目　次

第 1 章　宇宙論の歴史 **1**

第 2 章　宇宙進化の歴史 **5**
2.1　ハッブル・ルメートルの法則 5
2.2　宇宙背景輻射 8
2.3　一様等方宇宙でのフリードマン方程式 10
2.4　宇宙に存在する物質 17
2.4.1　相対論的粒子 19
2.4.2　非相対論的粒子 21
2.4.3　暗黒エネルギー 24
2.5　宇宙進化と宇宙年齢 25

第 3 章　宇宙論的摂動論 **29**
3.1　一様等方時空における摂動 29
3.2　ゲージ変換 31
3.3　物質密度揺らぎ 34
3.3.1　流体 34
3.3.2　スカラー場 36
3.4　ゲージ不変量とゲージ固定 37
3.4.1　ゲージ不変量 38
3.4.2　ゲージ固定 38
3.5　摂動アインシュタイン方程式 40
3.5.1　流体 42
3.5.2　スカラー場 44
3.6　エントロピー摂動と音速 45

第 4 章　インフレーション理論 **47**
4.1　平坦性問題，地平線問題 47
4.2　インフレーションによる諸問題の解決 48
4.3　インフレーションの機構 51
4.4　インフレーションで生成される線形密度揺らぎ 56
4.5　CMB からの模型の選別 62
4.6　曲率揺らぎの非ガウス性 65
4.7　再加熱 71

第 5 章　ビッグバン元素合成，バリオン数生成 **77**
5.1　バリオン，レプトン，化学ポテンシャル 77
5.2　脱結合と弱い相互作用 79
5.3　重水素の生成 83
5.4　軽元素合成 85
5.5　バリオン数生成 89

第 6 章　宇宙背景輻射 **95**
6.1　再結合と宇宙の晴れ上がり 95
6.2　摂動エネルギー運動量テンソル，ボルツマン方程式 98
6.3　光子のボルツマン方程式 102
6.4　バリオン，暗黒物質，ニュートリノの摂動方程式 109
6.5　密度揺らぎの初期条件 111
6.6　重力ポテンシャルの進化 114
6.7　温度揺らぎの角度パワースペクトル 118
6.8　強結合期における光子の揺らぎの進化 120
6.9　シルク減衰 123
6.10　角度スペクトルの評価と観測との比較 125
6.11　宇宙論パラメータの制限 131
6.12　CMB 偏光 133

第 7 章　宇宙の大規模構造 **139**
7.1　重力不安定性理論 139
7.2　物質揺らぎのパワースペクトル 142
7.3　赤方偏移空間でのパワースペクトル 144
7.4　加速膨張する宇宙での線形密度揺らぎの解析的評価 148
7.5　バリオン音響振動 151
7.6　重力レンズ 153

第 8 章　暗黒エネルギー **159**
8.1　暗黒エネルギーの観測的な制限 159
8.2　宇宙項 164
8.3　クインテッセンス 166
8.4　修正重力理論 173

第 9 章　一般相対論を超える理論 **183**
9.1　量子宇宙論 183
9.2　超弦理論に基づくバウンス宇宙論 187
9.3　最も一般的なスカラー・テンソル理論 189

参考文献 **193**
索　引 **198**