

目次

まえがき	i
序章 物理と核融合	1
0.1 湯川秀樹と日本の核融合研究	2
0.2 物理と核融合	5
0.3 21世紀の物理研究対象としての燃焼プラズマ	7
第1章 地上の太陽：水素が生み出す無限のエネルギー	11
1.1 “ビッグバン”：核融合燃料の産みの親	12
1.2 “太陽”：重力によって閉じ込められた核融合炉	15
1.3 “フュージョン”：地上の太陽への挑戦	17
1.4 “プラズマ”：第四の物質状態	20
第2章 水素の融合反応：軽い原子核と核融合反応の理論	25
2.1 “核融合反応”：小さな木の実の融合	26
2.2 “重水素”：陽子と中性子が緩く結びついた原子核	28
2.3 “三重水素”：ニュートリノと電子を放出する原子核	31
2.4 “中性子”：電荷のない素粒子	34
2.5 “ヘリウム”：魔法数で安定な元素	37
2.6 “断面積”：トンネル効果と共鳴が生み出す核融合反応	39

第3章 閉じ込め容器：閉じた磁場のトポロジーと力学平衡	43
3.1 “場”：磁場と閉じた磁場配位	44
3.2 “トポロジー”：静止点を持たない閉曲面	47
3.3 “座標”：トーラスにおける解析幾何	50
3.4 “力線力学”：磁力線のハミルトン力学	53
3.5 “磁気面”：可積分な磁力線と隠れた対称性	56
3.6 “座標系”：浜田座標系とプーザ座標系	59
3.7 “稠密性”：1本の磁力線が密にトーラスを覆う	62
3.8 “あらわな対称性”：軸対称トーラスの力学平衡	65
3.9 “3次元力学平衡”：隠れた対称性を求めて	68
第4章 荷電粒子の運動：ラグランジュ・ハミルトン軌道力学	73
4.1 “変分原理”：ハミルトンの原理	74
4.2 “ラグランジュ・ハミルトン力学”：電磁場中の荷電粒子の運動	77
4.3 “リトルジョンの変分原理”：ガイド中心の軌道力学	80
4.4 “軌道力学”：磁束座標系のハミルトン軌道力学	83
4.5 “周期性と不変量”：磁気モーメントと縦断熱不変量	86
4.6 “座標不変性”：非正準変分原理とリー変換	89
4.7 “リー摂動論”：ジャイロ中心の軌道力学	92
第5章 プラズマの運動論：相空間の集団方程式	97
5.1 “相空間”：リウビルの定理とポアンカレの再帰定理	98
5.2 “力学と運動論”：可逆な個別方程式と非可逆な集団方程式	101
5.3 “ブラジフ方程式”：保存量、時間反転対称性と連続スペクトル	104
5.4 “ランダウ減衰”：可逆方程式が生み出す非可逆現象	107
5.5 “クーロン対数”：クーロン場中の集団現象	110
5.6 “フォッカー・プランク方程式”：柔らかいクーロン衝突の統計	113
5.7 “ジャイロ中心の運動論”：ドリフト運動論とジャイロ運動論	116

第6章 磁気流体の安定性：エネルギー原理と流れと散逸	121
6.1 “安定性”：一般論	122
6.2 “理想磁気流体”：作用原理とエルミート作用素	124
6.3 “エネルギー原理”：ポテンシャルエネルギーとスペクトル	127
6.4 “Euler-Lagrange 方程式”：理想磁気流体の Newcomb 方程式	130
6.5 “磁力線の張力”：キンクとティアリング	133
6.6 “磁場の曲率”：バルーニングと準モード展開	136
6.7 “流れ”：非エルミート Frieman-Rosenbluth 方程式	139
第7章 波動力学：不均一プラズマ中の波の伝搬と共鳴	143
7.1 “アイコナル方程式”：波動伝搬の力学	144
7.2 “ラグランジュ波動力学”：無散逸系と散逸系	147
7.3 “冷たいプラズマ”：プラズマ波の分散関係と共鳴・遮断	149
7.4 “不均一プラズマ”：アルベン共鳴と連続スペクトル	152
7.5 “ドリフト波”：閉じ込めプラズマ中の普遍波	155
第8章 衝突輸送：閉じた磁場配位の新古典輸送	159
8.1 “無衝突プラズマ”：モーメント方程式と新古典粘性	160
8.2 “熱力学的力”：磁気面上の1次流れ	163
8.3 “摩擦力と粘性力”：磁気面平均の運動量・熱流バランス	166
8.4 “一般化されたオームの法則”：新古典電気伝導度	169
8.5 “一般化されたオームの法則 II”：ブートストラップ電流	171
8.6 “新古典輸送”：磁気面を横切る輸送	174
8.7 “新古典イオン熱拡散係数”：クーロン衝突によるイオン熱伝導	177

第9章 プラズマの乱れ：自己組織化臨界とその局所破れ	181
9.1 “非線形力学の概念”：力学系とアトラクター	182
9.2 “自己組織化臨界”：乱流熱輸送と臨界温度勾配	185
9.3 “カオスアトラクター”：ドリフト波乱流における3波相互作用	188
9.4 “構造形成”：シア流による乱流抑制と帯状流	190
第10章 核融合エネルギーの実現に向けて	195
10.1 エネルギー環境問題と核融合エネルギー	196
10.2 核融合プラズマ条件と主要3方式の閉じ込め研究の進展	199
10.3 ITERと幅広いアプローチ計画	204
10.4 低炭素社会実現のエネルギーオプション：核融合	208
付録：公式集	213
索引	251