

目 次

1 宇宙モデル	1
1.1 一様等方宇宙モデル	1
1.1.1 宇宙の膨張	1
1.1.2 宇宙の一様性	3
1.1.3 ニュートン力学的モデル	4
1.1.4 一般相対論的モデル	6
1.2 一様等方宇宙の膨張則	15
1.2.1 宇宙パラメーター	15
1.2.2 エネルギー密度のふるまい	17
1.2.3 フリードマンモデル	18
1.2.4 ドジッターモデルと反ドジッターモデル	24
1.2.5 ルメートルモデル	28
1.3 宇宙パラメーターへの観測からの制限	32
1.3.1 膨張宇宙の幾何学	32
1.3.2 ハッブル定数	43
1.3.3 宇宙モデルの古典的テスト	48
1.3.4 宇宙年齢	54

2	物質の進化	61
2.1	現在の宇宙の物質構成	61
2.1.1	物質の構成と素粒子	61
2.1.2	バリオンの物質	65
2.1.3	輻射	73
2.1.4	ダークマター	80
2.2	物質進化のシナリオ	86
2.2.1	温度と粒子数の変化	86
2.2.2	水素の再結合と宇宙の晴れ上がり	96
2.2.3	原子核の形成	99
2.2.4	粒子反粒子の対生成と対消滅	100
2.2.5	ニュートリノ反応	103
2.2.6	レプトン数の保存と素粒子の存在量	109
2.2.7	クォークハドロン転移	112
2.2.8	まとめ	115
2.3	宇宙初期における元素合成	119
2.3.1	合成反応	119
2.3.2	p/n比	120
2.3.3	生成物の残存量	123
2.3.4	観測との対比	125
3	構造の進化	129
3.1	現在の宇宙の構造	129
3.1.1	宇宙の階層構造	129
3.1.2	2体相関関数	133
3.1.3	宇宙マイクロ波背景輻射の非等方性	138
3.2	ゆらぎの進化	144
3.2.1	構造形成のさまざまなシナリオ	144
3.2.2	特徴的なスケール	146
3.2.3	ゲージ不変摂動論	150

3.2.4	膨張宇宙におけるゆらぎの成長	161
3.3	重力不安定説での構造形成	170
3.3.1	BDM	171
3.3.2	HDM	183
3.3.3	CDM	186
3.3.4	バイアスモデル	188
3.3.5	$\Lambda \neq 0$ モデル	189
4	物質と構造の起源	193
4.1	統一ゲージ理論に基づく宇宙の初期進化	193
4.1.1	ゲージ理論と対称性の自発的破れ	194
4.1.2	有限温度での対称性の回復	200
4.1.3	バリオン数の起源	202
4.2	インフレーション宇宙モデル	211
4.2.1	宇宙の一様等方性とインフレーション	211
4.2.2	大域的なゆらぎの生成	220
4.2.3	インフレーションモデルの現状	227
付録	ロバートソン-ウォーカー時空とその摂動に対する諸公式	231
A.1	基本的な幾何学的量の定義	231
A.2	ロバートソン-ウォーカー時空の幾何学的諸量	231
A.3	摂動に関する公式	232
	索引	235