

はじめに

スピントロニクスはエレクトロニクスにスピン操作を合わせて電荷とスピンの制御を行う技術を指す用語である*1。スピンは電子などがもつ微小な磁石のようにみなせる量子自由度で、物質の磁性は多数のスピンの集合がマクロに示すふるまいである。スピントロニクスの主な興味の対象となる長さスケールは μm から nm 程度である。微小な系の磁性では巨視的な磁石における磁化を対象とする従来の磁性研究とは異なる物理があるが*2、ここに電気伝導現象が関わりスピントロニクスとなることでさらに豊富な現象が現れ興味深い現代物理の舞台となる。長い歴史のある磁性研究に電氣的測定という新しい手法をもたらしたことはスピントロニクスの重要な貢献である。

本書の目的は2つあり、スピントロニクス現象を物理の対象としての視点から記述すること、および必要な理論的手法を解説することである。記述は物理としての明快性と見通しのよさを重視して行う。したがって現在の慣例に基づく理解と異なる記述もあるかもしれない。

量子論で支配されている伝導電子が局在スピンと相互作用し合うスピントロニクス系を記述し理解する上で場の理論は便利である。波動関数の挙動を考えながら現象を抜き出すのではなく、直接ほしい物理量を計算できることは記述の見通しのよさにおいて断然有利である。具体的計算をやるかはともかくとしても、場の理論の発想を知っておくことは実験系の研究者にとっても大変有用であると思う。

本書は、各章が独立して読めるように心がけた。各自の目的と予備知識に応じて必要な章のみ読んでいただければと思う。第3章は理論に深入りしたくない読者にもスピントロニクスの理論の概要を伝えるため、学部で量子力学の知識で読めるように記述した。本書の前半部にも正確な表現のため、ところどころ場を用

*1 エレクトロニクスに重きをおいた、スピンエレクトロニクスという言い方もされることがある。

*2 故金森順次郎先生があるとき「昔は磁石は単に磁場をつくるものとしか見られていなかったが、やがて磁化のオーダーパラメータとしての意味が理解され、今では磁石内の小さい構造である磁壁が新しい物理変数となっているのだね。」という趣旨のご発言をされたのが記憶に残っている。

いた記述を入れたが，これらの部分は読みとばしてもらってさしつかえない。

なお，数式中で斜体の太字で表される量はベクトルで，その大きさは通常の斜体で表す。またベクトルの成分 i についての和では，誤解のない場合には和の記号 \sum_i を略すこともある (アインシュタインの規約)。

本書の内容を詳しく知るための参考書をいくつか挙げておく。この他にも新しく良い本が多数あることは言うまでもない。

磁性一般

- ・金森順次郎. 磁性. 培風館 (新物理学シリーズ (7)), 1969.
- ・近角聡信. 強磁性体の物理. 裳華房, 1978.
- ・近角聡信他 (編). 磁性体ハンドブック. 朝倉書店, 1975.
- ・高梨弘毅. 磁気工学入門. 共立出版, 2008.

場の量子論

- ・永長直人. 物性論における場の量子論. 岩波書店, 1995.
- ・崎田文二, 吉川圭二. 径路積分による多自由度の量子力学. 岩波書店, 1986.
- ・阿部龍蔵. 統計力学. 東京大学出版会, 1992.

スピントロニクス

- ・齊藤英治, 村上修一. スピン流とトポロジカル絶縁体—量子物性とスピントロニクスの発展—(基本法則から読み解く物理学最前線 (1)). 共立出版, 2014.
- ・多々良源. スピントロニクス理論の基礎. 培風館, 2009.

2019年4月

多々良 源