

特集／発展する量子力学

## 量子力学の新しい様相

筒井 泉

### 1. 量子力学のながれ

プランク、アインシュタイン、ボーアらによる揺籃期を経て、ハイゼンベルクが行列力学を創始し、シュレディンガーが波動方程式を提出した1920年代半ばを、現在の形の量子力学の生まれた年とするならば、既にそれから80年余りが経過したことになる。この間、量子力学は物理学のあらゆる分野の基礎となり、応用の上でも家庭電器から軍事兵器まで広い範囲で威力を発揮し、今日に至っている。

良く知られているように、量子力学は19世紀末に鮮明になった黒体輻射の問題をはじめとする一連の古典物理学の矛盾の解消には成功したものの、その一方で理論が内包する不可解さのために、生みの親たち——とりわけアインシュタインとボーア——の間に深刻な論争を惹き起こした。すなわち、量子力学は物理学という王国の内乱を収める上で、古典物理学から王位を継承するための世継ぎとしては祝福されたが、その姿や言動が予想外なものであったために、一部の重臣の間にはなお不穏な空気も漂っていたと言えるだろう。少なくともアインシュタインは、たび重なるボーアの説得にも拘らず、あくまで彼自身の満足する理想の王を探し続けていたのである。

アインシュタインの異端的な探求は、1935年にポドルスキー、ローゼンとともに書いたEPR論文<sup>1)</sup>において、はたして量子力学が物理の理論として完全であり得るのかという疑問——後にEPRパラドックスと呼ばれる——の形で表明されている。しかしながら、新しい王の後見役であるボーアの唱導が王国全体を支配し、また王たる量子力学自身もその威力を十分に発揮したので、その後半世紀にわたり、一握りの好事家<sup>2)</sup>を除いて彼の異端に耳を傾ける者は殆どいなかった。今日に至っても、古典物理学と同様な意味での量子力学の綻びはまったく見えておらず、量子力学の王たる地位に揺らぎは一切ない。

それではアインシュタインの探求は、まったく空虚なものであったのだろうか。答えは否である。1964年にベルが、ベル不等式<sup>3)</sup>の発見を通して、アインシュタインの概念的疑問を物理の検証可能な問題として掘り下げた。これがEPR論文を見直す上で一つの契機を与えたが、さらに20世紀後半の微細加工や制御技術の飛躍的な進展によって、量子力学の量子力学たる所以、すなわちその予想外の姿や言動が、次第に明瞭なかたちで表に

\*1) シュレディンガーはEPR論文に衝撃を受け、有名な猫のパラドックスに言及する論文<sup>2)</sup>を同じ1935年に提出しているが、これは量子力学における観測やマクロ限界に関する重要な問題を指摘するものとして、今日なお意義深い。