

目 次

1 粘性流体の性質

1.1	粘性流体力学の進歩	1
1.2	流体の粘性	2
1.3	流体の運動と変形	6
1.4	流体の内部応力	9
1.5	内部応力による力と仕事	13
1.5.1	単位質量の流体に作用する力	13
1.5.2	内部応力による仕事	14
1.6	粘性係数と熱伝導率	16
	例題	17

2 粘性流体の基礎式

2.1	流体運動を記述する方法	20
2.2	流れにおける物理量の変化	21
2.3	連続の式——質量保存則	24
2.4	ナビエ・ストークスの式(運動方程式)——運動量保存則	24
2.5	エネルギーの式——エネルギー保存則	27
2.5.1	流体力学的エネルギーの式と熱力学の第一法則	27
2.5.2	非可逆損失と熱力学の第二法則	29
2.6	N.S.方程式及びエネルギーの式の積分	30
2.6.1	運動量(積分)方程式	30
2.6.2	拡張されたベルヌーイの式	31
2.7	渦度輸送方程式と渦の運動	33

8 目 次

2.7.1 渦度輸送方程式33
2.7.2 渦の運動34
2.8 基礎式の簡略化36
例 題37

3 層 流

3.1 レイノルズの相似則及び層流と乱流42
3.2 層流の厳密解46
3.2.1 平行な2枚の平板の間の流れ46
3.2.2 平行な2枚の平板の間の温度分布48
3.2.3 二重円管内の流れ50
3.2.4 急に動きだす平板の近くの流れ51
3.3 ナビエ・ストークスの式の数値解法53
3.4 遅い流れ59
3.4.1 ストークスの流れとオゼーンの流れ59
3.4.2 滑り軸受内の流れ61
例 題62

4 乱 流

4.1 乱流の性質68
4.2 乱流の基礎式70
4.2.1 平均流れに対する連続の式,
運動方程式, 及びエネルギーの式70
4.2.2 基礎式から誘導される諸式73
4.3 乱流の計測と解析75
4.3.1 乱流の計測75
4.3.2 相関関数による解析76
4.3.3 スペクトル分析による解析78
4.4 乱流の発生79

4.4.1	層流から乱流への遷移	79
4.4.2	層流の安定	81
(a)	エネルギー法	81
(b)	微小じょう乱法	82
4.5	乱流に関する理論	84
4.5.1	狭義の乱流理論	84
4.5.2	輸送理論——半実験的理論	86
(a)	運動量輸送理論	87
(b)	渦度輸送理論	88
(c)	カルマンの相似の仮説	89
(d)	輸送理論による乱流せん断流れの速度分布	91
	例 題	95

5 境界層

5.1	境界層の性質と基礎式	99
5.1.1	境界層の概念	99
5.1.2	境界層方程式	101
5.1.3	境界層の性質とはく離	105
5.1.4	境界層の厚さ	107
(a)	排除厚さ	107
(b)	運動量厚さ	108
(c)	消散エネルギー厚さ	108
5.1.5	境界層の運動量(積分)方程式とエネルギー(積分)方程式	109
5.2	層流境界層	112
5.2.1	層流境界層の相似性	112
5.2.2	境界層の相似解——平板におけるブラジウスの解	115
5.2.3	速度分布が相似でない場合の解法	121
5.2.4	運動量(積分)方程式による解法	123
5.3	層流境界層の安定と乱流への遷移	129

5.4	乱流境界層	134
5.4.1	乱流境界層の構造	134
5.4.2	乱流境界層の速度分布	136
(a)	速度分布の普遍則	136
(b)	乱流領域における対数則	140
(c)	内層における壁法則	141
(d)	外層における速度分布と後流則	145
(e)	指数則	147
5.4.3	平板の摩擦係数	148
(a)	境界層方程式の解	148
(b)	運動量(積分)方程式の解	150
(c)	平均摩擦係数	151
(d)	粗い平板の摩擦係数	153
5.4.4	乱流境界層の解法	155
(a)	差分方程式による解法	156
(b)	積分方程式による解法	157
5.5	軸対称境界層	160
5.5.1	長い円筒の周りの境界層	160
(a)	層流の場合	160
(b)	乱流の場合	161
5.5.2	回転円板上の境界層	163
(a)	層流の場合	163
(b)	乱流の場合	166
5.5.3	軸対称境界層の基礎式と運動量(積分)方程式	167
5.5.4	静止した軸対称物体の境界層	169
(a)	層流の場合	169
(b)	乱流の場合	170
5.5.5	ねじれ境界層	171
5.6	境界層理論の拡張	172

5.7 境界層の制御	173
(a) トリップング・ワイヤ	174
(b) ボルテックス・ゼネレータ	174
(c) ケーシングトリートメント	175
(d) 多孔壁からの吸込み	175
(e) スリットからの吸込み	175
(f) スリットからの吹出し	176
(g) スロット翼	176
(h) 異種ガスの噴出	176
(i) 壁面の冷却	176
例題	176

6 内部流れ

6.1 円管における流れ	185
6.1.1 助走区間と十分発達した流れ	185
6.1.2 円管における十分発達した流れ	186
(a) 層流の場合(ハーゲン・ポアズイユの流れ)	187
(b) 乱流における指数則	187
(c) 乱流における対数則	190
(d) 壁面の粗さの影響	192
6.1.3 助走区間の流れ	194
6.2 円管以外の管及び曲がり管における流れ	195
6.2.1 管摩擦係数	195
6.2.2 二次流れ	196
6.3 ディフューザにおける流れ	198
6.3.1 ディフューザとノズル	198
6.3.2 ディフューザにおける流れと性能	199
6.3.3 ディフューザ性能の予測	201
例題	202

7 外 部 流 れ

7.1 噴	流	206
7.1.1	自由噴流の構造	206
7.1.2	噴流の基礎理論	209
(a)	噴流における基礎式及び運動量とエンタレインメント	209
(b)	噴流の特性値に関する次元解析	212
(c)	噴流におけるせん断応力の相似性	213
7.1.3	噴流の速度分布	214
(a)	二次元噴流の場合	214
(b)	円形噴流の場合	216
7.1.4	噴流の特性値に関する実験的定数	217
7.2 後	流	219
7.2.1	後流の形成	219
7.2.2	物体の遠方における後流の速度分布	220
7.2.3	混合損失	224
7.2.4	後流における渦の発生	225
(a)	カルマンの渦列	225
(b)	ランチェスターの渦	227
7.3 物 体 の 抗 力		228
7.3.1	抗力の種類	228
7.3.2	二次元物体における形状抗力	229
(a)	ベッツの方法	229
(b)	ジョーンズの方法	230
7.3.3	形状抗力の予測	231
例	題	232