

目次

まえがき	i
第1章 ニュートン力学から特殊相対論へ	1
1.1 ニュートン力学とガリレイの相対性原理	1
1.2 マクスウェル方程式とガリレイ変換	3
1.3 ローレンツ変換	5
1.4 エーテル仮説と光速不変の原理	6
1.4.1 光速の測定実験	7
1.4.2 エーテルは実在するか? マイケルソン-モーリーの実験	8
1.5 ミンコフスキー時空	10
1.6 ミンコフスキー時空の性質	13
1.7 ミンコフスキー時空におけるスカラー, ベクトル, テンソル	15
1.8 物理法則の共変形式	16
1.8.1 相対論的力学	16
1.8.2 マクスウェル方程式の共変性	17
第1章の問題	19
第2章 一般相対性原理とその数学的表現	24
2.1 特殊相対論の限界: 慣性系とは? 重力は“力”か?	24
2.2 一般相対論の概念構成	26
2.3 物理量はテンソルである: 物理学の幾何学化	27
2.3.1 一般座標変換	27
2.3.2 基底ベクトル	29

2.3.3 双対ベクトル基底	32	第 5 章 シュワルツシルド時空	84
2.3.4 テンソル (の成分) の変換則のまとめ	34	5.1 球対称重力場の計量	84
2.4 平行移動と共変微分	35	5.2 シュワルツシルド解導出の概略	85
2.5 一般のテンソルの (共変) 微分	38	5.3 シュワルツシルドブラックホール	86
2.6 リーマン接続とクリストッフェル記号	39	5.3.1 等方座標系	87
2.7 平行移動とリーマンの曲率テンソル	40	5.3.2 動径方向に進む光	88
2.8 まとめ: 物理量とテンソル	43	5.4 一般相対論の検証	90
第 2 章の問題	44	5.4.1 重力赤方偏移	90
第 3 章 測地線方程式	48	5.4.2 近日点移動: 束縛軌道	91
3.1 重力場のもとでの粒子の運動方程式	48	5.4.3 光線の湾曲: 非束縛軌道	94
3.2 ニュートン理論との対応	51	5.5 シュワルツシルドブラックホールのまわりの質点の運動	98
3.3 ^(#) 接続係数とゲージ相互作用: $\Gamma^\mu_{\alpha\beta}$ と A^μ	52	5.5.1 動径方向の運動	98
第 3 章の問題	56	5.5.2 角運動量を持つ場合	100
第 4 章 重力場の方程式	59	5.6 ブラックホールは観測できるか? エディントン光度	102
4.1 マッハの原理	59	第 5 章の問題	104
4.2 エネルギー運動量テンソル	60	第 6 章 相対論的宇宙モデル	110
4.3 アインシュタイン方程式への道	63	6.1 宇宙原理と宇宙の一樣等方性	110
4.4 ニュートン理論との対応	66	6.2 ロバートソン-ウォーカー計量の幾何学的性質	112
4.5 宇宙定数	67	6.3 アインシュタイン方程式からフリードマン方程式へ	114
4.6 変分原理による定式化	70	6.4 宇宙の状態方程式と宇宙定数	117
4.6.1 重力場: アインシュタイン-ヒルベルト作用	71	6.5 アインシュタイン-ドジッター宇宙モデル	119
4.6.2 物質場: エネルギー運動量テンソル	74	6.6 フリードマン宇宙モデル	121
4.7 ^(#) 時空の対称性と保存則	75	6.6.1 フリードマン-ルメートル方程式	121
4.7.1 無限小座標変換とキリング方程式	75	6.6.2 宇宙論パラメータ	123
4.7.2 時空の対称性とリー微分	76	6.6.3 宇宙の膨張則と宇宙の未来	127
4.7.3 座標変換に対する不変性: エネルギー運動量保存則	78	6.7 ^(#) 宇宙定数とダークエネルギー	130
4.7.4 ガウスの定理と大局的保存量	80	6.7.1 アインシュタインの静的宇宙モデル	130
第 4 章の問題	81	6.7.2 ルメートル宇宙モデル	131
		6.7.3 実効的な宇宙定数としてのスカラー場	132
		第 6 章の問題	134

章末問題の解答	141
第 1 章	141
第 2 章	146
第 3 章	154
第 4 章	158
第 5 章	164
第 6 章	170
参考文献	182
索引	184