

目 次

1. Boltzmann 方程式	〔曾根良夫〕	1
1.1 まえおき		1
1.2 速度分布関数と巨視的変数		2
1.3 Boltzmann 方程式の誘導 1		4
1.4 2 体衝突		6
1.5 Boltzmann 方程式の誘導 2 —衝突項—		10
1.6 $B(\alpha, V_i , V)$		13
1.7 対称関係式		17
1.8 保存方程式		18
1.9 平衡解		20
1.10 局所平衡解		22
1.11 境界条件		24
A. 単純境界		24
B. 気体とその凝縮相との界面		26
1.12 H 定理		28
1.13 平均自由行程		31
1.14 モデル方程式		33
1.15 無次元化方程式		35
1.16 線形化方程式—静止平衡状態まわりの線形化—		38
1.17 相似則		39
文 献		40
2. 非常に希薄な気体の振舞	〔曾根良夫〕	42
2.1 まえおき		42
2.2 自由分子流の一般解		42
2.3 自由分子気体の初期値問題		42
2.4 自由分子気体の境界値問題		43
A. 凸な物体のまわりの自由分子気体		44
B. 一般の場合		46
C. 補足（非定常問題）		49
2.5 自由分子気体の静力学（加熱・冷却物体群のまわりの自由分子気体）		50
A. 問 題		50
B. 速度分布関数の構成		51
C. 適用範囲		54

D. 巨視的変数	54
E. 流 速	54
F. 重ね合わせの原理	55
G. 簡単な応用	56
2.6 自由分子気体中の加熱・冷却物体に働く力	57
A. 一様に加熱された凸でない物体	58
B. 平面壁に境された気体中の加熱物体	61
C. 一様気体中の複数物体	62
D. 拡散反射物体群	64
2.7 分子同士の衝突の効果	66
文 献	69
3. やや希薄な気体の振舞：漸近理論とその応用 [曾根良夫]	71
3.1 まえおき	71
3.2 線形理論	71
A. 問題と仮定	71
B. Grad-Hilbert 展開と流体力学的方程式	72
C. Knudsen 層の解析	77
D. すべりの境界条件と Knudsen 層補正	82
E. 速度分布関数の不連続と S 層	91
F. 閉じた物体に働く力, 伝えられるエネルギー	95
G. まとめ	96
3.3 弱非線形理論	97
A. 問題と仮定	97
B. S 展開と流体力学的方程式	97
C. Knudsen 層とすべりの境界条件	102
D. 速度場, 温度場に対する希薄化効果	106
E. 閉じた物体に働く力, 伝えられるエネルギー	106
F. まとめ	109
3.4 非線形問題	109
A. 単純壁のまわりの気体	109
B. 強い蒸発・凝縮を伴う系	112
3.5 漸近理論の応用	113
A. 温度場によって誘起される流れ：熱ほうく流と熱応力による流れ	113
B. 簡単な応用問題	118
文 献	119
4. 中程度に希薄な気体の振舞 [青木一生]	123
4.1 まえおき	123
4.2 二, 三の準備	124
A. 剛体球分子に対する線形化 Boltzmann 方程式	124

B. 線形化 Boltzmann 方程式の相似解	127
C. モデル方程式の積分方程式への変換	129
4.3 平行 2 平板間の流れ	132
A. Couette 流	132
B. Poiseuille 流	136
C. 熱遷移流	139
D. 熱伝達	141
4.4 その他の流れ	143
A. 任意断面の直管内の Poiseuille 流と熱遷移流	143
B. スリットを通る流れ	148
C. 温度場による流れ	151
D. 球を過ぎる流れ	154
E. 球の熱泳動	160
F. 変形 Knudsen 数展開法	163
4.5 非線形効果と非定常流	165
A. 衝撃波の構造	165
B. 非定常流	169
4.6 差分法による数値解法 (第 4 章付録)	173
A. 線形化 Boltzmann 方程式の数値解法	173
B. Boltzmann 方程式の数値解法 (衝撃波の問題)	177
文 献	179
 5. 蒸発・凝縮を伴う流れ	 [青木一生] 183
5.1 まえおき	183
5.2 平面凝縮相における蒸発・凝縮 (半無限領域の問題)	184
A. 蒸発・凝縮が弱い場合	185
B. 強い蒸発による流れ	187
C. 強い凝縮を伴う流れ	191
5.3 平面凝縮相間の流れと逆温度勾配現象	196
A. 蒸発・凝縮が弱い場合	197
B. 蒸発・凝縮が強い場合	201
5.4 物体からの蒸発流	205
A. 円柱状凝縮相からの蒸発流	205
B. 球状凝縮相から真空への蒸発流	210
5.5 球状凝縮相を過ぎる流れ	216
5.6 境界条件の一般化	219
A. 半無限領域の問題	219
B. その他の問題	222
文 献	224

付録 I 球対称作用素とテンソルの球対称な場	〔曾根良夫〕	227
I.1 まえおき		227
I.2 球対称作用素と衝突積分作用素		227
I.3 衝突項に関連した関数族の関係式		230
A. 線形の場合		230
B. 一般の場合		231
C. 線形積分方程式の解の場合		232
I.4 対称テンソルの球対称な場		234
A. ζ_1 軸上の Φ_I		235
B. 任意点上の Φ_I		237
付録 II 直接シミュレーション法	〔曾根良夫・青木一生〕	246
II.1 まえおき		246
II.2 準備		246
II.3 DSMC 法の手順		249
II.4 DSMC 法の理論的背景		252
II.5 計算の省力化		260
II.6 計算例		263
文 献		266
索 引 (和・欧・記号)		269