

目 次

第 1 章 プラズマとは	1
1.1 はじめに	1
1.2 電気的中性およびランダウ減衰	2
1.3 核融合炉心プラズマ	4
第 2 章 種々の磁場配位における荷電粒子の軌道	11
2.1 荷電粒子の軌道	11
2.1.1 サイクロトロン運動	
2.1.2 案内中心のドリフト速度, 磁気モーメント	
2.1.3 分極ドリフト	
2.1.4 ポンデロモーティブフォース	
2.2 スカラーポテンシャルとベクトルポテンシャル	18
2.3 磁気ミラー	20
2.4 トーラス系	22
2.4.1 磁束面	
2.4.2 ハミルトンの運動方程式	
2.4.3 軸対称系における粒子軌道	
2.4.4 トーラス磁場における案内中心ドリフト (周回粒子とバナナ粒子)	
2.4.5 トロイダル方向の電場がバナナ粒子の軌道に及ぼす効果	
2.4.6 捕捉粒子 (バナナ) の歳差運動	
2.4.7 案内中心の軌道と磁束面	
2.5 クーロン衝突, 中性粒子入射	37
2.5.1 クーロン衝突	
2.5.2 中性粒子入射	
2.5.3 電気抵抗, 遁走電子	
2.6 プラズマ現象の時間および空間スケール	43
第 3 章 電磁流体力学	45
3.1 二流体電磁流体力学運動方程式	45
3.2 一流体電磁流体力学運動方程式	47
3.3 単純化された電磁流体力学運動方程式	49
3.4 磁気音波	51
第 4 章 平衡	55
4.1 圧力平衡	55
4.2 Grad-Shafranov の平衡方程式	56
4.3 Grad-Shafranov の平衡方程式の厳密解	58
4.4 トカマクの平衡	61
4.5 ベーター値の上限	67
4.6 Pfirsch-Schlüter 電流	68
4.7 Virial 定理	71
第 5 章 プラズマの閉じ込め (理想的な場合)	75
5.1 衝突頻度の大きい場合の拡散	77
5.1.1 電磁流体力学的取扱い	
5.1.2 粒子的取扱い	
5.2 トカマクにおける衝突頻度の小さい場合の拡散	80

5.3	ブートストラップ電流	82
第6章	電磁流体力学的不安定性	85
6.1	交換不安定性	86
6.1.1	交換不安定性	
6.1.2	交換不安定性の安定条件, 磁気井戸	
6.2	電磁流体力学的 (MHD) 不安定性の公式化	92
6.2.1	MHD 方程式の線形化	
6.2.2	レイリ-テイラー (交換) 不安定性	
6.3	表面電流構成における円柱プラズマの不安定性	96
6.4	エネルギー原理	100
6.5	分布電流構成における円柱プラズマの不安定性	103
6.5.1	分布電流構成における円柱プラズマのエネルギー積分	
6.5.2	スイダム条件	
6.5.3	トカマク配位	
6.6	Hain-Lüst の電磁流体運動方程式	111
6.7	バルーニング不安定性	113
6.8	密度勾配と温度勾配がある場合の η モード	117
第7章	抵抗不安定性	121
7.1	ティアリング不安定性	121
7.2	新古典ティアリング不安定性	127
7.3	抵抗性ドリフト不安定性	134
7.4	抵抗性壁モード	137
第8章	ボルツマン方程式	145
8.1	位相空間と分布関数	145
8.2	ボルツマン方程式およびブラゾフ方程式	146
8.3	フォッカー・プランクの衝突項	148
8.4	準線形理論による分布関数の変化	150
第9章	冷たいプラズマの波	153
9.1	冷たいプラズマの誘電テンサー	153
9.2	波の諸性質	157
9.2.1	波の偏光性と粒子の運動	
9.2.2	カット・オフと共鳴	
9.3	2成分プラズマの波	159
9.4	種々の波	163
9.4.1	アルフベン波	
9.4.2	イオン・サイクロトロン波および速波	
9.4.3	低域混成共鳴	
9.4.4	高域混成共鳴	
9.4.5	電子サイクロトロン波	
9.4.6	静電波の分散式	
第10章	熱いプラズマの波	171
10.1	ランダウ減衰, サイクロトロン減衰	171
10.1.1	ランダウ減衰	
10.1.2	トランジット タイム減衰	
10.1.3	サイクロトロン減衰	
10.2	熱いプラズマにおける分散関係の公式化	177

10.3	線形化ブラゾフ方程式の解	179
10.4	熱いプラズマの誘電テンサー	180
10.5	二重マクスウェル分布プラズマの誘電テンサー	183
10.6	プラズマ分散関数	185
10.7	静電波の分散式	188
10.8	不均一プラズマにおける静電波の分散関係	189
10.9	速度空間不安定性	193
10.9.1	ドリフト不安定性 (無衝突)	
10.9.2	イオン温度勾配不安定性	
10.9.3	種々の速度空間不安定性	
第11章	波動加熱および非誘導電流駆動	195
11.1	エネルギーの流れ	195
11.2	光線追跡	199
11.3	熱いプラズマの誘電率テンサーおよび波の吸収	200
11.4	イオン・サイクロトロン周波数領域の波動加熱 (ICRF)	205
11.5	低域混成波加熱 (LHH)	209
11.6	電子サイクロトロン加熱 (ECH)	212
11.7	低域混成電流駆動 (LHCD)	214
11.8	電子サイクロトロン電流駆動 (ECCD)	218
11.9	中性粒子電流駆動 (NBCD)	221
第12章	高エネルギー粒子による不安定性	225
12.1	フィッシュボン不安定性	225
12.1.1	公式化	
12.1.2	MHD ポテンシャルエネルギー	
12.1.3	高エネルギー成分の運動論的積分	
12.1.4	フィッシュボン不安定性の成長率	
12.2	トロイダルアルフベン固有モード	233
12.2.1	トロイダルアルフベン固有モード	
12.2.2	高エネルギー粒子による TEA 不安定性	
12.3	種々のアルフベンモード	245
第13章	乱流によるプラズマ輸送	249
13.1	揺動損失, ボーム, ジャイロボーム拡散, 対流損失	249
13.2	磁気揺動による損失	254
13.3	輸送の次元解析	255
13.4	ジャイロ運動論的粒子モデルと完全軌道粒子モデルによる 計算機シミュレーション	261
13.4.1	ジャイロ運動論的粒子モデル	
13.4.2	完全軌道粒子モデル	
13.5	帯状流	269
13.5.1	ドリフト乱流の長谷川-三間方程式	
13.5.2	帯状流の生成	
13.5.3	GAM(ゲオデシック アコースティック モード)	
13.5.4	ETG(電子温度勾配) 乱流による帯状流	
第14章	核融合研究の発展	285
第15章	トカマク	295
15.1	トカマク装置	295

15.2	平衡プラズマ位置の安定性	300
15.3	MHD 安定性および密度上限	304
15.4	縦長断面プラズマの MHD 安定なベータ上限	307
15.5	不純物制御, スクレイプ オフ層, ダイバーター	309
15.6	L モードの閉じ込め比例則	315
15.7	H モードおよび閉じ込め改善モード	317
15.8	定常運転	325
15.9	トカマク実験炉のパラメーター	328
15.10	先進的トカマクへの試み	340
15.10.1	球状トカマク	
15.10.2	先進的トカマク炉への試み	
第 16 章	逆転磁場ピンチ (RFP)	343
16.1	RFP 配位	343
16.2	テイラーの緩和理論	343
16.3	MHD 緩和過程	346
16.4	RFP の閉じ込め	352
第 17 章	ステラレーター	357
17.1	ヘリカル磁場	357
17.2	ステラレーター装置	361
17.3	ステラレーター磁場における新古典拡散	363
17.4	ステラレータの閉じ込め	368
17.5	準対称ステラレーター	371
17.6	ステラレーター炉の概念設計	374
第 18 章	開放端系	375
18.1	ミラーおよびカスプの閉じ込め時間	375
18.2	ミラーの閉じ込め実験	377
18.3	ミラーにおける不安定性	377
18.4	タンデム・ミラー	380
第 19 章	慣性閉じ込め	391
19.1	ペレット利得	391
19.2	爆縮	395
19.3	電磁流体不安定性	398
19.4	高速点火	401
付録 A	MHD 運動方程式の導入	405
付録 B	軸対称トーラス系のエネルギー積分	409
B.1	解釈しやすい形のエネルギー積分	409
B.2	軸対称トーラス系のエネルギー積分	411
B.3	高 n バルーンモードのエネルギー積分	416
付録 C	準対称ステラレーター	419
C.1	磁気座標系と自然座標系	419
C.2	ドリフト運動の Boozer 方程式	422
参考文献		427
物理定数, プラズマパラメーター, 数学公式		443
索引		447