

行動は どこまで 遺伝するか

遺伝子・脳・生命の探求

山元大輔

science i



サイエンス・アイ新書

SoftBank Creative



サイエンス・アイ新書



サイエンス・アイ新書

SIS-029

サイエンス・アイ新書

こうどう い でん
行動はどこまで遺伝するか
遺伝子・脳・生命の探求

2007年7月24日 初版第1刷発行

著 者 やまもと だいすけ 山元大輔
発 行 者 新田光敏
発 行 所 ソフトバンク クリエイティブ株式会社
〒107-0052 東京都港区赤坂4-13-13
編集：サイエンス・アイ編集部
03(5549)1138
営業：03(5549)1201
装丁・組版 クニメディア株式会社
印刷・製本 図書印刷株式会社

乱丁・落丁本が万が一ございましたら、小社販売部まで電話にてご連絡ください。送料
小社負担にてお取り替えます。本書の内容の一部あるいは全部を無断で複写（コピ
ー）することは、かたくお断りいたします。

©山元大輔 2007 Printed in Japan ISBN 978-4-7973-3889-8

Science i



行動はどこまで

遺伝子・脳・生命の探求

蔵書章

蔵書章

山元大輔

アートディレクション・本文デザイン：クニメディア株式会社
本文イラスト：森真由美

はじめに

生物学の“最後のフロンティア”といわれる脳の働きの解明は、どれくらい進んでいるのだろう。ヒトのゲノムが解読され、クローン動物が作り出されるほど進んだ現在、脳の働く仕組みもほどなくわかるのではないか、何となくそんな気分になってしまいそうである。

脳がわかる、ということは、心の謎が解けるということだ。なぜ数学が苦手なのか、なぜ学校に行きたくないのか、なぜすぐキレてしまうのか、そんな日常の“なぜ”に、すべて答えが出せるということである。そして、「あの人が好きだ!」というその気持ちが、なぜわき起こってくるのか、そんな不思議にも答えられるということである。

心がヒトという生物に独特のものだとしても、心のモトとなる脳の仕組みは動物の中で進化を続け、そしてついにヒトの心を生んだことは間違いない。

動物が持つそんな心のモトは、行動の観察を通じて研究することができる。~~それが「行動学」である。~~生物学の最後のフロンティアが脳の解明だとするなら、それは結局、行動学が目指したゴールが最後のフロンティアとして残ったともいえるだろう。

生物学は生き物がどのようにして生み出され、複雑化したのか、そしてどのようにして“生きるのか”を研究するすべてのジャンルを含んだ学問である。

進化の歴史が今日の生物に刻まれている。変化を重ねて機能が複雑になり、その複雑なシステムを制御する仕組みとして脳が生まれ、その脳が心を作った。

進化の歴史が生物に刻まれる理由は、変化を刻み、それを次世代に伝える媒体、遺伝子が存在するからだ。ということは、生物が生まれたのは、遺伝子が生まれたのと、ある意味、同じことだともいえるかもしれない。そして、そんな変化の媒体の遺伝子が、ついには進化の果てに脳を作り、心を私たちにもたらしたというわけである。

日常の悩みや感動、そして恋までもが、遺伝子と脳と、それらの進化の上に成り立っているのだ。

行動と心を生み出す脳の仕組みの解明が、ようやく今日、現実的な課題となったのは、それまでの長い生物学研究によって、“外堀”がことごとく埋められていったからである。

つまり、遺伝子という概念が生まれ、その実体は何なのか、が判明し、さらに遺伝子がどのようにして体の働きを支えるのかを理解できたことが、行動と心の具体的な研究を今、可能にした1つの理由だ。

また、脳の働きを支えているのがニューロンの回路であるとの認識が生まれ、そこで働く信号の素性が解明されて、遺伝子と脳との接点をはっきりと理解されてきたことが、行動と心の近代的研究の道を開いたもう1つの要因である。

こうした理解のうえにたって、本書では遺伝子と脳神経系の今日の理解を導いた生物学の諸発見、諸理論を、歴史を追いつながらたどってゆく。

例えば、アリストテレス、ダーウィン、メンデルといった、誰もが知っている偉人たちの話もある。ホジキン、ハックスレー、ワトソン、クリックといった現代の巨匠も登場する。

そして、行動と脳とを結ぶジャンルからは、今後の展開を占う新しい方向性を見据えた研究をいくつか紹介する。私自身が現在進めている性行動と遺伝子、そして脳とを結ぶ研究の最新知見も盛り込んだ。

そして、本書の最後のページの後に続く未来の諸章は、ほかならぬ読者の皆さんによって、書き加えられるはずである。

教科としての「生物」は、「暗記」ばかり、とって敬遠しがちな方にも、生物学の発展の歴史に刻み込まれた感動の日々をお伝えして、「生物」は面白い、とっていただければ、存外の喜びである。

本書の企画、編集でお世話になったソフトバンク クリエイティブの中右文徳氏、原稿の整理で活躍してくださった山元研究室の藤田幸世さん、そして熱いエールを送り続けてくれた妻の寿美子、2人の娘たち、麻美、絹美に感謝したい。

2007年5月 山元大輔

行動はどこまで遺伝するか

山元大輔

CONTENTS

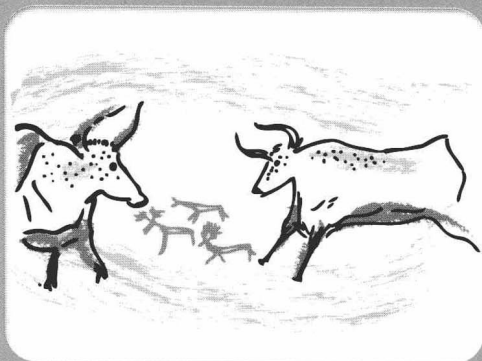
はじめに	3
第1章 生物学はこうして始まった	9
第2章 動物行動学の先駆者たち	27
第3章 神経科学の誕生	41
第4章 行動を支える脳の仕組み	69



第5章	DNAの発見から 組換え技術の確立まで	109
第6章	行動のDNA	159
第7章	性行動を分子で読み解く	185
	参考文献	203
	索引	205

第1章

生物学は こうして始まった



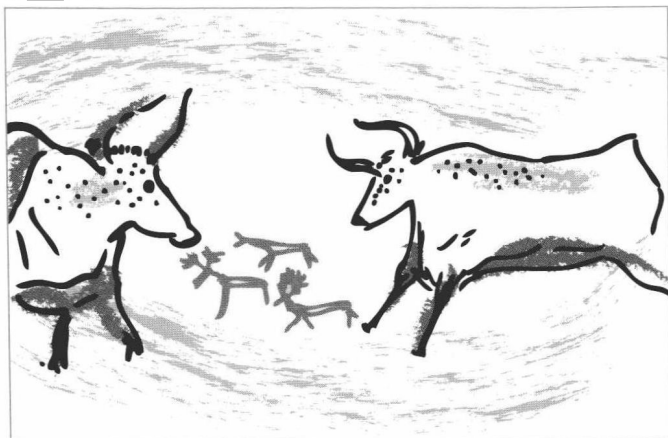
科学としての動物行動の研究は、アリストテレスに始まるとされる。その後、ダーウィンの「種の起原」、メンデルの「遺伝の法則」、ド・フリースの「突然変異」という、現代の進化学説の3要素が登場した時代を振り返ってみることにしよう。

第1章 生物学はこうして始まった

古代から人間を魅了する動物の行動

世界各地に残る洞窟壁画(図1-1)には、バイロンやシカ、ウマ、トナカイなど、いろいろな動物が躍動感あふれるタッチで描かれている。現在知られているものの中で最古とされるのは、フランス南部、アルデシュ県にある「シューヴェ洞窟壁画」で、今からおよそ3万2000年前のものといわれている。それを描いたクロマニヨン人は、狩猟を通じて動物たちの行動様式を熟知していたに違いない。おそらく彼らは、今日の動物行動学者以上に動物行動に精通していたのだろう。それは実生活上の必要に根ざした知識だったのである。

図1-1 ラスコ洞窟の壁に描かれた動物画



後期旧石器時代のもものと見られる

これに対して、系統的に動物が行動する仕組みを調べ上げ、記載する作業、つまり「科学としての動物行動の研究」は、ギリシアのアリストテレス（紀元前384～322年、図1-2）に始まるとされる。アリストテレスが残した動物の描画や記載は、質量ともに群を抜いており、その水準の高さは見事である。

図1-2 動物行動研究の始祖とされるアリストテレス



しかし動物の行動をめぐるアリストテレスの記述には擬人化が目立ち、「ある目的を持って行動が生ずる」という目的論的解釈が幅を利かせている。そして、生物の特質は「vis vitalis」、あるいは「psyche」と呼ばれる神秘的な「生命素」に由来すると主張した。こうした神秘主義的生命観が「生氣論」である。

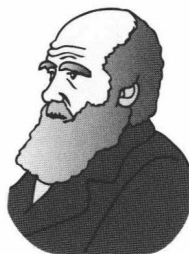
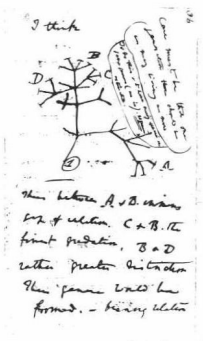
アリストテレスの学説は、その後2000年近くにわたって人々の考えを支配したが、16世紀に入ってようやく変化の兆候が現れる。その立役者がデカルトで、動物を自然が生んだ機械ととらえる「機械論」の旗手となった。デカルトは心的過程を身体と独立のものとみなして「心身二元論」を打ち出した。デカルトは身体機能については合理的な考えを示していながら、心的過程は魂によって説明したので、キリスト教的世界観との亀裂を生むものとはなかった。

.....

進化と遺伝という概念の誕生

生命現象をすべて物的過程から理解する立場が登場するには、

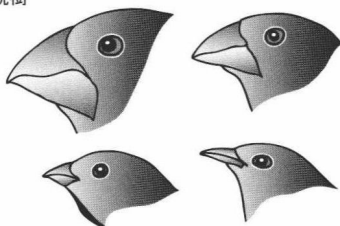
図1-3 ダーウィンの『種の起原』



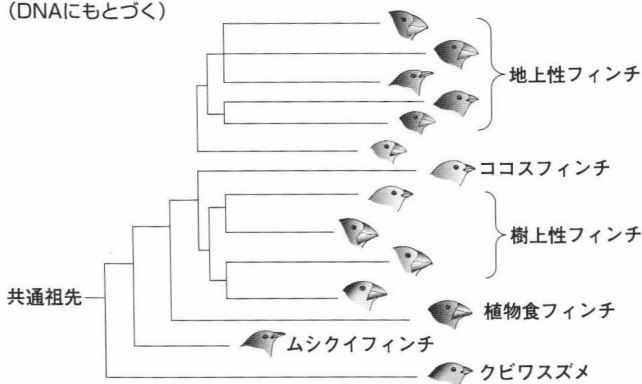
チャールズ・ダーウィン

秘密のノートに
ダーウィンが描
いた世界初の系
統樹

食物の違いによって異な
るくちばしを持つようにな
ったダーウィンフィン
チ類



現代のフィンチ系統図
(DNAにもとづく)



ビーグル号に乗って訪れた南アメリカの島々で見た生物の多様な姿が、ダーウィンの進化学説を生む1つの土台になった

さらに200年の歳月を要した。1858年、チャールズ・ダーウィン(1809～1882年、図1-3)は『種の起源』を発刊し、生物が細かな変異を繰り返すうちに、生存により有利な形質をもたらし変異が集積され、次第にその性質を変化させていくことを説いた。つまり、生物は自ら進化するのである。ヒトも生物進化の所産であり、ある種のサルに由来するというその学説は、キリスト教の天地創造説を真っ向から否定するものといえる。

この時代に生まれた発見の中には、今日の生物学に揺るぎない土台を提供するものが多数含まれている。その1つに、グレゴール・メンデル(1822～1884年、図1-4)による「遺伝の法則」の発見がある。修道士だったメンデルは、ブリュン(現在チェコ領)の修道院の庭で純系のエンドウマメを育て、豆の表面が滑らかであるかしわしわであるか、黄色いか緑か、また草丈が高いか低いかにいったさまざまな性質が遺伝するようすを定量的に研究した。

その結果、今日「メンデルの法則」と呼ばれている遺伝の原理を見い出したのだった。メンデルは、個々の形質を生み出す粒子が両親から子へと伝えられ、その粒子は混ざり合うことなく子どもの中で併存し、その一方の形質が子どもで発現すると仮定することによって、実際の遺伝の様式が説明できることを示した。

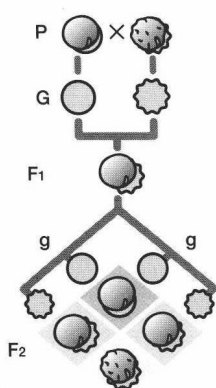
その成果は、『ブリュン自然科学協会誌』に1866年に発表されたが、1900年のいわゆる「メンデル再発見」まで誰の眼にとまることもなく年月は過ぎた。メンデルが仮定したこの粒子こそ、今日私たちが「遺伝子」と呼んでいるものである。

..... 進化学説の3要素

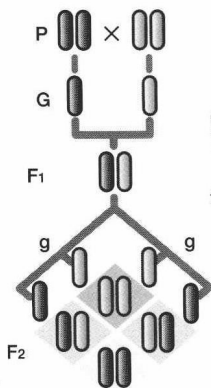
今日の進化学説の屋台骨となるもう1つの発見が、ダーウィンや

図1-4 メンデルの「遺伝の法則」

エンドウマメの
形質の遺伝様式



A



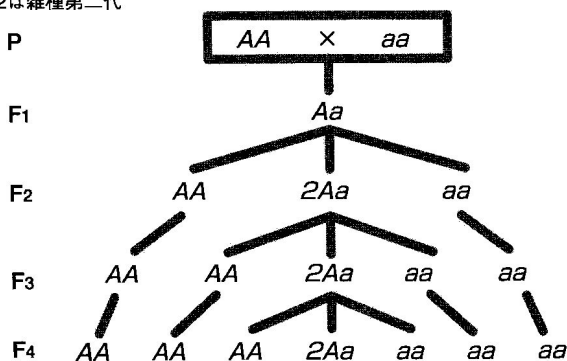
B



グレゴール・メンデル

優性の丸と劣性のシワ。
Pは親の代、Gはその配
偶子型、F1は雑種第一
代、gはその配偶子型、
F2は雑種第二代

染色体の配分様式とし
てAの遺伝を書き表した
もの



優性の対立遺伝子Aと劣性の対立遺伝子aそれぞれのホモ接合体を交配し
ていった場合の子孫に生じる遺伝子型とその割合

メンデルの登場に少し遅れた1901年、オランダのフーゴー・ド・フリース (1848～1935年、図1-5) によってなされた。彼は純系のオオマツヨイグサを使ってメンデルの観察を追試していたが、代を重ねるうちに突然、花の色や葉の形が変化した株が現れ、以後その色や形が世代を超えて伝わっていく現象に出くわした。ド・

図1-5 ド・フリースの「突然変異」

ド・フリースはオオマツヨイグサの形質の変化から突然変異を着想した。その後、彼が見た形質の変化の多くは、染色体の倍数性の変化によることがわかったが、突然変異という概念を導いた功績は高く認められることとなった



フーゴー・ド・フリース

