張メロンの色合いを思い浮かべてもらうとよい。頭の後部の呼吸孔の奥に細かいヒダのついた場所があり、このヒダを震わせて音を出す。この音が上述のメロンというレンズ状の組織に入り、凸レンズに入った光が屈折して1ヶ所に集められるのと同じようなしくみで音が集められ、指向性を持った音となって外へ出される。イルカは耳を持っているが、耳の穴は耳垢が詰まってふさがっており、音を聞く役割は果たしていないで水圧を感じる(水深を判断する)役目を担っているらしい。イルカは自分が発した音が戻ってきたとき下顎で音を聞く。この部分も脂肪層でできており、音は脂肪層を伝わりやすいそうである。この下顎の末端が耳骨に接しているのである。上述のプロジェクトを中心的に推進したスジイルカの生態学の専門家の宮崎さん(現東京大学海洋研究所教授)とは30年来の友人であるが、

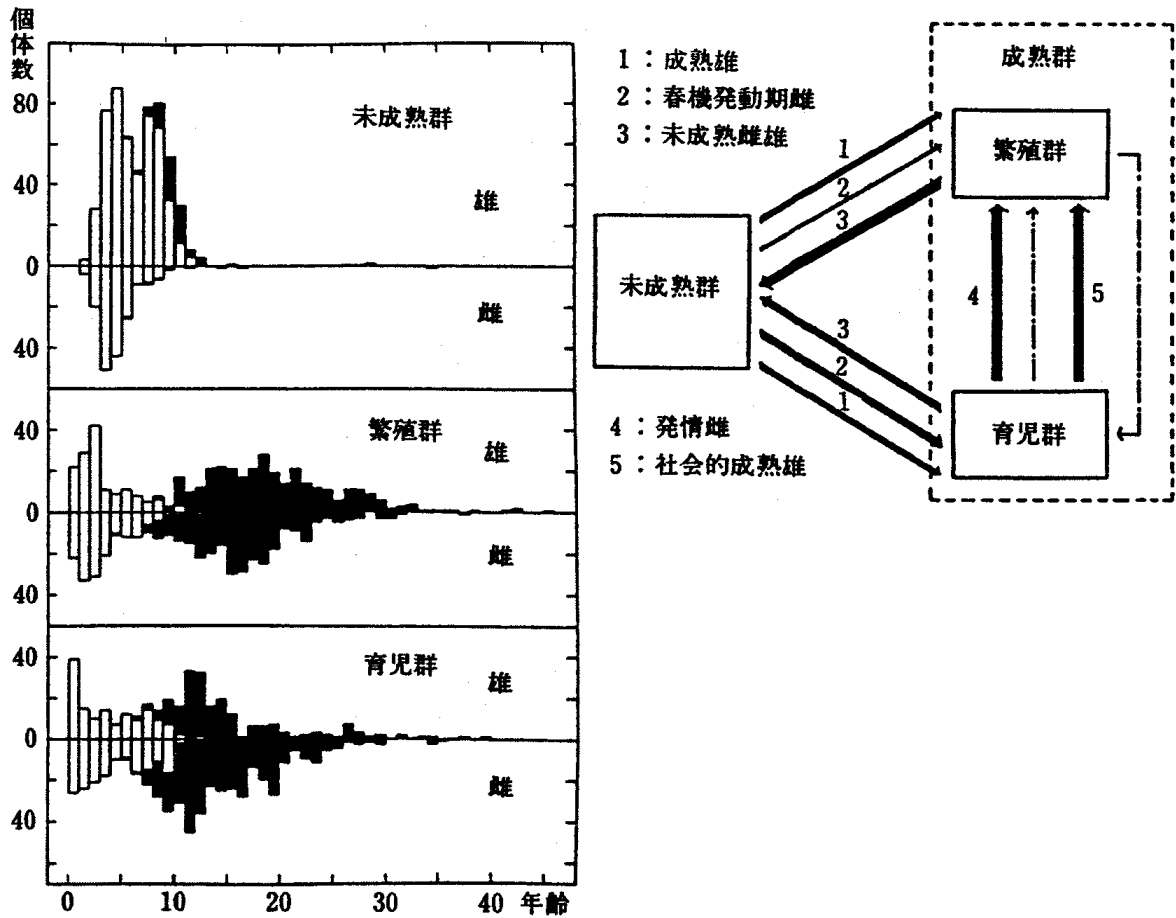


図14 未成熟群、繁殖群、育児群に属する群れを合わせた年齢組成 (□：未成熟個体、■：成熟個体) とスジイルカの群間における個体の移動・交換の模式図 矢印はイルカの移動、線の太さは移動するイルカの相対数を示す。成熟群間における繁殖群と育児群の質的変化を鎖状の線で示す。(宮崎信之、1990、海の哺乳類)

彼は駿河湾に来遊するスジイルカについて非常に面白い研究成果をまとめておられる。それを以下に紹介する (図14)。

1. 群れを大別すると未成熟群と成熟群に分かれ、さらに成熟群は育児群 (授乳中のメスと仔イルカ) と繁殖群 (発情メスと成熟オス) に分けられる。
2. 育児群の仔イルカは生後3ヶ月になると自ら餌を食べるが、離乳年齢には個体差があり、2~3才でも餌を食べながらミルクを飲むこともある。平均的には1.5歳で離乳する。

3. 離乳後もしばらくは母親の群れに留まっているが、離乳後1～2年で未成熟群へ移行する。この傾向は未成熟のオスで強く見られるが、一部の個体は母親の群れに留まっている。
4. 未成熟群へ移行した個体は性成熟に達する前後（雌雄とも約9才）に成熟群へ移行するが、オスよりもメスの方が早く移行する。
5. メスは成熟群から大部分が繁殖群へ選択的に移行するが、オスでは育児群と繁殖群へ同じ割合で移行する。メスでは性成熟に達すれば直ちに繁殖活動に参加できるが、オスでは睾丸で精子形成が始まり性成熟に達しても、必ずしも繁殖活動に参加できるとは限らない。オスでは組織学的に完熟オスに到達するのは16.5才である。したがって、繁殖群のオスは16.5才以上のものが多い。
6. オスにとって性的魅力の少ないメスが多い育児群では16.5才以上のオスは極端に少ない。
7. 未成熟群（宮崎さんはこれをワカモノ群と呼んでいる）の形成は離乳後の仔イルカが母親から独立し、同じ世代の個体同士との関係を深め、互いに学習する効果があるだけでなく、母親とオスの仔イルカの近親交雑の機会を低くする効果もある。

このようなイルカの世界を見るとヒトの世界と共通するところは沢山あり、というよりもズーッと遡っていけば祖先は同じなのだから当然のことといえばその通りである。水族館のイルカショーはどこでも人気抜群であるが、イルカたちは捕獲されてから3ヶ月程度の訓練（学習）でショーに出場できるほどの種目をマスターする。ある調教者の観察で面白いことがある。水門でつながった2つのプールの一方において1頭のイルカに空中回転を教えた。訓練が終了したころ、隣のプール（水上は壁で仕切られているため隣のプールは見えない）で、まだ訓練を施していない別のイルカがみごとな空中回転をやったそうである。イルカ同士の間で何らかの“会話”があったのであろう。イル

カについての面白い話は尽きるところがない。

5. コウモリとガの知恵比べ

エコロケーション（反響定位、あるいはこだま定位ともいう）はハクジラ類の専売特許ではない。コウモリのエコロケーションも有名である。コウモリは世界中に900種もいる。オオコウモリとショウコウモリとに大別されるが、我国ではショウコウモリのみでこれが超音波を使ってエコロケーションをするのである。エコロケーションという技を持っているおかげで、競争種がほとんどいない環境（たとえば真っ暗な洞窟の中など）に棲むことができる。つまり完全な暗闇の中でも楽々と飛び回ることができる。その能力のすごさを示す実験で、直径が約1mmの針金かナイロン糸を格子状に張り巡らした真っ暗の部屋の中を、コウモリは自由に飛び回り針金に引っかかることはない（図15）。格子を通過するときには翼を体側にぴったりとつけている。これはコウモリが超音波を発して標的（餌や障害物、ここでは針金かナイロン糸）に当たった後、反響してかえってくる“こだま音”を聞いて定位、すなわち自分の位置を確かめ、標的に到達または回避するのである。

18世紀のイタリアの生理学者ラザロ・スパランツァーニはコウモリの耳をふさぐと障害物を避ける能力が低下することを発見したが、この理由の解明にまでは至らなかった。このスパランツァーニは動物の体のいろいろなしくみに大変な興味を示したようである。私は大学院生のころ、「消化と吸収」というテーマに取り組んでいたためこのひとの名前を知ったのであるが、胃は今でこそタンパク質の消化をするのにペプシンという酵素を分泌していることがよく知られており、中学の生物の教科書にも載っている。しかし、18世紀には胃は石臼のような役割で、食物を物理的に砕くのであろうと考えられていた。スパランツァーニはスポンジを小さな金網の籠に入れ、タカの口から胃の中まで突っ込み、しばらくしてからこの籠を取り出し、胃液がしみ込んだスポンジを肉の上で絞っておくと肉が溶けることを証明して胃液中にタンパク質分解酵素が存在することを示唆した。現代から見ると幼稚な実験に見えるが、当時としては画

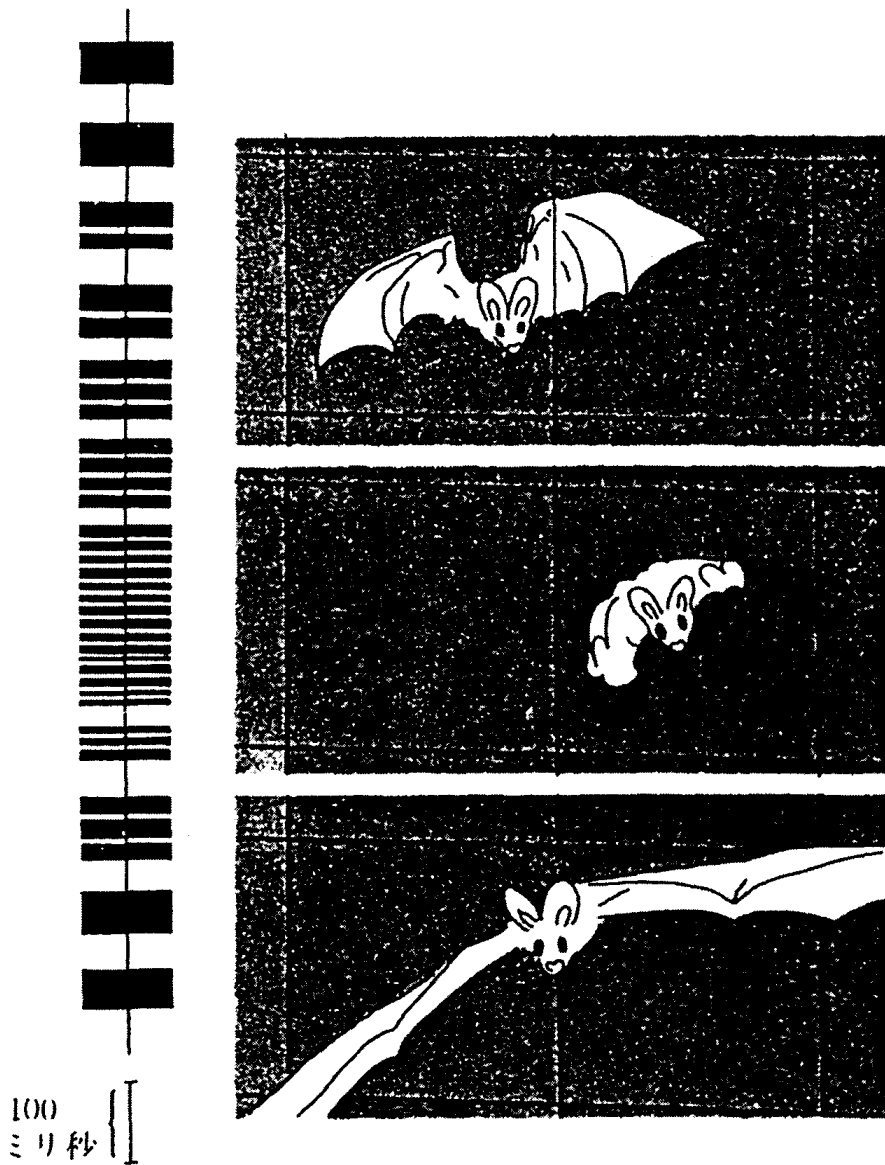


図15 コウモリはこだま定位によって直進しながら14cmの格子網（ナイロン糸80ミクロンの太さ）を通り抜ける。中段が通り抜ける瞬間である。左のバーコードのようなものはコウモリの発する超音波の間隔を示している。（青木 清、1988、動物の心をさぐる）

期的な成果であった。

コウモリのエコロケーションについては第二次世界大戦中に発達したレーダーで音の記録や再生が容易になり、1950年代に入って多くのことがわかってきた。米国の動物行動学者のドナルド・グリフィンが面白い事実を次々と明らかにしていった。コウモリが発する超音波は2万ヘルツ以上で時には10万ヘル

ツの音を発する。人間の耳には20~20,000ヘルツの周波数の音が聞き取れるに過ぎず、コウモリの発する音は聞き取れない。このことはコウモリが背景のノイズ（騒音）に妨害されず自由に“会話”できることを示している。グリフィン は障害物のある部屋で2万ヘルツ以上の周波数を持つノイズを実験的に流しておく、飛んでいるコウモリは障害物を避けきれずに突き当たり、床に落下することも明らかにしている。ハクジラの場合と同様にコウモリは超音波を発し、その反響が聞こえるまでの時間間隔を測定することからエコロケーションを行うが、発する音と反響音が重なるのを防ぐためには発する音が非常に短いことが要求される。ハウヒゲコウモリは通常の飛翔中、4~5回/秒の頻度で音を出す、対象物に接近するにつれて反響音はすぐに返ってくる。発する音はより短くしなければならない。もう一度図15を見ていただきたい。ナイロン糸の格子を潜り抜ける直前に発せられる音の間隔は短くなっている。エコロケーションは距離が30~40mを超えると効力がなくなる。音が急速に空気に吸収されるからである。コウモリが放つ超音波はその反響の2000倍も大きい。つまり、コウモリは大きな音を出して、その直後にかすかな音を聞きとらねばならない。我々人間でも耳元で大きな音を聞くと、しばらくは耳が聞こえなくなる。コウモリはそのような状況に陥らないための工夫をしている。コウモリは音を出すときには耳の感受性を低下させる。具体的には耳の筋肉に向っている神経が超音波が放たれる前の1/5000秒間コウモリの耳を休ませ、1/10000秒後には回復させるという。このとき耳は反響音を拾い上げるために最高の感度に復帰させている。ナントすさまじいほどの体の仕組みであるし、またこのようなことをよくぞここまで調べ上げた研究者にも脱帽である。神戸女学院のキャンパス内（とくに正門から音楽館までの間）でも春から秋にかけての夕暮れ時、コウモリが飛び交っているのをよく見かける。あのコウモリたちも上述のような超能力を持っているのかと思って眺めると新鮮に映る。

コウモリたちの卓越した能力に驚いているだけでは片手落ちである。コウモリの大好物はガ（蛾）である。ガの体はフワフワしていて、摘むと粉がつき気

持ちが悪いが、後述するようにガにとってはこれが大切なのである。このガは（ここではヤガという種についてとり上げるが）コウモリにやすやすと食べられないような仕組みを持っている。リーダーという研究者の著した『コウモリとヤガの知恵比べ』も面白い。ヤガはコウモリの接近をいち早く探知するための一対の特別な耳を進化させ、胸部の両側に備えている。ヤガはコウモリが発した音がヤガの体に当たって跳ね返り、コウモリによってヤガの存在が認知される距離よりもはるかに遠い距離（30m以上）からコウモリが発する音を聞き取っており、対策を講じている。コウモリがヤガをはっきりと認識できるのは2.4mの至近距離になってからである。ヤガはコウモリが左右どちらから接近あるいは遠ざかっているかを察知し、まずは逃避行動をとる。しかし、一旦、コウモリに認知されてしまうとコウモリの方が飛翔能力に長けているのでヤガは不利である。ヤガの緊急逃避戦術が揮っている。狂ったように輪を描いて螺旋飛翔を行い、地面に向かって急降下する。ヤガは自分の操縦装置のスイッチをオフにするのである。つまり、ヤガ自身も自分がどこに行くのかがわからないのだから、ましてコウモリはヤガの進路を予測することができなくなる。コウモリが通過した後、ヤガは再び操縦装置をオンにして逃げるのである。ヤガは超音波に対して高感度のレーダーを備えているだけでなく、体表面がフワフワの毛で覆われて、多くの粉がついているため超音波を吸収し、反響音が出にくいしくみとなっている。しかし、ヤガがコウモリから身を守るためのあらゆる手段を駆使しても、一定程度のヤガはコウモリの胃袋に納まっているのであろう。コウモリとヤガの知恵比べに限らず、地球上のいろいろな生物は人間も含めて「食う、食われる」の関係のもとに成り立っており、両者の間の駆け引きには興味深いことが山ほどあるが紙面の都合上全てを記述できない。ちなみに、エコロケーションをする動物は上述のハクジラやコウモリ以外ではトガリネズミ、マレイアナツバメ（暗い洞穴に棲む）などが知られている。

6. カイコは何故桑の葉しか食べないか

動物の情報伝達についてさえずり、ダンス、歌、超音波、ジャンプなどいろ

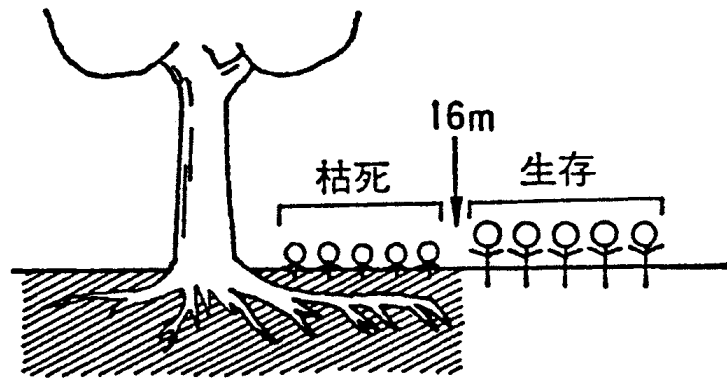


図16 クルミの近傍のトマトの生育に対する影響（原著ハルボーン、1977；古前 恒、1996、化学生態学への招待）

いろな手段があることを上に述べてきた。これらとはかなり毛色が違うが、物質を介しての生物間のコミュニケーションを以下に述べる。

生物の世界では高等植物同士、高等植物と微生物や昆虫の間、微生物同士あるいは昆虫同士で物質を介して影響を及ぼしあったり、情報伝達を行っているケースは少なくない。このような現象をアレロパシー（Allelopathie：他感作用）という。ギリシャ語の *alleon*=mutual と *pathin*=suffer に由来する術語である。アレロパシーに関わる物質を生態相関物質と呼び、同種間で生じる現象の場合はフェロモン、異種間の場合はアレロケミクスという。フェロモンの定義は生物の個体から体外に分泌され、同種の他の個体に受け取られ、その個体に一定の行動や生理作用を引き起こす物質である。ホルモンはことばの響きがフェロモンに類似しているが、ホルモンは組織中の分泌腺で生産され、血液中を運ばれて標的器官に到達し、その個体の生理・生化学的諸過程を制御する物質である。

黒クルミの木の下には異種植物が生育しにくいことは2000年前から知られていた。当初はクルミの木の根っこから毒素が出ていると考えられたが、その後クルミの木の葉や果皮の緑色部分からジュグロンという水溶性の黄色物質が放出され、これが木の下でのトマトなどを枯らすことがわかった（図16）。宮崎県や高知県で収穫されたスイカをフェリーで東京や大阪に運ぶとき、同じ船倉に

メロンがあるとスイカはワタのようにフワフワとなる（スイカがボケるとい
う）現象はメロンから放出される植物ホルモンの一種であるエチレンの仕業で
ある。台湾など南の方からバナナを日本へ運ぶとき、青いままで送られてくる。
日本の港についてから人為的に上述のエチレン処理（これをバナチレンと呼
ぶ）が施される。もし船倉内で1個でも突然エチレンを生成するものが出ると、
連鎖反動的に成熟してしまい、港につくまでに熟れすぎて商品価値は低下す
る。ジューロンやエチレンのように植物同士で物質を介して相互に影響を及ぼ
し合う現象もアレロパシーの例である。

高等植物と昆虫におけるアレロパシーの例として“カイコと桑の葉”をとり
上げたい。

ミツバチの話のところで少し触れたが、小さいとき山奥で育った私は、どこ
の家に遊びに行っても薄暗い部屋にカイコ棚があり、カイコが桑の葉に群がっ
てムシャムシャと食べているのをよく見かけた。生糸の生産は明治時代から昭
和20年代まで我国の重要産業で、輸出総額の4割近くを占めた時期もある。養
蚕は生糸の生産以外に、食糧（タンパク質、脂肪、ビタミンB2が豊富）、飼
料（養鶏、養魚）、肥料、薬用としても重宝され、江戸時代には火薬の原料（加
賀硝石）としても重要であった。1世紀ごろのローマでは絹は同一の重量の黄
金と交換されるほど高価であったそうである。養蚕そのものは中国の殷（紀元
前13~11世紀）に始まったというから、その歴史は古い。我国に伝わったのは
紀元1世紀ごろといわれている。話を元に戻すと、カイコは何故桑の葉しか食
べないのかは大昔から不思議に思われていた。これが解明されたのはほんの
二、三十年前なのである。それも日本人の浜村によってである。図17に示した
ように大量の桑の葉をエタノールで抽出し、最終的に3つの部分（画分という）
に分けた。そして誘引テストを繰り返し行い、カイコを誘引する物質（誘引因
子：シトラール）、その後カイコが桑の葉にかみつきたくなる物質（かみつき
因子： β シトステロール、モリン、イソクエルシトリン）、最後にカイコが噛
み砕いた桑の葉をのみこみたくなる物質（のみこみ因子：セルロース）をそれ

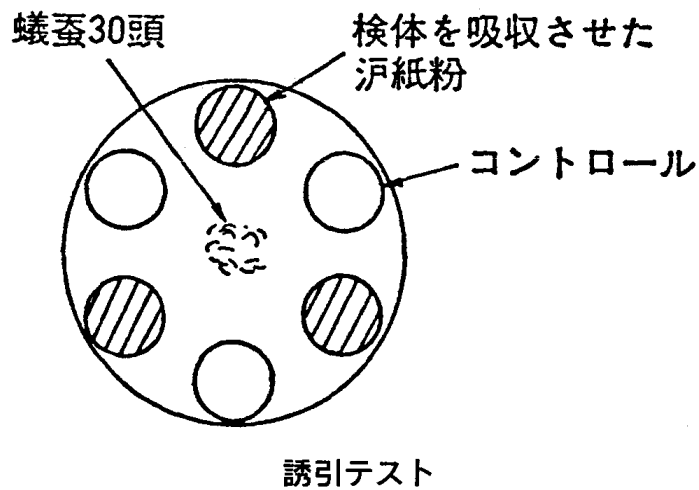
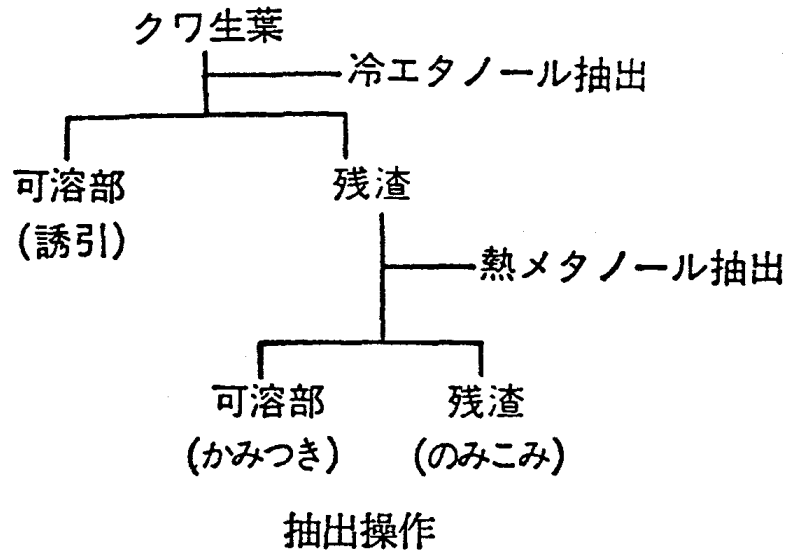


図17 クワの葉から誘引物質の抽出と誘引テスト (原著浜村、1975；古前 恒、1996、化学生態学への招待)

ぞれ単離した。このほか、ショ糖やイノシトールが連続摂食に不可欠であることもわかり、上記の各因子と合わせて人工配合飼料を試作したところ、カイコは桑の葉を食べるのと同じようによく食べた。現在、稚蚕の23%は人工飼料で飼育されているという。桑の葉に誘引物質が含まれているだけでなく、桑の葉はカイコの摂食を阻害する物質が含まれていない唯一のものともいわれている。最近、カイコの二本の感覚毛（味覚器官）を焼き切るとカイコはりんごの

皮でもキャベツのヘタでもバリバリ食べることがわかった。感覚毛が退化した新品種作りも計画されているという。こんなことまでわかってしまうとカイコの奥ゆかしさが損なわれるような気がするのは私だけであろうか。

7. アリの道しるべフェロモン

分業に基づく社会をつくって共同生活をする昆虫を社会性昆虫といい、先にミツバチについて述べたが、もう一つの例としてアリをとり上げる。アリの場合も一匹の女王、多数の働きアリ、そして卵、幼虫、さなぎなどの未成熟個体で社会が成り立っているが、このほかに兵隊アリという階級もある。働きアリは巣の外で食物採集、女王や幼虫へ給餌、卵、幼虫、さなぎの世話などを分担して行う。また、働きアリの仲間同士で食物を与え合う。通常の胃とは別にそのう (Social stomach : 社会胃) という特殊な器官を持っており、食物を貯蔵しておき、必要に応じて吐き出し他の個体に与える。砂糖水に赤インクをたらし、アリの巣の近くに置き、2、3匹のアリに満腹させると、腹が赤くなる。砂糖水を取り除くと巣の中の他のアリの腹も赤くなり、その数が増えていく。口うつしで順繰りに分け与えている (回し飲みのようなものか?) ことがわかる。また、アリゾナの乾燥地に棲むミツツボアリは不安定な食物資源を利用しているため、食糧難に備えて蜜の貯蔵庫役になって天井にぶら下がっているアリもある (図18)。アリの餌探しの仕方も素晴らしい。まず、斥候アリが餌を見つけると巣に戻って仲間を動員する。餌場までの道は仲間の視覚に訴える、道しるべのためのフェロモンを放出する、触覚などによって器械的に刺激して知らせる などの方法をとる。道しるべフェロモンがどのような物質であるかも調べられている。働きアリ3.7kg (100万匹くらいか?) をすりつぶして有機溶媒で抽出し、精製するまでの苦労は並大抵ではなかろう。この物質0.33mgがあれば、このアリが地球を一周するだけの道しるべをつけることができるという。アリは道しるべフェロモンをお尻の近くにあるデュフォー腺から分泌するのであるが、フェロモンのみを地表に分泌しているのではない。まず吸着防止剤ともいべき物質を先に塗り、その後で道しるべフェロモンを分泌する。

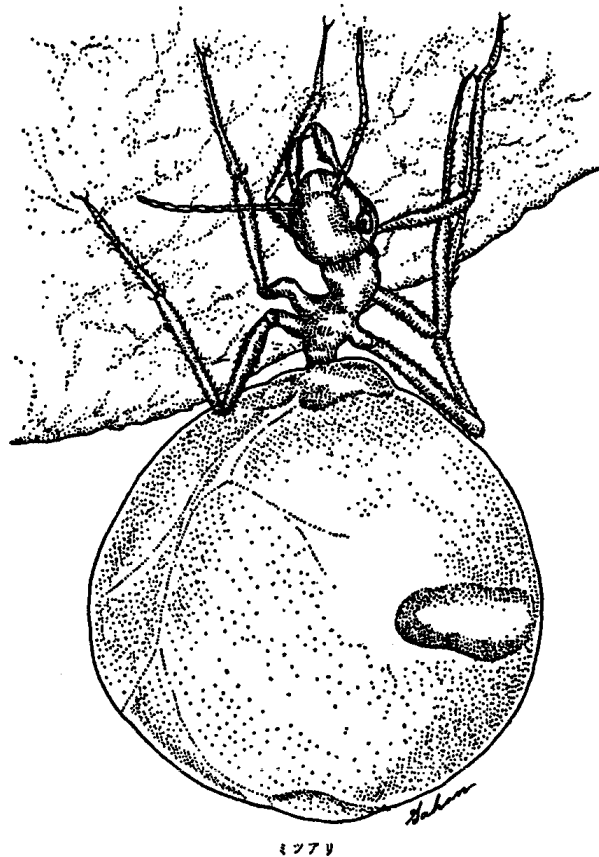


図18 ミツツボアリ (フィリップ・ストリート、高橋景
一他訳、1990、動物のパートナーたち)

吸着防止物質はアリにとって縄張りを明示する物資としての役割もあるらしい。また、道しるべフェロモンは用済みとなれば速やかに消失することが必要である。そうでなければそこら中に道しるべフェロモンがあると、情報が混乱することになる。ウィルソンの実験では図19のように、アリが地面につけたフェロモンは100秒で消失するらしい。地面に引かれたフェロモンの上を辿って餌場に向うとき、アリは触角を上手に使って進む。図20の (a) は左右の触角を交互に使って進んでいる (正常な歩き方)。(b) は左の触角を切り取ってあるので、右の触角のみで進むときこちなくなる。(c) はやや残酷な実験であるが、左右の触角を交差させて接着剤で止めてあるのでアリの歩みはおぼつかない。いずれにしろ、触覚の役割が大きいことがよくわかる。

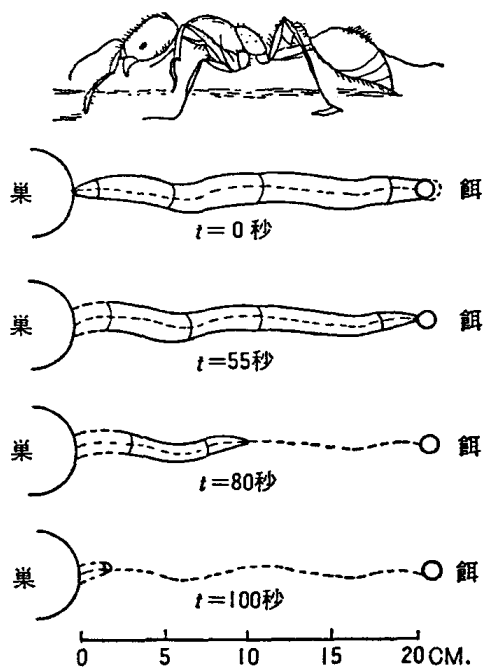


図19 ファイアーアントの道しるべフェロモンの消失過程（原著ウィルソン、1971；古前 恒、1996、化学生態学への招待）

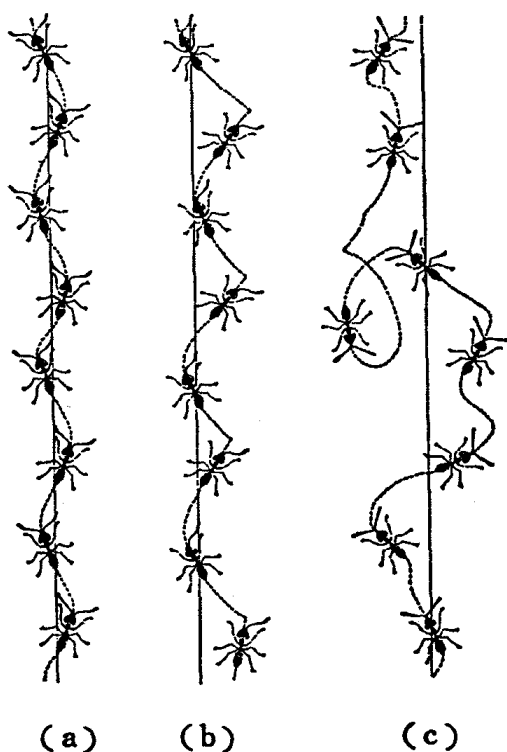


図20 クロクサアリの道しるべフェロモン上の歩き方（原著ウィルソン、1971；古前 恒、1996、化学生態学への招待）

8. ゴキブリさんの愛情表現

昆虫のフェロモンで研究が進んでいるのはゴキブリである。

ある大学で女子学生を対象に「好きな虫と嫌いな虫の名前を挙げなさい」というアンケートをとったところ、好きな虫はテントウムシ、カブトムシ、蝶などがあがり、序列は顕著でなかったそうである。ところが、嫌いな虫ではゴキブリが群を抜いて1位であり、かなりの差がついてハエや蚊が出てくる。神戸女学院大学でも私が授業中に課すミニレポートで調べてみた。上述の結果とほぼ同じで、嫌いな虫は68の回答のうちの丁度半分の34がゴキブリであった。第2位は蚊の9、毛虫の6と続く。本学は春から秋の終わりまで蚊がいる。実験室で蚊取り線香は必需品である。そのせいで蚊は上位なのか。好きな虫では蝶の19がトップ、カブトムシの8、テントウムシの5と続く。少し変わったところではカマキリが好きと答えた学生さんが二人。ゴキブリはなぜこれほど嫌われるのであろう。ゴキブリを研究対象としているひとにすればこんな可愛い虫はいないとおっしゃる。著名な女性のゴキブリ研究者がおられ、自らゴキブリの女王と名乗っておられる。しかし、ゴキブリ野郎とかゴキブリ亭主とか世間一般でのウケは決して良くない。脂ぎった体、トゲのはえた脚（脛?）、長いひげ、糞の悪臭、不潔感、病原体の運び屋などが嫌われる原因である。ゴキブリは個体としての寿命は1～2年であるが、種族としては3億年であり、ヒトがチンパンジーから分かれた450万年前など足元にも及ばない。熱帯や亜熱帯地方が原産で世界中に約3500種がいるが、大半はひっそりと暮らしている。我国にも40種いるが全国的に分布しているのは食堂や喫茶店でよく見かけるチャバネゴキブリ（褐色、1 cm）と一般家庭の台所に出没するクロゴキブリ（黒褐色、3 cm）がポピュラーであり（図21）、ヤマトゴキブリ、ワモンゴキブリも珍しくない。化石も多数あるそうだ。平安時代、ゴキブリは阿久多牟之（あくたむし）と呼ばれていた。あくたは芥、つまりゴミである。そのころからゴミを漁っていたのか。江戸時代になると五器嚙（ごきかぶり）、五器は御器（ふたのついたお椀）であり、これをかじる虫という意味で、ゴキカブリが

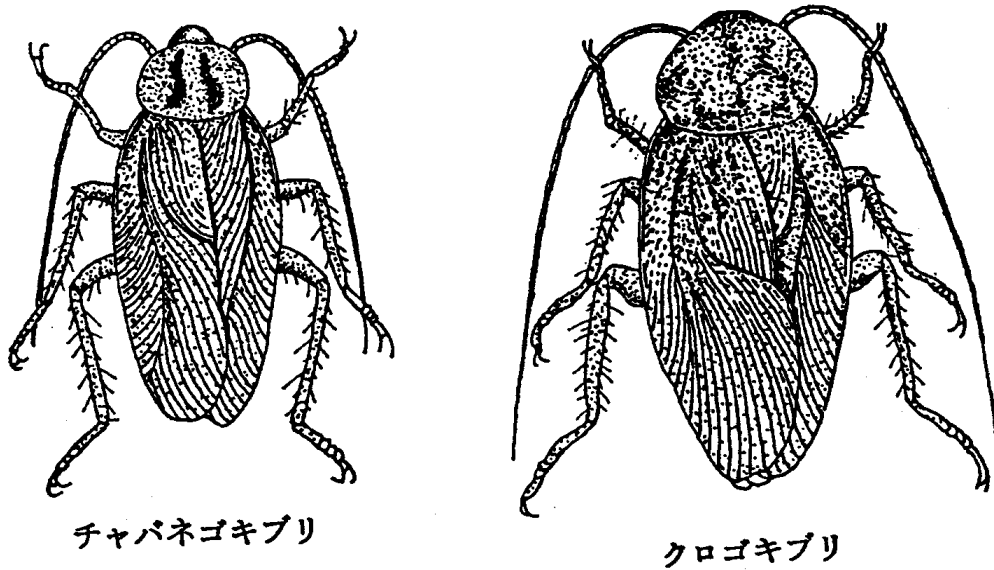


図21 身近なゴキブリの仲間
(古前 恒、1996、化学生態学への招待)

短縮されてゴキブリになったそうである。外国ではそれほど嫌われていないのかもしれない。ラテン系の人たちの愛唱歌で「ラ・クカラチャ」は日本でも良く知られているが、ゴキブリのことである。ゴキブリが一目散に走って逃げていく姿はなんとなく可愛い気もする。ちなみにゴキブリの走力は50cm/秒である。

チャバネゴキブリの配偶行動と性フェロモンについても詳しく調べられている(図22)。オスはメスの分泌する性フェロモンに興奮し、羽をばたつかせながら触角でメスに触れ、雌雄の違いを認知した後、後ろ向きになり羽をいっばいに挙げ、交尾行動へと移っていく。チャバネゴキブリの性フェロモンがメスの触角に2種類存在し、約36,000匹のメスから化合物Aが、226,000匹から化合物Bが抽出、単離されている。メスの触角を有機溶媒(ヘキサンなど)で洗浄するとフェロモンが洗い出され、触角は役に立たなくなるが、その洗浄液をもともと活性がないオスの触角に塗り付けると、このオスの触角に対して他のオスは配偶行動をとるようになる。また、図23に見られるように、メスの触角を切り取って、ガラス棒の先端にくっつけると、オスはガラス棒につけた触

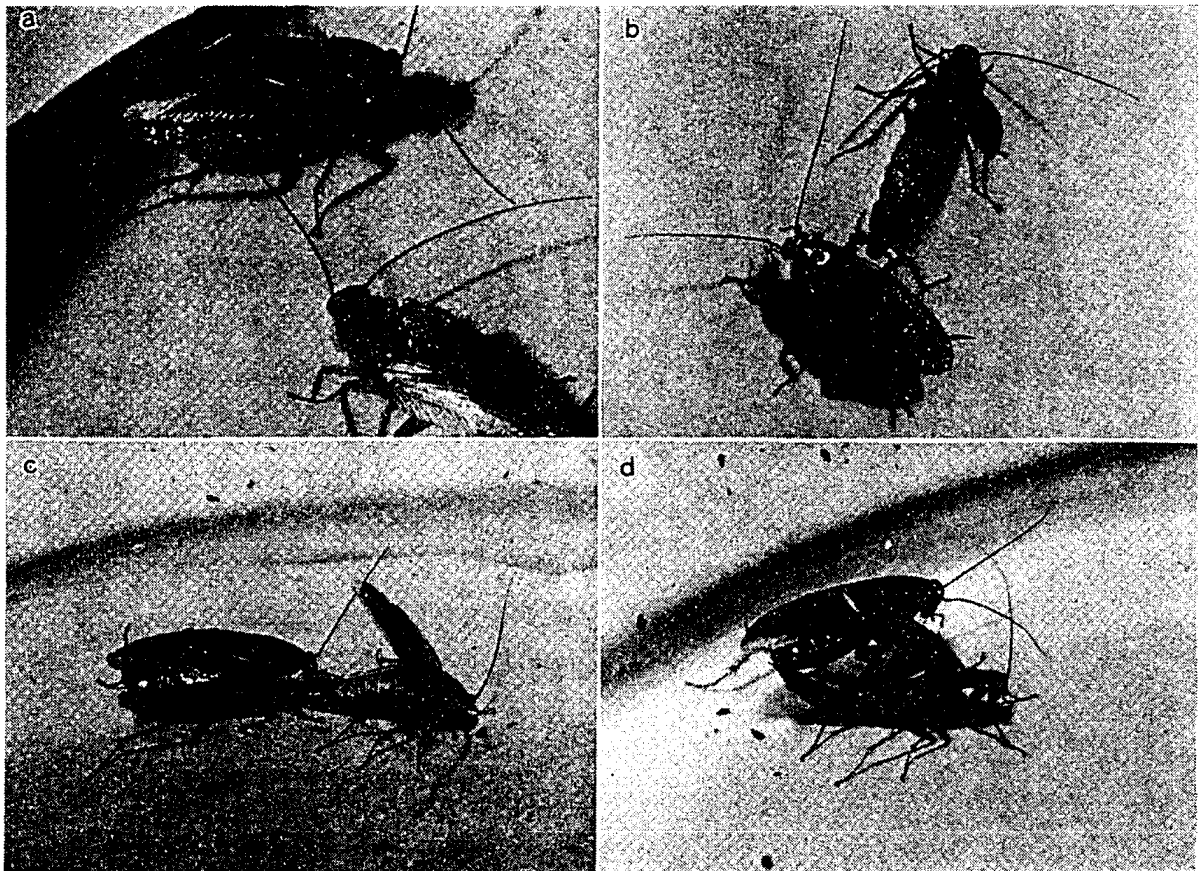


図22 チャバネゴキブリの配偶行動（西田律夫原図）

- (a) 雌雄が出会うと、触角でフェンシングをはじめる。右下が雄。
(b) 雄は突然180°方向を変えて、翅を上げ、背中から分泌液を出す。
(c) 雌は雄の背中中の分泌液をさかんに舐める。
(d) 雄は雌の腹下へすべり込んで、交尾器を把握する。

（深海 浩、1973、化学生態学の展望）

角に向かっていく。

近年、人間同士の相性にもヒトが放出するフェロモンが関わっているなどという話も聞くが、昆虫に限らず、高等動物でも臭気物質が、何らかの情報伝達物質として役立っていることが知られており、ヒトでもそのようなことがあるかもしれない。次の機会にはそのあたりを勉強して成果を披露できれば幸いである。

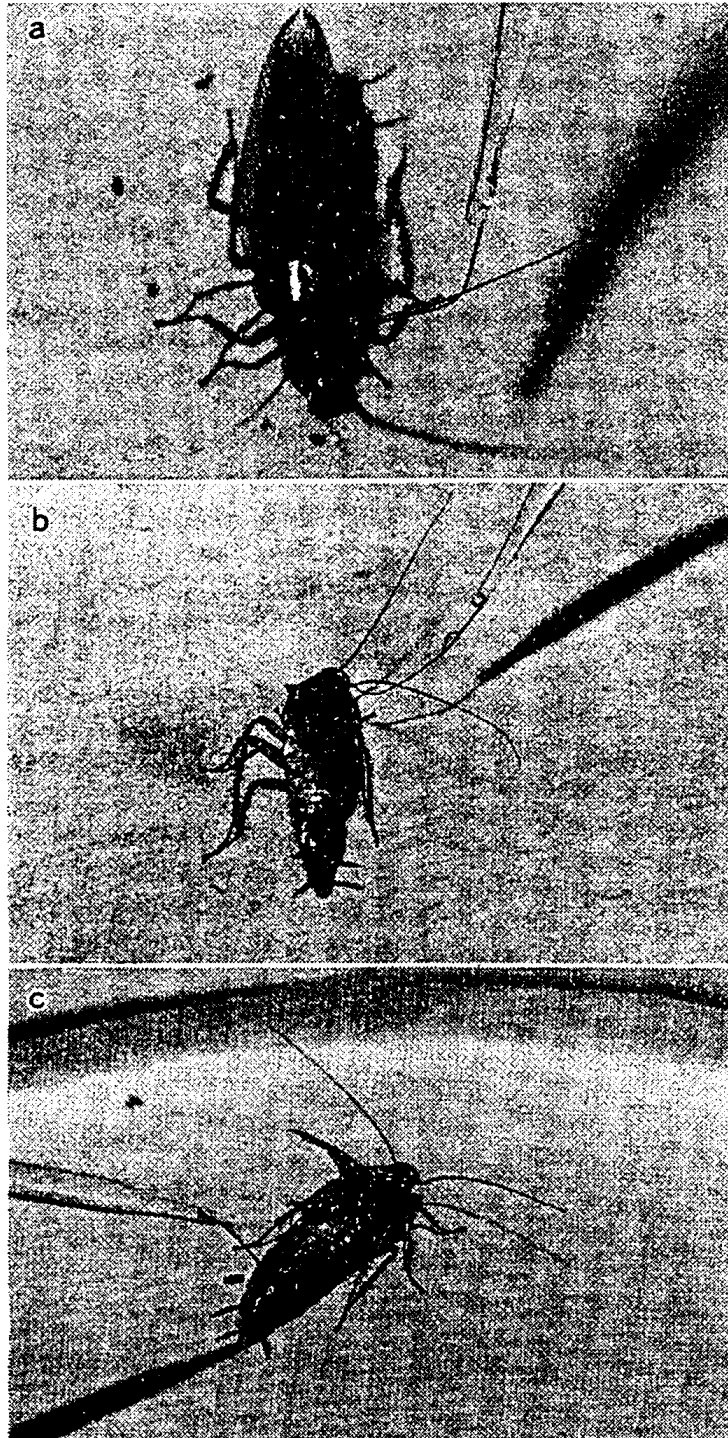


図23 体から切り離してガラス棒につけた雌の触角に対するチャバネゴキブリ雄の行動。(a) 雄は生きている雌に対すると同じようにガラス棒の先端の雌の触角にふれる。(b) 翅を上げながら、方向を変える。(c) 180° 回転して、翅を上げ、背中から分泌液を出し、雌を待つ。しかし、その後むなしく翅をおろし、歩み出す。(深海 浩、1973、化学生態学の展望)

おわりに

賢い動物、偉い動物、驚異的な能力を持つ動物には人間の目がどうしても向いてしまうのは当然かもしれないが、人間の目が届かないところに棲んでいる動物や身近なところに棲んでいてもひっそりと過ごしている動物、あるいは人間が見過ごしてしまっている生き物は多いであろう。それらはひょっとすると予想もしない体のしくみや能力を持っているかもしれない。それに比べると我々は『人間はいかなる生物か』をよく知っているはずである。これだけ知能が進んでいる人間が同じ人間同士それぞれの生き様を何故理解し合うことができなのか。2001年9月のテロ事件以後、このことを感じるひとは少なくないであろう。

本号の特集は『楽しく老いる』がテーマである。私がここでとり上げたのは生き物の不思議さ、素晴らしさの一端である。生き物たちは特別に意識しているかどうかはわからないが、人間の目からするととてつもなく思えることを楽々と日々こなしている。私自身、そのような動物たちの生き様を活字を通して、あるいは直接目でとらえながら『楽しく老いたい』と考えている。

参考文献

(本稿で参考とした文献をセクションごとに発行年順で以下に記した)

アドルフ・ボルトマン (高木正孝訳) : 人間はどこまで動物か、岩波新書(1961)。

日高敏隆編 : 動物行動の意味、東海大学出版会 (1983)。

梅岡義貴、田所作太郎 : 行動科学入門、北樹出版 (1984)。

D. B. ルイス、D. M. ゴウワ (笹川満弘広、笹川平子訳) : 動物たちの情報交換、理工学社刊 (1984)。

ウルリッヒ・クレバー (林 進訳) : 動物のことば入門、どうぶつ社 (1985)。

唐沢幸一 : カラスはどれほど賢いか、中公新書 (1988)。

ドナルド・グリフィン (渡辺政隆訳) : 動物は何を考えているか、どうぶつ社 (1989)。

マリアン・S・ドーキンズ (長野敬他訳) : 動物たちの心の世界、青土社 (1995)。

T. R. ハリデイ、P. J. B. スレイター (浅野俊夫他訳) : 動物コミュニケーション、西村

書店 (1998)。

[1. 天才ザル カンジ]

杉山幸丸：子殺しの行動学、北斗出版 (1980)。

西田利貞：野生チンパンジー観察記、中公新書 (1981)。

木村 賛：サルとヒトと、サイエンス社 (1990)。

立花 隆：サル学の現在、平凡社 (1991)。

松沢哲郎：チンパンジーから見た世界、東京大学出版会 (1991)。

伊藤嘉昭編：動物社会における共同と攻撃、東海大学出版会 (1992)。

スー・サベージランボー (加地永都子訳)：カンジ、NHK 出版 (1993)。

ジェーン・グドール (庄司絵里子訳)：チンパンジーの森へ、地人書館 (1994)。

西田利貞：チンパンジーおもしろ観察記、紀伊国屋書店 (1994)。

松沢哲郎：チンパンジーはちんぱんじん、岩波ジュニア新書 (1995)。

松沢哲郎：おかあさんになったアイ、講談社 (2001)。

[2. トリのさえずり]

別冊サイエンス：動物の行動と社会生物学、日経サイエンス社 (1983)。

青木 清：動物の心をさぐる、岩波書店 (1988)。

田所作太郎・永井伸一：行動生物学の探求、北樹出版 (1989)。

小西正一：小鳥はなぜ歌うのか、岩波新書 (1994)。

K・ローレンツ (大川けい子訳)：ハイイロガンの動物行動学、平凡社 (1996)。

[3. ミツバチのダンス]

カール・フォン・フリッシュ (伊藤智夫訳)：ミツバチの不思議、法政大学出版局 (1986)。

青木 清：動物行動の謎、NHK ブックス (1990)。

P. J. B. スレーター (日高敏隆・百瀬 浩訳)：動物行動学入門、岩波書店 (1994)。

スティーヴン・ハート (平野知美訳)：動物たちはどんな言葉を持つか、三田出版会 (1998)。

[4. クジラのジャンプと歌声]

小川鼎三：鯨の話、中央公論社 (1976)。

原 剛：ザ・クジラ、文真堂 (1983)。

滝谷節雄：鯨のなんでも博物誌、講談社 (1983)。

J・マッキンタイア編 (今泉吉晴他訳)：クジラの心、平凡社 (1983)。

大隈清治：クジラは昔陸を歩いていた、PHP 研究所 (1988)。

H. ホワイトヘッド (サイエンス編集部編)：クジラはなぜ跳躍するか、日経サイエンス社 (1988)。

宮崎信之・粕谷俊雄編：海の哺乳類、サイエンティスト社（1990）。

鳥羽山照夫：イルカの愛、光文社（1994）。

宮崎信之（宮崎信之・粕谷俊雄編）：イルカは1000万年も人間をまっていた、PHP 研究所（1995）。

村上 司・笠松不二男：ここまでわかったイルカとクジラ、講談社（1996）。

赤松友成：イルカはなぜ鳴くのか、文一総合出版（1996）。

[5. コウモリとガの知恵比べ]

マーク・リドゥリー（中牟田潔訳）：新しい動物行動学、蒼樹書房（1988）。

モーリス・バートン（高橋景一訳）：動物の第六感、法政大学出版局（1990）。

永戸豊野：動物たちはこうして会話する、河出書房新社（1996）。

三橋 淳編著：虫を食べる人びと、平凡社（1997）。

[6. カイコは何故桑の葉しか食べないか]

伊藤嘉昭：動物の社会、東海大学出版会（1987）。

E・L・ライス（八巻敏雄他訳）：アレロパシー、学会出版センター（1991）。

古前 恒監修：化学生態学への招待、三共出版（1996）。

[7. アリの道しるべフェロモン]

フィリップ・ストリート（高橋景一他訳）：動物のパートナーたち、法政大学出版局（1990）。

深海 浩：生物たちの不思議な物語、化学同人（1992）。

山岡亮平：アリはなぜ一列に歩くか、大修館書店（1995）。

レイ・ノース（斎藤慎一郎訳）：アリと人間、晶文社（2000）。

[8. ゴキブリさんの愛情表現]

深海 浩（日本化学会編）：昆虫界の化学生態学、化学生態学の展望、化学総説 No. 2、p199、東京大学出版会（1973）。

安富和男：すごい虫のゆかいな戦略、講談社（1998）。

ミシェル・コーディス他（栗原百代訳）：相性のよしあしはフェロモンが決める、草思社（2000）。

Summary

Animal Life and Its Excellence

Shin'ichiro Kawai

The distinction between man and other animals is generally believed to be in the use of language and tool. Is it true? Chimpanzees break off branches, process them to a suitable form and use them to catch white ants. They also use stone implement to strike coconut seeds to pieces. There are many different kinds of ways to communicate with each other in the animal world. In this paper, the author describes interesting and excellent aspects of animal behaviors with special reference to the exchange of information. The animals and topics to be taken up here are as follows: chimpanzees using tools, bird songs and their dialects, dancing honeybees, jumping whale, the echolocation of dolphins and bats, the allelopathie of silkworms and leaves of mulberry trees, and the pheromone of ants and cockroaches.