

まえがき

新物質の発見が、新しい物理学を生んだ最も良い例が、近年の高温超伝導物質の発見であろう。20世紀末に発見された銅酸化物超伝導体は、強相関電子系の研究やBCS理論を越える新しい超伝導機構の研究を強力に推進し、物性物理学の研究領域を大きく広げ、深化させた。残念ながら、超伝導機構については、35年以上経った今もまだ解明されたとはいえない。しかしながら、多くの研究者を虜にしたさまざまなエキゾチックな性質については、かなり理解が深まった。銅酸化物に遅れること約20年、今世紀初頭に発見された鉄化合物高温超伝導体も、誰もが高温どころか通常の超伝導すら予想しなかった物質群であり、研究者に大きな衝撃を与えた。本書は、これらのエキゾチックな超伝導体の物性について、電荷応答の観点から解説することを目的としている。さらに、これらの例を学ぶことで、より一般的な他の類似現象についての理解を深めてもらうことが、究極の目的である。

そもそも、物質の性質(物性)を知るとは、どういうことだろうか。ある物質について、その物性を定量的に表現でき、なぜそのような性質を示すのかを理論的に説明できること、これが「その物質を理解できた」ということである。その先には、狙った性質を持った物質を設計・合成する「新物質の創成」も視野に入ってくる。物質の性質にも、電気的性質、力学的性質、熱的性質、磁氣的性質など種々あるが、ここでは光学的性質に焦点を当てる。性質を調べるためには、対象物質にさまざまなプローブ(探針)を当て、何らかの摂動を加える必要がある。光というプローブを物質に当て、それによって物質の性質が変化する様子(加えた摂動に対する応答)を観測して、もとの性質そのものを予想する、というのが光学的手法である。

第1章と第2章は、光物性の基礎知識をまとめたものであり、固体の光学的性質を理解するための一般的知識である。次に、高温超伝導体の話に移る前に、第3章では、高温超伝導体の対比物質として、典型的なBCS超伝導

体である二ホウ化マグネシウムの電荷応答を紹介する。第4章では、銅酸化物超伝導体の常伝導状態・超伝導状態の特徴的な異常電荷応答を列挙して、詳細に解説する。最後に第5章で、鉄化合物超伝導体の電荷応答を紹介し、強結合超伝導体の特徴として理解できる事柄をまとめる。最先端の実験結果も一部紹介するが、それらについては、解釈がまだ定まっていないものもあることはご了承いただきたい。

本書は、大学の学部4年生から大学院修士課程の学生の知識レベルを想定して書かれている。電磁気学、量子力学、統計力学、そして簡単な物性物理学の知識があることが望ましい。

最後に、本書執筆の機会を提供くださった監修者の藤原毅夫先生、藤森淳先生、勝藤拓郎先生、そして内田老鶴圃の内田学社長に感謝申し上げたい。特に、藤森淳先生には丁寧に原稿に目を通していただき、有益なコメントを多数頂戴した。固体の電子ラマン散乱に関する記述は、元北海道大学(現千歳科学技術大学)の山中明生先生にご教示いただいたものが多い。また、ここにまとめた高温超伝導体の物性に関する理解や描像は、どれも40年近くにわたる多数の国内外の共同研究者との議論の結果、得られたものである。ここにそのお名前をすべて記すことはできないが、数々の議論を繰り広げ、多くの示唆を与えてくださったすべての皆さまに、深く感謝し、本書を捧げたいと思う。

2024年3月

著者