遺伝モデルは古典的無知の結果か？

西脇 与作（慶應義塾大学）

0 はじめに

次のような還元主義的な推論は科学哲学では珍しいものではない。

（1）古典力学はラプラス的な決定論を含意する。
（2）生物学は古典力学に還元できる。
それゆえ、生物学ではラプラス的な決定論が成立し、したがって、生物学における確率の使用は単に知識の不十分さの表明に過ぎない。

この推論は生物学だけでなく、いわゆる特殊科学に対しても成立する。そこから、マクロな世界での確率の使用はミクロな世界での使用と違って知識の不十分さによるものであり、確率の解釈は主観的な解釈で十分であることが帰結する。(1) この結論はもっともらしくみえる。遺伝の確率モデルが力学モデルに還元できないことを示すことによって、この推論の誤まりを示すのが以下の議論である。議論は上の推論を巡る二つの異なる説明とその説明に対する批判と考察からなっている。

1 任意交配モデルについての生物学者の主張

生物学者は任意交配モデルが確率的で、そこでのメンデル法則は確率過程を述べたものであると考えている。そこでそれを次のように説明した。簡単に 1 遺伝子座 2 対立遺伝子の場合を考える。三つの遺伝子型（*AA*、*Aa*、*aa*）について、両親の遺伝子型に応じて子供の遺伝子型の確率がメンデル法則によって計算できる。<u>この任意交配のメンデル的な過程では親の遺伝子型から子供の遺伝子型の確率は計算できるが、その逆、つまり子供の遺伝子型から親の遺伝子型の確率は計算できない</u>。同じ原因から同じ結果という古典実在論を支える因果律は、同じ原因から同じ確率の結果と一般化できそうであるが、同じ結果から同じ原因という逆の因果律は古典力学では成立しても、メンデル法則による確率的な一般化では成立していない。

この点に注目してメンデル集団の任意交配はコイン投げと同じ型のモデルをもつことを確認しようと生物学者は考え、コイン投げと、進化の要因が一切働いていない遺伝子プールからの任意交配を取り上げた。コインは区別がない二枚を同時に投げ、出た結果が表の場合を *A*、裏の場合を *a* と記すことにすると、次のようなコイン投げの系列が得られる。

(*Aa*), (*aa*), (*aa*), (*AA*), (*Aa*),......

また、任意交配の場合も、それぞれの遺伝子を *A*、*a* とすれば、

(*aa*), (*AA*), (*Aa*), (*AA*), (*Aa*),......

といった系列が交配が進行するに連れてできあがっていく。遺伝子 *A* と *a* の割合 p、$1 - p$ を 0.5 とすることで、公平なコイン投げの場合に合わせることができる。しかし、二つの実験は全く同じではない。遺伝子プールは有限個の遺伝子しか含んでいない。それに対してコイン投げは望めば何回でも行うことができる。そこで、遺伝子プールの遺伝子総数の半分だけの回数、つまりは同じ回数だけ一回の実験を行うようにした。したがって、一回の実験の二つの系列は同数の対からなっている。遺伝子プールのサイズは様々なので、それに合わせて異なるサイズの遺伝子プールについて同じ条件のもとで実験できる。さらに、適当な回数（集団の数の半数未満）をあらかじめ決め、その回数に合わせてコイン投げと任意交配の実験を行えば、浮動の効果を見ることができる。

この簡単な実験を生物学者は二つのことを確かめるために行った。任意交配する、進化要因が全く働いていない集団でも遺伝的な浮動が働き、それは純粋に確率的な現象で生物にだけ特有な現象ではないこと、そしてその系列が Markov chain であることを示すことであった。サンプルエラーである浮動は、「有限の集団に浮動がない場合」といった仮定が原理上できないという点で自然選択とは随分異なっている。実際，試行回数をあらかじめ決めた場合の何回かの系列の相対頻度は決して 0.5 ではなく、その周りに散在していた。得られた系列の分布の特徴は独立試行の Markov chain、つまりは random walk になっていた。その裏付けは、コイン投げが確率論の教科書で代表的な例になるほどに、その構造がよく知られている点にあった。そこで生物学者は任意交配が独立試行であり、また Markov chain と同じであることを次のように考えた。コイン投げも任意交配も系列の長さ n に独立に、定常な推移確率をもつ Markov chain となる。 random に歩く酔っぱらいはそれまで歩いた記憶を全くもたず、コイン投げも任意交配も一回毎の独立した試行である。これはまさに Markov chain そのものである。２つの状態で、X_n を時点 n での状態とすると、

$$P(X_{n+1} = 1 \mid X_n = 0) = p \qquad P(X_{n+1} = 0 \mid X_n = 1) = q$$

がそれぞれの推移確率となる。（ここで $p,\ q$ を 0.5 とすればこれまでの場合に対応する。）初期分布 $P(X_0 = 0), P(X_0 = 1)$が与えられれば、逐次各状態の確率が計算できる。例えば、初期分布 $P(X_0 = 0) = q/(p + q), P(X_0 = 1) = p/(p + q)$から出発すると、

$$P(X_n = 0) = q/(p + q), P(X_n = 1) = p/(p + q)$$

となる。コイン投げや任意交配は連続的に変化するのではなく、 1 から 0 へ、あるいは 0 から 1 へと飛躍的に変化するので Markov chain のなかでも、純飛躍的な過程である。[2]

random walk は運動の変化や分布を拡散(diffusion)現象として捉える方向に、Markov chain は変化の確率的な分布を確率過程(stochastic process) として捉える方向にとそれぞれその展開のされ方は異なるが、基本的な立脚点は同じである。その立脚点とは、ある事象から次の事象が起こることの間には確率的なつながりしかないということである。生物学者にとって重要であったのはこの確率的なつながりであり、それが任意交配の場合にも成立するということであった。そこで彼女は次のように結論した。

> 有限集団の任意交配は、独立試行からなる Markov chain であり、コイン投げや random walk と同じように確率的な現象である。そして、有限の集団ではいつも浮動が存在する。

さらに生物学者は任意交配が確率的であることから、進化は確率的であると結論した。浮動は自然のどのような交配集団にも必然的に生じ、そのような交配集団が進化を生み出しているのであるから、生み出される結果はそこに確率的な過程を含むことになり、そこから「進化は確率的である、あるいは確率的な要素を含む」という命題は経験的に正しいと結論した。

２ 生物学者に対する古典的無知からの反論

ラプラスの魔物はコイン投げについての完全な知識をもっており、投げられるコインの物理的な運命について完全に予測できる。魔物はなぜコイン投げの過程が確率的と理解されるのかについて次のように説明できた。生物学者はコイン投げについて十分な物理的知識がなく、正確な予測ができないために、その過程が確率的に見えるに過ぎない。（ここでは魔物は物理的な世界に関して全能と考えておく。文字通りの全能者はすべての正しい知識をもつはずであるが、そのような知識の持ち方は不可能である（例えば、Grim 参照）。）魔物はコイン投げでもそれ

が生じるときのバイアス（非対称性）は決して見逃さない。コインを投げるときの物理的な状態のバイアスが何であるかを的確に掴み、それが結果にどのようなバイアスを生むかを正確に予測できる。コインを投げて裏か表が出たということは、その結果にバイアスがあったということであり、それは原因であるコイン投げのどこかに最初からバイアスが潜んでいたためである。これは理屈の通った話に思える。というのも、これは実は物理学の基本原理であって、対称性の原理(Principle of Symmetry)と呼ばれてきたものの一例なのである。その主張は、

結果に現れる非対称性は、原因にそれを引き起こす非対称性がある、

ということである。(3) この原理が成立している限り、魔物は結果の裏、表というバイアスの予測を原因のバイアスに注目することによって物理学的に遂行することができる。

以上のことから、魔物は物理的な状況に関して予測ができ、確率などに頼らなくても、個々のコイン投げを一回毎に正確に予測でき、したがって、すべての系列について正確な予測を行うことができる。つまり、コイン投げの過程は全く決定論的である。それゆえ、確率の使用を主張・擁護する者の理解は誤っており、自然の過程に確率的なものは何ら含まれていないことになる。この説明は確率の主観的な解釈 (subjective interpretation) と呼ばれてきたものに基づいている。(4) その解釈によれば、私たちが確率概念を使う理由は私たちの古典的無知のためであり、もし十分な知識をもっていれば確率などに頼る必要はないのである。

さらにメンデル法則の方向性についても、それは現象的な法則であり、時間対称的な物理学の法則とは違って派生的なものに過ぎないと魔物は結論した。対象の時間発展を述べる法則に対して、メンデルの法則は単なる収支決算の報告の仕方に過ぎず、厳密な意味で法則ではない。そもそも確率が古典的無知の反映であるから、それを使っての確率的な法則は法則と呼ぶに値しない。幽霊はどこにも存在しないが、考え出された多くの幽霊についての一般法則はつくろうとすればできる。遺伝法則はそのような類の規則であるというのが魔物の結論であった。

ラプラスの魔物は、任意の正確さで初期条件を測ることができ、未来の予測のためには瞬時に完璧な計算ができなければならない。これが決定手続きを考えたときの魔物に課せられる条件である。元来、決定論は実在の決定性を主張するものであり、私たちの認識とは何の関係もないものである。その決定論と予測可能性を同一視させる理由は古典力学の第２法則にある。第２法則と、微分方程式系の解が存在して、しかもその一意性を保証する定理とが結びつくことによって、系の初期条件が定まれば正確な予測が可能であることが数学的に証明できる。これによって現在の状態から演繹される未来や過去の状態が存在するということが保証される。さらに、この決定論は上の予測が実際に構成的に計算可能であるという定理によって強化される。ただ単に予測が可能というのではなく、実際に予測を計算できる。(5) こうして古典的な決定論は予測可能性と同一視されることになる。そして、このような決定論＝予測可能性という認識的な決定論理解が、私たちが魔物に対して与えてきた役割である。(6)

３ ラプラスの魔物は遺伝の確率モデルを扱えるか？

前節の議論はいかにももっともらしく見える。偏りのないコインであれば、各々裏表の出る確率は 1/2 である。このコイン投げを力学的に扱ったらどうなるか。誰がいつコインを投げるか、どのくらいの力でどの方向に投げるか、着地する面や空気抵抗はどうか、等々の多くのことを考慮して、コインが投げられてから着地するまでの軌跡が描かれることになるだろう。誰にもこのようなモデルはつくれないが、想像はできる。仮にそのようなモデルがつくられたとしてみる。コイン投げの確率モデルはこのような想像上の力学モデルに還元できるだろうか。（力学）還元主義者の主張はこの還元が可能というものである。確かに、想像上は可能のように見える。これが誤っているというのがここでの主張である。コイン投げの力学モデルは想像できるが、コイン投げの確率モデルをその力学モデルに還元することは想像上もできない。

コインを投げると裏か表が出る。そこで今裏が出たとしてみる。すると、力学の鉄則に従って

裏の出た理由は原因に求められる。これは物理学全般に成立している対称性の原理の一例であった。表ではなく裏が出たのであるから、そのバイアスのある結果の源は原因のバイアスにある。裏が出た場合、コインを投げるときの条件に裏を結果するものが含まれており、それゆえ、コイン投げというシステムの時間発展によって裏が出たと考えられる。これが裏の出るコイン投げの初期条件である。ここで忘れてならないのはこのコイン投げは特定のコイン投げであり、1 回毎にその力学的な記述は微妙に異なっている。2 回目にコインを別の人が投げた場合には、異なるコイン投げの力学的な記述が得られる。とにかく、このようにして私たちはコイン投げの力学的なモデルを確かに想像できる。このようなモデルとコイン投げの確率モデルを比べてみよう。

コイン投げの確率モデルは裏と表の基本事象からなっている。これら基本事象の集合を考え、その部分集合の全体が事象を構成し、それら事象に確率測度が与えられている。1 回の偏りのないコイン投げでは各基本事象は 1/2 という確率測度をもつ。このモデルはコイン投げの時間発展を述べたモデルではない。コインをどのようにいつ投げるかといった具体的なことについては何も述べていない。コイン投げの時間的な変化は、したがって、このモデルからは何も言えない。唯一言えるのは、偏りのないコインという記述だけである。

まず、これら二つのモデルは互いに両立するのか。私たちはそれぞれのモデルを想像できるし、その想像は単なる想像ではなく、それぞれ力学、確率論という理論的な裏付けをもっている。地震がどのように起こるかという経緯とそれがどのくらいの確率で起こるかということは両立すると自然に考えられているし、毎日の天気もその時間的な変化とそれが起こる確率は同じように並列的に考えられ、そこに何か矛盾があるようには受け取られていない。その理由は、私たちが力学的なモデルと確率的なモデルを時間をずらして適用することによって両方が同時には適用されないように工夫しているからである。「元旦は晴れる」という事象は元旦以前には確率的な事象と解釈され、元旦、あるいはそれ以後には実現の経緯が記録として書き記されることになる。同時に二つのモデルを併用するのではなく、時間をずらして別々に使うことによって両立させている。もし時間をずらさなかったら、一つの現象に対して二つのモデルがあり、それらモデルは異なることを主張していることになる。一方は決定論的に現象が生じることを、他方は非決定論的に生じることを主張している。一つの現象に異なる二つのモデルがあることに対して次の二つの態度が考えられる。

（1）態度１：モデルの一方が正しく、他方は誤っている。大抵の場合、力学への伝統的な信頼から誤っているのは確率モデルであるとされる。そして、その誤りは文字通りの誤りというより、私たちが確率モデルを用いるのは事前に十分な情報をもっておらず、不完全な情報のもとに確率概念を不可避的に用いざるを得ないからであると説明される。
（2）態度２：二つのモデルは私たちの視点の相違であって、両立すると考える。視点の相違は、モデルの全く異なる組み立てから説明される。現象を眺める私たちの視点には今の場合、二つの異なる視点があり、それらは一方が正しく、他方が誤っているというようなものではない。錯視図形を見る際に、一方の見方が誤っており、他方の見方が正しいのではないように、それは単に視点の違いに過ぎない。

二つの態度のいずれに軍配を上げるか、あるいは第三の態度を取るべきか、その決着は確率モデルが力学モデルに還元できるかどうかを考えた上でつけることにする。

ところで、そもそも偏りなくコインを投げることはできるのか。もし、裏か表のいずれかが出て、かつ対称性原理が成立していれば、偏りのないコイン投げは不可能である。裏か表のいずれかが出るということが偏りの存在を含意するからである。これが意味しているのは、確率モデルの設定が力学モデルの設定と異なるということである。したがって、単純に確率モデルを力学モデルに付随させることはできない。確率モデルと力学モデルの出発点の違いが単純に一方を他方に付随させることを阻んでいる。「偏りなくコインを投げる」ということは力学モデ

ルをどのように工夫してもモデルとして実現することはできないが、確率モデルではそれが可能となる。確率モデルにおける「偏りなくコインを投げる」という事象は物理的に実現可能なことではなく、私たちの約定(stipulation)である。[7] この約定が経験的に正しいものかどうかは当の確率モデルがコイン投げの実験に合うかどうかに依存している。「偏りのないコイン投げ」という初期条件の設定は力学的なモデルのどこにも還元できない。これだけでも還元可能性に関しては致命的であるが、次の理由も同じように重要である。

力学モデルは個々のコイン投げについてのものであると述べた。それに対して確率モデルはどうであろうか。それは何回という指定を明確に含んでいない場合が多いし、コインを投げる順序は普通は問題にしない。一方、力学モデルではこれらが必然的に付き纏う。一方は振る順序や回数が曖昧であり、他方はそれらが正確でなければならない。このような二つのモデルの間にどのような還元を考えたらよいのか思いもつかない。

結論に至る前に上の議論への反論を考えておこう。それは次のような反論である。

（反論）

コイン投げに使うコインに物理的に偏りがない、そして偏りなく投げるという仮定を置くことがそもそもできるのか。もし偏りのないコインの偏りのないコイン投げが、幾何学的対象としての三角形が物理的に存在しないように、物理的に存在しないとしたら、確率モデルの組み方自体が物理的に実現可能な組み方に制限され、「偏りなくコインを投げる」というモデルは取り除かれ、物理的にありえないことになる。したがって、力学モデルで「偏りなくコインを投げる」という初期条件がないのはむしろ正しいのではないか。実際にコインを投げる場合、コインの上の面は表、下の面には裏というように非対称の状態からサイコロを空中に投げなければならない。裏表の区別のあるコインは対称ではない。確率モデルは偏りのある、非対称的なコインを偏りがないとみなすという点で幾何学的な理想化によるモデルであるに過ぎない。

（返答）

個々の確率モデルをつくるのに「偏りなくコインを投げる」ということは不可欠でないどころか、モデルの定義上必要でさえない。バイアスのあるコイン投げでも一向にかまわない。バイアスがあれば、それを考慮した確率測度を定めればよいだけである。そのような多様な確率モデルの組み方の中に「偏りなくコインを投げる」場合が含まれているだけである。それが重要であるのは、力学の法則を思い出してみればよい。力学の法則はいずれも理想的な条件の下での法則である。実際には空気抵抗や摩擦、重力のために物理的な状態変化そのものの法則ではない。それはまさに理想化された条件の下での法則である。そのような理想化された法則をもとにつくられるのが力学モデルであった。確率モデルも力学モデルと同じように理想化された場合を考えることに躊躇する必要はない。それどころか、そのような理想化された条件は確率モデルを理論的に扱う際に不可欠である。「偏りのあるコイン投げ」の場合は反論が主張する通り、特定の偏りを初期条件にするような力学モデルをつくることができる。私が主張したかったのは、「偏りのないコイン投げ」という場合が特定の確率モデルでは必要でない場合もあるが、確率モデル全体について考える際には不可欠であるという点である。[8]

以上のことは確率モデルを力学モデルに還元することが不可能であることを示している。「偏りのないコイン投げ」に象徴される確率的な事態、特に任意交配についての確率モデルを力学モデルに還元することは不可能である。したがって、情報欠如のみによる確率モデルの使用という考えは否定される。二つのモデルは根本的に異なるモデルであるから、力学モデルの不完全なモデルが確率モデルではない。では、この還元不可能性をもたらしたものは態度２で述べられた視点の相違であろうか。私は視点の相違であると思う。しかし、視点の相違とはそもそもどのようなことを意味しているのか。視点という哲学者にとって都合のよい言葉は視点にまつわる問題の解決を阻んできたように思えてならない。力学モデルと遺伝の確率モデルに執着

して、そこでの視点の相違とは何かをじっくり考えてみる必要がある。この視点の相違は、自然選択を力学的な力に似たものとし、力学モデルを手本にしたモデルで考える場合と、自然選択をバイアスのかかったサンプリングとし、確率的なモデルで考える場合とに大きく分かれるほどの重要性をもっている。視点の問題を含めて今まで述べてきた議論を次の節で整理してみよう。

4 モデルに組み込まれた視点

まず、魔物の主張を吟味してみよう。もっともらしいラプラスの魔物の主張はマクロな世界での古典的な実在論を古典力学を使って解釈したものである。その世界は決定論的で、時間対称的な法則が成立し、確率的、時間非対称的なものは存在しない世界である。まず、確率モデルや時間非対称の法則が古典的無知に基づく近似的なものという魔物の主張の根拠は何か。力学的な決定論が（還元主義を信奉する限り)量子力学的な世界の非決定性の近似に過ぎないという点を思い起こすなら（少なくとも決定論に関しては）その主張の根拠はない。また、実在論と古典力学が成立するなら、それは魔物の存在を含意する。すると、実在論と古典力学が成立するなら、魔物が主張するのは決定論ではなく、運命論になる。この決定論と運命論の違いは重要である。これは次のような表現の量化記号の違いが明瞭に示している。

∀*x*(*x* は *S* の状態 → ∃*A*(*A* が *x* について知れば、*A* は *S* の他の状態も知ることができる))
∃*A*(*A* は魔物∧∀*x*(*A* が *S* の状態 *x* について知れば、*A* は *S* の他の状態も知ることができる))

魔物の存在は力学的な古典実在論が正しいことと論理的に同値である。私には古典実在論は運命論とは思えない。力学と実在論はいつも結合している必要はない。古典実在論は適切な決定論を含むが、運命論は含意すべきではない。

魔物はメンデル法則にどのように対処できるか。力学法則の場合、魔物は未来も過去も、したがって全宇宙について知り得たが、メンデル法則の場合、子供の遺伝子型からの両親の遺伝子型の確率計算という概念自体が魔物の頭の中に存在しない。仮に確率的な設定を認めたとしても、今度は計算ができない。魔物はメンデル法則の使用に関して上手く対処できない。魔物は力学には詳しいが、それ以外の視点をもてないし、それ以外の視点に対して適切な態度を取れない。

統計力学はその出発点から不幸な運命を背負っていた。力学と確率論の組み合わせは社会科学での確率の使用が物理学に後から利用された希有な例であるが、今までの生物学者と魔物の議論からもわかるように圧倒的に力学優位のなかでの統一であった。[9] 力学モデルは時間発展を追うモデルであるが、確率モデルは時間発展からは独立している。確率モデルでは座標系の役割をσ集合体が果たす。但し、時間のパラメータは座標系にはあるが、σ集合体にはない。システムの時間的な変化を通じてのあらゆる状態を考え、その全体の中で確率測度が各々の状態に対して与えられるようになっている。時点をもった状態は一定の条件を満たす状態にまとめられ、確率の変化として表現される。これは時間発展と無関係ではなく、それぞれの時間的変化に対応する確率的な変化が問題毎に工夫される。この工夫は確率モデルが力学モデルより相対的に時間から独立しているため必要となる。時間の関数ではない変化を確率論は扱う。二つが異なる視点のモデルであるならば、それを統一するという立場と同じように、それらを独立したものとする立場も認められてしかるべきである。その例が進化論である。メンデル法則は力学法則と違って時間発展を追う法則ではないので、その時間に関するルーズさによって確率的にメンデル法則をモデルに組み込むことに成功している。これは統計力学が失敗しているというのではない。主張したいのは力学と確率の組み合わせだけが成功の方法ではなく、別の組み合わせでも成功の途があるということである。メンデル法則は収支決算法であると述べた。だから、確率モデルに支障なく馴染む。このように考えてくると、遺伝モデル、確率モデル、力学モデルは相互に独立であり、それらと実在論の組み合わせは様々な世界像を提供すること

がわかる。
以上の点を考慮しながら、肝心の視点の違いについて考えよう。モデルの違いは視点の違いであり、それはモデル構成における次の二つの見方の違いに結びついている。

（１）モデルの対象をどう認識するか (passive point of view)
古典力学がもつ認識の視点は座標系に集約されている。対象はもっとも単純な場合、粒子であり、座標系上の粒子の運動変化が考察される。座標としての視点の主観性は、既述の対称性原理によって更に削られる。どのような座標系を設定しても常に同じことが成立することが対称性の原理によって保証される。これが客観性に限りなく近づいた主観的視点の姿である。統計力学はこのような古典力学の空間をそのまま使う。相空間をもとにそこでのσ集合体の上に確率測度が定義される。確率空間は、したがって、二つの主観的な視点を座標系とσ集合体を通して含んでいることになる。しかし、このような定め方は統計力学特有のものであって、力学的な相空間とσ集合体がいつも対になっている必要はない。コイン投げでは力学モデルの上に確率モデルを組む必要はない。通常の確率モデルは私たちのありふれた日常生活の場面をそのまま利用してつくられる。コイン投げはその典型である。科学は日常世界を無視しない。確率モデルは日常世界を尊重する形でつくられる。力学的な座標系という主観的視点は使わないが、σ集合体という主観的視点は使うというのがコイン投げの確率モデルである。このモデルは世界が確率的なのではなく、世界が確率的に見えることの形式的な表現なのである。
遺伝モデルの対象である遺伝子は単なる粒子ではなく、位置や運動量の代わりに遺伝情報をもった機能的な単位である。この遺伝機能の形式的な要素はそれがもつ組み合わせ的な数学によって表現され、それがメンデル法則である。したがって、それは因果的ではなく数学的である。力学法則は数学的な定理ではないが、メンデル法則は因果的でない数学的定理である。それが遺伝の場合の視点の最小限の表現である。これは力学モデルではなく、確率モデルに適合する。

（２）モデルに対象をどう組み込むか (active point of view)
主観的な視点を別の観点から見ると、主体が含まれない力学モデルと主体をも含む確率モデルの違いとして考えることができる。確率モデルは力学モデルに比べ一つだけ余計に主体を含んでいる。それは次のような含み方である。コインは誰かによって投げられる。それは物理的な因果作用の結果ではない。コインを投げることが（原因ではなく）前提なのである。コイン投げが結果となるような変化を考えるのではなく、それを前提にしてコイン投げの結果を考えるのである。力学モデルはコイン投げという一連の過程の記述を目標とする。これに対して、コインを投げるという前提のもとに、その結果を記述するのが確率モデルである。ここには主体による事態の解釈の転換が存在している。ダーウィンが適応を「説明するもの」から「説明されるもの」に、フロイトが「意識」を「無意識」によって説明されるものに転換したように、それほど大掛かりではなくとも、ここにはコイン投げの結果から前提への転換がある。[10]
魔物ではない不完全な主体に映る世界のモデルは力学的ではない。確率モデルの工夫は主体を間接的に集合体としての出来事の集合を通じて表現する点にある。力学的でない視点とは、したがって、主体の存在や振舞いを確率空間のなかに組み込むという視点である。このような視点には側面的な証拠がある。因果的な説明と記述は生物学では明らかに異なる。これは説明、記述、予測、そして演繹が区別されずに扱われた、かつての科学哲学では明らかにされなかった点である。その区別は対象としての主体が忘れられたままではできない区別である。どのような対象として主体を組み込むかが問題にされない限り、力学モデルに引きずられ、それへの還元だけが目標となってしまう。それが証拠に、機能的、あるいは数学的な説明は因果的な枠組みとは独立した説明方式でありながら、いつも因果的に解釈されなければならないという強迫観念が働いてきた。有機体の世代交代は周期的なサイクルであり、その特徴は時間から独立したパターンにある。このパターンがメンデルの法則である。このパターンと因果性、そして主体の折衷が収支報告であり、収支の僅かな差の蓄積が進化を引き起こすことになる。

上で考えたモデルは対象の特性を直接にその対象に帰属させるタイプのものではない。座標系が力学の視点であるように、モデルの構成そのものに対象の特性を反映させるのである。残念ながら私たちはどのようにモデルの対象を決め、それを組み込み、認識するかの一般的な手続きを知らない。実在論がそれをすべて供給してくれるとも思われない。今のところ試行錯誤しかないが、生物学のモデルがそのような手続きのためのデータになることは確かである。

主体の視点の具体的な実現の一つが遺伝の確率モデルである。主体は魔物のように行動していないし、またそのように行動することもできない。そのような主体は未来を未定のものとして行動している。その行動様式を反映するための枠組みが遺伝の確率モデルである。また、それは主体としての自然が目的をもたないという反映でもある。これがダーウィンの言う進化の偶然性である。この視点のもとでは自然選択をはじめとする進化の要因はバイアスとして特徴づけられる。任意交配にかかるバイアスが進化を引き起こす。主体を反映した古典実在論は決定論的ではあるが、運命論的ではない。

変化が因果的であることから、実現される限りでの因果性は必要であるが、そのような因果的経緯を超えて存在するものがある。実際、属性の大半は因果的でない。このような因果的変化を超えたものの代表例が情報である。情報は因果的に実現されるとはいえ、それを物理的なものに還元することはできていない。そして、情報が確率と相性がよいという事実は情報が還元できないものを含むことを強く示唆している。

メンデルの法則は前向きにしか適用できない。これは世代交代を遺伝子レベルで見てもそこに時間の非対称性が現れていることを示している。統計力学への還元と異なり、集団遺伝学への還元は変化の非対称性を顕現する。ここでの変化の方向は交配の方向である。交配は親と子供の因果的な関係を前提にし、したがって、エントロピーの非対称性とは違って、最初から前提されている非対称性である。これが遺伝モデルに組み込まれた時間に関する視点である。

5 最後に

ここではふれる機会がなかったが、言及された視点以外にも多くの視点がある。それらの大半は還元されてしかるべきであるが、そうでない視点もある。その一つがデザインの視点である。デザインの構成が決定論的であっても、つくられる結果はそのように見えないものが多い。決定論的な手続きでつくられても決定論的に見えない典型は非線型性によるものである。これは今までの話とは正反対で、決定論的なものだけを認めても非決定的な結果が出てくることを意味している。生命現象は確率的な視点だけでなく、決定論的な視点からでも非決定的に見える現象を含んでいる。（11）

視点の相違は響きのよさをもつが、それ以上の追求を遮断する効果ももっている。例えば、文法の規則と実際に文をつくる物理的な過程を比較してみよう。このような例では視点の混同は起きない。「文がどのようにつくられるか」という問いに対する文法学者の解答は、特定の文がつくられるのに必要な特定の文法的な規則の組み合わせの指定にある。そこでは生理学者の研究は参考にさえならない。文法の規則は因果とは無関係である。このような明らかに混同が生じない例に比べると、遺伝の確率モデルと力学モデルの場合は極めて混同が起こりやすい関係になっている。だが、このような混同が起こりやすい場面においてこそ視点の還元、非還元の問題が考えられるべきなのである。そうでない限り、（心身問題のような）混同が起こりそうにもない場面はいつになっても混同が起こらない理由さえ知ることができないだろう。

注

（1）Sober によれば古典的な確率概念に基づくこのような立場（私信）は Horan や Rosenberg[1],[2] を代表にして意外と根強い支持を得ている。それに対する反論は、Ariew や Millstein があるが、私には十分な反論には思われない。以下の内容は古典的無知に対する私流の反論である。

（2）random walk の場合も同じように簡単なモデルを考えることができる。*n* 歩後の酔っぱら

いの位置 $x(n)$は、動きの出発点を原点 0 とすれば、$x(n) = x(n - 1) +/- b$ となる。したがって、n 歩後の酔っぱらいの平均位置は、

$$\langle x(n)\rangle = \langle x(n - 1) +/- b\rangle = \langle x(n - 1)\rangle + \langle +/-b\rangle = \langle x(n - 1)\rangle$$

で、 何歩歩いてもその位置は変わらないことがわかる。この結果は、コイン投げや任意交配の系列が、平均すれば A と a をほとんど同数含んでいることに対応している。したがって、random walk の構造はコイン投げや任意交配と同じ構造になっている。酔っぱらいが右と左にそれぞれ確率 p と q で動くという少し一般的な場合、n 歩のうち右に k 歩行く確率は、

$$P(k; n, p) = n\,! / k\,! (n - k)\,! p^k q^{n - k}$$

となる。詳しくは Berg を参照。また、任意交配モデルは Svirezhev and Passekov を参照。

（３）対称性は相対論と量子論によってその本来の意義が明らかになった物理学の基本原理である。その哲学的な特徴については Rosen に詳しく述べられている。本文の原理の表現は因果的な枠組みを考慮して述べ直したものである。

（４）確率の解釈は主観的、客観的に二分できる。以後の議論は主観的な解釈には反対するものであるが、特定の客観的な解釈（頻度的な解釈あるいは傾向性解釈）を主張するものではない。確率概念全般の歴史は Gigerenzer *et al.*を参照。また、 物理学における客観的な解釈の可能性については Sklar に詳しく論じられている。

（５）古典力学の構成可能的な決定の仕組みは Pitowsky 参照。また、古典力学が決定論的でなく、特殊相対論こそが決定論的であることの説明は Earman を参照。

（６）Pitowsky でも Universal Turing Machine と決定論の関係についての詳しい考察があるが、「ある」と「知る」の関係については数学的なランダム性を考えておくとよい。数学的に決定的な手続きからランダムなものを構成することはできる。例えば、暗号作成プログラムは決定的な手続きにしたがって作動するが、それが作り出すものは一見ランダムである。物理的な決定論と数学的な決定性は異なっている。計算的な決定性は基本的には機能的な決定性であり、因果的な決定性とは異なっている。

（７）「約定である」とは誤解を招きやすい表現である。ここでは因果性が約定であるというのとほぼ同義と考えてほしい。同様の表現が Tolman の統計力学の仮定に見られる。そこでは先験的な等確率が最初から仮定される。

（８）（７）の Tolman の等確率の立場、あるいはエルゴード仮説でも「偏りのないコイン投げ」に相当する仮定は理論上不可欠である。確かに、正確な三角形が物理世界に存在しないように、偏りのないコインも物理世界には存在しない。しかし、このことは三角形や公平なコインのモデルが物理的に無意味であることを意味しない。

（９）力学と確率論の統合とそれについての反省は Ehrenfests の古典的な研究を参照。

（１０）ダーウィンは自然選択の働き方に目的がないと考えたが、その具体化は正反対の考えを含んでいる。ニュートン革命からの物理還元主義による無目的性の具体化と確率革命による確率的な具体化である。決定的視点と偶然的視点と呼べる、この違いは次のような違いとして考えることができる。100 個の白ボールが 1 秒に 1 個ずつ赤に変わっていくとする。t 秒後に赤ボールを取り出す確率はと聞かれたら、$t/100$ と答えるだろう。ボールの取り出しは決定論的な過程であるにも拘わらず、誰もこの答えが誤っているとは思わない。それはボールの取り出しに人間であれ、機械であれ、agent が関与することを私たちが暗黙に認めてしまっているからである。

（１１）決定的な手続きから非決定的に見える現象が生じることは非線形的なモデルでは珍しいことではない。これに関連して、決定論と創発性の問題が話題を再度集めているが、私には両者は両立すると思われる。階層性、決定論、創発性の問題は心の哲学にも絡んで現在多くの関心を集めている。 Humphreys[1],[2], Rohrlich, Rosenberg[2], Mahner and Bunge 等を参照。

文献

Ariew, A.: “Are Probabilities Necessary for Evolutionary Explanations?,” *Biology and Philosophy*, **13**, 245-53, 1998.

Berg, H. C.: *Random Walks in Biology*, Princeton University Press, 1983.

Earman, J.: *A Primer on Determinism*, D. Reidel, 1986.

Ehrenfest, P. and T. Ehrenfest: *The Conceptual Foundations of the Statistical Approach in Mechanics*, Dover, 1990 (B. G. Teuber, 1912).

Gigerenzer, G. *et al*.: *The Empire of Chance*, Cambridge University Press, 1989.
Grim, P.: *The Incomplete Universe*, The MIT Press, 1991.
Horan, B. L.: "The Statistical Character of Evolutionary Theory," *Philosophy of Science*, **61**, 76-95, 1994.
Humphreys, P.[1]: "How Properties Emerge," *Philosophy of Science*, **64**, 1-17, 1997.
Humphreys, P.[2]: "Emergence, Not Supervenience," *Philosophy of Science*, **64**(Proceedings), S337-S345, 1997.
Mahner, M. and M. Bunge: *Foundations of Biophilosophy*, Springer, 1997.
Millstein, R.: "Random Drift and the Omniscient Viewpoint," *Philosophy of Science*, **63**(Proceedings), S10-S18, 1996.
Pitowsky, I.: "Laplace's Demon Consults an Oracle: The Computational Complexity of Prediction," *Stud. Hist. Phil. Mod. Phy*., **27**, No. 2, 161-180, 1996.
Rohrlich, F.: "Cognitive Emergence," *Philosophy of Science*, **64**(Proceedings), S346-S358, 1997.
Rosen, J.: *Symmetry in Science*, Springer, 1995.
Rosenberg, A.[1]: *Instrumental Biology or the Disunity of Science*, The University of Chicago Press, 1994.
Rosenberg, A.[2]: "Can Physicalist Antireductionism Compute the Embryo?," *Philosophy of Science*, **64**(Proceedings), S359-S371, 1997.
Sklar, L.: *Physics and Chance*, Cambridge University Press, 1993.
Sober, E.: *The Nature of Selection*, The MIT Press, 1984.
Svirezhev Yu. M. and V. P. Passekov: *Fundamentals of Mathematical Evolutionary Genetics*, Kluwer Academic Publishers, 1990.
Tolman, R. C.: *The Principle of Statistical Mechanics*, Dover, 1979.

Are Genetic Models the Result of Classical Ignorance?

Yosaku Nishiwaki (Keio University, Philosophy of Science)

Let' s think first the following argument: if (1) classical mechanics implies Laplacian determinism, and (2) biology is reducible in principle to classical mechanics, then Laplacian determinism holds in biology and therefore, probability used in biology is only the result of classical ignorance. This claim seems to represent the so-called classical attitude toward the probability concept, but still there are many advocates of this position. I will show that this position is wrong by investigating the argument of Laplace' s demon. It is shown that probability model can' t be reduced to mechanical model, because of having different points of view. We will see the concrete differences between two types of models. From the construction of each model, I will claim that the difference between two types of models is due to the point of view of thinking of the world. Models include many points of view and among them the elements of agents are implicitly included in (genetic) probability models, whereas there are fewer elements in mechanical models than probability models.