

特集 / ヒッグスの謎

ヒッグスの謎

すべての質量の起源

東 島 清

1. 初めに

この宇宙を造っている究極の物質は何だろう、という素朴な疑問を持つ人は多い。宇宙はどのようにして誕生したのだろうか、宇宙の果ては一体どうなっているのだろうか、最初の生命はどうやって生まれたのだろうか、という疑問とともに人類にとっての永遠の謎かもしれない。このうち初めの2つが素粒子物理学が追求する問題であるが、宇宙の誕生について答えるにはまだまだ時間がかかりそうである。一方、究極の物質に迫る鍵がこの5~6年で得られそうである。驚くことに究極の物質はもともと質量を持たないことがわかってきた。質量を持たない粒子が、真空中に潜むヒッグス粒子との相互作用により質量を獲得すると考えないと、つじつまが合わないのである。このすべての物質の質量の起源であるヒッグス粒子の探索に向けて、日米欧の高エネルギー物理学者たちが全力を挙げて取り組んでいる。この特集ではヒッグス粒子に焦点を当て、さまざまな角度からその謎に迫ることにする。

我々の素朴な疑問に端を発した物理学は、技術の進歩に支えられて進歩してきた。物理学の発展を振り返ると、単に我々の知識が豊かになったというだけにとどまらず、時に常識ではどうしても

理解できないような世界観の変革を迫られてきたことがわかる。自然界を支配する法則は、日常生活に基づく常識を遙かに越えており、想像力を大きく広げなければ理解しがたい。技術の発展により目に見えないミクロの世界の様子が明らかになり、新たに発見された相対性理論と量子力学は我々の自然観に大きな変更をもたらした。これから説明しようとする素粒子の世界の言葉は、この相対性理論と量子力学を基にした場の量子論と呼ばれる法則である。この言葉を使わずにヒッグス粒子などの素粒子物理学を説明するのは非常に難しい。本稿は、この特集の記事を理解するのに必要な基礎知識を提供することを目的として、簡単化された模型を例にとって説明する。第2節は、このミクロ世界の常識である場の量子論への入門である。既に場の量子論を学んでいる読者は第3節から読み始めていただきたい。

2. 場の量子論

場の量子論は相対性理論と量子力学を融合したもので、力と波と粒子を統一した理論である。大学初年次の数学だけを仮定して必要な知識を説明する。