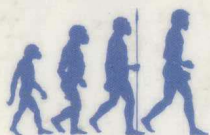
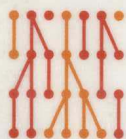


バクテリアからヒトの進化まで

遺伝子は



35億年の



斎藤成也

国立遺伝学研究所助教授



夢を見る

アからヒトの進化まで

遺伝子は



35億年の



斎藤成也

章

国立遺伝学研究所助教授

夢を見る

大和書房

遺伝子は35億年の夢を見る

一九九七年三月一日 第一刷発行

著 者 斎藤成也

発行者 大和謙二

発行所 大和書房

〒一一二 東京都文京区関口一―三三―四
電話番号 〇三―三二〇三―四五―一一
郵便振替 〇〇―一六〇―九―六四二二七

印刷所 厚德社

製本所 小泉製本

©1997 SAITO Naruya Printed in Japan
ISBN4-479-39053-7
乱丁本・落丁本はお取替え致します

はじめに 自分自身を知りたい

私たちはだれでも「自分」とはなにかを知りたいと思っているのではないだろうか。文字どおりの自分という具体的な肉体を考えれば、それは誕生してやがて死んでゆく存在である。自分という意識が死によって消滅することへの恐れは、どんな人にもあるだろう。私は六歳のころから死への恐怖が始まった。この恐怖感から、自ずと「生命」とはなにか、さらにはそれが生ずる場として最大の存在である「宇宙」とはなにか、という疑問が湧いてくる。この地球上のすべての生物がそれぞれの生命を持って暮らしているのだから、生命の問題は自分にとどまらず、生きとし生けるものすべてに及んでゆく。シオカラトンボがすいすい飛んでゆくのを見るときのすがすがしさ、桜の花が散ってゆくのを見るときのもの悲しさ。こんな気持ちを人間である私たちが感じるのは、自分の感情をトンボや花に投影しているだけではない。やはりそこには自分と共通の生命を持つものに対する共感があるのではなからうか。

人間を含めたすべての生物は、実際につながっているのである。このつながりを直接与えるのが、三五億年以上にわたる生物の「進化」だ。それは宇宙の始まりと言われている一五〇億年以上前のビッグバン以来、現在まで続いている宇宙の歴史の一部分である。夜空の星を見上げて、ひとつひとつの星がその誕生から長大な年月がたっていることを思うとき、自分の一生のあまりの短さに対して、私はしばしばとてもない閉塞感を感じる。しかし私たち自身が、生物進化の長い歴史の賜物なの

だ。さらには、生命を持つ私たちだけでなく、道ばたの石にもまたそれなりの歴史がある。すべては歴史なのだ。

とはいえ、やはり生命現象は宇宙のなかでも突出して歴史的な存在である。この歴史性は、とりもなおさず生物進化が与えたものであり、その根底には遺伝子の変化がある。私たち人間を含む大部分の生物において、遺伝子の物質的体はDNA（デオキシリボ核酸）である。DNAというモノのなかに遺伝子という情報が蓄えられ、それが突然変異によって変化してゆくことこそが、生物進化の中心に位置しているのだ。このようなモノの集まりが生命を形作っているということは、現代生物学の核心である。

ところが長いあいだ、生命には無生命とは異なる原理が働いていると考えられていた。この考え方を「生氣論」と呼ぶ。むしろ生氣論的な考え方のほうが、いまだに一般には受け入れられているように思われる。生物学の研究者のなかにも、以前には生氣論を強く主張する人がいた。一〇〇年ほど前に生物の発生を研究したハンス・ドリーシュは、ウニが受精卵から細胞分裂を繰り返して発生してゆく過程があまりにも見事に制御されているので、生命には無生命とは異なる「エンテレキー」が存在していると主張した。これは現代生物学ではまったく否定されている考え方だが、このような発想が生まれるのも不思議ではない。発生のメカニズムは現在でもなおその全貌はわかっておらず、世界中の発生物学研究者が、どのような遺伝子の制御によって発生が行なわれているのかを追求している。発生はそれほど神秘的な生命現象なのである。

ある意味で、生物学の歴史は「生氣論」に対する「機械論」の勝利の記録とみなすことができる。「機械論」とは、生物と無生物には同一の物理化学的原理が適用される、という主張である。たとえば心臓を考えてみよう。この臓器の名称からもわかるように、大昔は心臓に「こころ」が宿ると考えられていたのだろう。しかし一七世紀にウィリアム・ハーヴィが、心臓は血液循環のポンプにすぎないと喝破してから、心臓の持つ神秘性は消え失せた。とはいえ、好きな異性に会ったときに心臓がどきどきするのは、こころの働きが心臓の動きに影響を与えた結果である。その意味では、心臓はこころの中心ではないものの、その一部を形作っていると言えるのかもしれない。

二〇世紀に入って、生命現象は分子レベルで研究されるようになった。その結果、機械論の立場がますます強くなっている。とはいえ、いまだに生氣論の残党ががんばっている領域がある。それは「心身二元論」だ。本丸であるわれわれ人間自身の「こころ」(精神や意識と呼んでもいいだろう)が「からだ」とは異なった原理の上にあると主張する点で、姿を変えてはいるがこれまでの生氣論の延長とみなすことができる。この考え方は、一般的には当たり前のことだと思われているのではないだろうか。しかし機械論を押し進めてゆけば、当然「心身一元論」に帰結するのである。これは、われわれの「こころ」は「からだ」があつてはじめて存在するものであり、なにか特別のものではないとする考え方であり、人間中心主義をある意味で否定している。一方で、心身一元論はこの宇宙全体と自分を直接つないでくれる考え方である。なぜなら、素粒子や原子や分子から私たちの意識にいたるまで、同じ原理ですつとつながっているというのだから。そのつながりを与えてくれる物質的存在

の中心が実は「遺伝子」なのだ。したがって自分自身を知るためには、遺伝子の性質を知ることがきわめて重要である。また、遺伝子の持つ歴史性は、機械論を乗り越える鍵を持っているのである。本書はこの立場から「自分」を、特に人間である自分を知ろうとする試みのひとつである。

自分が存在していることそれ自体、そしてそのことを自分自身が気づいているということは、驚くべきことであり、神秘である。この本を書いている私も、今読んでいるあなたも、遅かれ早かれ死んでしまう存在だ。そう考えると、自己がほろんでしまう前に、徒勞と言われようが、少しでもこの自分自身のことを知りたいと思いたくなるのではないだろうか。この本がその助けになれば幸いである。

目次

はじめに

自分自身を知りたい

1章 遺伝子のなかの三五億年

遺伝子とはなにか……………12

生命現象を解くカギ

ゲノムを読む……………26

三五億年の生命の歴史が刻まれたタブレット

突然変異という進化のしくみ……………33

小さな変化が劇的な進化を生む

遺伝子の系統樹をたどる……………42

すべての遺伝子は共通の祖先にいきつく

2章 中立進化する遺伝子たち

自然淘汰論を超えた中立論 54

神の見えざる手からの自由

遺伝的浮動と分子時計 62

有限な世界では偶然が大きな力を持つ

中立進化はなぜ起こるのか 70

変わるものと変わらないもの

RNAウイルスの超スピード進化 79

それでも失われない枠組み

偽遺伝子とがらくたDNA 84

ひょうたんから駒の可能性

非中立進化する遺伝子 90

赤の女王仮説

ABO式血液型を遺伝子から見る 96

ヒトの祖先はA型だった

進化における偶然の重要性 101

機械論を超えて

3章 バクテリアが人間になるまで

人間中心主義の誤謬……………106

進化の頂点にヒトがいるという錯覚

ヒトは真核生物である……………109

まずDNAが膜で覆われた

ヒトは多細胞生物である……………116

さまざまな働きを持った細胞が分化する

ヒトは脊椎動物である……………125

脳神経系、免疫系、筋肉系ができてくる

ヒトは哺乳類である……………131

胎生というシステムができる

ヒトは霊長類である……………136

独自の進化の始まり

霊長類における遺伝子の独自の進化……………143

失われた能力の謎

4章 「人間性」の起源をたずねて

「人間性」とはなにか……………152

その大部分は他の生物も共有している

チンパンジーという隣人……………158

ヒトにもっとも近い生物

チンパンジーとヒトの遺伝的違い……………167

ゲノムの引き算からわかること

ヒト骨格の特異性とネオテニー進化……………170

そこでなにが起ったのか

脳神経系の発達_がもたらしたもの……………176

意識はいつ発生したか

言語能力と人工知能……………182

生命のシミュレーションは可能か

5章 人間のなかの違い

ヒト集団のあいだの遺伝的違い……………190

ヒトの祖先はアフリカで生まれた

ヒトの種内進化……………201

その過去と未来を探る

個人のあいだの違い……………210

宇宙の歴史に一度しか生じない個性

6章 メタ宇宙としての自分

ふたたび自分自身へ……………218

知識と実感が架橋される日のために

あとがき

参考文献

索引

装幀 福田和雄

1章 遺伝子のなかの三五億年

遺伝子とはなにか 生命現象を解くカギ

生命の進化は、三五億年以上前の地球に生命が誕生して以来、連綿として続いてきている。すなわち、人間も蝶も野原に咲く花も大腸菌も、みな等しく巨大な進化の歴史を背負っているのである。すべての生命が長い進化の賜物であることは、今日ではゆるぎない事実である。また人間も生命のひとつである以上、生命進化の一般法則にしたがっているはずである。しかしこうした認識は、ここ一世紀ほどのあいだによりやく確立してきたものにすぎない。これは私たち人間がいかに自分たちをこの宇宙のなかで特別視し続けてきたかといふことの証しと言えるだろう。

ために私たち個人個人の先祖を考えてみよう。一〇〇年前は明治時代の、一〇〇〇年前は平安時代の、そして一万年前は縄文時代の先祖がいた。さらにどんどん遡って一〇〇万年前になると、今の人間とは少し顔つきが違うが、まだ人間的であるホモ・エレクトスという先祖にたどり着く。ところが一〇〇〇万年前となると、チンパンジーやゴリラの先祖と一緒にになり、さらに一億年前だと、牛、馬、猫、象などの哺乳類の先祖とも合流する。このあたりまではまだなんとか想像をたくましくすればついて

ゆけるかもしれないが、一〇億年前となると植物やキノコの仲間の先祖とも近づくのである。大腸菌や乳酸菌などのバクテリアの先祖は、あと五億年ほど遡った位置にいる。このように、地球上の生命はみな進化によってつながっているのである。

すべての生命の進化を貫いているのは、遺伝子の変化である。なぜなら、遺伝子こそが生命現象の中心に位置するからだ。そもそも生命の特徴は、「自己複製」と「物質交代」に要約することができる。自己複製とは自分のコピーを作り出すことだが、その典型は、大多数の生物の基本単位である細胞が分裂して二個の細胞に増える「細胞分裂」である。細胞分裂の中心は、遺伝子の本体であるDNAの複製である(図1)。人間における個体レベルの自己複製は、親から子供が生まれることだが、母親の卵と父親の精子が合体した受精卵からだんだんと胎児が育ってゆくのは、細胞分裂が次々に生じるからであり、その根本にはDNAの複製がある。人間を含む多細胞生物は、大きく分けると生殖細胞と体細胞によって構成されている。生殖細胞は精巣や卵巣のなかにしか存在しないが、この生殖細胞が生み出す精子と卵だけが次の世代(子供)に伝えられる遺伝子を含んでおり、生命の起源から連続と続いてきた遺伝子DNAの直接の子孫なので

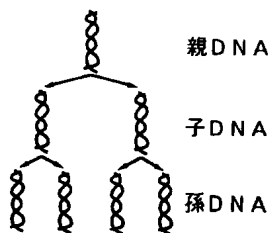


図1 DNA二重らせんの自己複製

ある。一方、私たちのからだの大部分を構成する体細胞にも遺伝子はあるが、それらは個体の死とともにすべて消滅してしまふ。

生命のもう一方の特徴である「物質交代」とは、生物のからだのなかでタンパク質、炭水化物、脂肪などのさまざまな分子が生み出されたり分解されたりすることを繰り返す過程である。図2は、物質交代の一例として、ブドウ糖が乳酸に分解されるまでの過程を、それぞれの化学反応を触媒する酵素名とともに示したものである。ブドウ糖（グルコース）はエネルギーのもととなるもつとも重要な糖であり、一方乳酸は、ブドウ糖が水と二酸化炭素に分解されてゆく途中の分子である。全速力で走ると足に筋肉痛が起こるのは、ブドウ糖の分解が間に合わなくて不完全になり、分解の中間産物である乳酸が蓄積するからである。

このような多種多様の化学反応が、からだのなかで常に生じているのである。物質交代は新陳代謝と呼ばれることもあるが、行住坐臥あらゆる相の生命活動が含まれている。息をすれば、肺まで伸びている毛細血管中の赤血球に空気中の酸素が受け渡され、それが血液を通じて体中に運ばれる。散歩しようとするれば、脳から神経細胞を通して命令が筋肉に届き、脚や腕の筋肉が伸び縮みして歩行を始める。風邪をひくと、体内に侵入した

DNA（デオキシリボ核酸）
デオキシリボースという名前の糖の一種、リン酸、および塩基が組合わさった「ヌクレオチド」という単位がつながったひも状の分子である。塩基にはアデニン、グアニン、チミン、シトシンの四種類があり、アルファベットでA、G、T、Cと表わす。左の図はDNAの分子構造を模式的に示したものである。糖鎖とリン酸の骨格に塩基がくっつき、それらが相補的につながって二重らせん構造をとる。

