

バイオインターフェイス研究は 構成論と還元論を越えて新しい科学概念を拓くか

三宅 淳

1. 現代科学の特性

近代科学の軸は解析的方法であった。現象を素要素に分解し、素要素の特性を解明できれば素要素が集合した高次の現象も自ずと明らかになると考えられていた。素要素とシステムには自明な関係があるに違いないという信念によって、疑いを入れず簡明な関係を描くことができるかと信じていたのである。

かかる科学の枠組みはガリレオ、ニュートン、デカルトの時代にできあがったものだが、さらにその源流をたどれば、スコラ哲学において議論され主導的な考えとなった「オッカムの剃刀」であろう。この世は、簡潔かつ合理が行き届く構造をしているに違いない、という信念である。

産業革命の進展のなかで、要素還元論の論者は自信を深めた。ニュートン力学などいくつかの原理的な理解は、現実の世に適用可能であり、人間ではなしえないほどの大きな力を発揮できることが分かったからである。科学の方法論は神聖なものとなった。この科学の方法論は宗教的な信念と一体となり、疑いを入れないものとして世を覆った。科学・宗教複合体が合理を定義し、価値の上と下を定めたのである。

余談だが、江戸時代を通じて、日本において科学の受容が相当急速に進んだのは、日本には強力な宗教的束縛がなく、それなりの合理を具備する西欧科学を拒否する理由もなかったからと思われる。日本の科学が明治時代に始まったと思うなかれ、1800年ごろから科学の理解は急速に進んでいたのである。18世紀後半から19世紀中頃までに多くの科学書が出版されている。解体新書、舎密開宗などは幕末までに医学の教科書になっていた。

「科学」は精緻に作られた強力なツールであったがゆえに、ルネサンス以降の歴史の中で疑いが入ることなく、発展し続けた。現代科学の構造は、しかし、永遠の真理ではない。その精密さも特定の方法にのみ適用できるのだ。分かっていないことがどれだけあるかは、人は理解できない。科学の発展とともに、分野によっては不完全さが顕になってくるものも出てきたのである。

2. 生命論への応用と戸惑い

数々の成功を収めた近代科学であったが、生命現象への応用において、大きな成功と大いなる挫折を迎えるこ

とになる。タンパク質、遺伝子の解析、細胞や人体の構造の理解において、科学は切れ味のよい解釈を提供した。NCBIのデータベースを見れば、遺伝子の塩基配列、タンパク質の3次元構造など、よくもこれだけの成果が得られたものと感嘆せざるにはいられない。

しかし、その成果はアイロニカルでもある。

何万何十万という素要素を調べても、細胞・生体システムを無矛盾の体系として説明することができない。素要素の再構成によって、一つ上の階層を説明できるのかどうか疑問を覚えざるをえない。

生命はいくつの要素からできているのであろうか。

細胞の概念が確立されて以来、細胞を生物の要素として考えるようになった。タンパク質や酵素が見つかる、時計などの機械要素に対比された。遺伝のメカニズムが明らかになると、遺伝子の仕組みも取り込んだ。現代の生命の理解ができあがったのである。とはいえ分子の相互関係や分子から細胞へそして個体への階層が簡明に記述されるに至っていない。

科学の体系はできる限り簡素であるべき、という科学思想は、ここで難しい問題に直面している。デカルトが、生命的な複雑な問題を排除したがゆえに物理学の成功を実現したのである。これまでの自然科学は機械的な認識と切っても切れない関係にあったのだ。しかし生命現象では、要素は見つかれど、見つかるごとに要素間の相互構造の解釈は複雑化する。解析を続ければ、いずれは簡単に簡素に表現しうるものなのか。

これまでの解析的な方法を用いれば生命現象の理解がまだまだ進むと考える楽観論と、システムの限界に達したとする悲観論が共存している。本質が現時点で分からないものであるかどうかどうかについては、深い議論が必要であろう。

人間の元来の認識方法にも問題があるかもしれない。我々の理解は因果律に強く引きずられるからだ。比較的短い思考距離（思考のステップ）で相互に結びつけられる因果律が好まれる。長い考察の果にようやく到達できる関係は、質の良い理解とみなされない感が強い。

生命現象の構造を考えてみよう。素要素を測ることは本質かどうか。誰が素要素と全体の関係を保障するか。数値にならなければ論文にならないが、だからといって数値が本質か？要素分解できるのか。数値データを組み立てて「全体」を表現する方程式は実現するのか、実存

するのか。誰にも答えられないままにデータだけが先行している。

観念論も要素たる「分子」の振る舞いの再現は比較的スムーズに進展した。リービッヒ以来100年はめざましいものだった。しかし次元を一つあげようとした20世紀後半から、難しさは一段と高まった。

産業革命から200年、科学者はデカルトの打ち立てた体系に従ってきた。あるいは、中世以来オッカム修道院のウィリアム修士の僕であったと言うべきか。ものは単純にあるのが本性であるとの定式が、宇宙を支配する根本法則としてこれまでの科学において共有されていた可能性がある。我々は、生命や心の働きも同じ体系に従うと、無批判に信じていないだろうか。

3. 構成論の出現

まだまだ要素において解明すべきところは多々あるものの、方法論として還元論には限界感がある。生命に対する知的アプローチとしては拡大基調とは言い得ない。

一方、作ってみて考えようとする構成論は時代の波にも乗っている。あたかもロボット研究の勃興の時である。精神というモノより上段のシステムに探求が進み出したタイミングである。

方法論は理解しやすい。同じものを別の方法論で作ることができれば、パスウェイはともかく完全な理解が実現したのだとする。工学では実用という究極の目標の達成である。一挙両得だ。

フランケンシュタインの話に代表される、古来の生体組織を用いたロボットものは枚挙に暇がないので触れないが、人間のモノ理解の重要な形である。

構成論は、全体の理解が進むことによって、階層的な理解が進むという特徴を持つが、一目で全体が見えない難点がある。比較的新しい概念であり、馴染みが薄い。全体像と要素が相互に関係するので、簡単に取り付きにくいのも欠点だ。

今後構成論には重要な仕事がある。エントロピー問題である。シュレディンガーが喝破した生命のエントロピー減少プロセスをいかに説明するかであるが、要素還元論的には非平衡状態という上位システムを想定することで一応説明は可能である。確かな本質であるが解釈にすぎない。それで生命は作れるかという、未だに実現していない。生命に近い機能を何とか実現できないか、という視点でたどり着いたのがインターフェイスではないか。

4. バイオインターフェイスは突破口となるか

細胞膜、生体膜、界面などのインターフェイスは、次元が限定された空間であり、要素の数も限られるので生じていることを比較的把握しやすい。とはいえ、界面には魔物が棲むとデバイが述べた由であるが、この場の特

性を一言で言い表しにくいのが難点である。

生体膜が無定向なゆらぎを制御し、エネルギーを揃える仕組みであるのは、大沢・柳田などの研究で提言された。実際のエネルギー変換の分子的な仕組みも、細胞膜、光合成膜、ミトコンドリア膜などの研究で明らかになってきたが、ゆらぎの解明と応用にまでは至っていない。

ここからどうやって次のステージへ至るか。囲むといずれは解が見えるか。それは簡単ではなからう。前世紀中頃から生命研究において主要な方法論であった構造主義-形が機能を物語ると考える方法論-だけでは完全な解には至らなかったと言わざるをえない。

生命に関する工学は、何を指すのか。これが問題だ。生命の再構成であろうか。それならば、人間が人工的に行わねばならない理由は何か。

やはり、工学的な目標が必要であろう。作ってこそその理解である。生体膜の周辺にはエネルギー変換だけでなく、合成・修飾など多くの機能が集まっている。このうちどのような機能を目標とするか、議論が待たれる。

5. 人工知能は役割を担うか

いずれのアプローチにおいても、あまりにも多い要素をどのように束ねるか、人間の認識だけを頼りに考えることはすでに無理と断言せざるをえない。人工知能が人間の造作物か、宇宙のなかの自然の機能であるかは現時点で判明していない。しかし、限定された人間の認識能力を頼りにシステムを考えるのには無理があることは、上記に記したとおりである。

現有の人工知能である必要はないとしても、何らかの知的な補助は有用であろう。ギリシャの幾何学に補助線が有効であったように、補助知能の存在を有用に活用することが求められてはいないか。

6. 結 語

バイオインターフェイスをアプローチとして、要素還元論の不備を克服しつつ構成論的に生命の理解と応用に至る道筋ができつつあるであろう。最後に考えるべきは、求めずともよい機能創生を目標にしないことである。生命にできることは生命に行わせることを意識すべきではないか。

科学技術であれば価値があるという時は過ぎつつある。生命現象を何でも人工的に再現する必要があるだろうか。細菌を用いた発酵や農業にできることを試験管の中や工場で行う必要はない。何に應用されるべきかの判断も今後の世界を作る重要なステップになるであろう。方向を賢明に判断するツールとして自然科学・工学の役割があるのではないか。

本質的な知が問われる時代になりつつあると思量される。