目　　次

すいせんのことば　　朝永振一郎

原書著の序文

第 I 章　特殊相対性理論の基礎．歴史的概観

§ 1. 力学における相対性原理．Galilei 変換…… 1
§ 2. 特殊相対性原理…… 4
§ 3. 平面波の位相の不変性…… 5
§ 4. 平面波を特徴づける諸量の変換…… 7
§ 5. Doppler 効果…… 8
§ 6. 真空中における光の速度…… 10
§ 7. 屈折性媒質中における光の速度…… 13
§ 8. Hoek および Fizeau の実験…… 16
§ 9. Lorentz の電子論…… 18
§ 10. v/c について1次までの効果に関する限り，エーテル理論と相対性原理が一致すること．Fermat の原理…… 20
§ 11. 光　行　差…… 23
§ 12. Michelson の実験…… 24
§ 13. 短縮の仮設…… 25
§ 14. 相対性原理がすべての物理現象に対して成り立つこと…… 27

第 II 章　相対論的運動学

§ 15. 事象の同時性…… 29
§ 16. 同時ということの相対性…… 31
§ 17. 特殊 Lorentz 変換…… 34
§ 18. Lorentz 変換の最も一般的な形…… 38
§ 19. 運動物体の短縮…… 42
§ 20. 運動している時計．時計の背理…… 45
§ 21. 粒子の速度の変換…… 48

§22. 逐次 Lorentz 変換. Thomas 歳差…… 50
§23. 相対論における波を特徴づける諸量の変換…… 53
§24. 運動物体中における光線速度…… 55
§25. 相対性理論における Doppler 効果. 光行差. 随伴現象…… 58

第 III 章 相対論的力学

§26. 粒子の運動量および質量…… 63
§27. 力, 仕事, 運動エネルギー…… 66
§28. 運動量エネルギーおよび力に対する変換式…… 67
§29. 双曲線運動. 一定の磁場内における荷電粒子の運動…… 70
§30. エネルギーと質量とが同等なこと…… 73
§31. 非弾性衝突. 閉じた質点系の質量…… 79
§32. 相対性力学の実験的検証…… 82

第 IV 章 相対性理論の 4 次元的定式化：テンソル算法

§33. Lorentz 変換の 4 次元的表現…… 89
§34. Lorentz 短縮および動いている時計のおくれの 4 次元的な表わし方…… 93
§35. 4 次元的定式化における自然法則の共変性…… 94
§36. 4 次元の線素または interval. 4 元ベクトル…… 95
§37. 4 元速度と加速度. 波動ベクトル. 4 元光線速度…… 97
§38. 4 元運動量. 4 元力. 質点力学の基礎方程式の 4 次元ベクトル形式……101
§39. 2 階のテンソル……104
§40. 角運動量と力のモーメントの 4 次元的な表わし方……107
§41. 任意の階数のテンソル……108
§42. 擬テンソル……109
§43. Levi-Civita 記号……110
§44. 対隅 (dual) テンソル……111
§45. 無限小 Lorentz 変換と回転を伴わない Lorentz 変換……114
§46. 逐次 Lorentz 変換……116
§47. 任意の直線運動および等速円運動における粒子の逐次静止系……118
§48. テンソル場と擬テンソル場. テンソル解析……123
§49. 4 次元空間における Gauss の定理……126

§50.　各部分が互に作用を及ぼし合っていないような (incoherent) 物質に対する力学の基礎方程式……127
§51.　運動エネルギー・運動量テンソル……133

第 V 章　真空中の電磁力学

§52.　真空中における電磁力学の基礎方程式．4元電流密度……136
§53.　Lorentz 変換における電磁力学の基礎方程式の共変性．電磁場テンソル……138
§54.　4元ポテンシャル．ゲージ変換……140
§55.　4元ポテンシャルの4次元積分表示……142
§56.　遅滞 (retarded) ポテンシャル．点電荷による Liénard-Wiechert のポテンシャル……144
§57.　一様な運動をしている点電荷の場……148
§58.　荷電物質に作用する電磁力……151
§59.　電磁力学の変分原理……153
§60.　電磁エネルギー・運動量テンソル……156
§61.　全エネルギー・運動量テンソル……159

第 VI 章　一般に閉じた系．弾性的連続体の力学．場の理論

§62.　閉じた系の定義……161
§63.　閉じた系の4元運動量および4元角運動量……164
§64.　重　　心……167
§65.　弾性連続体内の力学の基礎方程式……171
§66.　弾性体の応力．運動量およびエネルギー密度の変換……177
§67.　完 全 流 体……179
§68.　スカラー中間子場，一般の場の理論……181

第 VII 章　閉じていない系．誘電体および常磁性体内における電磁力学．熱力学

§69.　閉じていない系の一般的性質……186
§70.　静的な閉じていない系……189
§71.　静電系．電子の古典模型……191
§72.　定常運動をする物体中の電気力学の基礎方程式……193

§73. 一様な運動をしている物体における Minkowski の場の方程式……194
§74. 物質構造に関する式の4次元的表現．境界条件……199
§75. 電磁的エネルギー・運動量テンソルと4元力の密度……200
§76. 屈折性物体中における光波のエネルギーの伝播速度……205
§77. 定常運動をする物質における熱力学の法則……210
§78. 熱力学的諸量の変換性……211
§79. 熱力学の法則の4次元的定式化……212
§80. 単原子理想気体……214
§81. 黒 体 輻 射……215

第 VIII 章 一般相対性理論の基礎

§82. 一般相対性原理……217
§83. 等 価 原 理……219
§84. 一様に回転する座標系．一般相対性理論における時間と空間……221
§85. 非 Euclid 幾何学．計量テンソル……224
§86. 測 地 線……227
§87. 直接測定によって計量テンソルを決定すること．n 次元空間の幾何学……229
§88. 一般の加速系．許しうる最も簡単な時間・空間の変換……231
§89. 任意の準拠系における空間と時間の測定．函数 g_{ik} を実験的に決めること……235
§90. 回転系における空間幾何学……238
§91. 自由粒子と光線の世界線……241
§92. 力学的重力ポテンシャル……242
§93. 重力場内を運動する時計の進み方……244
§94. 特定の準拠系内での座標変換……245
§95. 加速準拠系の他の簡単な実例……248
§96. 原点が任意な運動をしている変形しない準拠系……250
§97. X 軸方向に運動する変形しない準拠系……252
§98. 時 計 の 背 理……255

第 IX 章 永久重力場．一般 Riemann 空間におけるテンソル解析

§99. 一般相対性原理および等価原理の4次元的定式化……261

§100. 4元ベクトルの共変成分と反変成分……262
§101. テンソル代数……265
§102. 擬テンソル．対隅テンソル……267
§103. 測地線．Christoffel の式……269
§104. 局所慣性系……270
§105. ベクトルの平行移動……272
§106. テンソル解析．共変微分……275
§107. 曲率テンソル……280
§108. 曲率テンソルの縮約型……282

第 X 章　物理現象に対する重力場の影響

§109. 重力場が存在する場合の自由粒子の力学……284
§110. 粒子の運動量と質量および重力……286
§111. 定常重力場における粒子の全エネルギー……290
§112. 粒子の一般力学……291
§113. 時間に直交する座標系．力学ポテンシャルの消去……292
§114. 連続系の力学……294
§115. 電磁場の方程式……297
§116. 電磁力およびエネルギー・運動量テンソル……301
§117. 静的な重力場における光の伝播，Fermat の原理……303

第 XI 章　一般相対性理論における重力の基本法則

§118. 重力場の方程式……306
§119. 弱い場の線型近似……309
§120. 弱い場に対する線型近似の簡単な応用．遠心力および Coriolis の力の相対性……312
§121. 等価座標系，球対称な系……317
§122. 球対称な静的な系……319
§123. Schwarzschild の外部解……320
§124. 完全流体の内部に対する Schwarzschild の解……324
§125. 重力場に対する変分原理……330
§126. エネルギーおよび運動量の保存則……333
§127. エネルギーおよび運動量密度に対する別の表式……337
§128. 重力質量および孤立系の全エネルギーおよび運動量……339

第 XII 章 一般相対論の実験的検証，宇宙論的問題

§129. 重力によるスペクトル線のずれ……342
§130. 水星の近日点の移動……344
§131. 重力場による光の屈折……349
§132. 宇宙論におけるいろいろな模型……352
§133. Einstein の宇宙 ……353
§134. de Sitter の宇宙……358

附 録

1. Gaussの定理……367
2. 4元電流密度の変換式……368
3. 均質等方物質内における平面波……369
4. 特定の準拠系内での座標変換による重力場の量 γ_{ik}, γ_r, χ, ω_{ik} の変換……370
5. 3次元空間の対隅テンソル……372
6. 空間が平坦である条件……373
7. 最小作用の原理と任意の重力場下の粒子の Hamilton 方程式 ……375
8. 時空世界の計量テンソルの行列式と3次元空間の計量テンソルの行列式の関係……379
9. 函数 $\mathfrak{L}$ の g_k^{ln} と g^{lm} に関する導函数とこれらの導函数を含んでいる恒等式……380

訳者補足……383
訳者あとがき……386
事項索引……389
人名索引……392