

特集／力の統一にむけて

巻頭言

村山 斉

今特集は「力の統一にむけて—四つの力から最終理論へ—」という題で取り組んでいる。ニュートンが地上の物理学（木から落ちるリンゴ）と天上の物理学（月・惑星の運動）を統一的に説明して以来、多様な現象をわずかな法則で説明するというのは物理学の根源的な目標となった。それ以来数々の「統一」が既に実現している。

電磁気学はもともと全く別々に考えられてきた磁石と電気の力を一つの理論で記述する。さらに電磁気学にアインシュタインの特殊相対性理論、量子力学を統一的に組み入れたのが量子電気力学である。望遠鏡で見る星からの光と電波による通信、レーザーを使ったDVDや光通信、医療用レーザーメスなど現代生活になくてはならない理論となった。「統一以後」の理論が「統一以前」よりも遙かに汎用性を持ち、幅広い現象や技術への応用を生み出した典型例である。仁尾氏の解説では量子電気力学を使うと、電子が持っている小さな磁石の強さを何と12桁まで厳密に説明できることがわかる。「統一」の持っているパワーをまざまざと見せつけられる。

自然界には四種類の力、重力、電磁気、強い力、そして弱い力があり、物理学ではこれを統一的に記述するための統一理論が長いことテーマである。現在の重力理論はアインシュタインが提唱した一般相対性理論であり、佐々木氏は重力がどうして

それが時間・空間の幾何学で記述されるのかを解説している。これも純粋に理論的興味から研究されたものでありながら、相対性理論と重力を統一した結果、詳細な予言ができるようになり、星の一生やブラックホールの存在、宇宙の膨張から今やカーナビで使うGPSの理論的枠組みにまでなっている。一方、アインシュタイン自身は自分の重力理論をさらに電磁気学と統一する統一場の理論を目指したものの、達成できなかったという逸話は有名である。物理学者はいわば「アインシュタインの遺志」を継いでその達成に向けて今でも努力している。

強い力、弱い力は到達距離があまりに短く、原子のサイズにすら及ばない。そのため日常生活では直接経験することがないが、実は私たちの存在に深く関わる力である。強い力がなくては原子核が陽子どうしの電氣的反発でバラバラになってしまい、人体を作るのに必要な炭素、酸素などの元素が作れない。また、地球上の生物はすべて太陽からのエネルギーがないと生きていくことができないが、太陽のエネルギーは弱い力によって生み出されている。初田氏と日笠氏の解説でこのなじみのない二つの力に親しんでいただくことができる。

ここまで進んできてはっきりしたことは、自然界の四つの力はゲージ理論という同じ「言葉」で記述されていることである。数学では幾何学で活