

# 目次

<b>第 1 章</b>	<b>本書の学び方</b>	<b>1</b>
1.1	計算科学と統計・多変量解析そしてファジィデータ解析 . . . . .	1
1.2	本書の構成と学び方 . . . . .	3
<b>第 2 章</b>	<b>確率試行のシミュレーション</b>	<b>9</b>
2.1	乱数について . . . . .	9
2.2	多数回試行のシミュレーション(大数の法則) . . . . .	18
2.2.1	コイン投げのシミュレーション . . . . .	18
2.2.2	さいころ投げのシミュレーション . . . . .	24
2.2.3	正規分布の確率密度関数と確率分布関数 . . . . .	24
2.2.4	正規分布のシミュレーション . . . . .	28
2.3	平均のシミュレーション(中心極限定理) . . . . .	33
2.3.1	コイン投げのシミュレーション . . . . .	33
2.3.2	指数分布のシミュレーション . . . . .	37
2.4	不偏分散のシミュレーション . . . . .	41
<b>第 3 章</b>	<b>母分散が既知の場合の母平均の検定</b>	<b>45</b>
3.1	検定の実行 . . . . .	45
3.2	Excel による検定の実行 . . . . .	46
3.3	本章の方針 . . . . .	48
3.4	正規分布の性質 . . . . .	49
3.4.1	正規分布の面積 . . . . .	49
3.4.2	正規分布の平均 . . . . .	52

3.4.3	正規分布の分散 . . . . .	53
3.5	$X + Y$ の分布 . . . . .	54
3.5.1	$X + Y$ の分布のシミュレーション . . . . .	54
3.5.2	$X + Y$ の分布の理論 . . . . .	56
3.6	$X_1 + X_2 + \cdots + X_n$ の分布 . . . . .	58
3.6.1	$X_1 + X_2 + \cdots + X_n$ の分布のシミュレーション . . . . .	58
3.6.2	$X_1 + X_2 + \cdots + X_n$ の分布の理論 . . . . .	60
3.7	$aX + b$ の分布 . . . . .	60
3.7.1	$aX + b$ の分布のシミュレーション . . . . .	60
3.7.2	$aX + b$ の分布の理論 . . . . .	62
3.8	$\bar{X}$ の分布 . . . . .	63
3.8.1	$\bar{X}$ の分布のシミュレーション . . . . .	63
3.8.2	$\bar{X}$ の分布の理論 . . . . .	65
3.9	検定統計量 $U$ の分布の理論 . . . . .	65
3.9.1	検定統計量 $U$ の分布のシミュレーション . . . . .	65
3.9.2	検定統計量 $U$ の分布の理論 . . . . .	67
3.10	まとめ . . . . .	67
<b>第 4 章</b>	<b>母分散が未知の場合の母平均の検定</b>	<b>69</b>
4.1	検定の実行 . . . . .	69
4.2	Excel による検定の実行 . . . . .	70
4.3	$t$ 分布の描画 . . . . .	71
4.4	本章の方針 . . . . .	72
4.5	$X^2$ の分布 . . . . .	76
4.5.1	$X^2$ の分布のシミュレーション . . . . .	76
4.5.2	$X^2$ の分布の描画 . . . . .	77
4.5.3	$X^2$ の分布の理論 . . . . .	79
4.6	$X^2 + Y^2$ の分布 . . . . .	81
4.6.1	$X^2 + Y^2$ の分布のシミュレーション . . . . .	81
4.6.2	$X^2 + Y^2$ の分布の理論 . . . . .	82

4.7	$X_1^2 + X_2^2 + \cdots + X_n^2$ の分布	90
4.7.1	$X_1^2 + X_2^2 + \cdots + X_n^2$ の分布のシミュレーション	90
4.7.2	$X_1^2 + X_2^2 + \cdots + X_n^2$ の分布の理論	91
4.8	$\frac{1}{\sigma^2} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$ と $\frac{1}{\sigma^2} \sum_{i=1}^n (\bar{X} - \mu)^2$ の独立性の検証	91
4.8.1	$\frac{1}{\sigma^2} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$ と $\frac{1}{\sigma^2} \sum_{i=1}^n (\bar{X} - \mu)^2$ の分布のシミュレーション	92
4.8.2	$\frac{1}{\sigma^2} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$ と $\frac{1}{\sigma^2} \sum_{i=1}^n (\bar{X} - \mu)^2$ の独立性の理論	93
4.9	検定統計量 $T$ の分布	99
4.9.1	検定統計量 $T$ の分布のシミュレーション	99
4.9.2	検定統計量 $T$ の理論	103
4.10	まとめ	105
<b>第 5 章 母分散の検定</b>		<b>107</b>
5.1	比較対象の母分散が既知の場合の母分散の検定	107
5.1.1	検定の実行	107
5.1.2	Excel による検定の実行	108
5.2	母分散の比の検定	110
5.2.1	検定の実行	110
5.2.2	Excel による検定の実行	111
5.2.3	本節の方針	112
5.2.4	$F$ 分布のシミュレーション	112
5.2.5	$F$ 分布の理論	114
5.3	まとめ	116
<b>第 6 章 母平均の差の検定</b>		<b>117</b>
6.1	母分散が既知の場合の母平均の差の検定	117
6.1.1	検定の実行	117
6.1.2	Excel による検定の実行	118
6.1.3	平均値の差の分布のシミュレーション	119

6.1.4	母分散が既知の場合における平均値の差の分布の理論	120
6.2	母分散が未知で等分散とみなせる場合の母平均の差の検定	121
6.2.1	ステューデントの $t$ 検定による検定の例	121
6.2.2	Excel による検定の実行	122
6.2.3	平均値の差の分布のシミュレーション	124
6.2.4	平均値の差の分布の理論	125
6.3	母分散が未知で等分散とみなせない場合の母平均の差の検定	126
6.3.1	ウェルチの $t$ 検定による検定の例	126
6.3.2	Excel による検定の実行	129
6.3.3	平均値の差の分布のシミュレーション	129
6.3.4	平均値の差の分布の理論展開の方針	131
6.3.5	$\chi_n^2$ 分布の分散	133
6.3.6	$\frac{Z}{\nu^*}$ の分散	135
6.3.7	$W = Z_1 + Z_2$ の分散	137
6.3.8	$W = \left( \frac{V_{e1}^2}{n_1} + \frac{V_{e2}^2}{n_2} \right) / \left( \frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2} \right)$ の分散	138
6.4	等分散性の検定の有意水準の考え方	140
6.4.1	第 1 種の過誤の確率	140
6.4.2	95% 信頼区間	145
6.4.3	ステューデントの $t$ 検定とウェルチの $t$ 検定の使い分け	145
6.5	対応のある場合の母平均の差の検定	151
6.5.1	Excel による検定の実行	152
6.5.2	平均値の差の分布のシミュレーション	153
6.5.3	平均値の差の分布の理論	153
6.6	まとめ	155
<b>第 7 章</b>	<b>多重比較法 一名義水準の調整</b>	<b>157</b>
7.1	母平均の検定の例 —シダックの方法—	157
7.2	多重性の問題	158
7.3	ボンフェローニの方法, シダックの方法	161
7.4	まとめ	163

<b>第 8 章 多重比較法 — 閾値の調整 —</b>	<b>165</b>
8.1 母平均の差の検定 (データ数が等しい場合) . . . . .	165
8.1.1 テューキーの方法による検定の例 . . . . .	165
8.1.2 多重性の問題とテューキーの方法のシミュレーション . . . . .	169
8.1.3 テューキーの方法の理論 . . . . .	172
8.2 母平均の差の検定 (データ数が異なる場合) . . . . .	185
8.2.1 テューキー・クレーマーの方法による検定の例 . . . . .	185
8.2.2 テューキー・クレーマーの方法のシミュレーション . . . . .	188
8.2.3 テューキー・クレーマーの方法の理論 . . . . .	189
8.3 母平均の差の検定 (母分散が異なる場合) . . . . .	191
8.3.1 ゲイムズ・ハウウェルの方法による検定の例 . . . . .	191
8.3.2 ゲイムズ・ハウウェルの方法のシミュレーション . . . . .	194
8.4 母平均の差の検定 (対照群と処理群の間の検定) . . . . .	196
8.4.1 ダネットの方法による検定の例 . . . . .	196
8.4.2 ダネットの方法のシミュレーション . . . . .	199
8.4.3 ダネットの方法の理論 (両側検定) . . . . .	201
8.4.4 ダネットの方法の理論 (片側検定) . . . . .	204
8.5 まとめ . . . . .	207
<b>第 9 章 多重比較法 — 検定統計量の見直し —</b>	<b>209</b>
9.1 母平均の差の検定 (差の有無の検定) . . . . .	209
9.1.1 分散分析による検定の例 . . . . .	209
9.1.2 分散分析のシミュレーション . . . . .	212
9.1.3 分散分析の理論 . . . . .	213
9.2 母平均の差の検定 (3 群の場合の下位検定法) . . . . .	216
9.2.1 フィッシャーの PLSD 法による検定の例 . . . . .	217
9.2.2 フィッシャーの PLSD 法のシミュレーション . . . . .	218
9.2.3 フィッシャーの PLSD 法の理論 . . . . .	219
9.3 母平均の差の検定 (3 群以上の場合の下位検定法) . . . . .	219
9.3.1 ハイター・フィッシャーの改良法による検定の例 . . . . .	219

9.3.2	ヘイター・フィッシャーの改良法のシミュレーション	224
9.3.3	ヘイター・フィッシャーの改良法の理論	226
9.4	母平均の差の検定 (比較対象の組合せを自在にする検定法)	226
9.4.1	シェフェの方法による検定の例	226
9.4.2	シェフェの方法のシミュレーション	228
9.4.3	シェフェの方法の理論	231
9.5	シェフェの方法とヘイター・フィッシャーの方法の比較	233
9.6	まとめ	235
<b>第 10 章</b>	<b>多群の場合の等分散性の検定</b>	<b>237</b>
10.1	等分散性の検定 (データ数が等しい場合)	237
10.1.1	ハートレーの方法による検定の例	237
10.1.2	ハートレーの方法によるシミュレーション	239
10.1.3	ハートレーの検定の理論	241
10.2	等分散性の検定 (データ数が異なる場合)	244
10.2.1	パートレットの方法による検定の例	245
10.2.2	パートレットの方法によるシミュレーション	246
10.2.3	パートレットの検定の理論	248
10.3	まとめ	255
<b>第 11 章</b>	<b>単純回帰分析</b>	<b>257</b>
11.1	単純回帰分析の実行	257
11.2	単純回帰分析のシミュレーション	261
11.3	単純回帰分析の理論	263
11.3.1	推定値 $\hat{a}_0, \hat{a}_1$ の導出	263
11.3.2	$\hat{a}_0, \hat{a}_1$ の統計的性質	267
11.3.3	$v_e^2$ の統計的性質	271
<b>第 12 章</b>	<b>多重回帰分析</b>	<b>281</b>
12.1	多重回帰分析 (2 入力) の実行	281
12.2	多重回帰分析 (2 入力) のシミュレーション	285

12.3	多重回帰分析 (2 入力) の理論 . . . . .	286
12.3.1	推定値 $\hat{a}_0, \hat{a}_1, \hat{a}_2$ の導出 . . . . .	287
12.3.2	$\hat{a}_0, \hat{a}_1, \hat{a}_2$ の統計的性質 . . . . .	291
12.3.3	$v_e^2$ の統計的性質 . . . . .	295
12.4	多重回帰分析 (4 入力) の実行 . . . . .	303
12.5	まとめ: 多重回帰分析 ( $p$ 入力) . . . . .	304
<b>第 13 章</b>	<b>クラスタリング</b>	<b>309</b>
13.1	クラスター概念と非類似度 . . . . .	310
13.2	階層的技法と非階層的技法 . . . . .	314
13.3	$c$ -平均法 . . . . .	320
13.3.1	空間のボロノイ集合による分割 . . . . .	323
13.4	ファジィ $c$ -平均法 . . . . .	324
13.4.1	解の導出と解の性質 . . . . .	327
13.4.2	ファジィ $c$ -平均法の分類ルール . . . . .	328
13.4.3	エントロピー関数を利用したファジィ $c$ -平均法 . . . . .	330
13.4.4	ファジィ $c$ -回帰モデル . . . . .	332
13.5	ファジィクラスタリングと混合分布モデル . . . . .	334
13.5.1	エントロピー項を利用する方法の一般化 . . . . .	335
13.5.2	混合分布モデルについて . . . . .	338
13.6	カーネル関数を利用したアルゴリズム . . . . .	340
13.7	クラスターの妥当性評価 . . . . .	343
13.7.1	数値例による妥当性基準の比較 . . . . .	347
13.8	本章のまとめ . . . . .	350
<b>付 録</b>	<b>数 表</b>	<b>353</b>
<b>索 引</b>		<b>367</b>