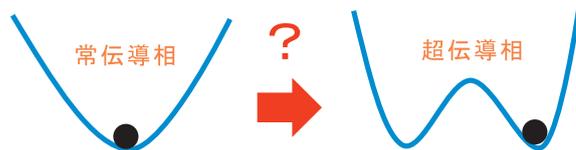


ヒッグス粒子の背後にある物理は何か？

2012年のヒッグス粒子の発見は記憶に新しい。素粒子の標準模型では、物質を構成する粒子と力を伝える粒子により、我々の宇宙を記述する。力の伝わり方は理論の対称性が支配しており、たとえば電磁気力は位相変換の対称性に基づく。このような理論体系において、力を伝える粒子は質量をもたない。実際、電磁気力は遠隔力であり、力を伝える光子には質量がない。一方、自然界には短距離のみで働く弱い力があり、こちらは質量をもつ粒子が力を伝えると解釈するとうまく記述される。しかし、そのような粒子は理論の予言能力を壊すことが知られていた。そこで、理論と無矛盾な質量を実現するために導入された粒子がヒッグス粒子である。光子は超伝導物質中であたかも質量をもつかのようにふるまうが、同様に、我々の宇宙が超伝導相に転移したため、弱い力を伝える粒子に見かけ上の質量が生じたと考えるのである。ヒッグス粒子はこの相転移の引き金を握る。標準模型では、宇宙が超伝導相に移ることで、それまで同一の対称性で記述されていた力を伝える粒子群が、質量をもたない光子と、質量をもつ弱い力を伝える粒子に分化する。この相転移を「対称性の破れ」とよぶ。これによって、異なる2つの力が統一的に理解されたのである。



それではなぜ対称性は破れたのであろうか？ 標準模型の枠内では、対称性の破れの起源は明らかにされていない。そこで、「自然に」対称性が破れる新しい物理模型が盛んに議論されている。たとえば、高次補正によって常伝導相が不安定となり、自動的（力学的）に超伝導相に移る可能性が考案されている。超対称性（フェルミ粒子とボース粒子を入れかえる対称性）をもつ標準模型や、ゲージ・ヒッグス統合余剰次元模型（力を伝える粒子の余剰次元成分としてヒッグス粒子が現れる）、複合ヒッグス模型（ヒッグス粒子を、より基本的な粒子からなる複合粒子と考える）などがその候補である。標準模型を超えたこれらの新物理模型は、それぞれ新粒子を予言する。したがって、今後のLHC実験やILC計画などによる新粒子の発見や、ヒッグス粒子の精密測定による新物理の検証が期待される。

津村浩二（京大院理）、会誌編集委員会