目　次

1. スピントロニクスとは　1～12

1-1 磁気記録の歴史 …… 3
1-2 磁気抵抗効果 …… 5
1-3 スピン注入磁化反転 …… 10

2. 磁性と電気伝導の基礎　13～28

2-1 金 属 性 …… 13
2-2 強 磁 性 …… 17
2-3 マクロな視点からの強磁性体 …… 24

3. スピントロニクスの現象論　29～40

3-1 電流による磁化反転 …… 29
3-2 スピン流とその生成および検出 …… 37

4. 強磁性体の微視的記述　41～56

4-1 強磁性ラグランジアンと磁化の運動 …… 41
4-2 スピンの Berry 位相項 …… 45
4-3 スピン系のもつ運動量 …… 47
4-4 局在スピンの緩和 …… 49
4-5 スピンの運動方程式と磁壁解 …… 51
4-6 磁気渦 …… 54

5. 磁壁の集団座標　57～71

5-1 磁壁解のまわりのゆらぎ …… 58
5-2 スピン波励起 …… 60
5-3 ゼロモード …… 61
5-4 ピン止めポテンシャルと困難軸磁気異方性 …… 64

5-5 磁場中での磁壁の運動 …… 65
5-6 磁壁粒子？ …… 67
5-7 磁気渦の集団座標 …… 70

6. 場の量子化 72～85
6-1 場の量子論とは …… 72
6-2 生成消滅演算子 …… 76
6-3 交換関係と波動関数の対称性 …… 81
6-4 反交換関係に従う粒子：Fermi 粒子 …… 83

7. 伝導電子の微視的記述 86～96
7-1 伝導電子の記述 …… 86
7-2 相 互 作 用 …… 89
7-3 電流とスピン流 …… 94

8. 電子の Green 関数 97～131
8-1 物理量 …… 97
8-2 物理量の満たす方程式 …… 101
8-3 数学的に便利な微分方程式を満たす関数 …… 103
8-4 物理量の経路表示 …… 105
8-5 経路順序 Green 関数 …… 109
8-6 実際の時刻で表した Green 関数 …… 112
8-7 自由電子の場合の具体例 …… 114
8-8 相互作用の摂動論的扱い …… 117
8-9 不純物による電子散乱 …… 119
8-10 不純物散乱のもとでの Green 関数 …… 123
8-11 不純物散乱のもとでの lesser Green 関数 …… 130

9. 外場への電子系の線形応答 132～153
9-1 スカラー場により誘起される電荷密度 …… 132
9-2 スカラー場により誘起される電流密度 …… 142
9-3 拡散型因子 …… 145

9-4 線形応答理論 …… 146

10. スピンが誘起する電流とスピン流 154～168
10-1 *s-d* 型相互作用の摂動論 …… 155
10-2 スピンのスカラーカイラリティと永久電流 …… 157
10-3 異常 Hall 効果 …… 161
10-4 平衡スピン流 …… 166

11. 電流のもとでの磁化ダイナミクス 169～195
11-1 ゲージ変換 …… 169
11-2 スピン構造に伴う電磁場 …… 173
11-3 電流下での磁壁の運動方程式 …… 175
11-4 非断熱効果とスピン緩和効果 …… 185
11-5 電流のもとでの磁気渦の運動 …… 189
11-6 関連した問題 …… 190

付 録 197～212
A-1 強磁性の有効ラグランジアン …… 197
A-2 磁壁の運動方程式の解 …… 210

参考書・参考文献 213
あ と が き 217
索 引 219