

アインシュタインの宇宙 目次

フロッグ

アインシュタインの偉大な遺産

「アインシュタイン宇宙」とは？…………… 14

70年ぶりに「アインシュタインの宇宙項」が復活？…………… 15

第 1 章

物理学に立ちはだかる2つの暗雲

世界物理年の2005年、アインシュタイン再び…………… 20

素粒子から深宇宙まで、大小3桁の広がりを持つ世界…………… 22

簡単な法則で説明できてこそ、いろいろな現象が理解できる…………… 24

19世紀末、「物理学は終わった」といわれた…………… 26

「熱力学」や「電磁気学」は19世紀末に完成したが…………… 28

「エーテル」は見つからず、溶鉱炉の中からは量子が飛び出した…………… 30

溶鉱炉のなかの「光」を研究したところ…………… 32

第 2 章

特殊相対性理論から一般相対性理論へ

光のスペクトル分布を調べる……………	33
黒体放射のスペクトルを調べてみたところ……………	34
光のエネルギーは、「小さな固まり」になっている……………	37
「E=mc ² 」単位でなければ、エネルギーを受け取れない……………	38
「飛び飛び」の値をとる物理量……………	39
「量子力学」に行き着いた「暗雲」……………	40
もう一つの「暗雲」を振り払うには？……………	42
とりあえず光は「波動説」の勝利に終わったが……………	43
光が波であるための「エーテル」は、ついに見つからなかった……………	44
「運動は相対的なもの」という原則を無視した「光」……………	45
マクスウェルの方程式に顔を出した「光」……………	46
ニュートン力学の中で、光速とは？……………	48
マクスウェルの方程式は、すべての慣性系で成立している……………	50
特殊相対性理論から一般相対性理論へ……………	53
アインシュタインの「光子仮説」……………	54
光子の数によって明るくなる？……………	56

光は、粒でもあり波でもある……………	57
分子の存在を証明する——ブラウン運動について……………	59
特殊相対性理論の登場……………	61
相対性理論には2種類ある……………	63
時間と空間を「時空」に統一する……………	64
変更された時間と空間……………	65
座標変換——ローレンツ変換の意味……………	67
光速に近づいた時の時間の遅れ・重さの変化など——4つの思考実験……………	69
「物体の質量は、その物質が持つエネルギーの指標である」—— $E=mc^2$ ……………	78
特殊相対性理論をバージョンアップした一般相対性理論……………	81
友人の協力で、重力場の方程式が完成！……………	83
加速度運動は、相対的な運動ではない……………	86
重力は「見かけの力」なのか？……………	88
重力の影響は、完全には消えていない……………	90
アインシュタインの重力場方程式が完成……………	92
太陽の重さで曲がった光……………	95
カーナビゲーション・システムも、一般相対性理論の応用……………	97

第 3 章

一般相対性理論とブラックホール

重力がレンズの役割を果たす……………	99
「アインシュタイン＝ローレンツ変換」といわないのはなぜか?……………	102
「事象の地平面」で囲まれた時空＝ブラックホール……………	106
重力方程式を厳密に計算したシュバルツシルト……………	108
ある半径の中にはいると、その振る舞いは実に奇妙になる……………	110
アインシュタイン自ら否定した、ブラックホールの存在……………	111
重力が強くなれば、脱出速度も増加する……………	114
ブラックホールの誕生……………	116
巨大な質量を持つ白色矮星……………	117
中性子星からブラックホールへ……………	120
シュバルツシルト半径で凍りついた星……………	122
ブラックホールが本当に発見される……………	124
ブラックホールの形や大きさは?……………	126
時間が凍りつく……………	127
ブラックホール内部の特異点……………	128

第 4 章

量子論の発展とアインシュタインの立場

自転しているブラックホール……………	129
銀河中心部の超巨大ブラックホール……………	132
宇宙の初期には、ミニブラックホールも存在した?……………	133
ブラックホールが蒸発する!……………	134
「量子」は、飛び飛びの値をとる……………	140
スペクトルを表す公式が見つかった……………	141
ボーアの量子条件……………	144
原子はなぜ、光を放つのか……………	148
電子やあらゆる物質は、波である——物質波の登場……………	150
電子は波であるため、量子条件を必要とした……………	152
ボルの「波動関数の確率解釈」……………	156
観測によって、電子の波は収縮してしまう……………	160
今でも主流であり続ける「コペンハーゲン解釈」……………	162
「神は、サイコロ遊びを好まない!」……………	164
マクロの世界の「波」「ボース＝アインシュタイン凝縮」……………	165

第5章

宇宙は膨張しているか？

- ミクロの世界では、不確かさは避けられない……………168
- アインシュタインは「隠れた変数」を主張……………172
- 「EPRパラドックス」で反論したアインシュタイン……………173
- 「ベルの不等式」は成り立たず、遠隔作用は存在する……………174
- パラレルワールド「並列宇宙」が存在する……………178
- 「多世界解釈」で電子の居場所を考える……………181
- 「パウリの原理」と「トンネル効果」……………182
- 20世紀初頭、革命的に変わった宇宙像……………188
- 重力場の理論で宇宙を考える……………191
- アインシュタインは苦肉の策として「宇宙項」を入れる……………192
- 「密度ゼロ」の宇宙に解があった……………197
- アインシュタインも受け入れざるを得なかった「ド・ジッター宇宙」……………199
- 膨張が収縮か、宇宙はどちらかの運命にある……………200
- フリードマンの論文は間違っている!?……………203
- 急膨張する「ド・ジッター宇宙」……………207

第6章

ビッグバン宇宙が解決できなかった謎

- 膨張宇宙論に後向きだったアインシュタイン……………210
- ルメートルに深い失望を味わせたアインシュタイン……………212
- 「ルメートル宇宙」の重要性をすぐ見てとったエディントン……………214
- 「巨大数」と「宇宙定数」にまつわる謎……………217
- ビッグバン宇宙モデルの祖——ルメートル……………218
- 元素の存在比に宇宙の進化を見る……………222
- 「 $\alpha\beta\gamma$ 理論」の登場……………224
- ほう素までの軽い元素は、宇宙初期の3分間で作られた……………226
- 3分後、さらに宇宙は広がってすべてはプラズマの雲に覆われた……………230
- 「宇宙の晴れ上がり」が放ったビッグバンの残照……………232
- 宇宙背景放射の決定的証拠が見つかった……………235
- ビッグバン宇宙モデルで解けない問題……………236
- 大統一理論で宇宙の膨張を探る……………241
- 「カルツァークラインモデル」の発見……………242

第7章

電磁気力と重力の統一に失敗したアインシュタイン…… 245

「弱い力」と「強い力」の発見…… 247

力の強さの違いが、力を統一する妨げになった…… 249

素粒子を整理したクォーク・モデル…… 252

2000もの素粒子を整理した「標準模型」「標準理論」とは…… 254

「標準模型」が必要とした基礎理論…… 255

標準模型の原理となる「ゲージ理論」とは…… 261

6種類のクォークで、素粒子を分類する…… 263

「力」のそれぞれの役割を分担する基本粒子…… 265

「強い力」は、量子色力学「QCD」で扱う…… 267

「ワインバーグ・サラム理論」で、最初の「力の統一」に成功…… 269

力の及ぶ範囲とゲージ粒子の質量…… 270

粒子加速器で、ウィーク・ボソンを検出…… 272

真空のエネルギーを、汲み上げて固定する、ヒッグス粒子…… 274

ゲージ対称性は自発的に破れる…… 276

「強い力」と「電弱力」は、同じゲージ理論で統一される…… 279

GUTで、X粒子を仮定する…… 282

陽子が崩壊するなら、物質宇宙は消滅する…… 284

GUTひとつ目の予言——陽子の寿命は、10年以上…… 286

SU(5)で、粘性によって真空の相転移も違う…… 287

GUT2つ目の予言——モノポール「磁気単極子」…… 291

GUT3つ目の予言——反粒子はほとんど存在しない…… 294

チャージとパリティを同時に変える…… 298

素粒子論と宇宙論の融合「フュージョン」…… 300

第8章

宇宙創世のシナリオと宇宙の多重発生

モノポールがあまりにも多く発生しすぎる…… 306

モノポールを探す試みは失敗に終わる…… 308

量子力学的なトンネル効果で、山を越える…… 310

インフレーションで爆発的に膨張する宇宙は、ド・ジッター宇宙そのもの…… 317

宇宙は潜熱で、再加熱される…… 320

宇宙の地平線・平坦性問題を解決する…… 321

宇宙の大規模構造は、こうして作られる…… 324

ブラックホールとホワイトホールが存在する…… 326

第9章

ワームホールを介して、子宇宙・孫宇宙が生み出される…… 334
タイムマシン、宇宙の創世…… 340

ビレンケンの重視したトンネル効果…… 343

アインシュタインの宇宙項は復活するか？

インフレーションで解けた4つの問題…… 350

科学史に残る大発見…… 354

宇宙定数の復活が意味するもの…… 356

これからの宇宙は？…… 357

観測と理論の矛盾から「新しい真理」が生まれる…… 359

文庫版あとがき…… 362

参考文献一覧…… 368