

特集／物理学諸分野の拡がりつながり

物理学は一つ

藤川 和男

本特集からもわかるように現代物理学は非常に多様な分野にわたっている。ニュートンに始まる古典的な力学は、それ自身としての応用のみならず古典統計力学および解析力学の基礎として、現在も多くの問題の解決に用いられている。またマクスウェルに始まる古典電磁気学は、電気とか電磁波に関係した応用において現代生活に不可欠になっている。これらのいわゆる古典物理学だけでも、その全容を短時間に（というのは、例えば、大学の4年間で）理解するのは容易ではないと言える。

他方、20世紀前半には、相対性理論と量子力学さらにはそれらの融合と発展として場の量子論が定式化された。これらの発展は、例えば、特殊相対論は、古典電磁気学のマクスウェル方程式に含まれる対称性の考察の結果として、ローレンツ変換とそれに基づく空間と時間を統合した4次元ミンコウスキー空間という革命的な時空の概念に導いた。一般相対論は、ミンコウスキー空間の考え方とニュートンの重力理論およびリーマン幾何の融合とみなされる。これらの発展には、数学における対称性の記述として発展した変換群の考え方が密接に関係している。

一方量子力学は、古典論から概念的に非常にかけ離れており、いまだに量子力学が本当にわかったと言える人がいないのではないかとと思われるような状況である。数学的には、古典解析力学の位相

空間 (phase space) におけるポアソン括弧の定式化が、なぜか量子力学に非常に近い。解析力学における古典的な量を無限次元の行列に置き換えると、大ざっぱに言って量子力学が得られる。またファインマンによる量子力学の経路積分による定式化では、古典的な作用を位相因子 (phase factor) として「積分」することにより量子力学が再現されることになる。

特殊相対論と量子力学の融合である場の量子論は、粒子の生成と消滅を記述でき、これらの現象を扱う素粒子物理学の理論的な基礎を与えている。特に素粒子の標準模型と呼ばれる理論は、これらの知識の集大成であり、4次元ミンコウスキー空間の基本的な対称性である通常のローレンツ変換に加えて、離散的なパリティと時間反転に関する不変性 (およびその破れ) を見事に記述している。時空の性質であるパリティと時間反転に粒子反粒子変換が加わる (CPT 定理) のは、例えば、ファインマンの見方をすれば、反粒子は時間軸の負の方向へ運動する粒子という解釈が可能であり、このことの反映である。電磁場の一般化としてヤン・ミルズ場が基本的であり、超伝導のBCS理論に始まる対称性の破れ (南部・ゴールドストーンの定理) に伴うヒッグス機構が重要である。ヒッグス粒子がCERNで発見されたことは記憶に新しい。

さらに最近は、宇宙論および宇宙物理学が精密科学として成長してきた。宇宙の歴史を記述する