目　次

まえがき

第1章　移動境界流れ問題 ―――――――――――――――――――――――――――1

1.1　移動境界を有する流れ現象 ……1
1.2　流体の運動の表現法 ……5
1.3　移動境界流れ問題の解析手法 ……12

第2章　差分法による解析 ―――――――――――――――――――――――――――15

2.1　移動境界における条件 ……15
2.1.1　移動境界問題―――15
2.1.2　界面における条件―――15
2.1.3　粘性応力と表面張力を無視した界面の応力条件―――19
2.1.4　移動界面における乱流モデル―――19
2.2　格　子　系 ……20
2.2.1　格子系と運動―――20
2.2.2　直交固定格子―――21
2.2.3　境界適合格子―――23
2.2.4　格子系と自由表面の取り扱い―――25
2.3　計算の手順 ……28
2.3.1　時間発展解法―――28
2.3.2　MAC 法―――28
2.3.3　自由表面条件―――30
2.3.4　境界条件―――32
2.3.5　数値造波―――32
2.3.6　開境界条件―――33
2.4　移動境界の取り扱い方 ……34
2.4.1　オイラー法(2 D，直交)―――34

2.4.2 オイラー法(2 D，適合)———35
2.4.3 オイラー法(3 D，適合)———37
2.4.4 マーカーを使ったラグランジュ法(2 D，直交)———37
2.4.5 移動線分を使ったラグランジュ法(2D，直交)———39
2.4.6 ラグランジュ法(3 D，直交)———42
2.4.7 VOF 法(2 D，直交)———43
2.4.8 ALE 法———46
2.4.9 密度関数法(2 D，直交)———47
2.4.10 密度関数法(3 D，直交)———48
2.5 2次元流れの計算例 ……50
2.5.1 進行物体まわりの流れ———50
2.5.2 水中翼のシミュレーション———51
2.5.3 波力を受ける没水体———51
2.5.4 2次元スロッシング———54
2.5.5 二層流———56
2.6 3次元流れの計算例 ……57
2.6.1 船の波———57
2.6.2 3次元スロッシング———59
2.6.3 3次元砕波と洗掘———63
2.6.4 円柱まわりの流れ———66
2.6.5 波と粘性流の干渉———68
2.7 変形物体まわり流れの解析 ……71
2.7.1 支配方程式———72
2.7.2 離散化———73
2.7.3 計算の流れ———74
2.7.4 物体表面境界条件———74
2.7.5 格子形成———75
2.7.6 計算例———76

第3章　有限要素法による解析 ——79

3.1　移動境界問題と有限要素法 ……79

3.2　ALE 有限要素法による構造流体連成問題の解析 ……80

3.2.1　構造と流体の連成問題——80

3.2.2　バネ支持された剛体と流れとの連成——82

3.2.3　弾性体と流れの連成——96

3.2.4　自由表面を有する流体の運動と構造との連成——98

3.3　有限要素法による波動問題の解析 ……103

3.3.1　ラグランジュ的な移動境界手法を用いた波動問題解析——104

3.3.2　オイラー的な移動境界手法を用いた波動問題解析——112

3.4　マーカー粒子 FEM と粘弾性定常流解析 ……118

3.4.1　マーカー粒子 FEM——118

3.4.2　粘弾性(非ニュートン弾性)定常流解析——129

第4章　境界要素法による解析 ——147

4.1　自由表面流れ問題 ……147

4.2　問題の定式化 ……147

4.2.1　陰関数表示——150

4.2.2　陽関数表示——151

4.2.3　ラグランジュ座標表示——151

4.3　数値計算手法 ……153

4.4　手法の拡張 ……158

4.5　計算技法 ……160

4.5.1　平滑化技法(smoothing technique)——161

4.5.2　節点再配置技法(relocation technique)——161

4.6　2次元自由表面流れの解析 ……162

4.6.1　水槽内の孤立波の運動——162

4.6.2　容器内の液体スロッシング——167

4.6.3　液滴の自励振動——169

4.6.4 ヘレ・ショウセル内の粘性指状体———170
4.7 3次元自由表面流れの解析 ……173

索 引 ……181