

目 次

第 1 章 線形回帰モデルと lasso	1
1.1 最小 2 乗法・正則化法	1
1.2 リッジ回帰	4
1.3 lasso	5
1.4 図による解釈	8
1.5 軟閾値作用素と硬閾値作用素	10
1.6 計算アルゴリズム	12
1.6.1 最小角回帰	13
1.6.2 座標降下法	15
1.6.3 交互方向乗数法	17
1.7 正則化パラメータの選択	20
1.7.1 交差検証法	20
1.7.2 モデルの自由度に基づく評価基準	23
1.7.3 拡張 BIC	24
1.8 解析プログラム	26
第 2 章 lasso 正則化項の拡張	29
2.1 エラスティックネット	29
2.1.1 計算アルゴリズム	32
2.1.2 適用例：人工データ	32
2.2 非凸正則化項	34
2.2.1 SCAD	34
2.2.2 MC+	40
2.2.3 適応型 lasso	41
2.2.4 ブリッジ推定	42

2.2.5	適用例：犯罪データ	43
2.3	解析プログラム	44
第3章	構造的スパース正則化	47
3.1	隣接縮小型正則化	47
3.1.1	連結 lasso	47
3.1.2	クラスター lasso	49
3.1.3	OSCAR	49
3.1.4	一般化 lasso	51
3.2	グループ縮小型正則化	52
3.2.1	グループ lasso	53
3.2.2	重複のあるグループの選択	59
3.3	グループ縮小型正則化の応用	62
3.3.1	階層的変数選択	62
3.3.2	二水準選択	66
3.4	計算アルゴリズム	68
3.4.1	一般化 lasso に対する計算アルゴリズム	69
3.4.2	グループ lasso に対する計算アルゴリズム	69
3.5	適用例	72
3.5.1	連結 lasso の適用例：人工データ	72
3.5.2	一般化 lasso の適用例：画像データ	73
3.5.3	グループ lasso の適用例：出生データ	75
3.5.4	階層的 lasso の適用例：犯罪データ	76
3.6	解析プログラム	77
第4章	一般化線形モデルにおけるスパース推定	83
4.1	ロジスティック回帰モデル	83
4.1.1	計算アルゴリズム	85
4.1.2	適用例：南アフリカの心臓疾患データ	87
4.2	ポアソン回帰モデル	87

4.2.1	計算アルゴリズム	89
4.2.2	適用例：博士課程学生の出版論文データ	90
4.3	多項ロジスティック回帰モデル	91
4.3.1	計算アルゴリズム	94
4.3.2	適用例：手書き画像文字データ	95
4.4	コックス回帰モデル	96
4.4.1	計算アルゴリズム	99
4.4.2	適用例：原発性胆汁性肝硬変データ	100
4.5	解析プログラム	102
第5章 多変量解析におけるスパース推定		105
5.1	ガウシアングラフィカルモデルにおけるスパース推定	105
5.1.1	ガウシアングラフィカルモデル	105
5.1.2	パラメータ推定法	107
5.1.3	グラフィカル lasso によるパラメータ推定	109
5.1.4	交互方向乗数法によるパラメータ推定	113
5.1.5	適用例：デカスロンデータ	115
5.2	スパース主成分分析	116
5.2.1	主成分分析	116
5.2.2	主成分の解釈	117
5.2.3	SCoTLASS	118
5.2.4	SPCA	120
5.2.5	適用例：デカスロンデータ	124
5.2.6	SPCA の定式化に至るまで	126
5.3	スパース因子分析	129
5.3.1	従来の因子負荷行列の推定：最尤法と因子回転	130
5.3.2	因子回転の一般化と正則化最尤法	131
5.3.3	スパース因子分析とスパース主成分分析との比較	132
5.3.4	適用例：デカスロンデータ	133
5.4	解析プログラム	135

付録 A	137
A.1 正則化法で各説明変数の長さを同じとすべき理由	137
A.2 リッジ推定量が正則となる証明	138
A.3 誤差 2 乗和の等高線の関数	138
A.4 劣勾配・劣微分	140
A.5 (3.2) 式と (3.3) 式の関係	140
A.6 多変量正規分布	141
A.7 (5.27) 式の証明	142
A.8 (5.38) 式の導出	142
参考文献	145
索 引	153