

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 |