

目次

まえがき	iii
第 1 章 相対論的量子力学のまとめ	1
1.1 表記法	1
1.2 スピン 0 粒子	2
1.3 デイラック方程式	4
第 2 章 場の構成法	9
2.1 粒子と場の対応関係	9
2.2 スピン 0 ボース粒子	10
2.3 ラグランジアンとハミルトニアン	14
2.4 汎関数微分	16
2.5 フェルミ粒子の場の演算子	18
第 3 章 正準量子化	21
3.1 ラグランジアン, 相空間, ポアソン括弧	21
3.2 量子化の規則	29
3.3 自由スカラー場の量子化	31
3.4 デイラック場の量子化	35
3.5 対称性と保存則	39
3.6 エネルギー運動量テンソル	42
3.7 電磁場	45
3.8 エネルギー運動量テンソルと一般相対論	46
3.9 スカラー場の光錐量子化	47
3.10 マクスウェル方程式の共形不変性	49

第 4 章	交換子と伝播関数	53
4.1	スカラー場の伝播関数	53
4.2	フェルミ粒子の伝播関数	61
4.3	グラスマン数とフェルミ粒子の生成汎関数	63
第 5 章	相互作用と S 行列	67
5.1	S 行列の一般公式	67
5.2	ウィックの定理	74
5.3	S 行列の摂動展開	75
5.4	崩壊確率と散乱断面積	81
5.5	スカラー場以外への一般化	83
5.6	N 点関数の演算子公式	86
第 6 章	電磁場	91
6.1	量子化と光子	91
6.2	荷電粒子との相互作用	96
6.3	量子電磁力学 (QED)	99
第 7 章	散乱過程の例	101
7.1	光子と荷電スカラー粒子の散乱	101
7.2	クーロン場での電子散乱	104
7.3	媒質中での低速中性子散乱	106
7.4	コンプトン散乱	109
7.5	π^0 中間子の崩壊	113
7.6	チェレンコフ放射	115
7.7	ρ 中間子の崩壊	117
第 8 章	汎関数積分表示	121
8.1	ボソン場の汎関数積分	121
8.2	汎関数積分としてのグリーン関数	124
8.3	フェルミ粒子の汎関数積分	127
8.4	S 行列汎関数	130
8.5	ユークリッド化と QED	132
8.6	非線形シグマ模型	134
8.7	連結グリーン関数	140
8.8	量子的な有効作用	143
8.9	有効作用と S 行列	147
8.10	ループ展開	149

第9章	繰り込み	155
9.1	繰り込みの一般的な手続き	155
9.2	スカラー場の理論の1ループ繰り込み	158
9.3	繰り込まれた有効ポテンシャル	167
9.4	次数の数え上げ規則	168
9.5	QEDの1ループ繰り込み	170
9.6	高次の繰り込み	183
9.7	カウンター項と繰り込み可能性	188
9.8	スカラー場の繰り込み群方程式	196
9.9	繰り込み群方程式の解と臨界現象	201
第10章	ゲージ理論	207
10.1	ゲージ原理	207
10.2	平行移動	212
10.3	電荷とゲージ変換	215
10.4	ゲージ理論の汎関数量子化	219
10.5	具体例	226
10.6	BRST対称性と物理的状態	228
10.7	\mathcal{Q} 対称性に関するウォード-高橋恒等式	234
10.8	非アーベル型ゲージ理論の繰り込み	238
10.9	フェルミオン作用とQED再考	241
10.10	伝播関数と有効電荷	242
第11章	対称性	255
11.1	対称性の表示法	255
11.2	ウォード-高橋恒等式	258
11.3	電磁力学のウォード-高橋恒等式	260
11.4	離散的対称性	263
11.5	コンプトン散乱の低エネルギー定理	270
第12章	自発的対称性の破れ	277
12.1	連続的大域対称性の自発的破れ	277
12.2	基底状態の直交性	284
12.3	ゴールドストンの定理	286
12.4	コセット空間	289
12.5	非線形シグマ模型	292
12.6	南部-ゴールドストン粒子の動力学	293
12.7	自発的対称性の破れに関する結果のまとめ	298
12.8	スピン波	298
12.9	QCDにおけるカイラル対称性の破れ	299
12.10	QCDカイラル対称性の破れの有効作用	304

viii 目次

12.11	有効ラグランジアンと S 行列のユニタリー性	310
12.12	ゲージ対称性とヒッグス機構	313
12.13	標準模型	318
付 録	相対論的不変性	329
A-1	ポアンカレ代数	329
A-2	ポアンカレ代数のユニタリー表現	333
A-3	質量粒子	335
A-4	スピン 0 粒子の波動関数	338
A-5	スピン $\frac{1}{2}$ 粒子の波動関数	340
A-6	スピン 1 粒子	341
A-7	無質量粒子	342
A-8	位置演算子	343
A-9	等長変換, エニオン	344
	一般的な参考文献	347
	索引	349