

序 プログラム

1 生体の構築方式、分子構造を規定するプログラム

目的 増殖すること 生体：あったものとこれからあるものとのあいだの一つの段階
進化における二つの転回点：生物の出現、思考と言語の出現

突然変異の原因と結果の間に相関関係はない。 プログラムの変更は盲目的

だが、環境のなかにおいて見れば、環境の変化と生物の変異は相関して進化する
競争的増殖→無機物的な分解を迂回させて→多様な新種の創造へ、増殖の合目的性
生物学は物理学と化学に還元できない。ここで要素の統合は単なる部分の総和ではない
プログラムはある変異の範囲内で機能するようにできている。実現における柔軟性

2 生物科学の歴史

思想の発展・展開

どのようにして対象が分析可能となり、新しい領域に科学を組織させたか

思考は一つの秩序を建てようと努め、観察と技術だけではなく、現行の実践・価値・解釈とも
調和している抽象的な関係をもった世界を設立しようと試みる。思想は固定された限界のなか
で働く。

3 生物学研究における方法

変革をもたらしたのは新しい対象の分析へのアプローチ

生物を観察し、それに問いかけ、その観察が答えるべき疑問を表現する方法が変化した
ある対象が分析にかかりうるためには、それを認めるだけでは十分ではない。さらにある理論
がそれを迎え入れる準備をする必要がある。理論と経験とのやりとりでは、対話をしかけるの
はいつも前者である。

4 本書の記述

「複雑な可視的なものを単純な不可視的なもので説明する」ことがいつも重要である。

「有機構成」が高次になっていった4段階があった

17C～ 目に見える表面の配列、18C末～ 器官と機能を結びつけ、ついに細胞へ、

20C～ 染色体と遺伝子・細胞核、20C後半～ 核酸の分子構造

16C以来これらの構造が次々に現われるのを可能にした条件を記述する

単なる観察や経験の収束から生まれたのではない。

それらはより深遠な変化、つまり知識の性質そのものの変革を表わしている。

I 目に見える構造

p28 現象を把握し、法則によってそれらの間を結びつけることが問題となった。

人間と外界との対話に帰した。自然についての学問は自然の解釈ということになった

「説明の能力」。すべての論理的操作は要素の組み合わせに還元されなければならない。

何が可能であるかの尺度を与えるものは、この論理の組み合わせ系である。

秩序。自然の現象のなかに、ある規則性が確証される必要がある。

p30 自然を解釈することは、法則を見出すために現象だけの分析に限定すること。

対象を分析し、それを組み合わせに従わせて秩序と尺度を引きだすためには、

それをある記号系で表現しなければならない。

p30 対象を表わしてその関係を見出すのにふさわしい象徴の体系を見つける。

p41 物質の基本的な特徴を知り、その特徴に従って命名する必要がある。

言語は概念を生まれさせなければならないし、概念は事実を描かなければならない。

「分析の方法は言語であり、逆に言語は分析の方法である」ラボアジエ、分析の精神部分を調節して、それを統合させ、それを調和させる機構の系があること。

生きている体：機能の全体、全体が働くように各部分を統合する有機構成。

p43 種：比較という網目構造、それらの関係、それらの同一性と差異→分類、記載すること
重要なものを見る、その特色の本質を把握する必要

リンネ：数・形・割合・位置からなる与えられた要素の集合として記載

分類：象徴の系で表わす、命名、形質、固有の指標 →階層制

p74 推論と実験によって証明すること、体系の論理に代って事実の論理

II p75 有機構成

18C 後半～19C、経験的知識の性質そのものが少しずつ変わってきた。

分析と比較が、対象の構成要素間だけに出なく、関係内部にまで行なわれるようになった
対象の存在の可能性そのものが内部に宿るようになった。

全体に意味を与えるのは部分のあいだの相互作用である。

構造は、全体として行なう働きによって課せられた秩序に従って、段々と重層的に重ねられる。目に見える器官は目に見えない機能によって指令される。生物の形・性質・行動を支配しているものは、その有機構成である。

無機物とのちがいは、ある種の高次の構造を組み立てるその有機構成から来る。

→新しい自然科学の出現、生命の認知。その高次の構造が研究の対象。

p76 物質の性質を与えるのは構成要素間の関係の働き。

生物に観察される構造・過程・習性などの多様性のうしろに、構造と機能の単位を探す

p84 隠された構築法を探る方向へ

生物は自律的に働く機関の単なる協調ではなく、器官は互いに依存し、それぞれは一般的な利害関係において特殊な機能を遂行して、一つの全体を構成する。

器官を機能に関係させ、器官を比較する方向へ、構造の類似性を働きの類似性に結びつける
重要なのは、表面上の差異だけでなく、深部にみられる類似。形質間の関係

p85 ゲーテ「精神は全体を受け入れ、抽象によってそこから一般の型を演繹しなければならない」
器官の組み合わせの背後に「生体の論理」。

形質の重要度は構造全体における器官の相対的重要性から来る。その重要度を計る必要。

形質にその重みと階層制のなかでの位置を与えるのは、生体の構造における階層制・役割。

p86 18C 末、生物の内部と外部、表面と深奥、機関と機能のあいだの関係が変わった。

生物の深部にある関係の体系が研究できるようになった。形の背後に秘密な構築法があることが見えてきた。生物にその存在の可能性自体を支配している内部法則を与えるのは有機構成。

* 有機構成の概念が生物界の中心に位置するようになって、

生体の全体性という概念。機能の、したがって機関の統合的な全体

生物は、自然といろいろの関係を結んでいるという考え。

自然の産物は、無機物群と生きている有機構成群に分けて理解されるようになった。

空間内における生物の連続系列は、時間的に連続している変遷の系列から生まれてくる。

生物の出現とその多様性は、生物自体の変異と適応との能力に根拠をもつ、ということ。
一つの科学の対象が現われてきた。

ある有機構成によって特異な性質を与えられている生物として研究する科学
→「生物学」という呼び名

生命 p89

*カントの認識論、自然の研究で演ずる主体の役割。知るべき対象に対する知る能力の優位
経験的に与えられたものは、その深奥で結びつけられ、それらの関係の関数として段々に重ねられて統一される必要がある。統一の要素は、認識の条件であるが認識の外にある。

生命こそ、意識をして表象に結びつけさせるための照合や先験を助け、ちがった生体間の関係だけでなく、一つの生体のちがった要素間の関係をも打ち立てさせるのである。

生物界の研究において、後天的に真実に到達させて総合を実現させるものが生命なのである。

*有機構成という考え自体は、生命と同一視されるようなある目的なしには理解されない。

その目的は、その起源が有機構成自体の中に見られるもの。

われわれが構造をその意味と分離できない限り、

合目的性を強く要求するものが有機構成の概念であり、全体の概念である。

無秩序のなかに秩序を示すのは構造の全体である。

その図形は、偶然と破壊に対して抗うある内力によってのみ形づくられ、維持されうる。

自然の有機構成された産物では、すべてが目的であり、すべてが手段である。

ゲーテ「それぞれの生物はその中にその存在の理由を包含している。部分のすべては互いに作用を及ぼしあう。……したがってそれぞれの動物は生理学的に完全である」

生物の合目的性は、有機構成の考えそのものの中にその起源がある。

カント「生体構成されたものは、それ自体で有機構成しなければならない」

有機構成されたものは単なる機械ではない。生体は、それ自体を形成し、調節する。

*p90 生物の研究は物質の科学の延長のように取り扱うことがもうできなくなった。

方法・概念・固有な言語が必要であった。

生きている物の秩序を保証するには、「行為の内在原理」が必要であった。つまり「生命」。

生命：破壊に対する競争の原理。ゲーテ「外的要素の作用に対する生産力」

死は、これに対する抵抗の原理の敗北

*秩序、統一および生命の力は、無秩序、破壊および死の力に対し絶えず競争をしている。

物質のもつ物理的性質は永久的だが、生物のもつ生きている性質は一時的である。

自然のままの物質は生きている体内を通して生命の性質に浸透する。

「生命が死の母であるならば、今度は死が生命を生みだし、そして生命を永続させる」

生命の性質が各生物内で消費されるときも、それは生物界を通して保存される。

生命は、生物から生物へと休むことを知らない継続によって伝わる。生命は連続している。

生命は未知の部分を表わしているが、これによって生体は物とは別なものになる。

*生物の化学 p93

同一の元素の化合でも、無機物に関係するか有機物に関係するかでは、ちがう性質をもつ。

最初はしかし、生物の物質・エネルギー・情報の三つの流れの一つしか認識できていなかった窒素化合物の重要性の認識。基礎的構成成分にプロテインという命名。

分子、その性質をきめるのは分子内で占める原子の位置だということを知った。

触媒作用。

分子構造の複雑さの背後に、組み合わせの単純さ。

有機化合物の多様性は、限られた数の型と機能の組み合わせに還元される。

分子とその性質の多様性は、構造全体を変えることなしに行き来できるような、ある原子あるいは原子団の運動から生じるのである。

有機化学は、物質と生物のあいだ、物理学の法則に服すべきものとそうでないもののあいだの距離の程度を示した。

p100 物質の秩序を考える二つの新しい方法が生み出された

統計力学が分子の無秩序から引き出すような秩序

物理化学が分子の構造の中に挿入するような秩序

*有機構成の計画 p100

生きている体は、「自然によって準備されたあらゆる種類の実験」

重要なのは、形の多様性の背後に機能の共通性があるのを見定めること。

相同は構造の対応を表わし、相似は機能の対応を表わしている。

研究の対象となるのは、関連する系である。

循環・呼吸・消化などの大きな機能のまわりに構造を分布させなければならない。

その主要な道具は比較解剖学となった。

ある系列を構成する手がかりがないとき、相似を探すには「関連」を頼りにする必要がある。一部局のもっとも普遍の特徴はその部分間に成り立っている関係の中に在るから。

比較形態学を行なうこともできる。

生きている体は、器官の単純な集合ではありえない。

生きている状態では、器官は互いに働きあい、共通の目的に向かって協力しているから。

p105 共存の法則と相関関係とによって、生物を観察し研究する方法はすっかり変わった。

器官は相関関係の網で結びつけられているだけではない。一つの階層制の下に置かれている。構造の従属関係は機能の階層制を、器官の配分を指令する統合系を反映している。

19Cにおいては、生体の構造は、ある全体の計画、機能的な活動を統合する、ある有機構成の計画に従う必要があった。

.....

*細胞 p112

19Cになって、生物学は、有機構成の研究を、生物の構造のもっと細かいレベルまで広げることができるようになった。有機構成された物体の内部構造。

p114 生命の特質は組織の中に宿り、生体の属性は組織の連合の中に宿っている。

有機構成の補足的な段階、器官と分子のあいだの中間段階が現われたのである。

生物にその固有の質を与えるものは、これら分子の組織への配列である。

生体を、その単位、その協調、その調節、ならびに、生きている要素から構成されていると考えるためには、これらの要素が単に並列されているのではなくて統合されていることを認めなければならない。各単位は融合して上位の他の単位になる必要がある。各単位は生体に服従しなければならないし、その個性すべてを全体の個性の前に放棄しなければならない。

細胞説は、その増殖に対してある意味と、同時にある機構を与えたことになる。

p117 ちょうど、顕微鏡の解像力が色消しレンズの使用によって大きくなり始めた時代だった。

細胞は、単なる一滴の粘液としてではなく、小構造物として現われた。

「核」の認識

細胞は、いつも同じ一般的様相を示し、いつも同じ計画に従っているかのようにだった。

≠すべての生物はついには併置された単位の集合に分解された。

細胞は、生きている単位、すべての性質を保有した個性性であると同時に、すべての生体の出発点でもある。

発生の一般的原理が存在し、この原理は細胞の形成である。

重要なのは、細胞はそれ自体生命の属性すべてをもっていること、

細胞は有機構成されたすべてのものに必須な源。

p119 栄養や生長の原因は生体の全体の中にあるのではなく、その基本的部分細胞にある。

「各細胞は二重の生命を運んでいる。一つはその固有の発展に関して自律的であり、

他は一つの植物の統合された部分になっているという見解からは仲介的である」

≠生きていることの特質は細胞に与えられなければならない。

それはプシュケの奉仕によるなにか神秘的な力の効力によるのではない。

あるきまった化学反応を細胞に実行させるような、分子の特殊な配列によるのである。

細胞の造形的現象と代謝的現象

有機的な現象を説明するには、物理学で用いられるような力、「ある盲目的な必然性の厳密な法則」に従って働く力を参加させれば十分である。

生体にその形や性質を与えるものは、細胞の配列の仕方であり、その数であり、その性質。

*問題の再発見：基本的単位によって構成されている有機構成の再生産は、一つの世代から次の世代へのある「記憶」の伝達を必要とする。

それは細胞内に宿らなければならない。

--- 有機構成が、研究対象として可視構造に置き換わった。

有機構成が生命と同一視されたのは、

それが、構造・機能・環境のあいだの関係の中心をなすから。

コント「この三つのパラメータの価が調和している限りにおいてのみ、生物は存在する」

これ以後、生物系の働きと性質の分析は、この相互作用に基礎を置いたのである。

*時間の登場 p129

有機構成された系の歴史は、一連の変換になっているのであって、

それによって系がだんだんに構成されるのである。

最初の構造の永続がひとつの世代から次の世代へと保証されなければならないような必要はもうない。同じ有機構成が相次いで起こる同じ一連の手直しによって、ひとつから他へと派生することができる。

空間における有機構成の計画に、時間における形成の計画が対応している。

≠個体発生の時間の背後に、ずっと遠く隔たった、もっと力強い他の時間が漠然と区別されるのであって、これによって生物の間のある関係の束の輪郭が浮き出ているように見える。

進化説が可能になるのはそのときである。

III p131 時間

時間は、生物界の発生そのものやその進化と切り離すことができない。

すべての生物は必然的に歴史に帰着するが、その歴史はたんにその祖先がかかわりあった事象の連鎖だけではなく、その生物をだんだんと洗練してきた変遷の継続をも表わしている。

時間の概念は、起源・連続性・不安定性・偶然性の概念とかたく結びついている。

すべての生物は実際にはただ一つの同じ祖先、あるいはごく少数の原始的な形から出て来た。最初の生体の出現以後は、生物は生物からしか生まれなかった。次々と引き継いだ増殖の結果。不安定性、柔軟性の狭い余白→変異

自然には、いかなる種類のいかなる意志も見出すことができないし、変異を予め考えた方向に向けることができるようないかなる作用も見出すことができない。つまり、今日あるような生物界の存在に対し、なんらの先天的な必然性もない。偶然性

すべての生体は、それらをとりまく空間と、空間内でそれらを作り上げる次元にも緊密に結びついている。

※ 現在を考察しそれを解釈するやり方が、必然的に過去に与えるべき役割を課している。

ひとつの時代が時間というものに帰することができる重みと働きは、実際には、その時代がつくりあげた物と生物についての表象、そこで明らかにしたそれらの関係、それらを配置した空間に依存している。 “認識は歴史的”

18C まで生物は歴史をもたなかった。

※ 大変動 p132

生物の大変動という知識から、地球は不動のものではなくなった。

地球はなによりも歴史をもち、年齢をもち、いろいろな時代をもったのである。

→有機構成されたものはいつも不変ではありえないこと、種は時間とともに変化しうること、さして、生物は変移することが明らかになった。

※ 変遷 p143

19C 生物学の出現

すべての生物のあいだに血縁関係ができた。生きていることの連続性が種を固定から解いた。生物間の関係が、有機構成が代表しているような高次の系に関連した全体によって確立された。

※ ラマルク「生体の各界には、有機構成の組み立てが増すのに応じて、段階のある系列が存在」それゆえ、変遷の対象となるのは全体としての有機構成である。生物の構成分のあいだの関係は不変のものではない。一方向の過程によってすぐ上の複雑な他の系へと変換できる。そうすると、すべての生物を次々と派生させることが可能になり、……。

生物全体を、それらの相次ぐ発生を物語るひとつの歴史によって結びつけることができる。

生体の異なる型は、同時に現われるのではなく、時間における秩序のもとに現われる。

※ ラマルク「種と呼ぶものは、その状態で相対的な安定性をもっているにすぎず、自然ほどに歴史の長いものではありえない」、「すべての有機構成された体は、自然が次々に作る産物である」

この地球の表面上にあるものすべて、だんだんとその状態と形を変えてゆく。人間が自然に見る安定性はみかけにすぎない。その安定性は、人間がすべてのことを人間固有の寿命に関係させて考えるという事実にもずびついている。

p147 ラマルクの貢献：生物に多様性を超越した統一性を発見したこと、有機物と無機物のあいだの境界をはらったこと、生物体の分析の中心をその有機構成に向けたこと。

変遷を操作する二つの因子、生きていることに内在するものと外にあるものとの組み合わせ。有機構成を絶えず組み立てようとする一種の力がある、

生物の形が多様化するためには生命の条件、「状況」「周囲の環境」が関与する。

生物の生命の条件への適応と、生体とそれを取り巻くものとのあいだの調和。

ラマルクは、生物界全体を、構造と機能との進展と見なすことができた。しかし、時間の役割

を見逃したために、生物界の配列に見られる偶然性の特徴を排除することになった。

*化石 p153

系は相次ぐ階層によって異なるレベルに構成されているが、それらの階層は徐々に諸要素を結びつけ、それらのある図に従って配列し、さらにそれらを複雑にするためにそれらの類縁に絶えず手を入れている諸事象の継起によってできたのである。

この世の物体を群に分けるのには、空間内の類似性を知るだけでは十分でなく、時間的な継起を精確にすることも必要である。経験的な領域の内容は一気には展開されえないし、何かの予知された設計に従って予見されうるものでもない。弁証法に従った連続的な変動によって実現される。

世界を構成している対象の合目的性は、それらの対象の必然性の中に存在しているが、必然性自体はもはや対象の偶然性から分離することはできない。

p154 ダーウィンやウォーレスの進化論をそれ以前の考えすべてと本質的に区別させるものは、生物に作用する偶然性の概念である。

生物の変異は、動機のないものでありうる。

環境は、生物が従う外界の変数全体を表わしている。それは特定の方向への効果ではない。

生体は、その環境から分離することができない。変更され変換されるのはその全体である。

p156 19C には、もはや宇宙全体にとってただ一つの時間しかありえなくなった。

生物の歴史は、地球の歴史と切り離せないほどに結ばれた。ただ一つの歴史、自然の歴史。

地球の深奥では、系列の始まりの目安になる跡は何もない。前代の歴史を有機構成された物の存在と結びつけるような何のしるしもない。

*進化 p160

古生物学的記録→時間とともに少数の似た生物は莫大な数のちがった子孫を産出した。

新種の出現を支配するものは、二つの変数、集団の大きさと個体間に生じる差異の出現頻度。

群の多様化を表現するのに便利な唯一の図は系統樹である。

すべての変化は漸進的で、急激に行なわれたのではない。

出現してきたものは決して新しいものではなく、分岐と隔離によって分化した変種なのである。

古生物学の資料は、すべて生物とその形成との偶然性を示している。

新しい形の出現は、或る時代にある場所で結びついた多数の力の結果である。条件が異なっていたならば、生物界は異なっていたであろうし、もしくは、すべての生物界がまったくありえなかったかもしれない。

P166 ダーウィンが生物界に対する態度を決定的に変換させたもの

個体ではなく大きな集団を考察するという仕方である。

変遷の対象は、その生体ではなくて、時間を通して生きてきた似かよった生体全体である。

ダーウィンは、ボルツマンやギブス以前に、統計力学が課せねばならなかった態度をすでに採用していたのである。

変遷を注視する場合に、彼は大集団にいつも生じる揺らぎを考えていた。

b 必然性というものが生物界から完全に消滅したわけではない。その性質を変えたのである。したがって、生物の形を変換させるように干渉する主要な推進力は、大集団を生起させる過程そのもの、生物に固有の増殖力の中に存在しなければならない。

生物の出現は、相反する作用のあいだの長い競争の効果、戦闘する力の結果、生体とその環境とのあいだの闘争の結果を示している。

生物が形・性質・習慣を変える能力は、生物に固有なものである。物質から区別される特質。変種が現われるや否や、彼らは競争に参加する。彼らの先祖との差異が増殖を助けるかあるいは助けないかによって、彼らは勝つかあるいは滅びる。

≡ 結局のところ、生物界の進化に特有な唯一の力は、生物に固有な増殖の力である。

自然は、内部器官にも生物の構成そのものにも、有機構成の全体にも働きかける。

p172 進化説とともに、あるがままの生物界の必然性に、すでに天や物質を支配していた偶然性が置き換わった。

生物界は今日ある状態とは完全に異なっていたかもしれないだけでなく、それは決して存在しなかったかもしれないのである。

生体は、地球とそこに住むすべての対象を含んだ高次の広い系の要素になったのである。

この変革は、ビュフォンやラマルクによって始められた生物変遷論者の見解の単なる延長上にあるものではない。対象を考察する方法自体の中に見られる変化の効果。19C 中ごろに出現した根本的に新しい姿勢。

≡ 同一の物体からなる集合を見て知る必要があるのは、対象自体よりもそれが照合される型。型だけが実在性をもつ。

正確には同一ではない個体の群を見て知る必要があるのは、分布を通しての全体としてのその集団。平均された型は抽象にすぎない。その特殊性・差異・変異が実在性をもつ。

変異はもはや個体の問題ではなく、集団の問題である。

ラマルクにあっては、傾向が発現に先行していた。

ダーウィンでは、生物の出現とその適応との相対的な順序は逆になる。自然はすでに存在していたものを優遇するだけである。

≡ 変異は、偶然に生ずる、原因と結果のあいだに関係なしに生ずる。新しい生物が生存の条件に直面するのは、その出現のあと。増殖の候補者として試練に立たされるのは、ひとたび生を享けてからのことにすぎない。

p174 19C 中ごろの新しい見方。生物界の平衡は、ある種の弁証法、恒久と変異、同一と差異との弁証法を通して実現される、というふうに考える。

進化は、環境から増殖に働きかけたフィードバックの結果となる。

進化の時間は不可逆的である。生物界の時間はただ一つの方向に流れている。というのは、

変異や選択によって生物がある道に入れられると、後戻りすることができないからである。体制化された系の進化の一般論は、以前の段階にいつか戻るという確率は非常にわずかしかない、というこの原理の上に築くことができる。時間とともに起こる複雑さの増大や、変換の系列に見られる不可逆性は、このような系に固有な性質によるものである。

進歩、もしくは適応と呼ばれるものは、系とそれをとりまくものとの間に不可逆的に展開される相互作用の働きの必然的な結果にすぎない。

規則性によって増殖は両親に似た子を作りうる。そのゆらぎによって増殖は新しいものを作る。必然性は、莫大な集団の行動に適用されたときに統計的分析が多数を支配する法則の表現と考えるものになった。それは、今日存在しているような生物界の形を与えた、知ることのできないある力の効果を表現することをやめたのである。

≡ もし新しい者の出現をいかなる意志にも帰することができないとすると、その生物が「生存競争」で成功するか失敗するかは純粋に物理的要因、したがって変化しうるパラメータに依ることになる。そうだとすれば、生物学に留保されている領域はもはや存在しなくなる。増殖さ

えもが分析の対象とならねばならなくなるのである。

IV 遺伝子 p177

19C 中ごろ、生物学の研究が転換期を迎えた。

細胞説・進化説・多数の機能の化学的分析・遺伝の研究・発酵の研究・

重要な有機化合物の完全合成

現代生物学の源泉となっている研究方法・概念・対象が決められた。

ひとつの実験科学となった

すべての観察とすべての比較が照合されるべき指導様式の役をしていた。

≡ 19C 後半になると、有機構成はもはや生物を十分に知るための出発点ではなくなり、それは知らなければならない対象となった。

どのようにして有機構成が構成され、その構成と機能を支配するのはどんな法則か？

p178 自然はすべて一つの歴史となった。

その歴史において、生物は物質の延長であり、人間は動物と一線上に並ぶ。

生物にとっておきの領域はなくなり、原則的には知識の受け入れを拒む余地はなくなった。

実験に限界を課するような神の掟はもう存在しない。

物質から生きているものまで、そこには性質の違いはない。あるのは複雑さのちがい。

p179 実験

生物の観察から分析へ。

器官の働きはもはや構造や組織の言葉では説明できなかった。測定されなければならない。

生体の中では、その要素は自律的である。

生体という統合系、部分の全体への従属、共同体

生理学では、複雑さをつくりだしているものは機能の相互作用であり、機能の連帯性。

ベルナール「生命現象はまったく生体の中にあるのでもないし、環境のなかにもない。

ある意味で、生きている生体とそれを取り巻く環境とのあいだの接触によって産み出された効果である。

生体-環境系：二系列、外部的なものと内部的なもの

ウィナーのサイバネティックス、生物で観察された系に基礎を置いている。

p191 統計的な分析

物理学の概念の導入 エネルギー、平衡の状態、エントロピー、

熱力学、系全体の散逸、集団、各粒子は自分のエネルギーと運動を携え、偶然の衝突

集団、統計学的分析と確率論は、この世界の論理の基底さえも与える。

ダーウィンとボルツマン・ギブスの二つの思考様式の類似

p196 偶然性という概念が自然そのものの中心に置かれるようになった

結局、進化論と統計力学のあいだの類似は、時間の不可逆性を考察する様式にまで進んでいく。

19C のすべての姿勢は、統計力学が課した新しい視点によって変革されたものである。

≡ 統計力学は、秩序と偶然という、相反しないまでもこれまで互いに無関係であった、二つの概念を結びつけた。

神秘と気ままの臭気を残している力や運動量・電荷と電位差のすべては補助因子の列に追いやられる。それらは、もっと深くにあって普遍的な機構のいろいろちがった面を現わしているにすぎないのである。その機構は、宇宙の一般法則、つまり計算可能な、ある偶然の影響

を受けて秩序から無秩序に移る事物の自然の傾向として出現するのである。この法則は事象の因果的説明を提示することをめざしてはいない。それは、事象がなぜ起こるかではなく、いかに起こるかを言おうとしているのである。それ以後、因果性の概念さえもいくぶんその意味を失った。このようにして、19C 前半に自然像にまだしみこんでいた神秘の多くは霞んできた。全くちがっていながら多くの現象がしばしば共通の性質を示すのは、それらの現象が共通の機構に基づいているからである。そしてその機構は、もはや物理学が分析する現象だけに関係しているのではない。天文学～気象学、歴史学～経済学～政治学、産業・商業、要するに人間活動のもっとも変化にとんだ分野から日常生活のこまごましたことに関わりあった現象に関係している。

自然を観察する方法が変化し、科学の対象ならびに姿勢を変えてしまった。

* 遺伝学の誕生 p200

井 メンデルの態度は、彼以前の人がとったすべてのものと異なっていた。

新しい三つの要素：実験を考察し、適当な材料を選択する方法、不連続性の導入と大集団の利用。実験結果を数によって言い表わし、数学的处理ができるようにする。単純なシンボルの利用によって、実験と理論のあいだの絶え間のない対話を可能にする。

集団、区別できる限られた数の形質、引き続く長い世代を追跡

p204 メンデルとともに、生物学の現象は数学の厳格さを獲得した。

井 方法論・統計的处理・記号表現が遺伝に課したものは、内在する論理であった。

生物学の実践は正しい論理によってその形を変えられなければならなかった。

しかしその新しい方法はすぐには受け入れられなかった。実際には、着想の直線的な発達史あるいは論理に厳密に従うような段階の継続は起こらなかった。

論理は、そのときどきに研究に委ねられている対象のまわりで、その時代の態度によって指定された場所の中だけで作動することができるのである。

* 染色体の演技 p207

井 生体にその特異性を与える化学反応やそれに似たものをつくる性質を授ける系は、細胞の空間に宿っていなければならない。胚細胞は生体の下ごしらえを形としてではなく力として含む。

細胞研究の分野の統一は、方法・言葉・材料によって新しくもたらされた。

遺伝はある物質およびその配列の中に宿っていることが明らかになっていった。

「遺伝の本質は、ある特異な分子構造をもった核物質の伝播である」ワイスマン

p216 19c 終わり、・細胞の核内に何か共通な性質をもった構造が存在すること

・遺伝はある特殊な物質の伝播に着せられうること が明らかになった。

その物質は染色体の中：染色体の数および形の不変、細胞分裂の際のその分割と分配の正確さ、生殖細胞内でのその数の半減、受精の際の卵内におけるその融合

遺伝の問題は簡単な数学で処理できるようになる。

再発見されたのは、何よりもメンデルの姿勢、統計力学の姿勢である。

研究材料の選択、技術と方法

突然変異ということの認識

記号であらわすことができるのは、因子が不連続な状態をとるから、状態の突然の変移

p221 遺伝子は何か直線的な構造に、すなわち「連鎖群」につめこまれているように見えた。

染色体上の連鎖群、 遺伝子の交換…

遺伝子を染色体にそって直線的な順序に、数珠の糸を通された珠のように配列する。

遺伝を分析する三つの方法：形質を通して機能を、形質の変化の中で突然変異を、形質の類別によって組み換えを調べる。

機能・突然変異・組み換えを担うのは遺伝子

生きていることの特性は、分割できない単位に還元され、その組み合わせは偶然に支配される確率の法則に従う。

しかし、生物の発生・形・性質を決定するものは、遺伝物質全体であるし、生体の中で実現される遺伝子の特殊な組み合わせである。

p223 何年かのあいだに、遺伝子は生物界の描像を変えてしまった。

動物や植物の性質とそれらの多様性は、結局、細胞に宿る構造の永続とその性能によるのだ。

遺伝の力学は、染色体中に二つのまれな効力を付与された物質の存在を要求する。

自分自身を正確に再生産し、その活動が生体の性質に影響を与える能力

化学との協力が必要となった。

* 酵素 p224

炭素を含む有機物質、造形物質と代謝物質、リンを含んだ核酸、

生物においても実験室においても、化学的熱力学の法則はすべての物体に対して同じ。

生物の物理学的・力学的な働きは純粋に物理学的・力学的働きに従って行われるのと

同じ理由で、生命の化学的な働きは普通の化学力の働きによる。

化学の方法を利用することによって、自然発生の最後の痕跡が消された。

生物内での化学反応の非対称性→発酵、受動的と能動的

≠ パストゥールの考えが、生物界の一般像、生物相互間に示された関係、地上で行なわれている化学活動に見られる役割の分布を変更した。

人間の一連の病気は、生物が侵入した結果である。

他方、外部の物質あるいは生体に及ぼす化学的影響と、働いている要因の生きている特徴とのあいだに相関関係が確立された。

≠ 生物は生物からだけ生じる。

酵素は物質である、触媒作用。各酵素はそれぞれ単一の反応にだけ働く。

生体におこる過程は、化学的な動力学の法則の下にある。

生物化学の独立

p236 新しい材料と方法を具えて、生化学は一連の新概念を発展させた。

食物を特殊な化合物に変換する化学反応全体が理解できるようになった。

食物は、生体あるいは細胞を構成する物質すべてを含んではいない。

食物が分解されてつくられた産物から特殊な化合物が構成されなければならない。

生物全体に機能の統一性の概念が確立された。

タンパク質の研究は、新しい技術と概念を必要とした。

生体の活動は、それぞれの細胞の中に、また、化学反応を行ない構築物を組み上げる何千ものコロイド滴の中に分散している。

p240 生物の特質は、結局のところ、二つの実在、タンパク質と遺伝子に基づいている。

≠ 生物界の認識に限界を与えうるものは、もはや生きているものと生命のないものとのあいだの性質の差ではない。それは、われわれの方法が不十分であり、解析の可能性さえも不十分であることにある。

生物の起源・性質・行動などを正当化するために、神秘的な力に訴える必要はない。

20C 中ごろ、有機構成の規約が変更された。

全体としての構造とその統合を決定するのは、構成要素の構造であるということになった。

有機構成の統一は、諸機能の調節における特殊化された機構の存在に依存していた。

神経とホルモンは体中に相互作用の網目を張りめぐらし、離れた要素も結ばれていた。

サイバネティックス、多くの系からなる一つの系。全体の構成を支えているのは各要素間の相互作用。諸要素が互いの間で連絡をとり、全体が追求している目的に応じてそれぞれの特有の活動を調節しあうときに限ってだけ、統合がある。

各要素は、他の要素に対する存在の条件そのもの、その原因であると同時に結果となる。

これらの要素の有機構成は、時間とともに諸要素を再配置させる系列、したがって固有の変換の系列を潜在的にもっている。諸活動の調整が、ある統合された系の性質のみならず、その進化をも決定する。

このような系の内部論理が生まれるのは、機能と構造とのあいだの関係によるのである。

したがって、ある生物の性質・性能・発生は、その構成分のあいだで行なわれる相互作用を言い換えたものにすぎない。機能の分析は構造の分析と切り離せない。

分子生物学をつくり上げる必要があった。

* 巨大分子 p245

生命のないものの秩序と反対に、生きているものの秩序は無秩序から引き出すことはできない。

シュレーディンガー「生命は、法則に従って整頓され、秩序から無秩序に向かう傾向にはなく、既存の秩序の保持に基礎がおかれているような物質の行動である、と思われる」

20C 中ごろ、この秩序とその伝達を分析する道を開いたものが情報の概念である。

エントロピーと情報。行なう力と行なわれることを方向づける力のあいだにある絆をつくる。

ある体制化された系において、その要素を結びつけているものは、たんに物質やエネルギーの交換だけでなく、情報の交換である。抽象的な実在である情報は、ちがった型の秩序が連結しあう場所となる。情報は、同時に、測られるもの・伝えられるもの・変換されるものである。

p247 結局、体制化されたすべての系は、二つの概念、メッセージの概念とフィードバックによる制御の概念によって分析することができる。

メッセージとは、ある目録から取りだされた象徴の継起を意味する。

記号でも、文字でも、音でもよい。ある与えられたメッセージは、可能な配列全体のなかでの特殊な選択を表わしている。それは、シンボルの組み合わせによって許されるすべてのものの間のある種の秩序である。情報は、この選択の自由度したがってメッセージの起こりにくさを測る。すべての物質構造は、メッセージに比較することができる。

ウィナー「生体をメッセージとして考えること」を妨げるものは何もない。

すべての有機構成は、調節作用の環を介入させるが、それによって個々の要素はその固有の働きの結果を知らされ、全体の利害に応じてそれを調節しなければならない。

働いているすべての系はエネルギーの散逸とエントロピーの増大の傾向があるから、生きている系の状態を維持するには代償が必要である。

生物は外界を必要とする、閉鎖系ではありえない。

すべての生物は、いわば宇宙を無秩序の方向に運んでいる普遍的な流れに、永久につながれている。生物は、局所的であると同時に過渡的な一種の分流を現わしていて、これが有機構成を維持し、生物に増殖することを許している。

電子顕微鏡、X線回折→遺伝子の構造

* 微生物 p256

微生物を用いる遺伝物質の内部構造の研究

増殖を通して構造と反応とを再生産する性質が、遺伝子の主要な原理である。

遺伝子の活動がデオキシリボ核酸の存在に関係することの発見。

四つの単位の直線的な配列によってつくられた長い重合体。四つの単位の順序。

分子生物学は、決然と生物界の境界線の一つ、生命のないものの局限に立った。

下級なレベルの生体は化学と物理学との言葉で言い表わされる。

高等なレベルの生体は体制・論理系・自動機械の言葉によってさえ表現されるが、

それは要するに同じことを言っているにすぎない。

分離された化合物が、分離と純化のあとにも、試験管の中で生体内で行なうのと全く同じように働くことが確かめること。

* メッセージ p262

バクテリア細胞、小さな袋、二層の膜に囲まれて、膜が細胞と環境を分離している。

袋を開いたら、数千種類の分子、小さな分子と高分子、……

細胞内で起きている合成や変換に神秘的なことは何もない。

生物の化学と無機物の化学の間にはなんの不連続もない。

細胞の化学

触媒、それ自体は反応に参加せず、化学的に変換されず、単に反応の遂行を活性化。…

細胞の化学の正確さは、二千近いタンパク質-酵素の性質に基づいている。

世代を通しての生物の存続は、それを構成している物質の細部にまでも及んでいる。

タンパク質は、同一のタンパク質からは生まれぬ。DNAによって構成される。

≡ 細胞内で、DNAだけが自身の写しによって再生産される。

DNAに関する説明…… 二重らせん、四種類の核酸塩基、配列順序、

記号の組み合わせだけがある「意味」をもつ。「句読点」という特別な記号、

タンパク質の鎖の中の単位を整理する遺伝子の活動は、核酸の単位を整理する遺伝子の再生産よりはるかに微細な仕事である。……

遺伝の暗号表は普遍的。

核酸の鎖に沿って記号化されるものは、バクテリア細胞の構造物を細分した計画の集まり、一連のタンパク質の構造全体を綿密につくりあげさせる指令の総体である。

プログラムのある部分には、状況に応じて他の部分を参照するよう指示が含まれている。

大腸菌が出遭いうるたいの状況はこのメッセージの中に予測されている。

遺伝のメッセージはただ細胞の中だけで機能できるのであって、自分だけでは何もできない。

することの手引きができるだけである。われわれが細胞の中から抽出できるどんな物質も、再生産する性質をもっていない。

≡ 細胞だけが、プログラムと同時に使用様式、計画と同時に実行手段をもっているのである。

* 調節作用 p274

その実行の手段とはタンパク質である。

細胞の活動・構造・統合はすべてタンパク質の性質によっている。

タンパク質は化学結合を形成して働くのではなく、他の化合物と協力して働く。

その構造は、もっとも異質的な混合物内でだけ一つもしくはいくつかの種類の化学物質を正確

に「認知する」能力を与えている。この選択の正確さとその特異性が細胞の構成成分のあいだに打ち立てられている関係を決定する。タンパク質が細胞の化学すべてを管理しているのである。

“内部に関係を構成している活動体”

井 細胞の化学の神秘さは、化学的パタンの正確さとそれぞれの酵素のその基質への結合にある。代謝物は酵素、しかもたった一つの酵素によって認知されるので、ある与えられた道、酵素の触媒的活動によって与えられた道に必然的に向かう。酵素の構造自体がその選択と相互作用を同時に決定するのである。

ウイルスをひとつの生体と考えることはできない。細胞－ウイルス系だけが生きているものの性質をすべてもっている。ウイルスの感染とは、外来の化学的メッセージが侵入して引き起こした細胞秩序の破壊である。

無生物界で結晶を組織化して生長させている原始群のあいだの作用のほかには、どんな特殊な力も必要ではない。

井 われわれが賛嘆するような細胞内の形の多くは結晶と同じような性質を示す。結晶化は、似たものの結合、同じ分子を配列してそのあいだを結びつける力によって厳密に秩序付けられている幾何学を意味する。

細胞器官の形成がいかなる神秘的な原理の働きをも要しないこと、物理学上未知などんな力も必要としないこと、構成成分の構造自体に含まれていないようないかなる要因も必要でないこと。

井 生物の幾何学模様は、以前から知られていた現象、結晶の形成に基礎をおいている。

もう一度繰り返すが、生物界と無生物界のあいだのちがいは、性質にではなくて複雑さにある。バクテリア細胞の統合は、ある種のタンパク質の性質によるものであり、他の種類の分子を選択的に認知するその能力によるのである。

原子の尺度で互いに遠く離れている構成成分との情報を維持し、全体の利益と共通目的に関して特殊な活動を指揮するためには、通信網が必要である。細胞の化学のあらゆる段階で、反応を協調させて生産の要求に合わせるために調節回路が介在している。細胞は必要なときに必要なものを生産するだけである。この化学工場はまったく自動的である。

p278 細胞の化学活動を協調させる：操作体に絶えずそれらの適切な活動についての情報を与えて、その状況に適応させることである。構造では異質だが機能では一致している構成要素の間に相互作用を確立することである。遺伝のプログラムの中に示された命令の硬直性が、局部的の状況・系の状態・環境の性質について集められた情報の柔軟性によって修正されるかぎりにおいてのみ、統合がある。なすべきこととなされたことの間の相互作用が、瞬間的にそれぞれの構成成分の活動を決定していく。このような相互作用が、その系を熱力学の拘束から解放して、無秩序に向かう機械的な傾向と対抗する能力を与える。このことから、外界を「探知し」信号として働くある化合物の存在を検出し、その濃度を測定しうるような認知器官が、実行器官と連続されてそれを指導することが要求される。この役割は調節作用と呼ばれ、あるタンパク質に帰属し、その調節にこれらのタンパク質の構造が特殊な性質を与えているのである。

調節系の論理

p281 バクテリア細胞の機能・形態・統合を分析すると、第一の地位を占めているのはいつもタンパク質の一族である。細胞内でタンパク質が特権的な位置を与えられているのは、ある化学的パタンを特異的に認知する能力をもっているからである。

バクテリア細胞の解剖学は、その生理学と同様、あるタンパク質の配列順序にもっぱらその基礎をおいている。

* 写しと誤り p282

遺伝子における構造のわずかな変異したがって機能のちがいの、各世代でくりかえされるときには、ほとんど必然的に何か進化的な反響を引き起こす。後天的には、すべてはあたかも自然淘汰が化学物質を一つひとつ選んだかのように、あたかも各々の分子の形を、各々の細部を念入りに作ったかのように運ばれる。

遺伝のプログラムの中に記されていることは、過去のすべての増殖の結果である。

それは、校正者が十億年以上の間、目を通し、すべての不備の点をすこしずつ使用許しながら絶えず修正し、洗練し完成してきたものである。時間によって絶えず修正されて。

井 遺伝のメッセージ事態の変化を引き起こす誤り、すなわち突然変異だけが、種に対して重大な結果をもつことができる。ある突然変異が生体にとってなにかの利益をもたらしうるのは、ただ環境が急激に変換した場合である。

たいていの場合、突然変異は量的変化ではなく質的变化を現わす。

進化は、生体の複雑さの増大、したがってプログラムの拡大によって起こる。

染色体のある節が他の個体に由来する相同の節で置き換えられうる。

メッセージの秩序の回復は選択から自発的に生じる。この選択は、遺伝の原文自体に対して行なわれるのではなくて、生体全体、あるいはむしろ集団全体に対して行なわれて、不規則なものすべてを排除する。

核酸の原文が環境によって規定されるように思われたり、過去の経験の教訓がついにはそこに書きこまれるようになるのは、増殖における成功の長い回り道を経ているからである。

選択は、可能なものの間にではなく、存在するものの間に働いている。

原文が含んでいる指令の実行は、環境の特殊な影響を受ける。

適応はいつも、環境の教育的ではなく選択的な影響の結果として生じる。

p290 関与している原理の単純さ

バクテリアの研究で、その機構を実証し構造を分析する限りでは、すくなくとも理論的には、われわれの実験化学のとどこところに現われないようなものは何も出てこない。小さな無機分子の行動と大きな有機構造物の行動の間、無生物の反応と生物の反応の間、実験室の化学と生体の化学の間には、何の断絶もない。物理学者に知られている相互作用だけ

タンパク質の合成は、ひとつずつ厳格な順序で行なわれる数千の反応によって行なわれる必要がある。

生物学で、物質の研究でまだ明らかにされていない何か新しい法則を見つけるという期待は裏切られた。

試験管の中に完全武装したバクテリアが姿を現わすのをみる機会はない。

p292 バクテリアが巧妙に立ち働くのは、二十億年もの間、その先祖がこれらの化学を自分で試みて、各成功の処方箋を綿密に記録してきたからである。ここに、生きている世界と生命のない世界、生物学と物理学との間に溝が生じたのである。

生命のない物体は時間に依存しない。生きている物体は時間と硬く結びついている。

そこでは、どんな構造もその歴史とは切り離すことができない。

われわれの大腸菌の歴史は、結局、その冒険と逆境との成功を伴った増殖の連鎖である。

進化は、偶発事・稀な事件・誤りの上に築かれている。

ある生氣のない系を破壊に引きずり込むようなものであっても、生きている系では新しさと複雑さの源泉となる。偶然の出来事はそこでは革新に変換しうるし、失敗は成功に変換すること

ができる。そこでは、子孫の数の大きさに影響を与えるずれだけが勘定に入れられる。

p293 これらの作業を方向づけるためのどんなプッシュケもないし、その進行あるいは停止を指令するためのどんな意思も存在しない。あるのはその実現と不可分のあるプログラムを永久に推敲することだけである。

遺伝のメッセージを解釈する唯一の要素はメッセージの産物であるからである。遺伝の原文は、それ自体が決定した構造に対してだけ意味をもっているにすぎない。こうして、もう増殖に対する原因はない。たんに事象の循環だけがあって、そこではそれぞれの構成成分は他の者に関連してある役割を演じているだけである。

p294 有機構成が再生産できて生命が出現するのは、空間的な構造様式の複雑さが直線的な組み合わせ系のもつ単純さによってたまたまつくりだされたからである。しかし、それはまた、二つの記号系——一つは世代を通して情報を保存するのに役立つもの、他は各世代においてその構造を展開するのに役立つもの——の間に一義的な関係を確立することができたことにもよる。これらの二つの系のあいだの関係は細胞の増殖に、いかなる知能も選ばなかったような内部論理を与える。

遺伝物質の構造ではなく、その活動だけが生体の構成成分を協調させる調節作用に委ねられる。遺伝のプログラムは外部調節の支配下におかれる。

個体が集団の部分となしているからである。したがってそれは、別の論理で働いているより高い水準の系内でのひとつの単純な部分となしているからである。遺伝のプログラムを調節するものは、この系の内部にある。

結局、遺伝のプログラムと環境のあいだには、適応が要求するような必然的な関係が存在する。しかしその関係は、フィードバックの長い環となった回り道を通してのみ確立されるのであって、この作用は子孫の量によってメッセージの質を調節する。

遺伝のプログラムは、自分を書き留めようと考えてもいなければ、自分を新しくしようなどと思いつめぐらさず、実現されながら変わっていくのである。

VI 結論 統合単位 p295

一方で、生物界の多様さ、巨視的なレベルで観察される形、構造、性質の驚くべき多様性は、数種の分子の結合つまり微視的なレベルで使われる手段が単純なことに基づいている。

他方で、分子の微視的なレベルにおいて生物で展開される過程は、物理学や化学が無生物系で分析するものと何ら区別がつかない。

増殖する必要性と、ある条件に適応する必要性とが課した制約から生まれる特別な性質が現われてくるのは、生物の巨視的なレベルにおいてだけである。

Ⅱ したがって、問題は、生物と物質とに共通な過程を、生物の起源と目的とが生物に授けた特殊な規約に関連させて解釈することである。

われわれはただ、生きている系・その構造・その歴史を分析しようと努めている。

しかし同時に、生きている系の合目的性を認めることは、生体の「企図」、その存在そのものがその構造と機能とに与える「意味」を常に参照することなしには、もはや生物学を行ないえないことを意味している。

今日では、生体においてだけでなく生体を現在あるものにしていく一連の事象においても、われわれはもはや、構造をその意味から分離することはできない。すべての生態系はある有機構成の諸要素の間のある種の平衡の結果である。これらの要素の連帯によって、ある一点におこ

ったどんな変更も、全体の関係を討議して早晚新しい有機構成をつくりださせるようになる。分子・細胞・生体・集団と、研究のどんなレベルが問題にされようと、歴史は必然的な見通しを与え、継続は説明の原理を与える。一方では、生体の統合とその構造・機能を支配する原理を区別することが重要であり、他方では、それらの変換とその継続を導くものを区別することが重要である。

ある生きている系を記述することは、その進化の論理と同じように、その有機構成の論理に言及することである。今日、生物学が関心をもつのは生物界のアルゴリズムである。

*

生きている系の有機構成は、物理学ならびに生物学的な一連の原理、すなわち自然淘汰・最小エネルギー(原理)・自動制御・下部一集合の相つぐ結合による「段階」をもつ構成、に従う。

自然淘汰は、全体としての生体のみならずその構成分の各々に、ある合目的性を課する。

すべての構造は選択されてきて、動的な全体の中である機能を果たしたからである。

したがって、生きている系を構成している分子が区別されるのは、その歴史・その連続性によるのである。

生きている系は生きていない系と同じように、エネルギー最小の原理に従っている。生物の反応は、常に同一の方向に進行し、自由エネルギー減少の方向に進んでいる。

p297 生物系に統一性と熱力学の法則にかなう手段とを同時に与えるのは、制御回路である。

細胞のすべての協調は、あるタンパク質が特異的な記号として働いている代謝物質との相互作用の下で、幾何学的な変形をすることによって行っている。多細胞生物では、別の制御回路が加わってきて、細胞の活性を調整してそれを統合する。そこでは、細胞間の直接的接触・ホルモンおよび神経系が介入してくる。われわれはまだこれらの回路の働きを知っていない。だが、ホルモンと神経系の化学的媒体が感覚細胞の膜内にあるタンパク質をやはり変形させるように働いていることは、ほとんど確実である。

あらゆる場合に、生物学的な系の調節作用は平衡と反応速度を操作する。

調節作用は、構成分の相互作用すなわち構成分の配列したがってその構造に固有な性質を表現させるだけである。

p298 段階をなしている構造様式

生体は、もっとも単純なものでも非常に複雑であって、一片一片、分子から分子と、組み立てられなければならないとしたら、それは形をつくり上げ・増殖し変化することがけししてできなかっただろう。

そうではなくて、生体は一連の統合によって築き上げられる。

生きている系の複雑さが生まれるのは、ますます洗練された要素の組み合わせ、一つが他に従属するような構造の統合によるのである。各世代において、これらの系の各世代がそれらの要素から再生産されるのは、各準位で中間の構造が熱力学的に安定であるからである。

生体は小包によって構成される。それらは不連続な全体の階層制に従って配列されている。各準位には、比較的よく限定された大きさとほとんど同じ構造をもった単位が結合されて、次の準位の単位をつくる。

統合単位のこのような階層制は、微視的準位において、細胞の中のタンパク質の構造の精巧な作り方にすでに示されている。

第一段階、無機要素が一連の酵素の反応→特異的な小分子、タンパク質の下部単位

第二段階、下部単位が正確な順序で並んでいる鋳型に沿って集められ→重合体

第三段階、タンパク質はたたみこまれて上部の構造にまとまる
有機構成された構造にとって可能な配列は、要素間の結合エネルギーに依存する。
生物がつくられるのは構成分の自発的な集合によるのである。

p299 このような構造は結晶の性質を思い出させる。

全体のなかで、**各対象に集まる性質を与えるのは、それら対象の同一性である。**

→自発的に幾何学的な構造をつくる

一連の生物学的な構造すべて、重合体・膜・細胞内器官は、それらの内部の論理をもっている。
しかし、有機物から生物を導いた一連の事象を、われわれはまだうまく判別してはいない。

p299 生物を特徴づけるような巨大分子の形成に必要な反応が、能率は悪いにしろ、生物学的な触媒なしに行なわれるように見える。想像しがたいことは、いかに原始的なものであろうと、統合された系が出現することである。

すべての部分が原始の海の中で独立に形成され、あるめぐまれた日に偶然に出会うようになり、ただちに似たような系に組み立てられたことに疑問はない。その祖先は、まず第一に、ある種の核、互いに助け合ってどうにかこうにか形を変えた数分子の連合に過ぎなかったにちがいない。

それは何によって始まったのだろうか。遺伝のメッセージは、その固有の翻訳から生まれる産物そのものによってしか翻訳されることはない。核酸なしには、タンパク質には明日はない。タンパク質がなければ、核酸は動きのとれないままにいる。どれがめんどりで、どれが卵か。そして、このような先駆者の足跡はどこに、その先駆者の先駆者はどこにみつかるとだろうか。

p301 そこで、生物学は、問題を系列化し、対象を個別化し、実験が答えうるような疑問を定式化しようとする。

最初の問い、いずれかの型の重合体なしに生物に漠然と似たある物を考えるか

第二の問い、進化と論理の問題

核酸の三つの下部単位とタンパク質の各下部単位との間の一義的対応はどのように出現？

なぜこの特別な対応が選ばれたのか、

遺伝のコードは言語のコードに似ている。おそらくは偶然に依存するとしても、組み立てられるや否や、「能記」と「所記」の関係は変わることができない。ここに分子生物学がひとつの解答を求めようとする問題がある。

ところで、唯一回しか起こらない事象が測りうるような確率はない。

*p302 しかし、生物学が実証したことは、生命という言葉の背後に隠れているような形而上学的な本質は存在しないということである。

集まり、ますます複雑化する構造をつくり、増殖さえする能力は、物質を組み立てる元素に属している。粒子から人間にいたるまで、統合・準位・不連続のあらゆる系列が存在する。

そこに、いかなる破綻もない。いかなる「本質」の変化もない。

有機構成の各レベルには、性質においても論理においても、新しいものが現われてくる。増殖することはなんら分子そのものの能力ではない。その能力は細胞でのみ現われてくる。そこからゲームの規則は変わってくる。もっと上のレベルの統合単位である細胞の集団に対しては、自然淘汰が制限を課し、これまでになかった新しい可能性をもたらす。

生物学は、物理学に還元されることもできなければ、それなしで済ますこともできない。

*p303 生物学が考えるすべての対象は、系からなる系を表わしている。その系は上位の系の一要素。

有機構成の各レベルは、それに隣接するレベルを参照して考えられなければならない。

統合の各レベルで、ある新しい特徴が現われてくる。

不連続性は、ちがった観察方法を要求するばかりでなく、現象の性質とそれを基礎づけている法則さえも変える。

生物学的構成のいろいろのレベルを結ぶものは、増殖に固有の論理である。それらを区別するものはコミュニケーションの方法・制御回路・各系に固有な内部論理である。

p305 *

進化をもっともよく特徴づけるものは、遺伝のプログラムを実行する際の柔軟性を示す傾向。それは、生体に環境との関係をつねにいつそう増大させて、その行動範囲を広げさせるという意味での、その「開放性」である。

認知と反応とは、それぞれ可か否かの二者択一に帰する。進化の「成功」は、認知する能力と反応する能力を相関的に増大させることに帰着する。生体が分化するためには、自律性をえるためには、また周囲との交換を広げるためには、その生体をその環境と結びつける構造だけではなくて、その生体の構成分を協調させる相互作用も発達することが必要である。したがって、巨視的レベルでは、進化はまた生体とそれを取り巻くものとの間、その生体の中で行なわれるコミュニケーションの新しい系の構成に依存する。微視的レベルでは、進化は遺伝プログラムの量的ならびに質的な変更によって表現される。

常に偶然に基礎をおきながらプログラムをそろえ直すのを助け、変化を強制するような一連の次のような機構すべてが現われる。遺伝のプログラムのいくつかの染色体への分散、各細胞における各染色体の一つではなくて二つの原型の存在、生命終期の間における一組または二組の染色体の相の交代、染色体の独立分離、相同染色体の折り目と再結合による組み換え、その他である。もっとも重要な発明は、性と死である。

雌雄性：遺伝のプログラムは、二つのちがったプログラムをそろえ直すことによってつくられる。性という手段をとおして互いに連絡する個体の全体に属する。一種の遺伝の共有財産。進化の単位をつくるのはこの集団。プログラムの厳密な複製の指令に対して、雌雄によるプログラムのそろえ直しが多様性をもたらす。雌雄性は変化を強制する。

p305 少なくとも、ある進化が起きるためにはもう一つの条件が必要である。それは死である。遺伝のプログラム自体によって卵のときから書きこまれている、必然性として内から課された死である。

それは、進化とは、すでにあったものとこれからあるだろうものとの間の、保守と革新との間の、増殖の同一性と変異の新規さとの間の競争であるからである。

多細胞の生体では、体細胞と生殖細胞の系統への分化と雌雄性による増殖にともなって、個体は消失する必要がある。妊娠・世話・教育の必要とその役割を果たし終えた世代の消失との平衡が種の最長の寿命を決定する。

いずれにせよ、死は、動物界の進化の中で選択された系の必要欠くべからざること。

進化がもたらした拘束は、不死という古い夢とはうまく折り合わない。

p305 遺伝の工場が優遇するのは、何よりもプログラムの質の変化。

有機構成の複雑さはプログラムの長さに依存する。進化が可能だとすると、空間における生体の構造と遺伝のメッセージの直線的な配列順序との間に成立する関係によるものである。進化の大きな段階、核酸の莫大な増加に対応している。

増殖の誤り、生体の共生（ミトコンドリア）、別の種に属するプログラムの融合…

プログラムの増大にはいかなる規則性もない。突然の飛躍…

細胞が情報を交換するのにはいくつかの方法がある。

直接の接触、神経系あるいはホルモン系の仲介

われわれは細胞を理解し始めているが、組織や器官は理解していない。

生長の計画すべて、実行すべき操作の全系、合成の順序と場所それらの協調、これらすべては、核酸のメッセージの中に書きとめられている。

発生……

各細胞は完全な一そろいの染色体を受けとるが、特殊化によって違った細胞はちがった型のメッセンジャーとタンパク質をつくりだす。……調節回路…… 器官

細胞の多様性と分化……

進化の間に、目は何度も「発明」された。……

知覚・反応・決定の能力は調和していることによってはじめて、進化することができた

p311 生物と環境の間の交換の増大は神経の発達に依存している。……

脳の働き・記憶・学習の働きを基礎づける論理は何か、われわれは全く知っていない。

意識の運動・感情・決定記憶を物理と化学のことばで記述できるようになれるか定かでない。ゲーデル以来われわれは、ある論理体系がその体系そのものを記述するのに十分ではありえないのを知っている。

p312 神経系の発達にともない、学習と記憶によって、遺伝の厳密さは緩んでくる。

やや複雑な生体の特徴を支える遺伝のプログラムの中には、個体に反応のある自由さを許す、開かれた部分がある。それは可能性・基準・枠を決めるにすぎない。獲得したものの役割が重要になるにつれて、個体の行動は変わる。

プログラムのこの開かれた部分がますます重要性を占めることが、進化を方向づけている。

人間の場合には、可能な反応の数が非常に大きくなるので、哲学者のすきな「自由意志」ということばを使うこともできよう。しかし、この柔軟性にも厳とした限界がある。

プログラムは、学ばれうるもの、学習が行なわれるべき時期、あるいは行なわれる際の条件に制限を課する。

人間の遺伝のプログラムは、人間に言語への能力を与える。学習能力・理解能力・いかなる言語をも語る能力。しかし人間は、その生長のある段階で、これらの可能性を実現するのに適した環境にいないなければならない。

同じような制限が記憶にも行なわれる。記録されうる情報の量・記憶される期間・その復元の能力にも制限が加わる。

p313 進化の過程で交換がふえるにつれて、もはや生体の内部だけでなく、生体間にも働く情報系が現われてくる。同じ種に属する個体間に相関の網目構造が確立される。

性の結合などこの種の交換でもまた、実行体への操作のすべての配列順序・慣習や儀式は、遺伝のメッセージの中に書きこまれている。

これらの系は種の個体間のコミュニケーションの手段となっている。

p313 これらの動物の社会の構造を規定するのは、遺伝のメッセージの構造である。

哺乳類では遺伝のプログラムの厳格さはますます緩やかになる。

感覚器官は精巧になる。特につかむことができるようになると、活動の手段は多くなる。

統合の能力は、脳とともに大きくなる。

対象から離れて自分を解放する能力、生体と環境のあいだにある種のフィルターを介在させ

る能力、つまり象徴化という能力が現われてくる。徐徐に、信号は合図になっていく。

p315 人間が人間になったのは、いろいろな変化のモザイクを通して行なわれたのであって、そこでは、各器官・各器官系・各機能群が、ある足取りでまた固有の速さで進化したのである。胎児生活の長い期間と発生の緩慢さ、二本の脚による移動と前足の開放、手の形成と道具の使用、脳の増大と言語の能力、これらすべては環境に関してのより大きな自律性に通じるばかりでなく、また生体より高いレベルで働くコミュニケーション、管理、記憶などの新しい系にも通じている。

その際、すべての条件は新しい統合のために併合されるのであって、そこでは諸要素の協調はもはや分子の相互作用だけでなく、記号で表わされたメッセージの交換に依存している。このようにして、統合単位の新しい階層がつくられる。

≡ 家族体制から近代国家へ、民族から国民連合へと、すべて一連の統合は、文化的、倫理的、社会的、政治的、経済的、軍事的、宗教的な基準など、さまざまな基準を基礎としている。人間の歴史は、多かれ少なかれこの統合単位、その形成、その変化の歴史である。そこにはまた、通信する手段の発達にともなってますます増大する傾向が現われてくる。書くことによってそのコミュニケーションは時間から解放され、各個人の過去の経験は共同の記憶として集積され、電子工学とともに、時間と空間についてのすべての制限はなくなってしまった。

≡ 文化的、社会的な統合単位の中に新しい対象が現われる。

情報の伝達を支配している機構は、ある原理に従うので、世代を通して文化を伝達する。

第二の遺伝的体系の一種とみることが可能である。

社会と文化との変異は種の進化に似たような、ある進化に基礎をおいている。もはや、選択の基準を定めることだけで十分である。

だが困ったことは、誰もそれに成功していないことである。

p317 なぜなら、文化的・社会的統合単位を構成している対象は、それらの基準・制約・相互作用をもってしては、生物学の説明様式からはみ出るからである。

行動の科学、集団動態学や社会学、個体の行動を無視し、分析の対象としての集団の行動をとり上げる。われわれは要素の性質を知らないでその系を把握することを望むことはできない。人間とその社会との研究は、生物学に帰しえないとしても、それはもはや生物学なしでは済まされないであろう。 ？

行動のどの部分が遺伝子によって指令されるのだろうか。人間の精神は、遺伝のどんな制約を受けるのだろうか。

近代言語学においては、あらゆる言語に共通な基本文型がある。この画一性は、遺伝によって脳の有機構成に化せられた枠を反映している。 ？

今日では、少なくともある社会では、人間の変革にもっとも大きな役割を演ずるのは、もはや自然淘汰ではない。それは、もっと迅速な、非常に新しい文化である。

遺伝のプログラムによって人間精神の可塑性に化せられた制約はどのくらいだろうか。

知識が蓄積するにつれて、人間は、進化を支配できる、進化の最初の産物となった。

科学の記述には一貫性があり、その説明には統一性があるが、これは、かかわりあう実在や原理のもとにある統一性があることを示している。分析の対象は、それらがどんなレベルに属していようと、つねに体制であり体系である。進化ということばは、体系の間に突発する

変化を記述するのに役立っている。というのは、進化するものは、エネルギーとまじりあって同一の永続する滋養体をつくる物質ではないからである。それは体制であり、出現の単位であって、いつでも同類のものと結びついて、自分を支配する体系に統合されることができる。ものの性質を変えるのは統合である。というのは、体制はそれより下のレベルでは存在しなかったような性質をもつことが多いからである。これらの性質は構成分の性質によって説明することはできるが、それから演繹することはできない。これは、ここの統合単位が出現のある確率しかもっていないことを意味している。その存在についてのすべての予測は統計的な処理以外のものではありえない。

今日、説明の統一の根拠となっているのは偶然性である。しかし生体では、偶然の効果は、ただちに適応増殖・自然淘汰のもつ必然性によって訂正されるのである。

生命のない世界では、事象の偶然性は統計的に正確に予測できる。これに反して、生物では、われわれが詳しく知ることのできない歴史と緊密に結ばれていて、自然淘汰によって導入された変異があらゆる予測を禁じている。

結局、すべての体制、すべての体系、すべての階層制にそれらの存在の可能性そのものを与えるのは、マクスウェルの電磁気学の法則が記述する原子の性質である。おそらく、それらの記述にはほかの可能な統一もありえよう。しかし、科学は自分の説明の体系の中に封じ込められていて、そこから逃れることはできない。