

ダーウィン・クジャクの羽・花粉

京極大助（兵庫県立人と自然の博物館 研究員）

「人間の由来と性淘汰」出版 150 年

2021 年はチャールズ・ダーウィンが「人間の由来と性淘汰（原題：The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex）」という生物学の歴史に残る名著を出版してからちょうど 150 年の節目の年でした（Darwin 1871）。しかしダーウィンの別の著作「種の起源」（Darwin 1859）に比べると、「人間の由来と性淘汰」は一般にあまり認知されていないようです。そこで本稿では「人間の由来と性淘汰」の学術的な意義と、ダーウィンを源流とする研究の今日の姿の一部をご紹介します。

自然選択

生物の姿・形が時代とともに変化するらしいこと、すなわち進化が起きるらしいことは、19 世紀ごろにはある程度科学者たちの間で認識されていました。問題は、進化が起きる原因が分からない点にありました。20 代のころにイギリス海軍の測量船に乗り込み世界を旅したダーウィンは、多様な生物を目の当たりにしたことにより生物進化に興味を持ちます。そして 1859 年に「種の起源」を出版し、生物進化が起きる仕組みを指摘しました。ダーウィンの指摘はその後さまざまな検証にさらされ、その正しさが確認されています。

ダーウィンの指摘は、要約すると次のような内容です。まず、同じ種に属する個体の間には性質に差異が見られます。例えばウサギの中にも足の速いウサギと足の遅いウサギがいる、といった具合です（図 1）。このように個体間の性質に差が見られることを「変異がある」と言います。次に、こうした変異の中には個体の生存に有利に働いたり不利に働いたりするものがあります。例えば足の速いウサギは捕食者から逃れやすく、それゆえに足の遅いウサギよりも生き残りやすい、といったことが考えられます。若いうちに死んでしまえば繁殖できないので、生き残りやすい性質を持った個体ほど子孫を残しやすいこととなります。このように、個体の性質によって子孫の残しやすさが影響されることを「選択がかかる」と言います。最後に、個体の性質の違い（変異）は多くの場合に、多少なりとも遺伝します。足の速いウサギの子は、（個体差はあれども）平均的に見れば足が速いだろう、ということです。そして変異と選択と遺伝の 3 つがそろって、世代を経るうちに生存に有利な性質が集団中に自動的に広がっていくこととなります（図 1）。これがダーウィンの指摘した自然選択（自然淘汰とも）による進化です。

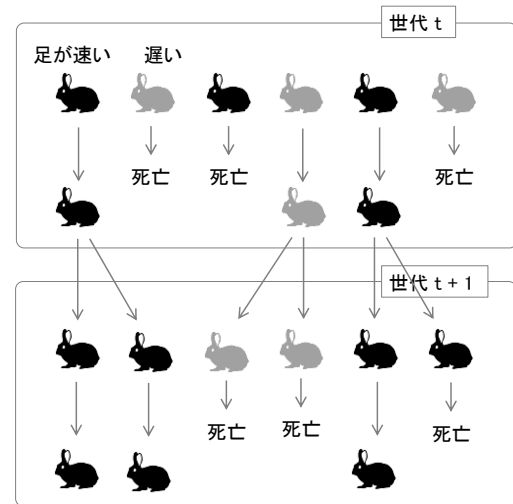


図 1 自然選択による進化の仮想的な例
 世代 t が生まれた時には、足の速い個体（黒で示してある）と足の遅い個体（灰色）が半分ずついるとします。平均的には足の速い個体のほうが捕食を免れやすく、繁殖齢まで生き残りやすいとします。図の例では、足が速い個体は 3 個体中 2 個体（67%）が生き残っていますが、足の遅い個体は 3 個体中 1 個体（33%）だけが生き残っています。また足の速さは遺伝する性質だとします。すると、出生時の比率を比べると、 t 世代よりも $t+1$ 世代で足の速い個体の割合が少し増えます。こうした事が何世代も繰り返されると「足が速い」という性質が集団中に広がっていきます。これがダーウィンの考えた進化の仕組みです。

性選択

1859年に「種の起源」を発表したダーウィンには、悩みがありました。自然選択のような生存上の有利さだけを考えるなら、クジャクの飾り羽のような性質を説明できないことにダーウィンは気づいていました。クジャクのオスには美しく長い飾り羽があります。飾り羽は捕食者に目立つでしょうし、重いので捕食者から逃げる時にも邪魔になりそうです。1860年に友人に宛てた手紙の中でダーウィンは「クジャクの羽を見ると頭が痛くなる」と述べています。

クジャクの飾り羽のような、一見すると生存上不利な性質を説明するためにダーウィンは辿り着いた答えは性選択（性淘汰とも）でした。繁殖できる年齢まで生き残った個体は、繁殖の機会をめぐって競争します。カブトムシのオスはメスとの交尾の機会をめぐって喧嘩しますし、アマガエルのオスはメスを惹きつけるために大合唱をします。繁殖機会をめぐる競争もまた、生物の性質を進化させる力なのではないか。それがダーウィンの結論でした。ダーウィンはこの考えを「人間の由来と性淘汰」の中で展開しています。

ダーウィンの性選択説は、主に2つの主要な議論から成り立っています。一つはオス同士がメスをめぐって争うことでオスが角などの武器を進化させるというものです。カブトムシやシカの角が典型的な例です。この説明は、当時の科学者にも受け入れやすいものだったようです。もう一つの主張は、メスがオスを選び好みする生物では、メスから好まれるような性質をオスが進化させるのだと、というものです。ダーウィンはクジャクの飾り羽が進化した理由を「メスは綺麗なオスを好む」という点に求めたのです。ただし、こちらの説明が受け入れられるまでには長い時間がかかることになりました。

性選択（特にメスの選好性）の研究史

性選択、とくにメスによる配偶者選択がすぐには受け入れられなかった理由は大きく2つあるようです。まず、ビクトリア朝時代のイギリスにおいて、メス（あるいは女性）が積極的・主体的に配偶相手を選ぶという考え方を受け入れられる人は多くは無かったようです。21世紀の我々からすると、あまり科学的な理由に聞こえないかもしれませんが、しかし科学研究も人間活動です。科学が真に客観的な営みである、という考えこそが思い込みであるというのが私の意見です。話をもとに戻しましょう。メスによる配偶者選択が受け入れられなかったもう一つの理由は、メスがオスを選んでいるという証拠が無かったことです。クジャクのメスに「オスを選んでいますか」と聞いても、何も答えてくれません。何がどうなると、メスがオスを選んでいることが科学的に示されたことになるのでしょうか。

メスがオスを選んでいることを初めて実験的に示したのはスウェーデンの科学者アンデソンでした（Andersson 1982）。アンデソンはアフリカに生息するコクホウジャクという鳥を使って実験を行いました。コクホウジャクのオスには長い尾羽があります。メスが長い尾羽に惹かれるのではないかと考えたアンデソンは、尾羽を切ったり貼ったりすることで、尾羽の短いオス、普通のオス、尾羽が普通よりも長いオスを作りました。すると、尾羽が極端に長いオスがもっともメスから配偶相手として選ばれやすく、尾羽が極端に短いオスはメスからほとんど見向きもされないことが明らかとなりました。この実験結果が科学誌Natureに掲載されたのは1982年でした。「人間の由来と性淘汰」の出版から101年後のことです。その後、1980年代から2000年代にかけて性選択の研究は進化学の一大テーマとなり、世界中で沢山の研究が行われました。多くの生物でメスがオスを積極的に選んでいる事などが現在では分かっています。

植物での挑戦

私は学生のころ、昆虫のマメゾウムシ類を材料に性選択に関係する研究を行っていました（例えば Kyogoku & Sota 2017）。その後、学問的な興味の広がりもあり、現在は植物の繁殖生態にも関心を持っています。最後に私が今どんな研究をしようとしているのかを、歴史的な背景とともに簡単に紹介しましょう。性選択の研究はこの 40 年間で飛躍的に進みました。しかしその研究対象のほとんどが実は動物です。植物においても性選択の研究は行われていますが、動物ほどには理解が進んでいません。何故でしょうか。

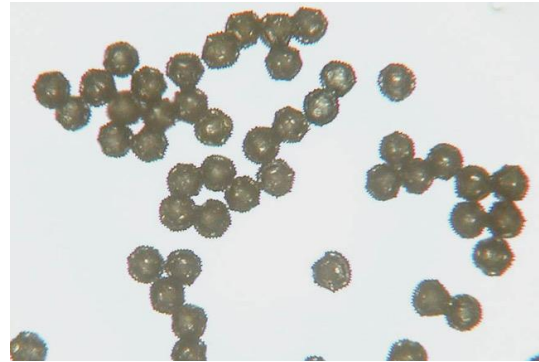


図2 カンサイタンポポの顕微鏡写真。この花粉はめしべから見て魅力的なのでしょうか。写真提供：鈴木武博士。

アンデソンの実験を思い出してみましょう。アンデソンの実験が可能だったのは、アンデソン自身が「コクホウジャクのみスは尾羽の長いオスが好きなのだらう」という見当をつけたからです。私たちはコクホウジャクの尾羽が飾り羽だと言われれば納得できますし、クジャクの飾り羽が綺麗だとも感じます。鳥類の脳と私たちの脳に共通した認知上の仕組みがあり鳥類もヒトも同じような視覚刺激に美しさを感じるのだらう、というのが私の考えです。

ここで植物の性選択を考えてみましょう。例えば私はカンサイタンポポの繁殖生態を研究しています (Kyogoku et al. 2019)。タンポポの花粉は顕微鏡で観察することができます (図2)。しかし私には、どういった花粉がめしべから見て魅力的なのか、さっぱり見当が付きません。研究対象に感情移入したり、生物の行動を擬人化して解釈したりすることには客観性の面から言って問題があります。それでも私は昆虫の研究をしている際に「痛そうだな」とか「異性を探しているのだらうな」という推測からヒントを得ていました。残念ながら、植物を見ていてもそういうヒントはあまり得られません。植物を研究するようになって最初に驚いたのはこの点でした。



図3 「花粉にとって繁殖上有利な遺伝子」を探す実験

(A) シロイヌナズナ 6 個体のめしべを同時にウェブカメラを使って撮影している様子。(B) 撮影されたシロイヌナズナのめしべ。柱頭に乳頭細胞と呼ばれる毛のような細胞が生えており、授粉すると乳頭細胞が早々に枯死します。乳頭細胞が枯死するまでの時間が授粉する花粉の性質によって影響されるのかどうか、影響されるとすればその花粉の性質を決めている遺伝子が何なのかを調べようとしています。

では、植物の性選択はどうやって研究したら良いのでしょうか。動物の研究で積み上げられた知見を活用する、というのが私の今のところの答えです。40年にわたる動物学者たちの研究により、性選択に関する意外な事実がたくさん明らかになっています。そうした知見から「理論上、植物でも同様の現象が見られるはずだ」という予測を立てることができます。そうした予測を道しるべとして、物質レベルで植物のオス機能とメス機能の間にどんなやりとりがあるのか、これから調べていきたいと考えています。例えばどういった遺伝子を持つ花粉が好まれるのかが分かれば、その遺伝子の機能を調べたりすることで、少しずつ植物の性選択の実態が見えてくるのではないかと考えています。最近はシロイヌナズナを材料に「花粉にとって繁殖上有利な遺伝子」を探す実験（ゲノムワイド関連解析）を始めました（図3）。この実験の源流がダーウィンの提唱した性選択理論にあると思うと、150年経っても色あせないダーウィンの理論の偉大さを感じずにはいられません。

引用文献

- Andersson, M. (1982) Female choice selects for extreme tail length in a widowbird. *Nature*, **299**, 818–820.
- Darwin, C. (1859) *On the origin of species*. UK: John Murray. (ダーウィン C. 渡辺政隆 (訳) (2009). 種の起源 (上) (下) 光文社古典新訳文庫)
- Darwin, C. (1871) *The descent of man, and selection in relation to sex*. UK: John Murray. (ダーウィン C. 長谷川真理子 (訳) (2016). 人間の由来 (上) (下) 講談社学術文庫)
- Kyogoku, D., Sota, T. (2017) The evolution of between-species reproductive interference capability under different within-species mating regimes. *Evolution*, **71**, 2721–2727.
- Kyogoku, D., Kataoka, Y., Kondoh, M. (2019) Who determines the timing of inflorescence closure of a sexual dandelion? Pollen versus recipients. *Evolutionary Ecology*, **33**, 701–712.