

# 目次

<b>第 1 章</b>	<b>相対性理論とリーマン幾何学</b>	<b>1</b>
1.1	一般相対性原理と等価原理	1
1.2	ユークリッド幾何学	1
1.2.1	ユークリッド計量とガリレイ変換	1
1.2.2	スカラー, ベクトル, テンソル	2
1.3	ミンコフスキー時空	3
1.3.1	ミンコフスキー計量とローレンツ変換	3
1.3.2	スカラー, ベクトル, テンソル	3
1.3.3	因果構造	4
1.3.4	相対性原理と運動方程式	4
1.4	リーマン幾何学	6
1.4.1	計量と物理量	6
1.4.2	共変微分と平行移動	8
1.4.3	曲率テンソル	12
1.4.4	測地線	13
1.4.5	リー微分	15
1.4.6	キリングベクトル	16
1.4.7	体積要素・面積要素	16
1.4.8	共形変換とワイルテンソル	18
1.5	微分幾何学入門	20
1.5.1	ベクトルと微分形式	20
1.5.2	座標変換とリー微分	22
1.5.3	ウェッジ積, 外微分	22
1.5.4	体積要素, ホッジ双対	24
1.5.5	接続形式, 曲率形式	25
1.5.6	スピノールの微分	25
1.6	ウォルトの抽象添字	26
<b>第 2 章</b>	<b>アインシュタイン方程式</b>	<b>27</b>
2.1	アインシュタイン方程式	27
2.1.1	重力の方程式へ	27
2.1.2	ニュートンの万有引力と潮汐力	28

2.1.3	測地偏差方程式と潮汐力	28
2.2	アインシュタイン方程式の導出	30
2.3	ニュートン重力の再現	31
2.3.1	粒子の運動方程式	31
2.3.2	重力場の方程式	32
2.4	作用原理	34
2.4.1	物質場の作用	34
2.4.2	エネルギー・運動量テンソル	35
2.4.3	重力場の作用	36
2.5	一般共変性と保存則	37
<b>第3章</b>	<b>厳密解</b>	<b>39</b>
3.1	4次元ブラックホール解	39
3.1.1	シュバルツシルト解	40
3.1.2	ライシュナー・ノルドシュトローム解	45
3.1.3	バーコフの定理	48
3.1.4	カー解	49
3.2	宇宙論的解	52
3.2.1	一様等方宇宙	52
3.2.2	ド・ジッター時空	56
3.2.3	反ド・ジッター解	59
3.3	高次元時空における厳密解	60
3.3.1	高次元ブラックホール解	60
3.3.2	カルツァ・クライソ泡	63
3.3.3	等方座標と多重ブラックホール解	64
3.4	共形図形	67
<b>第4章</b>	<b>時空の分解</b>	<b>70</b>
4.1	超曲面, 誘導計量, 外的曲率	70
4.2	ガウス・コダッチ方程式	73
4.3	発展方程式	75
4.4	時空のハミルトニアン	78
4.5	境界がある場合の取り扱い	80
<b>第5章</b>	<b>時空の接続</b>	<b>84</b>
5.1	ガウス正規座標	84
5.2	接続条件	85
5.3	ダスト球殻	86
5.4	ブレーンワールド (膜宇宙論)	90

5.4.1	設定と接続条件	90
5.4.2	宇宙論解	91
5.4.3	ブレーン上のアインシュタイン方程式	94

**第6章 エネルギー, 運動量, 角運動量 96**

6.1	エネルギー	96
6.2	運動量・角運動量	99

**第7章 諸定理とアインシュタイン方程式 100**

7.1	アインシュタイン方程式の特殊性	100
7.2	特異点定理	101
7.2.1	測地線束の振る舞い	101
7.2.2	特異点定理	105
7.3	ブラックホール	108
7.3.1	重力崩壊と宇宙検閲仮説	108
7.3.2	ブラックホールの定義と性質	108
7.3.3	面積増大定理	109
7.4	見かけの地平面	111
7.4.1	見かけの地平面の定義	111
7.4.2	見かけの地平面方程式	111
7.4.3	見かけの地平面の因果的性質とトポロジー	112
7.5	正エネルギー定理	116
7.5.1	逆平均外的曲率流を用いた証明	116
7.5.2	スピノールによる証明	118
7.5.3	ペンローズ不等式	124
7.6	ブラックホールの唯一性定理	125
7.6.1	静的な場合: イスラエルによる証明	125
7.6.2	静的な場合: 正質量定理を用いた方法	131
7.6.3	定常な場合	135

**参考文献 138**

**索引 139**