

Title	昆虫の交尾から見える世界：非勤勉な科学のすゝめ
Sub Title	
Author	上村, 佳孝(Kamimura, Yoshitaka)
Publisher	慶應義塾大学理工学部
Publication year	2017
Jtitle	人間教育講座：社会を知る自分を知る自分を育てる (2017.) ,p.97- 122
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	
Genre	Book
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO50001001-20170000-0097

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

昆虫の交尾から見える世界 ～非勤勉な科学のすゝめ～

慶應義塾大学商学部准教授

上村 佳孝



かみむら・よしとか 一九七六年千葉県生まれ、東京育ち。近所の多摩川で魚やト
ンボを追いまわして育つ。大学受験の頃からハサミムシにハマリ、飼育歴二〇年以
上。東京都立大学（現首都大学東京）理学部生物学科卒業（動物生態学研究室）。同
大学院博士課程単位取得退学。博士（理学）。立正大学地球環境科学部助手、北海道
大学大学院農学研究院助教などを経て、二〇一三年より現職。昆虫の交尾器・繁殖
の進化研究を続けながら、文系学生を対象とした生物学教育に携わる。二〇一二年
度にはマレーシアに一年間留学。著書に『昆虫の交尾は、味わい深い。』（岩波科
学ライブラリー）など。交尾器が雌雄逆転した昆虫「トリカヘチャタテ」の研究で
二〇一七年度イグ・ノーベル賞共同受賞。

はじめに

商学部の上村です。よろしくお願いいたします。

私は昆虫の研究をずっとしております。先ほどコーディネーターの先生方ともお話ししたのですが、この場に呼んでいただきたきっかけは、二〇一七年九月、メスが男性器を持つ虫、ブラジルの洞窟に住んでいるトリカヘチャタテ(図1a)という昆虫の研究でイグノーベル賞をいただいたことです。

最初にお話ししておきたいのは、ネット情報などではいろいろと勘違いされていることがあるんですね。実は、トリカヘチャタテという昆虫自体を新種として発見したという研究ではありません。トリカヘチャタテの仲間四種類が二〇一〇年から二〇一三年にかけてすでに発見・報告されています。こんな虫がいましたよという発見の報告の中で、メスの「お尻」にどうも変なものがついている様子が描かれています。それが本当にペニスのようなものとして機能することを確かめた論文を二〇一四年に出しました (Kazunori Yoshizawa, Rodrigo L. Ferreira, Yoshitaka Kamimura, Charles Lienhard : Female Penis, Male Vagina, and Their Correlated Evolution in a Cave Insect. *Current Biology*, 24(9), 1006-1010, 2014)。

この論文がイグノーベル賞をいただいたのです。この論文は、私の先輩であり友人でもある北海道大学の吉澤和徳さんが中心となつて行なった研究です。第一発見者はブラジルの洞窟研究者のロドリゴ・フレイラ博士です。チャタテムシというマイナーな昆虫のグループを研究しているスイス人のチャールズ・リエンハートもメンバーです。チャールズと吉澤さんはチャタテムシ屋さん、ロドリゴは洞窟屋さんです。そこに、昆虫の交尾器屋さんの私が引つ張り込まれて……というかたちで行なわれた研究です。

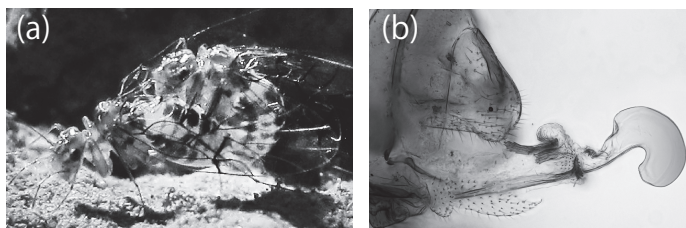


図1 (a) 交尾中のトリカヘチャタテの1種 *Neotrogla curvata* のペア (撮影: ロドリゴ・フェレイラ) と、(b) 同種のメスペニス (撮影: 吉澤和徳)

イグノーベル賞受賞

まず、ご存知ない方にお話ししておきますと、イグノーベル賞というのは一九九一年に創設された賞です。もう四半世紀以上の歴史となりましたが、これはもちろんノーベル賞のパロディです。とはいっても、くだらない研究に与えられる賞ではありません。われわれの名誉のために言っておきますが、そうではなく、人を笑わせて、なおかつ考えさせるような研究に与えられる賞です。例年九月にハーバード大学で授賞式が行なわれ、同時に受賞研究が世界に発表されます。

われわれにも受賞式のお誘いが来たのですが、残念ながら出席できませんでした。というのも、ブラジルのロドリゴたち研究者が日本の洞窟でも『ヤバいムシ』を見つけてみたいと言っていて、ちょうど日本に彼らがやってくるタイミングと重なったんですね。彼らは洞窟が大好きですから、「日本の洞窟調査をとりやめて、授賞式に行くなんてありえないー」と言い出して、結局行けませんでした。彼らがどのぐらい洞窟を好きかというと、洞窟の中でまるでそこがリビングであるかのようにくつろぎ始めちゃうんですね。というわけで、われわれは日本の四国の洞窟でビデオレターを撮り、そのビデオレターだけを授賞式に送りまし

た。このビデオレターが報道などでときどき出てきまして、ご覧の皆さんは「どうして洞窟にいるの？」と思われるようです。

そのビデオレターでは、われわれ三人はものすごく早口の英語でコメントしています。どうしてこんなにあわてて喋っているのかといいますと、主催者のマーク・エイブラハムズが三〇秒でビデオレターを作ってくれと言ってきたからです。受賞者なのに、たった三〇秒しか喋れない。じゃあ、授賞式に参加するともっと長く喋れるのかというと、そんなこともなくて、ハーバード大学の有名なサンダースシアターで行なわれるイグノーベル賞の授賞式では一分間しか喋らせてもらえません。一分を過ぎると、「スウィーティー・プー」という八歳の女の子が出てきて、「飽きちゃった、もうやめて」と叫び続けるんです。一分以上喋ろうと思うと、「スウィーティー・プー」にお菓子などをあげて買収しなくてはいいけない。買収がうまく成立するともう少し喋れる、というシステムになっています。どうして八歳の女の子が出てくるのかというと、人間は八歳の女の子にののしられるのがいちばん精神的にダメージが大きいという昔の研究があるからです（笑）。

そんな授賞式ですから、聞いている側もみんな真面目に聞いていなくて、紙飛行機を投げながら聞いています。この投げられた紙飛行機を誰が掃除しているのかというと、（イグノーベル賞ではなく）ノーベル賞受賞者の先生に掃除していただくことになっています。

この授賞式の参加は自腹です。すべて自分で払わなければならないのです。ということは、賞金が結構もらえるのではないかと思いますよね。賞金は結構いただけるということで、副賞の賞金はなんと一〇兆ドルなんですね。ただ、ドルはドルでも、USドルではなくジンバブエドルです。ジンバブエドル

は超インフレを起こして、二〇一五年で使えなくなっています。そして、二〇一五年のレートで換算してみると、一〇兆ジンバブエドルの価値は日本円で二・五円ぐらいしかありません。

イグ研

ちょっと脇道に逸れますが、よく聞かれるのは、イグノーベル賞を受賞してどうでしたか?ということ。正直、うれしかったです。というのは、前から興味があつたからです。僕は商学部に所属して、商学部では、日吉キャンパスで過ごす1〜2年生のうちから少数数のセミナー形式の授業に少しは慣れておこうということで、そういう授業も受け持っています。過去八年間、僕は少数人数セミナーとしてイグノーベル賞をテーマにした授業「イグノーベル賞研究会」、略して「イグ研」をやっていました。

どうしてイグノーベル賞かというと、イグノーベル賞を受賞した研究というのは誰が読んでもわかりやすい論文が多いんですね。大学に入ったら、テレビニュースやウェブだけではなく、ちゃんと本を読みましよう。もつと言えば、本に書いてある知識の大元である原著論文を、日吉キャンパスにいるうちから一つぐらいは読んでおいてもいいんじゃないかなということで、イグノーベル賞を受賞した研究論文を読んで発表する授業をやっています。

ただ単に論文を読んで発表するだけではあまりおもしろくないので、自分たちでも何か調べようということにしました。過去のイグノーベル賞受賞者の中に、ジョン・トリンカウスさん(二〇〇三年イグ

ノーベル文学賞受賞）がいます。この人は非常にくだらないことをただひたすらたくさん調べたということで、イグノーベル賞をもらったのです。例えば、芽キャベツが嫌いな学生は世間に何割ぐらいいるのか、野球帽のつばを後ろに回してかぶっている若者の割合はどのぐらいなのかなど、そういうくだらないことをひたすら調べていました。この人にあやかうというところで、受講している学生さんに「君たちも何か調べてきなさい」と調べてきてもらいました。

学生さんたちはいろいろなことを調べてきました。例えば「慶應女子高出身者は前髪がないというのは本当か？」というのを調べてきた学生がいました（笑）。こういう発想は僕からは絶対出てこないですね。統計解析をかけると、非常に有意な結果が出ていて、確かに「慶應女子高出身者は前髪がないことが多い」ということがわかりました。

なぜか商学部 of 学生は、理工学部生をいじりたがります。「男子理工学部生がチェックのシャツを着ている割合が高いのではないか？」ということ調べた学生もいます。この結果では、有意な差は見られませんでした。確かに矢上キャンパスのほうがチェックのシャツ率が高いのですが、日吉と比べて有意に高いわけではない。ただし、この研究はちよつと甘いですね。日吉キャンパスには理工学部の学生も混じって歩いていますから、純粋な比較にはなっていないので、この研究はやはり直す必要があるかもしれません。余談はこのくらいにしておきましょう。

生物学的オス・メスの定義

では、メスが男性器を持つ虫、トリカヘチャタテの話に戻ります。日本の報道ではあまり詳しくは書いてくれないので、新聞を読んでも、もやもやが残った方が多いとみえまして、ネット民が戸惑っていました。「メスが男性器を持つ虫と書いてあるけれど、そっちがオスなのではないだろうか」という戸惑いがネット上にあふれていました。考えてみると、そんな気もしますよね。男性器を持っているほうがオスなんじゃないかと。

男性の方に聞きたいのですが、自分はなぜオスと呼ばれるのだと思っていますか。いろいろな答えがあると思いますが、いちばんシンプルに定義すると、どうなるでしょう。自分が持っているいろいろなオスの特徴のうち、どこがいちばん重要だと思えますか。僕の生物の授業を取っている学生さんに聞いても、まず正解は返ってきません。生殖器の形かな、と思う人が多いのですが、魚などを考えてみますと、魚の場合、オスもメスも普通、ペニスのようなものではありません。

実はオス・メスの定義は何かというと、精子を作るのがオス、卵を作るのがメスなのです。有性生殖で子孫を作るときに合体する二つの細胞を「配偶子」と呼んでいます。その小さいほうが精子で、大きいほうを卵と呼びます。精子と卵はそれぞれ子供を作るときの細胞ですが、片方は泳ぐことができて、片方はじつとしていてというように、まったく違うと思われるのかもしれません。ところが、シロアリの精子と卵を比較すると、シロアリの精子はただの丸い細胞であり、卵はただの楕円形の細胞です。こうなってくると、泳ぐとか泳がないとか関係なくなってしまうんですね。

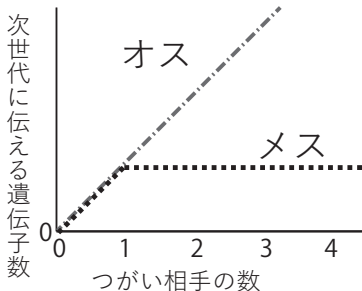


図2 交尾相手数と残す子供の数の一般的な関係。発見者にちなみ、「ベイトマンのルール」と呼ばれている

つまり、生物学の世界では、小さいほうの配偶子を作るのがオスで、大きいほうの配偶子を作るのがメスだと定義されています。オス・メスの定義って、こんなつまらない定義なんですよ。えっ、そうなの、そんなつまらない定義なの？という気がすると思います。オスとメスとはいろいろ違うのですが、実はそのいろいろな違いがこの配偶子の大小から出てきているのです。精子はすごく小さいですから、卵に比べると数をたくさん作ることができますよね。例えばわれわれヒトの場合は、男性だったら一日に数千万個ぐらいの精子を作ることができますが、女性は生涯の間にせいぜい数百個ぐらいしか卵を作りません。人間の場合は妊娠ということがありますが、妊娠のない魚でも、やはりイクラと白子を比べてみれば、精子と卵の数はだいぶ違いますよね。

そうすると、オスの側はたくさん作れるので、数多くのメスに精子を渡すことができます。一方、メスの側はオス一匹から精子がたんまりもらえればそれで十分だということになるので、交尾相手の数と自分が残す子供の数をグラフにすると、その形はオスとメスでまったく変わってくるんですね(図2)。有性生殖をしているのであれば、オスもメスも交尾相手が一匹は必要なのですが、メスはそれ以上交尾相手が増えても、通常子供の数は増えていきません。それに対して、オスは正比例的に増えていくという関係が予測されます。昔々ある国の王様が何百人と子供を残しました、というのは、お妃さまがたくさん

れば生物学的には不可能ではありません。しかし、昔々ある国のお姫様がたくさんの王子様と結婚して千人ぐらいの子供を残しました、というようなことはありません。

そうすると、何が変わってくるかというと、オスの側が交尾に積極的で、メスをめぐって争いあう側の性になってくるし、逆にメスはたくさんのオスが言い寄ってくるので、交尾に対してより消極的で、オスを厳しく吟味する側の性になる。そういう違いが現われてきます。

そうすると当然、オスとメスのさまざまな違いにつながっていきます。例えば動物を見ると、オスにだけメスをめぐって争うための武器があったり、あるいはメスに見せびらかすために、オスだけがやたらきれいだったり、派手だったりする、そういう違いがあります。これを「性的二型」といいますが、こういう違いがいろいろと出てきます。

では、理工学部生のチェックのシャツの率はというと、男子と女子の間ではあまり違いはなさそうです。しかし、スターバックスで新作フラペチーノを頼むか頼まないかになると、男女の差は顕著に出てきまして、圧倒的に女性のほうが新作フラペチーノを頼んでいたります。こういう物の考え方の違いや食べ物の好みの違いなど、いろいろな違いが男女であるのですが、それをずっとたどっていくと、精子は小さい、卵は大きい、というところまでたどっていくので、進化生物学の理論は強力だと思っています。

それは僕が研究している昆虫でも同じで、例えばカブトムシでは、オスだけがツノを持っていて、メスをめぐってケンカをします。カブトムシが交尾しようとするところを観察すると、メスは嫌がって、オスを蹴っ飛ばしまくるんです。一般的に、オスが交尾しようとしても、メスが嫌がることが多くて、僕たちはこれを「性的対立」という言葉で表わしています。要するに、交尾をめぐってオスとメスの利

害はなかなか一致しないわけですね。世間一般には、二つの性で子孫を残す有性生殖では、二つの性が協調してハーモニーで子供を残すというイメージがあるかもしれませんが、僕らの理解はそうではなくて、雌雄の利害対立の妥協の産物として子供が生まれてくる……そういう理解をしています。

トリカヘチャタテの交尾

では、トリカヘチャタテはどうなっているのか。メスに男性器がある昆虫というのがトリカヘチャタテです。トリカヘチャタテの場合、メスが上に乗って、オスが下になって交尾するのですが、メスの「お尻」の先に変な形をしたものが付いていて、その周囲にトゲがたくさん生えています（図1b）。交尾している最中のその部分を顕微鏡で拡大すると、メスの変なかたちをしたペニスが実際にオスに挿入されているように見ることができます。

ちなみに、どうやって観察しているのかというと、実はブラジルから国外に生きた生き物を持ち出すのはほぼ不可能なので、共同研究者のロドリゴがブラジルの洞窟の中でお湯を沸かして、その熱湯で交尾中のトリカヘチャタテを固定し、その固定されたトリカヘチャタテが日本に送られてきて、こうして観察しているというわけです。

生物学的な定義からみると、下がオスで、上がメスです。オスからメスに精子を渡すのですが、そのときに精子だけでなく、栄養になるような物質もたくさんあげている様子が観察されました。その結果、メスのお腹の中には「精包」というビール瓶みたいなものができるんですね。結構大きなかまりとし

て、精子と栄養物質がボーンとメスに渡されるという昆虫です。

実際にこの虫に会いに、二〇一六年三月、吉澤さんと僕もブラジルの現地に行ってきました。ロドリゴがいるのは、小さなきれいな坂の町ラブラスの、ラブラス連邦大学です。この大学を訪問すると、ロドリゴのもとで学んでいる学生さんたちがたくさん出迎えてくれました。お土産のお菓子を持っていけば、どこの国でも学生さんたちはわらわらと出てくる感じですが、意外と女性の学生さんが多くいました。洞窟に入ると虫ばかりいるのに、意外と女性の学生さんが多いんですね。

ラブラスからトリカヘチャタテが住んでいる洞窟のある場所まではすごく遠くて、長い距離をドライブしていくことになりました。たいして舗装もされていない道を三千キロメートルほどひたすらドライブして、トリカヘチャタテに会いに行ってきました。たどりついた洞窟には、古代の壁画が残っていました。壁画がきれいに残っているということは何を意味しているかという、非常に乾いた環境だということです。日本の湿潤な環境だとなかなかそんなふうには残りません。非常に乾いた環境の場所ですから、ほとんど食べる物がありません。ここの生態系は何に依存しているかという、例えばコウモリのように、昼間のうただけ洞窟をめぐらに使う動物の糞などです。ですから、非常に栄養にも乏しい環境だと考えられます。

ちなみにどういいうコウモリがいるかというと、バンパイアバットです。吸血コウモリです。そういうのをロドリゴはみんな後から言うんですね。「さっきのは血吸いコウモリだったよ」「さっき歩いていたクモは猛毒だから絶対に触るなよ」とかいいうように。そういうことは先に言ってほしいです（笑）。

というわけで、まだこれから検証していかなければならない仮説なのですが、一般論としては、こう

いうことがいえると思います。精子は小さいからたくさん作れる。たくさん作れば、オスは子供をたくさん残せるということだったのですが、たつぷりと栄養のプレゼントをあげるということになる状況が変わってくるわけですね。精子自体はたくさん作れるかもしれないけれど、プレゼントの準備の時間も考えると、そうそう次々とメスと交尾ができなくなってくる。また、プレゼントの存在があると、メスの側の状況も変わってきます。メスは通常、一回交尾をすれば十分ということだったのですが、たくさんのおスと交尾すればするほど、卵を作るための栄養がもらえるととなると、先ほどのグラフ（図2）のとおりにはいかなくなります

そういつたことがあつて、オスとメスの交尾に対する積極性が逆転して、トリカヘチャタテというものが生まれたのではないかと考えていますが、これはまだ仮説の段階でして、今後調べていく必要があります。

四種類のトリカヘチャタテ

先ほど少し触れましたが、日本のトリカヘチャタテに関する報道で、ちゃんと伝わっていないと思われるところがあります。トリカヘチャタテ（属名：Neotrigla）というのは一種類ではないということです。実は、以下の四種類が報告されています。

・ *N. aurora* Lienhard

・ *N. brasiliensis* Lienhard

・ *N. curvata* Lienhard & Ferreira

・ *N. truncata* Lienhard

外形的には、みな3ミリメートルぐらいの小さな昆虫です。

チャタテムシ自体は日本にもいます。例えば、家の中でお米やお菓子などを保管しておいたときに、古くなってカビが生えたりすると、いつの間にか小さな虫が湧いていることがあるのですが、それは結構な確率でチャタテムシの仲間です。多くのチャタテムシは野外で枯葉についたカビなどを食べてひっそりと生きています。

ブラジルに棲むトリカヘチャタテというのは、上記の四種類がいるわけです。外見はみな何の変哲もない虫なのですが、メスのペニスの形を見ると、種ごとに結構違った形をしているんですね。*N. curvata* という種類のはグイーンと曲がった変な形をしています。他の種類の場合は本体の部分がほぼまっすぐです。トゲがたくさんある種と、トゲがまったくないシンプルな種など、いろいろな形をしています。

じゃあ、オス側はどうなっているのかというと、実はオス交尾器はシンプルな構造で、ほとんど何もありません。それでも、メスが持っているトゲを収めるようなフニャフニャの膜質のポーチみたいなものがあるんですね。ビニール袋みたいなへこみがついていると思ってくればいいと思います。これが、四種類の間でみごとに対応していて、メスのペニスの先端が曲がっている種の場合には、オスの射精管の先端の部分も曲がっています。メスがトゲを持っている種では、オスの側にもそのトゲを収めるようなポーチがあるということで、非常によく対応していて、オスの交尾器とメスの交尾器が共進化してい

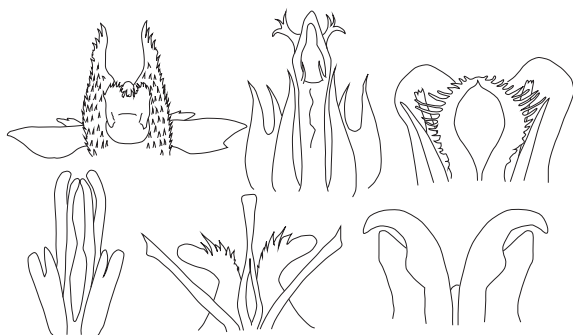


図3 *Drosophila* 属に属するショウジョウバエ各種のオス交尾器

る状況がわかります。

交尾器で見分ける昆虫の種類

僕がこのトリカヘチャタテの研究に参加しないかと誘われたのは、もともと別の昆虫でこの手の研究をしていたからなのです。

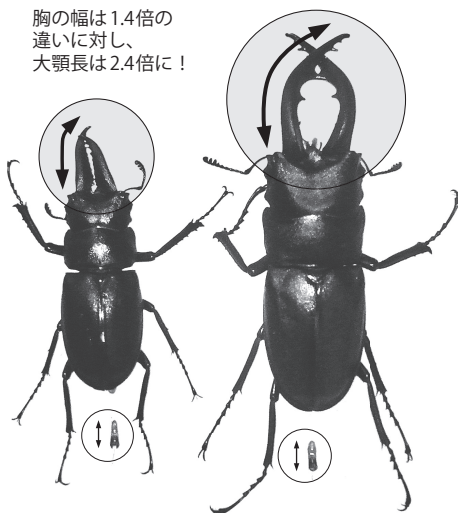
例えばショウジョウバエという昆虫がいます。これは夏場、ブドウやスイカの皮など食べ終わったものを台所の隅などに放っておくと、いつの間にかコバエが寄ってきますが、そのコバエの間が多くの場合、ショウジョウバエです。遺伝学の材料としてもよく研究に使われているので、高校の教科書などで名前を聞いたことがあるかもしれません。このショウジョウバエ、実はものすごくたくさん種類がいて、日本だけでも二〇〇種類ぐらいます。

ただ、このショウジョウバエの仲間は、多少色が違ったりしてはいるけれども、形はほとんどみな同じです。外見はほとんど似たような形で、よく昆虫学者は見分けられるな、と思うかもしれません。外見はみな同じようなハエなのですが、実は交尾器の形を見ると全然違って、それぞれいろいろな形をしているんです（図3）。意外に思われるかもしれませんが、昆虫学者が昆虫の名前を調べるときには交尾器を見ることは欠かせ

るので、名前を調べる時には非常に重宝されているわけです。

ということ、実は、種類が違くと、交尾器の形は全然違うけれども、同じ種類では形が安定してい

胸の幅は1.4倍の
違いに対し、
大顎長は2.4倍に！



しかし、交尾器長には1.05倍の違いしかない

図4 ノコギリクワガタの2匹のオスの大顎と交尾器の長さ。
上村佳孝：『昆虫の交尾は、味わい深い…。』（岩波サイ
エンスライブラリー、2017）より

ない行為です。交尾器を見ないと、名前がわからないということが非常によくあります。

今、種類が違くと、交尾器の形が違うというお話をしました。が、じゃあ、同じ種類の中ではどうかというと、こんどは逆に交尾器は安定しているんです。例えばノコギリクワガタの場合は、幼虫のときにどれだけたくさん餌を食べたかで、体のサイズも変わってきますよね。特に大顎の大きさなどは大きく変わります。ところが、交尾器の形というのは、体のサイズは変わっても、ほとんど変わらずに安定しています（図4）。

なぜオス・メスの交尾器が噛み合うのか？

では、それはどうしてなのか、という疑問が湧いてきます。

先ほどトリカヘチャタテの例を挙げましたが、シヨウジヨウバエもよく観察してみると、オスの側の交尾器の形はいろいろ違っていて、それに対応してメスの側もやはり少しずつ違ってきます。例えば、鋭いトゲがオス交尾器にある種類の場合は、それを受け止めるためのポケットがメスの側にもあって、交尾が終わった後に、刺されたポケットの部分に傷が付いていたりします。オスの交尾器とメスの交尾器の形は対応して進化しているということです。

じゃあ、なぜオスとメスの交尾器はうまく噛み合うんだろうか。そういう疑問が出てきます。ちょっとここからややこしい話になるかもしれませんが、少しでも自分自身の研究を紹介させてもらいたいと思います。

オスとメスの交尾器の形がうまく噛み合うように進化してきた理由について、いくつかの仮説が提唱されています。そのひとつが「鍵と鍵穴仮説」です。違った種類の生き物の間で交尾をしても、その子供はうまく育たない可能性が高いわけなんです。子供がそもそも生まれてこない、あるいは生まれてきても子供に繁殖能力がないという可能性が高いです。そんな無駄な種間交尾を避けるために、オスとメスの交尾器はきれいに鍵と鍵穴のように噛み合うような形に進化するのだろうという考え方です。これは非常にわかりやすい考え方なのですが、実はこの仮説を支持するような証拠はあまりありません。

僕も気になったので、この仮説について調べてみました。ヤクバシヨウジヨウバエとサントメアシヨ

ウジヨウバエという、かなり近縁な二種類のアフリカのハエを使いました。ヤクバシヨウジヨウバエという種類は中央アフリカに広く分布していますが、サントメアのほうはアフリカ西海岸のサントメ島の標高の高いところにだけ棲んでいます。この二種類のハエにはどういう違いがあるのかというと、ヤクバのオスの交尾器には鋭いトゲが二本ありますが、サントメアのほうにはトゲがなくて、コブ程度のものしかありません。精子が出て行く穴の付近にトゲがあるかトゲがないか、そういう違いです。じゃあ、メスの側はどうかといいますと、サントメアのほうはポケットがないのですが、ヤクバのほうはトゲを受け止めるポケットのようなものが付いています。やはりここでもオスとメスの交尾器の形は対応して進化しているということです。

じゃあ、この対応が崩れたらどうなるのだろうか。サントメアのオスとヤクバのメスを掛け合わせたところ、交尾がうまくいかなくて、すぐにスポンと外れてしまうことが多いんですね。なかなか交尾が成立しませんでした。

逆に、ヤクバのオスとサントメアのメスの場合はどうなるのだろうかと調べてみました。普通だったらオスがピヨンと飛び降りて、交尾が終わるはずなのですが、この種間交尾の場合はなかなか外れなくて、すぐくもがいて、やっと取れるということが多くなります。

これはいったい何が起きているのだろうか。きっと、ポケットがないのにトゲで刺してしまったから、トゲで刺さった部分が抜けなくなってしまったのかなと思っていたのですが、そうではありませんでした。交尾中の二匹を液体窒素で固定して観察してみたところ、サントメアのメスにヤクバのオスを掛け合わせた場合は、精子をメスに渡すための管が、メスの中にちゃんと入っていないんですね。メス

の体の外に完全に飛び出てしまっています。オスとメスが「ストラグル」は、長い場合には一時間以上続きます。ストラグルが起きた場合には、メスの中に精子が入っています。ストラグルなしで、普通にオスがピョンと飛び降りた場合は、ちゃんと精子が入っています。要するに、精子がうまく入らない場合にストラグルが起きているらしい。後で気がついたのですが、ストラグルが起きているときは必ず、オスカメスの体に白い固まりが付いているんですよ。皆さん、おわかりだと思いますが、これはオスが出した精液がすぐ乾燥して固まってしまい、それがオスとメスをノリのようにくっつけてしまった。それで、もがいているということになります。

ややこしいので、細かい点は端折りますけれど、別の研究者が以前調べていたときに、サントメアのメスにヤクバのオスを掛け合わせた場合に、寿命が非常に短くなってしまうことが発見されています。その原因はよくわかっていなかったのですが、ひよつとしたら、ストラグルでヘトヘトになることが原因としてあるのかもしれない、と思っています。

というわけで、先ほどオスとメスの交尾器の形が対応しているのはなぜかという疑問に対して、鍵と鍵穴仮説を紹介しました。要するに、オスとメスの交尾器の形がうまく噛み合わないことによって、無駄な種間交尾を避けることができるという説だったのですが、これは成り立っていないわけですよ。無駄な種間交尾を避けるどころか、無駄な種間交尾が起きたときに、噛み合わせが悪いことによって、余計にヘトヘトになってしまう。そういうことが起きています。

では、他にどのような説明があるのかというと、「精子競争」、「Cryptic female choice」、「交尾をめぐる性的対立」などいくつかの説があります。ちょっとだけ、お話ししましょう。

先ほど紹介したように、オスはメスが望む以上に交尾を強要する場合があります。それに対してメスはそんなに多くは交尾をしたくないので、交尾のコストを避けるために抵抗する場合がありますね。オスが交尾をしようとする。メスがそれに抵抗することによって、オス・メスの交尾器の進化が起きているのではないかというのが、「性的対立」の考え方です。

ところが、そういうことをやっている、メスの抵抗を乗り越えられるオスだけが子孫を残していくことになるわけです。メスが抵抗したときに、乗り越えたオスの性質がその息子に伝わりますから、その息子がまた活躍して、メスから見えてたくさんの孫を持つことにつながります。実は、メスが抵抗すると、遺伝的に優れたオスと交尾するという利益が生まれてきてしまうわけです (Cryptic female choice)。

実は、この二つの仮説 (性的対立と Cryptic female choice) を見分けるのは非常に難しいのです。オスが交尾を挑んだときに、メスが抵抗するというのが、コストを避けるためのものなのか、それとも優れたオスを選ぶためのものなのか、非常に見分けるのが難しいのですが、研究者の中には、シヨウジョウバエのメスの交尾器に見られるような小さいポケットは、コストを避けるためのものではなさそうだと、という人もいます。自分は、それは果たして本当かなと思ったので、こんな実験をしました。

オスの交尾器のほうに蛍光ビーズを塗って置いて、メスと交尾させるんですね。もしも交尾したときに、メスの「お尻」に傷がつくと、その傷口のかさぶたの中に蛍光ビーズがトラップされて、傷がついたことを確認できます。この方法で、先ほどのヤクバとサントメアで実験してみたところ、ヤクバのメスは、ヤクバのオスと交尾した場合よりも、サントメアのオスと交尾したときのほうが傷がついている。また、サントメアのメスも、同じ種類のオスと交尾したときよりも、別の種類のオスと交尾したと

きのほうが傷がついているという結果が出ました。もちろんヤクバのオスはトゲを持っていますから、そのトゲで傷がついているわけです。自分でも意外だったのは、サントメアのオスとヤクバのメスの結果です。サントメアのオスはトゲというほどのものを持ってないんです。それでもやはりオス・メスの交尾器の噛み合わせが悪い、形のフィットが悪いと、より高い頻度で傷がついています。こういったことから、非常に小さなポケットかもしれないかもしれませんが、オスの交尾器とうまくフィットすることで、メスが受ける被害を小さくできるんじゃないかなと考えています。「小さいポケットだから、コストとは関係ないよ」とは一概には言えないのではないかなと思っています。

この手の話にご興味を持ってくださった方は、拙著『昆虫の交尾は、味わい深い…』(岩波科学ライブラリー)も読んでいただければありがたいな、と思います。

シンプルな実験で研究をする理由

こういったかたちでオスとメスの間で進化がどのように起きているのか、興味をもつて調べています。ですが、基本的には今紹介させていただいたような研究をしているので、「お前のやっていることは原始的だな」と思われるかもしれません。

昆虫のオス・メスに興味をもっている研究者は世界中に結構たくさんいます。例えば、あるアメンボの研究を紹介しましょう。このアメンボ (*Rheumatobates rileyi*) のオスの触角は厳つい形をしていて、メスの触角はスマートな形をしています。交尾のときに、オスは触角でメスの複眼のところを押さえ込

んで、嫌がるメスを捕まえて交尾するアメンボの種類なのです。このアメンボのオスの変な形の触角が果たして本当に重要なのかということで、キーラ博士らはオスのアメンボの触角を作るときに働いているデイスタルレス (distal-less; dll) という遺伝子の働きを阻害して、交尾させてみるという実験を行いました。さまざまな程度に阻害すると、オスの触角の形がちよつとずつ変わってきて、だんだんとトゲの発達具合が悪くなっています。そうすると、確かにメスとの交尾が成功しなくなっていく、という研究です。

こういう遺伝子の働きを変えるような実験は、僕はやっていません。これに比べると、僕の実験は非常に原始的なことばかりやっているのですが、ただ、では遺伝子でやればなんでもわかるのかというと、多分そんなことはないだろうと思っっているのです。コ・オプション (co-option) という言葉があります。僕たち生物の体は限られた数の遺伝子を使いまわして、体を作っています。このデイスタルレスという遺伝子は、もともと昆虫の脚などを作るのによく使われている遺伝子です。実は昆虫の触角というのは、昆虫の頭に生えた脚みたいなもので、そういう意味では使いまわしというほどのものでもなく、同じ遺伝子が働いているのは当然かもしれません。例えばホタルの脚にしても、やはりデイスタルレスという遺伝子の働きを阻害すると、フニャフニャになってしまいます。

ということはどういうことかという、実は先ほどの研究でも、デイスタルレスという遺伝子を阻害した場合は、触角だけでなく脚にも影響があるはずなんです。そういった目でもう一度結果を見てみると、触角だけでなく、前脚の色もだいたい薄くなっています。そうすると、交尾がうまくできなくなったことが、果たして触角が使えなくなったことの影響なのか、脚が悪くなってうまく泳げなくなったこ

との影響なのか、わからなくなっています。

ですから、必ずしも遺伝子を操作すれば、何かがわかるというわけでもないわけです。この研究にしても、例えば単純にカッターナイフで触角を切った場合と前脚を切った場合で、やっぱり触角を切った場合のほうが影響が大きかったよ、という実験も追加してくれると、納得できるわけです。

そういったこともあって、僕自身はなるべくシンプルな実験で研究をしています。

非勤勉な科学のすゝめ

今回、講演タイトルに「非勤勉な科学のすゝめ」とちょっと不穏な副題をつけさせていただきました。僕が思っていることを理解いただくためにご紹介させていただきたいのが、アンドレ・ガイム氏です。オランダ人の物理学者で、マンチェスター大学の教授です。もちろん僕は面識はありません。どうして彼を紹介したいかというと、この人はイグノーベル賞とノーベル賞の両方を受賞している唯一の人物だからです。

イグノーベル賞は何で受賞しているのかというと、すごく強力な磁場を発生させると、イチゴも浮かべば、カエルも浮かぶ、なんでも浮かぶという研究です。僕も詳しくないので間違えているかもしれませんが、すごく強力な磁場を加えると、反磁性という性質によって、たいいていの物体は浮かぶことを示した研究です。イグノーベル賞は二〇〇〇年に受賞しています。

その一〇年後に、彼はノーベル物理学賞を受賞しています。グラフェンという物質に関する研究で

ノーベル賞をとっています。グラフエンとは、炭素がきれいに薄い一枚のシートで並んだ状態のもののこと。軽いし、丈夫だし、夢の素材といわれていたらしいのですが、研究しようにもなかなか作るのが難しかったという物質です。アンドレさんは、この物質を作るために何を使って研究したかというところ、鉛筆とスコッチテープです。鉛筆のような黒鉛に、スコッチテープをベタベタしてからはがすと、きれいに分子のシートがはがれてくる。これが、今まで作ることや研究することが難しかったグラフエンの研究にブレイクスルーを起こしたということです。

これ、すごいですよね。鉛筆とセロハンテープでノーベル賞まで結びついたわけですから。でも僕がそれ以上にすごいと思うのは、アンドレさんの専門というのはまたちょっと別のところにあるらしくて、イグノーベル賞のカエルを浮かす実験も、グラフエンの研究も、どちらもサイドワーク的なものから生まれたらしいということです。彼はこれを“Friday night experiments”と呼んでいるらしく、要するに自分の専門の研究ばかりやっているのではなくて、毎週少し空いている時間を用意して、思いついたやうなくだらない実験をいろいろやってみているらしいのです。別に毎週金曜の夜にやるというわけではないらしいですね。カエルを空中浮遊させるというのも、グラフエンを鉛筆とセロハンテープで作っちゃうというのも、そういういたずらの実験から生まれた研究であって、それらがイグノーベル賞やノーベル賞をとっているわけです。

こういうのを見ていると、思うことがあります。湯川先生のノーベル賞もそうなのですが、これまでの日本の科学ではコツコツとひとつの道を努力していくことが重要視されて、あちこちに手を伸ばしたり、いたずらしたりすることに関してはあまり奨励されていないところがあるのかもしれない。そ

うすると、なかなか難しい部分が出てくるわけですね。生物学もビッグサイエンスになってきましたので、お金があつたり、マンパワーがあつたり、スペースがあつたり、そういうものが充実しているところほど有利になっていきます。今、日本の基礎科学研究に投資されるお金が少なくなっていることが話題になっていますが、例えば僕のところには卒研生もいませんし、時間もそんなにたくさんはないし、研究室も狭いし、お金もあまりないという状況で研究しているわけです。そういった状態でも何かおもしろい研究をやるうと思うと、何か新しいアイディアをもって、もっといろいろな分野を横断したり、融合させていくのが重要なのではないかな、と思います。

僕としては、これからは「おもしろいと思うこと」役に立つ」と考えられるような時代になりつつあるのではないかなと思っています。実は二〇一七年のイグノーベル賞の発表の日には北朝鮮からミサイルが飛びました。「北朝鮮からミサイルが飛んだ」というニュースと一緒に、「日本人がイグノーベル賞を受賞。メスにペニスがある昆虫」というニュースが報道されて、世の中から叩かれるのではないかなと一瞬ヒヤヒヤしたのですが、意外と皆さん好意的に認めてくださいました。そういう温かい受け止め方をしていただけたということは、日本がまだ豊かな証拠だと受け取りました。おもしろいことをやっているということが、日本の科学の良いた支えになるような部分があるのではないかなと思っております。

今日お話を聞いていただいていたと思うのですが、今回いただいたイグノーベル賞は宝くじに当たったようなものです。先ほどのアンドレさんのように、自分たちの研究として何か変なことをやったのではなく、見つけた昆虫自身がおもしろかったというところではいたっているようなところがあり

ますので、できれば次回はもっと「あいつの研究自体がおもしろいな」というような形で受賞できるような研究ができればいいなと思っています。

ありがとうございました。