

強い力と弱い力／目次

二〇二二夏、素粒子物理学の歴史的瞬間 12

「人類、やるじゃない！」 14

自然界で働く四つの力とは？ 18

放射線にも地震にも関わる「弱い力」 20

太陽がじわじわ燃えていられるのも「弱い力」のおかげ 25

ヒッグス粒子を減らせばダイエットができる？ 28

三ツ子の兄弟は、なぜ違う性格になったのか 29

地図を持たない旅人たちが作り上げた理論 30

現場の研究者も使っている「たとえ話」で解説 33

真犯人をとりまく人物相関図を描いてみた 35

第二章 質量はどこから生まれるか 41

ニュートンの名著は「質量」の定義から始まる 43

物質の質量とは原子の質量の和 45

粒子が見つかりすぎてギリシア文字が足りない！ 47

陽子、中性子の質量はクォークの質量の和……ではなかった 49

物質の質量の九九パーセントは「強い力」のエネルギー 51

ヒッグス粒子は「万物の質量の起源」ではない 54

第三章 「力」とは何を変える働きなのか 57

運動の状態を変える、粒子の種類も変える 59

磁石の周りの砂鉄、天気図……「場」とは何か 61

「光は波でもあり粒でもある」とはどついでどついで？ 63

物質をつくる「フェルミオン」、力を伝える「ボソン」 69

ヒッグス粒子発見は「第五の力」が存在する証拠 73

第三章 距離が長くなるほど強くなる 75

——強い力の奇妙な性質

一九三二、物理学の世界を揺るがした二つの大事件 77

「四面楚歌、奮起せよ」若き科学者の強い決意

核力を伝える新たな粒子を予言した湯川秀樹

日本でも完成していた高エネルギー加速器

理論屋が役立たずだった「新粒子の大豊作」時代

クォークとは「倒錯した性質」を持つ基本粒子

湯川のバイ中間子も二個のクォークからできていた

閉じ込められているクォークの存在をどう確認するか

距離が長くなるほど強くなる奇妙な力

強い力にまったく歯が立たなかった当時の素粒子論

暗黒時代に突破口を開いたヤン＝ミルズ理論

質量のない粒子？ パウリ先生の厳しいご質問

赤青緑、強い力はクォークの色を変える!?

天才フォフトが発見した「マイナスの符号」の意味

そしてめでたく全員がノーベル賞を受賞した

自分自身も閉じ込めてしまうグルーオン

第四章 神様は左利きだった

——弱い力のひねくれた性質

強い力と弱い力の関係は「美女と野獣」

原子核の中ではエネルギー保存則が成り立たない?

待ち人「ニュートリノ、ついに来たる

六学年、各三クラスに分かれているクォークの小学校

弱い力はクォークの「学年」を入れ替える

弱い力は中学生と高校生も入れ替える

標準模型はなぜ六⁺二⁺三制になっているのか

対称性がないのでヤン＝ミルズ理論が使えない

「弱い力を伝える粒子には質量がある」という謎

物理法則に「左右の区別」はないはずだったが……

衝撃! 「左右の区別」がある物理法則が存在した

素粒子のスピンをフィギュアスケートからイメージする

時計回りと反時計回り、電子には二種類の状態がある

弱い力は時計回りのスピンを持つ粒子だけに働く!

電子やクォークに質量がなければいい!?

159

156

152

150

146

144

142

141

138

137

136

134

127

126

125

123

119

116

112

109

106

103

101

99

96

93

89

87

84

82

79

第五章 単純な法則と複雑な現実

165

——魔法使い・南部の「対称性の自発的破れ」

自然界のいたるところで、対称性は自発的に破れている

超伝導物質の中では、光が重くなる

若き日の南部陽一郎をとりこにしたBCS理論

超伝導状態の中では、電子の数が決まっていない

付和雷同しやすい人たちが体育館に集まるとどうなるか

光が重くなると、横波だけでなく縦波も必要になる

対称性が破れると、質量のない粒子が必ず現れる

「南部」コールドストーン・ボゾン」が光の縦波に変身

素粒子論への応用という、さらに偉大なる跳躍

真空は「何も無いカラッポの空間」ではなかった

賢者、曲芸師、魔法使い、偉大な理論物理学者の三タイプ

200

198

195

193

191

185

179

176

173

169

167

第六章 ヒッグス粒子の

魔法が解けた！

205

超伝導の理論と特殊相対論をどう組み合わせるか

207

対称性を破るには新しい「場」を付け加えればいい

209

ヒッグス場は弱い力と電磁気力に使うべきだ！

210

ヒッグス本人も思いつかなかった大胆な発想転換

212

ワインバーグのひらめきで、残り二つの謎も解決

215

宇宙が誕生して10の三六乗分の一秒後に起こったこと

218

ヒッグスはなぜ「水飴」が嫌いなのか

220

実は質量の起源を何も説明していないヒッグス場

221

ヒッグス粒子はどのようにして生まれるか

225

ヒッグス粒子は「神の素粒子」ではない

230

で、ノーベル賞を受賞するのは誰なのか

234

第七章 標準模型を完成させた CERNの力

醜いカエルを王子様に変えた「トーフトのキス」	243
Zボソンの発見で米国に一矢を報いたCERN	244
フェルミオンは米国、ボソンはヨーロッパで見つかる？	247
なぜこんなに巨大な加速器が必要なのか	252
陽子を光速の九九・九九九九パーセントまで加速	254
初の実験成功から九日後に悲惨な大事故	256
「偶然は一七四万回に一回」レベルの現象が「発見」	258
新粒子は本当にヒッグス粒子なのか	265
人類の知の最高傑作・標準理論の完成	267

終章 まだほんの五パーセント 271

増改築を重ねた温泉旅館のような構造	273
相対論はコールデンゲートブリッジ、標準模型は新宿駅	275
宇宙の暗黒エネルギーと暗黒物質の謎	279
超対称性模型ではヒッグス粒子が五種類ある	280
「何の役にも立たない」と言われ続けてきた科学者たち	283
戦争ではなく平和目的による技術革新を	286
科学がもたらす喜びは文学、音楽、美術と等価	289

あとがき 294

イラスト・図表 大栗博司
DTP 美創
編集協力 岡田仁志