

目 次

1 粒子と相互作用	1
1.1 はじめに	1
1.2 基本構成粒子と力の媒介粒子	3
1.2.1 クォーク (quark)	3
1.2.2 レプトン	5
1.2.3 ゲージ粒子とヒッグス粒子	7
1.3 相互作用	8
1.3.1 電磁相互作用	8
1.3.2 弱い相互作用	9
1.3.3 強い相互作用	11
1.4 保存則	12
1.4.1 CPT 対称性	13
1.4.2 アイソスピニ保存則	14
1.4.3 加算的量子数の保存則	14
1.5 自然単位系	18
2 加速器と測定器	21
2.1 加速器	21
2.1.1 静電加速器	22
2.1.2 線形加速器	23

2.1.3	円形加速器	24
2.1.4	ビームライン	27
2.1.5	衝突型加速器	29
2.2	粒子と物質の相互作用	31
2.2.1	荷電粒子の物質による電離損失	31
2.2.2	荷電粒子の多重散乱	33
2.2.3	ノックオン電子の放出	35
2.2.4	電子による光の輻射	35
2.2.5	ガンマ線の吸収	36
2.2.6	電磁シャワーの発達	38
2.2.7	ハドロンシャワー	41
2.3	測定器	42
2.3.1	シンチレーションカウンター	43
2.3.2	比例計数管	44
2.3.3	ドリフトチェンバー	47
2.3.4	チェレンコフ・カウンター	47
2.3.5	カロリメーター	50
2.3.6	実験例	52
3	パイ中間子と K 中間子	59
3.1	パイ中間子	60
3.1.1	パイ中間子の予言と発見	60
3.1.2	パイ中間子の質量	63
3.1.3	中性パイ中間子	67
3.1.4	荷電パイ中間子のスピン	71
3.1.5	荷電パイ中間子のパリティ	72
3.1.6	中性パイ中間子のスピン, パリティ	73
3.2	アイソスピン	76
3.2.1	核子のアイソスピン	76
3.2.2	パイ中間子のアイソスピン	78
3.2.3	パイ中間子と核子の系のアイソスピン	78

3.3	ストレンジ粒子	83
3.3.1	V 軌跡	83
3.3.2	K 中間子	86
3.3.3	ストレンジネスとアイソスピニ	89
3.4	粒子多重発生	93
4	クォーク模型	99
4.1	中間子および重粒子多重項	100
4.1.1	中間子	101
4.1.2	重粒子	103
4.2	SU(3) 分類	106
4.2.1	中間子の分類	106
4.2.2	重粒子の分類	109
4.3	Ω^- の予言	115
4.4	質量公式	117
4.5	軌道励起	118
4.6	磁気能率	119
4.7	ドレル・ヤン反応	122
4.8	ベクトル中間子のレプトン崩壊	121
4.9	フリークォーク探し	122
5	ハドロンの構造	125
5.1	構造因子と電荷の分布	128
5.2	電子・核子弹性散乱	129
5.3	電子・核子非弹性散乱	132
5.4	電子・クォーク散乱	137
5.5	ニュートリノ・核子非弹性散乱	139
5.6	構造因子とクォークの分布	139
5.6.1	電磁構造因子	139
5.6.2	ニュートリノ散乱の構造因子	142
5.6.3	加算則	145

5.7 レプトン・パートン散乱	147
5.7.1 パートンのスピン	147
5.7.2 反クォークの分布	150
5.7.3 グルーオン	151
6 弱い相互作用	153
6.1 ベータ崩壊	153
6.2 パリティ非保存	158
6.2.1 パリティ非保存の確認	158
6.2.2 Λ 粒子崩壊におけるパリティ非保存	160
6.3 V - A 相互作用	162
6.3.1 ストレンジ粒子の崩壊	163
6.4 カビボ理論	165
6.5 K^0 粒子と CP 非保存	168
6.5.1 CPT 定理	168
6.5.2 中性 K 粒子の状態と対称性	169
6.5.3 K^0 の再生とストレンジネス振動	172
6.5.4 CP の破れ	174
6.6 ニュートリノ振動	180
7 電弱相互作用の統一	185
7.1 ニュートリノ反応と理論のユニタリー性	185
7.2 中性カレント	187
7.3 GIM 機構	189
7.4 J/Ψ の発見	191
7.5 ゲージ不变性	194
7.5.1 一律なゲージ変換	194
7.5.2 局所的ゲージ変換	195
7.5.3 ヤン・ミルズゲージ場	196
7.5.4 ヒッグス機構	197
7.6 標準理論	202

7.7	標準理論の実験的検証	206
7.7.1	電弱相互作用の干渉	206
7.7.2	核子によるニュートリノの深非弾性散乱	210
7.7.3	電子・重陽子散乱におけるパリティの破れ	212
7.7.4	W, Z ボソンの発見	214
8	重いクォークと CP 対称性	223
8.1	チャーム粒子	223
8.1.1	チャーモニウム	223
8.1.2	チャームハドロン	225
8.1.3	SU(4) 対称性	227
8.2	ボトムクォーク	229
8.3	トップクォークの発見	232
8.4	6 クォークと CP 対称性	240
8.4.1	$B^0 - \bar{B}^0$ 混合	243
8.4.2	B 中間子崩壊における CP 非保存	248
9	クォーク間力と量子色力学	253
9.1	カラー	253
9.2	量子色力学	254
9.3	グルーオンの確認	256
9.4	クォークとクォークの相互作用	258
9.5	ジェットとクォークの分裂	261
9.6	グルーオン・グルーオン結合	262
10	大統一理論と高次対称性	265
10.1	大統一理論	265
10.1.1	大統一エネルギー	268
10.1.2	ワインバーグ角	270
10.2	陽子崩壊	272
10.3	磁気单極子	276

10.4 超対称性理論

278

索 引

283