

4 非決定論

私たちは決定論や確率概念がどのようなものかこれまで考えてきた。そこには非決定論が見え隠れしていた。言明の証明可能性や関数の計算可能性についての否定的な結果は現在ではよく知られている。このような非決定論的な結果は、世界の出来事の生起に関する非決定論とは区別できる。では、私たちの認識とは独立した世界の出来事が非決定論的であるとはどのようなことなのか。非決定論的な主張をする代表的な理論が量子力学である。そこで量子力学がどのような意味で非決定論的な理論であるかを考えてみよう。

[量子力学での非決定性]

トリチウム（三重水素）は水素の同位元素であり、その半減期は 12.32 年である。 n 個のトリチウム原子の半数が 12.32 年以内に崩壊し、残りの半数はそのままである。 n 個の原子のいずれが崩壊し、いずれが崩壊しないかは原理的にわからない。それでも、それぞれの原子がそれぞれ特定の時刻に崩壊しているはずであり、あわよくばそのような法則を見つけることができると考えたい。これが不可能な望みであることは量子力学が本質的に非決定論的な理論であることから得られる。どの原子がいつ崩壊するかわからないので、非決定論的な崩壊のモデルは確率を使ったものになる。多数のトリチウム原子の集団を考えると、一つの原子についてその崩壊時刻を知ることはできないが、時刻 t にまだ崩壊していない原子の個数 $N(t)$ を近似的に予測することはできる。これを利用して崩壊の確率モデルをつくることができる。非決定性は確率概念によって表現される。非決定性と確率は深い結びつきをもっているとはいえ、それは論理的な結びつきではない。この結びつきには経験的な確証が必要である。

量子レベルでの非決定性というハイゼンベルグ (Werner Heisenberg, 1901-1976) の不確定性原理 (Uncertainty Principle) を思い浮かべる人が多い。それは「電子のような粒子の位置と運動量を同時に正確に知ることができない」と述べられてきた。この表現のなかの「知ることができない」理由はそのような値が存在しないからである。そのような値が存在しないので、電子の未来の振舞いは予測できないだけでなく、非決定論的である。この非決定性 (Indeterminacy) が量子力学の領域全体を支配している。

(問)「決める」ことができない理由は文字通り決まっていなかったからなのか、それとも決める方法を私たちが知らないからに過ぎないのか。古典力学と量子力学はそれぞれどのような答えを用意しているか答えなさい。

波動一粒子の二重性を具体的に示してくれるのは光である。光は物理的には極めて興味深い対象である。私たちの周りにあふれて存在しながら、その正体は長い間曖昧なままであった。この曖昧さは光の本性に関するニュートン以来の論争の源になっていた。ニュートンは光を粒子の束、ホイヘンスは波と考えた。不思議なことに光はマクロなレベルでも粒子の束であるという性質と波であるという性質を両方持っている。波の代表的な性質は干渉である。この干渉現象はヤングの二重スリットの実験で見事に示された。さらにマックスウェルの電磁気学の理論は光が波であることの理論的な支柱となった。こうして今世紀初頭までの状況は光が波であるという考えがはるかに優位に立っていた。しかし、古典的な電磁気学に問題がなかったわけではない。黒体放射がプランク (Max K. E. L. Planck, 1858-1947) に量子論をつくらせることになったのは 1900 年だった。アインシュタインによる光量子仮説、コンプトン効果がこれに続く。三者に共通するのは、電磁放射における放出、伝播、吸収は量子として、つまりはエネルギーの局所的な束として行われることを示したことだった。だが、これらのいずれも光が波であることを傷つける結果ではない。光はある場合には波の性質を、別の場合には粒子の性質を示す。これが光の波動一粒子二重性である。これをさらに物質的な粒子にも拡大したのがド・ブローイ (Louis de Broglie, 1892-1987) である。 $p = h/\lambda$ はド・ブローイが見出した関係である。運動量は波長の値に

反比例する。この関係を念頭において光の二重性、粒子の二重性の関係を考えてみよう。波は空間に局在しておらず、したがって、位置をもっていない。これは粒子を波と見た場合も同じで、正確な運動量をもつ粒子は決定的な位置をもっていない。波長の異なる複数の波を重ねあわせると干渉が起こる。これをうまく利用して、異なる波長の波の重ねあわせからコンパクトな波束をつくりだすことができる。これを十分に局所化することができる。ただ、この波束は多くの異なる波長の波からなっており、波束の運動量は一定の幅をもつことになってしまう。つまり、波束の運動量は非決定的となる。これは次の関係を示している。

運動量の決定性 \Leftrightarrow 位置の非決定性

位置の決定性 \Leftrightarrow 運動量の非決定性

(位置と運動量だけではなく、エネルギーと時間の間にもこのような関係が成立する。位置と運動量はその決定性に関して反比例の関係にある。)

ド・ブロイの波動という考えはシュレーディンガー (Erwin Schrödinger, 1887-1961) の波動力学に引き継がれる。彼の理論によれば、電子のような量子力学的なシステムは波動関数 $\varphi(q, t)$ によって完全に記述される。ここで q はそのシステムの位置を、 t は時間を表している。古典力学の運動方程式と同じように、そのシステムの時間的な変化は波動方程式によって特徴づけられる。以前のシステムの状態がわかれば、その後のシステムの状態もわかるという決定論的な関係をこの波動方程式は表している。しかし、古典力学とは異なって、この後の状態は位置と運動量の両方の正確な値をもっていない。以前のシステムの位置と運動量も正確な値をもっていないのであるから、このことは決定論的な方程式の性格に違反しているわけではない。波動方程式は、もし時点 t のシステムの状態 (位置と運動量) が正確に与えられれば、それを使ってそれ以後のシステムの状態が正確に計算できる、予測できることを主張しているだけである。決定論の主張では、ある時点 t でのシステムの完全な記述から、それ以後の時点 t' のそのシステムの完全な記述が演繹できる。シュレーディンガーの波動方程式はこの決定論の主張を正確に満たしている。1925年にハイゼンベルクのマトリックス力学が出ると、シュレーディンガーはその力学が自分の波動力学に論理的に等価であることを示したが、ハイゼンベルクの力学が彼の不確定性原理を含んでいたことから、不確定性原理はシュレーディンガーの力学においても主要な地位を占めるはずである。

ここで注意しておかなければならないのは、ド・ブロイの波動が通常物質的世界の対象であるのに対し、シュレーディンガーの波動は抽象的な数学的空間の点である。では、どのようにこの抽象的な波動を物理的な実在に適用したらよいのか。1926年にボルンが答えを見出した。電子が与えられた領域に観測の結果として見出される確率は波動関数の2乗であるというのがその答えである。

Box 9 確率と量子力学の関係

非決定論の代表である量子力学と既述の確率の解釈の関係をまとめてみると、次のようになるだろう。

1. 客観的解釈：確率は物理的な対象のもつ性質であり、次の二つの解釈が考えられる。

(1) 相対頻度：確率は対象の集団のもつ性質である。

(2) 傾向性：確率は単一の対象のもつ性質である。

言明「電子Aが上のスリットを通り抜ける確率は1/2である」について、(1)と(2)の解釈によると、それぞれ、電子Aのサンプルがスリットに当たる回数が増えると、上のスリットを通り抜ける割合の頻度が1/2に近づく、電子Aは上のスリットを通り抜けるのが1/2という本来的な傾向性をもっている、となる。

2. 主観的解釈：確率は私たちの知識の性質であり、私たちの知識の状態を測定していることになる。

言明「電子Aが上のスリットを通り抜ける確率は1/2である」は、

電子 A がどちらのスリットを通り抜けるかを確定的に知る知識を欠いている、となる。

量子力学で使われる確率について、客観的解釈を取るか主観的解釈を取るかは量子力学的な記述に関して哲学的に異なる立場を生み出すことになる。量子力学が不完全な理論だと主張し続けたアインシュタインは確率を習慣的に解釈し、「神はサイコロを振らない」と考えた。

(1) 量子力学での確率が客観的である⇒量子力学的な記述は完全である。つまり、電子がいずれのスリットを通り抜けるかを確実に予測することはどんな理論にもできない。

(2) 量子力学での確率が主観的である⇒量子力学的な記述は不完全である。つまり、電子がいずれのスリットを通り抜けるかを確実に予測することができる理論が可能である。

少々面倒な話になってしまい、量子力学を知らない人には読みづらかったと思われる。量子力学を知ってもらうのがこの節の目的ではない。物理的な世界に客観的に非決定論的な事象があることとその理由を知ってほしかっただけである。既述のことから、量子力学を正しいと認めるならば、客観的に確率的な事象が存在することも認めなければならない。これが主張したい点で、客観的確率を認める証拠として量子力学を使ったのである。

(問) 確率が客観的であるとはどのような意味か説明しなさい。

(問) 次の各文がどのような意味で正しいか述べなさい。

- (1) 世界の変化はいつも連続的である。
- (2) 対象の状態はいつも確定的である。
- (3) いつも瞬間や地点が存在する。

Box*10 非線型性あるいは決定論と非決定論の重複

決定論や非決定論が何を意味しているか今一度考え直してみよう。線型の方程式で表される線型の過程も、非線型の方程式で表される非線型の過程も決定論的な過程である。状態変化の仕方は決まっている。一方、確率過程は非決定論的な過程の代表である。それゆえ、二つの過程は根本的に異なったもののように見える。しかし、本当にそうであろうか。近年の非線型現象への関心は生命現象の研究をきっかけにしていた。生物集団の人口動態は非線型的な過程であり、交配現象は非線型現象とみることができる。マルコフ過程としての交配は確率的な過程であるが、その同じ過程は非線型の方程式系としても表現できる。一方、非線型の方程式系として表現された交配過程は確率過程として表現することもできる。この数学的な事実は形式上、ある条件下で確率過程と非線型の方程式系が数学的に等価であることを示している。

この結果を使って、決定論と非決定論の関係を非線型の方程式と確率過程の関係に限定して浮かび上がらせてみよう。決定論には線型と非線型の2種類があるが、いずれも初期値を決めると t での状態が唯一つ決定されるという性質をもっている。一方、非決定論の代表は確率過程であり、サイコロ振り、コイン投げ等がその具体例である。

適当なコイン投げの系列が与えられたとする。すると、その系列に対して、その同じ系列を生み出す決定論的なシステムが存在する。つまり、非決定論的な系列に対して、決定論的な力学系でその系列を生み出すことができる。この驚くべき結果を考えてみよう。

n 番目のコイン投げが表なら、 $n+1$ 番目が裏である確率が p であり、 n 番目が裏なら $n+1$ 番目が表である確率は q としてみよう。すると、 A_n, B_n をそれぞれ n 番目のコイン投げの結果が表、裏であることを表すとすると、

$$P(B_{n+1}|A_n) = p$$

$$P(A_{n+1}|B_n) = q$$

と表すことができる。

ここで、 $P(A_0) = 1$ と仮定しよう。また、 $x_n = P(A_n), y_n = P(B_n)$ としよう。すると、

$$\begin{aligned}
 x_{n+1} &= P(A_{n+1}) \\
 &= P(A_{n+1}|A_n)P(A_n) + P(A_{n+1}|B_n)P(B_n) \\
 &= (1-p)x_n + q(1-x_n) = (1-p)x_n + qy_n \quad (x_n + y_n = 1 \text{ より})
 \end{aligned}$$

同様に、 $y_{n+1} = px_n + (1-q)y_n$ である。ここで p や q が一定の確率値であるとする、その値は不変であるからそれぞれ定数 k, l で置き換えると、

$$x_{n+1} = (1-k)x_n + ly_n, \quad y_{n+1} = kx_n + (1-l)y_n$$

という式が得られる。この式の形は非線型の決定論的な式である。こうして私たちは非決定論的なマルコフ連鎖の例から非線型の決定論的な式を得ることができた。

ここからは有意義な教訓が得られる。決定論、非決定論の議論は論争だけではなく、両者が形式化によってはいずれでもあり得る場合があることである。認識レベルでの両義性は何に起因するのか。それは今のところわからないが、自然がそのような両義性の遠い原因になっていることは確かだろう。

5 進化論

ダーウィンが自然選択 (Natural Selection) による進化をニュートンの力学に倣って考えたことは、その理論構成を見れば明らかである。生物集団は質点と同じように自らのうちに自発的な変化の機能はもっていない。この生物集団に外部から力が働き、その結果として変化が起こるという点で運動の変化に似ている。ダーウィンの場合、外部から働く力は重力ではなく、自然選択である。外力として自然選択を捉え、アリストテレス以来の目的を前提にした生命理解とは違って、自然選択の結果として因果的に生物の適応を理解できるようになる。自然選択による生命理解はメンデルの遺伝の法則と結合し、総合説 (Synthetic Theory) と呼ばれる現在の進化生物学が誕生する。

5.1 伝統と偏見

[自然哲学と自然史]

中世以来自然の研究は自然哲学 (Natural Philosophy) と自然史あるいは博物学 (Natural History) に二分されてきた。それら領域が次第に物理学と生物学に変貌する。自然哲学の代表はニュートン力学、自然誌の代表はさまざまな博物誌、図鑑である。力学と図鑑は二つの分野の違いを象徴的に表している。自然哲学の目標は自然の基本的からくり (自然法則) を明らかにし、それを使って自然現象を説明することにある。一方の博物誌は、野外での観察、記載、分類からなっている。二つの違いは説明と記録の違いである。生命現象は、したがって、説明されるのではなく記録される対象であった。物理学と生物学が異なるという場合、このような伝統的な区別が現在でも暗に尾を引いている。生命現象を物理現象に還元するという場合、説明が可能な物理現象を基礎にして、説明できない生命現象を物理的に説明するという伝統が生き残っている。また、生氣論の多くも物理的なものと生命的なものとの違いを自然哲学と自然誌の違いから導き出そうとしてきた。いずれにしろ、私たちの多くは「物理的-生物的」という二つの形容詞で自然現象を区別することに未だにそれほどの不自然さを感じていない。その意味で中世以来の伝統は現在も生き残っている。

[デカルトの伝統：心ともの]

心の概念に関する有力な伝統の一つはデカルトの伝統である。心身二元論が彼の主張であるが、生命の場合と同じようにその主張は過去の歴史ではなく、私たちの常識として現在でも確実に生き残っている。デカルトは心が思考という性質を、ものが延長という性質をもち、それゆえ、二つの実体は根本的に異なると考えた。これが心身の二元論である。また、心とものは私たち人間の場合、脳において相互作用していると考えた。そ

して、自己意識としての心（他人の心はわからないが、自分の心はわかる）が心を考える際の視点であると見なした。心の振舞いを単なる生命現象と同じと考える人は少数派である。心が病めば身体に影響を与え、身体の不調は心を暗くすると考えられている。誰もこれら主張を見当違いのものとして受け取らず、自分のことは自分が一番よくわかると思っている。この常識が正にデカルトの伝統であり、それは現在も生き続けている。

このような伝統は生命や心を考える際にどのような影響を与えたのか。生物学は物理学から分離され、そして、心からも分離されるという被害を蒙ることになった。その結果、生物学は物理学と心の研究の両方から締め出されてしまう。そのような生物学の採った途は細胞学という経験的な研究であった。19世紀後半の先端科学は顕微鏡の駆使によって支えられていた。その顕微鏡とともに発展したのが細胞学、そしてそれを基礎にした発生学であった。これは物理学そのものではないが、その研究の仕方は実験や観察の重視から物理学的であった。そこでは物理的な力ではない生命力と生命現象の実証的研究が目的機械論（teleomechanism）¹という危うい関係で結ばれていた。

（問）私たちが当然と思っていることが伝統や習慣の結果に過ぎないことを示す他の例を挙げてみなさい。原因や結果を使って現象を因果的に理解するのは習慣だろうか。

[進化論による伝統打破]

この伝統＝偏見に反対するという意味で革命的なのがダーウィンの進化論である。生命現象は力学的な現象と同じ立場、態度で扱うことができ、心は行動や生態の分析から解明される、というのがダーウィンの哲学的な主張であった。この主張がダーウィンの考えをニュートン革命に匹敵するものにしていく。ダーウィンの『種の起源』は生物進化の事実とその進化の分岐的な仕組みを述べたものである。進化の分岐的な仕組みは自然選択によって説明される。この説明方式に伝統＝偏見への反対が凝結されている。それをまとめるなら、次のような項目になるだろう。

- (a) ニュートン力学をモデルにする（進化現象を力とその作用の結果として説明する）
- (b) 生物集団を統計的に扱う（生物集団の変化を確率・統計的に説明する）
- (c) 人間の行動や生態を説明する（行動や倫理や道德の規範を進化論的に説明する）

ニュートン力学をモデルに進化を説明するとは伝統的な自然哲学、自然史という二分化への反対である。生物集団に力が働き、その結果として進化が生じるという考え方は力学的な考えと基本的に同じである。この力がダーウィンの場合は自然選択であった。生物個体の自発的な内的変化ではなく、外力による変化が進化であるという考えは生氣論とは全く異なった発想、見方である。(b)の確率・統計的な説明はダーウィン以後の総合説において主に使われる説明である。総合説の創始者の一人であるフィッシャー（Ronald A. Fisher, 1890-1962）はメンデル遺伝学と自然選択説の総合の際に、それが統計力学に倣ったものであることを明白に述べている。²確率・統計的な説明は現在ではあらゆる分野で頻繁に使われている。一方、(c)はデカルトの伝統への反対と考えることができる。心と身体あるいは物体の分離に反対して、生物の行動を進化論の中で考えるという視点もダーウィンに起源をもつ。『人間の由来』³はそのような最初の著作であり、行動の進化という観点が採られ、心が係わる行動を自然科学的に扱う出発点となっている。そして、行動の性質としての倫理や道德も生物学的な適応として研究されることになる。これは紛れもなく倫理や道德の自然主義的な扱いである。

¹ 目的機械論については、T. Lenoir, *The Strategy of Life*, The University of Chicago Press, 1982.を参照。

² R. A. Fisher, *The Genetical Theory of Natural Selection*, Dover, 2nd ed., 1957

³ C. Darwin, *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex*, John Murrey, 1871.

(問) 科学史でのパラダイム説を仮定したとき、伝統や偏見はどのように考えられるでしょうか。

5.2 進化論と確率

[マクロな世界と確率]

ラプラスの普遍的な決定論と、それが確率の古典解釈を帰結したことを既に述べた。そして決定論がミクロな世界では成立しないことにも触れた。では、マクロな世界ではどうなっているのか。進化論のもつ重要な意味の一つは確率・統計を客観的な意味でマクロな世界に適用した点にある。確率はマクロな世界で客観的解釈をもてるのだろうか。この疑問を考えるために、ラプラスの魔物の話をさらに続けてみよう。

以前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運動が軌跡として描かれることになるだろう。誰にもこのようなモデルは細部まで正確につくれないが、想像はできる。仮にそのような力学的なモデルがつくられたとしてみよう。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次の主張である。その主張によれば、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となっていたのである。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。唯一言えるコインに関する記述は、偏りのないコインということだけである。

[二つのモデルの関係]

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、そこに何か矛盾や対立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免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。

[公平なコイン投げ]

公平なコインがあるかどうかも疑問であるが、そもそも偏りなくコインを投げることはできるのだろうか。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。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。一方はコインを投げ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は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く、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ことになる。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コインを空中に投げなければなら

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わかる。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のできる。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。

[視点の相違]

以上の議論からわかるように、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。「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。

最後に、アキレスとカメの話での説明と記述の違いを思い出してみよう。確率モデルはコイン投げの記述はできないが、説明はできる。一方、力学モデルは記述ができるが、確率・統計的な特徴を説明することはできない。視点の相違は説明と記述の違いとして理解できるのである。

この章のタイトルは「自然について」であった。私たちは自然を直接論じる代わりに、自然をどのように考えるかをもっぱら論じてきた。直接自然を研究するのが自然科学であり、哲学は数世紀前にその役割を自然科学に明け渡した。だから、ここでも自然を直接論じていないと考える読者が多いだろう。これは否定できないが、自然を直接研究することとその研究を考察することは二つの間に密接な関係がある限り、異なる営みではない。最終目的は自然の理解であり、そのもとでは自然の直接研究とそれについての考察は分離できないものである。