

京都大学全学共通講義 平成21年度前期

科目名：自然の不思議を探る：文系・生命科学系向け現代物理学

担当教員名：吉川 研一（理学研究科 物理学専攻）

村瀬 雅俊（基礎物理学研究所 統計動力学分野）

講義ノート： 村瀬 雅俊 担当分

日時： 毎週木曜日 第2時限

E-mail: [murase@yukawa.kyoto-u.ac.jp](mailto:murase@yukawa.kyoto-u.ac.jp)

Tel: 075-753-7013: Fax: 075-753-7010

第1回 自然科学の思考方法

‘物質の科学’から‘生命の科学’へ

自然科学というものは本来、実体よりも、むしろ相互関係に関する知識を意味している。「物質とは何か」という問に対しても、直接その実体を示すかわりに、多種多様な自然現象の間にいかなる一般的関係が存在するかを明らかにすれば、それで一応の答えになると考える。・・・これに反して「精神とは何か」という問に対しては、現在の自然科学からの確な答を期待することが困難な状態にある。・・・生き物を生き物として取り扱う態度と、それを物理的・化学的に最後まで分析しつくそうという態度とは本来両立しがたいのではないか。・・・高等な動物、とくに人間のごとき複雑な構造を持つものに対しては、外面的な観察だけでは不じゅうぶんなことは明らかである。自然科学全体が非常に進歩して、物理学や化学と生物学の間隙がなくなったとしても・・・われわれは自然といま一つの正反対の態度、すなわち内面からの観察に助けを求めざるを得なくなる。

（湯川秀樹、『目に見えないもの』p54～69、講談社学術文庫、1976）

本書で、私は従来の自然科学の思考形式にとらわれずに、‘複雑な’生命現象をありのままに受け入れることによって、逆説的ではあるが‘単純な’生命の論理を導いてみようと思う。そのためには、‘既知の’論理を通して、生命現象を解釈するのではなく、逆に生命の側から‘生きた’論理を見いだすことが必要である。

このような主張は、これまでも先人達によってしばしばなされてきた（注）。私の意図は、その主張を生命現象の中で具現化することにある。つまり、生き生きとした生命の本質をその初期段階や最終段階からではなく、それらの段階間の飛躍を伴う歴史的変遷過程に注目しながら、一つの全体として理解できるように描き出してみようと思う。「生命

とは何か」、「老化とは何か」、「認識とは何か」、あるいは「理解するとはどういうことか」という素朴な疑問に対して答えつつ、折に触れて理由の探索も進めていきたい。

注：たとえば、哲学者の西田幾多郎は、『論理と生命』（p173,岩波文庫）の中で、「思惟することによって生きることを知るのではなく、生きているから思惟するのである。それは歴史的現実の世界において新しいものを作ることである」という視点を提示している。その上で、「論理をすでにできあがった形式から考えるのではなく、その生成から考えてみるべきである」と主張している。また、禅者の鈴木大拙は、『東洋的な見方』（p32,岩波文庫）の中で、「理から行に移るのではなくて、行から理を開き出さんとする。つまり、東洋では‘哲学’がすなわち生活なのである」と述べている。こうした東洋の視点は、もちろん西洋の科学者からも提示されている。たとえば、発達心理学者のジャン・ピアジェは、『知性の心理学』（p62,みすず書房）の中で、「思考は論理の鏡なのではなく、論理が思考の鏡なのである」と述べている。つまり、従来の論理は、思考の結果を定式化したにすぎないということである。あるべき論理の姿は、思考の生きた構成過程を示すものでなければならない。

### ‘物質の科学’の限界

そこで、まずはじめに‘物質の科学’として発展してきた今日の自然科学が、そのまま‘生命の科学’として通用するかどうかという根本的な問題から考え直してみたい。

これまでの自然科学の思考形式というのは、観測者が自然現象をいくつかの要素に分けて調べ、その分析の結果を、もう一度、総合という重ね合わせの操作を通して全体の性質を導き、それによって自然現象を説明しようという試みであるといえる。ところが、この要素還元論を中核とした思考形式には次にあげるような三つの仮定が暗黙の内に存在している。

一つめの仮定は、条件が同じであれば、同じ現象が繰り返して起こるという、“再現性”をあらかじめ前提としているということである。そうでなければ、観測を繰り返すことによって全体的な傾向をつかもうとする統計的方法が使えないからである。二つめの仮定は、分析によって得られた部分の本質は、全体の本質と同一であるということである。そうでなければ、分析の結果を総合によって、重ね合わせることができないからである。そして、三つめの仮定は、観測者は観測対象の外にあって、いわゆる外面的な観測をしているということである。逆の言い方をすれば、観測対象は常に観測者によって環境から取り出された自然の一部に過ぎないということである。観測者が観測対象そのものになる、いわゆる内面的な観測の可能性—それは同時に観測対象と環境とを一体化してとらえる可能性であるが—そのような可能性ははじめから入り込む余地がないのである。

ところが、これらの暗黙の仮定は、生命現象—たとえば人間の世界—を考えてみるとどれも当てはまらないことは明らかである。人間の世界では、全く同じことが二度と繰り返されることはないし（注1）、それぞれの人間の個性は統計的方法ではどうしてもとらえることができない（注2）。また、人間の体を分析していき、その体を構成している分子を詳しく調べたところで、分子の構造や機能について知ることはできても、人間については依然としてわからないままである（注3）。さらに自分の心の動きをとらえてみようとする、観測者と観測対象が一致することになってしまう。このような場合、内面的に観測することが、どうしても欠かせないのである。

これまでの自然科学の思考形式は、あくまでも死物である物質の世界のごく限られた現象を説明することに成功してきたまでのことで、生き生きとした生命の本質をとらえようとする場合には役に立たないのである。

注1：ヴァイツゼッカーは、『生命と主体』（p17,人文書院）の中で、同一刺激に対する反応の多様性が、生物一般の特徴であるばかりでなく、こうした反応の“非定常性”に特別な意味合いのある」という主旨を主張している。

注2：河合雅雄は、『森林がサルを生んだ』（p23,小学館）の中で、従来の科学的方法では、動物のトータルな把握ができないのではないかという疑問から、一頭の雄の伝記のようなものを書いたと述べている。こうして、「自然科学の方法からは抜け落ちる、個性をもった個体のいきいきした姿、いのちの流れを、別の網で掬う方法を考えねばならない」のである。

注3：最近の分子生物学の成果は、皮肉にも要素還元論を支えてきた「一つの分子には一つの機能が担われている」というドグマに、根本的な修正を迫ることになった。多田富雄が『免疫の意味論』（p84,青土社）で述べていることをまとめるならば、「同一の分子は、異なる機能を担っているという、いわゆる“不確実性”がある」ばかりでなく、「異なる分子は、同一の機能を担っているという、いわゆる“冗長性”がある」ことも事実である。一つの分子といえども、その構造と機能は簡単にはとらえることができないのである。

### ‘生命の科学’への展望

それでは、いったいどのようにすれば生命現象がとらえられるのであろうか。私は、これまで物質と生命を区別することばかりにとらわれていた。しかし、ようやく発想を転換して、物質と生命を結びつける一つの道筋を不完全ながらもとれるようになってきた。生命を進化という歴史の方向によって眺めてみようという立場である。歴史学者のアーノル

ド・トインビーは、『歴史の研究』の中で、「すべての事象は、人間精神によってのみ観察されるが、それも、時の流れの中での動きを通して人間精神の前に姿を現したときに限る」と主張した上で、「歴史の単位」として文明をとらえ、その成長と衰退を一つの動きとして考えた。同じことは生命に関してもいえる。なぜなら、歴史は生命現象だからである。中でも、私たちの精神の産物である科学の歴史は、私たち自身の精神が幼児期からとげる発達の歴史と驚くべき一致がある。もちろん、今日においては、物質から生命が誕生することはない。ここに、「空間的物質」と「時間的生命」という鋭い対立がある。それ故に、「時間的生命」には「空間的境界」はない。実際に生命は、情報、構造、機能、エネルギーを互いに交換し合うことによって、その生きている世界がどこまでも広がっている。ところが、「時間的生命」を科学的に分析してみると、「空間的物質」から構成されているという矛盾をはらんでいる。こうした矛盾の自己同一を哲学者の西田幾太郎は“絶対矛盾的自己同一”と捉えたのである。

本書の主な目的は、これまで全く異質であると考えられてきた生物学と歴史をあえて結びあわせることにより、生命を一つの全体として描き出し、それに基づいて得た私の解釈を、「発展と崩壊」という一見相矛盾する過程を生命の本質として明確に特徴づけることと、“自己・非自己循環”という「過程に着目」して、普遍的な生命原理を提唱することである。

## 要素還元論と要素「過程」還元論の相補的展開

そこで、私は、要素還元論と相補的な立場として、要素「過程」還元論を提示しようと思う。これまでの要素還元論は、いわば物質還元論と考えられる。たとえば老化というきわめて複雑な現象を理解しようとする場合に、老化に際して変化する物質—遺伝子や分子—を発見し、それらの構造や機能を調べるという立場である。ところが、この要素還元論だけでは、遺伝子や分子に関する豊富な知識は得られるが、老化という現象がいつこうにわかったという気にならない（注）。その理由は、物質に還元してしまうことにより、生物としての本質がすべて失われてしまい、もはや生き物としての生物と、死物としての無生物を区別することができなくなってしまうからである。これでは生も死も、そして老化も捉えることはできない。

注：分子生物学における要素還元論は、遺伝子の一次元塩基配列の決定、あるいは、タンパク質の一次元アミノ酸配列の決定を意味している。生きている生物をその構成要素として、鎖状高分子の一次構造に帰着してしまうと、生命の本質はことごとく抜け落ちてしまう。本書でも、もちろん要素還元論を用いるのであるが、高分子の高次構造への還元にとどめることにする。このとき、一次元配列が同一であっても、高次構造には異なる分子型

が実現する。こうした“多型”が、発展過程である進化にも崩壊過程である老化にも同じように現れてしまうところに、生命の本質がある。それについては、本書で十分に論述していきたいと思う。

これに対して、要素‘過程’還元論では、物質としての要素だけではなく、要素を取り巻く過程そのものにも着目する。これは、たとえ条件が一定であったとしても、必ずしも同じことが繰り返し起こるとは限らず、むしろ次々と変化することこそ本質であるという‘歴史的な視点’である。このような視点に立って生と死の違いを見ると、物質の異なる状態として容易に区別することが可能になる。しかも、全体として非定常的できわめて複雑に見える老化現象についても、その老化過程を単純な要素過程に分析することができれば一つまり、全体の過程の本質が要素過程においても損なわれないように、すなわち、部分に全体の様相が反映されるように注意深く分析することができれば一単純な要素過程の重ね合わせによって、全体としての老化現象を理解することができるのである。

さらに、観測者が観測対象となるような内面的な観測の場合においても、観測という複雑な過程の中に単純な要素‘過程’を見つけ出すという要素‘過程’還元論に立てば、内面的な観測の可能性をあらかじめ考慮の外においておく必要性はなくなる。そればかりでなく、このような捉え方は後で述べるように、「認識とは何か」を考える上できわめて有効な鍵となるのである。また、環境と生物の間における過程に着目することによって、そこに生まれ、そこに育ち、そしてそこに死んでいくという生物の世界を、発展と崩壊の過程として捉え直すことができる。まさに、環境と生物を同質なものとして、一体化して捉える視点であるといえる。実は、この視点によって‘生命の起源’を捉え直すことも可能になるのである。なぜなら、要素‘過程’還元論の立場に立てば、‘過程’という時間の流れをはじめから前提とするために、‘起源’の探求において絶対的な始まりを特に規定する必要がないからである。

このように要素‘過程’還元論の立場から考えてみると、‘老化現象’や‘認識過程’、さらには‘生命の起源’といった問題が、もはやバラバラで断片的な問題としてではなく、相互に関係しあった問題として浮かび上がってくる。そして、「生命とは何か」という究極的な問題に対しても、生命現象を全体的に捉えることによってはじめて科学的に解明可能な道が開けるのである。

## 客観的‘事実’と主観的‘事実’

事実の羅列の中に存在する自然の美を、いかなる仮定もおかずに統一的に表現しようとする作業こそ、冒頭に述べた「複雑な現象をありのままに受け入れることによって、かえって単純な論理が導ける」という真意なのである。ところが、専門誌や書物などから事実を

探し出す過程に、大きな落とし穴が隠されている。今から六十年ほど前に起こった“生物線事件”を例として挙げてみよう。この事件は、雪の研究者として知られる、中谷宇吉郎の『科学の方法』に述べられている。

はじめタマネギに目から、そういう放射線がでることが‘発見’され、その後いろいろな生命現象、たとえば酵母や動物の生きている血からもこの生物線が出るということになった。・・・それで世界中にわたって、大勢の医学者や生物学者が、この問題をつつき、専門雑誌にでた論文の数だけでも、三百篇くらいはあったであろう。立派な数百頁の単行本も、二、三冊でている。ひょっとすると、医学博士も数人できているかもしれない。・・・一時はその実在を誰も疑わなかった時代もある。・・・この大問題も、結局は、正体不明のまま、いつの間にか、立ち消えになってしまった。

(中谷宇吉郎、『科学の方法』 p 193, 岩波新書)

この“生物線事件”の場合には、当初肯定されていた‘事実’が、後になって否定されたわけであるが、科学の歴史においては、これとは対照的な場合も少なくない。後で述べることになる、グレゴール・メンデルが発見した“遺伝の法則”やバーバラ・マクリントックが発見した“動く遺伝子”、あるいは、フランシス・ペイトン・ラウスが発見した“がんウイルス”は、ともに発見以来三十年以上にわたって学会から無視され続けられていた。しかし今日では、それらは‘事実’として広く受け入れられている。つまり、当初否定されていた‘事実’が、後になって肯定されたということである。

なぜ、このような悲劇が繰り返されるのだろうか。その理由を考えてみると、科学的な真理の探究においては、人間的要素を完全に排除することができないことに思い至る。そのために、客観的に判断できる単純な‘事実’というものは存在しないのである。観測者の主観や想像力によっても、また、同じような主観的な見方を共有できる共同体の働きかけによっても、‘事実’が肯定されたり否定されたりということ、私たちは常に心にとどめておかなければならない(注)。トインビーも指摘しているように、‘事実 (fact)’とは、‘現にある (factual)’ではなく‘創られた (fictitious)’という意味なのである。また、ピアジェは、同じ内容を表現を変えて、「‘事実’とは対象から与えられた‘内容’と、主体が要求した‘形式’との構成の産物である」と述べている。

人間的要素が関与する以上、科学といえどもそれは生命現象の本質を担っている。従って、科学も、芸術や歴史と同様、まさに変わり続けることこそ本質であるといえよう。たとえ専門誌に掲載された事実といえども、天下り式に鵜呑みにするのではなく、常に先入観を捨てて吟味し続けていかなければならないのである。

注：今から 150 年程も前に、ルイ・パストゥールは、『自然発生説の検討』、p124 (岩波

文庫)の中で、「わたしの研究が与えた進歩の一つは、実験施行者の意志に従って肯定的結果をも否定的結果をももたらす実験を創案した点にある」と述べている。

### “自己・非自己循環理論”の構築と展望

このような理由から、私は現代生物学の常識を一切否定してみることに出発した。そのために、次の二つのことに注意を払った。一つ目は、現代生物学がこれまで前提としてきた実験事実や理論を原点に戻って詳細に吟味することであった。その場合、科学的な文献だけからではつかむことのできない人間的要素—たとえば、科学者の哲学や個性、あるいは当時の社会的な背景—は伝記によってある程度補う努力をした。二つ目は、これまでに例外扱いされてきた生命現象やほとんど無視されてきた実験事実を積極的に集めるとともに、異端視されてきた理論をもう一度検討し直してみることであった。そのためには、たとえば進化論に関していえば、ダーウィンの『種の起源』ばかりでなく、ラマルクの『動物哲学』や今西錦司の『生物の世界』を再検討する必要がある。また、生命現象についても、進化や個体発生といった発展的な側面ばかりに焦点をあてるのではなく、たとえば、アルツハイマー病やがんのように、老化とともに顕在化してくる病気についても焦点をあてた。さらに、高等動物ばかりでなく、植物、原生生物、細菌、ウイルス、ウイロイド、さらにはプリオンに至る、さまざまな分野の生命現象をも調べる必要がある。その結果、この多様で複雑な生命現象には、「生命の起源」の時に発揮したであろう指導原理が今日まで一貫して働き続けていることを明らかにすることができたのである。

これまでの生物学は、自己複製過程による、いわば“自己保存”的な特性に着目してきた。これは、「連続」の世界観を背景にしているといえる。それに対して、私が主張する“自己・非自己循環理論”は、新しい構造の構成過程に着目した「非連続の連続」の世界観を背景にしているという相違がある。しかし私は、「連続」の世界観を排除しようとしている訳ではない。両者の共存があつてこそ、さらに新たな構造の構成が可能となるのである。なぜなら、これこそが生命の本質だからである。この点は、これからも強調していきたい。

私の理論では、現実を捨象して記号や数式で表現するような、純粋理想系は一切用いていない。こうした純粋理想系は、文字通りの意味において、何ら現実世界については寄与することができないと考えるからである。生命の本質を捉えるためには、生命現象そのものの中に、「理想生命モデル」を求めることが必要不可欠なのである。

また、本書は「理論の書」であると同時に、読者自身が読み進むうちに理論の検証が可能であるという点で、「実験の書」でもある。なぜなら、読者が、単に本書の内容を理解するにとどまらず、自らがたどった過程を意識化してみることによって、「理解するとは

「どういうことか」を理解することも可能となるからである。

本書は、これまで私が重ねてきた思索の到達点であるが、同時に、これから果てしなく続く海図のない航海の出発点でもある。変化し続けることこそ生命の本質である以上、これは宿命であろう。我が生涯をかけて、海図のない海に海図をつくるという大いなる目標に挑んでみたいと思う。

村瀬 雅俊著『歴史としての生命』序論より