

特集／物理学における思考と創造

物理学における普遍性と創発性

川 合 光

物理学の考え方とはどのようなものかという視点から、物理学の様々な分野の発展を見てみよう、というのが本号の趣旨である。サブタイトルにある普遍性、創発性というのは、物理学の発展を俯瞰するためのよいキーワードであり、また、現場で作業を進めるための指導原理にもなるものである。実際、京都大学で2008年から5年間行われたグローバル COE プログラムでもタイトルに取り入れられている^{*1)}。

自然界では、素粒子から宇宙全体にいたる様々な階層で多種多様な現象が起きている。そのそれぞれを深く理解しようというのが、多様性の追求である。他方、それらすべてのものになっている基本法則や、それらに共通の法則を見つけようというのが普遍性の追求である。多様性と普遍性の理解は決して独立なものではなく、一方の発展が他方の発展を促すというように、一体となって人類の自然認識を進歩させてきた。

多様性に対する認識を、「自然界にはいろいろな現象がある」という冷めた見方から、もう一步進めたのが創発という概念であり、次のようなものである。原理的には、どんな現象も単純な基本法則から生じている。しかし、たとえ基本法則がわかっているとしても、基本法則を演繹的に分析するだけ

では予想できないような現象が、自然界では多く起きている。例えば、超伝導を示す物体は、いくつかの原子核と電子の間にクーロン力が働いているだけのごく単純なものである。しかし、系をそのように見ただけでは、超伝導を示すことはいわれてみるまでわからないだろう。もちろん、超伝導という現象がいったん発見されてしまえば、BCS理論のように、説明したり詳しい計算をしたりすることは可能である。このように、いったん認識されてしまえば基本法則から説明できるが、人間の能力の範囲で基本法則から演繹しただけでは得られないような現象が、自然界には多くあるのだという認識が創発という考え方である。このような事情を、「自然界では、多くの思いがけない現象が創発している」というように表現するのである。

創発という概念の基本になっているのは、結局、「発見すること」と「説明すること」の質的な違いである。この違いは、物理学に限ったことではなく、人間の思考の本質を捉えたものであり、計算機科学でいうところの計算量の違いとして端的に現れている。例えば、有名な問題として素因数分解があげられる。よく知られているように、大きな数が与えられたときにその約数を見つけるのには、大変な計算量が必要である。しかし、いったん約数が与えられると、実際にそれが約数であることは割り算をしてみればすぐに確認できる。このよ

*1) 京都大学グローバル COE プログラム「普遍性と創発性から紡ぐ次世代物理学」(2008 年～2013 年)。