

## 重点解説 スピンと磁性

現代物理学のエッセンス

川村光著, B5 判, 168 頁, 本体 2130 円, サイエンス社



磁性は物性科学の中でもとりわけ大きな分野であり、かつ伝統的に日本の強い分野の一つである。また、イジング模型をはじめとするスピン系は統計物理で取り扱われるモデルの中心として大きな役割を果たしてきたため、素粒子論など他分野の研究者にもなじみが深いだろう。物性理論としての磁性全般を扱った教科書としては、過去には金森順次郎、芳田奎両先生による 2 冊が良く読まれたが、現在手に入れにくいようである。最近のものとしては、久保健氏と田中秀数氏の共著による教科書が伝統的なスタイルによるもので、1980 年代以降に大きく研究が展開した量子スピン系の新奇基底状態の解説が詳しい。川村光氏はスピン系の統計物理と物性理論において大きな業績を挙げてきたが、本書においては上記の教科書とは異なるスタイルで、最近の研究まで含めて絶縁体磁性を中心とした磁性理論を解説している。

本書のタイトルに「スピンと磁性」とあるように、伝統的な磁性理論の教科書に比べて電子のスピンそのものの説明が詳しいことが特徴の一つである。序を含めて全部で 14 ある章の中で、3 つの章を用いてディラック方程式まで遡ってスピノールとしての電子スピンとその磁気モーメントを説明し、相対論効果としてスピン軌道相互作用の導出をしている。近年注目をあつめているテーマにマルチフェロやトポロジカル相とその端状態があるが、この物理の発現にはスピン軌道相互作用が重要な役割を果たしており、この相互作用の起源の詳細を知りたい読者に役立つだろう。

その後は、4 つの章にわたり標準的な固体物理のコースに沿って、電子のスピン常磁性と軌道反磁性、孤立磁性イオンの量子力学的多重項に引き続き、磁性イオン間の交換相互作用が説明される。

相互作用の結果として現れる磁気相転移は平衡系統計物理の大きなテーマである平均場理論や繰り込み群理論が花開くきっかけを作ったが、本書においては、多くの磁性理論の教科書と同様に、対称性の自発的破れ、スケーリング、ユニヴァーサルリティなどの概説に留めて詳細は専門書に譲っている。

本書の最大の特徴は続く 2 つの章であり、新奇な磁性として「フラストレート磁性体」と「乱れとスピン

ガラス」が取り上げられている。この 2 つのテーマは著者の研究テーマの中核をなしており、本領発揮というべき箇所である。相互作用が競合するフラストレート磁性体においては、フラストレートのない反強磁性ネール状態の collinear なスピン配置と異なりさまざまに“曲がった”スピン相関が現れるが、その曲がりを記述するカイラリティの概念が導入される。引き続き、著者のグループが研究してきたカイラルユニヴァーサルリティクラス、異常ホール効果、スピンテキスチャーの  $Z_2$  渦とスカーミオン格子について解説される。スピングラスについては、標準的なレプリカ対称性の破れについても説明されているが、やはり真骨頂は著者によって提唱されたカイラリティシナリオに関する部分である。カイラリティの自由度がガラス化の本質的な自由度であり、磁気異方性によりスピン自由度にその影響が及ぶというアイデアは色々と議論を呼んだが、異常ホール効果の測定を通してのカイラリティの観測により実験結果のサポートが得られている。

最後の 2 つの章においてはその他の重要なテーマとして、磁性絶縁体の量子スピン液体状態と遍歴磁性が簡単に取り上げられている。スピン液体状態の発現に関してもランダムネスの重要性を指摘していることに個性が表れている。

以上のように、本書は最近の研究まで含めた、主に絶縁体を中心とする磁性理論の概要を知るために最適な参考書である。必要とされる予備知識は学部レベルの最小限のものに留められており、説明は平明で解りやすい。そのため本書は特に、磁性に興味を持つ他分野の研究者に強く薦めたい。また、スピンを基礎に戻って復習したい物性分野の研究者にも有用である。磁性の研究対象は極めて幅広い分野にわたっており、量子磁性や金属磁性、近藤効果などのいくつかの重要な問題の説明も本書では概略に留まっているが、それぞれにより詳しい教科書や専門的な参考書が紹介されており、興味を持つ読者への便宜が図られている。

常次 宏一 (東京大学物性研究所)