目　　次

訳 者 序
著者より日本版に対する序
序　　章 …… 1
第 I 部　熱力学的背景 …… 17
第1章　はじめに …… 19
1.1　一般的注意 …… 19
1.2　開 放 系 …… 24
第2章　保存方程式 …… 26
2.1　力学的平衡下の開放系 …… 26
2.2　質量保存の方程式 …… 27
第3章　非可逆過程の熱力学：線形領域 …… 30
3.1　Gibbs の公式：エントロピー生成 …… 30
3.2　現象論的関係：線形領域の非可逆過程 …… 35
3.3　現象論的係数の対称性 …… 38
3.4　非平衡定常状態 …… 40
3.5　エントロピー生成最小の定理 …… 41
3.6　線形領域における秩序の非実現性 …… 44
3.7　拡　　散 …… 45
第4章　非線形熱力学 …… 48
4.1　はじめに …… 48
4.2　一般的発展規準 …… 49

4.3 発展規準と動力学的ポテンシャル …… 50
4.4 非平衡状態の安定性：散逸構造 …… 53

第 II 部 自己秩序化の数学的側面：決定論的方法 … 61

第5章 化学反応と拡散を含む系：安定性…… 63
5.1 一般的表現 …… 63
5.2 Lyapounov 安定性…… 65
5.3 軌道安定性 …… 66
5.4 構造安定性 …… 68

第6章 数学的方法…… 70
6.1 はじめに …… 70
6.2 分岐理論 …… 70
6.3 安定性理論 …… 71
6.4 カタストロフィの理論 …… 74
6.5 2変数を含む均質な系 …… 76
6.6 枝分れ，分岐およびリミット・サイクル …… 83

第7章 自己触媒の簡単なモデル …… 89
7.1 2つの中間生成物 …… 89
7.2 3分子反応モデル(ブリュッセレータ) …… 91
7.3 スケーリング，定常状態および境界条件 …… 93
7.4 線形安定性の解析 …… 95
7.5 定常散逸構造の分岐：一般的様相 ……103
7.6 分岐：固定境界条件 ……106
7.7 分岐：零流束の境界条件 ……110
7.8 最初の分岐点近傍での散逸構造の定性的性質 ……111
7.9 逐次不安定性と第2次分岐 ……117
7.10 計算機シミュレーションとの比較……121
7.11 局在定常散逸構造……126
7.12 時間周期的散逸構造の分岐……134

7.13 時間周期的散逸構造の定性的性質……139
7.14 周期構造中の伝播波動……145
7.15 閉鎖系としてのブリュッセレータ……148
7.16 結 語……150

第8章 散逸構造と自己秩序化現象の別な様相 ……151
8.1 はじめに ……151
8.2 保存系の振動 ……151
8.3 リミット・サイクルをもつ簡単なモデル ……156
8.4 多重定常状態と all-or-none 転移……160
8.5 2次元問題 ……167
8.6 多成分を含む化学反応系 ……178
8.7 結合した振動子 ……180
8.8 不均質な触媒と局所的転移 ……182
8.9 光化学反応を含む系 ……185
8.10 反応-拡散系の進んだ解析 ……188
8.11 散逸構造の熱力学……196

第 III 部 確率論的方法 ……207

第9章 一般的コメント ……209
9.1 はじめに ……209
9.2 確率過程の公式 ……210
9.3 Markov 過程 ……214
9.4 平衡の極限 ……219
9.5 非平衡系のゆらぎ：歴史的背景 ……222

第10章 ゆらぎの生成・消滅過程 ……225
10.1 生成・消滅過程のマスター方程式……225
10.2 生成・消滅過程による記述の限界……227
10.3 生成・消滅過程のマスター方程式の解析法……228
10.4 モーメント方程式……238

10.5 簡単な例……242
10.6 2変数を含む系: Lotka-Volterra のモデル ……249
10.7 結 語……256

第11章 拡散の効果: 位相空間での記述と多変数マスター方程式 ……257

11.1 ゆらぎの局所的記述の必要性……257
11.2 ゆらぎの位相空間記述……258
11.3 簡単なモデル……260
11.4 マスター方程式の近似解……264
11.5 ゆらぎの分子動力学的研究……266
11.6 議 論……267
11.7 濃度空間における多変数マスター方程式への縮約……268
11.8 多変数マスター方程式の例……272
11.9 3分子モデルの空間的相関 ……279
11.10 臨界状態での振舞 ……284
11.11 結 語 ……290

第12章 ゆらぎの'平均場'記述: 非線形マスター方程式 …294

12.1 はじめに……294
12.2 非線形マスター方程式の導出……295
12.3 非線形マスター方程式の別の性質とモーメント方程式……298
12.4 リミット・サイクルの出現……299
12.5 空間的散逸構造の出現……304
12.6 多重定常状態間の転移と準安定状態……307
12.7 非線形マスター方程式の漸近解……311
12.8 結 語……314

第IV部 化学系および生物系の制御機構 ……317

第13章 化学反応系の自己秩序化 ……319

13.1 はじめに……319

13.2 Belousov-Zhabotinski 反応: 実験 ……319
13.3 機 構……322
13.4 オレゴネータ……324
13.5 振動的振舞……327
13.6 らせん状パターン……330
13.7 Briggs-Rauscher 反応 ……331

第14章 細胞内組織レベルでの制御機構 ……333

14.1 代謝系の振動……333
14.2 解糖サイクル……334
14.3 解糖系振動のアロステリック・モデル……337
14.4 リミット・サイクル振動……346
14.5 リミット・サイクル振動に対する外乱の効果……348
14.6 アロステリック酵素モデルにおける時間的空間的秩序パターン……350
14.7 cAMP の周期的合成 ……354
14.8 膜に結合した酵素を含む反応……357
14.9 代謝系振動の生理学的な意味……360

第15章 細胞レベルでの制御機構 ……363

15.1 はじめに……363
15.2 LAC-オペロン ……364
15.3 β-ガラクトシダーゼ誘導の数学モデル……365
15.4 all-or-none 転移 ……368
15.5 分解代謝抑制: 持続振動と閾値現象……370
15.6 細胞分裂の制御……377
15.7 定量的モデル……379

第16章 細胞の分化とパターン形成 ……384

16.1 はじめに……384
16.2 位置の情報……385

16.3 位置の情報に含まれる機構……388
16.4 散逸構造と極性の出現……390
16.5 定量的モデル……391
16.6 位置の分化……395
16.7 応 用 例……399

第V部 進化と個体群変動の力学 ……403

第17章 進化の熱力学 ……405

17.1 拮抗の概念……405
17.2 前生物的進化：一般的説明……405
17.3 前生物的ポリマーの形成……406
17.4 生体高分子の拮抗と超サイクル……410
17.5 安定性の問題としてみた進化……414
17.6 進化のフィードバック……417
17.7 単純な反応回路におけるエネルギー散逸……418
17.8 生化学的説明……421

第18章 生 態 系 ……423

18.1 は じ め に……423
18.2 基礎方程式……423
18.3 秩序的振舞の例：昆虫社会の組織……427
18.4 生態系の進化……430
18.5 構造不安定性と多様性の増大：労働の分化……433
18.6 安定性と多様性……436

展望と結語 ……438

1. は じ め に……438
2. ゆらぎの化学……438
3. 神経回路と免疫回路……440
4. 悪性腫瘍に対する免疫監視機構……443
5. 社会的な系と認識論的側面……446

補遺：数学的問題……449
文 献……451
索 引……465