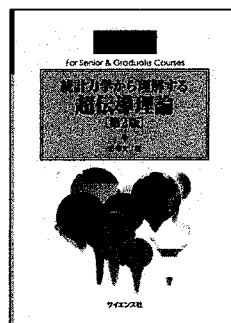


統計力学から理解する 超伝導理論 [第2版]

北孝文著, B5 判, 256 頁, 本体 2650 円, サイエンス社



超伝導には多数の古典的名著が存在する。しかし最近十数年間の著しい研究の発展を経て、物性物理の研究において必要とされる超伝導の知識は膨大なものになり、見通しの良い超伝導の教科書が待ち望まれていた。本書は、そのような時代の要望に応えるべく執筆されたと言える。超伝導の基礎から説き起こし、本格的な応用に至るまで必要な数式を省略せずに丁寧に解説した、超伝導理論の本格的な教科書である。

本書の主な特徴について述べたい。本書では冒頭から 5 章までの 80 ページで、熱力学や統計力学の復習から始まり、多電子理論に必須である第二量子化やフェルミ液体理論など、通常の超伝導の教科書では省かれている学部レベルの復習を行っている。その記述は大変丁寧であり、これにより、学部生でも 6 章以降の超伝導の理論を無理なく学ぶことが可能な構成になっている。

また本書の中核と言える 7 章のボゴリユボフ-ドジェンヌ (BdG) 方程式や 8 章の Bardeen-Cooper-Schrieffer (BCS) 理論の章では、最近の超伝導研究の需要に対応して、スピニングレット超伝導のみならず、スピントリプレット超伝導まで拡張されている。そのために必要な、込み入った 4×4 行列表示の BCS・南部ハミルトニアンやグリーン関数が、天下りではなく丁寧に導出されていて、これは本書の大きな特徴になっている (過去の名著はシングレット超伝導限定のものが多く、読者は自力でトリプレット超伝導に拡張する必要があった)。これまで複数の論文を解説して習得すべきであった理論体系が、一冊に自己完結的な記述でまとめられているため、理論を専攻する大学院生や研究者の手本となる、非常にありがたい教科書である。

9 章以降では、BdG 方程式や BCS 理論の応用編として、多彩な超伝導現象を解析するための具体的な理論技法が、惜しみなく紹介されている。本書の第 1 版においても、p 波超伝導状態や準古典理論、ギンツブルグ-ランダウ方程式、アプリコソフ磁束格子などの多岐にわたる理論が紹介されていた。準古典理論や磁束

格子まで記述した超伝導の教科書は珍しく、大変貴重である。今回の第 2 版ではこれらに加えて、レゲットの超流動フェルミ液体理論や線形応答理論、さらに準古典理論の応用として表面超伝導状態や量子渦芯の理論など、大幅な加筆が行われた。現在の超伝導研究で必要とされる理論体系の大部分がカバーされ、他に類を見ない本書の特徴となっている。すぐにも最前線の研究に活用できる理論技法が多く含まれており、超伝導の専門家は是非手元に揃えておきたい。

本書の最大の特徴は、とても緻密で見通しの良い論理展開と、正確かつ丁寧な数式の導出にあるかもしれない。超伝導理論の公式の多くは複雑な行列で表現され、その行列要素はフェルミオンの反交換関係に由来する非自明な符号や係数を持つ。研究に必要な公式を、複数の論文を機械的に集積して作ると (関数の定義の違いに気が付かず) 痛目合うことが多く、研究者は自力で基礎から公式を注意深く導出する必要がある。著者は本書で一貫してそれを実行しており、理論の研究者にとって優れたお手本を与えている。

本書で扱われていない話題として、超伝導ギャップ関数のトポロジカルな性質があるが、この分野を解説する複数の良書が最近出版されている。もう一つの話題として、電子相関による非 BCS 超伝導の発現機構がある。この分野も最近十数年間で急速な進展を遂げており、その研究の全容をカバーする良書の出版が今後望まれる。

以上まとめると、本書は最前線の超伝導研究に必要な広範な理論体系を、統計力学の基礎からはじめて見通しよく記述した、時代のニーズに合致した本格的な教科書である。理論研究者が不慣れな分野に進出する際など、まず手に取って読むべき本だと言える。自己完結的かつ正確に記述されているため、学部生や大学院生の輪講や自主ゼミにも適切である。物性物理の研究室において (実験・理論を問わず) 備えておくべき教科書として自信をもってお勧めする次第である。

紺谷 浩 (名古屋大学大学院理学研究科)