

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

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

第9回 21世紀の科学

村瀬雅俊著『歴史としての生命』第12章より

21世紀の科学 — “関係の科学” と “過程の科学” の相補的發展 —

一面において物事の道理に暗いのは、かならず他面において物事の道理に明るいからである。・・・習慣のせいで物事の道理に暗いのは、学問によって治療できるが、学問のせいで物事の道理に暗いのは、おそらく治療法がない。・・・そこに学問がひとの聡明さをくもらせ、ひとの才能をそこなう理由がある。

（三浦梅園、『玄語』、日本の名著『三浦梅園』、p 299、中央公論社）

一般に、ある科学がとげうるもっとも徹底した進歩とは、それまでにえられた成果が新しい全体に組み入れられることを意味する。この全体に関係づけられると、それまでの成果はある連続運動を間遠にうつした瞬間的で動きのない眺めにかわる。例えば、近世と古代との幾何学の関係がそれである。古代人の幾何学はひたすら静的で、描きおえた図形を手がけた。近世の幾何学は函数の変動を、すなわち図形を描きだす運動の連続性を研究する。もちろん、さらに厳密性を求めて、私達の数学的手続きから運動の考えをことごとく除ききることはできる。しかし図形の生成に運動をもちこんだ頃に近世数学が起こったということはやはり正しい。私の信ずるところをいうと、数学がその対象にせまる近きまで生物学もいつかは自分の対象にせまりえたならば、近世の数学と古代幾何のあいだに見られる関係が、そのまま生物学と有機体の物理化学とのあいだになりたつことであろう。

（ベルグソン、『創造的進化』、p 55、岩波文庫）

本章では、がんという‘モデル’を用いて、生命現象という対象を理解してきた過程を

振り返ってみたい。

そのためには、

- (1) 「対象の理解」
- (2) 対象を理解するために用いた「‘モデル’の理解」
- (3) 対象や‘モデル’を「理解する過程の理解」

の順に、その過程を意識化してみようと思う。そうすることによって、「理解する過程」を、一つのモデルによるアナロジーをもとに、理解できる可能性を提示したい。

実は、「対象の理解」、「‘モデル’の理解」、そして、「理解する過程の理解」は、どれも独立に考えることはできない。何故なら、私は‘モデル’を生命現象という対象の中から生命単位として選んでおり、しかも、考える私も生命現象という対象の一部だからである。従って、上に示した三つの過程は、どれも同型の、しかも無限の構成を想起させる形式で語られねばならない。それが、私の主張する、“自己・非自己循環過程”なのである

補足：＜‘内’・‘間’・‘超’への発展過程＞

ベルグソンは、科学の進歩について極めて先見の明な見通しを立てていた。冒頭で引用した『創造的進化』の中で述べている有機体の物理化学とは、生命現象を物理化学に還元することを指している。確かに、物理化学還元主義は、‘死物’である物質の研究に対しては成果を上げてきた。しかし、‘生物’に対しては遺伝子還元主義と同様に、生き生きとした生命の本質を捉えることにはならなかった。実際、がんの研究にしても、がん関連遺伝子の発見からは、がんの全体については捉えられなかったことは、第七章で実感した通りである。つまり、対象‘内’の分析だけでは全体を眺めることはできないのである。これが、ベルグソンの述べている「古代人の静的な幾何学の段階」に対応する。というのは、古代人の幾何学においては、静止した図形‘内’の構成要素間の関係が興味の対象だからである。

これに対して、本書で提示した、がんという生命‘モデル’による生命現象の比較研究では、対象‘間’の関係にその基礎を置いている。これが、ベルグソンのいう‘生物学’に相当する。この段階にある近世の幾何学は、図形‘間’の関係付けを追求する変換の段階である。

そして、ベルグソンが、その先に「数学的手続きから運動の考えをことごとく除きさる」ことは、図形‘間’の変換から、変換を‘説明する’構造への移行によって可能となる。‘群’という一つの構造の諸要素間の関係が、‘超’図形的関係として成立するのである（ピアジェ、ガルシア、p152, 1996）。この段階に対応するのは、私が目指す‘メタ生物学’である。実際に、私は本書第二部において、がんという‘モデル’を用いて、アナロジーを頼りにさまざまな生命現象を比較してきた。その際に、“多型”、“自己・非自己循環”、“両刃の剣”というキーワードによって、意味づけや解釈を行ってきた。このよ

うな作業の過程、すなわち、生命現象をがんという‘モデル’を用いて理解していくという過程を意識化してみると、がんという現象を離れて「理解すること」が理解できることに気づく。これが、‘がん’を乗り越えた、‘超’対象への発展であると思う。ここにおいて、‘メタ生物学’の成立を見るのである。

補足：＜生物学とメタ生物学＞

私は、‘メタ生物学’を生物学よりも高次の学問として位置づけている。つまり、生物学は、生命現象をある種の体系にまとめ上げ、人々の理解が届くようにすることを目指す学問である。これに対して、‘メタ生物学’は、生命現象を一つの全体的体系として整備するとともに、独自に解釈や意味づけを行う学問である。そのために、‘メタ生物学’には、生物学をも取り込んだより高次の構造化が必要となる。例えば、新しい毒性生物が出現すれば、その原因を探るだけでなく、その意義を見出すことが、‘メタ生物学’として位置づけられる。こうした高次の学問を構成していく意義は、やはり、次のようなアナロジーで理解することができる。つまり、一次元のひも状の遺伝子が、自己複製や、重複や拡張をしても、一次元のひも状分子であることには変わりがない。新しい構造の構成に向かう‘非連続’的な進化は望めない。こうした進化が起こるためには、一次元のひも状分子の他に、二次元平面状の膜構造、さらには三次元球状の閉鎖構造が、互いに循環する‘過程’が要求される。それが、私の主張する“自己・非自己循環過程”である。このような生命の本質を扱う以上、生物学も、さらに高次のメタ生物学へと‘進化’を遂げていかなければならないのである。

“自己・非自己循環過程”としての生命と認識 — ‘入れ子’構造化の本質—

(1) 対象の理解

がんを生命現象の対象と考える場合、まず、がんそのものの理解が必要になる。分子生物学の成果は、がん関連遺伝子の相次ぐ発見をもたらした。図形とのアナロジーで言えば、一つのがん関連遺伝子の発見は‘一つの点’に対応する。また、正常発生に関わる遺伝子の発見は、‘もう一つの点’に対応する。そして、この正常発生に関わる遺伝子が変異するとがん関連遺伝子そのものになることがわかれば、それは、‘点と点を結ぶ線’に対応する。しかし、この段階では、がんという全体像は捉えられない。

こうした反省から、私は、ヒトのがん、植物のがん、プラナリアのがんというさまざまな生物に見られるがんを比較しながら、がんの系統発生をバクテリアまでさかのぼっていった。そうした比較の中で、これまでの「がんは病気である」という‘常識’を疑わざるを得ないという確信を得た。その理由は、一つの細胞ではがんの定義ができないからである。こうした状況は、図形とのアナロジーで言えば、‘線と線が結ばれた面’に対応する。

そして、さまざまな監視機構をくぐり抜けていくというがんの実態が、生物種が果てし

なく進化する様相と一致することに気づいたのであった。こうして、私は、「がんは進化である」という一つの説明を与えることができたのである。この段階で、それまで‘開いていた面’から、一つの‘閉じた構造’が‘構成’されたのである。それは、以前の面状に‘開いていた構造’よりも、高次の構造と位置づけることができる。というのは、‘閉じた構造’においては、‘内’と‘外’が存在しているからである。そのために、「がんは進化である」という説明を‘外’から与えることができたのである。

実は、この‘線’・‘面’・‘閉じた構造’という変換は、前章で述べた‘生命の起源’の構図と一致しているのである。そして、このパターンが‘入れ子’的にどこまでも展開していくのが、生命現象の特徴なのである。

次に、がんという‘モデル’を用いて、モデルを超えた「対象の理解」に進んでみよう。対象の理解というのは、さまざまな‘がん’を生命現象から探し出すことが出発点である。それには、‘がん’と思われる現象を比較することが有効である。ヒトにとってがん細胞が脅威であるということと、神経細胞にとって分子レベルの‘がん’が脅威であるということは、スケールを変えれば、相似の関係として理解できる。そして、一度、こうした対応関係に気づきさえすれば、がんの‘がん’を探し出すことも可能であった。さらに、一つの‘がん’で何かを発見することができれば、がん細胞に戻って、対応するものを探することができる。このようにして、対象を‘理解’していくことができた。実際に、アルツハイマー病やプリオン病を、細胞内の‘がん’として捉えたことは、一つの‘閉じた概念体系’が構成され、それに対して‘外’から説明を与えたことと考えられる。

もちろん、こうした‘閉じた体系’は、神経細胞以外の細胞や、タンパク質以外の分子に着目することによって、再び‘開いた構造’へと移行する。例えば、動脈硬化症、白内障、あるいは、糖尿病といった、一見、全く異なる病気を眺めてみると、タンパク質に代わって、コレステロールやブドウ糖などが新しい主役として登場してきた。そして、神経細胞内で起こった異常タンパク質の沈着と同じ様な現象—すなわち、分子レベルの‘がん’—が、さまざまな組織において、さまざまな分子が絡んで起こることを、多くの現象に基づき提示してきた。こうして、「アルツハイマー病やプリオン病が分子レベルの‘がん’である」という説明から、さらに広がりを持った統一的な説明を目指すことになったのである。

がんにしても、分子レベルの‘がん’にしても、老化と共に顕在化してくる病気である。こうしたことから、私達は、老化というさらに大きな対象の理解へと導かれることになった。そして、‘がん’は老化の‘モデル’であることに気づくことによって、がんについての説明—すなわち、がんは進化である—が老化にも適用できる道が開けたのである。第九章でもまとめたように、‘内’・‘間’・‘超’という連鎖が、階層間を貫く‘発展’の様相からは、老化と進化を識別することは困難なのである。ただし、トインビーも指摘しているように、「文明の成長過程では、同じ挑戦が再び提示されることはないが、文明

の解体過程では、応答に失敗した挑戦は繰り返し生じる」ことに注意を払いたい。というのも、生体内で分解作用に抗する沈着物質が蓄積する老化過程の本質は、「応答に失敗した挑戦は繰り返し生じる」という、トインビーが見出した解体過程の本質と一致しているように思われるからである。

このようにして、「老化は進化である」という説明が可能になったのである。これが、それ以前の構造を残しつつ、新しく‘閉じた構造’が構成されたということである。

この構成過程は、さらに‘認識’という問題を取り込んで、同型のパターンを繰り返しながら発展してきた。それが、本章の主題である「理解すること」を理解しようとする意図なのである。このことについては、次節以下で、再度論考したい。

一方、この構成過程は、現存生命の日常活動の中にも認められるはずである。こうした予測のもとに、私は、エンドサイトーシスとエキソサイトーシスからなる、文字通り、“自己・非自己循環過程”を同定したのである。その関係が、‘生命の起源’そのものにも適用できることについては、既に述べた通りである。

西田幾太郎の言う、「在ることは、働くことであり、見ることである」という言葉、あるいは、ベルグソンの言う、「生物の進化は、認識の進化である」、そして、ピアジェの言う、「認識とは進化である」、さらに、ローレンツの言う、「生物とは認識を獲得していく過程である」という主張は、私の提示する“自己・非自己循環過程”が、対象のあらゆる場合に見られることから、自分自身の体験を通して十分納得できる表現となっている。

(2) ‘モデル’の理解

(2-1) ‘モデル’の有効性の検討

次に、「‘モデル’の理解」について振り返ってみたい。そのために、‘がん’という生命‘モデル’の有効性について再考することからはじめよう。

がんを生命の‘モデル’として提示する際に重要なポイントは、「それ自体が、ある程度まとまりを持った自己完結的な単位である」ということであつた。がんは、‘始まり’と‘終わり’を持ち、しかも、時間とともに‘進化’しながら占有空間を広げていく。この様相にこそ、連綿と続く生命の一単位として考えられる根拠がある。このような単位としての生命‘モデル’の条件は、巨大な生命現象全体の部分でありながら、あらゆる生命現象の本質が含まれていることである。そして、この条件には、「モデルがモデル自身の限界を乗り越えていく必然性」も含まれていなければならない。つまり、いつまでも、‘がん’という‘モデル’にとどまることなく、‘がん’という‘モデル’を乗り越えていかなければならないということである。従って、この‘がん’という生命‘モデル’の設定が妥当なものであれば、このような条件を満たすことはもとより、さらに説明のつかない生命現象を理解するための道具となるに違いない。しかも、生命という全体の中の‘がん’という部分の中に、生命全体の様相が含まれているのであれば、この全体と部分の関係は、どこまでも‘入れ子’関係になる。そして、がんに対しても、がんの‘がん’の存在が予

見できるのみならず、がんとは本来全く関係がないと考えられている神経細胞や筋肉細胞のような非分裂細胞に対しても、‘がん’という‘モデル’が適応できる現象を見出すことができるに違いない。このような視点により、実際に、分子レベルのがんとしてのアルツハイマー病やプリオン病の発症に関する理解を深めることができた。

さらに、がんというモデルは、細胞内部における類似した現象の探索と理解の方向へのみ向かう訳ではない。当然、生体内における異なる現象へとその適用範囲の探索は続く。例えば、血管壁に見られる動脈硬化、ブドウ糖によるコラーゲンの架橋による老化過程など、もはや、細胞内の‘分子がん’としてだけではなく、細胞間や組織レベルの‘分子がん’として、その‘モデル’の有効性は明らかである。つまり、この段階には、がんという‘モデル’が、本来の対象である‘がん’を超えて、‘モデル’としての新しい対象を探索しはじめたという解釈を与えることができる。

どうして、この‘モデル’は、次々と有効な現象を発見することができたのであろうか。おそらく、対象自体がこれまでの生物進化で新しい構造を‘構成’してきた過程と、私達自身が対象を理解するために、対象‘間’の比較（例えば、がんと分子レベルのがん等）に基づいて、新しい対象を探索しながら、‘認識’や‘理解’を発展してきた過程とが、相似の関係にあるからではないだろうか。もちろん、私達自身の存在も、新たな‘構成’を生み続ける発生過程によって生を受けたものであるが故に、このような無限の‘構成’を用いずに理解することはできないに違いない。

こうして、‘がん’というモデルは、分子から細胞へ、個体から生態系へと、どこまでも適用範囲を広げていく。そのことを再確認するためには、現在話題になっている“環境ホルモン”について一言触れるだけで十分であろう。生体分子はすべて循環し、再利用されるのが基本原則である。この基本原則に反する水銀のような物質は、生体にとって毒物になる。ポリ塩化ビフェニール（PCB）などの“環境ホルモン”と呼ばれている内分泌攪乱物質も、循環しない物質である。しかも、世代をこえ、さらには食物連鎖を通して、およそ 2500 万倍にまで濃縮されてしまう（コルボーン他、1997）。これは、まさに生態系を乱す、分子レベルの‘がん’であると捉えることができる。このように、がんという‘モデル’は、どこまでも適用可能であることがわかる。

（2-2）要素還元論を用いた分析とその成果

私は、「‘モデル’を理解する」ために、二つの分析を行った。一つは要素還元論を用いた分析である。この場合、遺伝子やタンパク質の一次配列までの分析は行わず、三次元の立体構造のレベルで分析をとどめた。

この分析方法により、一次配列の比較だけでは全く類似性が認められない分子であっても、その立体構造を比較してみると、著しい類似性を見出すことができたのである。さらに、遺伝子であろうと、タンパク質、あるいはブドウ糖であろうと、一次配列は同一であっても、異なる立体構造を取り得るという‘多型’という現象にも直面した。分子が多

型であるからこそ、遺伝子の発現が調節されたり、安定なウイルス粒子が宿主細胞と接触したことを契機として一気に不安定化したり、正常なプリオンが異常なプリオンに変換したりするのである。

分子多型に関連して、さらに重要なことは、エネルギー・情報・構造・機能が互換し合う点である。このエネルギー・情報・構造・機能が互換することによって、たとえ外界の栄養源が枯渇しても、自己消化によって構造分子を分解し、エネルギーを供給することができる。また、構造を変換することによって、エネルギーの消費を極限にまで下げることができる。このように、生物にとっては、あらゆることが達成可能なのである。

また、多型であるからこそ、調節作用の起源が認められるのと同時に、調節の乱れを伴う病気の起源ともなるのである。例えば、DNAが多型であるために、遺伝子発現が調節される反面、その調節の乱れによって、がん化が起こるという考え方ができる(富田、1981)。その他の具体例としては、第十章において、細菌をはじめとするさまざまな生物について検討した。ここにおいて、正常と異常の関係が、その起源を同一分子の多型にまでさかのぼれることを明らかにすることができたと言える。それは、がんという‘モデル’を理解するために、生体分子を要素還元的に分析してきた成果と言える。

(2-3) 要素‘過程’還元論を用いた分析とその成果

もう一つの分析方法は、要素‘過程’還元論である。この方法の特徴は、‘過程’に着目するため、‘過程’が担う実体には特に気を止める必要がないということである。この方法により、“自己・非自己循環過程”という生命現象の基本原理を探し当てることができたのである。そして、要素としての多型性に加えて、要素‘過程’としての“自己・非自己循環過程”が働き、さらに偶然要因が加味されれば、“生体内分子選択”が起こることを主張した。これが、がんという‘モデル’の内容である。このようにして、がんという‘モデル’を理解していくことができるのである。

この分析方法の特徴は、対象の生命過程そのものを損なうことなく分析を試みることができることである。さまざまな分子の‘集合・離散’、‘合成・分解’、‘生成・消滅’が絡まる生命現象は、その要素だけををいくら分析してみたところで、複雑な代謝ネットワークといったイメージしか描けない。このイメージは、いきいきとした生命とはあまりにもかけ離れている。しかし、要素‘過程’還元論を用いた場合には、生命過程そのものから、いきいきとした生命全体をイメージすることができるのである。

私が探り当てた要素‘過程’、すなわち、“自己・非自己循環過程”の本質は、生命体の特徴—すなわち、外界との境界をなす膜が存在し、空間を内部と外部に分割するところ—にある。もちろん、境界をなす膜が、安定で、静的で、しかも永続的な構造であれば、物質である無生物と何ら変わるところはない。そうではないところに、生命体としての特徴がある。すなわち、細胞膜がエンドサイトーシスによって陥入し、小胞を形成したり、逆に細胞内の小胞がエキソサイトーシスによって細胞膜と融合する。あるいは、二つの小

胞が融合して、一つの新しい小胞を形成したり、また逆に、一つの小胞が二つの小胞に分裂する。分子レベルで見られた‘集合・離散’、‘合成・分解’という仕組みが、このような生体膜レベルの変容をもたらしているのである。ここにおいて、分子レベルと生体膜レベルという異なる階層レベルが、密接につながっていることがわかる。

しかも、“自己・非自己循環過程”を通して、細胞の内部に細胞外の分子を取り入れ、あるいは、細胞内の分子を細胞の外部へと分泌する。このようにして、細胞間の認識ネットワークが形成される。その一方で、細胞の内部でも小胞間のネットワークが形成される。しかも、小胞の内部は、細胞の外部に対応しているのである。私達の身体には、こうした‘内なる外’を持つ細胞が、基本単位として存在している。しかも、私達の身体それ自体も巨大なチューブ様の構造であり、やはり、身体内部に外部環境を持ち合わせているのである。このように、“自己・非自己循環過程”は階層を貫いて、どこまでも存在し続け高次の入れ子構造化をもたらしているのである。

しかし、分子多型が“両刃の剣”であったように、“自己・非自己循環過程”も“両刃の剣”である。細胞内の残余体は、細胞の死とともに細胞外へ放出される。すると、この細胞外物質は別の細胞に取り込まれる。その場合、プリオンのように細胞毒性があれば、その細胞の死を招くことになる。これは、“自己・非自己循環過程”が生み出した悪循環である。しかし、この過程がうまく機能した場合は、生体のホメオスタシスのみならず、私達の認識を含むあらゆる機能が発現されることになるのである。

(3) 対象や‘モデル’を「理解する過程の理解」

次に、「対象や‘モデル’に対する理解が深まる過程」を振り返ってみよう。そのためには、対象や‘モデル’を理解する過程を意識的に‘反省’して見る必要がある。そこで、対象や‘モデル’を理解する際に、何が有効な方法であったかを思い出してみよう。すると、アナロジーによる理解が重要であることに気づく。つまり、アナロジーに注目することによって、一見、異なる実体を同じと見なす—例えば、がん細胞と分子レベルの‘がん’の比較や、異なるアミノ酸の一次配列を持つタンパク質の立体構造の比較などをもとに同一視する—ことができたのである。従って、「理解する」という過程も、アナロジーによって理解することができると考えられる。異なる種類の‘分子’が集合し、球状の‘閉じた構造’を形成していくように、異なる種類の‘断片的な知識’が集まって体系化する。それは、‘開いていた構造’から‘閉じた構造’が構成される過程に他ならない。もちろん、意識の本質は、この‘閉じた構造’が再び‘開き’、その発展へと向かう過程にとって代わることにある。

補足：ピアジェは、「時間関係が唯一の時間概念に合併されるような時期とか、ある集合の諸要素が不変的全体をなしているものとみなされる時期とか、関係の複合体を特徴づけている不等性が一つの尺度の中で系列化されるような時期などは、発達の中で、たいへん

画期的な時期をなしている。じっさい模索的な想像にひきつづいて、時には、ふいに、整合性と必然性の意識が、生じる。それは、それ自体の閉じた体系に達したと同時に、かぎりなくひろがることのできる体系にも達したのだ、という満足感である」と述べている。(ピアジェ、『知能の心理学』、p264~265)

ここにも、“自己・非自己循環過程”が認められる。‘過程’に着目している限り、実体に左右されることのない一般論を構成することができる。つまり、要素を、‘分子’と見なすか、‘断片的な知識’と見なすかといった違いはある。しかし、そこに働く‘過程’は同一であり、そこから導かれるのは‘生命の起源’か、‘理解の進展’かという違いに過ぎないと言えるのである

理解するとは、‘断片的な知識’が一つの全体に統合され、対象を‘超’えて、‘外’から説明を与えることができるようになることである。そこに至る過程においては、対象‘内’の分析、対象‘間’の比較という段階を踏み、‘閉じた系’が構成されていく。そして、‘閉じた系’が成立すると、それに対して‘外’から説明が付与されるのである。この時、ピアジェが‘超’対象と表現する構造の構成が可能になるのである。何故なら、‘構造’とは、閉鎖可能な全体体系を意味するからである。次々と生起する現象を、ただ単に記録するだけでは、それらを再構成することは難しい。まして、その現象が生起する意味を見出すことは不可能であろう。しかし、一つの全体としての‘閉じた系’を構成することができれば、未知なるものを予見することが可能となるばかりではなく、なぜ、その現象が起こるのかという理由を提示することもできるようになる。なぜなら、一つの‘閉じた系’を構成するという操作自体、構成的な過程だからである。

しかし、この構成過程が存在するために、「人間と人間の出会いがどのような結果に終わるか」ということは全く予見できない。このことは、私達が常に経験しているとおりである。それだけにはとどまらない。この構成過程は、現代医学では治療不能な状況さえもつくり出してしまふ。このような現象として、幻肢体験(メルザック、1992)を挙げることができる。これは、先天的に(あるいは事故によって後天的に)腕や脚を失ったヒトが、存在しないはずの腕や脚が存在しているかのように感じる体験である。しかも、幻肢に焼けるような痛みを感じるのである。この幻肢痛の治療のために、末梢神経の切断や大脳皮質感覚野の除去等が試みられた。しかし、これらの治療は、全て何の効果も及ぼさなかった。なぜ幻肢痛が生ずるのであろう。

幻肢体験は、現代医学では説明がつかない現象の一つである。私は、この現象には、精神の構成作用が絡んでいるのではないかと思う。存在しないものを感知できることは、一面においては、トインビーがゲチスバーグの戦場に運ばれた経験を持つことができ(トインビー著、『図説 歴史の研究』、p581)、マクリントックが細胞の中へ降りて周りを見渡すことを可能にする(ケラー著、『動く遺伝子』、p117)。しかし、その反面として、このような幻肢痛を取り除くことができないのである。精神が持つ構成作用の“両刃の剣”

である。

本書の成り立ちと‘生命の起源’のアナロジー

ー “自己・非自己循環過程” による構造の構成ー

私は、本書の各章で‘注’や‘補足’を多く用いてきた。一つの章は多くの‘注’や‘補足’によって枝葉を伸ばす。そして、その枝葉は必然的に他の章と重なっていく。その理由は、私が本書全体で述べようとしているのは、生命のみに限られているからである。単一生命の起源から、長い進化を経て多様化したさまざまな生命現象について論考が及ぶ時、その題材となる生命現象が何であっても、必ず生命全体の論理が見え隠れする。生命の本質に近づく努力をしながら、はじめは、一つの対象から別の対象へと一方向的で不可逆的な変換過程が生じ、次第に双方向からの可逆的な変換過程へと移行する。その段階において、ばらばらに存在しているかに見える無限と思える程の不可思議な現象が、一つの体系として一挙に構造化されるという体験に遭遇する。非連続的な‘起源’を想起させる。それは、新しい意味の創成や新概念の構成といった、まさに‘開いていた’ものが‘閉じる’というイメージである。このようにして構成された本書は、一つの‘閉じた構造’そのものなのである。

‘閉じた構造’は、例えば、膜構造を持つ細胞にも見られる。つまり、細胞膜という境界によって、‘外部’と区切られた‘内部’を持つという空間の分節化である。それによって、意味が作り出される。溶液中を漂う分子は、その分子の量や反応速度が評価の基準である。これに対して、同じ分子でも膜の内部に存在する場合、その分子が細胞にとってどのような役割を担うかということが評価の新しい基準になり、そこに意味が生じる。プリオンのように沈着すれば、細胞は死んでしまう。この場合、沈着するプリオンは、細胞にとって‘病原体’という意味に受け取られる。逆に、ウイルス被膜タンパク質の変異体が存在する場合を考えてみよう。この変異体タンパク質は、ウイルス粒子の成熟を阻害する。従って、細胞にとっては、‘分子ワクチン’という意味になる。意味を考える際にも、“両刃の剣”ということ常を常に念頭におかなければならない。

また、‘生命の起源’においても、小胞形成は意義深いものであった。なぜなら、均一な溶液中では反応速度や反応生成物質の量が絶対評価の基準になるのに対し、小胞の形成によって内部と外部の境界が成立すると、小胞という‘自己’の内部にあるさまざまな分子種は‘自己’の一員として小胞と運命を共にすることになり、新しい意味を獲得するからである。この時、境界の成立によって、物質代謝が進行していく‘時間的’過程に抗して‘同時的’な空間構造が構成されたことになる。その場合、反応速度は評価の基準にはならないことは、上で述べた細胞の場合と同様である。たとえ、反応速度が遅い分子であっても、境界膜の構成に不可欠な脂溶性の分子は選択されることになる。こうして、構成され続ける小胞は、成長と分裂によって自己同一性を保持しつつ、周囲の分子を取り込んで発展していく。

この過程は、ベルグソンが「生物は自然みずからが孤立させ閉じたもの」であるが、「個体にとって切実な時間的に永続した要求が、かえって個体を空間的にはけっして完成されぬ羽目におちいらせている」（『創造的進化』、p 34~35）と述べていることに対応している。

また、私の提唱する“自己・非自己循環過程”は、ベルグソンによる「個性性はおのが敵に宿を貸す」という表現と対応すると考えられる。このような生物進化の過程は、意識の進化にも類似している。私達生命体の置かれた状態は、常に変化し続けている。通常は、同じことが再現することはない。しかし、生命の起源で発揮される“自己・非自己循環過程”は、生命の維持にも、さらに生命のあらゆる形態、あらゆる瞬間においても真として存在する原理なのである。

断片的な経験や知識の生滅は、時間経過の影響下にある。このような断片が一つの全体として統合され、時間の流れの拘束から解放される時、すなわち、さまざまな断片を思考によって同時に体験することができた時、はじめて全体についての一つの説明が与えられるのである。全体の構造が存在するためには一つの説明が必要である。しかし、この説明は、全体性の中に含まれる事実を求めることはできない。例えば、‘生命の起源’において、小胞を形成する分子は、その小胞の生物学的意味を説明することはできない。意味は‘外’から与えられるものだからである。分子生物学が、それだけではいつまでも生命の本質に迫れない理由もここにある。同じことは意識についてもいえる。

補足：＜構成過程の必然性と今西進化論＞

‘閉じた構造’は、‘外’から同時的に眺めることができる。そのために、一つの説明を与えることができるのである。また、‘開いていた構造’が‘閉じる’際には、全体構造を思い描くことができれば、「何が不足しているのか」ということは必然的に決まるものである。これが、構成能力の‘すごみ’である。進化も、このような‘構成’過程を踏む場合も考えられる。それが、“棲み分け理論”に基づく多種共存を唱える今西錦司をして、「変わるべくして変わる」と言わしめたのだと私は思う。おそらく、一つの生態系の構成過程にも、認識の構成過程と同様に、全体の論理が働くのではないだろうか。

“関係の科学”から“過程の科学”へ —その相補的發展を目指して—

一つの現象から他の現象への変換が生じる時、その逆の変換が可能になる。このような繰り返しから、時間的・空間的に離れた現象を遡及したり、予見したりすることができるのである。このような認知構造は、知識の組織化として捉えるならば、それは本質的に生体と比較することができる（ピアジェ、p 45, 1996）。また、空間の分節化によって独自の空間が生まれるが、この境界は固定した静的なものではない。ピアジェをはじめとする多くの研究者が、幼児には境界がないと述べている。なぜなら、固定した境界を持つことは死に至ることを意味するからである。

このように、子供の精神発達と学問の発展は、様々な面で比較可能なのである。人類の歴史においても、「城壁を高くした文明は滅びる」とトインビーは言う。“自己・非自己循環過程”は、境界の構成を促すのみならず、その崩壊も運命づけている。細胞は分裂を繰り返すばかりでなく、分裂を止めても外界のシグナルや物質を受け入れ、あるいは、逆に、外界にシグナル物質を放出して、絶えず外界と交信を続けている。概念も例外的な事象に出会うたびに、古い概念を強化しつつ、新しい概念の中に、古い概念を核として取り込んでいくのである。これらは、‘歴史としての生命’の歩みと相似である。

要素‘過程’還元論に基づいた考え方の利点は、このように全く質の異なる生命現象を統一的に捉えることが可能な点である。これが、“過程の科学”としての意義であると思う。しかし、同時に、それぞれの生命現象において発見された諸関係の知見も無視することはできない。それは、これまで蓄積してきた“関係の科学”の成果に他ならないからである。例えば、がんについて言えば、さまざまな遺伝子の知識や、遺伝子間の関係、がんの発症と遺伝子変異の関係などの知見である。このような諸関係の体系は、がんを生命のモデルとして、他の生命現象を眺めた時に有効に活用できる。がんと分子レベルの‘がん’を比較するならば、がんに関する遺伝子関係の体系が、分子レベルの‘がん’にもそのまま対比して適用することが可能である。

これまでの科学の歴史をみると“関係の科学”としての要素還元論と“過程の科学”としての要素‘過程’還元論が、潮の満ち引きのように、主流と反主流の立場を繰り返している。これは、二者択一を前提とする歴史が示す帰結であろう。しかし、私は、二者共存という道を取りうることの重要性を強調したい。なぜなら、このような対立の共存にこそ、新たな発展への展望が期待できるからである。すなわち、“関係の科学”と“過程の科学”の相補的發展が望まれるのである。

第十二章のまとめ

生命現象を理解するには、分子、細胞、組織、個体、社会へと続く生物進化の歴史を貫く階層を軸として知識を構成しつつ、それぞれの階層レベルにおいて、それ以前に構成された知識を展開していく方法をとることが必要である。すでにできあがってしまった知識を学ぶことだけでは、この方法を展開することはできない。私達が主体となって、広範囲の生命現象を客体として眺めながら、私達自身の理解を進行させるためには、私達の知識体系の中に、生物進化と同じ過程を構成し続けなければならないからである。ここにおいて、「認識とは進化である」というピアジェの指摘との合致を見る。また、さまざまな階層において、同一階層レベルの“縦型の分断”となるか、あるいは異なる階層間の“横型の分断”となるかによって、明確な境界が成立する危険性が常にある。その結果、生命系の老化が引き起こされるのである。つまり、老化も進化の一つの表現ということになり、同一の機構が、一面では認識を、他面では老化を引き起こすという構造が浮き彫りになる。

対象が生体であろうと、認知構造であろうと、はじめから恒常的な‘存在’に着目する

のではなく、非定常的な‘過程’（自己・非自己循環過程）に着目することによって、構成過程を経て恒常性を持つに至った‘存在’が浮かび上がる。しかも、はじめに‘過程’があるために永続的な構成はどこまでも続く（注）。それは、生命も、私達の認識も、そして私達の精神の産物である学問、芸術、文化も然りである。但し、この新しい構造の構成には、“両刃の剣”となり得ることを忘れてはならない。

注：関係ばかりでなく、過程にも注目するメリットとして、ベルグソンを引用したい。「厳密にみて結果の全体が原因の全体から説明されるとはいえても、結果の部分は原因の部分にけっして対応することがない」（p124~125）。これに対して、「秩序を生み出す事象の過程に部分がない」（p125）。

物質から‘生命の起源’を経て、‘認識の起源’へ、と向かう進化過程において、絶対的な始まりを限定することはできない。従って、私の提唱する理論も、“自己・非自己循環過程”にその起源をとどめている。

‘歴史としての生命’の物語を語り終えて、今、心に残された問いは、「私達人間は生命体として、どのように生きるべきか」ということであろう。いかなる構造化も、“両刃の剣”という性格を持つ以上、私達には‘ユートピア’は存在しないように思われる。こうした状況を踏まえて、私は、先の問いへの答えとして、トインビーの次の言葉で本書を締めくりたいと思う。

「愛は、法則と同じく、人間的経験の中で出会う実在の一面なのである」

（アーノルド・トインビー、『図説 歴史の研究』、p297）。