

目 次

まえがき

序章 宇宙論，相対論の歴史的発展

松田 卓也

- §0・1 宇宙観の展開…………… 9
 - a) 宇宙とは何か…………… 9
 - b) 古代人は宇宙をどう見ていたか……………10
 - c) 世界の中心は人間か? ……11
 - d) 宇宙論原理とは何か……………13
 - e) 夜空はなぜ暗い……………15
- §0・2 時間空間論とエーテル……………16
 - a) 絶対時間・空間とは何か……………16
 - b) エーテルとは何か……………18
 - c) エーテルは実在するか……………20
- §0・3 相対論の成立……………21
 - a) 相対性原理とは何か……………21
 - b) ニュートン力学と特殊相対論……………23
 - c) 一般相対性原理と
等価原理……………23
 - d) 一般相対論は必然的
理論か……………25
 - e) 一般相対論のテスト……………26
- §0・4 現代宇宙論の成立……………27
 - a) アインシュタイン宇宙……………27
 - b) 宇宙膨張の発見……………29
 - c) 定常宇宙論……………31
 - d) 進化宇宙論……………32
 - e) 宇宙黒体放射の発見……………33
 - f) 科学的宇宙論の確立……………35
- §0・5 宇宙論の基本的諸問題……………35
 - a) なぜ宇宙論原理が成立するか……………36
 - b) 宇宙の始まりと特異性……………37
 - c) 物質・反物質宇宙……………39
 - d) 物質の起源……………42

第1章 宇宙論の観測的現状

高原 文郎

- §1・1 はじめに……………45
 - a) 現代宇宙論とは……………45
 - b) 宇宙の膨張……………45
 - c) 宇宙の年齢……………46
 - d) 相対論的宇宙……………47
 - e) ビックバン宇宙論……………48
 - f) 天体物理学的宇宙論……………49
- §1・2 宇宙の年齢とハッブル定数……………50

6 目 次

| | | | |
|------------------------|----|--------------------------|----|
| a) フリードマン宇宙の年齢 | 50 | b) 球状星団の年齢 | 51 |
| c) 宇宙原子核年代学 | 52 | d) ハッブル定数の決定 I | 55 |
| e) ハッブル定数の決定 II | 59 | f) ハッブル定数 | 61 |
| §1・3 減速定数の決定 | 61 | | |
| a) 減速定数とは | 61 | b) 赤方偏移と銀河の明るさの関係 | 63 |
| c) 銀河の見かけの明る さと数の関係 | 66 | d) みかけの大きさと 赤方偏移の関係 | 69 |
| §1・4 3 K放射 | 70 | | |
| a) 3 K放射の発見 | 70 | b) 3 K放射のスペクトル | 72 |
| c) 3 K放射の非等方性 | 74 | | |
| §1・5 宇宙初期の元素合成 | 77 | | |
| a) 熱い宇宙と元素の起源 | 77 | b) 宇宙初期の元素合成 | 78 |
| c) ヘリウム量の観測 | 80 | d) 重水素の観測 | 81 |
| §1・6 宇宙を構成する物質 | 83 | | |
| a) 宇宙の平均密度 | 83 | b) 銀河の質量 | 84 |
| c) 銀河のかくれた質量 | 85 | d) 銀河間ガス | 88 |
| e) ニュートリノ | 90 | f) その他 | 90 |
| §1・7 おわりに | 91 | | |
| a) 膨張宇宙のパラメーター | 91 | b) フリードマン宇宙から のずれはあるか | 94 |
| c) 今後の観測の展望 | 94 | | |

第2章 相対論的宇宙モデル

富田 憲二

| | | | |
|-----------------------|-----|------------------------|-----|
| §2・1 宇宙モデル | 97 | | |
| §2・2 一様・等方モデル | 98 | | |
| a) モデルはどうして つくられるか | 98 | b) モデルを特徴づける パラメーター | 100 |
| c) モデルの分類 | 101 | d) トポロジー | 104 |
| e) 光の伝播 | 107 | | |
| §2・3 その他のモデル | 108 | | |
| a) 一様・非等方モデル | 109 | b) 非一様モデル | 114 |
| §2・4 宇宙開闢の問題 | 116 | | |

- a) 特異性はさけられないか…116 b) 等方化……………118

第3章 宇宙の進化

成相 秀一

- §3・0 序にかえて ……………120
- §3・1 火の玉宇宙論の確立まで—進化宇宙と定常宇宙 ……………120
- §3・2 火の玉宇宙の進化—フリードマン模型に基づく考察 ……………125
- §3・3 銀河の起源 ……………129
- a) リフシッツの線型重力不安定論とその拡張……………130
- b) 非線型重力不安定説……………133 c) 宇宙乱流説……………134
- §3・4 元素の起源 ……………136
- §3・5 宇宙初期 ($t_{\text{had}} \geq t \geq t_{\text{P}}$) における量子化された場 ……………142
- a) 初期宇宙における b) 量子化された物質場による古典論的な重力場……………146
 粒子生成……………143 による古典論的な重力場……………146
- §3・6 宇宙のはじめ ($t=0$) における時空の特異点を除去する試み…149
- a) パーカー・ b) 成相・富田の試み……………150
 フーリングの試み……………149

第4章 ブラックホール

松田 卓也

- §4・1 ブラックホールとは何か? —その歴史 ……………153
- a) シュバルツシルト半径……………153 b) 白色矮星と中性子星……………154
- c) 重力崩壊とブラックホール……………156
- §4・2 シュバルツシルト時空 ……………158
- a) シュバルツシルト座標……………158 b) 共動座標……………159
- c) クルスカル座標……………161 d) ホワイトホール……………163
- §4・3 球対称重力崩壊—ブラックホールの形成 ……………165
- a) シュバルツシルトの内部解……………165 b) バーコフの定理……………167
- c) 球対称の重力崩壊……………167
- §4・4 一般のブラックホール ……………170
- a) 帯電しているブラックホール……………170 b) ワイルの解……………171
- c) カーの解……………172 d) 毛無し定理……………175
- e) 富松・佐藤解……………175 f) 一般の重力崩壊……………177
- §4・5 ブラックホールの熱力学・量子論 ……………182

8 目 次

- a) 重力場の量子論.....182
- b) ブラックホールの蒸発...183
- c) 原始ブラックホール.....186
- d) ブラックホールの熱力学.....187
- e) 重力熱力学と宇宙の運命...189

第5章 一般相対論の導入

富田 憲二

- §5・1 相対論の基礎193
 - a) ニュートン力学と相対性...193
 - b) 光速不変性と特殊相対論.....196
 - c) 一般相対論と等価原理.....200
- §5・2 テンソル解析202
 - a) テンソルとは何か.....202
 - b) 共変微分.....204
 - c) 測地線.....205
 - d) 曲率テンソルとリッチ・テンソル...206
 - e) 局所慣性系.....207
- §5・3 重力場の方程式208
 - a) 重力場の方程式はどのように導かれるか.....208
 - b) シュワルツシルト解.....210
 - c) フリードマン解.....215
 - d) その他の解.....217
- §5・4 一様な空間218
 - a) 一様とはどういうことか...218
 - b) ビアンキの分類.....219
- 索引221

