

まえがき

本書は、筆者の東京大学における講義ノートを、臨時別冊・数理科学 SGC ライブラリ「量子論の基礎」として出版したものを、増補改訂して単行本にしたものである。SGC 版は、量子論の新しいタイプの教科書として幸いに好評であるが、書籍の分類上は雑誌になるために、インターネット書店で入手できない等の問題点も出てきた。また、ページ数の制限から詳しい説明を省いた部分もあった。そこで、SGC 版は簡略版としてそのまま残し、大幅に加筆・改訂したものを単行本として出版することになった。それが本書である。具体的な加筆・改訂点は最後に述べることにして、まず本書の特徴と構成を説明する。

量子論の教科書のほとんどは、1 粒子の座標表示の量子力学から説きおこし、次第に「高度な」量子論へと話を進めていく。そうした伝統的な教え方には、伝統であるがゆえの安心感はあるのだが、弊害も少なくないようである。というのは、量子論の基礎をあまりにも特殊な例で学ぶことになるために、その例だけに成り立つ形で「理解」してしまいがちなのである。その結果、その先に進もうとすると、初期に習ったこと・理解した(つもり)のことが、次々に修正され拡張されてついには内容がほとんど変質してしまったり、あるいは、否定されて「正しい」ものをもういちど学ぶ羽目になる。これを頭の中で整理するのはとても大変なので、多くの学生は、最初に身につけた特定の場合にしか通用しない知識と、もっと進んだ量子論の知識が頭の中で渾然一体となってしまつて、混乱することになる(筆者自身も同級生も学生のときに何回か混乱した。)そして、たくさん習った中で何が量子論の本質なのかという肝心な点も、見失いがちである。

また、物理系でない学科の学生に量子論の入門的な講義をする場合にも、このような伝統的な教え方の初めの部分を教えることが多いのではないだろうか? しかし、そのような学生の多くは、量子論をプロからきちんと学ぶのはそれが最初で最後になるわけで、いわば一期一会の量子論としてそれがふさわしい内容なのだろうか? むしろ、量子論の本質を、できるだけ簡単な計算を用いて教えるべきではないのだろうか?

このような問題意識から、量子論の基礎と本質をきちんと、しかし易しく解説した新しい量子論の教科書が必要だと考え、試行錯誤の末に生み出したのが本書である。具体的には、本書は次のように構成した: 1) 古典論の破綻を第 1 章で説明し、2) 全ての量子論に共通する基本原理を第 2 章で示し、3) それを具体化する形式の中で最も基本的である演算子形式の 5 つの「要請」(公理)を、有限自由度系の量子論を説明の場として借りながらも、最も一般的な形で第 3 章で示し、4) その演算子形式の量子論を個々の系について具体的に構成するための代表的な方法である正準量子論を第 4 章で説明し、5) その簡単な応用例として 1 次元の易しい基本的な計算を第 5 章で扱い、6) 時間発展に関する必須の知識を第 6 章で述べ、7) 無限自由度系の量子論を、有限自由度系との共通点と相違点に重きをおいて第 7 章で説明し、8) 量子論の本質を表すベルの不等式を第 8 章で詳しく解説し、9) 第 9 章では、第 2 章の基本原理を「基本変数」を用いて再論し、10) 最後に、さらに学びたい人のための指針を述べた。また、計算の複雑さのあまり本筋を見失うことがないように、用いる例は、どれも簡単な計算で済むものばかりにした。

2) から 5) の流れを見ればわかるように、通常量子論の入門書とは全く逆に、普遍的で一般的な基本原理から始めて、それを具体化し、個々のケースへの応用例に向かうという、いわば川上か

ら川下へ向かう方向で解説していく。これにより、一般の量子論の中で自分が今どこを学んでいるかを常に把握しながら学べるし、先に進むたびに知識を修正する必要もなくなる。そして、易しく丁寧に解説をしたので、このような川上から始める書き方をしたにもかかわらず、スペードマーク♠の付いた項をとばして読めば、全くの初心者や、高校で物理をやらなかった学生でも読める教科書になっている（これは講義で実証済みである。）また、わかりやすさを損なわない範囲で、できるだけ正確な記述を心がけた。そして、数学的に注意すべき点とか、プロも注意すべき点とか、分野によって異なる様々な立場がどうなっているかなども、スペードマークを付けて記してある。これらにより、筆者としては、他の本を読む前に最初に読むべき本、そして、進んだ量子論の学習・研究をしているときでも参照してもらおうと役立つ本を狙ったつもりである。

SGC 版からの加筆・改訂点は次のとおりである：新しく付け加えた節は、1.4 節, 3.12 節, 3.16 節, 3.20.3 節, 3.26.5 節, 4.7.1 節, 5.8 節, 7.4 節である。さらに、0.2 節, 1.2 節, 2.5 節, 3.20.2 節, 4.5 節, 4.6 節, 5.16 節, 6.3 節, 7.1.2 節補足, 8.6 節, 8.7 節、「さらに学びたい人のための指針」を大幅に加筆・改訂した。また、4.2 節, 4.3 節はそれぞれ 1 自由度系と多自由度系に分けて説明を詳しくし、5.6 節は独立した節にして加筆した。さらに、理解を助けるために講義の際に黒板に書いている図を、図 1.1, 図 3.1, 図 3.2, 図 3.3, 図 5.3, 図 5.4, 図 5.6, 図 8.1, 図 8.2 として付け加えた。また、随所に挿入した補足にタイトルを付けて、内容が一見して判るようにした。留学生が増えてきたことに配慮して、ふりがなも増やした。さらに、学生の要望に応じて、練習問題の数も倍以上に増やした。ただし、量子論に限らず、最良の練習問題は、本の内容の一節をひと通り読んで理解したつもりになった後で、本を閉じて、その議論の内容を、自分なりのやり方でよいか、紙に書いて繰り返してみることである。本書は、そのように勉強する途中で練習問題も解く、というように読み進んで欲しい*1)。また、読者のレベルや要求に応じて読みやすくするために、スペードマーク♠の付け方を次のように変えた：1 個 = 学部 2 年生後期から 4 年生向け、2 個 = それ以上向けで、プロが読んでも有益なものを含む。これら以外にも、全ての節に細かい加筆・改訂を施し、結果として、3 割も分量が増える大きな増改訂となった。SGC 版も安価な簡略版として併売することになったので、以上の加筆・改訂点を参考にして御自分に適した方を選んでいただければよいのではないかと思う。筆者としてはどちらを薦めるかと問われれば、厚くなったのが気にならなければ、説明が詳しいこの新版の方をお薦めする。

今回の増改訂でも、多くの方々のお世話になった。次ページ以降に掲載した SGC 版まえがきに記した方々には今回も助けていただいたし、今回はさらに、古沢明氏、木村敬氏、清水恵利香氏、清水皓貴氏にも助けていただいた。この場を借りて深く感謝したい。

2004年2月 清水 明

*1) 決まり切った問題を解くのが目的の受験勉強の影響か、本の内容をろくに理解しないまますぐに演習書をやろうとする学生が少なくない。だが、量子論のような学問を学ぶときには、そのようなやり方ではいくら勉強しても理解には至らない。