

## 科学と宗教の間

—— Erwin Schrödinger の場合 ——

たなべ・ひでのり

### 1. 孤高のひと、その明と暗

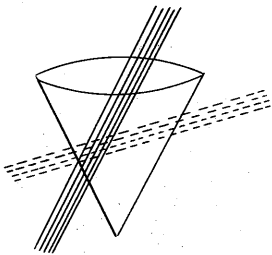
1961年4月1日ひとりの偉大な物理学者が、ひっそりと世を去った。既に1930年代以後理論物理学の主流から離れていたとは言うものの、死はあらためてその業績を世人に思い出させるきっかけを与えた。

Erwin Schrödinger (1887-1961)。オーストリアのウィーン生れの学究で、その名は波動力学そのものとダブって記銘されている。それは、今世紀勃興した新しい量子力学への道を拓いたものだった。今日の標準的(大学用)物理教科書にも、美しい形式美すら備えたかのシュレーディンガー波動方程式が、必ずといっていいくらい記述されているのが見られる。

19世紀をニュートン流古典力学の時代とすれば、今世紀は理論物理にとってヌーベル・バークの到来というべきだろう。年表的に少しく並べ立ててみても、アインシュタインの特殊相対性理論(1905)、一般相対性理論(1915)、ラザフォードの原子模型(1911)、ド・ブロイの物質波の提唱(1924)、そしてシュレーディンガーの波動力学(1926)とハイゼンベルクの行列力学と続く。この両者は夫々独立に理論化され異なる形式をもっていたにも拘らず、全く同等のものであることがすぐに明らかにされた。古典力学から決別した新しい量子力学の誕生である。それはすべての物質について古典的思想の範囲では相矛盾する粒子性と波動性の二重性——ド・ブロイの大胆な物質波仮説がもたらしたもの——を明確に表現することができたばかりでなく、電子・陽子といった素粒子の微視的世界を統一的に理解する新しい理論体系をはじめて世に送り出したことになる。ディラックとともにシュレーディンガーがノーベル物理学賞を与えられたのは、少しあとの1933年で、この年はナチスの支配するドイツを離れ、アイルランドのダブリン高級学術研究所に落着いた時

期に相当する。以来1961年73才の生涯を閉じるまで、シュレーディンガーの主たる関心は一般相対性理論をベースに、それを拡張した時空構造論に向けられた。なにしろ、「アインシュタインの重力理論では、物質とその動的な相互作用とは時空連続体 (space-time continuum) に内在する幾何学構造に基礎を置いているのである。この(1915年)理論の目指すところは、これ以上でもこれ以下でもない。つまり、あるなにかの幾何学構造を内臓された4次元連続体というもの、それはある固有の純粹幾何学的な法則に従うものであるが、これこそ時間・空間の中でわれわれの周囲にくりひろげられる現実の世界 — それは万物を包みその凡ての動きを含む、従って世界の出来事はすべてその中で進行するところのもの — にぴったりの模式図となっている<sup>(1)</sup>」のだから。

宇宙論もシュレーディンガーの場合、同じ方式で展開される。それは時空の幾何学的構造にのみ準拠されるべきで、諸々の宇宙構造論や仮説には興味を向けなかった。ダブリン時代の代表作“Space-Time Structure”(1950)は、そのの包括的な表題とうらはらに内容はあくまでも厳格に1915年理論の一般化を追求したもので、同一延長線上に宇宙の姿が描かれていたことは次の一文 — 質問に答える返信として述べられたもの — によっても察知することができる。“If we accept Einsteins theory of gravitation, based on “General Relativity,” we must admit ,on equal standing, any transformation of the four world-coordinates  $x y z t$  into another frame  $x' y' z' t'$ . Now “space” at any “moment”  $t$  is the dimensional manifold  $t = \text{const.}$  in the one frame ,but  $t' = \text{const.}$  in the other frame. It may well be



(vi r. ellipses)

that the one kind of three dimensional “cross-section”(through the 4-dimensional “world”) is of finite volume, the other infinite. Thus for the same Universe, according to the frame you use to describe it, space is finite or infinite. This is not at all astonishing, you may grasp it by a simple analogy: the interior of a solid cone (reaching out to infinity, not bounded by the circle I have drawn just for visualing!) may be cut up into slices by a family of parallel planes in

many ways; the slices will be finite or infinite (vir.half hyperbolas) according to the angle those planes make with the axis of the cane. (The analogy is poor, because it avoids curvature and replaces it by a boundary for the sake of visualization!) I do not know what "Charliers Universe" is, nor what the "Seeliger Olberus criterion" is. (2)...."

(アインシュタインの一般相対性原理に基づいた重力理論を受け入れる限り、ある4次元世界座標  $x y z t$  から他の4次元座標  $x' y' z' t'$  へ任意に変換できることを同様の根拠から認めなければなりません。さていかなる時間における空間もある一つの座標系で時間  $t$  が一定の3次元多様体であるとして、それは他の座標系でも時間  $t'$  は一定となります。ある種の3次元断面(4次元世界を通じて)は有限となり、別の断面は無限となると言って差し支えないでしょう。このようにして同一の宇宙について、それを描写すべく用いる座標系に応じて、空間は有限ともなり無限ともなるものです。これは別に驚くべきことではなくて、ある簡単な類推で理解を助けることができます。図の円錐体は(これは見易いように偶々引いた円形の線に限定されることなく、無限にまで達するものなのですが)一群の平行平面によっていろんな方法で内部を各種の薄片に切取ることができます。で、この薄片は、円錐体の軸とこれらの平面とで作る角度によって、あるときは有限(図の実斜線…長円)となり、またあるときは無限(図の点斜線…一對の双曲線の片方)となります。(もっとも、この類推はあまり適切とは言えません。なにしろ空間の湾曲をあらわす代りに見易いように線引きで代用しているのですから)ところで、私は貴君の指摘した‘シャーリエ宇宙’とか‘ゼーリーガー・オルベリウスの基準’についての知識を持ちあわせていません。……)

上述は、宇宙論についても時空の4次元幾何構造によってのみ理解されるべき、とする考え方が明確に示されている。もっともこの部分の前提となる問題提起は、宇宙無限説に対する Seeliger-Olberus の難点、それを克服するものとしての Charlier の段階宇宙仮説 (Steps Universe) 等を挙げ(今となっては古色蒼然たる学説だが)、これらの宇宙物理学的所説に対して理論物理学者としての見解を問うたものであったから、返信の文意はいわば問題のすれ違いに終わった感があるが、シュレーディンガー教授にしては珍らしく正面から宇宙論的見解を吐露した貴重な書信として、そのまま紹介した。

ところでシュレーディンガーの後半生は、1930年代以降の新しい素粒子物理学にいわば背を向けて、孤立孤独の歩み続けることになる。前半の最先端をリードする華華しさ、後半の表面的には停滞(?)と、明と暗との形容詞は適切でないかもしれないが、その極端なコントラストは注目に値する。

あくまでも時空連続体に内在する性質の追求、その考え方はむしろ古典物理学的自然像に近いものであった。一方で素粒子の世界は、1930年代の幕明けとともに賑々しく展開する。陽電子と中性子の発見(1932)、中性微子の確認(1933)、更にミュー中間子(1936)、パイ中間子(湯川粒子、1936)、そして現在では数え方にもよるが300種を超える素粒子があるといわれている。かくて素粒子の分類学が1950年代の中頃から盛んとなった。その中で現在も生きる仮説がクォーク(Quark)理論(1964)である。しかしそれも最初の3種から「色」(Color)・「香り」(Flavor)などの分類を加えられて、18種に増えてしまった。

Non-specialist 的気楽なコメントを加えるならば、このような多彩なしかし統一理論の欠けている状態は、近い将来に新たな理論体系の出現を暗示しているように思われる。主流からはずれ孤独に逝ったとされるシュレーディンガーにしても、その専門分野での再評価が将来なされるのが皆無とは言えない。例えば、「素粒子は発見されただけでもその種類がかなりの数にのぼる。にもかかわらず、さらにその背後に数限りなく存在すると推定される事実を理解するためには、結局、無限な自由度をもつ連続体、つまりその時空にその根拠を求めて辿りつくことは大いにありうる<sup>(3)</sup>」という所論が成立するのだから。

## 2. 生命観、そして宗教観

ダブリン時代のシュレーディンガーは、先に触れた著書「時空の構造」の外、専門外の領域に優れた見解を示した「生命とは何か」<sup>(4)</sup>(1944)を世に問うた。後者は1951年全訳され容易に入手(新書版)<sup>(5)</sup>できるので、かなり広く読まれていると思う。しかしその割には、以来それ程論議をよんでいない。言い換えれば、提起された問題が十分に吟味評価されているとは言いがたいのである。ここでは三点に絞って見ていきたい。

(1) 遺伝子の本体に関する洞察

情報社会の現在において情報的世界観の立場で見れば、生物界の世代交代に受け継がれていく情報が二種類あるということになる。一つは遺伝情報であり、いまひとつはヒトを含む高等動物の社会に特有の遺伝外情報である。後者については、動物行動学等の研究領域でとみに最近活発な調査発表が行われるようになった。

遺伝情報の担体分析については、これより一足早く大きな成果がおさめられている。周知のように、1953年ワトソンとクリックによるDNAの二重螺旋構造という画期的発見が行われ、以後分子生物学の発達には目をみはるものがあつた。

物理学者であるシュレーディンガーが生命の科学といった他の領域に深くとりくみ、「生命とは何か」にまとめて世に送ったのが1944年のことで、それは遺伝子の本体～核酸、その分子構造の解明といった基本的知見に先立つ数年前にあたる。DNAに関する知識を欠いたその時機に、シュレーディンガーが出した遺伝担体に関する結論は、“非周期性結晶” (aperiodic crystal) と名づけたものに集約され、問題の本質を鋭く衝いたものとなっている。

親から子へ同じ形質をコピーしたように伝える。その任務を背負わされた——獲得形質の遺伝が否定※された以上——ちっぽけな原子の集団は、絶えず加えられる熱運動にも耐えてどのようにして安定たり得るか。それに対する1940年代に考えられたベストの回答が、特異な安定構造を持った分子——非周期性結晶であり、分子構造の中にその解を見出そうと試みる着意はそれ自体意義深い上に、分子生物学の発達を促したという思いがけない効果もあって、かえって生物学の最新分野での功績の方を評価される結果になった。

※

問題は解決したわけではない。進化のしくみは依然解明されていない。DNAの全部が形質発現に始動されるわけではなく、手つかずの“調整DNA”の部分がかかりあることが、最近にわかに注目されている。環境の変化に対応する系口の一つがここにもある。何れにせよダーウィン流の突然変異と自然淘汰といった目のあらひ筋ではなく、もっとはっきりした進化のメカニズムを知るために、遺伝子の安定と進歩の問題が分子生物学をはじめ新しい手法で今後飛躍的に解明されねばならない。

しかし物理学者であるシュレーディンガーが生物の探究に持ちこんだ武器

は、安定した分子構造の概念もさることながら、むしろ物理の法則そのものではなかったか。次にそれを見ておきたい。

## (2) エントロピー概念の導入

熱は高温の物体から低温の物体に流れ、その逆は成立しない。もう少し正確に言うと、“サイクルによって低熱源から熱を受け取り、高熱源に等しい量の熱を移す外にどこにも変化を残さないような装置は存在しない。”ということになる。熱力学の第2法則（第1法則は断熱変化を扱う）の主張するところはこれで、不可逆変化の根拠をなしている。

物理の世界では更に物体系の平衡状態に対して、エントロピー (entropy)  $S$  という測定できる量を考える (熱量/温度)。この有用な概念を使うと、物事は放っておけばエントロピーが増大する方向に流れる、ということになる。生物の分野にエントロピー概念をもちこんだところは、物理学者らしくて目新らしさを感じさせるものの、このエントロピーはもともと日常生活に身近な事柄で、もっと活用されてよい筈のものであった。(それを‘無秩序’と読み替えると分かりやすい。) 最近地球惑星の資源枯渇が懸念されて、にわかにエントロピー増大則のきびしさが見直されたりしているけれども。

ある養護施設に不意の訪問客があった。入居の児童は学校に行っていて不在で、留守の居室を見てまわることになる。案内に立つ園長氏は得意気に言う。「どうです、この整頓ぶり。あなたは急に来られたわけだが、いつもこんな調子で。」なるほど部屋はきれいに整理され、乱れた様子がない。衣服はきちんとハンガーに、本立ての本はまるで定規でも当てがったように揃えて並べられている。「いや、全く」客はうなずきながら、それでも首をかしげる。(きちんとしすぎている。これでは生き生きとした子供たちの住んでいるところと思えない) その気持が頭をよぎり、つい口に出して呟く。「ひとの住いにしてはエントロピーが減りすぎている!」「え?」園長氏は不審げに訊き返す。「エンストですか、そりゃいけませんな。なに違う。あゝあなたイントロのことでもおっしゃったんで。お達者なんでしょ、歌の方も」

とるに足りない寸話を入れたようだが、これは施設社会化の一断面という別のテーマで取り扱われるべき事例で、つまりは施設も家庭のもつ暖かさ・生き生きとした乱雑さ(?)を共有しなければ本当でないということを指摘しているもの。これを敢て持ちこんだのは、要するにエントロピーなる物理くさ

いものが実はもっと身近かなものであることを、確認しておきたかったために外ならない。もっとも身の回りの整理整頓というのは（筆者の最も苦手とするところなので、だからかえてアナロジーに使いたがる！）大部分が可逆変化の方で、物理の分野では不可逆過程が問題になるのだが。

そのエントロピーを生物学にもちこむのに、マイナスのエントロピー（negative entropy）とは興味深い考え方を示したものである。「生命をもっているものは崩かいして平衡状態になることを免れている。それは‘負エントロピー’を食べて生きている。」（Living matter evades the decay to equilibrium. It feeds on ‘negative entropy’.<sup>(6)</sup>）換言すれば、「生物体は環境から‘秩序’をひき出すことにより維持されている」（Organization maintained by extracting ‘orders’ from the environment.<sup>(7)</sup>）ことになる。

エントロピーを持ちこむのであれば、しかしながら、生命の科学では避けられないある *aporia* があつた筈である。宇宙全体も大局的に見れば、エントロピー増大の方向に向う。熱力学的平衡状態へ向うて着実に歩みを進めている。しかるに生物の発生と進化は、その大宇宙の中で逆の方向——エントロピー減少——へ向っている。この謎はどう解釈したらいいのだろうか。——シュレーディンガーが生命の科学にエントロピーを有効に導入しながらこの難問に触れていないのは、自然科学の精密さを追求する立場から、やや漠然としたテーマを避けたと見るべきだろうか。もともと専門外に手をつけるに当ても、慎重なうえに慎重な態度が示されているのだった。——「科学者は自分が十分に通曉していない問題については、ものを書かないものと世間では思っています。……この矛盾から切り抜けるには、われわれのなかの誰かが、諸々の事実や理論を綜合する仕事に思いきって手を着けるより他にには道がないと思います。……」（A scientist is usually expected not to write on any topic of which he is not a master.……I can see no other escape from this dilemma than that some of us should venture to embark on a synthesis of facts and theories.<sup>(8)</sup>）これは当然の態度で、筆者のように疑問を追求して学際的に首をつっこみたる場合は、稀に偏狭な反感を招くことがあるので戒心を要する。ところでそれほど用心深い大学者が一転して、信仰上のテーマについて同じ著書の中で大胆に触れるのだから、複雑でありまた興味をそゝるものがある。次にそれをとりあげる。

(3)“永遠の哲学”(perennial philosophy)への傾斜

問題の箇所は、“生命とは何か”の末尾のところ、エピローグの形で誌されている。テーマとしては、“決定論と意志の自由について”。こゝでの所論は二段階に分れる。前段において、決定論と意志の自由についての矛盾がまず取りあげられる。実際に生物体内の現象は“統計的・決定論的”道程であって、従って自由意志と矛盾するように思われる。更に念押しが加えられ、「物理学者に対して強調したいのですが、私の見解では、ある一派の人々のいっている見解とは反対に、これらの現象の中では量子論的な不確定性は生物学的に見て重要な役割は何も演じておりません<sup>(9)</sup>」つまり量子論でよくとりあげられる不確定性原理を逃げ道にしないよう、あらかじめ閉ざしている。これは他の著書<sup>(10)</sup>にも述べられており、そこではむしろくどいくらいの力説ぶりである。

逃げ道を断って、後段でシュレーディンガーの提出した解は、次のように要約される。「私——最も広い意味での私、すなわち今まで‘私’であると言いまは“私”であると感じたあらゆる意識的な心——は、とにかく‘原子の運動’を自然法則に従って制御する人間である」(I-I in the widest meaning of the word, that is to say, every conscious mind that has ever said or felt ‘I’—am the person, if any, who controls the ‘motion of the atoms’ according to the Laws of Nature. <sup>(11)</sup>)

この部分から物理学者シュレーディンガーは、突如哲学者または(よく言われる表現を使えば)神秘主義者に変貌する。

「このような洞察そのものは決して新しいものではありません。私の知る限り最も古い記録は約2500年あるいはもっと以前にさかのぼります。古代インド哲学の聖典ウパニシャッドのつくられた時代の初期から‘人と天は一致する’(アトマン=ブラフマン。人間の自我は普遍的な全宇宙を包括する永遠性それ自体に等しい)という認識がインドの哲学思想において、神を冒瀆するものどころか森羅万象の最も深い洞察の真髄であると考えられていました。」(In itself, the insight is not new. The earliest records to my knowledge date back some 2500 years or more. From the early great Upanishades the recognition ATMAN=BRAHMAN (the personal self equals the omnipresent, all-comprehending eternal self) was in Indian thought



considered, far from being blasphemous, to represent the quintessence of deepest insight into the happenings of the world. (12)

そして最後に、“エピローグへの註”の形で、オールダス・ハックスリーの名著「永遠の哲学」が挙げられる。シュレーディングラーの哲学的思想についてはとも角として、オールダス・ハックスリーとなると研究書の数も多い。「永遠の哲学」(The Perennial Philosophy, 1946)についても論評がなされている。例えば、「かくして彼は1946年、古今東西の宗教・神学の中からその最大公約数ともいふべきものを抽出し、窮極の実相に参得して解脱の境地に入り、かつ学道の方法を教えた聖者などの言を集成し、これに彼自身の註脚を加えて世に公にした<sup>(13)</sup>。」

350頁の中にびっしり古今東西の思想がもりこまれたすばらしい労作“*The Perennial Philosophy*”、これをコメントする力を筆者はもちあわせない。その理解には確かに内観が要るようだ。例えば——“*Godness needeth not to enter into the soul, for it is there already, only it is unperceived.*”<sup>(14)</sup> (神が個々の魂に外から入りこむ必要はない。神は内部にあって知覚されていないだけのことだから)

とりわけ中心となるものは、筆者の理解する限り、ウパニシャドの思想の *Atman* と *Brahman* の合一、それを端的にあらわす言葉 “*That art thou*” (サンスクリットで “*tat tvam asi*”) にあるように思う。

理論物理学者が精神的に最後の拠りどころとしたもの——それがこの境地であった。他のものは泊地となり難いことを、シュレーディングラーは冗談めかして言っている。“*Science furnishes us with competent answers to irrelevant questions, philosophy with incompetent answers to relevant questions.*”<sup>(15)</sup> (科学はあまりびんとこない質問に適切な回答を与え、一方哲学は人の気持ちにぴったりした質問に不適当な回答を与えるものです。)

精密科学の研究に生涯を捧げたひとつの眞摯な魂は、遍歴の後、神を内なる神を、見出していた、全宇宙と合一するところのものを。そしてそのことは世間で神秘主義といわれようとも、実証科学の研究に何の妨げも見出さなかった。なにしろ、「私」は「原子の運動」を自然法則に従って制御する人間である」ことの確信を得ていたのだから。

—The further one travels, the less one knows. <sup>(16)</sup> —

この小稿は、尊敬と親愛の気持をこめて、ある優れた科学者のあまり取り上げられていない部分について、僅かながら淡い光をあててみたものである。(1984.1.20)

(註)

- (1) Erwin Schrödinger, Space-Time Structure, 1950, p. 1
- (2) シュレーディンガー教授 (在ダブリン) のたなべ宛手紙(1953, 10, 20)より抜すい
- (3) 岩波講座, 現代物理学の基礎11, 素粒子論, 1974, p. 66
- (4) Erwin Schrödinger, What Is Life? (初版 1944), 1955版
- (5) 岡・鎮目訳, 生命とは何か, 1951
- (6) 註(4)に同じ, p. 70~p. 71より要約
- (7) 同上, p. 74
- (8) 同上, Prefaceより要約
- (9) 註(5)に同じ, p. 153
- (10) Erwin Schrödinger, Science And Humanism, 1952  
特に、“Would physical indeterminacy give free will a chance?”の章にその記述がみられる。
- (11) 註(4)に同じ, p. 89
- (12) 同上
- (13) 堀正人, 新訂オルダス・ハックスレイ研究, 英宝社, 1974, p. 126
- (14) Aldous Huxley, The Perennial Philosophy, (1946)1950年版, p. 21
- (15) 註(2)に同じ
- (16) 註(14)に同じ, p. 147