

# 人工生命輪講資料: The Selfish Gene 要約 (生物＝生存機械論)

Richard Dawkins

平成 20 年 11 月 11 日

## 概 要

本書は、動物や人間社会にみられる親子の対立と保護、兄弟の争い、男と女の争い、攻撃やなわばり行動などの社会行動が、なぜ進化したかを説き明かす。生物は、遺伝子が自らのコピーを多く残すために作り出した生存機械である。厳しい進化の戦いに生き残る遺伝子の特質は、無情な利己主義である。生物は、利己的な遺伝子を守るための行動をとるように盲目的にプログラムされている。しかし、生物に利己的なふるまいを指示することだけが、遺伝子の生き残り戦略ではない。ミツバチの自殺行為や、子を守る親の行為などの利他的行動も実は、利己的な遺伝子の生き残り戦略の一つの形態なのだ。

## 1 人はなぜいるのか

ある惑星上で知的な生物が成熟したといえるのは、その生物が自己の存在理由をはじめて見い出したときである。地球上の生物は、30 億年もの間、自分達がなぜ存在するかを知ることなく生き続けてきたが、ついにその一員—チャールズ・ダーウィーン—が真実を理解するに至った。

今日進化論は、地球が太陽のまわりをまわっているという説と同じくらい疑いのないものであるが、ダーウィン革命の意味するものすべてが、さらに広く理解されねばならない。この本の意図は、ダーウィニズムの一般的擁護にあるのではない。そうではなくある論点について進化論の重要性を追究することにある。本書の目的は、利己主義と利他主義の生物学を研究することである。

学問上の興味を別にしても、この問題が人間にとって重要であることは明らかだ。それは我々の社会生活のあらゆる面、たとえば愛と憎しみ、戦いと協力、施しと盗み、どん欲と寛容にかかわるものである。これらに関して書かれたこれまでの多くの本（ローレンツの「攻撃」、アードリーの「社会契約」、アイブル＝アイベスフェルトの「愛と憎しみ」など）は、進

化の働きかたを誤解したために、全面的にかつ完全に間違っている。その誤解とは、進化において重要なのは、個体（ないし遺伝子）の利益ではなくて、種（ないし集団）の利益だという誤った仮定である。

この本の主張するところは、われわれおよびその他のあらゆる動物が**遺伝子によって創りだされた機械**にほかならないというものである。成功した遺伝子に期待される特質のうちでもっとも重要なのは無情な利己主義である。ふつう、この遺伝子の利己主義 (gene selfishness) は、個体の行動における利己主義を生み出す。しかし、いずれ述べるように、遺伝子が個体レベルにおけるある限られた形の利他主義を助長することによって、もっともよく自分自身の利己的な目標を達成できるような特別な状況も存在する。この最後の文の「限られた」と「特別な」という語は重要な言葉である。そうでないと信じたいのは山々だが、普遍的な愛とか種全体の繁栄とかいうものは、進化的には意味をなさない概念にすぎない。

## 1.1 この本は何でないか

この本は進化にもとづいた道徳を主張しようといういうのではない。本書は単に、ものごとがどう進化してきたかを述べるだけだ。なぜこれを強調するのかといえば、**どうあるべきかという主張と、どうであるという言明を区別できない非常に多くの人々の誤解を恐れるから**だ。この本から道徳をひきだそうとする人々はこれを警告として読んでほしい。

もしあなたが、個人個人が共通の利益に向かって寛大に非利己的に協力しあうような社会を築きたいと考えるのなら、生物学的本性はほとんど頼りにならない。我々が利己的に生まれついている以上、我々は寛大さと利他主義を教えることを試みてみよう。我々自身の利己的な遺伝子が何をしようとしているのかを理解しよう。そうすれば、少なくとも我々は、**遺伝子の意図をくつがえすチャンス**を、すなわち他の種が決して望んだことのないものをつかめるかもしれないのだから。

教育について前出の意見を述べるのは、遺伝的に受け継がれる特性が、その定義からして固定した変更のきかないものだと思えることが誤りだからである。あらゆる動物の中でただ一つ、人間は文化によって、すなわち学習され、伝承された影響によって、支配されている。そこで次の第二の事項を述べなければならない。**この本は「氏か育ちか」論争における何らかの立場を主張するものではない**。文化に関しては最終章で言及する。なぜかといえば、たとえ遺伝子が現代人の行動の決定にはまったく無関係であることが分かったとしても、ごく最近人間が例外となったその規則について知ることは、少なくともまだ興味深いことであるからだ。

第三の事項はこの本は**人間の行動やその他の動物の詳細な行動を記載し**

たものではない、ということである。

最後に要約者からの忠告をのべる。この本は一般読者を仮定しているので、理解性をあげるために、いろいろな概念の説明に比喩的な表現がかなり用いられている。これらはすべて読者の主観性に訴えかけるような言葉であるが、しかし、その主観的な解釈は著者の本意ではないと思われる。例えば、この要約の3章まで読み進めば、著者の提案する「遺伝子の利己性」にしても、我々が日常「利己性」という言葉から主観的に受ける印象とはかなり違うものだということが理解頂けると思う。遺伝子には、我々が持っていると感じている「意思」のようなものはないであろうから。

## 1.2 利己性、利他性の定義

利他的行為<sup>def</sup> ≡ ある実在が自分を犠牲にして別の同様な実在の幸福（生存の機会）を増やすように振舞うこと。

利己的行為<sup>def</sup> ≡ ある実在が別の同様な実在を犠牲にして自分の幸福を増やすように振舞うこと。

利他主義と利己主義の上述の定義は行動上のものであって、主観的なものではない。長期にわたる生存の見込みに対する行動の効果を示すことは、非常に難しい。利他的にみえる行為は、表面上、あたかも利他主義者の死ぬ可能性を（たとえわずかほどであれ）高め、同時に、受益者の生き延びる可能性を高めると思わせる行為である。良く調べてみると、利他的にみえる行為は実は姿を変えた利己主義であることが多い。この場合本書は、根元にある動機が実は利己的なものであると言っているのではない（本書では動機の心理学にかかわるつもりはないとする）。この場合は生存の見込みに対する行為の効果が、最初に考えられたのものとは逆だと考える。

### [利己的行動の例]

- ユリカモメ – 隣接巣の親が留守の時に、その巣の雛を呑み込む。自己の巣を無防備な状態にさらさずに栄養豊かな食物を手に入れることができる。
- カマキリ – 交尾の際、雌は雄の頭をかみ切って食べ始める。抑制中枢神経の座を失わせることにより、雄の性行為が活発化され、さらに雌にとっては栄養豊かな食物を手に入れることができる。
- コウテイペンギン – コウテイペンギンの群れは水中において魚を捕獲する直前水際において、水中のアザラシ（コウテイペンギンに

としての補食者)の存在を探るために、押し合いをして仲間の一人を水中に突き落す。

#### [利他的行動の例]

- 働きバチ（個とコロニー）－ 働きバチは密ドロボウに対して針を指す。これにより自己の属す巣は防御されるが、その指したハチ自身は内蔵を体外にもぎとられて死に至る。
- 小鳥（個と群全体）－ 多くの小鳥は鷹のような補食者が飛んでいるのを見つけると、特徴的な「警戒声」を発し、それによって群全体が適当な逃避行動をとる。警戒声を発した小鳥は補食者の注意を自分に引き付けるので、ことさら身を危険にさらしているという間接的証拠がある。
- 地上営巣性の鳥（親と子）－ 多くの地上営巣性の鳥は巣に補食者（例えばキツネ）が近付いてくると「擬傷」ディスプレイを行ない雛を守る。

これらの例は個体レベルの利他的行動と利己的行動はどういう意味かを説明するために挙げた。本書では、**遺伝子の利己性**とドーキンスが呼んでいる基本法則によって、個体の利他的行動と利己的行動がいかに説明されるかを示そうとする。

### 1.3 利他主義についての誤った説明

多くの学校教育で行なわれているこの誤った説明は添付した原文のコピーに述べられているような誤解に基づいている。簡単に述べればそれは、生き物は「種の利益のために」、「集団の利益のために」ものごとをするように進化する、という誤解である。おそらく群淘汰がうけたのは、それが我々の大部分がもっている倫理的理想や政治的理想と調和しているからであろう。

我々はしばしば利己的に振舞うが、理想上は他人の幸福を第一にする人々を尊敬し賞賛する。しかし、「他人」という言葉をどこまでひろく理解するかには多少混乱がある。集団内の利他主義は、集団間の利己主義を伴うことが多い。しかもこの集団には様々なレベル（家族、労働組合、民族、国家、人種、種など）があり、どのレベルでの利他主義が進化論的にみて妥当なのかという人間の倫理における問題は、生物学における同様な混乱を反映している。

アードリーはトムソン・ガゼル（ほにゅう類の一種）の「ストットイング」（補食者の前での跳躍）のような行動を説明できるのは群淘汰だけだ

という誤りの極致までいってしまった。本書ではこれやその他の同様な現象すべてを以下の章で遺伝子の利己性に基づき説明する。最初は低いレベルでの淘汰から説明を始める。

## 2 自己複製子

複雑な秩序 – 生命ないし生命を生み出すことのできるもの – の突然の発生をあますところなく説明することは困難である。自然淘汰による進化というダーウィンの学説に納得がいくのは、無秩序な原子が自ら集まっていっそう複雑なパターンをなし、ついには人間を作り上げた方法に関する方向を示してくれるからである。この章ではこの学説を進化が始まる以前の時期からはじめて、一般的な方法で説明する。

ダーウィンの「最適者生存」は、**安定なものの存在**というさらに一般的な法則の特殊な例である。世界は安定したもので占められている。安定したものは、名をつけうるくらいに永続的か、あるいは一般的な原子集団である。あるいは、その一つ一つは短命であっても集合的な名をつけるくらいに高い率で生じる一団の存在であることもある。

原子どうしは時に出会い、化学反応を起こして結合し、多かれ少なかれ安定な分子を形成する。このような分子は非常に大きい場合がある。ヘモグロビン（人間の体内に平均  $6 \times 10^{23}$  個存在する）などは今日みられる分子であるが、それは原子が安定なパターンに落ち着く傾向があるという原則を指示している。エネルギーのあるところで一群の原子が安定なパターンになれば、そのままとどまろうとする。**最初の型の自然淘汰は、単に安定したものを選択し、不安定なものを排除することであった。**

だからといって、人間のような複雑な存在をまったく同じ原理だけで説明できることにはならない。正しい数の原子をとりだして、いくらかの外部エネルギーと一緒にかきまぜ、それらが正しいパターンになるのを待っても無駄である。十数個の原子でできた分子ならそうやって作れるかも知れないが、人間は  $10^{27}$  個以上の原子からできている。ゆっくりとした分子形成の物語りが終る時点からダーウィンの学説がそっと手を指しのべてくれる。以下の議論には多くの推論が含まれているが、それはおそらく真実からはそれほどかけはなれてはいないだろう。

### 2.1 原始のスープ

生命の誕生以前の地球上には、水、二酸化炭素、メタン、アンモニアなどの単純な化合物が豊富にあった可能性が高い。それらに紫外線や電気火花などのエネルギー源を与えるとアミノ酸が発生する（これは実験により

確かめられた)。アミノ酸は生物体を構成する代表的物質であるタンパク質の構成要素である。さらに最近では、生命誕生以前の地球の化学的状態をまねた実験室で、プリンとかピリミジンといった有機物がつくられている。これは遺伝物質 DNA の構成要素である。

## 2.2 自己複製子の誕生

生物学者や化学者が、3、40 億年前に海洋を構成していたと考えている「原始のスープ」にもこれと似たような過程が起こったに違いない。**あるとき偶然に、その中にとびきり際だった分子が生じた。それを自己複製子と呼ぶことにする。**それは自らの複製を作れるという驚くべき特性を備えていた。

これはおよそ起こりそうもない出来事のように思える。人間の生涯では、こうした起こりそうもないことは、事実上不可能なこととして扱われる（それが、F1 の賭けで決して大当たりをとれない理由である）。しかし、そのような起こりそうもないことを判断する場合、我々は数億年という歳月を扱うことになれている。

実際に、自らの複製をつくる分子は、実際はじめに思ったほど想像しがたいものではない。しかもそれはたった一回生じさえすればよかったのだ。鋳型としての自己複製子を考える。それは、さまざまな種類の構成要素分子の複雑な鎖からなる、一つの分子だと考える。この複製子を取りまくスープの中には、これらの構成要素がふんだんに漂っている。いま、各構成要素は自分と同じ種類のものに対して親和性があると考え。そうすると、スープ内のある構成要素は、この自己複製子の一部で自分が親和性を持っている部分にでくわしたら、必ずそこにくっこうとするであろう。このようにしてくっついた構成要素は、必然的に自己複製子自体の順序にならって並ぶことになる<sup>1</sup>。自己複製子は生まれるとまもなく、そのコピーを海洋じゅうに急速に広げていったに違いない。このため小形の構成要素の分子は貯えが減り、他の大型分子もその形成量が次第に減っていった。

このようにして、同じもののコピーがたくさんできたと考えられるが、しかしそこでは複製過程につきものの写し間違いも多く起きたと考えられる。しかし生物学的自己複製子にみられる誤ったコピーは生命の前進的進化にとっては欠かせぬことであった。

誤ったコピーがなされてそれが広まっていくことにより、原始のスープは、すべてが同じコピーの個体群ではなくて、「祖先」は同じだが、タイ

---

<sup>1</sup>さらに複雑に考えるなら、各構成要素が自分の種類に対してではなく、ある特定の他の種類と相互に親和性をもっているという可能性もある。これはネガ／ポジの働きを実現し、自己複製子の現代版である DNA 分子の働きを生み出す。

ブを異にしたいくつかの変種自己複製子で占められるようになった。あるタイプは本来的に他の種類より安定であったに違いない。この様なタイプのものは、スープの中に比較的多くなっていき、したがって、長生きの自己複製子はさらに数を増すことにより、分子の個体群にはいっそう長生きになる「進化傾向」があったに違いない。

進化傾向には他にも要因があったと思われる。それは「多産性」と「コピーの正確さ」である。この最後にあげたコピーの正確さは、多少なりとも進化について知っていれば逆説的にうつるかも知れない。複製の誤りが進化に必要不可欠だという説と、自然淘汰が忠実に複製に有利に働くという説ははたして両立するものか？実際に進化したいと望むものはないというのが、その答えである。進化とは自己複製子とその防止にあらゆる努力を傾けているにもかかわらず、否応なしにおこってしまう。

さて、時間が経つと原始のスープは様々な安定した分子、すなわち長命か、複製が速いか、あるいは複製が正確か、いずれかの点で安定した分子によって占められるようになったに違いない。これら三種類の安定性へ向かう進化傾向があるというのは、時期をずらせて二度スープからサンプルをとると、二度目のサンプルにはこの三点において優れた分子の含有率が、より高くなっていることである。これは本質的には生物学者が生物について進化とよんでいる過程と変わらない。そのメカニズムも同じであって、自然淘汰なのである。

## 2.3 自己複製子の競争

自己複製子に関する議論で次に重要なものはダーウィン自身が強調した競争である。

原始のスープにとって、無限の自己複製子を維持していくことは不可能だった（地球の有限性や他の限定要因）。自己複製子は複製を作るのに必要な構成要素の小分子をたくさん含んだスープにつかっていたが、しかし自己複製子の数が増えてくると、それらの構成要素は急速に使い果たされていき、貴重な資源になっていったに違いない。そこで次に起きたことは、それらの資源をめぐる、変種自己複製子間での競争である。そしてそれは新たな、より高いレベルの安定性をもたらすミスコピーや、競争相手の安定性を減じるような新しい手口は、すべて自動的に保存され増加したという意味において競争であった。

改良の過程は累積的であった。安定性を増大させ、競争相手の安定性を減じる方法は、ますます巧妙に効果的になっていき、中にはライバル変種の分子を化学的に破壊する方法をミスコピーにより「発見」したものも現れたであろう。

## 2.4 生存機械の出現

これらの原始食肉者は食物を手に入れると同時に、競争相手を排除できた。おそらくある自己複製子は、化学的手段を講じるか、あるいは身の回りにタンパク質の物理的な壁をもうけるかして、身を守る術を編みだした。こうして最初の生きた細胞が出現したのではなからうか？自己複製子は存在を始めただけではなくて、自らのいれもの、つまり存在し続けるための場所もつくり始めたのである。生き残った自己複製子は、自分が住む**生存機械** (survival machine) を築いたものたちであった。

最初の生存機械は、おそらく保護用の外被の域をでなかったであろう。しかし、新しいライバルがいっそう優れて効果的な生存機械を身にまとい現れてくるにつれ、その外被たる生存機械はいっそう大きく、手の込んだ、がんじょうなものになっていき、しかもこの過程は累積的、かつ前進的なものであった。

原始のスープを自由気ままに漂っていた自己複製子を、今の海中に求めても無駄である。彼らはとうの昔にあの騎士のような自由を放棄してしまった。今や彼らは、**外界から遮断された巨大なぶざまなロボットの中に巨大な集団として群がり、曲がりくねった間接的な道を通じて外界と連絡をとり、リモートコントロールによって外界を操っている。かれらはあなたの中にも私の中にもいる。そして彼らの維持ということこそ、我々の最終的な論拠**なのだ。彼らは自己複製子として長い道のりを歩んできた。今や彼らは遺伝子という名で歩き続けている。そして**我々は彼らの生存機械**なのである。

## 3 不滅のコイル

生物は生存機械である。その種数は約 300 万と推定され、その個体数にいたっては、 $10^{18}$  にものぼる。

生存機械は、種類によってその外形も体内器官もきわめて多様であるが、基本的な化学組成において画一的だ。特に、それが持っている自己複製子、すなわち遺伝子は、バクテリアからゾウにいたる我々すべてにおいて基本的に同一種類の分子である。

前章までの議論では、DNA からなる現代の遺伝子が、原始のスープの中の最初の自己複製子とまったく同じであるかのような印象を与えてきたが、これは正しくないかもしれない。もし異なるものであったとするなら、彼らの生存機械は時代がたってから DNA によって乗っ取られたのではないかと思われる。A.G. ケアンズ＝スミスは、我々の祖先である最初の自己複製子が有機分子ではなく、ミネラルとか粘土の小片といった無機分子ではなかったかという興味深い推測をおこなっている。しかし強奪者

であるにせよ、DNA は今日まごうことなく生存機械をにぎっている。

### 3.1 遺伝子の構造

DNA 分子はヌクレオチドとよばれる小形分子を構成単位とする長い鎖である。DNA 分子は一对のヌクレオチドの鎖で、「二重らせん」とか「不滅のコイル」とかよばれている。ヌクレオチドを構成する単位はたった四種類（その名は省略して A,T,C,G と呼ぶ）しかなく、これはあらゆる動植物で同一であり、違うのはそれらのつながる順序である。

一人の人間の体を構成している細胞は平均  $10^{15}$  個あり、無視しうる程度の例外を除いて、それらの細胞はすべて、その体の同じ DNA の完全なコピーを含んでいる。DNA はヌクレオチドの A,T,G,C という記号で書かれた、体の作り方に関する一組の指令である。それはまるで、巨大なビルの全室に、そのビルの設計図を収めた「書棚」があるかのようだ。細胞内のこの書棚は核と呼ばれる。人間の設計図は 46 巻にのぼる。各「巻」は染色体と呼ばれる。遺伝子は染色体の上にきちんと並んでいるが、ある遺伝子がどこで終り、次の遺伝子がどこから始まるのかを判断するのは容易ではない。実際、遺伝子に関して万人の賛意を得られる定義はない。本書では**遺伝子は、自然淘汰の単位として役立つだけの長い世代にわたって続く染色体物質の一部として定義される<sup>2</sup>**。先の比喻に戻って、遺伝子間の境界は本のページ間の境界ほどははっきりしないが、かりに「ページ」は遺伝子と同じ意味に使うことにする。

### 3.2 遺伝子の役割

DNA は 2 つの重要なことを行なう。一つはその複製で、もう一方はタンパク質の製造の間接支配である。遺伝子はこの意味で人体を作りあげてゆくのを間接的に支配しており、そしてその影響は厳密に一方通行である。**獲得形質は遺伝しない。**

遺伝子が発生を制御している事実が進化の上でもつ重要性は、遺伝子が少なくとも部分的には将来の自己の存在に責任があることである。つまり遺伝子の存在はそれが構築を助けた体の効率に依存する。今では、自然淘汰は生存機械をつくることのうまい自己複製子に、つまり、発生を制御す

---

<sup>2</sup>遺伝子複合には「タンパク質連鎖メッセージの終止」と「タンパク質連鎖メッセージの開始」を意味するヌクレオチドで書かれた特殊な記号があり、これらの二つの区切り記号の間に一個のタンパク質を作るための暗号化された記号列がある。単一の遺伝子とは、この区切りの間にある一連のヌクレオチド文字列であると定義することもできる。シストロンという用語は、このように定義される単位として使われており、一部の人は遺伝子とシストロンをほぼ同義に用いる。

る術にたけた遺伝子に有利に働く。しかしこの点に関して自己複製子は意識的でも意図的でもない。寿命の長さ、多産性、複製の忠実度によるライバル分子間の自動的淘汰というプロセスは盲目的に避け難く続いている。

現代の自己複製子は群居性が高い。一つの生存機械には何十万もの遺伝子が共存しており、それらは共同事業を行なっている。それでは、なぜそれらは遺伝子複合という集合名詞でよばれず、遺伝子という言葉がつかわれるのか？それは性とい現象のためである。有性生殖には遺伝子を混ぜ合わせる働きがあり、これは**個々の生存機械がいずれも遺伝子の短命な組合せのための仮の媒体に過ぎない**ことを意味している。

### 3.3 遺伝子交叉

次に本書では有性生殖において起こる減数分裂時の遺伝子の交叉について前の書棚の比喻を用いて説明があるが、その概要は既知のものとして省略する。しかしこの説明の中でもちいられる二つの用語「対立遺伝子」と「遺伝子プール」については、後にこれらの用語が用いられるので説明しておくことにする。

「対立遺伝子」とは有性生殖の遺伝子交叉において、減数分裂の結果取り出された染色体上の同一位置に関するライバル関係にある遺伝子をさす。これらの対立遺伝子は父方、および母方の生殖細胞内の染色体上に存在する。

「遺伝子プール」とは個体群全体として利用できる遺伝子全体を意味する遺伝学者の用いる学術用語である。もちろん、ある特定の個体の遺伝子交叉において、この遺伝子プールに出かけていって遺伝子を選んでくれるわけではない。

### 3.4 遺伝子の長さと発現確率

遺伝単位は短ければ短いほど何世代にもわたって長生きするらしい。とくに短いほど交叉によって断ち切られることが少ないように思える。以下では簡単のために減数分裂によって精子や卵が作られるたびに一染色体について平均一回交叉がおこり、それは染色体上の何処でも起こりうるとする。

例えばあなたの全遺伝子の半分にも及ぶ長い遺伝単位が、一回の減数分裂で断ち切られる確率は 50%であり、また特定の巻（例えば父親から譲り受けた 8a 巻）の 100 分の 1 の長さの遺伝子は、あなたの父親において始めて作られた確率はかなり低く、貴方の父親が両親からそれをまるごとそっくり受け取った確率は 99%に達する。

よって遺伝単位が小さければ小さいほど、それが別の個体に存在する可能性が高い、つまりコピーの形でこの世に何度も現れる確率が高い。

### 3.5 点突然変異と逆位

遺伝子クラスタのメカニズムと擬態に関する議論。

### 3.6 自然淘汰と遺伝子の関係

自然淘汰とは各単位の生存に差があることである。この選択的な死が世界に影響を及ぼすには、さらに条件が必要である。各単位は無数のコピーの形で存在していなければならない。そしてその単位の少なくとも一部のものは、進化の上で意味のある期間（コピーの形で）生き残ることのできる能力がなければならない。小さい遺伝単位はこれらの特性を備えている。個体、グループ、種にはそれがない。

遺伝単位を不可分の独立した微粒子として扱いうることを示したのはメンデルの偉大な業績であった。しかし今日では、これはいく分単純過ぎることが分かっている。ドーキンスは不可分の微粒子という理想の極度に近づく単位として遺伝子を定義しようとするが、この方法は本書においてはあまり明解ではない。

### 3.7 不死身の遺伝子

遺伝子の粒子性のもう一つの側面は、それが老衰しないことである。遺伝子は百万歳になっても、百歳のときより死に易くなるわけではない。それは、自分の目的にあわせて自分のやり方で次から次へと体を操り、死ぬべき運命にある体が老衰や死に見舞われないうちに相次いでそれらの体を捨てて、世代を経ながら体から体へと乗り移っていく。遺伝子は不死身である。

### 3.8 利己主義の基本単位

遺伝子が自然淘汰の基本単位の第一候補となりうるのは、遺伝子が潜在的にもっているように思われる不滅性のためであるが、この「潜在的」とは何を意味するのか？ある遺伝子は百万年生きることができるが、多くの新しい遺伝子は最初の世代すらまっとうしない。小数の遺伝子が成功をおさめるのは、一つには運が良かったからであるが、普通はその遺伝子が必要とするもの、つまりその遺伝子が生存機械を作るうえで優れたものを

持っていたことを意味する。

あらゆる優れた遺伝子に共通する何らかの普遍的な特性を考えられるだろうか？こうした普遍的な特性はいくつかあるかも知れないが、本書と特に関係の深い特性があるものは利己主義である。遺伝子レベルでは利己主義は善であり、利他主義は悪である。遺伝子は生存中その対立遺伝子と直接競いあっている。遺伝子プール内の対立遺伝子は、未来の世代の染色体上の位置に関するライバルだ。対立遺伝子の犠牲の上に、遺伝子プール内で自己の生存のチャンスを増やすように振舞う遺伝子は、どれも、その定義からして生き延びる傾向があり、それはまさに利己主義の基本単位と呼ぶに相応しい。

自然淘汰の基本単位と考えるのに最も相応しいのは、種でなく、個体群でもなく、個体すらでなく、遺伝物質のやや小さな単位、つまり遺伝子であるとした。この議論の基礎は、遺伝子が潜在的に不滅であるのに対し、その体その他といったもっと上の単位はすべて一過的なものである、という仮定であった。この仮定は二つの事実、すなわち、有性生殖と交叉という事実と、個体は死ぬものだという事実にもとづいている。しかしそれらはなぜ真実なのかという疑問が生じる。「我々をはじめ大部分の生存機械はなぜ有性生殖を行なうのか？」、「我々の染色体はなぜ交叉するのだろうか？」、そして「我々はなぜ永遠に生き続けないのだろうか？」

### 3.9 個体存在期間の有限性

我々がなぜ老いて死ぬのかという疑問は複雑な問題で、詳細はこの本の範囲を越えているとしているが、一般的な理由として考えられるものとして、老衰は個体の生涯におこるコピーの有害な誤りや、その他の遺伝子の損傷が蓄積したものだという説がある。またメダワー卿の提唱する説は、遺伝子淘汰による進化思想の良い例だ。それは以下の様なものである。

持ち主を死なせる遺伝子は致死遺伝子と呼ばれる。どんな遺伝子も生涯のある特定の段階で体に最大の効果を及ぼすが、この点では致死遺伝子も例外ではない。ある遺伝子の幼児期に、ある遺伝子は青年期に、あるものは老年期に影響を及ぼす（幼虫から蝶への変態を考えればその事情が理解できる）。明らかに致死遺伝子は遺伝子プールから除かれていく傾向がある。しかし後期になってから働きだす致死遺伝子が、初期に働く致死遺伝子にくらべて、遺伝子プールで安定であることも事実である。老衰は後期に働く致死遺伝子が遺伝子プールに蓄積するという現象の副産物ではない。

本書の主論からは外れるが、人間の寿命を伸ばしたいのであれば、そうできる可能性が二つある。一つはある年齢、例えば 40 歳以前の繁殖を禁

止すること。その数百年後には、最低年齢限界を 50 歳に引き上げ、さらに徐々に引き上げていくことにより寿命は数百歳まで引き延ばすことができる。第二には、遺伝子をだまして宿っている体が実際の年齢より若いと思わせることである。

### 3.10 有性生殖と交叉の必然性

これは説明がより難しい。実際生物の中には変わった種が存在する。ショウジョウバエは交叉を行なわない。アブラムシの雌は父親のいない生きた雌の子を産むことができる。実際このような生物をみると次の疑問が生じる。我々はなぜ子供を作るさいに自分の遺伝子と他のだれかの遺伝子とをかき混ぜるような厄介なことをするのか？進化における性の長所は一体何か？

これらの問題に真面目に答えようとする理論家は多くの場合複雑な数学を駆使することになる。そして理論家が性の進化を説明しようとしてぶつかる困難な問題の一部は、彼らが習慣的に、個体とは生き残る遺伝子数を最大にしようと努めるものだと考えることに起因する。こういう考え方では性は逆説的である。なぜなら、それは個体が自分の遺伝子を増やすためには「非能率な」方法だからだ。この明らかな矛盾から、一部の理論家たちは群淘汰説へと走った。

しかしこの逆説は、本書の議論に従って、個体を長命な遺伝子のつかのまの連合によってつくられた生存機械だと考えれば、それほど逆説的なものではなくなる。有性生殖の遺伝子は、他の遺伝子のすべてを自分の利己的目的のために操作する。交叉の遺伝子もやはりそうする。他の遺伝子の写し間違いの率を操作する突然変異遺伝子もそうである。定義によれば、この写し間違いは、写し間違えられた遺伝子が不利になるようにする。しかし、もしこのことが、それを誘発した利己的な突然変異遺伝子を利用することになれば、その突然変異遺伝子は遺伝子プールじゅうに分布を広げられる。同様に交叉が交叉遺伝子を利用するなら、また有性生殖が有性生殖遺伝子を利用するなら、それらの存在は本書の原理において十分に説明ができる。遺伝子の利己性という点からみれば性はそれほど奇異なものではない。

しかしこれでは議論が堂々めぐりになるおそれがある。それを避ける方法はあると思うが本書ではそれは範囲を越えるとして追究をやめている。ただし、我々の多くが認識するように性は存在する。それは事実であることを強調するのみである。

## 4 遺伝子機械

ここでの議論はあまり立ち入らない（それでも他の章の理解にはあまり影響しないとおもわれる）。この章では主に行動つまり、動物と呼ばれる生存機械が大いに利用してきた、素早く動く芸当について述べている。

生存機械の行動の最も著しい特性の一つはその合目的性である。動物が食物を探したり、配偶者を探したり、いなくなった子供を探したりしているのをみると、我々が何かを探しているときに経験するある種の主観的感情をその動物が持っていると思わずにはいられない。こうした感情には、あるものに対する「望み」、望みのものを「頭に描いた像」、あるいは「目的」が含まれている。我々は自分を内省してみれば分かるように、少なくとも現代の生存機械では、この合目的性は「意識」と呼ばれる特性を発達させた。本書ではこの意識の問題に深く立ち入ることは避けている。そのかわりに、以下のように目的によって動機付けられているかのように振舞う無意識の生存機械についてその特性を語っている。そしてそれら生存機械の直接的制御と、遺伝子がそれらに及ぼす制御について言及している。

### 4.1 目的機械

工学的に言えば、「目的機械」つまり、意識的目的を持っているかのように振舞う機械は、物事の現在の状態と「望みの」状態とのくい違いを測る一種の測定装置を備えており、それはこのくい違いが大きいほど、機械が一所懸命働くように作られている。工学の言葉でこれは「負のフィードバック」とよばれる。ワットの調速器はこの意味で目的機械である。

誘導ミサイルのような機械はもともと意識のある人間の手で設計されたのだから、まさに意識ある人間に直接制御されていることになると思うのは、よくある誤りだとする。この種の誤解の一例は、「プログラマによって設計されたチェスプログラムは本当の意味でチェスをしているのではない」というものである。ドーキンスの述べる理由は次の様なものである。チェスプログラムには可能性のある個々の局面に関する全ての具体的な手がプログラムされているのではなく、一般的な探索技法と特殊なヒューリスティック、さらにある場合には学習機能とがプログラムされているに過ぎず、このような種類の知識を持っているものは、全ての手をそのプログラム作成者によって詳細に指示されているわけではない。これはそのプログラム作成者が自分の子供にチェスを教えるのと同じことであり、その子供が本当の意味でチェスをしていると我々が思うのと同じ意味で、前述のチェスプログラムもチェスをしているのであるという論旨だ。さらにドーキンスは以下の様につづける。

遺伝子もまた、直接自らの指で操り人形の糸を操るのではなく、コンピュータプログラム作成者のように間接的に自らの生存機械の行動を制御している。遺伝子のできることは、あらかじめ生存機械の体勢を組み立てることであるが、その後はその生存機械が独立して歩きはじめ、遺伝子はその中でおとなしくしている。それはなぜか？彼らはなぜおとなしくしていられるのか？

これへの答えは遺伝子と個体の行動における時間的ずれであると指摘する。まず、これを比喩的に説明するためにフレッド・ホイルとジョン・エリオットにの著書「アンドロメダのA」を引き合いに出している（詳細は口頭で説明）。主な論旨はこうだ。非常に交信時間がかかる（200 光年）天体間では通信による対話は時間のずれにより成り立たない。そこで、自分の意思を遠く離れた天体にいる生物に伝え、そこにおいて自分に利する状況を望むのであれば何らかの特殊な方策をとらざるを得ないということである。ドーキンスは遺伝子と生存機械との関係もこのようなものだととらえている。

## 5 攻撃 — 安定性と利己的機械 —

この章の大半は誤解の多い攻撃の話題に当てられる。

ある生存機械にとってみれば、他の生存機械は環境の一部である。それは邪魔なものであることもあれば、利用できることもある。重要な点は、他の生存機械も未来のために自分の不死身の遺伝子を維持し、やはり遺伝子を守るためには何事もためらわぬ機械であるということ、それによりこれら他の生存機械は自分に反撃してくることがあるということだ。

種の異なる生存機械は、それが補食者であったり、獲物であったり、寄生者であったり、寄主であったり、あるいは乏しい資源をめぐる競争相手であったりする。同種の生存機械どうしはもっと直接的なかたちで互いの生活に影響を及ぼしあう。それが異性の場合とはかく、同性の場合は、彼らは交尾相手をめぐって、また近接した場所に住むことにより生活に必要なあらゆる資源をめぐる競争相手になる。

そうであれば、生存機械にとって理論的に正しい方針は、自分のライバルを殺し、できれば食べてしまうことである。けれど、同種殺しや共食いは実際、自然界にみられないことではないが、遺伝子の利己性理論の素朴な結果から予測されるほど普通ではない。コンラート・ローレンツは「攻撃」の中で、動物の戦いが制御のきいた紳士的なもの、形式的なものであることを強調しているが、彼の理論は要するに「種にとっての善」主義なのだ。前にも述べた通り、これには必然性はなく、全くの誤りだ。

遺伝子の利己主義理論ではどのように説明されるのか？つまり、動物達

があらゆる機会をとらえて自種のライバルを殺すことに全力を尽くしたりしないのはなぜか？

## 5.1 進化的に安定な戦略 ESS

これに対する一般的な答えは、利己的な個体においては無意識のうちに「損得計算」がなされているというものである。メイナード＝スミスが提唱している概念「**進化的に安定な戦略**」(evolutionarily stable strategy) 略称 ESS は、この考え方をはっきりと表現するに至った。戦略とはあらかじめプログラムされている行動方針で、その一例としては「相手を攻撃しろ、彼が逃げたら追いかける、応酬してきたら逃げるのだ」などが挙げられる。ESSは**個体群の大部分のメンバーがそれを採用すると、別の代替戦略によってとってかわられることのない戦略**だと定義できる。ESSの一番簡単な仮定的例の一つとして、ある種のある個体群にタカ派型とハト派型という二つの戦略を仮定し、その個体群における戦略の変移をみる。

タカ派型戦略をとる個体は「できる限り激しく際限なく戦い、ひどく傷ついたときにしか引き下がらない」とし、一方ハト派型戦略をとる個体は「もったいぶった、規定どおりのやり方で威しをかけるだけで、だれも傷つけない」とする。タカ派とハト派の戦いにおいては、ハト派は一目散に逃げるので怪我をすることはない。タカ派同士の戦いでは、片方が大怪我をするか死ぬまで戦う。ハト派同士の戦いでは、どちらも死ぬことはないが、彼らは長い間ポーズをとり続け、どちらかが飽きるまでこれ続ける。ある個体は特定のライバルがタカ派かハト派かを事前に知る手だてはないと仮定する。また、任意の約束ごととして、戦う両者には得点をつけることにする。勝者には 50 点、敗者には 0 点、重傷者にはマイナス 100 点、長い戦いによる時間の浪費にはマイナス 10 点とする。これらの得点は、遺伝子の生存という通貨に直接換算できるものと考えてよい。つまり、高い得点を得ている個体は、遺伝子プール内に多数の遺伝子を残す個体である。

全員がハト派の個体群の場合、平均得点は 15 点で、全員がタカ派の個体群の場合、平均得点はマイナス 25 点となる。しかし実はタカ派型戦略もハト派型戦略もいずれも ESS ではない（説明は口頭による）。じつは個体群にタカ派とハト派が 7 対 5 の比率で存在すると安定状態になる。その平均点は 6.25 点である。

この安定状態は（それを乱すと再びその点まで戻ろうとする傾向において）群淘汰説にいくぶん似ているが、実際は全く違う。ESS はある集団が他の集団より成功するかどうかということには関係ない。タカ派とハト派が 7 対 5 の比率で存在する個体群の平均は 6.25 点であるが、それは全員

ハト派の個体群より低い。全員がハト派になることを同意さえすれば、どの個体も有利になるはずである。単純な群淘汰説によれば、全員がハト派になることを同意した集団はいずれも、ESS 比に留まっているライバル集団よりも成功するはずだ。従って、群淘汰説は、全員ハト派の申し合わせに向かって進化するだろうと予言するに違いない。しかし、申し合わせにつきものの難点は、長期にわたって全員の利益をはかるという申し合わせでさえ、裏切りを免れない点である。

全員ハト派の個体群に一匹裏切りものの個体が侵入すれば、この申し合わせ集団は内部から崩壊する。ESS は安定しているが、それは ESS がそれに加わっている個体に有利だからではなく、単に内部からの裏切りを食い止める力を持っているからである。

前例では一つの個体はタカ派かハト派かを仮定した。そして結局、タカ派のハト派の進化的安定比率に落ち着いた。実際にはこれはタカ派の遺伝子とハト派の遺伝子安定した比率が遺伝子プール内に確立されていくことになる。これは遺伝学用語では**安定多型** (stable polymorphism) という。しかし多型を考えなくても各個体がそれぞれの戦いに 7 対 5 の比率においてタカ派とハト派の様に振舞えるのであれば、数学的には全く等しい ESS が達成される。

## 5.2 さらに複雑な戦略

タカ派型やハト派型だけが可能な戦略ではなく、メイナード＝スミスは以下にあげるいくつかの複雑な戦略を導入した。

- **報復派型**：どの戦いでも最初はハト派のように振舞い、相手が攻撃を仕掛けて来た場合は報復する。
- **あばれん坊型**：誰かが報復してくるまでは、誰に対してもタカ派の様に振舞う。反撃にあうと直ちに逃げ出す。
- **試し報復派型**：基本的には報復派型と同じであるが、ときおり争いを実験的にエスカレートさせてみる。そして相手が反撃にでなかったらタカ派の行動を続ける。反撃されたら、ハト派の様に規定どおりの威嚇にもどる。攻撃を受けた場合は、普通の報復派と同じように報復する。

コンピュータシミュレーションにより、これまで挙げた五つの戦略者を全て互いに自由に振舞わせると報復派だけが進化的に安定であることが分かる。

この ESS の理論上の結論は、大部分の野性動物に実際におこっていることとかけはなれていない。もったいぶった形式的威嚇についても説明している。

### 5.3 持久戦—もう一つのゲーム—

メイナード＝スミスが考えたもう一つの戦争ゲームは「持久戦」である。これは危険な戦いを決してしない種、そしてたぶん怪我などしそうな鎧に覆われた種にみられるものと考えられる。この種の争いでは、すべて儀式的姿勢によって解決される。争いはつねに、どちらかが引き下がることで終る。しかし、威嚇に無限時間を費やせるほどの余裕がある動物はいない。一般に、争っている資源は無限に価値があるわけではない。この様な争いに関しては「即撤退戦略」、「ポーカフェース」、「嘘つき戦略」などが考えられたが、「ポーカフェース」が進化的に安定であるあることが分かっている。

### 5.4 非対称な争い

これまで検討してきた争いは、メイナード＝スミスが対称的争いと呼んでいるものばかりである。つまり、競争者同士が、戦いの戦略以外のあらゆる点で全く同一だと仮定されていた。これはモデルを利用するには都合のいい仮定だが、現実的ではない。

メイナード＝スミスとパーカーは次の三つの非対称的争いを考えた。

- 体の大きさか戦闘能力がことなる場合。
- 勝利によって得なければならない利益の大きさが個体によって異なる場合。
- 全く任意の一見関係なさそうに見える非対称が生み出す ESS。

#### 5.4.1 任意の非対称が生み出す ESS

この第3の場合について説明する。競争者の一方がたまたま他方より先に争いの場に到着している場合が、たいていこれに当てはまる。彼らをそれぞれ「先住者」、「侵入者」とよぶことにする。議論の都合上、先住者であることや侵入者であることには一般的な利益はないものとする<sup>3</sup>。

---

<sup>3</sup>この仮定が実際は正しくないと思われる理由があるが、これは重要ではない。重要なのは、たとえ先住者が侵入者より有利だと考える一般的な理由がなくても、この非対称それ自体によってある ESS が進化するということだ。

二つの条件戦略、すなわち「自分が先住者であれば攻撃し、侵入者であれば退却せよ」と「先住者であれば退却し、侵入者であれば攻撃せよ」が考えられる。例えば全個体が「自分が先住者であれば攻撃し、侵入者であれば退却せよ」戦略をとるとしよう。これは彼らが戦いの半分に勝ち、半分に負けることを意味している。彼らは決して傷を負わず、時間も無駄にしない。さてここで新たな突然変異の反逆者が現れたとする。彼は常に攻撃し、決して退かないタカ派の戦略をとるとする。相手が侵入者の場合は彼が勝つ。相手が先住者であれば大きな傷を負うことになるであろう。平均すると、彼は ESS の任意の規則に従って行動する個体より得点が低くなる。

実生活においては、真に任意の非対称というものはおそらく存在しない。例えば、先住者はたぶん侵入者より実際には有利な立場にあるであろう。自然界では「先住者が勝ち、侵入者が退く」状態の方が可能性が高いことは、もっと深い理由がある。つまり「侵入者が勝ち、先住者が退く」という逆の戦略は、自己崩壊を招く傾向を本来的に持っているからだ。

この逆説的戦略によって ESS の状態にある個体群では、個体は常に先住者と見られないように、絶えまなく、他に何の意味を無しに歩き回ることにより、侵入者であろうと努めているに違いない。その時間とエネルギーの損失は別としても、この進化的傾向は先住者という範疇を自然に消滅させていく。

「先住者が勝ち、侵入者が退く」というもう一方の安定状態にある個体群では、先住者になろうと努める個体に有利に自然淘汰が働く。これにより各個体はある区域に踏み留まり、できるだけそこを離れず、そこを守ろうとする。これは今ではよく知られているように「**なわばりの防衛**」とよばれている。この型の戦略の実例はニコ・ティンバーゲンによるトゲウオの実験で知られている。

生物学者はよく、なわばり行動の生物学的利点は何かを問う。だが今や、この質問は無用かもしれないということがわかってきた。なわばり防衛とは単に、二個体と土地片との関係を決める、到着時刻の非対称ゆえに生じた ESS に過ぎないかも知れないのだ。

#### 5.4.2 体の大きさと戦闘能力の非対称が生み出す ESS

この場合は常識的戦略つまり、「相手が自分より大きければ逃げろ。自分より小さい奴にはけんかをふっかけろ」という戦略が比較的安定して、どんな状況からも ESS 状況に達する。生物学者はよく、順位性の生物学的利点ないし「機能」は集団内の公然の攻撃を減らすことにあるというが、しかしこれは説明の仕方としては正しくない。順位性それ自体は進化

的な意味で「機能」をもっているとはいえない。なぜなら、それは集団の特性であって、個体の特性ではないからだ。「機能」という言葉を全く捨てて、個体認知と記憶という二つの条件を加味した非対称な争いにおける ESS という点からこの問題を考えた方が、はるかによい。

## 5.5 異種間での争い

生物では、ある別種の個体間の利害が激しく衝突する場合がある。捕食者と獲物の関係にある種族間においてそれは顕著である。ライオンはアンティロープの体を食べたがるが、同じ肉でできている自種のメンバーはなぜ襲って食べないのか？我々は進化の「種にとっての善」という誤った見方から考える癖が抜けていないのでこの種の全く妥当な質問を忘れがちである。また、アンティロープなぜ反撃しないでライオンから逃げるのか？

ライオンがライオンを狩らないのは、そうすることが彼らにとっては ESS ではないからである。共食い戦略は、前の例のタカ派型戦略と同じ理由で不安定である。だがこのことは、異種間の争いにはあまり当てはまらないように見える。獲物の動物がたいがい報復せずに逃げるのはそのためであろう。これはたぶん、別種の二個体間の相互作用においては、同種のメンバー間の場合より大きな非対称が組み込まれているという事実に根ざしている。

## 5.6 社会組織の芽生え

ESS の概念はダーウィン以来の進化論におけるもっとも重要な進歩の一つとしてふりかえられるようになるのではないか？この概念は利害の衝突のあるところならどこにでもあてはまる。動物行動の研究者は「社会組織」といわれるものについて語るのが習慣になっている。社会組織は、自らの生物学的利点を備えた独自の実体として扱われることがあまりに多い。これまでにあげた例では「順位制」がそれである。生物学者が社会組織について述べた数々の説の背後には、必ず群淘汰主義者の仮説が隠されていることをドーキンスは疑わない。メイナード＝スミスの ESS の概念こそ、独立した利己的な単位の集まりがどの様にして単一の組織された全体に似てくるようになるのかを、はじめてはっきり教えてくれることであろう。

## 6 遺伝子道

個々の利己的遺伝子の目的は、遺伝子プール内にさらにその数を増やすことである。しかし今や遺伝子は多数の異なる個体内に同時に存在する、分散された存在であることを忘れてはいけない。この章で議論することは、遺伝子が他の体に宿る自分自身のコピーをも援助できるらしいという点である。もしそうであれば、それは個体の利他主義としてあらわれるであろうが、それはあくまで遺伝子の利己的主義の産物であろう。

### 6.1 血縁淘汰－近縁度にもとづく淘汰－

遺伝子が他個体内の自分のコピーを認知する何かもっともらしい方法はあるか？答えはイエス。近しい身内－血縁者－が遺伝子を分け合う確率が平均より高いことを示すのはやさしい。R.A. フィッシャー、J.B.S. ホールデン、W.D. ハミルトンが明らかにしたことは、他の近縁者－兄弟姉妹、甥、姪、いとこ－にも同じことがいえる。かりに 10 人の近縁者を救うために一個体が死んだとしたら、血縁利他主義遺伝子の一コピーが失われるが、同じ遺伝子の多数のコピーが救われる。

ここで近縁度 (relatedness) という指標を導入する。これは二人の親族が一個の遺伝子を共有している確率をあらわす。二人の兄弟間や、親子間の近縁度は常に  $1/2$  である。近縁度を簡単に計算する方法は、二つの個体の共通の祖先まで探し、一方からさかのぼって、その祖先を経由して他方の個体に到達するまでの世代間隔を数え、それを指数に  $1/2$  の巾をとり、それに共通の祖先の数を掛ければよい。

一卵性双生児や自分自身の近縁度は 1 である。また、あなたは叔父（近縁度  $2 \times (1/2)^3 = 1/4$ ）に「似ている」のと同じくらい祖父（近縁度  $1 \times (1/2)^2 = 1/4$ ）に似ているわけである。叔父、叔母、姪や甥、祖父母や孫、異母（父）兄弟の近縁度はすべて  $1/4$  である。ちなみに、ある個体の持っている特定の遺伝子を、個体群内から任意に選んだ個体が持っている基本的な確立は  $1/128$  程度である。

利己的な遺伝子はこの近縁度に基づき、自己の複製子の生存可能性を最大限にするよう生き残り戦略をたてることになる。ちなみにある個体の子育てに関する遺伝子へ利益を考えた場合、その子供を育てることによる利益と、自分より若い兄弟姉妹を育てることによりその遺伝子が得る利益は近縁度からすれば同じであることがわかる（しかしこれは単純化のし過ぎであり、兄や姉による世話は、自然界では親による世話ほど多くはない）。ここで強調したい点は、親子関係が兄弟姉妹関係にくらべて遺伝的に特別なことはなにもないということである。

この近縁度に基づくタイプの自然淘汰を群淘汰（群の生存の差）や個体

淘汰（個体の生存の差）と区別して、血縁淘汰と呼んでいる。血縁淘汰は家族内利他主義の原因であるとされ、血縁が濃ければ濃いほど、淘汰が強く働く。血縁淘汰は断じて群淘汰や、その特殊な例ではない。それは、遺伝子淘汰の特殊な結果である。遺伝的に言えば、親による子どもの世話と兄弟姉妹の利他主義はまったく同じ理屈で進化し、それはどちらの場合にも、受益者の体内に利他的遺伝子が存在する見込みが十分にあるからだ。

血縁淘汰における確実な自殺と完全な生命救助は、実生活では自分自身と他の人々の統計的な死亡危険率に置き換えられる。遺伝的にいえば、祖父母と孫が互いに対して利他的に振舞う根拠は等しい（それらは互いに遺伝子の1/4を共有しあっている）が、孫の平均余命（繁殖期待値、またより厳密には「将来の自己の遺伝子に役立つ一般能力」といってもよい）が大きい分だけ、孫に対する祖父母の利他主義の遺伝子の方が、その逆よりも淘汰上有利である。利他的行動が進化するには、利他主義者にとっての正味の危険度が、近縁度と受益者にとっての正味の利益とをかけあわせたものより小さくしなければならない。

このこのような計算は、あわれな生存機械が急いでおこなうには非常に複雑なものである。実際におこっているのは、体に影響をおよぼしてこのような計算をしているかのように振舞わせる遺伝子が遺伝子プール内にはびこることである。それでは実際に動物は、誰が自分の近縁者であるかをどのようにして判断しているのだろうか。

## 6.2 血縁者—コピーの認知—

我々が誰が身内かを知っているのは、人から聞くからであり、名前がついているからであり、きちんとした結婚の形式をとるからであり、さらにまた、書かれた記録と抜群の記憶力があるからである。人間の習慣や種族の儀式は一般に親族関係を大いに強めるのに役立つ。それでは、野性動物は誰が近縁个体かをどのようにして知ることができるのか？

メンバーがあまり動き回らない種や、メンバーが小群をなして動き回る種では、自分がたまたま出会う个体がいずれも自分にかなり近縁な个体である公算が大きい。この場合、「自種のメンバーに出会ったら、誰にでも親切にしろ」という規則は、遺伝子の持ち主をこの規則に従いたくさせる遺伝子が遺伝子プール内にふえるという意味で、プラスの生存価をもっている。これが、サルの群やクジラの群における利他的行動がしばしば報告される理由であろう。一般に動物では、母性本能と呼ばれる利他的行為が進化する。これは自然界で普通にみられる条件の下で形成されたものであり、それは、自然界では普通は自分の巣の中に他人がいることはないとい

うものである。

故意にたくまれた母性本能の誤用の例は、カッコウその他の「托卵鳥」にみられる。カッコウは鳥の親に組み込まれた、「自分が作った巣の中にいる小さな鳥にはいずれも親切であれ」という規則を悪用している。セグロカモメの親は自分の卵を見分けず、他のカモメの卵を喜んで抱く。カモメにとって卵の認知は重要ではない。なぜなら、彼らの作る巣の形状から、卵が数メートル先の隣の巣に転がり込むことはないからだ。

一方、ウミガラスは自分の卵をその「ふ入り模様」で見分け、抱卵中はそれらを特に優遇する。これはおそらく、彼らが平たい岩の上に巣を作るため、他の卵が混ざってしまうおそれがあるからだ。ところで彼らはなぜわざわざ自分の卵だけを区別して抱くのだろう。すべての雌が、とにかくだれかの卵を忘れずに抱くという「子守りサークル」のような規則にしておきさえすれば、それぞれの母鳥が自分の卵を抱こうが、他の誰の卵を抱こうが、問題はないはずである。

その平等なはずの子守りサークルに裏切り母鳥が出てきた場合を考えると、彼女は抱卵に時間を浪費するかわりに、もっとたくさんの卵を産むことに時間を使うことができる。しかし他のもっと利他的な親鳥が彼女のためにそれらの卵を世話してくれる。結局このような子守りサークルは、このシステムをうまくのがれるための遺伝子が個体群内に広がり、崩壊してしまうに違いない。メイナード＝スミス言葉をかりれば**利他的養子とり戦略は進化的に安定な戦略ではない**。ウミガラスにとって唯一の進化的に安定な戦略は、自分の卵を認知してもっぱら自分の卵を抱くことである、これはまさに実行されていることだ。

カッコウに托卵される鳥の種は、自分個人の卵の外観をおぼえるのではなくて、自分の種に特有な模様のある卵を本能的に優遇することで反撃にでた。しかし今度はカッコウの卵には完璧な擬態（自分の卵の色、大きさ、模様を里親の卵に似せる）が進化的に生じた。見つけ出されなかった擬態に優れたカッコウと雛は生きのびて、次世代のさらに擬態に優れたカッコウを産むことになる。一方、擬態の不完全さ見抜く鋭い目を持つ里親は遺伝子プールに貢献し、鋭い疑い深い目が次世代に伝えられる。これは自然淘汰がどのようにして識別能力をみがきあげることができるかをしめす例である。

利他主義の進化においては、「真」の近縁度がどれくらいかということは、動物がどれくらいよく近縁度の見積りができるかということほど重要ではない。この場合、重要なのは近縁度に加えて、「確実度」指数といったものを考えるべきだ。これは自分にとって近縁のものをどのくらい確実に認識できるかという指数だ。どの動物においても自分自身は自分の利己的な遺伝子のどれもが確信できる唯一の個体だ。

多くの種では母親は父親よりは自分の子を確認できる。母は、目に見え、触れることのできる子どもを産むことにより、自分の遺伝子の持ち主を確実に知るチャンスがある。**あわれな父親ははるかにだまされやすい。だから父親は母親ほど育児に熱を入れないのだと考えられる。**同様に、母方の祖母は父方の祖母にくらべて自分の孫に強い確信を持っているので、父方の祖母より強い利他主義を示すのだと思われる。また夫婦の不貞度の高い社会では、母方の叔父は「父親より」利他的であるに違いない。

親による子の保護、乳腺やカンガルーの袋などそれに関連したあらゆる肉体的器官が、事実上血縁淘汰原理が実際に機能していることの例なのだ。親による子の世話が血縁淘汰の作用の例としてもっとも適したものであることが理解できる。

## 7 家族計画

親による子の保護活動を、同様に血縁淘汰の産物である他の利他的諸行動とは別扱いにしようとする人々がいるのはなぜか？これを「新たな個体を生み出すこと(子作り)」と「現存個体に保護を加えること(子育て)」との相違としてとらえたい。子育てと子作りは、個体の利用しうる時間あるいはその他の諸資源をめぐる、互いにある程度競合せざるをえない定めを負っている。

種をめぐる生態学的諸特性の細部のいかに応じて、子育て、子作りの両戦略のさまざまな混合戦略が進化的に安定となるうる。ただし、**進化的に安定となりえない戦略が一つある。それは純粋な子育て戦略である。**これは先のウミガラスの例でもみたが、もしすべての個体が現存する子供達を養育することに没頭して自らの子を産まぬ状態になってしまえば、この個体群は子作り専門に突然異変した諸個体によってたちまち牛耳られる。子育ては、混合戦略の一部としてのみ進化的に安定となりうる。

ほ乳類と鳥類には子育て屋の傾向が強くみられる。實際上、子育てと子作りはかなりの場合共存しているわけで、人々が両者を混同する理由もここにある。あなたが幼い兄弟を育てることと幼い息子を育てることの間には、遺伝学的は近縁度は変わらないので、原理的な差異は全くない。ただし、あなたは自分の子供を産むことはできるが、自分の兄弟を赤ん坊として産むことは定義からして不可能だ。そこで本章では、新たな個体を生み出すかどうかを決める場合に、生存機械がどんな風に決断すべきかに焦点を合わせる。

## 7.1 個体数の調整

ウィン=エドワーズは群淘汰の見解を広めるに当たって「個体数調整」の理論を土俵とした。これは個々の動物が、集団全体のために、意図的かつ利他的に自らの産子数を減少させると論じた。これは人目を引く仮説であり、また人間個々人の責務にとってもよく合致するように思える。人口過剰の破壊的帰結に前もって注意を配るための意識的な先見能力を一部の人間は持ち合わせていると思われる。一方、**生存機械**というものは、一般に**遺伝子**という利己的な存在に支配されていて、しかも**遺伝子**は将来を先取りしたり、**種全体**の幸福を心配するようなことは到底考えられないというのが本書の基本原則である。

どの種をとっても、その産子数はかなり一定の数を示す傾向があり、無制限な数の子供を産む動物など存在しない。なぜ出生数が調節されている、言い換えればどのような**自然淘汰のプロセス**によって**家族計画は進化したのか**という点をめぐって群淘汰仮説と遺伝子利己主義仮説には相違がある。

群淘汰にもとづく産子数調整戦略をとる遺伝子は進化的に不安定だ。それは、利用しようと待ち構える利己的な個体に乱用されるすきをもっているからだ。

**個々の動物は家族計画を実行するが、しかしそれは公共の利益のための自制**ということではなく、むしろ**自己の産子数の最適化である**というのが遺伝子利己主義仮説にもとづく個体の産子数調整に関する説明である。個体に過剰な数の子供を持たせるように仕向ける遺伝子は、遺伝子プールの中には留まれない。親の養育能力以上に家族を大きくさせる遺伝子を体内に持った子供らは、成体になるまでに生き残るのが難しいからである（これはもともと生態学者デービッド・ラックの一巢卵数に関する理論における結果である）。産子数制限を行なうのは、集団のための資源を過剰に利用しないようにするためなどではない。実際に生き残れる自分の子供の数を最大化するためなのだ。

## 8 世代間の争い

この章では同じ種に属する生存機械相互間の親子関係、つまり家族の内部における利害の衝突の問題を考察する。比喩的にいえば、母親はある特定の子供をひいきすべきか、それともすべての子供に等しく利他的に振舞うべきかといった問題である。

## 8.1 親による保護投資

母親がひいきの子供を作るといった場合、それは彼女が自分の利用しうる諸資源を子供の中に不均等に投資するといったことである。親動物の投資しうるすべての資源をはかる、共通の尺度を案出するのは難しい。この問題を手際良く解決したのは R.L. トリバースだ。彼は「親による保護投資」という概念を利用してそれを解いた。保護投資（以下 PI と略す）とは「ある子供に対する親の投資のうち、その子供の生存確率（それゆえ繁殖確率）を増加させ、その際同時に他の子供に対する親の投資能力を犠牲にさせるようなあらゆるもの」と定義される。

すべての親動物は、彼女の生涯を通算して、子供に投資しうるある総量の PI を持っている。成熟期に達した若雌は、彼女の生涯の資源をどのように投資すべきだろうか。ラックの理論でみたように、あまりにも多数の子供に投資を極小量ずつ分散させてしまうべきではない（これは極めて多くの遺伝子を失うことになり、結果としてこの様な戦略をとると十分な数の孫を確保できない）。また逆に、あまりに少数の子供一過保護の甘ったれ小憎一にすべてを（過剰に）投資してしまうべきでもない。最適数の子供に投資したライバルの方が最終的にはさらに多くの孫を得ることになるだろう。

## 8.2 母親のひいき作り

さてこの章での問題は、母親はひいきの子供を作るべきかである。母親はひいき作りについては、何ら遺伝的根拠はないというのが、この問いへの回答だ。彼女の子供に対する遺伝的近縁度は、すべての子供で等しく  $1/2$  だからだ。彼女の最適戦略は、繁殖年齢まで養育しうる最大数の子供に対して、公平な投資をおこなうことである。

しかしながら、一部の個体は他の個体よりも生命保険の被保険者（この場合遺伝子を生命保険会社、その遺伝子を持つ生存機械を被保険者としてみている）として優れている場合がある。弱い（若い、小さな）子供を他の兄弟と最終的に同じ状態まで育てあげるには、公平な配分量以上の親による保護投資がその子供に必要な。生活が子供の生死を分かťほど厳しいような場合、同年齢の子供の成長に差があるようなと、時に母親が小さな子供を犠牲にしてしまうことは動物においては見受けられるが、それはこのようなことに起因していると思われる。

生活がそれほど厳しくない場合、母親はもっとも弱い子供に援助を加える方が安全だ。つまり、自分で食物を確保できるほど大きく育った子供よりは、授乳が必要な子供の方に大きな援助をあたえることの方がより安全なのだ。大きい子供は給餌しなくとも死ぬことはないからだ。ほ乳類に

において乳離れがおきる理由もそこにある。給餌という保護投資をするより、次の子作りのために投資することの方がより有利であるからだ。しかし最後の子供をかかえた母親は、もし何らかの方法でその子が末っ子であることを知ることができれば、残る生涯にわたって彼女の全資源をその子に投資し、ことによると、その子供が十分成体に達するまで授乳し続けるものと予想できる。

### 8.3 月経閉止の進化

人間の女性はある中年期に突然月経閉止にみまわれる。月経閉止は何らかの進化的適応ではないかと思われる。高齢の母親から産まれた子供の平均寿命は、若い母親の子供の寿命に比べて短い。自分の産んだ子供（遺伝的近縁度は  $1/2$ ）が成体に達しうる平均確率が、同じ年の孫（遺伝的近縁度は  $1/4$ ）のそののちょうど二分の一をきる年齢に女性が到達すると、子供よりはむしろ孫の方に投資させるように仕向ける遺伝子が有利になるだろう。この遺伝子は、孫四人当たり一人の割合で担われるにすぎず、一方それとライバル関係にある遺伝子は、子供二人当たり一人に担われることになる。しかし、孫の寿命の長さがこの関係を逆転させてしまうため、「孫に対する利他的行動」をうながす遺伝子が、遺伝子プールを牛耳ることとなる。これが中年期の女性に繁殖能力を喪失させるように仕向ける遺伝子のほうが、次第に増加した理由であろう。

男性の場合、もし若い女性に子供を産ませることが可能なら、たとえ彼が高齢であっても、孫に投資するより自分の子供に投資した方が常に有利だ。これが、男性の生殖能力が突然失われるのではなく、次第に衰えていく（しかも実際かなり高齢になっても繁殖能力がある）ことの理由だ。

### 8.4 兄弟姉妹間の争い

母親の最適戦略は、繁殖年齢まで養育しうる最大数の子供に対して、公平な投資をおこなうことであることをみてきた。それでは子供達の間で特別待遇をめぐる確執はないのか。厳密に言えば、子供間に利己的な確執をもたらす遺伝子は、各自が公平な配分量以上は望まぬよう仕向けるライバル遺伝子より、遺伝子プールで多数になりうるか。これを考えるには個体の自己に対する近縁度と兄弟姉妹間での近縁度、そして保護投資から得られる利益を考慮に入れなければならない。

もし他の条件が同一なら、ある個体は母親が他の兄弟姉妹より彼自身に多く投資してくれるとうにと望む傾向を示すことになる（この様な遺伝子が進化的に安定で遺伝子プール内に増える）。しかしこの他の条件が同一

でない場合がある。歳上の兄弟は、子に対する母親の場合と全く同じ根拠から、年下の兄弟に対して利他的行動をしめす。

結果をいえば、各々の子供は、公平な割り当て以上に親による保護投資を手に入れようと頑張るべきであるが、しかしそれはある限度がある。その限度量とは、彼がその分を横取りするために既存の弟妹、および将来生まれる可能性のある弟妹の被る損失が、彼の得る利益のちょうど2倍になってしまう量のことである（添付資料の補注2）。

## 8.5 世代間の争い

本書では、動物個体というものが、あたかも遺伝子を保護するための生存機械であるかのようにみなしている。この比喻に従って、私達は、親子の争い、すなわち世代間の争いを論ずることができる。これは、両者があらゆる手を打って展開する陰險な闘いだ。子は親をだます機会を逃しはしない。彼は実際以上に空腹なふりをしたり（一巢内での雛同士の餌の取り合い）、あるいは実際より幼い風を装ったり（授乳期間の引き延ばし戦略）、さらには、実際以上の危険にさらされているように見せかけたりするだろう。親を物理的におどすには、彼は小さ過ぎるし弱過ぎる。しかし彼には嘘、詐欺、ぺてん、利己的利用など、自由に使える心理的武器がある。それによって血縁者が被る不利益が、遺伝的近縁度の許容しうる限度をこえるぎりぎりのところまで、彼はそれらあらゆる心理的武器を駆使するのだ。一方親達は、詐欺やぺてんに対する油断を怠ってはならず、それにだまされぬよう努めなければならない。

A. ザハブィは、子供が時にとてつもなく悪魔的な恐喝をおこなう可能性がある」と指摘している。子は捕食者をわざわざ巢に引き付けるような仕方で鳴きわめくことがあるという。その子供は「キツネさん、キツネさん、僕を食べにおいで」といっているのだ。子の鳴きわめくのを止めさせるに、親がとりうる唯一の手段は、彼に食物を与えることだ。この場合子供にもそれなりの危険が伴うが、それにより彼は公正な配分量以上の食物を手に入れるというわけだ。この容赦のない戦術は、身代金を与えられなければ自分もろとも飛行機を爆破すると脅すハイジャッカーのそれと同じだ。

（托卵鳥であるカッコウの雛には大声で鳴くように仕向ける遺伝子が遺伝子プールの中で数を増した。）

## 9 雄と雌の争い

この章では同じ種に属する生存機械相互間の性的関係を考察する。互いに遺伝子の半分を共有し合っている親子の間にも利害の対立があるというなら、互いに血縁関係にない配偶者間の争いは、それをどれほど上回る激しさを呈することになるだろうか。

血縁関係にない配偶者である父親と母親は、同じ子供たちに投資した50%の遺伝子の福利に関心を向けており、互いに協力して子供を育てることは、両者いずれにとってもある程度有利だ。しかし、もし配偶者の一方が、個々の子供に対する貴重な投資量を、公平な割り当て以下で済ませることができたとすると、当の配偶者にとってこれは有利だ。

理論的には、個体というものは、可能な限り多数の異性と交尾して、しかもそのつど子育てはすべて相手に押しつけることを「望み」とするはずだ。性的なパートナーシップを、相互不信と相互搾取の関係として把握するとこと特に強調したのはトリバースだ。これはエソロジスト達（求愛行動、交尾などは相互利益あるいは種の利益のために遂行される本質的には共同的な冒険だと考える）には比較的新しいものだ。

### 9.1 非対称配偶子－卵子と精子－の出現

性差による争いを論じる前に、その性差に本質的な非対称がどのように発現してきたかを論じる。

最初の配偶子（性細胞）はすべて同型であった。これは両配偶子が高齢個体に寄与する遺伝子が同数なのはもちろん、両配偶子が寄与する食物物質の量も同量だ。しかし中には他の細胞より偶然すこし大形の性細胞があったに違いない。大形の同形配偶子は、平均的なサイズのものよりある点で有利だったと思われる（例えば他より多量の食物供給を得ることができるなど）。しかしそこに罠が待ち構えていた。大形の配偶子が出現すると、受精においてそれを利己的に利用する（こすい）配偶子が現れたからだ。それらの利己的配偶子は小形化し、運動性能を向上させ、積極的に大形配偶子を探索できるように進化した。また小形かすることは短時間に大量の配偶子を生産できるようになる利点もあった。

この二つの戦略（大形化と小形化）は、その分化を極端に押し進めた。こすい方の小形配偶子の投資量がますます縮小してゆくのを埋め合わせるために、実直な方の大形配偶子はどんどん大形化の道を歩んだ。しかもいつもこすい配偶子が実直大形配偶子を追い求めるので、ついに大形配偶子は運動性能を失ってしまった（それでも進化的には問題なかった）。こすい配偶子を持つ個体は今日いわれる雄となり、実直大形配偶子のそれは雌になった。

このように考えてくると、もし「種にとっての利益」というような単純な考え方をとるなら、雄は雌より数が少なくなるはずだと考えてしまう。しかしこのようなことはおこらない。なぜなら、もしそのようになって、少数の雄と多数の雌という傾向が現れた種には、それを利己的に利用しようという遺伝子がはびこるからだ。自己の遺伝子を最大にしようとする親にとっては、最適子供数はいくつかという様な議論を前に行なったが、ここではその子供達の性比はいくつがいいのかということが問題になる。これは ESS に相当するものを性比に関する戦略において見い出すことになる。結論的には、親から息子と娘への保護投資資源量が均等な場合は、これは 1 対 1 の性比が進化的に安定な戦略ということになる。しかしそれが不均等な場合はその限りではない（例えばアザラシはハレムを構成するが、このような場合は多数の娘と、一人のスーパー息子を育てた方が有利かもしれない）。

## 9.2 雄と雌の争いに関する ESS

さて本題の雄と雌の争いに議論を戻す。配偶者である父親と母親は、同じ子供たちに投資した 50 % の遺伝子への保護投資に関心があるが、性的なパートナーシップは、相互不信と相互搾取の関係として考えられることを先にあげた。それでは雄と雌においてどのような性的戦略が利己的な遺伝子にとって有利になるのであろうか。これについて Dawkins は、いろいろな意味で興味深い議論を展開しているが、ここではメイナード＝スミスの分析方法に従って得られた結果だけをのべる。

## 9.3 「はじらい」、「尻軽」、「誠実」そして「浮気」戦略

異性間の争いにもさまざまな戦略が考えられる。ここでは雌の二つの戦略「はじらい」戦略と「尻軽」戦略、そして雄の二つの戦略「誠実」戦略と「浮気」戦略を考える。これら四型の行動規則は以下の通りである。はじらい型の雌は、雄が数週間にわたる長くて高価な求愛を完了しなければ彼と交尾はしない<sup>4</sup>。尻軽型の雌は、誰とでもただちに交尾する。誠実型の雄は長期間求愛を続ける忍耐力があり、交尾後も雌のもとに留まって子育てを助ける。浮気型の雄は、雌が直ちに交尾に応じなければたちまち痺れを切らせ、その雌を捨てて別の雌を探しに行く。交尾後は雌のもとに留まってよき父親役を演ずることはなく、新しい雌を求めて去ってしまう。

メイナード＝スミスに従ってこの四つの型の戦略の進化的安定性を解析

---

<sup>4</sup> 実際ある種の動物では長い婚約期間を過ぎなければ交尾しないという戦略をとる雌が見られるが、これは雌にとって有利な戦略であることが説明できる。

するために、交尾、子育てなどそれぞれの行為の代価と利得に適当な仮説的数値を与えておく。子供が無事に育った場合、それぞれの親の得る遺伝的利得を (+)15 単位とする。子供を育てるための代価、すなわち食物、世話に要する時間、子供を守るために親のおかす危険のすべてを合計したものは (-)20 単位とする。長い求愛で時間を浪費する代価は (-)3 単位とする。

はじらい型の雌と誠実型の雄だけで構成される集団は雄雌の平均利得は (+)2 単位 ( $+15 - 10 - 3 = 2$ ) である。さてこの集団に尻軽型の雌が一頭入り込むと、その平均利得は (+5) 単位 ( $+15 - 10 = 5$ ) であり、このような戦略は進化的に繁栄する。しかし尻軽型の雌が優勢になると雄側の事態に変化がおきてくる。いままではじらい型の雌が優勢であったため登場する機会のなかった浮気型の雄が台頭してくる。なぜなら尻軽型の雌が優勢な手段では浮気型の雄の平均利得は 15 単位だからだ。しかし浮気型の雄は子供の世話をまったく見ないので浮気型雄と交尾した尻軽型雌は単独で子供の世話をしなければならない羽目になり、平均利得は (-)5 単位 ( $+15 - 20 = -5$ ) に下がってしまい、結果として尻軽型の雌は衰退し、逆にまたはじらい型雌が優勢になってくる。

実はこのような有利な戦略の振動は永遠におこるわけではなく、このような集団はある安定状態に進化的に収束する。その進化的に安定なシステムでは、雌における「はじらい」型の占有率は  $5/6$ 、雄における「誠実」型の占有率は  $5/8$  であることがわかっている。先のハト派タカ派の例でも見たように、このような場合個々の個体が別の戦略をとるという仮定をおく必要はなく、例えば平均的にみて、雌では  $5/6$  の確率ではじらい型戦略をとり、残りの  $1/6$  の確率で尻軽型の戦略をとるようなシステムでも同じ ESS に達する。

## 10 僕の背中を搔いておくれ、お返しに背中を踏みつけてやろう

これまでの章では同じ種に属する生存機械相互間の親子関係、および性的、攻撃的相互関係を考察してきた。しかし、動物の相互関係にはこれらのもとには包括されえないような顕著な領域が他にもいくつもあり、この章ではそれらを考察する。

多くの動物は群れ生活の傾向を持つ。利己的な存在である個体が群れで生活することにより手に入れることのできる利益については様々な点が示唆されている。第一章で引き合いに出した利他的行動の諸例を引き合いにだし、次に昆虫社会を考察する。最後の締めくくりとして、互惠的利他主義という重要な概念、すなわち「僕の背中を搔いておくれ、僕は君の背中

を掻いてあげるよ」という原理にふれる。

## 10.1 昆虫の社会

ここでは主に第一章でふれた、ミツバチの社会におけるカミカゼ的働きバチの行動－利他的行為－について議論する。

社会性昆虫のめざましい行為は伝説的で、中でも目立つのはその驚くべき協力行動の能力と利他主義である。昆虫社会では人間の感覚でいうような個体としての生活などは全く存在せず、社会性昆虫の個性性は、明らかに社会の福利に従属させられているように見える。社会性昆虫のコロニー内のほとんどの個体は不妊のワーカー（働きバチ）である。「生殖系列」の細胞－不死身の遺伝子を連綿と伝える細胞系列－は、ごく少数の繁殖機能を持つ個体の中を流れていく。繁殖機能を持つ少数個体は、精巣や卵巣中に収まっている我々の生殖細胞の相似物である、一方の不妊のワーカーたちは、我々の肝臓や筋肉、そして神経細胞に例えられる。

ワーカーたちが示すカミカゼ的行為、およびその他の形態の利他主義や相互協力は、彼女らが不妊であることが理解されれば、驚くことではなくなる。以下では遺伝子の利己性理論が社会性昆虫をどう扱うのかみる。

社会性昆虫の一つのコロニーは巨大な家族であり、全ての個体は同じ母親に由来する。ワーカーは自ら繁殖することはほとんどなく、しばしばいくつかのはっきりしたカーストに区別される。繁殖能力を示す雌は女王と呼ばれる。繁殖力のある雄は、雄バチと呼ばれる。繁殖個体は子作り以外の仕事を一切行なわない。食物や保護はワーカーにたよりきりだし、子供の世話もワーカーの仕事である。

第7章では、子作りと子育ての区別を導入しているが、その際、この二つを結合させた混合戦略が進化するのが普通だと指摘されている。さらに第5章では、混合戦略が進化的に安定となる場合、二つの一般的タイプが示されうると述べられている。一つのタイプは、個体群中の個々の個体が両戦略を混合した行動を示す。もう一方のタイプでは、個体群が二種の異なるタイプ－子作りと子育て－に分割される。しかしこれが進化的に安定となりうるためには、子育て個体は、育てられる側の個体とごく近縁でなければならない。進化がこの方向に進むことは理論的には可能であり、それが実際に起きたのが社会性昆虫においてである。

社会性昆虫において不妊のワーカーを見たとき、ダーウィンの理論に投げかけられる疑問は「そんなことをして、ワーカーに一体何の利益があるのか？」である。「親による操作」理論を考える人は、ワーカーには何の利益もないという。彼らの考えでは、女王は自分の利己的目的のためにワーカーに化学物質による操作を加え、彼女の産み出す莫大な数の子供を世話させ

ているとみる。

しかし、これと正反対の考え方によれば、ワーカの方が繁殖虫を「自分の利益のために養っている」ということになる。彼女らは繁殖虫に操作を加えることにより、繁殖虫が彼女らワーカの体内にある遺伝子のコピーをもっと大量に増殖するように仕向けているという。

膜羽目の生殖は、通常の有性生殖とはことなる。女王バチは若い時に一度結婚飛行を行ない、そこで精子をため込み、それを持ちいて全生涯の子作りをまかなう。この間雌は、精子を一定量ずつ放出して、輸卵管を通過する卵子を受精させる。受精した卵は必ず雌になり、未受精の成熟卵は雄になる。つまり雄には父親はいない。雄の体の細胞中には1組みの染色体しか含まれていない。この事情によりミツバチの不妊のワーカでは姉妹間の近縁度は $3/4$ となり、ワーカと同じ巣内の雄との近縁度は $1/4$ となる。(詳細は添付資料の補注4をみよ) 任意のワーカとその母たる女王バチとの近縁度は通常の有性生殖と同じ $1/2$ である。つまり、ミツバチの繁殖は実際この点、つまり女王と子供の近親度より、ワーカとその妹との近親度の方が実際に高くなりうる。

女王バチの立場からすればその子供であるワーカと雄バチへの近縁度は $1/2$ であるから、女王バチの利己的な遺伝子の立場からすれば、ワーカと雄バチは同じ巣の中に同比率で存在して欲しい。しかし実際は同じ巣の中のワーカと雄バチの比率はその姉妹兄弟間での近縁度に比例した3対1という比率になっている。これはどのように説明されるのか？

全てのワーカはそのはい発生の段階においては女王バチになれる形質を保有している。つまりワーカと女王バチの違いは遺伝的なものではない。遺伝子に注目する限り、雌のはいは、三対一の性比を望むワーカになるか、あるいは一対一の性比を望む女王バチになるか、いずれの道へもいけるよう運命付けられている。ある遺伝子が女王バチの体におさまったとする。この場合その遺伝子は繁殖力のある息子と娘に女王の体が一対一の比で投資した時に最大の効率で増殖する。しかし、その同じ遺伝子がワーカに体に収まると、今度はその遺伝子はワーカの体を介して、女王バチに働きかけ、女王が息子より娘を多く作り出すように仕向けることで自己の増殖を最大化しうる。

これは一見パラドックスのように思えるが、しかし違う。利己的な遺伝子というものは、利用しうる所与の動力レバーを最大限に利用するものなのだ。女王となるべき個体の発育を左右できる立場におかれたなら、遺伝子はこれに応じた最適戦略を講じて、その制御能力を自己の利益のために活用するのみである。

## 10.2 互惠的利他主義

ある種の鳥がいて、危険な病気を媒介する非常にたちの悪いダニが、それに寄生すると仮定する。このダニにたかられたら、できるだけ速やかにそれを取り除くことが、その鳥にとってきわめて重要である。普通なら、体についたダニは自分で取り除けるが、頭のとっぺんについたダニは取り除けない。仮に親切な鳥がいれば、彼にとってその友達のあたまのダニを取り除くことは造作もない。もしそうしておいてやれば、後で自分の頭にダニがついた時には、その友達の鳥がお返しに取り除いてくれるかもしれない。

意識的な先見能力を持つ者なら、相互の背中を毛づくろいしたやるたぐいの関係を結ぶことが、賢明な解決策になることを理解できるはずだ。しかし、直感的に納得できそうなことには気をつけろと、我々は学んだ。遺伝子に先見能力はないからだ。親切行為とそれに対する恩返しの際に時間的ずれが介在する条件で、遺伝子の利己性理論は、相互的な背中掻き関係、すなわち「**互惠的利他主義**」の進化を説明できるであろうか？

G.C. ウィリアムズは、ダイーウィンと同じ結論、すなわち遅延性の互惠的利他主義は、互いを個体として識別し、かつ記憶もできる種においてなら、進化することが可能であるとした。トリバースは1971年の論文で、この問題をさらに詳しく論じているが、この時点ではメイナード＝スミスのESSの概念はまだ彼の手元にはなかった。しかし彼は、「囚人のジレンマ」パズルに言及しており、この点においてメイナード＝スミスと同じ線に沿って考えている。

ESSのところでも語ったように、この場合も集団を構成する個体がいくつかの戦略を無意識的な行動プログラムとして採用することを考える。ここで取り上げるものは「お人よし」、「ごまかし屋」、そして「恨み屋」と呼ばれる戦略である。「お人よし」は必要とする相手には誰かれ構わず毛づくろいをしてやる。「ごまかし屋」はお人よしの利他行動は受け入れるが、他個体に対しては一切毛づくろいをしてやらない。「恨み屋」は初対面の個体や、以前毛づくろいしてくれた個体にはふるまう。しかし、誰かが彼をだまそうものなら、彼はその出来事を忘れず、相手に恨みを抱く。

この様な三つの戦略を持った個体よりなる個体群の戦略的進化を考える。結果は自明ではないが、前のESSにおけるタカ派、ハト派、報復型の例とほぼ同じような性質により、恨み屋戦略は、お人よし、ごまかし屋に対して実際に進化的に安定な戦略として振舞う。これはコンピュータシミュレーションによっても確かめられた。

人間には、長期記憶と、個体識別の能力がよく発達している。したがって互惠利他的主義は人間の進化においても重要な役割を果たしたことが予想される。トリバースは、他人をだます能力や、詐欺を見破る能力、だま

し屋だと思われるのを回避する能力などを強化する方向に働いた自然淘汰が、人間に備わる各種の心理的特性―ねたみ、罪悪感、感謝の念、同情その他―を形成したのだと主張しているほどある。

## 11 ミーム ―新登場の自己複製子―

これまで、人間について特別に多言を費やして来なかった。しかし、わざと人間を除外していたわけではない。本書でドーキンスが「生存機械」という言葉を使っているのは、「動物」といったのでは「植物」が除外されてしまうし、それどころか一部の人においては人間すら除外されてしまう恐れがあったからだ。これまで述べてきたことは、一応は、進化のあらゆる産物に当てはまるはずだ。我々が属す人間という種を特異な存在とみなす妥当な根拠の存在に関しては、ドーキンスは肯定的であり、それを指示する一つの根拠を提案している。

その人間の特異性は「文化」という一つの言葉にほぼ要約できる。文化は何も人間だけにみられるものではなく、例えば言語を使用する種はほぼ同様に文化を持つ種だといってよい。彼は「現代人の進化を理解するためには、進化を考える際に遺伝子だけでその唯一の基礎と見なす立場を、まず放棄しなければならない」としている。ドーキンスは熱烈なダーウィン主義者であるが、しかし遺伝子という狭い文脈に閉じ込めてしまうには、ダーウィニズムはあまりに大きな理論だとしている。以下の彼の主張には、遺伝子は類推の対象としてしか登場していない。

そもそも遺伝子の特性とは何か？自己複製子だということがその答えだ。それでは宇宙に対する物理学のように、生物に対する普遍妥当性を持ちそうな原理はあるだろうか？彼はそれを「自己複製を行なう実体の生存率の差に基づいて進化する原理」とする。自己複製子として我々の惑星に根を張ったのが、たまたま遺伝子、つまり DNA であったのだが、それ以外のものでも先の原理と他の諸条件が満たされれば、それがある種の進化過程の基礎になることはほとんど必然だ。

別種の自己複製子を見つけるためには他の惑星に出かけていく必要があるだろうか？彼の考えではそれは既にこの惑星に登場していると考ええる。新登場のスープは、**人間の文化というスープ**である。新登場の自己複製子には＜ミーム (meme)＞という名前を与える。これはギリシャ語の模倣に相当する語幹＜mimeme＞を短縮化したもので、ミームは、文化伝達の単位、あるいは模倣の単位という概念を伝える名詞として定義する。

楽曲、思想、標語、衣服の様式、壺の作り方、あるいは建築様式などはいずれもミームの例である。遺伝子が遺伝子プール内で繁殖するに際して、精子や卵子を担体として体から体へと飛び回ると同様に、ミームが

ミームブール内で繁殖する際には、広い意味での模倣と呼びうる過程を媒介として、脳から脳へと渡り歩く。ドーキンスの同僚 N.K. ハンプフリーはこのミームに関して次の様に述べている。

「… ミームは、比喩としてではなく、厳密な意味で生きた構造として見なされるべきである。君が僕の頭に繁殖力のあるミームを植え付けるということは、文字通り君が僕の脳に寄生するということなのだ。ウィルスが寄生細胞の遺伝機構に寄生するのと似た方法で、僕の脳はそのミームの繁殖用の担体にされてしまうのだ。これは単なる比喩ではない。例えば死後の生命への信仰というミームは、世界中の人々の神経系の一つの構造として、莫大な回数にわたって、肉体に体现されているではないか。」

生物学的現象を遺伝子への利益という観点から説明することがうまい方法であるのは、遺伝子が自己複製子だからこそだ。原始のスープの中で、分子の自己複製を可能にするような条件が整うと、たちまち自己複製子が原始のスープにとってかわることとなった。そしてこの 30 億年以上というもの、地上において語る価値のある唯一の自己複製子は DNA であった。しかし、DNA は、永遠にその専制支配を確保できるとは限らない。新種の自己増殖子が自己のコピーを作れる条件が生まれさえすれば、その新登場の自己複製子が勢いを得て、それ自体の新たな種類の進化を開始することになる。いったんこの新しい進化が開始されると、もはやそれが古いタイプの進化に従わねばならぬ必然性はないといえる。遺伝子を単位とする古い進化は、脳を作りだすことによって、最初のミームの発生しうる「スープ」を提供した。ついで自己複製能力のあるミームが登場すると、彼らは古いタイプの進化よりはるかに速やかな、独自のタイプの進化を開始した。生物学者達は遺伝子による進化の考え方にすっかり馴染んでしまっているので、それが実は、可能な他種類の進化のうちの一例に過ぎぬことを、ともすると忘れてしまうのだ。

### 11.1 ミームの競争

遺伝子に対して考えた「利己的」とか「残忍な」という形容はミームにおいても当てはまるのか？ドーキンスはこれに対して肯定的である。人間の脳はミームの住み着くコンピュータであるとする。そこでは、時間が、おそらくは貯蔵容量より重要な制限要因となっており、激しい競争の対象となっていよう。あるミームがある人間の脳の注目を独占しているとすれば、「ライバル」のミームが犠牲になっているに違いない。ミームが競争の対象とする資源は他にもある。それらは、コンピュータ、テレビの放送時間、掲示版のスペース、新聞記事の長さ、そして図書館のスペース等々。

遺伝子の場合、相互適応した遺伝子の複合体が発生しうることが本書

の中で述べられている。擬態はその一つとして扱われた。ミームにおいてもこれはおきうるのか？例えば神のミームが他の特定のミームと結び付いて、この結び付きが当のミームたちそれぞれの生存を促進するようなことがあるだろう。もしかすると、独特の建築、儀式、法律、音楽、芸術、そして文字として書かれた伝統をともなった教会組織などは、互助的なミームの相互適応安定セットの一例かも知れない。

## 11.2 最後の話題－希望－

人間には、意識的な先見能力という一つの独特な特性がある。利己的存在たる遺伝子に先見能力はない。彼らが自己複製するという事実と、ある種の付加的な諸条件を組み合わせると考えると、彼らは、利己的と呼びうる諸性質を不可避免的に進化させる。

さきの攻撃の例では、我々は「ハト派の戦略」をとったほうが有利なことが分かっているのに、自然淘汰は必ず進化的に安定な戦略の方に有利に働く。

純粹で、私欲のない、本当の利他主義の能力が、人間のもう一つの独自の性質だとする可能性もある。そうであって欲しいが、仮に我々が暗いほうの側面に目を向けて、個々の人間は基本的には利己的な存在なのだと仮定しても、我々の意識的な先見能力には、盲目的な自己複製子の引き起こす最悪の利己的暴挙から、我々を救い出す能力があるはずだということである。

我々は「ハト派の共同行為」に参加することが長期的利益につながることを理解できる。私たちは、私達を産み出した利己的遺伝子に反抗し、さらに必要なら私達を教化した利己的ミームにも反抗する力がある。純粹で、私欲のない利他主義は、自然界には安住の地のない、そして世界の全歴史を通じてかつて存在したためしのないものである。しかし我々はそれを計画的に育成し、教育する方法を論ずることができる。わえわれは遺伝子機械として組み立てられ、ミーム機械として教化されてきた。しかし、我々にはこれらの創造者にはむかう力がある。この地上で、おそらく唯一我々だけが、利己的な自己複製子たちの専制支配に反逆できるのだ。