

特集／物理における《破れ》と調和

破れた対称性と物理世界

藤川 和男

かつて、C.N. Yang 博士は物理学の研究においても詩とか文学におけるように「好み (taste)」が非常に重要であるといわれたが、一般に物理学においても美的感覚が重要である。美しさの定量的な表現としては物理学では対称性という言葉が思い起こされる。しかし、物理の世界では完璧な対称性というのは稀な現象ともいえる。多くの場合、完璧な対称性がわずかだが壊されていて、そのような破れが我々の扱う物理学の世界で重要な場合が多い。今回の特集の狙いはそのような完全な対称性からのずれがかえって世界をより豊かにしている場合が多いということに焦点を当てて紹介することにある。

もちろん、破れという以上は破れていない世界が暗に想定されており、その意味では完璧な世界というものが研究者の頭の中にあることになる。また完璧な世界というものを想定したとしても、狭義の対称性という言葉では表せないものも多い。今回の特集では、宇宙論とか多粒子の織り成す複雑な効果の集積としての物性物理学に現れる破れから、より単純な真空とかその近傍の現象における対称性の破れにわたる広い分野の解説が与えられる。

まず素粒子の基礎理論である標準理論を考えると、CP 対称性の小さな破れに対する小林・益川理論のような側面から、標準理論の背後に潜む（多

分）多粒子的な複雑な現象の具現としての自発的対称性の破れに対する南部理論のような側面もある。さらに、場の量子論としての標準理論という観点からは、最初用意した標準理論では正確に満たされていたバリオン数とレプトン数という概念が、量子化の過程において量子異常（アノマリー）という現象により破れている。これらのすべてが、実際に観測される宇宙における粒子の数と反粒子の数のアンバランスの説明の試みにおいて基本的な役割を果たしている。もし、宇宙に粒子の数と反粒子の数のアンバランスがなければ現在の宇宙は存在しないし、したがって我々も存在しないということになる。さらに、バリオンとかレプトンという概念そのものが、宇宙の進化の過程で生じたものであるという大統一理論のような観点もある。これらの考え方の解説が本特集で与えられる。

宇宙論的な考察では、膨張宇宙を考えれば大局的には時間軸方向にも空間方向にも一様平坦なミンコウスキー空間は成立せず、したがってローレンツ変換のような基本的な対称性にも破れが現れるという可能性があり、この方面の含蓄のある考察も本特集で与えられる。さらに、統計熱力学の大問題であるエントロピー非減少則に対する最近の考察の紹介もある。これらの考察では、巨視的な意味での時間反転の破れ（過去と未来の非対称）が現れるが、これは微視的な場の理論の言葉で言え