

対称性と理論の閉包性

渡部 鉄兵 (Teppeï Watanabe)

東京工業大学・立正大学

量子論は現時点でもっとも基礎的な理論であり、いまのところ知られている物質の最小構成単位レベルでの記述を与えてくれる。ところが、かなり古くから量子論はいくつかの概念的な困難を抱えているともいわれている。そのひとつを簡略化して表すと、次の二つの仮定が両立しないこととして要約される。

1. 量子論は他の理論からは独立した、それ自体で閉じた理論である。
2. 量子論は普遍的に妥当である。ペットボトルの水や砂糖のような高分子でさえ、有限個の原子の集まりとして、原理的には量子論で記述できる。

通常量子論（有限自由度系を扱う、いわゆる Stone-von Neumann の一意性定理が成立する量子論）の枠組では、水の温度や糖のキラリティーのように、経験的には常に確定した値をとることがよく知られている物理量は許されてはいないので、1を認めると2の普遍的妥当性と相容れなくなる。こうした問題の特別な事例は、観測装置の指針の最終的に確定した位置が通常量子論の枠組だけから確保できるか否かという形で、かつて活発な議論がなされたこともある。

通常量子論を拡張して超選択則とよばれる数学的仕掛けを許すようにすれば、こうした問題が生じないことは知られていたが、そのような拡張がどの程度正当化できるのかについては、少なくとも哲学者のサイドでは消極的な見方が多く、十分な吟味がなされてこなかったように思われる。しかし、無限自由度系の扱いが不可欠な場の量子論や量子統計力学では状況は逆転しており、一部の数理物理学者たちは、通常量子論の枠組だけでは不十分であること、超選択則を導入することの数学的・物理的根拠を提示しており、もしそれが受け入れられるようなものであれば、問題が解消される可能性がある。

本発表では、「量子論における古典物理量の不在」問題に関わるこうした状況について説明し、場の量子論や量子統計力学の観点から超選択則導入の根拠のひとつとされる対称性とその破れについて、その受け入れ可能性について論じる。また、ここで扱う問題は科学哲学におけるいわゆる還元主義/創発主義の論争にも広く関わることから、こうした文脈における含意についても述べるつもりである。