

目次

はじめに	iii
第 I 部 プラズマ物理	1
第 1 章 プラズマの性質	3
1.1 プラズマとは	3
1.2 電気的中性およびランダウ減衰	5
1.3 核融合炉心プラズマ	7
第 2 章 プラズマの諸特性	12
2.1 速度分布関数, 電子温度, イオン温度	12
2.2 プラズマ振動数, デバイ長	13
2.3 サイクロトン周波数, ラーマー半径	14
2.4 案内中心のドリフト速度	15
2.5 磁気モーメント, ミラー磁場による閉じ込め, 縦の断熱不変量	18
2.6 クーロン衝突時間, 高速中性粒子入射加熱	20
2.7 遁走電子, ドライサー電場	26
2.8 電気抵抗, オーム加熱	27
2.9 プラズマの時間および空間スケールの多様性	27
第 3 章 磁場配位と荷電粒子の軌道	29
3.1 マクスウェルの電磁方程式	29
3.2 磁気面	31
3.3 荷電粒子の運動方程式	32
3.4 軸対称系における軌道面	35
3.5 トーラス磁場における案内中心のドリフト	36
3.5.1 トーラスを周回する非捕捉荷電粒子の案内中心	37
3.5.2 トーラスの外側に捕捉されるバナナ粒子の案内中心	38
3.6 案内中心のドリフト	39
3.7 バナナ粒子の軌道に対する縦電場の影響	41

3.8 分極ドリフト	42	8.2 電磁流体力学的不安定性の公式化	95
第4章 分布関数とプラズマの基礎方程式	44	8.2.1 電磁流体力学方程式の線形化	95
4.1 位相空間と分布関数	44	8.2.2 エネルギー原理	98
4.2 ボルツマン方程式, プラゾフ方程式	45	8.3 円柱プラズマの不安定性	101
第5章 電磁流体としてのプラズマ	49	8.3.1 表面電流構成における不安定性 (クルスカール-シャフラノフ条件)	101
5.1 電磁二流体プラズマの運動方程式	49	8.3.2 分布電流構成における不安定性	106
5.2 電磁一流体運動方程式	51	8.3.3 スイダム条件	110
5.3 簡単化された電磁流体方程式	53	8.3.4 トカマク配位	111
5.4 磁気音波	55	8.4 ハイネ-リュストの電磁流体力学運動方程式	114
第6章 平衡	58	8.5 軸対称トーラス系のエネルギー積分	116
6.1 圧力平衡	58	8.5.1 解釈しやすい形のエネルギー積分	116
6.2 軸対称系および移動対称系における平衡の式	60	8.5.2 軸対称トーラス系のエネルギー積分	118
6.3 トカマクの平衡	64	8.5.3 高 n バルネーニングモードのエネルギー積分	123
6.4 ベータ比の上限	66	8.6 バルネーニング不安定性	125
6.5 フィルシ-シュルーター電流	67	8.7 密度勾配と温度勾配がある場合の η_i モード	130
6.6 ヴィリアル定理	68	第9章 抵抗不安定性	133
第7章 プラズマの輸送, 閉じ込め	71	9.1 ティアリング不安定性	134
7.1 衝突頻度が大きい場合の拡散 (古典拡散)	73	9.2 抵抗性ドリフト不安定性	139
7.1.1 電磁流体力学的取り扱い	73	第10章 電磁波伝播媒質としてのプラズマ	143
7.1.2 粒子的取り扱い	75	10.1 冷たい無衝突プラズマの分散式	144
7.2 トカマクにおける衝突頻度が小さい場合の電子の 新古典拡散	76	10.2 波の諸性質	148
7.3 揺動損失, ポーム, ジャイロポーム拡散, 対流損失	79	10.2.1 波の偏光性と粒子の運動	148
7.4 磁場揺動による損失	85	10.2.2 カット・オフと共鳴	149
第8章 電磁流体力学的不安定性	87	10.3 2成分プラズマの波	150
8.1 交換不安定性	88	10.4 種々の波	155
8.1.1 交換不安定性	88	10.4.1 アルフベン波	155
8.1.2 交換不安定性の安定条件, 磁気井戸	92	10.4.2 イオン・サイクロトロン波	156
		10.4.3 低域混成共鳴	158
		10.4.4 高域混成共鳴	159
		10.4.5 電子サイクロトロン波	160
		10.5 静電波の条件	161

第 11 章	ランダウ減衰, サイクロトロン減衰	164	第 14 章	計算機シミュレーション	236
11.1	ランダウ減衰 (増幅)	164	14.1	MHD モデル	237
11.2	トランジット・タイム減衰	168	14.2	線形運動論モデル	239
11.3	サイクロトロン減衰	168	14.3	プラズマと高エネルギー粒子のモデリング	240
11.4	準線形理論による分布関数の変化	171	14.4	ジャイロ流体/ジャイロ-ランダウ流体モデル	242
			14.5	ジャイロ運動論的粒子モデル	245
第 12 章	熱いプラズマ	174	14.6	完全軌道粒子モデル	249
12.1	エネルギーの流れ	175			
12.2	光線追跡	179	第 II 部	核融合	255
12.3	熱いプラズマの誘電率テンサー	181	第 15 章	核融合研究の発展	257
12.4	イオン・サイクロトロン加熱	186	第 16 章	トカマク	268
12.5	低域混成加熱	191	16.1	トカマク装置	268
12.6	電子サイクロトロン加熱	194	16.2	平衡	272
12.7	速度空間不安定性 (静電波)	197	16.3	MHD 不安定性および密度上限	274
12.7.1	静電波の分散式	197	16.4	縦長断面プラズマのベータ値上限	277
12.7.2	電子ビーム不安定性	199	16.5	不純物制御, スクレイプオフ層, ダイバーター	278
12.7.3	種々の速度空間不安定性	200	16.6	L モードの閉じ込め比例則	284
12.8	熱いプラズマの誘電率の導入	201	16.7	H モードおよび閉じ込め改善モード	287
12.8.1	熱いプラズマの分散式の公式化	201	16.8	非電磁誘導電流駆動	293
12.8.2	線形化ブラゾフ方程式の解	203	16.8.1	低域混成電流駆動	294
12.8.3	熱いプラズマの誘電率テンサー	204	16.8.2	電子サイクロトロン電流駆動	297
12.8.4	マクスウェル分布の場合の誘電率テンサー	207	16.8.3	中性粒子ビーム電流駆動	300
12.8.5	静電波の分散式	209	16.8.4	ブートストラップ電流	303
第 13 章	高エネルギー粒子による不安定性	212	16.9	新古典ティアリングモード	305
13.1	フィッシボン不安定性	212	16.10	トカマク炉	312
13.1.1	公式化	212	第 17 章	逆転磁場ピンチ, ステラレーター	319
13.1.2	MHD ポテンシャルエネルギー	213	17.1	逆転磁場ピンチ	319
13.1.3	高エネルギー成分の運動論的積分	215	17.1.1	逆転磁場ピンチ装置	319
13.1.4	フィッシボン不安定性の成長率	219	17.1.2	MHD 緩和現象	320
13.2	トロイダルアルフベン固有モード	221	17.1.3	逆転磁場ピンチの閉じ込め	324
13.2.1	トロイダルアルフベン固有モード	222	17.1.4	振動場による電流駆動	325
13.2.2	高エネルギー粒子による TAE 不安定性	226			
13.2.3	種々のアルフベンモード	234			

17.2	ステラレーター	326
17.2.1	ステラレーター磁場	326
17.2.2	ステラレーター装置	330
17.2.3	ステラレーター磁場における新古典拡散	332
17.2.4	ステラレーターの閉じ込め	335
第 18 章	慣性閉じ込め	338
18.1	ペレット利得	339
18.2	爆縮	343
18.3	電磁流体力学的不安定性	346
18.4	高速点火	349
参考文献		355
索引		371
物理定数, プラズマ・パラメーター, 数学公式		379