

目 次

初版への序

第2版への序

第I部 素 粒 子

第1章 素粒子の発見 3

§1.1 最初の素粒子 3

§1.2 宇宙線と原子核 7

a) 相対論的量子力学(7) b) 宇宙線(9) c) 原子核(11)

§1.3 中間子 13

a) 核力の場(13) b) 中間子論の展開(18)

§1.4 素粒子家族 22

a) 2中間子論(22) b) 奇妙な粒子(26)

§1.5 加速器のつくる粒子 31

第2章 素粒子の論理 45

§2.1 素粒子の世界 45

§2.2 素粒子と基本物質 49

§2.3 素粒子と対称性 53

§2.4 素粒子性 56

§2.5 素粒子の統一像 62

第II部 光・電子の理論

第3章 光・電子系の記述 69

§3.1 光の場 69

§3.2 光の量子論 75

§3.3 電子の場 80

§3.4 電子の量子論 87

§3.5 光と電子との相互作用 94

第4章 光・電子系の現象	101
§4.1 摂動論	101
§4.2 具体的な計算法	106
§4.3 光子と電子との散乱	114
§4.4 電子・陽電子の散乱	123
§4.5 電子・光子の自己エネルギー	128
§4.6 場の反作用	135
第5章 量子電気力学の諸問題	143
§5.1 くりこみ理論	143
§5.2 量子電気力学の検証	152
a) 水素の Lamb のずれ (156)	
b) 水素の $2P_{3/2}-2P_{1/2}$ 微細構造 (157)	
c) 水素の基準状態の超微細構造 (157)	
d) ポジトロニウムの微細構造 (158)	
e) ミューオニウムの微細構造 (158)	
f) 電子の異常磁気能率 (159)	
g) μ 中間子の異常磁気能率 (160)	
h) Møller 散乱 (160)	
i) Bhabha 散乱 (161)	
j) 電子対消滅 (161)	
§5.3 特異性と発散の困難	162
a) 特異性の問題 (162)	
b) 発散の問題 (166)	
§5.4 Yang-Mills の場	169
§5.5 量子電気力学の拡張	175
第 III 部 中間子・重粒子の理論	
第6章 S 行列の理論	185
§6.1 場の量子論における S 行列	185
§6.2 Heisenberg の S 行列論と強い相互作用	186
§6.3 不変性, 保存則と S 行列	190
a) 推進に対する不変性 (190)	
b) エネルギー保存 (191)	
c) 全粒子数の保存・非保存 (192)	
d) 確率の保存と光学定理 (194)	
e) Lorentz 不変性 (194)	
f) 荷電空間の回転に対する不変性 (荷電独立性) (199)	
g) 空間回転に対する不変性 (204)	
h) 回転に対して不変な散乱振幅の表現 (211)	

i) Lorentz 不変な π - N 散乱振幅 (213)

§6.4 S 行列のパラメトリゼーションと模型的考察 215

- a) ユニタリー性と位相のずれ (216) b) Cayley 表示と S 行列の極 (219) c) 部分波解析と共鳴粒子 (223) d) 共鳴粒子の質量-スピン関係と偶奇 2 重項 (226) e) 高エネルギー散乱の角分布と多重発生 (229) f) 多重発生と中間子の共鳴状態 (234) g) 高エネルギー多重発生の多重度と包含分布 (240) h) 横運動量分布 (244) i) 縦運動量分布 (245) j) 漸近分布とスケーリング仮説 (247) k) 多重度分布のスケーリング (248)

第7章 ハミルトニアンの存在を仮定する S 行列の理論 . . . 253

§7.1 S 行列要素の“閉じた表現”と Heisenberg 演算子 253

- a) 電磁力による電子-陽子散乱 (253) b) 構造因子 (257)
c) π - N 散乱振幅の構造 (267)

§7.2 相対論的因果律と前方散乱の分散公式 273

- a) 相対論的因果律 (273) b) 前方散乱の分散公式 (274)
c) 分散公式からの結果 (281) d) $D^\pm(\omega)$ の直接測定と因果律成立の限界 (283)

§7.3 非前方散乱の分散公式 285

§7.4 2重分散公式 291

- a) 概観 (291) b) 置換則と Mandelstam 変数 (296)
c) 1 変数固定の分散式 (299) d) 2重分散公式 (300)
e) Mandelstam 仮説と Landau-Cutkosky の規則 (304)

§7.5 部分波分散式と靴紐理論 306

- a) 部分波分散式 (306) b) 靴紐理論 (309) c) N/D 法 (311)
d) 有効距離の式, K 行列, 変分原理 (314)

§7.6 散乱振幅の高エネルギー極限 317

§7.7 高エネルギー衝突と Regge 極仮説 319

- a) 高エネルギー断面積と Regge 極 (319) b) Regge 軌跡 (323) c) ポメロン (326) d) P' 軌跡と超収束 (329) e) 大角度散乱 (330) f) π - N 後方散乱 (331) g) 定エネルギー和則と双対性 (335)

§7.8 π - N 散乱の Regge 振幅 338

- a) t チャンネルの散乱振幅とその Regge 化(338) b) $s-t$
 交叉変換(343) c) 断面積(349)

第 8 章 素粒子の対称性 351

- § 8.1 $SU(3)$ 対称性 351
 § 8.2 8 道説 358
 § 8.3 共鳴状態と既約表現 361
 § 8.4 重粒子, 中間子の共鳴散乱と $SU(3)$ の C 係数の構造 370
 § 8.5 周縁衝突と可能な $SU(3)$ 表現と粒子の対応 373
 § 8.6 $SU(3)$ 対称性と衝突断面積間の関係 376
 § 8.7 基本 3 重項“クォーク”と $SU(6)$ 380
 § 8.8 対称性の破れ 385
 § 8.9 $SU(6)$ と核子の磁気モーメントと F/D 比 391
 § 8.10 カレント代数 394

第 IV 部 素粒子の構造

- はじめに 399

第 9 章 素粒子の複合模型 401

- § 9.1 複合模型の提唱の背景 401
 § 9.2 Fermi-Yang 理論と複合 π 中間子 403
 a) 複合 π 中間子の波動方程式(405) b) 波動関数の運動
 学的性質と解の分類(407) c) Fermi-Yang の解(411)
 § 9.3 坂田模型と新粒子の分類 414
 a) 中野-西島-Gell-Mann 理論と新粒子の特徴(414) b)
 坂田模型と新粒子論(415) c) 坂田模型によるハドロンの
 構成(416)
 § 9.4 ユニタリー対称性と基本粒子 420
 a) ボゾン系(421) b) 重粒子系とユニタリー対称性(424)
 § 9.5 種々のウル・バリオン模型 425
 a) 8 道説とクォーク模型(425) b) チャーム・ナンバー
 をもつウル・バリオン模型の可能性(429) c) カルテッ
 ト模型(431) d) 有芯模型(431) e) 2-トリプレット模

型 (432) f) 3-トリプレット模型 (433)	
§ 9.6 ウル・バリオンとレプトンの関係	435
a) レプトン-重粒子対称性 (435) b) カレント代数とウル・バリオンの質量 (438)	
第 10 章 新自由度チャームおよび重レプトンの発見と素粒子模型の発展	443
§ 10.1 チャーモニウムの発見	444
§ 10.2 大久保-Zweig-飯塚 (OZI) 則	448
§ 10.3 チャーム粒子の発見と 4 元模型の確立	449
a) チャーム粒子の発見とその性質 (449) b) チャーモニウムおよびチャーム粒子の複合構造と 4 元模型 (451)	
c) 重粒子系におけるチャーム粒子 (453)	
§ 10.4 チャーム粒子の崩壊と弱い相互作用の構造	454
§ 10.5 新粒子の質量公式と構成子の裸の質量	455
§ 10.6 “重レプトン” τ の発見	460
§ 10.7 新自由度チャーム, 重レプトンの存在と素粒子模型	463
a) R 比と素粒子模型 (463) b) 基本粒子の本性をめぐって (465)	
第 11 章 非相対論的複合理論の適否とハドロンの対称性	469
§ 11.1 $SU(6)$ 理論とハドロンの質量準位	469
a) ボゾン系の基底状態 (470) b) 重粒子系 (472) c) $SU(6)$ 対称性とハドロンの質量公式 (476)	
§ 11.2 複合構造をもつハドロンの相互作用	481
a) 重粒子の磁気能率と $SU(6)$ 対称性 (482) b) 弱い相互作用 (483) c) 強い相互作用における構成力と相互作用力 (487) d) 相互作用力と $SU(6)$ \mathcal{N} 対称性 (489)	
§ 11.3 非相対論的複合理論の限界と相対論的效果	492
第 12 章 素粒子の時空構造と Lorentz 群	497
§ 12.1 素粒子の規定と Lorentz 群の表現	497
a) 斉次 Lorentz 群 $SO(3, 1)$ の表現 (498) b) 非斉次 Lo-	

	rentz 群の表現 (503)	
§ 12. 2	素粒子の時空構造と相対論的 2 点波動関数	510
	a) 複合理論と 2 点波動関数 (510) b) 非局所場理論と 2 点波動関数 (511)	
§ 12. 3	4 次元調和振動子と不定計量の問題	514
	a) 内部 4 次元調和振動子系の波動関数 (514) b) 不定計 量の問題と付加条件 (516)	
§ 12. 4	非斉次 Lorentz 群の表現と Lorentz 収縮	520
	a) 内部・外部変数の“カップリング”と Lorentz 収縮 (520) b) 相互作用の形状因子と Lorentz 収縮 (522)	
§ 12. 5	無限成分波動方程式と素粒子の構造	524
	a) 非斉次 Lorentz 群のカノニカル表現とスピノル表現 (525) b) 無限成分波動方程式 (526) c) Majorana 無 限成分波動方程式 (528)	
§ 12. 6	素粒子の時空構造と Regge 極現象	533
§ 12. 7	1 次元ストリングモデルと強い相互作用における双対性	540
	a) 相互作用をもたない 1 次元ストリングの質量スペクト ル (540) b) スカラー中間子との相互作用 (543) c) 双 対性とハドロンの内部自由度および不定計量の問題 (546)	
第 13 章 弱い相互作用		551
§ 13. 1	弱い相互作用による崩壊現象	551
	a) 核の β 崩壊 (551) b) 偶奇性の非保存 (556) c) 2 成 分ニュートリノ仮説 (558) d) $\pi \rightarrow \mu \rightarrow e$ 崩壊 (559) e) π - e 崩壊と β 崩壊の関係と普遍 Fermi 相互作用 (561) f) 2 種の中性微子 ν_e, ν_μ (563) g) 新粒子の軽粒子崩壊 (564) h) 非レプトン崩壊 (565)	
§ 13. 2	弱い相互作用の普遍性	570
	a) ベクトル型カレント保存の仮説 (CVC 仮説) (571) b) g_A/g_V 比とカレント代数 (574)	
§ 13. 3	CP 保存の破れ	578
§ 13. 4	ニュートリノ反応	580
	a) ニュートリノ実験のはじまり (581) b) ν - N 全断面積 および包合断面積 (583) c) 弾性反応と形状因子 (594)	

d) ハドロンの多重発生 (596)	
§ 13.5 中性カレントの発見と Weinberg-Salam の理論	597
a) 中性カレントの発見 (597) b) Weinberg-Salam 理論 と中性カレント相互作用 (598) c) ハドロンへの拡張 —GIM カレント (604) d) 中性カレントの偶奇性の非 保存 (608)	
第 V 部 素粒子の統一理論	
第 14 章 素粒子のひろがり	613
§ 14.1 素粒子の多様性と局所場の量子論	613
§ 14.2 非局所場の導入	626
第 15 章 素粒子と時空	635
§ 15.1 ひろがりを持つ素粒子と素領域	635
§ 15.2 差分的法則と 4 次元量子化	646
文献・参考書	661
索引	675