

目 次

第1章 ビッグバン宇宙論の確立まで

§ 1.1 理論的研究 (1930 年代まで) 1	(a) 元素の合成 5
§ 1.2 観測的研究 (1950 年代まで) 2	(b) 銀河の形成 5
§ 1.3 定常宇宙論と ビッグバン宇宙論の対立 . 3	§ 1.4 ビッグバン宇宙論の現状 . . 6

第2章 宇宙の階層構造

§ 2.1 階層構造と宇宙論 8	(b) 銀河分布の 双極的非等方性 21
§ 2.2 宇宙の膨張 10	§ 2.9 宇宙背景輻射 22
§ 2.3 平均密度 11	(a) スペクトル 22
§ 2.4 銀河・銀河団 12	(b) 非等方性 23
§ 2.5 超銀河団とボイド 15	§ 2.10 クェーサー (準星) . . . 26
§ 2.6 局所超銀河団と局所銀河群 16	(a) クェーサーの赤方偏移 . . 26
§ 2.7 大規模銀河流 18	(b) 多重クェーサー 27
§ 2.8 銀河分布の定量解析 19	§ 2.11 宇宙磁場 30
(a) 2点相関 19	

第3章 宇宙モデル

§ 3.1 一様・等方的宇宙モデル . 32	§ 3.4 一様・等方的宇宙モデルの 分類と年齢 42
§ 3.2 Einstein 宇宙モデルと de Sitter 宇宙モデル . . 36	§ 3.5 事象の地平線と 粒子的地平線 44
§ 3.3 Friedmann 宇宙モデル . . 39	§ 3.6 ビッグバン宇宙モデルの 問題点 46
(a) 物質優勢期 ($\gamma = 0$) . . . 39	
(b) 輻射優勢期 ($\gamma = 1/3$) . . 40	

x	目	次
§ 3.7	Bianchi 型一様・非等方的 宇宙モデル 49	(a) Tolman の非一様・ 球対称モデル 59
§ 3.8	Kantowski - Sachs 型一様 ・非等方的宇宙モデル . 55	(b) 定常的一様回転宇宙 モデル 60
§ 3.9	その他の宇宙モデル 59	(c) Raychaudhuri 方程式 . . 62

第 4 章 一様・等方的宇宙における観測量

§ 4.1	光の伝播と赤方偏移 65	§ 4.4	[個数, 赤方偏移] 関係 . . 75
§ 4.2	光度 68	§ 4.5	銀河のみかけの角直径 . . 79
§ 4.3	銀河の個数分布 72		

第 5 章 重力レンズ

§ 5.1	重力レンズ研究の歴史 81	§ 5.4	レンズ効果 86
§ 5.2	球対称重力場 82	(a)	レンズ物体が 1 点の場合 88
§ 5.3	光の進路 83	(b)	広がったレンズ物体 . . . 89

第 6 章 宇宙の熱史

§ 6.1	早期宇宙の熱史 92		軽い元素) 101
§ 6.2	局所熱平衡状態 95	§ 6.5	等密度時と再結合時 . . . 105
§ 6.3	輻射優勢期 1 (レプトンと 光子) 98	§ 6.6	有質量ニュートリノと熱史 107
§ 6.4	輻射優勢期 2 (核子と	§ 6.7	バリオン生成 109

第 7 章 非一様性の力学

§ 7.1	宇宙の非一様性と地平線 . 112	(c)	一様楕円体の運動 . . . 121
§ 7.2	Newton 近似と非一様性 . 113	§ 7.3	一般相対論的な
(a)	Newton 近似と非一様性 114		線形重力不安定性 . . . 124
(b)	線形重力不安定性 . . . 117	(a)	同期座標条件 125

(b) Einstein 方程式の摂動	126
(c) 摂動の分類	127
(d) 重力波摂動の振舞	128
(e) 渦摂動の振舞	129
(f) 密度摂動	130
§ 7.4 非線形過程の	

相対論的取扱い	135
(a) Tolman 解と重力束縛	135
(b) 球対称断熱運動	140
§ 7.5 不完全流体と散逸	144
§ 7.6 無衝突粒子ガスの不安定性	149

第 8 章 銀河形成

§ 8.1 これまでの形成論	155
§ 8.2 重力不安定性説	158
(a) 原始星団説	158
(b) パンケーキ説	159
(c) 密度摂動の源と スペクトル	160
§ 8.3 有質量ニュートリノと 銀河形成	162

§ 8.4 種々のダークマターと 銀河形成	166
§ 8.5 不安定粒子と宇宙モデル	169
§ 8.6 バイアス銀河形成	170
§ 8.7 爆発型形成論	171
§ 8.8 宇宙背景輻射の非等方性	173
§ 8.9 赤方偏移の非等方性 (Sachs - Wolfe の公式)	182

第 9 章 膨張宇宙における粒子生成と宇宙の量子化

§ 9.1 膨張宇宙における場の 量子論	187
§ 9.2 Chitre - Hartle の宇宙モデル における粒子生成	190
§ 9.3 内山 - De Witt 理論と その宇宙論版	194
§ 9.4 反跳する (正則な) 膨張宇 宙モデルをつくる試み	200

§ 9.5 量子宇宙論——Misner の正準 理論と De Witt の正準理論	204
(a) 一様宇宙における Misner の 正準理論とその量子化	204
(b) 一様等方的宇宙に対する De Witt 方式の量子化	209

特論 I Bianchi 型一様空間の分類 217

特論 II ゲージ不変重力不安定性

§ II.1	ゲージ変換	222	(b)	ベクトル摂動	227
§ II.2	ゲージ不変量	223	(c)	テンソル摂動	229
	(a)	スカラー摂動			223

特論 III 早期宇宙

§ III.1	カオス宇宙と等方化・ 一様化	230	(c)	新しいインフレーション	239
§ III.2	インフレーション宇宙	232	(d)	原始的インフレーション モデル	240
	(a)	宇宙定数と インフレーション		§ III.3	Kaluza - Klein 宇宙論
	(b)	大統一理論		§ III.4	反 Newton 近似の 非一様解
		234			243

特論 IV 無衝突粒子系の一般相対論的力学 247

付録 A.	(7.4.5) 式の証明	251
付録 B.	Parker - Fulling 理論の発散項	253
あとがき	256
参考書	261
索引	263

