

特集／発展する場の理論

発展する場の理論

新田 宗土

1. はじめに

20世紀の物理学の二大革命と言え、相対性理論と量子論である。特に、量子論の発見によって科学技術は目覚ましく発展し、後の歴史学者は、20世紀を人類の技術が最も発展した世紀と評価するかも知れない。それほどまでには一般の人々には認識されていないだろうが、20世紀物理学の最高到達地点の一つは、場の理論である。場の理論は、量子論と特殊相対性理論を融合する形で発見されて、素粒子の統一理論の理論的基礎となった。最近のヒッグス粒子の発見をもって、素粒子の標準理論は一通り実験的にも検証され20世紀、21世紀物理学の最高到達点の一つとなった。

このような、統一理論の華々しい成果のために、場の理論と言え、素粒子論の基礎だと思われがちではあるが、実は単にそういうわけではなく、場の理論の適用される物理学の分野は、非常に多岐にわたっている。宇宙論においては、特に初期宇宙を理解するには、場の理論は必要不可欠であるし、非相対論的な場の理論は、物性物理を記述するツールとして発展してきた。さらには、1980年代以降、幾何学、位相幾何学、表現論など数学の様々な分野までもが、場の理論を応用することで大きく進展してきた。

21世紀になってすでに17年も経つが、場の理論は今でもまだ発展を続けている。例えば、最近、非平衡物理や流体力学を場の理論で扱う方法が発展してきている。場の理論自体はすでに完成していて応用のみが発展していると思われるかも知れないが、そうではなく今でもその理解は深まっていつている。場の理論とは、いかに深淵でどこまで広がっている分野であろうか。本特集では、場の理論の様々な分野における発展の一端を感じ取って頂くために、場の理論を用いて様々な分野で活躍されている著者たちによる素晴らしい記事を集めた。

2. 場の理論の基礎的発展

最初の2つの記事では、場の理論の基礎的発展について取り上げた。対称性とリサージェンスである。

場の理論において対称性とは、古くて長いテーマである。先にも述べた、素粒子の統一理論は正にこの対称性をもとにまとめあげられた。それゆえ、このテーマはすでに教科書に載っていることで尽きているのではないと思われるかも知れないが、実は全くそんなことはない。通常の対称性は、点粒子に対応するものである。代わりに広が