

目 次

主な使用記号

第 1 章 序 論	1
1.1 格子ボルツマン法の概要	1
1.2 背景	2
1.2.1 格子気体セル・オートマトン法	2
1.2.2 格子ボルツマン法の発展	4
1.3 本研究の目的	7
1.4 本論文の構成	9
第 2 章 基 礎 理 論	11
2.1 緒言	11
2.2 粒子の分布と離散化	11
2.3 粒子分布の時間発展	16
2.3.1 非圧縮性流体モデル	17
2.3.2 熱流体モデル	17
2.3.3 Multi-particle collision モデル	18
2.3.4 マトリクスモデル	18
2.3.5 格子 BGK モデル	20
2.3.6 流れの変数の定義	23
2.4 局所平衡分布	23
2.5 流れの支配方程式の導出	26
2.5.1 連続の式	28
2.5.2 運動方程式	29
2.5.3 エネルギー方程式	30
2.6 計算手順	31
第 3 章 非圧縮性流体解析	33
3.1 緒言	33
3.2 粒子分布モデル	33
3.3 流れ場の境界条件	34
3.3.1 固体壁の境界条件	35
3.3.2 円柱の境界条件	37
3.3.3 流入・流出の境界条件	37

3.4 境界条件の検討	39
3.4.1 固体壁境界	39
3.4.2 流出入境界	44
3.5 数値解析結果	45
3.6 結言	47
<hr/>	
第4章 熱流体格子ボルツマンモデル	66
4.1 緒言	66
4.2 平衡分布関数	66
4.3 3次元粒子分布モデル	68
4.4 その他の粒子分布モデル	74
4.4.1 1次元粒子分布モデル	74
4.4.2 2次元粒子分布モデル	75
4.5 巨視的な流れの支配方程式	81
4.5.1 連続の式	81
4.5.2 運動方程式	82
4.5.3 エネルギー方程式	83
4.6 境界条件	85
4.7 提案した粒子分布モデルの検証	86
4.8 結言	89
<hr/>	
第5章 熱流体モデルによる流れの数値解析	99
5.1 緒言	99
5.2 楔に入射する平面衝撃波の反射	99
5.3 角を回る非定常衝撃波流れ	129
5.4 穿孔壁による衝撃波減衰の数値シミュレーション	136
5.5 3次元 Cavity 流れ	144
5.6 衝撃波管内の物体まわりの流れ	147
5.7 結言	149
<hr/>	
第6章 新たな粒子分布モデルの提案	152
6.1 緒言	152
6.2 計算可能な温度領域の制限緩和	152
6.2.1 モデルの提案	152
6.2.2 計算結果	153
6.2.3 本節のまとめ	156

6.3	内部自由度を有する格子 BGK モデル	156
6.3.1	粒子の運動方程式と支配方程式の導出	156
6.3.2	数値計算結果	161
6.3.3	本節のまとめ	162
6.4	局所的な緩和時間の変更による数値振動抑制	168
6.5	複合格子を用いた空間の離散化	177
6.6	Holway 方程式に基づく格子 BGK モデル	181
6.7	結言	188
<hr/>		
第7章	結論	189
<hr/>		
参考文献		193
謝辞		196