

目 次

| | |
|---------------------------|----|
| 1. 生成消滅演算子 | 1 |
| 1.1 量子力学 | 1 |
| 1.2 ボソン (ボース粒子) | 4 |
| 1.3 フェルミオン (フェルミ粒子) | 6 |
| 1.4 コヒーレント状態 | 7 |
| 1.5 粒子数と位相 | 8 |
| 1.6 グラスマン数 | 11 |
| 2. 場の演算子 | 15 |
| 2.1 多体量子力学ハミルトニアン | 15 |
| 2.2 ボース場の演算子 | 18 |
| 2.3 フェルミ場の演算子 | 20 |
| 2.4 量子場の理論 | 21 |
| 2.5 電子と電磁場の相互作用 | 23 |
| 3. 正準量子化 | 25 |
| 3.1 振動, 波動と相対論的粒子 | 25 |
| 3.2 実スカラー場 | 27 |
| 3.3 複素スカラー場 | 34 |
| 3.4 非相対論的場 | 36 |
| 3.5 相関関数 | 39 |
| 3.6 ネーター・カレント | 42 |

| | |
|------------------------|-----|
| 4. 対称性の自発的破れ | 45 |
| 4.1 強磁性 | 45 |
| 4.2 ヒッグス・ポテンシャル | 48 |
| 4.3 シグマ模型 | 53 |
| 4.4 非相対論的場 | 55 |
| 4.5 超流動 | 59 |
| 4.6 ゴールドストーン定理 | 61 |
| 5. 電磁場の量子化 | 64 |
| 5.1 マックスウェル方程式 | 64 |
| 5.2 正準量子化 | 66 |
| 5.3 物質場との相互作用 | 74 |
| 5.4 アンダーソン-ヒッグス機構 | 76 |
| 5.5 質量のあるベクトル場 (プロカ場) | 78 |
| 5.6 超伝導 | 80 |
| 6. ディラック場 | 85 |
| 6.1 ディラック方程式 | 85 |
| 6.2 平面波解 | 88 |
| 6.3 正準量子化 | 91 |
| 6.4 電磁場との相互作用 | 96 |
| 6.5 ワイル場 (質量ゼロのディラック場) | 99 |
| 6.6 磁場中のディラック電子 | 102 |
| 7. 場の相互作用 | 106 |
| 7.1 ダイソン方程式 | 106 |
| 7.2 相互作用描像 | 108 |
| 7.3 生成汎関数 | 110 |
| 7.4 摂動論 | 112 |
| 7.5 有効作用 | 116 |
| 7.6 散乱振幅 | 119 |

| | |
|---------------------|-----|
| 8. 量子補正 | 124 |
| 8.1 正則化 | 124 |
| 8.2 繰り込み | 128 |
| 8.3 不安定粒子 | 133 |
| 9. 量子電磁気学 | 136 |
| 9.1 ファインマン則 | 136 |
| 9.2 電子の自己エネルギー | 139 |
| 9.3 光子の自己エネルギー | 140 |
| 9.4 頂点関数 | 143 |
| 9.5 正則化と繰り込み | 144 |
| 10. 非相対論的電子の場の理論 | 150 |
| 10.1 物質の中の電子 | 150 |
| 10.2 電子と光子の相互作用 | 153 |
| 10.3 電子とフォノンの相互作用 | 161 |
| 10.4 有限温度での量子場の理論 | 165 |
| 11. 汎関数積分量子化 | 168 |
| 11.1 虚数時間形式 | 168 |
| 11.2 温度グリーン関数 | 169 |
| 11.3 ボース場の汎関数積分 | 172 |
| 11.4 フェルミ場の汎関数積分 | 177 |
| 12. 有効作用と古典場 | 182 |
| 12.1 有効ラグランジアン | 182 |
| 12.2 半古典近似 | 184 |
| 12.3 コールマン-ワインバーグ模型 | 187 |
| 12.4 有限温度での対称性の回復 | 189 |
| 12.5 BCS 超伝導 | 191 |

| | |
|----------------------------|-----|
| A. 付 録 | 198 |
| A.1 時間発展演算子 | 198 |
| A.2 経路積分公式 | 199 |
| A.3 ローレンツ変換とディラック方程式 | 201 |
| 索 引 | 207 |