

## 新講 量子電磁力学

量子力学 100 年のミステリーに挑む

立花明知著, B5 判, 184 頁, 本体 2176 円, サイエンス社



2 重スリットの問題は量子力学の創設期以来, 現在に至るまで謎とされてきている問題である。多くの研究者が様々なアプローチで解決を目指してきた。ノーベル物理学賞受賞者のリチャード・ファインマン先生はこの問題を「量子力学の神髄」と授業中に紹介し, 朝永振一郎先生はその不思議さをエッセイ「光子の裁判」に纏めた。また, 理論的な思考実験としての研究だけではなく, 年々進歩し続けている量子計測・制御技術を用いて, 様々な物理系において実験も続けられている。中でも, 1989 年に行われた外村彰先生らによる電子を用いた 2 重スリット実験は「世界で最も美しい実験」と評された。

本書の副題にある「量子力学 100 年のミステリー」とは, 粒子の運動学的観点から 2 重スリット問題を決定論的に解けるのかという問題である。本書では場の量子論を用いた解決法を模索している。近年, 非相対論的量子力学の範疇では 2 重スリット現象を正しく理解することができないことが理論的に指摘されており, 本書と似た場の量子論からの考察がなされている。一方で, これまでの計算において 2 重スリット現象自体は確率を用いて説明することができる。計算する上では今のところ不都合がないように思えるが, その現象を手にとるように理解できたとは言えないだろう。そのため, 本書は量子論の基礎・構造に興味のある研究者向けに書かれており, 標準的な量子電磁力学は既知のものとして取り扱っている。

本書では著者の研究グループが独自発展させてきた理論体系を紹介している。ここで紹介されている量子電磁力学 (Rigged QED と呼んでいる) は, 電子および陽電子はディラック粒子, 原子核を一つのシュレディンガー粒子として原子を記述する。その記述方法と性質を第 1 章から第 3 章までで述べているが, 何故, 標準的に用いられている量子電磁力学でなく, Rigged QED を導入する必要があったのかが書かれていないことは残念である。ボルン-オッペンハイマー近似が破綻してしまう領域での理論的取扱いを考慮して考案されたと推測できるが, その真偽は分からない。

第 5 章以降では, 「量子力学 100 年のミステリー」を

解決したとするアルファ振動子理論が提案されている。ただ, 第 3 章までに取り扱ってきた Rigged QED を出発点とするわけではなく, 通常の QED ハミルトニアンを空間成分だけ積分することによって得られるハミルトニアンが時間依存していることを問題とする。これを双対コーシー問題と呼んでいる場の時間発展を解くだけではなく, フォック空間の表現 (ケットベクトルと呼んでいる) を時間依存させて解いているので, 光子数保存則は成り立たない。そのため, 波動関数の収縮が必要ないと主張している。これは非線形量子力学と似たような結論になるが, 理論どうしの比較はなされていない。今後, 著者らの研究の発展によりこれまで議論されてきた理論との類似性や差異が明確化されることを願う。

新しい理論体系を構築することにより, 量子論の基礎・構造を解き明かそうという研究姿勢には共感できるものの, 既存の理論体系との比較は必須であると私は思う。また, 新しい理論体系が既存の実験結果を再現することは最低条件と言えるが, 本書ではその取扱いはない。さらには, 実験結果として既存の理論とアルファ振動子理論がどのように異なるのかという点においても, 本書では明確にしていない。これらの点は本シリーズのページ数制限の関係で省略してしまったことかもしれないが, 70 ページを超える付録を多少減らしても著者自身が考案した理論体系を自ら書き残して欲しいと一読者として思う。

最後に, 研究する時間が年々短くなり, 研究潮流が日々目まぐるしく移り変わる昨今の学術界の状況において, 本シリーズに代表されるようなコンパクトに纏まっている教科書を手にとり新しい概念を理解しようとしてしまいがちである。しかし, これまでに蓄積された知識・知恵を駆使し, 実験結果に拠りどころを求めつつ, 自然現象に隠されたストーリーを一つの道筋を立てて整理された教科書が本来求められているのではないであろうか。自戒の念をこめて。

鹿野 豊 (東京大学先端科学技術研究センター)