

| | | |
|--------------|------------------------|-----------|
| 第 1 章 | 粒子法概説 | 1 |
| 1.1 | 粒子法とは | 1 |
| 1.2 | 粒子法研究の歩み | 3 |
| 1.3 | 本書の構成 | 7 |
| 第 2 章 | 標準型の粒子法 | 11 |
| 2.1 | 流体の支配方程式 | 12 |
| 2.1.1 | 圧縮性流体の支配方程式 | 12 |
| 2.1.2 | 非圧縮性流体の連続式・運動方程式 | 14 |
| 2.1.3 | 非圧縮性流体のエネルギー式 | 16 |
| 2.2 | SPH 法の離散化 | 18 |
| 2.2.1 | SPH 法の積分補間子と kernel 関数 | 18 |
| 2.2.2 | SPH 法のベクトル微分演算子 | 25 |
| 2.3 | MPS 法の離散化 | 27 |
| 2.3.1 | MPS 法の積分補間 | 27 |
| 2.3.2 | MPS 法のベクトル微分演算子 | 28 |
| 2.4 | 陽解法と人工粘性 | 32 |
| 2.4.1 | WCSPH 法 | 32 |
| 2.4.2 | 人工粘性 | 34 |
| 2.4.3 | 人工粘性の適正化 | 36 |
| 2.4.4 | 時間発展と安定性 | 37 |
| 2.5 | 半陰解法と圧力擾乱 | 40 |
| 2.5.1 | MPS 法 | 40 |
| 2.5.2 | 圧力擾乱 | 44 |
| 2.6 | 境界条件 | 48 |
| 2.6.1 | 壁面境界 | 48 |

| | | |
|--------|------------------------|----|
| 2.6.2 | 自由表面 | 50 |
| 2.6.3 | 流入・流出・その他の境界 | 52 |
| 2.7 | 近傍粒子探索 | 54 |
| 2.8 | 乱流計算 | 56 |
| 2.8.1 | 乱流モデル | 56 |
| 2.8.2 | SPS 乱流モデル | 57 |
| 2.9 | 解像度可変型粒子法 | 60 |
| 2.10 | Riemann solver | 63 |
| 2.10.1 | Riemann 問題 | 63 |
| 2.10.2 | Riemann solver と SPH 法 | 65 |

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 第 3 章 | 高精度粒子法 | 69 |
| 3.1 | 離散化における運動量保存性 | 70 |
| 3.1.1 | 運動量・角運動量保存 | 70 |
| 3.1.2 | 微分演算子モデルの運動量・角運動量保存性 | 72 |
| 3.1.3 | CMPS 法 | 74 |
| 3.1.4 | 角運動量保存と CSPH・CISPH 法 | 75 |
| 3.2 | Poisson 方程式の高精度生成項 | 82 |
| 3.3 | Laplacian モデルの高精度化 | 85 |
| 3.4 | solenoidal 場への収束性の向上 | 87 |
| 3.5 | 高精度勾配モデル | 92 |
| 3.5.1 | 勾配モデルの Taylor 級数適合性 | 92 |
| 3.5.2 | 発散モデル・Laplacian モデルの Taylor 級数適合性 | 96 |
| 3.5.3 | 高次の Taylor 級数適合性 | 97 |
| 3.6 | 安定性の改善——stabilizer | 101 |
| 3.6.1 | 引張不安定 | 101 |
| 3.6.2 | 粒子再配列——XSPH 法と Particle Shifting (PS) 法 | 105 |
| 3.6.3 | 人工斥力と Dynamic Stabilization (DS) 法 | 109 |
| 3.7 | 境界条件の高精度化 | 118 |
| 3.7.1 | 自由表面境界条件の高精度化 | 118 |
| 3.7.2 | Space Potential Particles (SPP) | 119 |
| 3.7.3 | 壁面境界条件の高精度化 | 124 |
| 3.8 | 高精度化の俯瞰的視点 | 128 |

第4章 剛体群・弾性体解析 133

4.1 剛体運動の記述法 134
4.1.1 Passively Moving Solid (PMS) モデル 134
4.1.2 回転行列 139
4.2 弾性体の支配方程式 145
4.3 弾性体解析のアルゴリズム 147
4.3.1 MPS 法による弾性体解析 147
4.3.2 SPH 法による弾性体解析 157
4.4 超弾性体解析 161
4.4.1 弾性体の有限変形 161
4.4.2 Hamiltonian 粒子法 164
4.5 弾塑性体解析 167

第5章 気液混相流解析 171

5.1 混相流の支配方程式 171
5.1.1 気液二相流の直接解法 172
5.1.2 気液二相流の二流体モデル 174
5.2 粒子法による気液混相流解析 183
5.2.1 気液混相流計算における界面の密度勾配の評価 183
5.2.2 粒子法による気液二相流解析 185
5.3 表面張力モデル 190
5.3.1 表面張力の表式 191
5.3.2 Continuum Surface Force (CSF) モデル 195
5.3.3 ポテンシャルモデル 203

第6章 固液混相流解析 207

6.1 非 Newton 流体モデル 207
6.1.1 非 Newton 流体の構成則 208
6.1.2 粘性応力項の離散化 211
6.2 個別要素法 212
6.2.1 粒子の運動方程式 213

6.2.2 モデル定数の設定 216

6.3 粒子法による固液混相流解析 218

6.3.1 固液二相流の支配方程式 218

6.3.2 粒子追跡法 221

6.3.3 DEM-MPS 法 226

付録A テンソル 235

A.1 テンソルの代数演算 235

A.2 2階のテンソルの特記事項 243

A.3 ベクトルの空間微分公式 248

A.4 テンソルの微分 252

付録B クォータニオン 257

B.1 クォータニオンの代数演算 257

B.2 クォータニオンによる回転変換 259

B.3 クォータニオンの時間微分 262

参考文献 265

索引 282