

特集／物理におけるミクロとマクロのつながり

ミクロとマクロのつながりを考える

佐々 真一

私たちは、朝起きて、TV を観て、電車に乗って、他人と話をする。すべては慣れ親しんだ「当たり前のこと」である。しかし、世界が原子・分子から成り立っていることを意識した途端、これらこそが驚異的であることに気付く。私たちの身の周りの世界と物理学が対象とする世界のギャップはあまりにも大きい。

物理学とは自然現象の背後にある基本法則を体系化する営みである。従って、その大きなギャップを埋めることも物理学のフロンティアの一つであろう。例えば、その究極的な目標の一つとして、生命現象とミクロな物質の法則をつなぐことを挙げることができる。生命とミクロな物質では振舞いが異なっているが、生き物を構成しているのは間違いなく物質である。

物質の集まりが生き物として振る舞う理由を考えてみよう。原子が DNA やタンパク質などの高分子生体物質となり、それらが細胞を構成し、細胞が様々な生体機能を示す。スケールが変わるごとに現象の主役が代わり、それに応じた法則が存在する。大事なことは、それらの現象が何であれ、「要素が多数集まると、質的に異なる振舞いが生じる」という事実である。そして、「対象が変わったとしてもこの事実は変わらない」という意味で普遍的である。ただし、「ミクロとマクロのつながり」の様子は多様なので、個々の対象の理解とは別に、その論理をする必要がある。

「ミクロとマクロのつながり」という考えは、自

然現象すべてを横断している。しかしながら、例えば、生命現象の場合、人類がその振舞いを制御できないことも多く、法則の整理も十分にはできていない段階である。従って、「ミクロとマクロのつながり」の論理を考えるには挑戦的すぎる。まずは基礎的な法則の整備がある程度すすんでいる物理学の範囲で「ミクロとマクロのつながり」を考えたい。

「ミクロとマクロのつながり」に関する理論の雛形が平衡統計力学である。平衡状態にあるマクロな物質の熱力学的性質を系統的に記述する熱力学とその構成要素である原子や分子の運動を記述する力学を結ぶことに成功している。統計力学は理工系の大学では基幹科目の一つとして位置づけられており、教科書も多数書かれている。しかしながら、統計力学を学ぶ際は、その応用の広さのために、「ミクロとマクロのつながり」という基礎的な問題意識は先送りされがちになる。そもそも、「平衡系の統計力学の基礎」に関する研究も容易ではなく、何を前提にして何をを目指すのか、という問題設定の段階でさえも研究者間で共通化されているとはいいがたい。

近年、統計力学の基礎に関して、「典型的な振舞い」の理解が本質的に重要であるという考えにもとづく研究が活発になっている。この側面は、研究だけでなく、統計力学を学ぶ際にも大事である。田崎氏の記事では、「平衡状態の典型性」という考えによってミクロとマクロをつなぐ議論が示され