

## はじめに

量子力学の重要性は、いまさら強調するまでもないであろう。かつては、ごく一部の物理学者だけが興ずる特殊な学問と考えられていたが、量子力学を基礎としたエレクトロニクスなどの発展や超伝導の登場によって、工学の分野においても、その重要性が認識されるようになってきている。このため、大学の教養課程でも量子力学を早い段階で学習するようになった。また、元素の周期律や、その化合物の構造なども量子力学によって理解されるようになり、その応用版である量子化学でさえも大学の基礎課程で取り扱われている。

しかし、その重要性にもかかわらず、それがきちんと理解されているかどうかは疑わしい面もある。それは、量子力学に関する教科書の多くが、入門や初学者向けという謳い文句を掲げながら、いきなり非常に難解な概念からスタートしているからである。

たとえば、量子力学において古典論から量子論への導入において、いきなり運動量は機械的に  $-i\hbar(d/dx)$  という微分演算子に変換すればよいという説明が出てくる。なぜ、そのような変換が必要なのかあるいは可能なのかの説明はいっさいない。そのあとは、単なる微分方程式（シュレディンガー方程式）の解法が羅列的に続いていく。

実は、このような展開にならざるを得ない理由もある。なにしろ、大学の講義で使える時間は、半期でたかだか 15 時限程度である。この時間内に、何とか量子力学を実学に応用できるレベルまで持っていくには、導入部分をかなり削るしかないのである。

量子力学を応用するという観点からは、シュレディンガー方程式を、ある条件（適当なポテンシャル場）の下で解法するということが重要である。そして、驚くことに、多くの場合、シュレディンガー方程式の解法さえできれば、その前提や途中経過は抜きにして、必要な結果が得られてしまうのである。

しかし、量子力学にはじめて接する人間にとって、教える側のこのような拙速は、かえって、この学問に対するアレルギー反応を高めるだけで、決してよい方向には導かないと思われる。そして、さらに悪いことには、シュレディンガー方程式を解法するという演習を重ねていくうちに、その本質を理解していなくとも、あたかも量子力学をマスターしたような錯覚に陥ってしまうことも問題である。

このため、量子力学を教える側でさえ、その本質を理解していないというケースもたくさん現れている。もちろん、量子力学には、常識では受け入れがたい概念が数多く登場するため、もともと、その本質を理解するのは不可能であるという諦観にも似た考えを持つひとも多い。かくいう著者のわたしも、量子力学を理解しているかと問われれば、否と答えるしかないのが実情である。

たとえば、量子力学では、波である光に粒子の性質があり、粒子であるはずの電子に波の性質があるという2面性が存在する。しかし、常識で考えれば、波と粒子は明らかに異なるものであり、これらが同一のものとは認めがたい。だからといって、量子力学の理解を諦めるのは早計である。量子力学を建設した学者たちの苦悩や、このような非常識な結論を得るに至った経過を知ることによって、完全な理解とはいかないまでも、ある程度、その背景を理解することができるようになるからである。

実は、量子力学は、ハイゼンベルグやボルンらによって、行列力学というかたちで、その扉が開かれている。この力学は、物理量が行列で表現できるという奇妙なものであるが、その成立過程を知ることが、量子力学を理解するうえで非常に重要なステップになる。

残念ながら、量子力学を応用するという立場からは、行列力学よりもシュレディンガーによって提唱された波動力学の方がはるかに便利かつ簡単であるため、行列力学を取り上げる教科書はほとんど無くなってしまった。あるいは、それを取り扱っていても、非常に簡単な記述で済ましている場合が多い。その理由のひとつは、その後の研究で、行列力学と波動力学が本質的に同じものであることが明らかとなったため、わざわざ難解な行列力学を学習する必要がないと考えられているからである。

ただし、行列力学で培われた概念なくして、量子力学を深く理解することは困難である。また、行列力学を学習することは、初学者にとってもっとも重要な量子力学がいかんにして生まれたかを理解するうえで重要となる。さらに、シュレディンガーの波動力学においても、行列力学の手法は大いに活用されており、その手法を理解することは、現在の量子力学においても重要となっている。

そこで、本書では、行列力学がどのような概念のもとに形成されていたかを振り返る。このことにより、量子力学がどのような生成過程をたどったかを、より深く理解することができる。そして、シュレディン

ガ-の波動力学と比較することにより、その形式的な差異と、本質的な共通点を理解することで、現在、主流となっているシュレディンガー方程式の意味をより深く理解することができるようになる。

本書は、量子力学3部作の初編にあたり、行列力学に重点を置いている。このため、次編で取り扱う波動力学については、その簡単な導入だけに記述をとどめている。しかし、行列力学と波動力学が本質的に同じものであるという基礎については、かなり明確になるであろう。また、シュレディンガー方程式の演算子と波動関数という関係についても、波動力学から、いきなりはじめるよりも、その概念が明らかとなるはずである。

量子力学は確かに難解な学問であるが、まったく手に負えない代物では決してない。その得られた成果の皮相的な面だけではなく、それが建設される過程と背景を知れば、より身近なものとなろう。本書が、その一助になれば幸いである。