

シリーズ<宇宙物理学の基礎>…………… i

まえがき…………… iii

Chapter ① 宇宙電磁流体力学…………… 1

1.1 宇宙電磁流体力学とは?…………… 1

1.2 宇宙電磁流体力学はなぜ重要か?…………… 2

1.3 太陽(恒星)と降着円盤における電磁流体力学的素過程…………… 9

Chapter ② プラズマ素過程…………… 13

2.1 プラズマとは…………… 13

2.2 プラズマの基礎方程式…………… 14

2.3 プラズマの基本的性質…………… 17

Chapter ② の章末問題…………… 34

Chapter ③ 電磁流体力学…………… 35

3.1 流体近似…………… 35

3.2 2流体方程式…………… 36

3.3 1流体方程式…………… 38

3.4 電磁流体近似…………… 42

3.5 電磁流体方程式…………… 44

3.6 誘導方程式と磁気レイノルズ数…………… 51

3.7 アルベーンの凍結定理…………… 52

3.8 ケルビンの循環定理:粘性流体とのアナロジー…………… 56

3.9 電磁流体力学平衡…………… 57

Chapter ③ の章末問題…………… 70

Chapter 4 部分電離プラズマの電磁流体力学…………… 73

- 4.1 3流体方程式…………… 73
- 4.2 プラズマ流体の運動方程式…………… 75
- 4.3 部分電離プラズマにおける一般化されたオームの法則…………… 75
- 4.4 弱電離プラズマにおける平衡状態…………… 76
- 4.5 弱電離プラズマの電磁流体力学 (1流体近似) …… 78
- 4.6 太陽彩層と星形成領域への応用…………… 79

Chapter 4 の章末問題…………… 83

Chapter 5 電磁流体波…………… 85

- 5.1 一様媒質を伝わる線形電磁流体波…………… 85
- 5.2 磁束管に沿って伝わる波…………… 95
- 5.3 電磁流体波の観測…………… 101

Chapter 5 の章末問題…………… 103

Chapter 6 電磁流体衝撃波と不連続面…………… 105

- 6.1 電磁流体衝撃波の形成…………… 105
- 6.2 不連続面をはさんで成り立つ保存則…………… 107
- 6.3 衝撃波以外の不連続面…………… 110
- 6.4 電磁流体衝撃波…………… 113
- 6.5 電磁流体方程式と特性曲線…………… 121

Chapter 6 の章末問題…………… 126

Chapter 7 電磁流体不安定性…………… 127

- 7.1 不安定性はなぜ起こるか…………… 127
- 7.2 不安定性解析—直交モード解析…………… 129
- 7.3 代表的な電磁流体不安定性…………… 140

Chapter 7 の章末問題…………… 153

Chapter 8 磁気リコネクションとフレア…………… 155

- 8.1 磁気リコネクションの基本的なアイデアと太陽フレア…………… 155
- 8.2 スイート-パーカーモデル…………… 158
- 8.3 ペチェックモデル…………… 161
- 8.4 テアリング不安定性…………… 165
- 8.5 進んだ話題…………… 167

Chapter 8 の章末問題…………… 174

Chapter 9 コロナ加熱…………… 175

- 9.1 コロナ加熱問題とは…………… 175
- 9.2 彩層・コロナの構造とエネルギー損失…………… 178
- 9.3 コロナ加熱の物理…………… 184
- 9.4 熱不安定性…………… 188
- 9.5 加熱機構…………… 193

Chapter 9 の章末問題…………… 200

Chapter 10 磁気熱対流と磁気浮力…………… 201

- 10.1 磁場がない場合の熱対流…………… 201
- 10.2 一様磁場の中での熱対流…………… 204
- 10.3 一様磁場の中での熱対流の線形解析…………… 205
- 10.4 非一様磁場があるときの静力学平衡成層大気…………… 208
- 10.5 磁気浮力…………… 209
- 10.6 磁気浮力不安定性…………… 210
- 10.7 初期に温度・プラズマベータ様な場合の
磁気浮力不安定性の線形解析…………… 213
- 10.8 パーカー不安定性の非線形発展…………… 216
- 10.9 太陽浮上磁場…………… 217
- 10.10 銀河星間ガスの磁気浮力不安定性…………… 219
- 10.11 熱対流による磁束掃き寄せ…………… 221
- 10.12 熱対流コラプス…………… 223

Chapter 10 の章末問題 225

Chapter 11 ダイナモ 227

11.1 天体磁場とダイナモ 227

11.2 差動回転と Ω 効果 229

11.3 天体ダイナモの非軸対称性 229

11.4 平均場電気力学 230

11.5 パーカーの台風運動 α 効果 231

11.6 揺動起電力と乱流 α 効果・乱流磁気拡散 232

11.7 乱流 α 効果・乱流磁気拡散の大きさ 234

11.8 大域的運動によるダイナモ効果 236

11.9 運動学的ダイナモとダイナモ波 236

11.10 α 抑制効果 239

11.11 ビアマンの電池機構 240

11.12 局所的ダイナモ 241

11.13 さまざまなダイナモ 241

Chapter 11 の章末問題 247

Chapter 12 磁気雲の重力収縮 249

12.1 重力収縮 249

12.2 磁場と重力収縮 251

12.3 垂臨界と超臨界な分子雲 253

12.4 分子雲の従う電磁流体力学 254

12.5 分子雲での両極性拡散と星形成 256

12.6 分子雲の分裂とコアの形成 257

12.7 分子雲コアの成長と磁場 260

12.8 分子雲コアの角運動量と磁場 262

Chapter 12 の章末問題 264

Chapter 13 磁気回転不安定性と降着円盤 265

13.1 磁気回転不安定性とは 265

13.2 磁気回転不安定性の線形解析 268

13.3 磁気回転不安定性と降着円盤の粘性 274

13.4 磁気回転不安定性と円盤ダイナモ 275

Chapter 13 の章末問題 278

Chapter 14 星風と宇宙ジェット 279

14.1 星風 279

14.2 磁場と回転がある星風：赤道面付近の流れ 285

14.3 磁場と回転がある星風：子午面内全体における流れの構造 295

14.4 降着円盤からのアウトフローと宇宙ジェット 302

Chapter 14 の章末問題 312

Chapter 15 相対論的電磁流体風 315

15.1 基礎方程式と仮定 315

15.2 赤道面付近の流れに沿った保存量 317

15.3 相対論と非相対論の比較 318

15.4 軸対称定常流 319

15.5 アルベーン半径と光円柱半径 321

15.6 最終速度 323

15.7 パルサー風の σ 問題 326

15.8 コリメーションと加速 328

Chapter 15 の章末問題 331

Chapter 16 電磁流体乱流 333

16.1 背景磁場の影響 333

16.2 電磁流体乱流のエネルギースペクトル 335

16.3 自己組織化過程 339

16.4 太陽風における乱流 341

Chapter 16 の章末問題…………… 345

付録…………… 347

A 電磁流体力学におけるエネルギー方程式…………… 347

B マクスウェル方程式のガウス単位系・国際単位系での表現…………… 350

参考文献…………… 351

定数表…………… 359

章末問題の略解…………… 365

索引…………… 383