

## 索引

## 数字・記号

2 択だけの判断は不十分	192
2 つの可能性	51, 199
2 つの標本	51
2 つの標本標準偏差	176
2 つの変数の間の関係	27, 249
2 つの母集団	50
2 変数正規分布	267
2 本柱	26
3 つの観測値	86
4 つの可能性	73
7 つの観測値の背後にいる母平均 $\mu$ は?	130
14 人に効果がある場合	31
18 人に効果がある場合	31
95% CI (95% confidence interval)	131
95% 信頼区間	130, 131, 132, 302, 303
——の意味	144
——の前提条件	131
95% 予測区間	303
$(x_i, y_i)$	251
$\pm \sigma$	111
$\pm 2 \sigma$	111
$\pm 3 \sigma$	111
$\alpha$ (有意水準)	43, 75, 232
$\alpha$ error	75
$b$ (傾き)	285, 289, 300
——の計算	289
$\beta$ (母回帰係数)	302
$\beta$ error	80
$\beta$ の 95% 信頼区間	302
${}_n C_x$ (二項係数)	32
$\chi^2$ 適合度検定	84
$d$ (観測値の差)	152, 161, 163
$df$ (自由度)	95, 100, 141
$df_{\text{between}}$	214
$df_p$	179, 180
$df_{\text{within}}$	209
$E[X]$ (期待値)	38, 42, 43

$E[y x]$	302
$F$ (検定統計量)	205, 206, 218, 219
$F_{0.05}$ ( $F$ の臨界値)	225
$H_0$	40, 52, 72, 152, 153, 173, 200, 237, 268, 301
$H_A$	40, 52, 152, 153, 173, 200, 237, 268, 301
$k$ (標本の数, 群)	201
$MS$	203
$MS_{\text{between}}$	204, 210, 213, 222
$MS_{\text{residual}}$	299
$MS_{\text{total}}$	205, 216
$MS_{\text{within}}$	203, 207, 209, 220
$\mu$ (母平均)	87, 88, 90, 94, 112
$\mu = 0$ で $\sigma = 1$ の正規分布	112
$N$ (観測値の総数)	201
$n$ (標本サイズ)	140
$v$	95
$\phi$	95
$q$ (検定統計量)	238, 242
$q_{0.05}(k, df_{\text{within}})$ ( $q$ の臨界値)	242, 326
$r$ (相関係数)	253, 263
$r_{0.05}$	270, 327
$r_{s0.05}$	276, 328
$r^2$ (決定係数)	291
$\rho$ (母相関係数)	268
$\sigma$ (母標準偏差)	92, 94, 96, 133, 154, 155, 156, 159, 163, 173, 175, 176, 185, 188
——が既知の場合	154, 155, 173, 175
——が未知の場合	156, 159, 176, 185
——の推定	176, 178
——を $s$ で代用してみる	133
$\sigma^2$ (母分散)	92, 93, 94
——の推定	211
$S_p$ (合算標準偏差)	178, 180
$S_p^2$ (合算分散)	180
$SS$	92, 95
$SS_{\text{between}}$	92, 95, 214, 215, 299
$SS_p$ (偏差平方和)	178
$SS_{\text{regression}}$ (回帰平方和)	294

$SS_{\text{residual}}$ (残差平方和)	293
$SS_{\text{total}}$ (全平方和)	292, 293
$SS_{\text{within}}$	207, 208
$SS_x$	299
$s_{xy}$ (標本共分散)	253, 255, 260, 263, 265
$t$ (検定統計量)	156, 160, 182, 184, 186, 187, 190, 268, 301
$t_{0.05}(df)$ ( $t$ の臨界値)	142, 324
$U$ (検定統計量)	53, 58, 65
$U_{0.05}$ ( $U$ の臨界値)	55, 321
$\bar{x}$ (エクスペクト)	88, 119, 131
$\bar{x}$ (総平均)	201
$y$ -切片 $a$	288, 289
——の計算	289
$z$ (検定統計量)	116, 154, 174
$Z_{0.05}$ ( $z$ の臨界値)	113

## 欧文

## A~D

alternative hypothesis	40
ANOVA (analysis of variance)	197
assumption of homogeneity of variance	171
bell-shaped	109
Bessel $\rightarrow$ Friedrich Bessel	
Bessel 補正	98
between-group variation	204
bimodal	122
binomial coefficient	32
binomial distribution	32, 51, 122
binomial test	31
bivariate normal distribution	267
Bonferroni 補正 (Bonferroni correction)	27, 229, 235
B 薬は A 薬より有効か?	30
calibration curve	281
Carl Friedrich Gauss	98
categorical data	28
central limit theorem	122
coefficient of determination	291
combination	32
conditional expectation of $y$ given $x$	282
confidence band	303
confidence coefficient	131
confounding factor	275
confounding variable	275
continuous distribution	109



## T

$t$ 分布 ( $t$ distribution)	130, 136, 138, 139, 301
test statistic	41, 51
『The design of experiments』	99
tie	65
Tukey HSD (Tukey honestly significant difference)	27, 237
Tukey-Kramer 法 (Tukey-Kramer test)	28, 229, 237
—の計算	241
—の前提条件	237
—の手順 (まとめ)	243
two-sided test	43
two-tailed test	43
Type I error	71
Type II error	71

## U~W

$U_1$ の $U_2$ の小さい方を選ぶ	54
unbiased estimate(estimator)	89
unbiasedness	89
unimodal distribution	53
upper confidence limit	132
variable transformation	271
variance	90, 91
Welch 検定	171
Welch の一元配置分散分析	200
Whitney → Donald Ransom Whitney	
Wilcoxon → Frank Wilcoxon	
Wilcoxon の順位和検定 (Wilcoxon rank-sum test)	49, 67
William Sealy Gosset	100, 137
within-group variation	203
WMW 検定 (Wilcoxon-Mann-Whitney 検定)	26, 49, 236, 237
—の実践的な技術	63
—の手順	52, 53, 69
—の目的	50
—を発明した自然科学者たち	66

## X~Z

$x$ と $y$ の間の関係	249
$x$ と $y$ を逆にしない	288

## 和文

## あ行

アスタリスク	243
アルファ・エラー	75

アルファベット	230, 244
—の割り当て	244
アンダーソン-ダーリング検定	171
一元配置分散分析	197, 199, 203, 226
—の大まかな流れ	203
—の前提条件	199
—の手順 (まとめ)	226
—のデータの特徴	197
一要因分散分析	197
因子	201
上側信頼限界	132
応答変数	281

## か行

回帰係数	283
回帰直線	284, 285
—が通る点	284
—の傾き	285
—の性質	284
回帰の恒等式	296
回帰平方和	294
外挿	290
街頭調査	37
ガウス分布	108
かき氷の売上と気温	250, 279
学術論文	84
確率分布	32, 36, 117, 119, 126, 131, 171
確率変数	35
確率密度	109
確率密度関数	110
加重平均	39
片側検定	45
傾き $b$	289, 300
—の必要性を確認する検定	300
合算標準偏差 $s_p$	178, 180, 182
合算分散 $s_p^2$	180
合併標準偏差	178
可能な結果の全て	57
ガラパゴス諸島	273
関数電卓	267, 289
観測値	23, 50, 303
—の差	152
—の総数 $N$	201
—の対	250, 251
簡便な検定方法	269
関連 2 群	150, 156
—の特徴	150
—の $t$ 検定の手順	156
棄却域	43, 62, 175, 184, 192

擬似相関	278
期待値 $E[X]$	38, 42, 43, 88, 89, 93
—から、かなり離れた値	43
—周辺の値	42
基本的な概念	23
基本的な記号	50
基本的な検定の手順	56
基本的な用語	23, 50
帰無仮説	40, 72, 153, 301
—が正しいとき	74, 75, 76, 206, 223, 232
—が間違っているとき	73, 76, 77, 206, 224
—からの帰結	60
帰無仮説 $H_0$ と対立仮説 $H_A$	40, 52, 152, 173, 200, 237, 268
帰無分布	41, 60, 61, 72, 155, 158, 173, 174, 184, 192, 268
—の計算	61
共分散 $s_{xy}$	260, 261, 262, 263, 265
—は単位に依存する	263
—を標準偏差 $s_x$ と $s_y$ で割る理由	265
薬の効果	38
組み合わせ	32
群 $k$	201
群間分散	204, 210, 213
群内分散	203, 207, 209
計算に必要な 2 つの統計量	299
決定係数 $r^2$	291, 296, 297, 298
—の計算方法	298
検算	218
検出力	80
検出力分析	80
検定	299
検定統計量	28, 41, 51, 96, 97, 120, 154, 174, 184, 186, 206, 219, 238, 242, 268, 301
検定統計量 $F$	205, 218, 219
検定統計量 $t$	160, 186, 187, 190, 268
—の 3 つの判断基準	160, 187
—の性質	190
—の定性的理解	160
—は煩雑	186
検定統計量 $q$	238, 241
検定統計量 $U$	51, 53, 58, 65
—の計算	53
—の性質	58
タイ (等しい値) がある場合の—	65
検定の手順	56

検定の論理	30, 46, 71	処理平均平方	204, 210, 213	第2種の過誤	71, 76, 81, 193	
検定の枠組み	191	信頼区間	130, 131, 132, 302, 303	第2象限	257	
検定力分析	80	信頼係数	131	第3象限	258	
検量線	281	信頼帯	303	第4象限	258	
コイン投げ	37	水準	201	対応のある $t$ 検定	150	
公式の導出	142	推定	299	対応のあるデータ	150	
降順	244	数学が得意なら	10	対応のない $t$ 検定	168	
合成標準偏差	178	数学者たちに感謝	56	対応のないデータ	168	
交絡因子	278	正規性	171	大数の法則	119, 120	
交絡変数	278	正規分布	107, 237	対数変換	271	
誤差平均平方	203, 207, 209	——に近似的に従う	122	対戦表	241	
言葉遣い	83	——の再生性	125	タイプ・ツー・エラー	80	
コブ斜面を降りる	33	性質	253	タイプ・ワン・エラー	75	
コラム	45, 84, 89, 98, 110, 181, 182, 208, 215, 217	回帰直線の——	284	代用	133	
コルモゴロフ-スミルノフ検定	171	共分散の——	260, 261, 262	対立仮説	40, 52, 152, 153, 173, 200, 237, 268, 301	
ゴール2へ降りる確率	34	検定統計量 $t$ の——	167	多重性	232, 234	
<b>さ行</b>			検定統計量 $U$ の——	多重比較	229, 231	
差 $d$	161, 163	第1種の過誤と第2種の過誤の——	81	——の欠点	236	
——の標本標準偏差の効果	163	性質(まとめ)	167, 190	——の出発点	231	
——の標本平均の効果	161	精神障害	169	——のデータの特徴	229	
最小2乗法	283	正にする	91	単回帰分析	279, 281, 299	
再生性	125	正の相関	251, 252, 261	——における検定と推定	299	
栽培実験	49	制約条件	100, 101	——の前提条件	281	
サプリメントの効果	150, 168, 198, 229	絶対値	91	単純化したStudentの $t$	187	
残差	284	説明変数	281	単純無作為標本	25, 51	
残差平均平方	300	線形 vs 非線形	271	単調減少	271	
残差平方和	284, 293, 294	[全体としての有意水準]	232	単調増加	271	
算術平均	87, 93	前提条件	171	単峰性	53	
散布図	252, 275	全平均平方	205, 216	中心極限定理	122	
サンプルサイズ	50	全平方和 $SS_{total}$	292, 293	散らばり	22, 117, 118	
視覚的な理解	115	相関	251	——が小さい	117	
下側確率	112	——の検定	267	強い相関	252	
下側信頼限界	132	——は因果関係の証明にはならない	277	釣り鐘型	109	
実際の計算	208, 215, 217, 298	相関分析	250, 267	定性的理解	57, 139, 160, 187, 219	
実例	272, 273	——の前提条件	267	$t$ 分布の——	139	
シャピロ-ウィルク検定	171	相関係数 $r$	253, 263, 265, 286	WMW検定の——	57	
従属変数	281	——の計算	267	検定統計量 $t$ の——	160, 187	
自由度	86, 95, 100, 141, 180, 209, 214, 219, 259	——の苦手な状況	271	検定統計量 $F$ の——	219	
——の意味	101	総平均 $\bar{x}$	202	定理1: 標本平均が従う確率分布	117, 129	
——の概念を確立してきた自然科学者たち	97	双峰性	53, 122	定理2: 中心極限定理	122, 129	
順位相関係数 $r_s$	271	測定値	23	定理3: 正規分布の再生性	125, 129	
——の計算	275	<b>た行</b>			定理4: 2つの標本平均の差が従う確率分布	126, 129
順位和	64	タイがある場合	65, 275	定理(まとめ)	129	
順位和検定	49, 67, 271	第1種の誤り	75	定量実験における基本的な作業	280	
条件付き期待値	282, 303	第1種の過誤	71, 73, 75, 81, 193, 232	データの解釈	83, 171	
処理の数	201	第1象限	256	——が正規分布からあまりにも逸脱している場合	171	
		第2種の誤り	80			

- データ変換 ..... 271  
 手順 ..... 40, 52, 53, 56, 115, 131, 241  
 手順 (まとめ) ..... 46, 69, 105, 146, 158, 184, 226, 243  
 統計学の必要性 ..... 20  
 統計学の目的 ..... 24  
 統計学の理論を支える土台 ..... 24  
 統計学を学ぶための心がけ ..... 68  
 統計的に有意 ..... 44, 46, 69, 71, 159, 175, 184, 196, 227, 243, 269, 270, 301  
 統計理論の初歩 ..... 107  
 統計量 ..... 86  
 等分散性 ..... 171  
 等分散の仮定 ..... 171, 200, 220, 237  
 独立2群 ..... 168, 171, 184  
 —の特徵 ..... 168  
 —の $t$ 検定の前提条件 ..... 171  
 —の $t$ 検定の手順 ..... 184  
 独立変数 ..... 281  
 ド・モアブル-ラプラスの定理 ..... 109
- な行**
- 内挿 ..... 290  
 難所 ..... 10  
 何倍か? ..... 265, 266  
 二項係数 ${}_nC_x$  ..... 32  
 二項検定 ..... 30, 40  
 二項分布 ..... 32, 35, 36, 107  
 —の特徵 ..... 42  
 ニジマスに与える餌 ..... 198, 229  
 ノンパラメトリック統計 ..... 53, 111  
 のんびり取り組む ..... 9
- は行**
- 背理法 ..... 29  
 バラツキ ..... 22  
 パラメータ ..... 96, 110, 111, 141  
 パラメトリック統計 ..... 111  
 パーレット検定 ..... 171  
 ヒストグラム ..... 116, 135, 161, 188, 199  
 非線形 ..... 271  
 等しい値がある場合 ..... 65  
 肥料の効果 ..... 151  
 表計算ソフト ..... 289  
 標準化 ..... 114, 132, 134, 138  
 —とStudent化(まとめ) ..... 138  
 標準誤差 ..... 120, 121  
 標準正規分布 ..... 112  
 標準正規分布表 ..... 112, 322  
 標準偏差 ..... 86, 90, 92  
 —の基礎 ..... 90
- 標本 ..... 23, 50, 87  
 —の大きさ ..... 50  
 標本回帰直線 ..... 283  
 標本共分散 $s_{xy}$  ..... 253, 255, 260  
 標本サイズ $n$  ..... 50, 64, 140, 165, 189, 201, 228, 251  
 —が大きい場合 ..... 64  
 —が不揃いのときの計算 ..... 228  
 —の効果 ..... 165  
 標本相関係数 ..... 253  
 標本の数 $k$  ..... 201  
 標本標準偏差 ..... 94, 96, 163, 176, 188, 285  
 —の比 ..... 285  
 標本分散 $s^2$  ..... 94, 105  
 —の計算の手順 ..... 105  
 標本分布 ..... 120  
 標本平均 ..... 88, 117, 161  
 —の確率分布 ..... 119, 131  
 標本平均の差 ..... 126, 170, 187  
 —の確率分布 ..... 171  
 肥料Aと肥料Bの収量に差はあるか? ..... 49  
 ファミリー ..... 237  
 復習 ..... 71, 211  
 負の相関 ..... 251, 252, 262  
 部分帰無仮説 ..... 237  
 不偏推定量 ..... 89, 98  
 不偏性 ..... 89  
 [不偏分散] ..... 97  
 分散 ..... 86, 90, 91  
 —の基礎 ..... 90  
 分散分析 ..... 197  
 分散分析表 ..... 205, 218  
 平均 ..... 26, 38, 87  
 —の比較 ..... 26  
 平均偏差 ..... 91  
 併合標準偏差 ..... 178  
 平方和 ..... 92  
 平方和の原理 ..... 219  
 ベータ・エラー ..... 80  
 ベッセル補正 ..... 98  
 ベル型 ..... 109  
 偏差 ..... 90, 91, 92, 94, 101  
 —の起点に代役を使う ..... 94  
 偏差の積 ..... 255  
 偏差の積の和 ..... 259  
 偏差平方和 ..... 92, 95, 178, 181, 207, 208, 214, 215, 299  
 変数変換 ..... 271
- 母回帰係数 $\beta$  ..... 282, 302  
 —の推定 ..... 300  
 母回帰直線 ..... 282, 302  
 他の変数から予測できるか? ..... 279  
 母集団 ..... 23, 87  
 母集団サイズ ..... 87  
 母数 ..... 96, 110, 111, 141  
 母相関係数 $\rho$  ..... 268  
 ホタルと農業 ..... 250  
 北海道の湖沼 ..... 272  
 母標準偏差 $\sigma$  ..... 92, 94, 154  
 —が既知の場合 ..... 131, 154, 173  
 —が未知の場合 ..... 142, 156, 176  
 母分散 $\sigma^2$  ..... 92, 93, 110, 211  
 —の推定 ..... 211  
 母平均 $\mu$  ..... 87, 88, 89, 94, 110, 130, 146, 149  
 —の95%信頼区間の手順 ..... 146
- ま・や行**
- 学び方・心がけ ..... 9  
 無相関 ..... 252, 254, 255, 260  
 有意 ..... 44, 46, 69, 71, 159, 175, 184, 196, 227, 243, 269, 270, 301  
 有意差 ..... 43, 44, 55  
 —の有無の判断 ..... 43, 55  
 有意差あり( $P < 0.05$ ) ..... 71, 75, 76, 83, 193  
 —の意味 ..... 76  
 有意差なし ..... 71, 74, 77, 83, 84, 192  
 —は帰無仮説 $H_0$ の証明ではない ..... 83  
 有意水準 $\alpha$  ..... 43, 75, 232, 270, 276, 321, 326, 327, 328  
 有効数字 ..... 61, 133  
 有効率 $p$  ..... 30  
 要因 ..... 201  
 予測区間 ..... 304  
 予測帯 ..... 304  
 予測変数 ..... 281  
 より簡便な検定方法 ..... 269  
 弱い相関 ..... 252
- ら行**
- ライフルでの的を狙う ..... 233  
 離散型分布 ..... 36, 110  
 —の母平均 $\mu$ と母分散 $\sigma^2$ の定義 ..... 110  
 両側検定 ..... 43  
 理論的基礎 ..... 85

臨界値	55, 113, 142, 158, 225, 242	——の解答 ( $\sigma$ が既知の場合)	133	——の解答	269
臨界値 $F_{0.05}$	225	——の解答 ( $\sigma$ が未知の場合)	144	例題 13 他の変数から予測できるか?	
臨界値 $q_{0.05}(k, df_{\text{within}})$	242	例題 7.1/8.1/11.1 サプリメントの効果			279
臨界値 $t_{0.05}(df)$	142, 158		150, 168, 195, 229	レポート	84
ルビーン検定	171	——の解答 ( $\sigma$ が既知の場合)		練習問題	40, 47, 56, 70, 106, 113, 117,
例題 1 B薬はA薬より有効か?	30		155, 175		121, 126, 128, 133, 147, 156, 160, 176,
——の解答	31	——の解答 ( $\sigma$ が未知の場合)	159		186, 210, 214, 218, 227, 248, 267, 270,
例題 2 肥料Aと肥料Bの収量に差はあるか?	49	例題 7.2 肥料の効果	151		299
例題 4 3つの観測値	86	例題 8.2 精神障害	169	連続型分布	109
例題 6 7つの観測値の背後にいる母平均 $\mu$ は?	130	例題 10.2/11.2 ニジマスに与える餌		——の母平均 $\mu$ と母分散 $\sigma^2$ の定義	110
			198, 229	論理 (まとめ)	46
		例題 12 2つの変数の関係は?	250		