

複雑系としてみた「生きている物」

理学研究科長 宮川 賢治

「複雑系」という言葉が世に出て久しい。複雑系はカオスという言葉を通じて市民権を得て、色々なところで使われてきた。しかし、今や忘れ去られたのか、書店に関連した新刊をあまりみかけない。勿論、終わったのは世間の流行であって、研究の方は終わるどころか益々盛んになっている。複雑というからには、相当込み入ったものを想像されるかもしれない。単純な要素が、単に多数積み重なった「複合系」ではない。そもそも、複雑系は、①多数の要素から成り立っている、②個々の要素は知性（能動性）を持ち、全体と相互作用をする、③要素間の相互作用は非線形（原因と結果の間に比例関係が成り立たない）である、などを特徴とする。特に、相互作用が非線形であるため、個々の要素の変化が極めて小さくても、全体として大きく変化したり、系の性質そのものが劇的に、且つ不連続的に変化したりする。それ故、個々の要素の性質が分かったとしても、全体の振る舞いが予測できない。即ち、全体の振る舞いの原因を、特定の要素に還元できない。

これまでの物理科学は、全体の振る舞いの原因を突き詰めていけば、真の原因を物質の構成要素たる原子や分子の振る舞いに必ず帰結できると考えてきた。というより、要素還元主義で解決できる問題に限ってきたと言える。この自然認識方法は物質科学に適用されて大成功を収め、今日の産業の大発展をもたらした。このことは生物学分野にも多大な影響を与え、ワトソン・クリックによるDNAの2重らせんの発見に繋がった。分子生物学の夜明けである。

分子生物学は、生体を構成している原子や分子をはじめ、遺伝子、ゲノム、蛋白質などの構造や働きを次々に明らかにしてきた。今や、遺伝子の自己複製や発生・分化など生き物らしい機能の仕組みをも明らかにしつつある。しかしながら、原子や分子、そして構成物質の組み合わせをどれほど正確に行っ

ても、そこから「生きている物」は生まれてこない。生きている状態と死んでいる状態、構成物質には全くといってよいほど差異はない。物質の組み合わせにすぎないものが、どの様にして「生きている物」になるのだろうか。そもそも「生きている」とは何だろうか。たとえ生体機能の仕組みが明らかになったとしても、仕組みを掌るものが明らかにならない限り、これらの疑問に答えられない。ここに、要素還元主義に立脚した分子生物学の持つ限界がある。

個々の要素をいくら加えあわせても、「生きている」という状態は決して現れてこない。ということは、生きている状態では、「量から質への転換」が必然的に起きていることになる。即ち、「生きている物」は非線形系であろうということになる。

生きている状態にある生体は、熱環境に接しているとき、環境と熱エネルギーのやり取りをしながら内部エネルギーを消費し、状態を維持する。生体が環境と熱平衡になると、熱エネルギーの流れがなくなり、内部エネルギー変化が不活性になって、死を迎える。ということは、「生きている物」は熱的に非平衡状態に置かれているということになる。

ここで、「生きている物」を非平衡複雑系として捉える視点が必要になってくる。遺伝子から、細胞、器官に至るまで様々な階層が織りなす「生きている物」は典型的な複雑系であり、エネルギーの流れの中で自発的に質の転換を起こして秩序を自己生成する動的システムと見なすことができる。この視点に立つと、生きている証としてのリズムの自発的発生、自己複製、形態形成にみられる場の情報の発生など、これまでの科学では解決できない事象を、研究の俎上に載せることができるようになる。残念ながら、熱平衡系の熱原理に対応する基本原理が、非平衡複雑系では未だ明らかではない。この意味で「複雑系生きている物」学は、今、黎明期にあるといえる。