

目 次

1. 宇宙の構成と物理量	1
1.1 天体の大きさと質量	1
1.1.1 距離の単位	1
1.1.2 太陽の性質	3
1.1.3 星と星団	6
1.1.4 銀河系と星間空間	9
1.1.5 銀河と膨張宇宙	10
1.1.6 宇宙の諸階層	17
1.2 天体の組成とエネルギー	18
1.2.1 元素組成	18
1.2.2 宇宙の年齢	21
1.2.3 地表でのエネルギーーサイクル	24
1.2.4 太陽のエネルギー源	24
1.2.5 エネルギーの流れ	27
2. 物質の状態方程式	30
2.1 熱力学的状態量	30
2.1.1 エントロピー	30
2.1.2 化学ポテンシャル	32
2.1.3 自由エネルギー	33
2.2 粒子の統計と分布関数	34
2.2.1 状態数とエントロピー	34
2.2.2 平衡状態での分布	36
2.3 フェルミ気体とボーズ気体	39
2.3.1 非縮退気体	39
2.3.2 縮退フェルミ気体	40

2.3.3 縮退気体の密度・温度領域	41
2.3.4 光子気体	42
2.3.5 断熱指数	44
2.3.6 平均分子量	45
2.4 高密度状態	47
2.4.1 圧力電離	47
2.4.2 中性子化	48
2.5 高温状態	51
2.5.1 サハの式	51
2.5.2 電子対発生	52
3. 星の構造とエネルギー源	55
3.1 星の重力平衡	55
3.1.1 星の構造変化の時間尺度	55
3.1.2 重力平衡	58
3.1.3 ポリトロープガス球	60
3.1.4 ポリトロープガス球のエネルギー	64
3.2 エネルギーの流れ	65
3.2.1 輻射の輸送方程式	66
3.2.2 誘導放出	68
3.2.3 輸送方程式の解	70
3.2.4 輻射の拡散方程式	72
3.2.5 吸収係数	73
3.2.6 対流	77
3.3 热核融合反応	78
3.3.1 核反応の運動論	78
3.3.2 トンネル効果と反応率	80
3.3.3 星の内部における热核反応	83
3.4 星の進化と元素の起源	90
3.4.1 星の形成とハヤシの禁止領域	90

3.4.2 主系列星	94
3.4.3 主系列以後	95
3.4.4 白色矮星	98
3.4.5 元素の起源.....	100
4. 中性子星の物理	106
4.1 中性子星の内部構造.....	106
4.1.1 中性子星物質.....	106
4.1.2 中性子星内部の物理状態.....	111
4.1.3 中性子星の表面.....	112
4.1.4 中性子星の質量と星の安定性.....	113
4.2 中性子星の外部——パルサー——.....	115
4.2.1 回転の減速.....	115
4.2.2 磁気双極子輻射.....	117
4.2.3 磁気圈と粒子流.....	119
4.2.4 パルス電波の放射.....	123
4.2.5 電磁波による加速.....	124
4.2.6 グリッヂ.....	126
4.3 連星系を構成する中性子星——X線星——.....	129
4.3.1 質量関数.....	129
4.3.2 ロッシェの等ポテンシャル面.....	132
4.3.3 X線星とアクリーション・ディスク	134
5. 重力崩壊と一般相対論	139
5.1 一般相対論と重力.....	139
5.1.1 リーマン幾何.....	139
5.1.2 運動方程式および重力場の方程式.....	145
5.2 球対称時空.....	149
5.2.1 重力場の方程式系.....	149
5.2.2 方程式系の変形.....	151

5.3 シュバルツシルド時空と重力崩壊.....	154
5.3.1 球対称真空解.....	154
5.3.2 球対称時空の内部解.....	155
5.4 球対称重力崩壊.....	158
5.4.1 ダスト球の重力崩壊.....	158
5.4.2 遠方の観測者から見た重力崩壊.....	162
5.5 ブラックホール.....	164
5.5.1 地平線.....	164
5.5.2 クルスカル座標.....	167
5.6 重力波.....	170
5.6.1 弱い重力場の近似.....	170
5.6.2 平面波.....	172
5.6.3 重力波の放射.....	173
5.6.4 重力場のエネルギー運動量テンソル.....	175
5.6.5 重力波の強度.....	177
 6. 膨張宇宙論	180
6.1 ニュートン力学と宇宙モデル.....	180
6.1.1 無限静止一様モデル.....	180
6.1.2 無限階層モデル.....	181
6.1.3 ニュートン力学での膨張宇宙論.....	181
6.2 相対論的宇宙モデル.....	183
6.2.1 膨張宇宙の方程式.....	183
6.2.2 宇宙論のモデル； $A=0$ の場合	187
6.2.3 宇宙論のモデル； $A \neq 0$ の場合	191
6.3 赤方偏移.....	193
6.3.1 膨張宇宙における赤方偏移.....	193
6.3.2 視角半径.....	194
6.3.3 遠方の銀河の見かけの明るさ.....	197
6.4 ビッグバン宇宙論.....	197

目 次

vii

6.4.1 熱い宇宙.....	198
6.4.2 ニュートリノの温度.....	200
6.4.3 元素の合成.....	201
6.4.4 ニュートリノの質量.....	202
6.4.5 黒体輻射の残光.....	204
6.4.6 1センチから百億光年へ.....	205
 参考書	207
問題の解答	208
索引	215