

目次

第I部	ベイジアンネットワーク	1
第1章	ベイジアンネットワークの基礎 (植野真臣)	3
1.1	はじめに	3
1.2	グラフィカルモデル	4
1.3	d分離	7
1.4	ベイジアンネットワーク・モデル	12
1.5	ベイジアンネットワークの表現と推論	14
1.5.1	条件付き確率表	14
1.5.2	事前分布の周辺消去	16
1.5.3	事後分布の周辺消去アルゴリズム	21
1.6	ベイジアンネットワークの学習	27
1.6.1	基本モデル	27
1.6.2	事前分布	29
1.6.3	母数推定	30
1.6.4	周辺尤度による構造学習	31
1.6.5	構造学習アルゴリズム	33
1.7	おわりに	34
	参考文献	35

第2章	グラフィカルモデルの構造学習 (鈴木 譲)	39
2.1	はじめに	39
2.2	ベイジアンネットワークとマルコフネットワーク	40
2.3	事後確率最大の森の構造学習	44
2.3.1	局所スコア	44
2.3.2	独立性の検定	46
2.3.3	Chow-Liu アルゴリズム	47
2.3.4	条件付き独立性の検定	51
2.4	事後確率最大の BN の構造学習	52
2.4.1	大域スコア	53
2.4.2	動的計画法としての定式化	54
2.4.3	最短経路問題としての定式化	58
2.4.4	条件付き独立性と BN の構造推定	59
2.5	MDL 原理の適用	60
2.5.1	スコアの導出	60
2.5.2	計算量の削減	62
2.5.3	相互情報量推定への応用	64
2.6	おわりに	65
	参考文献	66
第II部	因果推論	69
第3章	グラフィカルモデルを用いた因果的効果の識別可能性問題 (黒木 学)	71
3.1	はじめに	71
3.2	因果ダイアグラムと条件付き独立性	72
3.3	因果的効果	78
3.3.1	定義	78
3.3.2	因果的効果と条件付き分布の違い	81
3.4	ノンパラメトリック構造方程式モデルに基づく識別可能条件	83
3.4.1	バックドア基準	83

3.4.2	フロントドア基準	85
3.5	線形構造方程式モデル	89
3.6	総合効果の識別可能条件	91
3.6.1	バックドア基準・フロントドア基準	91
3.6.2	操作変数法	94
3.6.3	潜在変数モデルの新たな見方	95
3.6.4	潜在的操作変数法	97
3.7	おわりに	99
	参考文献	100
第4章 構造方程式モデルによる因果探索と非ガウス性 (清水昌平)		103
4.1	はじめに	103
4.2	因果探索では何を問題にしているか?	105
4.3	因果探索のフレームワーク	107
4.4	因果探索の基本問題	109
4.5	因果方向推定の基本アイデア	111
4.6	LiNGAMモデル	113
4.6.1	推定	114
4.6.2	拡張	115
4.7	潜在共通原因「あり」の場合の因果方向推定	115
4.8	おわりに	119
	参考文献	120
第III部 離散論理によるグラフィカルモデル		123
第5章 離散構造処理の技法と確率モデル (湊 真一)		125
5.1	はじめに	125
5.2	ベイジアンネットワークの確率推論計算とMLF式	126
5.3	BDD/ZDDによる離散構造の表現と処理	128
5.4	MLF式のZDDによる表現	133

viii 目次

5.5	MLF 式を表す ZDD の構築手順	135
5.6	ベイジアンネットワークの構造と ZDD の変数順序付け	137
5.7	MLF 式を計算する算術回路の実装	140
5.8	おわりに	142
	参考文献	143
第 6 章	離散確率変数と独立性 (石畠正和)	145
6.1	はじめに	145
6.2	準備	147
6.3	条件付き独立性	150
6.4	文脈依存独立性	153
6.5	部分交換可能性	156
6.6	関連研究	157
6.7	おわりに	161
	参考文献	162
第 IV 部	統計力学とグラフィカルモデル	165
第 7 章	確率推論への統計力学的アプローチ (樺島祥介)	167
7.1	はじめに	167
7.2	イジングモデル	168
7.2.1	強磁性相転移とイジングモデル	168
7.2.2	統計力学の形式論と計算量的困難	169
7.3	基本的な平均場近似	171
7.3.1	分子場近似	171
7.3.2	ベータ近似	172
7.4	発展的な平均場近似	176
7.4.1	キャビティ法	176
7.4.2	適応 TAP 近似	185
7.5	おわりに	192
	参考文献	193

第8章	マルコフ確率場と確率的画像処理 (田中和之)	195
8.1	はじめに	195
8.2	確率伝搬法とマルコフ確率場による確率的画像領域分割	200
8.3	実空間繰り込み群の方法による確率的画像領域分割の高速化	214
8.4	まとめ	223
	参考文献	225
第V部	応用	229
第9章	ベイジアンネットワークと確率的潜在意味解析による確率的行動モデリング (本村陽一)	231
9.1	はじめに	231
9.2	ビッグデータを活用する確率的モデリング技術	232
9.3	ベイジアンネットワーク	233
9.4	確率的潜在意味構造モデル	235
9.5	確率的潜在意味解析	236
9.6	確率的潜在意味構造モデルの応用	238
9.7	確率的潜在意味構造モデルによる消費者理解	239
9.8	おわりに	241
	参考文献	243
第10章	ゲノム解析への応用 (玉田嘉紀)	245
10.1	はじめに	245
10.2	ゲノム解析と遺伝子ネットワーク	246
10.3	遺伝子ネットワーク推定固有の問題点	249
10.3.1	遺伝子発現データは連続値データ	249
10.3.2	遺伝子ネットワークの大きさと構造学習	249
10.3.3	np 問題	250
10.3.4	データの多様性	251
10.4	遺伝子ネットワーク推定アルゴリズム	252
10.4.1	B-スプライン回帰モデル	252

x 目次

10.4.2	greedy hill-climbing アルゴリズムによる構造推定	255
10.4.3	ブートストラップ法を用いた高信頼遺伝子ネットワーク推定	256
10.4.4	ダイナミックベイジアンネットワークによる時系列遺伝子ネットワーク推定	259
10.5	遺伝子ネットワーク解析によるゲノム解析事例	261
10.5.1	全ゲノム遺伝子ネットワーク推定アルゴリズムによる悪性黒色腫データ解析	261
10.5.2	miRNA 対応遺伝子ネットワーク推定アルゴリズムを用いた肺腺癌ゲノム解析事例	265
10.6	おわりに	270
	参考文献	272

索引