

特集／量子論的思考法のすすめ

巻頭言

坂本 眞人

1. 理解できない、だからこそ面白い！

人が不思議なことに興味を持つのはなぜだろう？

『誰も量子力学を理解していないと言っても間違いないと思う。』これは、ノーベル物理学賞を受賞したリチャード・ファインマンの言葉だ。量子力学をよく“理解”していたはずのファインマンが、なぜこのようなことを言ったのだろうか？

(ファインマンはもちろんのこと) 物理学者は量子力学で使われる数学のルールを理解しており、どのように計算すればよいかを知っている。実際、これこれの実験を行えば、こういう結果が得られるはずだと自信を持って示すことができる。

ところが、この数学のルールを私たちが普段使っている“古典論的”な言葉に直そうとすると、とたんに、はてなマーク“？”が頭に浮かんでしまうのだ。ファインマンが言いたかったのは、きっと「わかっているのに“理解”できない。こんな不思議な学問を研究しないなんてあり得ない」ということだったのではないだろうか。

本特集は、量子論的思考がそれまでの考え方や概念をどのように変えたか？そしてどのように応用/発展していったのか？について、様々な分野の専門家に解説していただいたものだ。みなさんも、量子論的思考を始めてはどうだろうか？

2. 質量は古典論的それとも量子論的概念か？

約 130 年にわたって質量の標準単位として使われてきたキログラム原器は、プランク定数 h に取って代わられることが確実になった。プランク定数は量子力学の基本定数である。つまり、量子力学を使って質量を語る時代がきたということだ*1)。

“古典論的”な概念と思われる質量が、量子力学を通じて定義されることに、「えっ？」と思う人は多いだろう。しかし、それほど奇妙でもないことを説明しておこう。

私たちの宇宙を構成するすべての素粒子は、クライン-ゴルドン方程式*2)

$$\left[\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} - \frac{\partial^2}{\partial x^2} - \frac{\partial^2}{\partial y^2} - \frac{\partial^2}{\partial z^2} + \left(\frac{mc}{\hbar} \right)^2 \right] \phi = 0$$

にしたがう。ここで、 t は時間、 (x, y, z) は空間座標、 c は光速である。また、 m が素粒子の質量を表す。光速 c が現れているのは、この式が相対論的方程式だからである。ここで不思議なのは、質量項 $\left(\frac{mc}{\hbar} \right)^2$ にプランク定数 (を 2π で割った) $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ が現れていることだ。

プランク定数が現れた理由を、次元の観点から説明すると次のようになる。光速 c の役割は、 $\frac{\partial}{\partial t}$ と $\frac{\partial}{\partial x}$ の次元を合わせることだ。一方、 $\hbar$ の役割は、 $\frac{\partial}{\partial x}$ と質量 m の次元を合わせることだ。そのとき、光速 c だけでは足りず、角運動量の次元を持った量、すわなち、プランク定数が必要となる。

*1) 仁尾氏の記事に、より詳しい情報が載っている。

*2) 量子論と素粒子物理は、藤川氏の記事のテーマだ。