



# 目 次

はじめに .....	iii
<b>1章</b>   <b>統計力学の枠組み</b> .....	1
1.1 ギブス分布 .....	1
1.1.1 ミクロカノニカル分布とカノニカル分布 .....	1
1.1.2 熱力学の法則と熱力学的諸量 .....	5
1.1.3 粒子数のゆらぎとグランドカノニカル分布 .....	9
1.2 基本的な数理モデル .....	13
1.2.1 粒子系とスピン系 .....	13
1.2.2 簡単な体系の例 .....	17
1.3 熱力学的極限 .....	22
1.3.1 スピン系の熱力学的極限 .....	22
1.3.2 粒子系の熱力学的極限と安定性 .....	25
参考文献 .....	30
<b>2章</b>   <b>相転移と臨界現象</b> .....	33
2.1 分子場理論 .....	33
2.1.1 相転移とは .....	33
2.1.2 分子場近似 .....	37
2.1.3 臨 界 指 数 .....	44
2.1.4 相関関数とゆらぎ .....	46
2.2 スケーリング理論とくりこみ群の方程式 .....	51
2.2.1 スケーリング理論 .....	52
2.2.2 ブロックスピン変換 .....	55
2.2.3 実空間くりこみ群の理論 .....	59

2.3 共形場理論の基礎 .....	68
2.3.1 共形変換 .....	68
2.3.2 2次元共形場理論 .....	73
2.3.3 有限サイズスケーリング .....	82
参考文献 .....	87
<b>3章   スピン系の情報科学への応用</b> .....	<b>89</b>
3.1 ランダムスピンモデルの基礎 .....	89
3.1.1 ランダム性について .....	89
3.1.2 ランダムボンドイジング模型 .....	94
3.1.3 SKモデル .....	99
3.2 情報科学の問題の例 .....	106
3.2.1 画像修復の問題 .....	106
3.2.2 符号理論への応用 .....	108
3.2.3 巡回セールスマン問題 .....	112
3.3 ニューラルネットワークの統計力学 .....	119
3.3.1 ホップフィールドモデル .....	119
3.3.2 確率的なニューラルネットワークモデル .....	127
参考文献 .....	136
<b>4章   情報量と統計学</b> .....	<b>139</b>
4.1 確率とエントロピー .....	139
4.1.1 確率と条件付き確率 .....	139
4.1.2 情報エントロピー .....	140
4.1.3 さまざまなエントロピー .....	142
4.1.4 ベイズの定理 .....	147
4.2 尤度関数 .....	148
4.3 EMアルゴリズム .....	150
参考文献 .....	153

<b>5章</b>	<b>データとモデル化</b> .....	155
5.1	回帰モデル .....	156
5.1.1	最小2乗推定 .....	156
5.1.2	非線形最小2乗推定 .....	158
5.2	データ圧縮 .....	159
5.2.1	主成分分析 .....	159
5.2.2	主成分分析：観測ノイズの性質がわかっている場合 .....	161
5.2.3	エントロピーとの関係 .....	163
5.3	時系列のモデル化 .....	164
5.3.1	線形モデリング .....	164
5.4	力学系の基礎 .....	166
5.4.1	力学系とは .....	166
5.4.2	安定性 .....	167
5.4.3	線形力学系 .....	168
5.4.4	非線形力学系 .....	171
5.4.5	リアプノフ関数 .....	171
5.4.6	ポテンシャル系 .....	174
5.4.7	安定多様体，不安定多様体 .....	175
5.4.8	極限集合とアトラクター .....	176
5.5	関数の極大・極小化 .....	179
5.5.1	最急降下法・ニュートン法 .....	179
5.5.2	拘束条件のある場合 .....	180
5.5.3	行列空間の自然勾配 .....	181
	参考文献 .....	183
<b>6章</b>	<b>ニューラルネットワークと学習</b> .....	185
6.1	複雑さの理論と規則性の学習 .....	185
6.2	ニューラルネットによる学習 .....	187
6.3	教師あり学習 .....	188
6.3.1	パーセプトロン .....	188
6.3.2	階層型ニューラルネットワークの能力について .....	193

---

6.3.3	バックプロパゲーション	194
6.3.4	動径基底関数系による学習	196
6.3.5	規格化ガウス関数ネットワーク	197
6.3.6	確率的ニューラルネットワーク	198
<b>6.4</b>	<b>自己組織学習</b>	<b>200</b>
6.4.1	ヘップ学習	200
6.4.2	Oja則	202
6.4.3	Oja則の情報論的意味	203
6.4.4	主成分を学習する学習則	204
6.4.5	独立成分分析	205
6.4.6	競合学習	207
6.4.7	Kohonenの自己組織化マップ	209
<b>6.5</b>	<b>強化学習</b>	<b>212</b>
6.5.1	報酬が即時に与えられる場合	213
6.5.2	報酬に遅延がある場合	214
6.5.3	$Q$ -learning	216
6.5.4	環境が非決定論的な場合	219
6.5.5	temporal difference法	220
6.5.6	actor-criticモデル	221
	<b>参考文献</b>	<b>223</b>
	<b>索引</b>	<b>227</b>