

目次

1章 導入	1
参考文献	3
2章 古典スピン系—強磁性体 Ising モデルとスピングラスモデル—	5
2.1 Ising モデル	5
2.1.1 相転移と臨界現象	6
2.1.2 平均場近似と無限レンジモデル	8
2.1.3 有限次元における Ising モデルの物理	13
2.2 古典スピングラスの基礎	19
2.2.1 フラストレーションとランダムネス	20
2.2.2 スピングラス秩序変数	23
2.2.3 レプリカ法	23
2.3 Sherrington–Kirkpatrick モデル	24
2.3.1 Sherrington–Kirkpatrick の自由エネルギー	25
2.3.2 レプリカ対称解	30
2.3.3 レプリカ対称性の破れ	34
2.4 有限次元における Edwards–Anderson モデル	40
2.A いくつかの古典スピン系が示す物理の紹介	43
2.A.1 Potts モデル	44
2.A.2 XY モデル	46
2.A.3 Heisenberg モデル	48
参考文献	50
3章 シミュレーテッドアニーリング	61
3.1 ランダム Ising モデルと組合せ最適化問題の関係	61
3.2 代表的な組合せ最適化問題	66

3.2.1	計算複雑性理論	66
3.2.2	組合せ最適化問題の分類	68
3.2.3	組合せ最適化問題の例	69
3.3	シミュレーテッドアニーリングを含む従来手法	76
3.3.1	モンテカルロ法	76
3.3.2	平均場近似法	81
3.3.3	シミュレーテッドアニーリングに関する先行研究	83
3.4	シミュレーテッドアニーリングの収束定理	88
3.4.1	非一様な Markov 鎖	88
3.4.2	エルゴード性	89
3.4.3	収束定理の証明	91
	参考文献	101
4	量子スピングラス	103
4.1	横磁場のある強磁性 Ising モデル	103
4.1.1	横磁場のある強磁性 Ising モデルの準古典解析と平均場近似	105
4.1.2	有限次元における横磁場強磁性 Ising モデルの相図	108
4.1.3	横磁場のある伏見-Temperely-Curie-Weiss モデル	114
4.2	量子スピングラスの紹介	120
4.3	横磁場のある Sherrington-Kirkpatrick モデル	121
4.3.1	平均場近似	122
4.3.2	数値計算結果	133
4.4	横磁場のある Edwards-Anderson モデル	139
4.5	レプリカ対称スピングラス相の存在	144
	参考文献	147
5	量子ダイナミクス	153
5.1	Landau-Zener 遷移	153
5.2	Kibble-Zurek 機構	161
5.2.1	Kibble-Zurek 機構の基本概念	161
5.2.2	ランダム強磁性相互作用の Ising 鎖における Kibble-Zurek 機構	164
	参考文献	170

6	量子アニーリング	173
6.1	量子アニーリングの概観	173
6.2	Schrödinger 方程式による量子アニーリング	177
6.3	経路積分モンテカルロ法による量子アニーリング	183
6.4	グリーン関数モンテカルロ法による量子アニーリング	189
6.5	密度行列くりこみ群による量子アニーリング	195
6.6	平均場近似による量子アニーリング	200
6.7	磁性材料の量子場効果	206
6.8	量子断熱発展	208
6.8.1	断熱量子計算	209
6.8.2	量子断熱定理	210
6.8.3	量子断熱近似	220
6.9	量子アニーリングの収束定理	227
6.9.1	Schrödinger 方程式による量子アニーリングの収束定理	227
6.9.2	古典系と量子系の対応関係	231
6.9.3	経路積分モンテカルロ法を用いた量子アニーリングの収束定理	237
6.9.4	グリーン関数モンテカルロ法を用いた量子アニーリングの収束定理	248
	参考文献	253
	索引	259