

「数理科学」は語る

30年前から現代へのメッセージ

鈴木 増雄

1979年9月号

先見の明のある和田昭允先生の企画による特集「物質と生命」は壮大なテーマであり、30年経った現在でも自然科学の極めて重要な研究対象となっている。この特集号で筆者が取り上げたのは、物質科学、特に統計物理学の立場からこれに迫る方法論とその拠り所となる基礎的な概念である。それを現在の言葉で一口に説明すると次のように言えるであろう。生命は非平衡開放系の秩序であり、より一般に、平衡・非平衡系の秩序は、初期にノイズによって駆動された小さな秩序の芽が「線形不安定性効果」によって指数関数的に成長し、それが十分な時間経過によって「非線形安定化効果」とバランスをとって生成される。この結果は筆者により1976年非線形ランジュバン方程式からノイズの強さ、非線形性及び時間に関する漸近評価によって得られたものであり、「秩序化のスケーリング理論」として、その後多くの問題に適用され、より複雑な場合に様々な形で拡張されている。秩序生成とは「対称性の破れ」が自発的に起ることである。これは本質的に、不安定性と非線形性がノイズによって絡み合った「相乗効果」として起る。もし、系が安定で線形の現象に限定すれば、アインシュタインのブラウン運動の理論から始まり久保の線形応答理論として一般論が確立されている。非線形非平衡系の一般論の構築は望み薄であるが、不安定系での秩序生成に限定すれば、上記の秩序化のスケーリング理論は、その複雑な一般的取り扱いに対する理想化され最も単純化されたプロトタイプと言える。実際この理論は1978年の第17回ソルベイ会議（その前年ノーベル化学賞受賞のプリゴジン主催）の招待講演となり多くの議論が行われた。その後も多くの国際会議でとり上げられた。例えば、これは、レーザー発振、超放射、プラズマのクランプ現象などに応用されている。川崎達によって自由度無限大の非一様な系にも拡張されている。また、宇宙初期のインフレーション機構（佐藤・グスによって提唱された宇宙の指数関数的膨張機構）もメカニズムとして



はこのカテゴリーに入ると言ってもよいであろう。生命との関連で言えば癌は非線形安定化効果が欠けた線形不安定性効果のみで指数関数的に成長し続ける現象である。それに対して、正常な細胞ではそれぞれ自分の固有な場に制御されながら成長するという非線形安定化効果が働いている。この他にも、分子モーターに対するファイマン・大沢のラチェットモデル、ジョセフソンの瞑想モデル、生体における確率共鳴などとり上げるべき例はきり無く多い。シュレージンガーが謎とした機械としての人間の自由意思もゆらぎが高度に（非線形的に）組織化されたものとして捉えることができるであろう。以上は「統合科学」の一つの視点となり得る。これからの発展が楽しみである。

（すずき・ますお、東京大学名誉教授）