

目 次

まえがき i

第 I 部 乱流の基礎知識

1	乱流の基礎	3
1.1	流体の基礎方程式	3
1.2	乱流の特徴	7
1.2.1	乱流の性質	7
1.2.2	レイノルズ数	10
1.2.3	平均とレイノルズ応力	13
1.3	乱流の統計量とスペクトル	15
1.3.1	二点相関	15
1.3.2	フーリエ表現	16
1.3.3	エネルギー・スペクトル	18
1.3.4	スペクトル方程式	19
1.4	乱流のスケーリング	20
1.4.1	コルモゴロフ則	20
1.4.2	対数速度則	22
1.5	乱流モデル	25
1.5.1	渦粘性型モデル	26
1.5.2	応力モデル	31
1.5.3	ラージ・エディ・シミュレーション	32
1.6	乱流の統計理論	35
1.6.1	クロージャーの問題	35
1.6.2	直接相互作用近似	38
1.7	非一様性乱流の統計理論	41
1.7.1	二スケール直接相互作用近似	41
1.7.2	非線型性と非一様性の相克	47

第II部 乱流を解析する手法

2	多重スケール法——回転卵運動への応用	53
2.1	多重スケール法の基礎	53
2.1.1	単純摂動法の破綻	54
2.1.2	多重スケール法	55
2.1.3	WKB近似の多重スケール法による導出	58
2.2	多重スケール法の応用——回転卵運動の二スケール解析	60
2.2.1	回転卵の起立運動とそのゆらぎ	61
2.2.2	二スケール解析	64
2.3	飛び跳ねる回転卵	65
3	渦粘性——RANSとTSDIAによる定式化の比較	71
3.1	剪断流の乱れ——RANSモデルによるアプローチ	71
3.2	剪断流の乱れ——TSDIAによるアプローチ	75
3.3	TSDIAとRANSモデルの比較	79
3.4	結論	82
4	LESの乱流モデルと粘弾性流体	85
4.1	流体力学の基礎方程式	85
4.2	乱流の数値シミュレーション手法	87
4.3	LESの基礎方程式	88
4.4	SGS応力のモデルの近似精度の解析	92
4.5	粘弾性流体構成方程式との類似・相違点	97

第III部 乱流の様々な世界

5	大気境界層の熱・物質輸送	105
5.1	スカラー・フラックスと渦拡散近似	105
5.2	大気境界層中のスカラー輸送	110
5.2.1	逆勾配拡散	113
5.2.2	トップダウン・ボトムアップ拡散	114
5.2.3	化学反応物質の輸送	116
5.3	乱流モデルの改良	117

5.3.1	高次項の導入	117
5.3.2	非局所的な表現	119
6	乱流抵抗の低減	125
6.1	はじめに	125
6.2	渦粘性	126
6.3	同心円環内乱流の直接数値計算結果	131
6.3.1	外管回転同心円環内乱流	133
6.3.2	外管振動同心円環内乱流	135
6.3.3	急回転による過渡現象	140
6.4	まとめ	144
7	旋回乱流とヘリシティ	147
7.1	旋回乱流	148
7.1.1	旋回流	148
7.1.2	旋回乱流の特徴	150
7.2	ヘリシティとは何か	151
7.2.1	ヘリシティ	151
7.3	ヘリシティ効果の統計解析	155
7.3.1	平均場の方程式	155
7.3.2	TSDIA解析	155
7.3.3	レイノルズ応力と渦起動力	157
7.3.4	渦ダイナモ	157
7.4	ヘリシティ乱流モデル	160
7.4.1	一点統計量に何を選ぶか	160
7.4.2	ヘリシティ乱流モデル	161
7.5	モデルの適用	164
7.5.1	従来のモデルの問題点	164
7.5.2	ヘリシティ乱流モデルによる旋回乱流解析	165
7.6	むすび	167
8	高速気流と圧縮性乱流	171
8.1	高速気流と圧縮性	172
8.2	航空機まわりの流れ	173
8.3	超音速混合層の乱流	175

8.4	圧縮性乱流の特色とモデリング	178
8.5	高速流の実用問題への適用	184
第IV部 乱流とプラズマ		
9	プラズマの乱流輸送と構造形成	191
9.1	トロイダル・プラズマの閉じ込め	192
9.2	閉じ込めプラズマの輸送現象（観測結果と物理的描像の 帰納的研究）	193
9.2.1	勾配と流れの関係	193
9.2.2	分岐と遷移	194
9.3	乱流輸送	196
9.3.1	不均一性がもたらす乱流輸送	196
9.3.2	乱流輸送と構造形成	198
9.4	構造形成と構造相転移	203
9.5	統計物理モデル	205
9.5.1	乱流ノイズと統計平均	205
9.5.2	遷移確率と相境界	206
9.6	乱流輸送の統計法則へ	208
9.7	多スケールの乱流と帯状流	208
9.8	おわりに	213
10	乱流ダイナモ	217
10.1	乱流とダイナモ	217
10.1.1	乱流と構造	217
10.1.2	反ダイナモと乱流	219
10.2	電磁流体（MHD）方程式	220
10.2.1	電磁流体の方程式系	221
10.2.2	平均とゆらぎ	222
10.3	電磁流体乱流の統計理論と乱流モデル	222
10.3.1	電磁流体乱流の統計理論	223
10.3.2	乱流起電力	223
10.3.3	乱流モデル	225
10.4	ヘリシティ効果とクロス・ヘリシティ効果	229
10.4.1	ヘリシティ効果	230

10.4.2	クロス・ヘリシティ効果	230
10.4.3	ヘリシティやクロス・ヘリシティを供給する機構	233
10.5	ダイナモ的世界観	234
10.5.1	ダイナモからみた物理現象	234
10.5.2	流れダイナモ	236
10.6	むすび	239
11	地球・太陽の磁場とダイナモ	243
11.1	星におけるダイナモ作用	243
11.2	地球の磁場とダイナモ	246
11.2.1	地球磁場の特徴	246
11.2.2	地球外核の対流運動	249
11.2.3	地球ダイナモへのアプローチ	251
11.3	太陽の磁場とダイナモ	255
11.3.1	太陽磁場の特徴	255
11.3.2	太陽対流層	257
11.3.3	太陽ダイナモと地球ダイナモ	258
11.4	おわりに	260

あとがき	263
------	-----

索引	275
----	-----