

特集／素粒子物理の現状と展望

## 巻頭言

岡田 安弘

今、素粒子物理は、40-50年に一度の時代を画する段階を迎えている。自然界は何でできていて、どのような力が働いているのか、ということは、人類の歴史で永く問われてきたことだが、現代的な意味でこの疑問を追求することができるようになったのは、20世紀の初頭に、量子力学と相対論という物理学の基本原理が確立して以来である。特に、1932年の中性子の発見が、素粒子物理の発展の大きなきっかけとなったと言える。それまで多くの研究者は、原子核は陽子と電子でできていると考えていたそうだが、陽子と同じぐらいの質量で電荷をもたない中性子という新粒子が発見されたことで、二つの新しい力を導入することが必要になった。つまり、陽子や中性子を原子核になぞ留めておく強い力と、原子核のベータ崩壊を中性子と陽子の間の転換として説明するために必要な弱い力である。

それ以降の20世紀の素粒子物理は、新しく導入されたこの二つの力をどのように理解するかを中心に進展してきたと言ってよい。それを説明する理論が、1960年代終わりから70年代初頭に提唱された、素粒子標準理論（あるいは標準模型）といわれるものである。この理論では、自然界の基本的な力である、重力、電磁力、強い力、弱い力の四つの力のうち、重力を除く三つについて統一的な描像を与えている。つまり、驚くべきことに、新

しいと思った二つの力は、実はよく知られていた電磁力の仲間だったのである。それ以来約40年にわたって、素粒子物理では、この理論の予言を一つ一つ実験的に検証してきており、現在では、三つの力を記述する理論としてゆるぎない地位を確立している。

このように三つの力を理解するには成功した素粒子標準理論だが、実はそこには、未解決の問題が横たわっている。それは、弱い力と電磁力の違いを説明するために必要な「電弱対称性の破れ」の原因を探ることである。素粒子標準理論では、この説明のために、ヒッグス場という新しい場を導入しており、2012年にヒッグス粒子が発見されたことは、この考え方が大筋で正しいことを示していると言える。しかし、そもそも、なぜヒッグス場が生じたのか、その背後にはどのような新たな力や対称性が存在し、どのような役割を果たしているのか、といったより基本的な問題は素粒子標準理論の中では扱えない。強い力と弱い力を理解することが20世紀の素粒子物理を進めてきたように、電弱対称性の破れを理解することが今後の素粒子物理を牽引する21世紀的な課題である。

宇宙と素粒子に関しては、20世紀の大きな発見としてあげられることに、ビッグバン宇宙の確立がある。つまり、宇宙初期には非常に温度が高い状態が実現し、そこから次第に冷えて現在のよう