

まえがき

物質が示す磁氣的性質は、古くから固体物理の一大学問分野を形成しており、最近では、磁気が強く関与している超伝導現象が発見され、強相関電子系と呼ばれる物質群(強相関物質)における超伝導現象の解明が物性物理学の中心的な研究課題のひとつとなっている。なかでも、液体窒素温度を超える超伝導転移温度(最高 $T_c = 135$ K)をもつ銅酸化物高温超伝導現象は、反強磁性絶縁体の構成元素の化学的置換によってわずか数パーセントのキャリアを添加することによって発現し、その超伝導発現機構には、磁氣的相互作用が関与している。さらに、応用面では、磁気特性を利用した種々のセンサーやデバイス等が開発され、半導体を基盤としたエレクトロニクスとともに、磁性体を基盤とした「スピントロニクス」は、現代社会の高度な文明の一翼を支えるまでに発展している。

物質・材料の磁氣的性質を実験的に研究する方法としては、静的な磁場に対する応答をみるもの、電子線、中性子線や X 線を用いた回折や散乱現象を利用するもの、電磁波やガンマ線を用いた共鳴現象を用いるものに大別される。共鳴型磁気測定法としては、電子スピンを対象とした電子スピン共鳴(ESR)および原子核スピンを対象とした核磁気共鳴(NMR)や核四重極共鳴(NQR)がある。なかでも、NMR・NQRは、物質中の莫大な数の電子が生み出す原子レベルでの静的・動的性質を明らかにできる強力な微視的実験手段として、磁氣的性質のみならず、超伝導現象に関する数々の新しい概念の創出に威力を発揮している。ここ 30 年あまり、物性物理学における研究の主要なトピックスとなっている強相関物質の磁性と超伝導に関する問題に対しても、NMR・NQR法を用いた研究が世界中で行われ、多くの創発的な知見が蓄積されている。

NMRは、1946年 Bloch, Hansen, Packard と Purcell, Torrey, Pound が独立に実験に成功して以来、その発展は、目ざましいものがあり、物性物理学分野だけではなく、化学分野でも、なくてはならない標準的実験手法として不動の地位を確立している。さらに注目すべきことに、生物学をはじめ、医学、医療、脳科学のほとんどすべての自然科学分野において、必要不可欠な実験手法ともなっ

iv まえがき

ている。医療における人体の内部画像診断で活躍している通称 MRI(Magnetic Resonance Imaging) は、超伝導磁石や高性能ネオジム永久磁石を用いて、体内の主要な構成元素である水素原子核の NMR を利用した画期的な医療診断装置である。このように、固体、有機化合物、高分子、たんぱく質、生命体等の自然界の多階層にわたって、原子スケール、ナノスケール、メゾスコピックスケール領域における微視的な情報を引き出せることに、NMR の特筆すべき特徴がある。

物性物理学分野においては、超低温、強磁場、高压等の極限条件下での実験技術の発展と相まって、NMR・NQR の適用範囲は、ますます広がっている。この間、多くの教科書、参考書が書かれているが、研究の拡がりや専門の分化により、対応しきれない状態にある。さらに最近では、光検出磁気共鳴手法などの全く新しい実験手法が試みられており、驚くべきことに、ひとつの電子スピン、原子核スピンの共鳴現象(ラビ振動)を観測できるようになり、ナノワールドでの「磁気センサー」が開発されようとしている。

このように、共鳴型磁気測定を用いた物質・物性・材料の研究は、今後も、ますます拡大発展し、基礎・基盤科学における重要性だけではなく、学際的・分野横断的な新しいサイエンスを切り拓く可能性を秘めている。このような観点から、物性物理科学や物質・材料科学の研究に従事している研究者、若い有為な学生諸君、企業研究者、学際領域の研究者・技術者にとっては、共鳴型磁気測定の基礎的な事柄を理解することと、対象とする専門分野の勉強という二足のわらじ的な取り組みを要求される。さらに、研究対象の進展や変化に伴い、新しい知識が必要になるが、既存の教科書についても、すべてこれを理解する余裕もなければ必要もない。このような状況の下で、特定の研究分野とその周辺に対象を絞ることなく、新しく共鳴型磁気測定を始めようとする初学者のみならず、これから物性物理科学、物質科学、材料科学、さらには、学際科学等に興味をもっている学部後期学生、修士課程大学院生、企業研究者、さらに学際・複合領域の研究者・技術者の方々を念頭に、共鳴型磁気測定の基礎概念の理解と応用展開について、できるだけやさしく、分かりやすく、連続性を保ちながら平易に記述された「テキスト」の必要性を痛感し、本書を執筆するに至った次第である。

最後に、本書の出版にあたって、藤森淳教授には、本テキストの監修の労を取っていただくとともに、藤原毅夫教授、勝藤拓郎教授には、編集に関して多大なご援助をいただきました。また、内田老鶴圃の内田学社長とスタッフの方々には、原稿作成から編集作業まで辛抱強くお世話をいただき、深く感謝しております。

平成 26 年 10 月

北岡 良雄