

はじめに

この本を手にとって今序文を読んでおられる方々は、「強相関電子系に興味がある」か「強相関電子系って何であろう?」と疑問に思われたかのいずれかであろう。ここで「強相関電子系とは…」と説明するのが正しい序文の流れであろうが、残念ながら著者自身、強相関電子系の定義があまりよくわかっていない。文字通りの意味においては、「電子間のクーロン相互作用が無視できない系」のことであるが、現代の物質科学において電子間のクーロン相互作用が完全に無視できる場合はあまりないのであって、そうすると強相関電子系は物質科学の大半を占めることになってしまう。そう言い切ってしまうと、多くの人にこの本を読んでもらえることになって著者としてはうれしい限りであるが、それでは何なので著者なりの強相関電子系の定義を書くと、「その物性を理解するのに電子のスピン役割が無視できないような物質」である。これでも十分広い範囲になってしまし、またこれだけでは何のことかよくわからないのであるが、先に進むことにしよう。

さて、強相関電子系に限らず最先端の物質科学を学ぼうとして教科書を開くと、量子力学や統計力学の基礎は当然のこと、場合によっては第二量子化等の進んだ話や固体物理などの知識まで要求されていることがある。仕方なくそれらを学ぼうとしてまずは量子力学の教科書を開くと、今度は解析力学の知識が要求されたりしていて、これではいつまでたっても本来の教科書に達することができない。物理を専門に学んだ人でないと最先端の物質科学の研究ができない、というのは大変困った事態である。それどころか、物理を専門に学んだはずの人であっても、量子力学などの理解はあやふやな場合が多いのであって(これはそれほど恥じることもない)、それらを前提にし過ぎた教科書だと、結局表面を理解するだけに終わりがちである。

以上に鑑みて、本書ではあまり基礎知識を前提とせずに強相関電子系を解説することを試みた。読者が知っていると仮定したのは、大学初級の数学(線形代数と微積分、フーリエ級数の初歩)と大学初級の力学、電磁気学である。多少これ

らをはみ出た部分(例えば熱力学)を仮定しているところもあるが、知らなくてもほとんど差支えない。量子力学と統計力学、固体物理は全く知らないものと仮定した。物質科学において必要な量子力学の知識は、通常の量子力学の教科書で強調されている内容とはかなり異なる部分が多い。物質科学を学ぶということを前提に量子力学を学ぶ、という考えもあり得ると思ひ、本書を読めば量子力学の基礎も学ぶこともできるように工夫してみた。量子力学を学んだことのある読者は、その部分を復習のつもりで読んでいただければと思う。

具体的な構成は以下のとおりである。第1章から第3章までは、量子力学と固体物理の基礎(バンド理論)の解説を行う。この中で「状態を重ね合わせることができる」ことと「ハミルトニアンは行列で書ける」ことをぜひ理解していただきたい。第4章ではスピンと磁性を解説した。初等的な教科書における磁性の説明においてはスピンの量子性を一部無視している場合が多いが、強相関電子系においてはスピンの量子性は本質なので、そこを丁寧に解説した。第5章と第6章は第二量子化(場の量子化)の説明である。多くの解説書ではこれを記法として用いているものの、その意味が書かれていないことがしばしばであり、いざそれをまじめに勉強しようとするとき分厚い場の量子論の本を読む必要があったりして、学習において大変苦勞する部分である。本書ではできるだけその苦勞を削減できるように工夫したつもりである。

第7章では、6章までの知識をもとに、具体的な強相関電子系である遷移金属化合物の物性を解説した。第8章は、対称性という観点で様々なトピックを集めた。対称性や群論は物質科学において非常に重要な概念であり、詳細な解説書もいくつもあるものの、単なる分類学に見えたりして有用性がなかなかわかりにくいのも事実なので、それを重点的に解説した。第9章は強相関電子系の「測定」の例として、光学測定の解説を行った。数ある測定の中から光学測定を選んだのは、著者自身の研究分野であるというのがほぼ唯一の理由なのであるが、どのような測定でも共通する物理的部分を強調したので、そこはご容赦いただけると幸いである。

なお、本書の途中にしばしば「確かめてほしい」という文言が出てくるが、これは練習問題の代わりなのでその部分はぜひ読者自らの手で計算していただきたい。それに限らず、本書を読む際はただ漫然と文章や式を眺めるのではなく、実際に自らの手で紙に数式等を書きながら読み進めてほしいというのが、著

者の(心からの)願いである。

著者自身「それだけ読んでもわかるようには書かれていない」教科書に悩まされてきた経験があるので、本書はできるだけ「読めばわかる」ように書いたつもりである。(その代償として、扱うトピックはかなり絞ってある。)もちろん、それは著者の大きな思い過ごしである可能性が高いので、「読んでもわからない」部分があれば、ぜひお知らせいただければと思う。

藤原毅夫先生、藤森淳先生には、この本を執筆する貴重な機会を与えていただき、さらには執筆に際して大変有益な助言をいただきました。また内田老鶴圃の内田学社長には、忍耐強く原稿の完成を待っていただきました。深く感謝を申し上げます。

2017年4月

著者