



# 目次

<b>1. 予備的事項：構造剛性と回路網解析</b>	<b>1</b>
1.1 まえがき	1
1.2 構造要素	2
1.3 構造の組立てと解析	7
1.4 座標系の変換	10
1.5 電気または流体の回路網	11
1.6 一般的なパターン	13
<b>2. 弾性連続体の有限要素——変位法</b>	<b>17</b>
2.1 まえがき	17
2.2 有限要素特性の直接の誘導	19
2.3 全領域への一般化——内部節点力の概念の放棄	25
2.4 全ポテンシャルエネルギー最小化としての変位法	27
2.5 収束性の判定	29
2.6 要素間に不連続のある変位関数	31
2.7 変位法におけるひずみエネルギーの上下界	31
2.8 直接的最小化	32
<b>3. 有限要素概念の一般化</b>	<b>34</b>
3.1 一般変分問題	34
3.2 収束条件	36
3.3 節点なしの変数	38
3.4 有限要素定式化への別の方法	40
3.5 例題——Poisson の方程式	42
3.6 他の例題——粘性流体の方程式	45
3.7 むすび	48
<b>4. 平面応力および平面ひずみ</b>	<b>50</b>
4.1 まえがき	50
4.2 要素の特性	51
4.3 計算例——精度の評価	61
4.4 実際問題に対するいくつかの応用例	63
4.5 非圧縮性材料の平面ひずみ問題に対する特別な処理	71

<b>5. 軸対称応力解析</b>	<b>75</b>
5.1 まえがき	75
5.2 要素の特性	76
5.3 基本的な計算例題	85
5.4 実際問題への応用例	86
5.5 非対称荷重	86
<b>6. 3次元応力解析</b>	<b>93</b>
6.1 まえがき	93
6.2 四面体要素の特性	94
6.3 8節点の複合要素	99
6.4 例題とまとめ	99
<b>7. 要素の形状関数——いくつかの一般的要素族</b>	<b>105</b>
7.1 まえがき	105
2次元要素	106
7.2 長方形要素——予備的考察	106
7.3 長方形要素の1——‘セレンディピティ’族	110
7.4 長方形要素の2——Lagrange族	112
7.5 内部節点および‘節点なし’の変数	113
7.6 組立て前の内部変数の消去——部分構造	115
7.7 三角形要素族	117
1次元要素	121
7.8 直線要素	121
3次元要素	122
7.9 長方柱の1——‘セレンディピティ’族	122
7.10 長方柱の2——Lagrange族	124
7.11 四面体要素族	124
7.12 他の簡単な3次元要素	126
7.13 むすび	128
<b>8. アイソパラメトリック曲面要素と数値積分法</b>	<b>130</b>
8.1 まえがき	130
曲線座標系	131
8.2 座標変換における形状関数の使用	131
8.3 要素の幾何学的適合性	135
8.4 変換曲面要素内での未知関数の変化と連続性の要求	136
8.5 微係数一定の条件の満足	139

変換の法則	140
8.6 要素マトリックスの誘導( $\xi, \eta, \zeta$ 座標系における変換)	140
8.7 要素マトリックス, 面積座標と体積座標	142
数値積分	144
8.8 数値積分——1次元積分	144
8.9 数値積分——長方形あるいは直角柱領域	146
8.10 数値積分——三角形あるいは四面体領域	149
8.11 むすび	152
<b>9. 2次元, 3次元応力解析におけるアイソパラメトリック要素の応用</b>	<b>154</b>
9.1 まえがき	154
9.2 数値積分に必要な精度	156
9.3 数値積分を用いる有限要素の計算上の利点	158
9.4 2次元応力解析の二, 三の実例	159
9.5 3次元応力解析	161
9.6 高次要素に対する一般的注意	166
<b>10. 板の曲げ</b>	<b>171</b>
10.1 まえがき	171
10.2 板曲げの問題における変位の定式化	172
10.3 形状関数に要求される連続性	175
非適合形状関数	178
10.4 隅節点を有する長方形要素	178
10.5 四辺形要素と平行四辺形要素	184
10.6 隅節点を有する三角形要素	185
10.7 非適合要素の収束性	188
10.8 解析例	190
節点に特異性のある適合形状関数	198
10.9 一般的注意	198
10.10 簡単な三角形要素についての特異形状関数	200
10.11 適合形状関数による18自由度の三角形要素	203
10.12 適合四辺形要素	204
10.13 適合要素による解の例	205
付加的な自由度をもつ適合形状関数	207
10.14 Hermite 形の長方形要素形状関数	207
10.15 21および18自由度の三角形要素	208
10.16 むすび	210

<b>11. 平面要素の集合としてのシェル</b>	<b>213</b>
11.1 まえがき	213
11.2 局所座標による平面要素の剛性	216
11.3 全体座標への変換と要素の組立て	218
11.4 仮想回転剛性	220
11.5 局所方向余弦	222
11.6 実際問題への応用例	226
11.7 収束性	236
<b>12. 軸対称シェル</b>	<b>240</b>
12.1 まえがき	240
12.2 要素特性——軸対称荷重——直線要素	242
12.3 例題と精度	245
12.4 曲線要素と形状関数	245
12.5 曲線要素のひずみの表示および特性	250
12.6 付加的な節点なしの変数	252
<b>13. 半解析的有限要素法——直交関数の利用</b>	<b>255</b>
13.1 まえがき	255
13.2 断面一様な棒	258
13.3 薄板の箱形構造物	262
13.4 曲げを受ける板および箱形構造物	262
13.5 非対称荷重を受ける軸対称物体	264
13.6 非対称荷重を受ける軸対称シェル	267
13.7 むすび	271
<b>14. 3次元解析の特別な場合としての厚肉シェル</b>	<b>274</b>
14.1 まえがき	274
14.2 要素の幾何学的形状の定義	275
14.3 変位場の表示	277
14.4 ひずみおよび応力の定義	279
14.5 要素特性と必要な変換	281
14.6 応力表示についての注意	283
14.7 特別な場合としての軸対称, 曲線および厚肉シェル	284
14.8 特別な場合としての厚肉平板	286
14.9 収束性	287
14.10 例題	289

<b>15. 定常状態の場の問題——熱伝導, 電気ポテンシャル, 浸透流, など</b>	295
15.1 まえがき	295
15.2 極値問題	296
15.3 有限要素への離散化	298
15.4 精度評価のための例題	303
15.5 実際的問題の例	307
15.6 重調和方程式で表わされる問題——粘性流	316
15.7 類似	319
15.8 むすび	319
<b>16. 時間次元の場の問題 1 —— 過渡および動的問題の定式化</b>	322
16.1 まえがき	322
16.2 空間有限要素分割による時間依存問題の定式化	322
16.3 ‘連成’問題	330
16.4 時間応答解析の定式化の別法	334
16.5 初期値問題解法の漸化式——時間域の有限要素化	335
16.6 他の過渡問題, 自由表面滲透	342
16.7 むすび	344
<b>17. 時間次元の場の問題 2 —— 準解析的取扱い [ 振動および固有値問題 ]</b>	347
17.1 まえがき	347
17.2 ‘周期的’入力に対する基礎運動方程式の解	347
17.3 固有振動数	348
17.4 固有値問題の解法	349
17.5 固有値問題の例	352
17.6 固有値による過渡応答解析	363
<b>18. 材料非線形問題——塑性, クリープ, 場の非線形問題, など</b>	369
18.1 まえがき	369
<b>固体力学における非線形構成関係の問題——材料非線形性</b>	370
18.2 一般の物理的取扱い	370
18.3 数学的な解釈	375
18.4 塑性	378
18.5 零張力の材料	391
18.6 層状材料と結合要素	392
18.7 クリープ——時間依存のひずみ	396
18.8 クリープの解に対する特別な近似	404
18.9 むすび	406

他の非線形問題	407
18.10 非線形擬調和場の問題	407
18.11 考える他の応用分野	410
<b>19. 幾何学的非線形問題——大変形ならびに構造不安定</b>	<b>415</b>
19.1 まえがき	415
19.2 一般的考察	416
19.3 板の大変形および‘初期’安定問題	420
19.4 シェルの問題	427
19.5 一般の大ひずみ，大変位問題の定式化	429
19.6 むすび	432
<b>20. 計算法とコンピュータプログラム</b>	<b>436</b>
20.1 まえがき	436
20.2 有限要素法システム	437
20.3 データインプット	444
20.4 剛性マトリックスの作成	454
20.5 剛性マトリックスの組立てと連立方程式の解	462
20.6 内力の計算と結果のアウトプット	478
20.7 例題	484
20.8 結果の表示	490
20.9 反復法による固有値の計算	498
20.10 むすび	507
付録 20A	508
付録 20B	518
付録 20C	530
<b>付 録</b>	<b>546</b>
<b>人名索引</b>	<b>561</b>
<b>事項索引</b>	<b>566</b>
<b>索引用語の和英対照表</b>	<b>573</b>

