

# 目次

はじめに .....	iii
<b>第 I 部 流れ解析の基礎</b> .....	<b>1</b>
<b>第 1 章 微分方程式の離散化</b> .....	<b>3</b>
1.1 離散化と離散化技法 .....	3
1.2 差分法 .....	5
1.2.1 導関数の差分近似 .....	5
1.2.2 ラプラス方程式の差分近似 .....	9
1.2.3 有限体積法 .....	11
1.3 有限要素法の生い立ち .....	14
1.4 本書で扱う有限要素法 .....	18
<b>第 2 章 有限要素法の基本的な考え方</b> .....	<b>19</b>
2.1 弱形式の導出 .....	19
2.2 弱形式の離散化 .....	24
2.3 数値計算例 .....	37
2.4 離散化の手順のまとめ .....	38
<b>第 3 章 2次元ラプラス方程式の離散化</b> .....	<b>41</b>
3.1 非圧縮性ポテンシャル流れ .....	41
3.2 問題の設定 .....	42
3.3 弱形式の導出 .....	43

3.4	弱形式の離散化	45	7.2.2	速度と渦度を用いる表現	114
<b>第 4 章</b>	<b>有限要素法におけるプログラミング</b>	<b>55</b>	7.2.3	渦度と流れ関数を用いる表現	115
4.1	有限要素法による解析の手順	55	7.2.4	流れ関数のみによる表現	115
4.2	プログラムの構造	56	7.2.5	原始変数法に基づく数値解析の難しさ	116
4.3	データの入力	57	7.3	離散化に用いられる有限要素	117
4.4	行列 $\mathbf{G}$ とベクトル $\mathbf{R}$ の組み立て	59	7.4	支配方程式の離散化	120
4.5	ディリクレ型境界条件の導入	61	7.4.1	弱形式の導出	120
4.6	入力データと数値計算の具体例	61	7.4.2	弱形式の離散化	121
4.7	有限要素法の特徴：差分法との比較において	68	7.5	三角形要素を用いる離散化	124
<b>第 5 章</b>	<b>面積座標</b>	<b>73</b>	7.6	四角形要素を用いる離散化	132
5.1	全体座標と局所座標	73	<b>第 8 章</b>	<b>非圧縮性粘性流れの非定常解析</b>	<b>147</b>
5.2	面積座標の定義	74	8.1	定常解析と非定常解析	147
5.3	面積座標と全体座標の関係	77	8.2	直接法	148
5.4	面積座標の積分公式	78	8.3	ペナルティ関数法	150
5.5	面積座標を使った計算例	80	8.4	擬似圧縮性法	153
5.6	1次元, 3次元の要素の局所座標	82	8.5	MAC 法	154
<b>第 6 章</b>	<b>時間依存問題の解析</b>	<b>87</b>	8.6	SMAC 法	160
6.1	問題の設定	87	8.7	SIMPLER 法	163
6.2	空間方向の離散化	88	8.8	流速圧力同時緩和法	166
6.3	時間方向の離散化	91	8.9	移流拡散分離解法	171
6.4	数値計算例	95	8.10	数値計算例	177
<b>第 II 部</b>	<b>流れ解析の実際</b>	<b>103</b>	8.10.1	流速圧力同時緩和法による計算	177
<b>第 7 章</b>	<b>非圧縮性ナビエ・ストークス方程式の離散化</b>	<b>105</b>	8.10.2	移流拡散分離解法による計算	183
7.1	ナビエ・ストークス方程式	105	<b>第 9 章</b>	<b>風上有限要素法</b>	<b>191</b>
7.2	支配方程式のいろいろな表現	112	9.1	速い流れの数値解析	191
7.2.1	速度と圧力を用いる表現	112	9.2	1次元の風上有限要素法	195
			9.3	2次元の風上有限要素法	198
			9.4	人工拡散係数の最適化	200

9.5	SUPG 法 .....	203
9.6	数値計算例.....	205
<b>第 10 章</b>	<b>熱移動を伴う流れの解析.....</b>	<b>207</b>
10.1	自然対流.....	207
10.2	ブシネスク近似.....	208
10.3	ブシネスク近似による方程式の変形 .....	211
10.3.1	運動方程式 .....	211
10.3.2	エネルギー方程式 .....	212
10.4	基礎方程式の無次元化.....	213
10.5	数値計算例.....	216
<b>付 録 A</b>	<b>ギリシャ文字.....</b>	<b>223</b>
<b>付 録 B</b>	<b>変分原理に基づく有限要素法 .....</b>	<b>224</b>
B.1	最小ポテンシャルエネルギーの原理 .....	224
B.2	有限要素法による汎関数の離散化 .....	225
<b>付 録 C</b>	<b>法線方向微分.....</b>	<b>229</b>
<b>付 録 D</b>	<b>行列 <math>M</math> の集中化の力学的解釈 .....</b>	<b>231</b>
D.1	弦の横振動.....	231
D.2	弦に取り付けた多数の質点の横振動.....	233
D.3	行列の集中化の意味 .....	235
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>237</b>
<b>索引</b>	<b>.....</b>	<b>241</b>