

## まえがき

“軌道”とは日常でもよく耳にする馴染みのある言葉である。天体や野球のボールについて用いられるときにはそれらの運動の経路を意味し、鉄道や人生、生活について用いられる場合はあらかじめ設けられたレールを指すことが多い。電子について使われる“軌道”の概念は日常から少々かけ離れた量子力学により確立したものであるが、いまや高校の教科書でも紹介されている。現在では物理学、化学、電子工学の分野においてはもちろん、生物学や薬学を学ぶ者にとっても必須の概念となっている。

本書は、電子間に強い相互作用のある固体における軌道自由度についてまとめたものである。大学の量子力学や量子化学の講義では、原子に束縛された電子は様々な形の軌道をとることを習う。原子が規則的に配列した固体では強い電子間相互作用により軌道自由度が顕わになり、系の磁性、誘電性、光物性、結晶構造などの多くの物性現象を支配している。

本書はこれから研究を始めようとしている物理学、物理工学、化学、マテリアル工学などを専攻する学部3、4年生から、大学院生、さらに最先端の研究者までを対象としている。本シリーズの刊行の言葉にある「大学初年度で学ぶ程度の物理の知識をもとに、基本法則から始めて、物理の概念の発展を追いながら最新の研究成果を読み解く」ことを十分意識して、解説の随所で量子力学、統計力学や初等固体物理学に戻って記述した。これらに加えて群論の基礎知識が多少あると内容をより理解することができるであろう。“最前線”シリーズの一冊としてはすでに確立した内容が占める仕上がりととなったが、これは軌道物理学の研究は古くて新しいテーマであり、最先端のテーマといえど過去の研究を知らないとその意義もおもしろさも理解できないと考えるからである。また歴史的な記述を所々交えたが、これは確立した事項をきれいに並べるのではな

く研究のダイナミクスを知っていただきたいという思いとともに、オリジナリティに敬意を示すためである。この研究分野においては我が国の多数の研究者が大きな貢献をしているにもかかわらず、軌道物理に内容を絞った和書はあまり見当たらない。現段階で研究の過去を振り返り現況をまとめておくのも意味があることかもしれない。

本書の第1章では軌道物理についてそのおもしろさを概観し、続く第2, 3章では軌道物理を学ぶうえで必要な初歩的な量子力学や初等固体物理学をまとめた。第4, 5章では固体の様々な軌道模型と軌道秩序について記した。第6, 7章では固体中の軌道秩序や軌道励起を観測する実験手法について触れた。最後の第8章ではここ数年で展開された軌道物理学の最近の発展と話題について紹介した。参考文献は巻末にまとめたが、本書の全般に関する代表的な書籍として [1-13] を挙げるので、併せて参考にしていただきたい。

物質科学の基礎研究においては、多様性 (diversity) と普遍性 (universality) が一体となり車輪の両輪のように回ることが極めて重要である。軌道物理の話題はそのテーマの性質から、ややもすると個々の物質に特化した各論となりがちである。本書ではこれを少し抑え、軌道自由度固有の特徴である“方向性の物理”や“局所対称性と保存量の物理”を強調する理論的視点から記述を試みた。

本書で紹介した内容は東北大学大学院理学研究科における大学院講義、ならびに東京大学、千葉大学、名古屋大学、大阪大学、岡山大学の各大学院における集中講義に基づいている。また本書で紹介した内容で著者が携わった研究は、多くの方々との共同研究の賜物である。特に、長年の共同研究と本書の内容に関して貴重なご意見をいただいた中惇氏 (早稲田大学)、那須讓治氏 (横浜国立大学) ならびに岩井伸一郎先生 (東北大学) に感謝する。さらに著者をこの分野に導いてくださった前川禎通先生 (理研, 元東北大学)、井上順一郎先生 (元名古屋大学)、永長直人先生 (理研, 東京大学)、十倉好紀先生 (理研, 東京大学)、遠藤康夫先生 (元東北大学)、村上洋一先生 (高エネ研) にこの場をお借りして感謝を申し上げる。最後となってしまったが、本書の執筆の機会を与えていただいた須藤彰三先生 (東北大学)、岡真先生 (J-PARC, 元東京工業大学) ならびに出版に携わっていただいた島田誠氏 (元共立出版)、高橋萌子氏 (共立出版) に御礼を申し上げる。

本書がきっかけとなり読者がこの分野の研究に興味を持っていただければ著者として本望であり、またこれまで多くの方々から受けた御恩をお返しできたのではないかと思う。

令和二年 2 月

石原純夫