

# 目次

第1章 本書はどのような本か（はじめに読むこと！） .....	1
1.1. 本書を読むことができるのは実在の人々です .....	1
1.2. 本書の内容 .....	3
1.3. 第2版での改訂について .....	6
1.4. フィードバックのお願い .....	8
1.5. 感謝！ .....	9
<b>第 I 部 モデル, 確率, ベイズの公式, そして R .....</b>	<b>13</b>
<hr/>	
第2章 導入：確信度, モデル, パラメータ .....	15
2.1. ベイズ推論とは確率の確信度を再分配すること .....	16
2.2. 可能性は記述的モデルのパラメータ値である .....	22
2.3. ベイジアン分析のステップ .....	24
2.4. エクササイズ .....	30
第3章 R 言語 .....	33
3.1. ソフトウェアの入手 .....	35
3.2. R の簡単な実行例 .....	36
3.3. R の基本的なコマンドと操作 .....	39
3.4. 変数のタイプ .....	42
3.5. データの読み込みと保存 .....	54
3.6. 実用的な関数 .....	58
3.7. R におけるプログラミング .....	63
3.8. グラフの展開と保存 .....	72

3.9.	まとめ	73
3.10.	エクササイズ	73
<b>第4章</b>	<b>確率と呼ばれるものはいかなるものか？</b>	<b>75</b>
4.1.	すべての可能な出来事のセット	76
4.2.	確率：頭の外側か内側か	78
4.3.	確率分布	83
4.4.	2次元分布	93
4.5.	付録：図4.1のためのRコード	97
4.6.	エクササイズ	99
<b>第5章</b>	<b>ベイズの公式</b>	<b>103</b>
5.1.	ベイズの公式	104
5.2.	パラメータとデータへの適用	109
5.3.	コインのバイアスを推定する	112
5.4.	なぜベイズ推論が難しいのか	118
5.5.	付録：図5.1, 図5.2などのRコード	119
5.6.	エクササイズ	120
<b>第II部 2値の確率を推定する基礎のすべて</b>		<b>125</b>
<b>第6章</b>	<b>正確な数学的分析による二項確率の推論</b>	<b>127</b>
6.1.	尤度関数：ベルヌーイ分布	128
6.2.	確信度の記述：ベータ分布	129
6.3.	事後分布としてのベータ分布	135
6.4.	具体例	137
6.5.	まとめ	141
6.6.	付録：図6.4のためのRコード	141
6.7.	エクササイズ	143
<b>第7章</b>	<b>マルコフ連鎖モンテカルロ法</b>	<b>147</b>
7.1.	大きなサンプルによる分布の近似	149
7.2.	メトロポリスアルゴリズムのシンプルな例	150

7.3.	一般的なメトロポリスアルゴリズム	160
7.4.	ギブスサンプリングに向けて	166
7.5.	MCMC の代表性, 正確性, 効率性	180
7.6.	まとめ	191
7.7.	エクササイズ	192
<b>第 8 章</b>	<b>JAGS</b>	<b>195</b>
8.1.	JAGS とその R との関係	195
8.2.	すべてが含まれるある事例	197
8.3.	よく使う分析のためにスクリプトを単純化する	209
8.4.	バイアスの差を推定する	211
8.5.	JAGS における事前分布からのサンプリング	214
8.6.	JAGS で使える確率分布	217
8.7.	RunJAGS で並列処理することでより速いサンプリングを	219
8.8.	JAGS のモデルを拡張するヒント	222
8.9.	エクササイズ	222
<b>第 9 章</b>	<b>階層モデル</b>	<b>225</b>
9.1.	ある造幣局で作られた 1 つのコイン	227
9.2.	ある造幣局で作られたいくつかのコイン	234
9.3.	階層モデルにおける縮小	250
9.4.	JAGS の高速化	252
9.5.	階層の拡張: カテゴリ内の参加者	254
9.6.	エクササイズ	264
<b>第 10 章</b>	<b>モデル比較と階層モデリング</b>	<b>269</b>
10.1.	一般式とバイズファクター	270
10.2.	2 つのコイン工場の例	273
10.3.	MCMC を用いた解法	278
10.4.	予測: モデルの平均	293
10.5.	おのずと説明されるモデルの複雑性	294
10.6.	事前分布への過敏性	298
10.7.	エクササイズ	300

<b>第 11 章</b>	<b>帰無仮説有意性検定</b> .....	<b>303</b>
11.1.	善意で舗装された道 .....	306
11.2.	事前知識 .....	320
11.3.	信頼区間と最高密度区間 .....	323
11.4.	多重比較 .....	330
11.5.	サンプリング分布が役に立つこと .....	334
11.6.	エクササイズ .....	336
<b>第 12 章</b>	<b>点の（「帰無」）仮説検定に対するベイジアン・アプローチ</b> ...	<b>341</b>
12.1.	推定アプローチ .....	342
12.2.	モデル比較アプローチ .....	349
12.3.	パラメータ推定とモデル比較の関係 .....	358
12.4.	パラメータ推定かモデル比較か？ .....	360
12.5.	エクササイズ .....	361
<b>第 13 章</b>	<b>目標，検定力，そしてサンプルサイズ</b> .....	<b>365</b>
13.1.	検定力への意志 .....	366
13.2.	検定力とサンプルサイズの算出 .....	372
13.3.	逐次的検証と精度の目標 .....	391
13.4.	考察 .....	400
13.5.	エクササイズ .....	403
<b>第 14 章</b>	<b>Stan</b> .....	<b>407</b>
14.1.	HMC サンプリング .....	408
14.2.	Stan のインストール .....	414
14.3.	すべてが含まれるある事例 .....	415
14.4.	Stan のモデルをトップダウン的に記述する .....	422
14.5.	限界と例外 .....	424
14.6.	エクササイズ .....	424

## 第 III 部 一般化線形モデル ..... 427

第 15 章 一般化線形モデルの概略 .....	429
15.1. 変数のタイプ .....	430
15.2. 予測変数の線形結合 .....	433
15.3. 結合された予測変数からノイズのある被予測データへのリンク .....	444
15.4. 一般化線形モデル (GLM) の形式的表現 .....	452
15.5. エクササイズ .....	454
第 16 章 1つもしくは2つの群における量的変数を予測する .....	457
16.1. 正規分布における平均と標準偏差の推定 .....	458
16.2. 外れ値とロバスト推定： $t$ 分布 .....	466
16.3. 2つの群 .....	475
16.4. その他のノイズ分布とデータの変換 .....	481
16.5. エクササイズ .....	482
第 17 章 1つの量的変数で量的変数を予測する .....	485
17.1. 単純な線形回帰 .....	486
17.2. ロバスト線形回帰 .....	487
17.3. 個人と集団の階層回帰モデル .....	499
17.4. 線形2次式とデータの重み付け .....	505
17.5. モデル拡張の手続きとリスク .....	511
17.6. エクササイズ .....	516
第 18 章 複数の量的変数で量的変数を予測する .....	521
18.1. 重回帰 .....	522
18.2. 量的予測変数を掛け合わせた交互作用 .....	537
18.3. 回帰係数の縮小 .....	542
18.4. 変数選択 .....	547
18.5. エクササイズ .....	561

<b>第 19 章</b>	<b>1つの名義変数で量的変数を予測する</b> .....	<b>563</b>
19.1.	量的データの複数の群の表記 .....	564
19.2.	伝統的な分散分析 .....	566
19.3.	階層ベジアン・アプローチ .....	567
19.4.	量的予測変数を含める .....	578
19.5.	異なる分散と外れ値に対する頑健性 .....	582
19.6.	エクササイズ .....	588
<b>第 20 章</b>	<b>複数の名義変数で量的変数を予測する</b> .....	<b>591</b>
20.1.	複数の名義予測変数を伴う量的データ群を記述する .....	592
20.2.	階層ベジアン・アプローチ .....	596
20.3.	交互作用, 等質性, 正規性を変えうる再スケール化 .....	606
20.4.	異なる分散と外れ値に対する頑健さ .....	609
20.5.	参加者内計画 .....	613
20.6.	モデル比較アプローチ .....	623
20.7.	エクササイズ .....	625
<b>第 21 章</b>	<b>2値の被予測変数</b> .....	<b>629</b>
21.1.	複数の量的な予測変数 .....	630
21.2.	回帰係数を解釈する .....	637
21.3.	ロバストなロジスティック回帰 .....	642
21.4.	名義的な予測変数 .....	646
21.5.	エクササイズ .....	653
<b>第 22 章</b>	<b>名義的な被予測変数</b> .....	<b>657</b>
22.1.	ソフトマックス回帰 .....	658
22.2.	条件付きロジスティック回帰 .....	662
22.3.	JAGS による実行 .....	667
22.4.	モデルの一般化とバリエーション .....	675
22.5.	エクササイズ .....	675

<b>第 23 章 被予測変数が順序スケールの場合</b> .....	<b>679</b>
23.1. 量的変数による順序データのモデリング .....	680
23.2. 単一集団の場合 .....	683
23.3. 2 群の場合 .....	689
23.4. 量的予測変数のケース .....	692
23.5. 事後予測 .....	705
23.6. 一般化と拡張 .....	706
23.7. エクササイズ .....	707
<b>第 24 章 被予測変数がカウント変数の場合</b> .....	<b>711</b>
24.1. ポアソン指数モデル .....	712
24.2. 例：髪と目, 再び .....	719
24.3. 例：交互作用対比, 縮小, オムニバス検定 .....	721
24.4. 分割表の対数線形モデル .....	724
24.5. エクササイズ .....	724
<b>第 25 章 トランクの中の道具たち</b> .....	<b>729</b>
25.1. ベイジアン分析を報告するときに .....	729
25.2. 最高密度区間 (HDI) を計算するための関数 .....	733
25.3. 再パラメータ化 .....	737
25.4. JAGS の打ち切りデータ .....	740
25.5. この先は? .....	744
<b>参考文献</b> .....	<b>745</b>
<b>訳者あとがき</b> .....	<b>755</b>
<b>索引</b> .....	<b>757</b>