

まえがき.....	iii
-----------	-----

## 第1章 確率分布を理解する 1

1.1 ベイズ推論における確率分布の必要性.....	1
1.2 確率変数と確率分布.....	3
1.3 離散分布と連続分布.....	5
1.3.1 離散分布.....	5
1.3.2 連続分布.....	6
1.4 PyMC による確率モデル定義とサンプリング.....	8
1.4.1 インポート文.....	9
1.4.2 確率モデル定義.....	10
1.4.3 サンプリング.....	12
1.5 サンプリング結果分析.....	13
1.5.1 Notebook UI を直接利用.....	14
1.5.2 NumPy 形式データを抽出.....	16
1.5.3 ArviZ による分析.....	17
1.6 確率分布とPyMCプログラミングの関係.....	19
Column 確率モデルとサンプル値（観測値）の関係を考える.....	20

## 第2章 よく利用される確率分布 22

2.1 ベルヌーイ分布 (pm.Bernoulli クラス).....	23
2.1.1 対応する事象.....	23
2.1.2 確率分布を示す数式.....	23
2.1.3 実装コード.....	23
2.2 二項分布 (pm.Binomial クラス).....	26
2.2.1 対応する事象.....	26
2.2.2 確率分布を示す数式.....	26
2.2.3 実装コード.....	27
2.3 正規分布 (pm.Normal クラス).....	31
2.3.1 対応する事象.....	31
2.3.2 確率分布を示す数式.....	32
2.3.3 実装コード.....	33
2.4 一様分布 (pm.Uniform クラス).....	38
2.4.1 対応する事象.....	38
2.4.2 確率分布を示す数式.....	39
2.4.3 実装コード.....	39

2.5	ベータ分布 (pm.Beta クラス)	43
2.5.1	対応する事象	44
2.5.2	確率分布を示す数式	44
2.5.3	実装コード	46
2.5.4	ベータ分布と一様分布の関係	50
2.6	半正規分布 (pm.HalfNormal クラス)	50
2.6.1	対応する事象	50
2.6.2	確率分布を示す数式	51
2.6.3	実装コード	51
Column	HDI と CI の違い	53

### 第3章 ベイズ推論とは 55

3.1	ベイズ推論利用の目的	55
3.2	問題設定	57
3.3	最尤推定による解法	58
3.4	ベイズ推論による解法	59
3.4.1	事前分布の検討	60
3.4.2	確率モデル定義	60
3.4.3	サンプリング	61
3.4.4	結果分析	62
3.5	ベイズ推論の精度を上げる方法	63
3.5.1	観測値を増やす	63
3.5.2	事前分布を工夫する	64
3.6	ベイズ推論の活用例	65
3.6.1	AB テストの効果検証	65
3.6.2	ベイズ回帰モデルによる効果検証	66
3.6.3	IRT (Item Response Theory) によるテスト結果評価	66
Column	事前分布と事後分布	68

### 第4章 はじめてのベイズ推論実習 70

4.1	問題設定 (再掲)	70
4.2	最尤推定	70
4.3	ベイズ推論 (確率モデル定義)	73
4.4	ベイズ推論 (サンプリング)	75
4.5	ベイズ推論 (結果分析)	78
4.5.1	plot_trace 関数	79
4.5.2	plot_posterior 関数	80
4.5.3	summary 関数	81
4.6	ベイズ推論 (二項分布バージョン)	82

4.7	ベイズ推論 (試行回数を増やす)	84
4.8	ベイズ推論 (事前分布の変更)	85
4.9	ベータ分布で直接確率分布を求める	86
Column	ArviZ の FAQ	88

### 第5章 ベイズ推論プログラミング 91

5.1	データ分布のベイズ推論	93
5.1.1	問題設定	93
5.1.2	データ準備	93
5.1.3	確率モデル定義	96
5.1.4	サンプリング	98
5.1.5	結果分析	98
5.1.6	ヒストグラムと正規分布関数の重ね描き	101
5.1.7	少ないサンプル数でのベイズ推論	102
Column	tau による確率モデルの定義	105
5.2	線形回帰のベイズ推論	107
5.2.1	問題設定	107
5.2.2	データ準備	107
5.2.3	確率モデル定義 1	109
5.2.4	確率モデル定義 2	111
5.2.5	サンプリングと結果分析	114
5.2.6	散布図と回帰直線の重ね描き	115
5.2.7	少ない観測値でのベイズ推論	117
Column	target_accept によるチューニング	121
5.3	階層ベイズモデル	124
5.3.1	問題設定	124
5.3.2	データ準備	124
5.3.3	確率モデル定義	127
5.3.4	サンプリングと結果分析	132
5.3.5	散布図と回帰直線の重ね描き	133
Column	PyMC の構成要素はどこまで細かく定義すべきか	136
5.4	潜在変数モデル	138
5.4.1	問題設定	138
5.4.2	データ準備	140
5.4.3	確率モデル定義	141
5.4.4	サンプリングと結果分析	148
5.4.5	ヒストグラムと正規分布関数の重ね描き	151
5.4.6	潜在変数の確率分布	153
Column	潜在変数モデルにおけるベイズ推論のツボ	156

6.1 ABテストの効果検証.....	164
6.1.1 問題設定.....	164
6.1.2 確率モデル定義（鈴木さんの場合）.....	165
6.1.3 サンプルングと結果分析.....	167
6.1.4 山田さんの場合.....	169
6.1.5 確率モデルを直接使った別解.....	171
Column ABテスト評価にPyMCのsample関数によるベイズ推論を使う必要はないのか.....	175
6.2 ベイズ回帰モデルによる効果検証.....	176
6.2.1 問題設定.....	176
6.2.2 データ読み込み.....	177
6.2.3 データ確認.....	178
6.2.4 データ加工.....	180
6.2.5 確率モデル定義.....	182
6.2.6 サンプルングと結果分析.....	186
6.2.7 結果解釈.....	190
Column チュートリアル確率モデル.....	191
6.3 IRT (Item Response Theory) によるテスト結果評価.....	196
6.3.1 IRTとは.....	196
6.3.2 問題設定.....	198
6.3.3 データ読み込み.....	199
6.3.4 データ加工.....	200
6.3.5 確率モデル定義.....	202
6.3.6 サンプルングと結果分析.....	205
6.3.7 詳細分析.....	207
6.3.8 偏差値と能力値の関係.....	208
6.3.9 同じ偏差値の受験者間の能力値の違いの分析.....	210
Column 変分推論法の利用.....	214
あしがき.....	219
索引.....	221