

何が生物学を独自のものにするのか(4)

What Makes Biology Unique? Ernst Mayr

第3章 目的論

目的論的思考以上に生物学に深い影響を与えたイデオロギーは、おそらく他にはない(Mayr 1974, 1988, 1992)。さまざまな形で、それはダーウィン以前の支配的な世界観であった。適切なことだが、最近のいくつかの生物学の哲学では、目的論についての議論がかなりのスペース(10–14%)を占めている(Beckner 1959, Rosenberg 1985, Ruse 1973, Sattler 1986)。この究極目的論的な世界の見方は、いくつものルーツを持っていた。すなわち、多くのキリスト教徒の千年王国の信仰や、啓蒙運動によって促進された進歩への熱狂、[ラマルクのような] 変遷論的 transformationist な進化説、より良い未来へのみんなの希望といったことが、それには反映している。しかし、このような究極目的論的な世界の見方は、広く採用されたいくつもの Weltanschauungen [世界観] のうちの一つに過ぎなかった。

世界についての3つの概念

はるかに複雑な像を大まかに単純化して見れば、ダーウィン以前の時代には世界の見方はおそらく3つに区分することができる。

- (1) 比較的最近創造された一定不変の世界。これは正統的なキリスト教の教義であるが、1859年までには、少なくとも哲学者と科学者の間ではその信憑性の多くが失われた(Mayr 1982)。この見方は、近年プロテスタントの一部の原理主義宗派によって復活させられている。
- (2) 永遠で一定不変あるいは反復する世界であり、決まった方向や目標を示さない。

デモクリトスとその追隨者が力説したように、このような世界でのあらゆることは偶然または必然によって起きるが、偶然の方がはるかに重要な要因としてはたらく。この世界の見方には目的論の余地はなく、すべてのことが偶然か因果的な仕組みに帰せられる。それは変化を許容するが、その変化は方向性を持たず、進化というものではない。この見方は、科学革命と啓蒙主義の時代にはいくらか支持を獲得したが、19世紀までごく少数派のままであった。しかし、17世紀から19世紀までにかなり顕著な分裂が起き、厳格な機械論者の間ではあらゆることが純粹に運動と力という観点から説明され目的論的な言語の使用はいかなることであれその正当性を否定されたが、その反対者—理神論者、自然神学者、生氣論者—はみな多かれ少なかれ目的論を信じた。

- (3) 世界の第三の見方、それは目的論者の見方であり、世界は長期にあるいは永遠につづくが向上するかまたは完全へと向かう傾向を有するものとしていた。このような見方は多くの宗教に存在し、未開の人々の信仰(たとえば、旧ゲルマン人のワルハラ神話)に広く行き渡っており、キリスト教においては千年期や復活という観念によって表現された。理神論の興隆の間、科学革命の後、啓蒙主義の時代には、神の法のはたらきを通して世界は常に完全へと向かって発展するという信念が幅広く存在した。“自然”がもつ進歩や究極目標へ向かう内在的傾向に対する信頼が存在したのだ。こうした信念は、神の手に対する信仰はないが、常に完全へと向かう世界の前進的な傾向を信じる人々によっても共有されていた(Mayr 1988:234-236)。それは宇宙的目的論の信念である。

目的論的思考は、キリスト教がその支持の主要な源泉であったが、古代ギリシャ人とキケロ〔古代ローマ人〕の初めから18, 19世紀までずっと、哲学においてもその影響力を拡大しつづけた。Scala Naturae〔自然の梯子〕という概念、すなわち完全さの階段(Lovejoy 1936)は、自然物の配列における上昇するあるいは前進する連鎖への信仰を表していた。進歩と改善への信念を表現しない哲学者はほとんどいなかった。それはまた、ラマルクによる進化の変遷 transformationist 理論ときわめてよく適合し、ほとんどのラマルク主義者は宇宙的目的論者でもあったということはおそらく正しい。進歩の概念は、ライプニッツとヘルダーとその追隨者たちの哲学において、そしてもちろんフランスの啓蒙主義の哲学者たちの間でとくに強かった。

T. H. ハクスレーが『種の起原』を最初に読んだときもっとも強い印象を受けたことは、「一般に理解されているような目的論がダーウィン氏の手によって致命的な打撃を受けたという確信であった」(Huxley 1870:330)。しかし、ハクスレーの予言は当たらなかった。おそらく非ダーウィンの進化理論のうちでもっとも普及したのは定向進化説であり(Bowler 1983:141-181, 1987)、進化の傾向は非適応的なものでさえ内在する欲求のはたらきによるということをも主張した。定向進化論者の議論はワイズマンによってうまく論破されたが(Mayr 1988:499)、定向進化説はドイツにおいてばかりでなくフランス(Bergson 1911)、アメリカ(Osborn 1934:193-235)、ロシア(Berg 1926)でも大いに流行りつづけた。そのわけはこうだ。種が不変でないこととすべての生物が共通の由来を持っていることの

ダーウィンの例証が進化の受容を不可避なものにしたとしても、ダーウィンの提案した進化の仕組みである自然選択説は、進化論者の中での彼の反対者にとってひどく気に入らないものであったのだ。したがって、彼らは反ダーウィンの戦略として考え得るいかなる仕組みにもしがみつこうとした。その中の一つが定向進化説であり、このきわめて究極目的論的な原理は、1940年代の進化の総合説成立まで実際消失することがなかった。〔1940年代になって〕シンプソン(1944, 1949)、レンシュ(1947)、J. ハクスレー(1942)は、とくに化石記録をより入念に研究すると定向進化論者が主張するような完全な定向進化的な系列はまったく存在しないということを示した。また、いくつかの見かけ上過度に見えるつくりは相対成長的な発達によって説明でき、最終的に、定向進化的な力によると仮定された形質のなかにいくつか有害なものがあるという主張は根拠がないということが示された。これらの研究者はさらに、定向進化を説明できるような遺伝的メカニズムは存在しないということを示した。

ダーウィンの支持者も反対者も、ときにダーウィンを目的論者に分類した。たしかに彼の経歴の初めの頃はそうだったが、進化的変化のメカニズムとして自然選択説を採用した後には目的論を放棄したというのが本当のところである。それが幾人かの研究者の主張のように1850年代ほどに遅かったか、あるいは幾人かの歴史家の研究が指摘したようにすでに1840年代初期に起きていたのかは重要なことではない。ダーウィンはとくに後年、手紙のなかでときに言葉づかいに不用意なところがあったが(Kohn 1989:215-239)、『種の起原』においては目的論を支持したということとはまったくない。私は以前に進化生物学、とくにダーウィンの文書における目的論の興亡についてかなり充実した歴史を提示した(Mayr 1988:235-255)。

自然における全般的な終局目的性を説明するメカニズムの証拠を見出す努力は、すべて不成功に終わった。あるいはそれが生物界で見られる場合は、厳密に因果的に説明された(下記を見よ)。結果として、1940年代の進化の総合説成立時までには、有能な生物学者のなかで進化におけるあるいは世界全体における究極目的因を信じる者はいなくなった。

しかし目的因は、素人にとっては自然選択という一見ひどくでたらめでご都合主義の過程よりずっともっともらしくて、感じがいい。そんなわけで、目的因の信念は生物学の内部でよりも外部でより大きな支持があった。たとえば、1859年以後の100年間に進化的変化について論じた哲学者のほとんどすべてが、確かに究極目的論者であった。ダーウィンのもっとも近くにいた3人の哲学者—ヒューエルとハーシェルとミラーもみな目的因を信じていた(Hull 1973)。ドイツの哲学者E. フォン・ハルトマン(1872)は究極目的論の強力な擁護者であり、ワイズマンをして猛烈な応戦に駆りたてた。フランスでは、ベルグソン(1911)が *élan vital* [生命の躍動] という形而上学的な力を仮定した。ベルグソンはその究極目的論的本性を否定したけれど、その影響を考えるなら他の何ものでもない。ダーウィン以後の哲学における究極目的論の歴史についてはコリングウッド(1945)がその端緒を開いたが、まだ書き加える余地がある。ホワイトヘッドとポランニー、そして多くの小物の哲学者たちもまた究極目的論的であった(Mayr 1988:247-248)。

しかし、進化や自然全体についての究極目的論的解釈の〔生物学内での〕否定によって、哲学の問題としての目的論が消えることはなかった。デカルト主義者にとっては、どんな

形であれ目的論的過程を引き合いに出すことはまったく考えられないことであった。数学と物理学出身の彼らには、非生物的自然の見かけ上終点指向的な過程と生物的自然の見かけ上目標指向的な過程を区別できるような手持ちの概念は何もなかった。ネーゲル(1961, 1977)がとくに明白に示したように、彼らはこのような区別をすることが形而上学的で非経験的な考察への扉を開いてしまうということを恐れたのであった。彼らの議論はすべて無生物の研究に基づいていたので、真に目標指向的で見たところ合目的的な過程は生物的自然においてだけに起こるといふ、アリストテレスに由来しカントによつてはつきり確証された広く行きわたった見方は無視されたのだ。このゆえに、(物理主義的な)哲学者は生物的自然の研究と生物学者の知見を無視した。その代わりに彼らは、そのすぐれた論理的能力を発揮するために目的論を使用したのだ。なぜそんなことになったのかは、ルースによつて説明されている。「哲学者を目的論に駆り立てるものは、人は生物学をまったく！知る必要がないということ、少なくとも一般にそのように考えられているということ、である……哲学者は、彼らの新スコラ学的な研究において方向をそらされるような経験的な要因を欲しないのである」(1981:85-101)。仲間の哲学者に対するこのからかいのイロニーは、そう述べたルース自身がさっそく生物学者の書いた目的論の文献を無視し、生物学を無視していることが知られている3人の哲学者の著作を概説することに専念したというところにある。けれど、そうしたことはルースひとりというわけではない。哲学の分野では、論理学というもっとも鋭い武器で目的論問題を解決しようと試みる論文や著書が次から次へと出版されつづけている。そこでは、目的論という言葉と結びついた現象の多様性がまったく無視され、またもちろん、生物学者がそれを指摘した文献も無視されてしまっている。

哲学者の困難のいくつかは、過去の偉大な哲学者の著作の誤った解釈に起因している。たとえば、アリストテレスはしばしば究極目的論者として記録され、宇宙的目的論はアリストテレスの見方だとみなされている。グリーンが、アリストテレスの「目的因」telosは「人間あるいは神の」目的とは関係がないということ指摘したのはまったく正しい。「アリストテレス的な自然において宇宙的目的論を優位にさせたのは(新プラトン主義の助けがあつてだが)、ユダヤキリスト教の神であつた。このような全面的な目的は、アリストテレス(の哲学)とちょうど逆のものである」(Grene 1972:395-424)。現代のアリストテレスの専門家(Balme, Gotthelf, Lennox, and Nussbaum)は、アリストテレスの一目そう見える目的論は生き物の個体発生と適応の問題を扱つていて、その見方は著しく近代であるという点において意見が一致している(Mayr 1988:55-60)。カントは、非生物的世界に関する限りは厳格な機械論者であつたが、当時(1790年代)の生物学が未発達な状態にあつたために説明できなかつた生物的自然のいくつかの現象に対しては目的論を暫定的に採用した(Mayr 1991:123-139)。しかし、その後200年もたつて、カントの一時的な見解を究極目的論の妥当性の根拠として使用することは馬鹿げたことだ。

哲学文献における目的論の分析が不満足な状態にある理由は、今日明白である。実際、哲学文献における目的論問題の扱いは、科学哲学をどのように行わないでいるのかを示しているとさえ言うことができる。少なくともこの50年間に相当数の科学哲学者が目的論について書いたが、それらの分析は、こうした分析にとつて「最良であることが知られている」、あるいは少なくとも唯一信頼できる方法であることが知られている論理学と物理主義

の方法に基づいていた。目的論はほとんどあるいは完全に生物の世界と関係しているのに、これらの哲学者は生物学者の意見を無視したのだ。

彼らは、「機能」function という言葉が2つの非常に異なった現象群を指示し、「プログラム」program という概念が目標指向性の問題に新しい観点を提供するということを無視した。彼らは、近接的な因果関係と進化的な因果関係の区別、静態的な(適応した)系と目標指向的な活動の区別を混同した。目的論問題について大量の哲学文献が存在するが、目的論をいまだ単一の現象として扱っている近年の書物や論文はまったく役に立たない。宇宙的目的論、適応性、プログラムされた目標指向性、決定論的自然法則の意味のちがいを認識しない研究者は、目的論問題の解決に対して価値ある貢献はまったくなさないのである。

伝統的哲学者の主要な努力は、あらゆる叙述と分析から目的論的言語を排除することであった。彼らは、「カメは卵を産むために岸へ泳ぐ」とか「モリツグミは冬をのがれるためにより暖かい気候帯へ渡りをする」というような文に反対した。確かに、「何が?」と「いかに?」で始まる問いは物理科学の説明で十分である。しかし、生物科学においては1859年以降、第三の種類の問題、「なぜ?」が問われ答えられなければ説明は完全なものにはならなくなった。この問いのなかで求められているのは、進化的因果関係とその説明なのだ。進化に関わる「なぜ」という問いを排除する者はすべて、生物学研究の広い領野への門戸を閉ざすことになる。それゆえ、進化生物学者にとって重要なのは、「目的論的」ということが何を意味しているかを明確に述べた上で、「なぜ?」という問いが分析に新しい形而上学的要素を導入するものではないこと、因果的分析と目的論的分析の間の対立は存在しないことを証明することである。私は他のところで(Mayr 1988:38-66)、「目的論的という言葉の多数の意味」について詳細な分析を提示したが、ここでは少なくとも私の所見の要点を示さなければならない。ネーゲル(1977)とエンゲルス(1982)は、私の見方のいくつかを批判した。エンゲルスの論文は、ドイツ語で書かれた目的論問題のもっとも完全な論述である。下記の記述には、これらの研究者の反論に対する私の解答が含まれている。それをやる前に、私はここで最近の文献で混乱を引き起こす要素になったいくつかの前提を整理しておきたい。これによって、私は次のような主張には妥当性がないことを示せるだろう。

- (1) 「目的論的な言説と説明は、科学において立証不能な神学的あるいは形而上学的教義の承認を含意する」。この批判は、昔は、とくに18世紀と19世紀初期には本当に妥当なものだった。ベルグソンとドリーシュを含む現代までずっとつづくほとんどの生氣論者に対しても妥当なものである。しかし、目的論的言語を使用するダーウィン主義者には当てはまらない(下記を見よ)。
- (2) 「非生物的自然に対しては同じように適用できない生物学的説明は、物理化学的説明への拒絶を惹き起こす」。これは根拠のない反駁である。なぜなら、現代のすべての生物学者は細胞-分子レベルの物理化学的説明を受け入れているし、さらに、以下に示すように生物個体における一見目的論的に見える過程は厳密に物質主義的に説明できるのだから。

- (3) 「未来の目標が現在の出来事を導くことはあり得ないのだから、目標指向的な過程は因果性と対立する」。この反論は物理主義者によってしばしば持ち出されるが、物理主義的な概念や理論の古典的枠組みには存在しないプログラムという概念を適用しそこなったことに起因するものである。
- (4) 「目的論的説明は、法則としての資格を得なければならない」。実際には、目的論的説明に法則を入れ込む試みは、混乱だけを導いた(Hull 1982:298-316)。
- (5) 『『目的』telos というのは、終点でも目標でもどちらでも意味する。それらは同じものだ』。それに反して、進化生物学者にとっては、目標としての「目的」と終点としての「目的」には大きなちがいがあある。もし人が自然選択あるいはもっと広く進化の全過程は目的を持つのかどうかを問おうとするなら、どちらの目的のことを考えているのかが明確になっていなければならない。

「目的」telos という言葉は、哲学文献において2つのたいへん異なる意味で使われてきた。アリストテレスは、ある過程が開始されたときに通常予期される目標というように、非常にはっきりした目標をもつ過程を表すためにそれを使用した。たとえば、受精した卵の「目的」はそれが発生した結果の成体である、というように。理神論的目的論者にとっては、宇宙的目的論も明確な目標——すなわち、創造者によって心にいだかれ神の法則によってもたらされる究極的な完全無欠の世界——を持っていた。しかし、「目的」はまた、単に終点指向的な過程の終結を指すために使用されたこともある。たとえば、豪雨の「目的」は雨が止むときであるとか、昼は夜の「目的」であるといったようにだ。自然法則によって引き起こされる過程はすべて遅かれ早かれ終点に至るが、この終結のために通常目標指向的な過程の目標として使われる「目的」という言葉を使用することは、誤解を招きかねない。非目的論的過程の終点は、いわば「後に来る」posteriori 現象である。パース(1958, vol. VII, p. 471)は、“目的論的”という用語は無生物の世界での自然過程に適用する言葉としては強すぎると悟った。そこで、彼は、「最終状態へ向かう傾向を表現するために、finious という用語を考案してもよい」と言い出した。

多くの科学哲学者は、目的論の問題は、機能の言葉で目標指向性を説明することによって——すなわち、目的論的な表現(Wimsatt 1970:1-80)を機能の表現(Cummins 1975:741-765)に書き換えることによって——解決され得ると考えた。このような言い換えは、ヘンペル(1965)、ネーゲル(1961)やその後の多くの研究者にも潜在的に含まれている。彼らが、ネーゲルがしたように機能という用語に6つの意味を認めようが、ウィムサットがしたように10の意味を認めようが、これらすべての提案は、機能という語は生物学において2つの非常に異なる意味で使用されており、目的論的な分析においても注意深く区別されねばならないことを認識していなかったという致命的な欠陥を有している。ボックとフォン・バーラート(1969:269-299)は、機能という語がときに生理学的過程に対して使用され、ときに生き物の生活環の特徴の生物学的役割に対して使用されるということを示すことによって、この事態をみごとに明確にした。「たとえば、アナウサギの脚は移動の機能を持っている……しかし、この能力の生物学的役割は、捕食者から逃れるためかもしれないし、食物源へ向かっていくためかもしれないし、(あるいは)つがい相手の探索で動き回

るためかもしれない」というわけだ。器官の生理学的はたらきや他の生物学的特質の記述は、目的論的ではない。実際、大部分物理化学的説明に言い換えられる。それらは近接要因によるものである。目的論的側面の分析に関わるのは、構造や活動の生物学的役割である。このような役割は進化要因によるものである。こういうわけで、私の記述では、特徴や過程の生物学的役割に関するときは機能という言葉の使用が注意深く避けられている(13頁を見よ)。

目的論のカテゴリー

ほとんどの哲学者は目的論を単一の事象として扱ってきた。これは、目的論的という用語がいくつかの基本的に異なる自然現象に適用されてきたという事実を無視している。こうした事情の下では、目的論の一元的な説明の追求がこれまでまったく成果をもたらさなかったということは驚くに当たらない。ベックナー(1959)は目的論を、機能、目標、意図という3つの用語で特徴づけられる3種類に区別できると考えている。この提案はいくらか現象の整理に役立つけれど、機能という用語の多義性のためにうまく解決を提示することはできない。ウッジャー(1929)もまた目的論的という語のさまざまな意味を調べ、いくつかのカテゴリーを認識する試みをしたが、それ以上は分析を進めなかった。そこで私は、哲学と生物学の文献にある目的論的という用語のすべての使用法を入念に検討して、5つに区分するよう提案する。私の提案の主要な特徴の一つは、機能のカテゴリーを真正な機能的活動に分け、生物学的役割を持った特徴の歴史に対応して適応性のカテゴリーを付加することである(Bock and von Wahlert 1969を見よ)。したがって、私は、目的論的という語が使われているさまざまな過程や現象を下記のように5つに区別する。

- (1) 終点指向的過程 Teleomatic processes
- (2) 目標指向的過程 Teleonomic processes
- (3) 合目的的行動 Purposive behavior
- (4) 適応的形質 Adapted features
- (5) 宇宙的目的論 Cosmic teleology

これら5つの過程や現象のおおのほは基本的に他の4つとは異なり、それぞれまったく異なる説明を必要とする。目的論の「一元的説明」unitary explanationを見出そうとした幾人かの哲学者の試み(そのほとんど!)は、それゆえまったく思いちがいをしていたのだ。かつては目的論的と呼ばれたすべての自然現象についての科学的研究は、目的論という主題から昔ながらのなぞを奪ってしまった。伝統的に目的論的と呼ばれているこれら5つの現象のうち4つは科学によって完全に説明できるが、第5の宇宙的目的論は存在しないものだということが、今日了解されている。このような目的論の概念の明確化は、生物学はいかなる神秘的属性も持たない真性の科学であるという結論に大いに貢献したのである。

終点指向的過程

何人かの哲学者は、「さまざまな条件下で終着点へ向かって持続する」過程や、「過程の最終状態が初めの属性によって決定される」(Waddington 1957)過程を目的論的と呼んだ。これらの定義は、終着点を持つ非生物的自然のすべての過程を含むだろう。たとえば、川は海に流れ込むので目的論的と言わねばならないだろう。このような過程を生物の本当の目的指向的過程と同じカテゴリーに位置づけることは、大いに誤解を招く。

物理的世界のすべての事物はその状態を変化させる能力を与えられており、その変化は厳密に自然法則に従う。それらは、外的な力あるいは条件によって——つまり自然法則によって規定された自動的なし方でのみ、終着点指向的である。私はこのような過程を、それが自動的に達成されることを表すために「終点指向的」teleomatic と呼んだ(Mayr 1974)。すべての終点指向的過程は、潜在力が使い尽くされる時(たとえば、熱せられた鉄の塊が冷めるとき)、あるいは外的な障害にあつて過程が止められる時(たとえば、落下しているものが地面に衝突するとき)終点に至る。重力の法則と熱力学の第2法則は、終点指向的過程をもっとも頻繁に支配している自然法則の一つである。

アリストテレスは終点指向的過程を生物に見られる目的論的過程から明確に区別し、前者を“必然によって”引き起こされるものと言った(Gotthelf 1976)。これらは大部分パーズ(1958)が“finious”と呼んだ過程である。それらは終着点は持つが、決して目標は持たない。「何のため？」(wozu [何のため]?)という問いは、そこにはそぐわない。どんな目的で雷はあの木に落ちたのかとか、何の目的で洪水や地震は何千人もの人々を殺したのかなどということをつねることはできない。

放射性崩壊は終点指向的な過程であり、プログラムでは制御されない。ウランの塊は、他と同じ物理法則に律せられて放射性崩壊をするだろう。それはきわめて特殊でしばしば唯一であるプログラムとは対照的である。自然法則は、それがはたらきかける物質の固有の属性と相互作用をする。異なる物質は異なる属性を持ち、冷却の速さは物質ごとに異なるだろう。しかし、同じ物質のどんなサンプルも同様に持つ固有の属性は、コード化されたプログラムとはまったく異なるものである。これは分子レベルではまったく正しい。ある一つの巨大分子は固有の属性を持っているが、それ単独ではプログラムにはならない。プログラムは、分子と他の有機成分との組み合わせによって形成されるのである。

予測ということは、プログラムを特徴づける基準ではない。もし手から石を離したら、それが地面に落ちることを私は予測できる。それゆえ、エンゲルス(1982)に言わせれば、地面に落ちることはプログラムされていて、終点指向的過程と目標指向的過程にちがいはないということになる。これは、ネーゲル(1977)が放射性崩壊に言及したときと同じ議論である。こうした議論がいかに誤解を招きやすいかを一つの例—山のどこかで、落石が人を殺す—で示そう。エンゲルスは、この石は人を殺すように“プログラムされて”いたと言わねばならないだろう。しかし、自然法則によってもたらされるごく一般的な最終状態は、プログラムにコード化された非常に特殊な目標とはまったく異なるものである。もちろん、プログラムの存在が自然法則と両立しないことは決してない。プログラムの翻訳と実行の最中に起こる物理化学的過程のすべては、厳密に自然法則に従う。しかし、情報

と命令の役割を無視することは、不可避免的にプログラムに対するもっとも誤解を生みやすい記述に結果する。情報と命令に言及することを慎重に避けながら、コンピューターというものを厳密に自然法則で説明できるだろうか？

目標指向的過程

目標指向的 teleonomic という用語はさまざまな意味で使われている。ピッテンドリフ (1958) がこの用語を導入したとき、彼は厳密な定義をせずに提出した。その結果、さまざまな研究者、たとえばデイビス (1961)、シンプソン (1958)、モノー (1970)、キュリオ (1973) が、それをプログラムされた機能または適応性の意味で使用した。私は、目標指向的という用語をプログラムされた活動という意味に限定し (Mayr 1974)、いま次のような定義を与えている。「目標指向的な過程や行動とは、進化するプログラムの作用によって目標指向性を持つ過程・行動のことである」。それゆえ、目標指向的という用語は過程や活動の目標指向を含意している。それはまさに究極要因に関係する。それは細胞レベルの発生過程でも起こるし、生物の行動においてもっとも顕著に見られる。「目標指向的な……行動は、生物の世界ではたいへん広範囲に及んでいる。たとえば、渡り、採餌、求愛、個体発生や繁殖に関するすべての局面に関連するほとんどの活動は、目標を定位することに特徴づけられる。目標指向的過程の発現はおそらく、生き物の世界におけるもっとも特徴的な性質である」 (Mayr 1988:45)。ピッテンドリフと私は目的論的 teleological という用語の代わりに目標指向的 teleonomic という用語を導入したと、ときに言われる。しかし、これは正しくない。むしろ目標指向的 teleonomic という用語は、目的論的 teleological というきわめて異質なものの混ざった用語の5つの異なる意味の中の1つだけを指す用語なのだから。

私は初めの提案 (Mayr 1974) の中で、目標指向的という用語を、求められた目標を実現するように固定された人工物 (たとえば、細工されたサイコロ) のはたらきも含むように拡張してよいと主張した。この拡張された用語使用は批判を受け、いまでは私は人工物は単なる類似物でしかないと考えている。実際、目標指向的活動は遺伝的プログラムの所持に依存する。

すべての目標指向的行動は、2つの構成要素によって特徴づけられる。1つは“プログラム”によって導かれること、もう1つは行動や過程を統御するプログラムの中で“予見される”いくつかの終着点や目標や終端の存在に依存していることである。この終着点は、(発生における) 体制、生理的機能、(渡りにおける) 地理的地点への到達、行動における“完了行為” (Craig 1916) だろう。個々のプログラムは、到達した終着点の選択価によって絶えず調整される自然選択の賜物である。

目標指向性の定義のキーワードは、遺伝的「プログラム」である。プログラムの存在を認識する際に重要なことは、プログラムは(A)物質的な何かであり、(B)目標指向的過程の開始前に存在する何かであるということである。このことは、目的性と因果性との間に対立はないということを示している。進化するプログラムによって統御された目標指向的過程の存在は、生物学における二元的な因果関係、すなわち一つは(物理科学と同様に)自然法則に起因し、もう一つは(物理科学では見られない)遺伝的プログラムに起因する因果関係の根拠になる。

プログラムは、「それを目標へと導いている過程(あるいは行動)を制御するようにコードされたあるいは前もって準備された情報」というふうに定義できる。プログラムには目標の青写真だけでなく、「青写真の情報をいかに使用するかという命令も」含まれている。プログラムは所与の状況を記述したのではなく、一組の命令なのである。

プログラムという概念を受け入れることは、遺伝学に通じている生物学者やコンピューターのはたらきに通じている科学者にはとくに困難をもたらさないように見える。しかし、目標指向的過程を制御するようなプログラムは、非生物的自然には存在しない。伝統的な科学哲学者は論理学と物理学ばかりに精通しており、ネーゲル(1961)の著作で十分に証明されたように、プログラムの本質を理解するのに大きな困難があった。

生物のゲノムや細胞におけるプログラムのようなものの存在の推測は、はるか19世紀に遡って生物学の文献に見出し得る。E. B. ウィルソンは、受精卵の卵割が起こるきわめて目的論的な様子を記述した後で、こう続けている。「このような結論には、目的論とか目的因とかいう神秘的な教義を含まないようにすることが必要である。それは、卵割を決定する要因は程度の多少はあれ卵割に先行し全般的な形態形成過程をもたらす卵の基礎的組織と密接な関係がある、ということのみを意味している。この組織の本性はほとんど知られていないが、われわれは、それが卵の中身のある種の物質の配置を伴うメカニズム上の仮定の下でのみ研究を続け得るのである」(Wilson 1925)。目的論に関する古典的文献ではほとんど一貫して誤解されているので、目標指向的活動の目標は未来にあるのではなくプログラムにコードされているのだということを再度強調するのは重要である。このようなプログラムの遺伝子的一分子的基礎について、それらが生得的であるまたはある程度生得的であるということより以上のことを述べられるほど、十分な知識は現在ない。プログラムの存在は、プログラムの担い手の活動のふるまいの中に発現することから推測される。生物におけるこれら遺伝的プログラム(=究極要因)の存在は、生物の過去の進化の歴史の中ではたらいた近接要因の結果である。

プログラムに相応する概念は、はるか古代に遡ることができる。何と言ってもアリストテレスの「形相」*eidos* は、ジャコブ(1970)とデルブリュック(1971)が指摘したように、今日われわれが遺伝的プログラムに帰する属性の多くを持っていた。ビュフォンの「内的鋳型」*moule interieur* や、ライプニッツ、モーペルチュイからダーウィン、ヘリング、ゼーモンまでの生まれつきの記憶に関する多くの推論もそういうものだった。これらの思想家の直観は信頼できるものだったとしても、遺伝的プログラムが正当な科学的概念と認められるには、ゲノム内のDNAの本性の理解が必要であった。

目標指向的プログラムの研究は、それが数種類に区別できることを明らかにしている。遺伝子型のDNAに完全なる命令が備わったプログラムは、「閉鎖プログラム」*closed program* と呼ばれる(Mayr 1964)。昆虫や下等無脊椎動物の本能行動を支配するほとんどのプログラムは、おおむね閉鎖プログラムと思われる。一応は閉じたとされているプログラムに新しい情報がどの程度組み込まれ得るかは、まだ分かっていない。一方、「開放プログラム」*open programs* と呼ばれる別のタイプのプログラムがある。それは、学習や条件付け、その他の経験を通して獲得された付加的情報が生涯を通じて組み込まれ得るようなし方で形成される。高等動物のほとんどの行動はこのような開放プログラムによって支配さ

れている。その存在は、特別な専門用語は導入されなかったが、動物行動学者には久しく知られていた。幼いガチョウのひなの追従反応という有名なケースでは、開放プログラムが用意するのは“後について行く反応”であって、追従される特定の対象(“親”)は経験によって(“刷り込み”)によって付加されるのである。開放プログラムは高等動物の行動プログラムではたいへんよく見られるが、無脊椎動物でも個体の経験を利用して開放プログラムを完成させることがしばしばある。たとえば、単独性のハチにおける適した食物や潜在的な敵や巣の場所などの認知に関して見られるものがそうである。

目標指向的活動を支配するプログラムは、最初、もっぱらゲノムのDNAに関してだけ考えられた。しかし、そのような遺伝的プログラムに加えて、「体性プログラム」somatic programs を認識することも有益かもしれない。「たとえばシチメンチョウの雄がメスにディスプレイをするとき、そのディスプレイ運動は細胞核のDNAに直接支配されているのではなく、むしろ中枢神経系の体性プログラムによって支配されているのである。確かに、このニューロンのプログラムは、遺伝的プログラムの命令の部分的な支配の下に、発生時につくられたものだ。しかし、いまやそれは独立の体性プログラムなのである」(Mayr 1988:64)。体性プログラムは発生において特に重要である。個体発生の各段階は関連する環境とともに、いわば、発生の次のステップの体性プログラムを表している。四足獣の胚の鰓弓のように反復説の証拠として列挙された胚の構造のほとんどは、おそらく体性プログラムなのである。それらが自然選択によって取り除かれなかった理由は、それが引き続き起こる発生に大いに干渉しているからだだろう。体性プログラムの存在と役割は、少なくともクライネンベルク(1886)以来の発生学者には理解されなかった。

さまざまな種類のプログラムははっきりした境界で分離されているわけではない。すべては生物の過去の進化の歴史の間にはたらいた近接要因の結果であり、すべては究極要因の概念に結び付けられる。

情報科学からプログラムという用語を取り入れることは、擬人化ということではない。情報学者の「プログラム」と生物学者の遺伝的・体性的プログラムはほぼ同等である。その定義にはプログラムの起源ということはまったく関係がない。起源は、すべての遺伝的プログラムのように進化の産物であるか、あるいは開放プログラムの後天的情報である。閉鎖系であろうが開放系であろうが、それは遺伝的であり得るし、また、個体の一生の間に獲得された付加的情報が遺伝的なプログラムの命令に追加されるなら、それは体性的であり得る。

プログラム概念に対して起きた反論は、それでは反射も目標指向的活動になってしまうであろうということであった。なぜそれではいけないのか？ 反射の中には疑いなくそうしたものがある。シェリントン(1906:235)は、適応行動としての反射の意義に十分気づいていた。彼はこう言った。「反射の目的は、昆虫や花の彩色の目的と同様、自然の探求の正当で緊急の対象であるように思える。生理学者にとって重要なことは、反射はその目的が分らなければ生理学にとって本当には理解できないということである」。まぶたは明らかに、危ないものや障害物が目に接近するとき反射によって閉じるようにプログラムされている。多くの反射において同様の適応的機能は明白である。医者がよく用いる膝蓋腱反射のような反射は、心音が心臓のはたらきにとって意味がないように、単にある種の神経の無意味

な属性のように見える。神経生理学者が、よく知られた反射にどんな可能な適応的意義があるかを分析するなら、それはたいへん有益だろう。

目標指向的活動の指向性は多くの仕組みによって——もちろんまず第一に、プログラム自体によって実行される。しかし、プログラムは、前もって完全につくられた形式の単なる展開を誘導するのではない。それは、内的外的障害を見込まねばならない多かれ少なかれ複雑な過程を絶えず制御している。たとえば、個体発生時の目標指向的過程は、たとえ一時的だとしても逸脱の危険にたえず直面している。ウォディントン(1957)は、そのような逸脱を修正する恒常性の仕組みの頻度と重要性に、まったく正しくも注意を喚起した。それらは事実上、発生の適切な道づけを保証しているのである。

負のフィードバックは、発生だけでなく他の多くの目標指向的過程においても重要な役割を演じている。しかし、それは目標指向的活動の本質なのではない。以前に私が指摘したように、「目標を追求する行動の真に特徴的な側面は、目標に到達する精度を高めるメカニズムの存在ではなく、むしろこの目標追求行動を開始させる、すなわち“惹き起こす”メカニズムの存在にある」(Mayr 1988:46)。

思考する生物の合目的的な行動

幾人かの哲学者は、目的論的過程の模範的な実例として人間の意図と合目的的行為をあげた。これは、目的論の議論に目的や意図や意識などの概念を導入し、それを人間心理学の一側面にしている。しかし、この分野は大いに論争の余地があり、それゆえ目的論の初期の扱いでは(Mayr 1992)私は合目的行動を議論から除外した。

その後、動物行動に関する最近の多くの研究から、私は自分がまちがっていたことを納得した。明確に目標指向的な合目的行動は、広く動物に、とりわけ哺乳類と鳥類によく見られ、目的論的と呼ばれるに十分な資格がある。カケスのいくつかの種は、秋にどんぐりや松のたねを隠し、冬の終わりに自然界の食物資源がほとんど枯渇すると(非常に正確に覚えている)その隠し場所に戻り、この食物を回収する。動物行動に関する文献は、明確に合目的的で入念な計画性を示す動物行動の記述に満ちている。もう一つの有名な例は、ライオンの雌のハンティングの戦略である。アタックの準備に際して群れは2つの集団に別れ、一方が獲物の背後に回り逃げ道をふさぐのだ。こうした合目的的な計画作成において、人間と思考する動物の間に原則的なちがいはない。

適応的形質

生物の適応性に寄与する形質は、哲学文献では通常目的論的系あるいは機能的系と呼ばれた。この呼び方はともに誤解を招きかねない。これらの形質は固定的な系であり、目的論的という言葉は私が以前に指摘したように(Mayr 1988:51-52)運動を含まない現象には適切でないように思える。

目的論的系という呼び方は、第2の理由でも誤解を招きやすい。この呼び方は古い哲学文献において、これらの形質が自然界のある種の目的論的力によって生じたという仮定の下に採用された。この仮定は、各形質の有用性は神によって与えられたものだという信仰とともに、おおかた自然神学の遺産であった。この考え方は、ドーキンスによって彼の素

晴らしい著書『ブラインド・ウォッチメーカー』（1986）の中でとりわけ効果的に反駁された。イマニュエル・カントの目的論についての関心の中心は、適応の形質であった。18世紀の末期では利用できる生物学の知識が乏しかったため、彼は因果的な説明を提供できず、適応性をおそらく神の手を意味する目的論的力のせいにした（Mayr 1988:57-59, 1991）。しかし、1859年からは、そのような敗北主義は必要でなくなった。ダーウィンは、一見目的論的な進化的変化や適応の形質の産出が単に変異的 variational 進化の結果であるということをおれわれに教えた。変異的進化とは、世代ごとの大量の変異の産出と最も適応的でない表現型の排除後に残る個体の確率的な生存とから成る。このように適応性とは、前もっての目標追求というよりもむしろ後から実現する結果である。こうしたわけで、目的論的という言葉に適応的形質に適用するのはまちがいである。

また、それを機能系と呼ぶのも、機能という言葉の二つの意味が混同されるのでやめるべきである。実際、機能系という用語を使う人たちの多くは、これらの形質の生物学的役割とこの役割の遂行によるそれらの効果に言及していた。近接要因と究極（進化的）要因は、機能主義の議論においてしばしば混同された。マンソン（1971）とブランドン（1981）は、適応的形質に関連して、あるいは“何のために？”という問いへの答えに関連して、目的論的あるいは機能的言語よりも適応主義の言語をなぜ優先すべきかという理由をうまく述べた。

適応的形質の特性の一つは、それが目的論的活動を遂行することができるということである。それらはいわば、目標指向的プログラムを執行する器官である。したがって、私は、それらはおそらく体性 somatic プログラムとみなすこともできるということを示唆した（Mayr 1988）。

生物学者を“なぜ？”という問いに導くのは、他の何よりも適応的形質の存在である。それが使用された生物学の第一の領域は、生理学的研究においてであった。ハーヴェイは、何が血液循環ということをおいつかせたのかと問われたとき、こう答えた。「私は、なぜ静脈に弁があるのかと不思議に思ったのだ」と（Krafft 1982）。明らかにそれは血液の一方の流れだけを許すので、ほとんど自動的にこのことは循環という仮定を導いたのだ。器官の未知の機能に関する“なぜ？”という問いを問うことで、次から次へと生理学的な発見が生じた。このような“なぜ？”と“何のため？”という問いは最終的に、生物学の他の分野においても同じように実り多いものになり、この方法の発見的価値は決して汲み尽くされてしまうことはない。

宇宙的目的論

19世紀以前、世界の変化は進歩へのそして常に増大する完全さへ向う内的力や傾向に起因するという信念が、あまねく行き渡っていた（上記を見よ）。ギリスピー（1951）やグラッケン（1967）、私（1982）は、このイデオロギーがもつ非常に大きな力を記述した。1876年に至っても、K. E. フォン・ベアは、「世界とりわけ生物の世界を、より高い目標へ向う傾向をもち理性によって導かれる発展の結果とみなす」（1876）人々に喜びを与えるために、究極目的論の承認を熱烈に懇請した。自然選択説に対する最も断固とした反対者は目的論者であり、目的論的な進化理論（定向進化説など）は20世紀の初めまで優勢であり続けた

(Kellogg 1907; Mayr 1982; Bowler 1983, 1987)。

世界が新しくも不変でもないということが理解されつつあったときに、究極目的論的に見える変化のために3つの説明のカテゴリーが提出された。

- (1) これらの変化は、進化の計画者のはたらきに因っている(有神論的説明)。
- (2) これらの変化は、個体の遺伝子型内の目標指向的プログラムに類似した内蔵プログラムによって導かれる(定向進化的説明)。ダーウィン以後の多くの研究は、このような宇宙的プログラムは存在しないし、宇宙の進化の不規則さはプログラムの存在と両立させるにはあまりに大きすぎるといった証拠を提供した。実際、進化の総合説の時代(1930年代から1940年代)までに、定向進化理論への支持はすべて姿を消してしまった。
- (3) 宇宙的目的論は存在しない。世界には進歩や完全さへと向かう傾向は存在しない。世界の歴史の経過の中でどんな宇宙の変化や傾向が観察されるとしても、それは自然法則と自然選択のはたらきの結果である。この第3の説明は観察された事実とよく合うので、他の2つの説明を引き合い出す必要はなくなる。

宇宙的目的論の否定は、一つの未解決の問題を後に残している。すなわち、生物進化に見られる一見上向きの傾向をいかに説明できるか？ 最も下位の原核生物(バクテリア)から、核をもつ真核生物、後生動物、温血性の哺乳類と鳥類、ついには精密な脳と話す能力と文化を持つ人類への進歩について、何人もの研究者が次々に論じた。定向進化説の擁護者たちは、このことは、生物的自然に究極の目標はないかもしれないが進歩へと向かう内的な力はあるということの反論の余地のない証拠だと飽くことなく主張した。一方、こうした仮定は必定のものではないということを示したのは再びダーウィンであった。すべての個体群で世代から世代へとたたく自然選択のプロセスは、実に、たえずより良く適応した種の出現を助けるメカニズムなのである。それは新しいニッチや適応帯への侵入を有利にする。そして、種間競争の最終的結果として、進んだタイプとしてもっとも良く表されるものの発展を助ける。記述的には、もっとも原始的なバクテリアから人類までのさまざまな段階で起きたことについて疑問の余地はない。ただ、これを進歩と呼ぶのが正しいかどうかは、いまま議論の的になっている。しかし、これだけははっきりしている。自然選択は、生物進化の道筋を説明する満足のいく説を提供し、超自然的な目的論的力に頼る必要をなくさせたのである。そして、進化における前進や進歩の発生を受け入れる人々は、それを目的論的力や傾向の所産ではなく、むしろ自然選択の所産とみなすのである。

目的論の今日の地位

以前は非常に不均一に見えた“目的論的”というカテゴリーから前述した4つの物質的過程を取り去ると、後には何も残らない。これは、宇宙的目的論が存在しないことを示す。

4つの一見目的論的過程—すなわち、目標指向的な過程、終点指向的な過程、自然選択

による適応性の達成、合目的な行動—が厳密に物質的現象であるという認識は、目的論から昔の神秘性と超自然的含意を取り去ってしまった。生物的自然には適応性(カントの *Zweckmässigkeit* [合目的性])というものがあるが、ダーウィンはその起源を物質主義的に説明し得ることを示した。実際多くの生物的過程や活動にははっきりと目標指向的なものがあるとしても、超自然的な力を導入する必要はない。なぜなら、目標というものはその活動を指示するプログラムにすでにコードされているからだ。こうした目標指向的過程は、原理的に物理化学的な要因に還元し得る。つまるところ、非生物的自然には、重力や熱力学の法則のような自然法則の作用に単純に起因する目標達成型のプロセスがすべて存在する。4つの認められた目的論的過程には、未知の未来の目標から遡ってはたらくようなものは一つもない。後戻りする因果関係というのはないのだ。これは、以前にしばしばなされた因果的説明と目的論的説明は対立するという主張を打ち破る。そのような主張はもし宇宙的目的論が存在するならば正しいかもしれないが、今日科学が容認している4種類の目的論については妥当でない。

目的論と進化

ダーウィンは自然選択の原理を創り上げた後、この過程は支持者によっても反対者によっても目的論的であるかのように広く解釈された。進化自体、“改善”や“進歩”(Ayala 1970)に導くだろうから、しばしば目的論的過程とみなされたのだ。このような解釈はおそらく、ラマルク的進化の変遷的パラダイムの枠組みの中では決して不合理ではないかもしれない。しかし、究極の目標を持たずいわば各世代ごとにあらためて開始するダーウィンの進化の変異的性質を十分高く評価するならば、それはもはや理にかなった見方ではない。せいぜいのところ、自然選択過程は、パースの“finious”な過程の定義に適合するかもしれない(Pierce 1958, Short 1984)。しかし、自然選択がどれほどしばしば生物を致命的な窮地に導くかを考えると、また進化の間にどれほど頻繁にその賞与が変化するかを考えると、進化的変化が不規則なジグザグ運動に帰着する以上、方向性のある進化のいかなる型にも目的論的という呼び名を使用することは著しく不適切と思われる。確かに自然選択は最適化の過程であるが、明確な目標を持たず、制約の数と偶然の出来事の頻度を考えるとそれを目的論的と呼ぶのはひどく誤解を招くことになるだろう。適応におけるいかなる改善もまた目的論的過程ではない。なぜなら、所与の進化的変化が適応性に貢献するかどうかは、完全に事後に決定されるからである。進化における自然選択と最適化について書かれた最近の本(Duprè 1987)に寄稿した15人の著者の中で、目的論的という用語を使用した者は誰もいなかった。

このことは、進化の解釈で目的論的言語に出会うときに忘れてはならない(O'Grady)。種は遺伝的完全性を守るために隔離機構を進化させたと研究者が述べるとき、それは他種個体との交雑を回避する個体が、交雑したものよりもより大きな繁殖成功を獲得するということを単に意味するだけだ。つまり、交雑しないという遺伝的素質が繁殖成功という恩恵をもたらしたということである(Mayr 1988)。自然選択はその世代の個体の属性に対処す

る。長い世代のつながりを遡って見るといかにもそう見えるとしても、自然選択は決していかなる長期的な目標も持たない。哀しいことに、いくらかの研究者はごく最近の文献においてでさえ、進化に目的論的能力を賦与しているように見える。最近の1985年に至っても、J. H. キャンベルは次のように述べた。「生物は進化する能力を増進するために特別な構造を進化させ、それらの構造が進化過程の範囲をけた外れに拡張するということがますます明白になっている。それでもやはり、機能というものは、とくに進化過程に適用されたときには基本的に目的論的概念である」(Campbell, 1985)。マンソン(1971)が正しく指摘したように、目的論的という言葉のこのようないい加減な使用は、適応主義の言語を使うことによって容易に回避することができる。