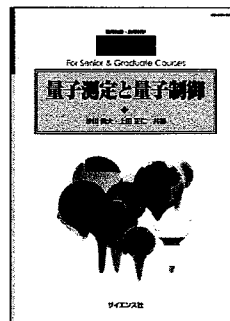


量子測定と量子制御



沙川貴大・上田正仁共著, B5判, 224頁, 本体2407円, サイエンス社

量子論は、その誕生以来、様々な自然現象を「説明」することに成功し、驚異的な威力を発揮してきた。そして今日、量子論を巡る研究は新たな局面を迎えている。すなわち、量子論によって物事を「説明」という研究だけでなく、量子論に基づいて自然を「測定」し、「制御」という研究が続々と行われるようになってきているのである。その代表例を、2012年のセルジュ・アロシュとデービッド・ワインランドのノーベル物理学賞（受賞タイトル「個々の量子系の計測と操作を可能にした画期的な手法の開発」）に見ることができる。微細加工技術・高速エレクトロニクス・レーザー技術などの技術革新とその融合によって、現在では、量子論黎明期には想像もできなかったような研究が行われているのである。しかし、その一方で、この分野は、古典論とは異なる量子論特有の考え方がその中核にあるだけでなく、主たる舞台が（孤立量子系ではなく）環境との相互作用や測定を伴う開放量子系であるために、初学者にとって敷居が高いのも事実である。

本書『量子測定と量子制御』は、このような量子論研究の新しい方向性を見事に汲み取った、第一線で活躍する著者によるタイムリーな教科書である。

本書は、量子論の基本概念を第1章で整理した後、第2章「量子測定理論」で、量子測定的一般論と様々な具体例を説明する。ここまでが導入であり、その後、第3章から第8章にかけて「量子状態推定」、「量子マスター方程式」、「確率マスター方程式」、「量子フィードバック制御」、「量子確率過程」、「非マルコフ過程」が論じられる。私の知る限りでは、このような内容を系統的に記述している和書はなく、その点だけでも本書には価値があるが、それ以上に、本書の記述が簡潔かつ明快であることは高い評価に値する。取り上げられている例は適切で、議論の本質を具体的に学べるように工夫されている。量子力学を一通り学んだ後に、独習やゼミ等によってこの分野を初めて学ぼうとする学部4年生・大学院生や、（評者のような）量子測定や量子制御について学びたい周辺分野の研究者にとって、最適な教科書である。

通読してみて私が最も素晴らしいと感じた本書の特色は、（しばしば古典論との対比を通じて）量子論特有の考え方を直観的に明確にしてくれることである。例えば、混合状態についての説明で著者はこのように述べる。——「古典的な「サイコロ」をふって、確率 q_i で「 i 」が出たら、量子状態 $|\psi_i\rangle$ を準備する」という操作で作られる状態が、混合状態である。（本書 p.11 からの引用）——このような噛み砕いた平易な記述は読者にとって非常にありがたい。特に、「古典的な「サイコロ」をふって」という表現は秀逸であり、このような読者の想像力を喚起する魅力的でキレのある表現が本書の持ち味である。読んでみると「著者はこのように量子論を理解しているのだな」と感じることもできる工夫された記述が随所に見られる。もちろん、章が進むにつれ発展的な内容も多くなるが、それでも、最後まで丁寧にきちんと書かれている。

本文だけでなく、様々な目配りが行き届いている脚注も、読んでいて実に楽しい。例えば「ハイゼンベルグの不確定性関係」(p.41) や「局在光子」(p.124) についての脚注などは、実に教育的である。引用文献が適切に与えられており、諸概念の歴史的な位置づけを明確にし、より深く学ぶきっかけを提供している。その点で、本書は、学部生が用いる量子力学の標準的な教科書と、最先端の論文との間をつなぐ優れた橋渡しとなるであろう。独立した解説としても読むことができる付録も、本書の価値を高めている。

読者は、本書を通じて、開放量子系や量子測定・量子制御のダイナミクスの美しい定式化を学ぶと同時に、その背景にある量子論特有の考え方をより深く理解できるようになるであろう。現在、この分野は、実験技術の進展とともに非常な速さで発展しており、系統的に記述された日本語の教科書が待ち望まれていた。本書は、まさにそのような目的に完全に合致するものであり、自信を持って勧めたい。

小林 研介 (大阪大学大学院理学研究科)