

目 次

第 1 章 流れの有限要素法と上流化 1

1.1	重みつき残差法と有限要素法	2
1.1.1	重みつき残差法	2
1.1.2	重みつき残差法と弱形式	5
1.1.3	有限要素法による定式化	7
1.2	形状関数と写像関数	11
1.2.1	1次元の形状関数	12
1.2.2	2次元の形状関数	19
1.2.3	3次元の形状関数	26
1.3	上流化法	32
1.3.1	粒子法	33
1.3.2	バブノフ-ガレルキン法	41
1.3.3	ペトロフ-ガレルキン法	48
1.3.4	BTD 法	54
1.3.5	SUPG 法	62
1.4	双対空間有限要素法	72
1.4.1	差分法・有限体積法・有限要素法の比較	73
1.4.2	厳密解と数値流束	84
1.4.3	特殊関数の近似式	89
1.4.4	多次元への拡張	100
1.5	安定化有限要素法	109
1.5.1	有限要素法による定式化	110
1.5.2	多重スケール法と安定化有限要素法	111
1.5.3	まとめ	116
	参考文献	116

第 2 章 非圧縮性流体の基礎 ————— **119**

2.1 非圧縮性流体の基礎方程式	120
2.1.1 計算流体力学の概要	120
2.1.2 非圧縮性流体の基礎方程式	122
2.2 計算流体力学の基礎	126
2.2.1 中点ルール	126
2.2.2 移流方程式	127
2.2.3 衝撃波の捕獲	131
2.2.4 2段階ラックス-ヴェンドロフ法	133
2.3 速度場の直交分解	135
2.3.1 ヘルムホルツの表示定理	136
2.3.2 ヘルムホルツ-ホッジの直交分解定理	138
2.3.3 ナヴィエ-ストークス方程式の直交分解	141
2.3.4 ナヴィエ-ストークス方程式のヘルムホルツ分解	143
2.4 アルゴリズムの基礎	146
2.4.1 基礎方程式の変形と定式化	146
2.4.2 数値解析法のポイント	147
2.4.3 離散化とアルゴリズムの概要	151
参考文献	160

第 3 章 GSMAC 有限要素法 ————— **163**

3.1 GSMAC 有限要素法	164
3.1.1 要素と節点	164
3.1.2 GSMAC 有限要素法	168
3.2 同時緩和法によるポアソン方程式の解法	173
3.2.1 ソレノイダル・ベクトル場とポアソン方程式	174
3.2.2 ニュートン-ラフソン法	176
3.2.3 優対角近似	178
3.2.4 同時緩和法	183
3.3 離散ナブラ演算子と非記憶型係数行列	186

3.3.1	離散ナブラ演算子の定義式と計算法	187
3.3.2	勾配・発散・回転の離散ナブラ演算子表示	191
3.3.3	係数行列の解析的表示と非記憶化	197
3.3.4	反変基底ベクトルのオブジェクト化	199
3.4	要素グリーン関数法による移流拡散行列の安定化	202
3.4.1	要素グリーン関数	203
3.4.2	ベルヌーイ関数の近似式	205
3.4.3	安定化移流拡散行列	206
3.4.4	高精度化と高速化	208
3.5	質量集中化とデータの再構築	211
3.5.1	平均操作	211
3.5.2	質量集中化とデータの再構築	213
3.5.3	原理式と時間進行法	214
3.5.4	双対格子	218
3.5.5	有限体積法	221
3.5.6	データの再構築	223
	参考文献	224
	GSMAC 有限要素法に関する特許	224

第4章 GSMAC-CIP法 227

4.1	準ラグランジュ法	228
4.1.1	移流方程式の厳密解	228
4.1.2	準ラグランジュ法	232
4.1.3	補間法	232
4.2	ニュートン-ラフソン法	236
4.2.1	ニュートン法	236
4.2.2	ニュートン-ラフソン法	237
4.2.3	修正ニュートン-ラフソン法	238
4.3	関数と微係数が連続な補間関数	239
4.3.1	曲線要素と3次補間関数	239
4.3.2	2次元の場合の補間	242
4.3.3	3次元の場合の補間	244

4.4	単体要素と3次補間関数	246
4.4.1	線分座標	246
4.4.2	面積座標	248
4.4.3	体積座標	249
4.5	対称要素に対する3次補間の形状関数	250
4.5.1	1次元の3次補間形状関数	253
4.5.2	多次元の3次補間形状関数	256
4.5.3	CIP法の離散化精度	261
4.5.4	まとめ	262
4.6	GSMAC-CIP有限要素法	263
4.6.1	3次補間関数の形状関数	264
4.6.2	キャビティ内自然対流解析	268
4.6.3	正方形キャビティ内の流れ	277
4.6.4	円柱まわりの流れ	286
4.6.5	3角形キャビティ内の流れ	295
4.6.6	おわりに	301
	参考文献	302
	むすび	305
	GSMAC有限要素法に関する資料	315
	参考文献	316
	索引	318