

# 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  
 $nC_x$  (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  
 $\bar{x}$  (エックスバー) ..... 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 → 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葉はA葉より有効か? ..... 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

correlation	27, 251	mean deviation	91	regression sum of squares	294		
correlation analysis	27	mean square	203	rejection region	43		
correlation coefficient	253	mean square(squared) error	203	reproductive property	125		
critical region	43	measurement	23	residual	284		
critical value	55	median	52	residual mean square	300		
cumulative area from the left	112	Mendel → Gregor Johann Mendel		residual sum of squares	284		
cumulative probability	112	monotonic decrease	271	response variable	281		
data transformation	271	monotonic increase	271	Ronald Aylmer Fisher	98		
degree of freedom	95	multiple comparison	26, 229	Rothamsted 農事試験場	99		
De Moivre–Laplace theorem	109	multiplicity	232				
dependent variable → 従属変数		negative correlation	252	<b>S</b>			
deviation	90	no correlation	253	sample	23, 50		
discrete distribution	36	non-linear	291	sample correlation coefficient	253		
Donald Ransom Whitney	67	nonparametric statistics	53, 111	sample covariance	253		
<b>E~I</b>							
expectation	38	normal distribution	107, 108, 111	sample mean	88		
expected value	38	null distribution	41	sample size	50		
explanatory variable	281	null hypothesis	40	sample variance	98		
extrapolation	290	<b>O~R</b>					
family	237	observation	23, 50	sampling distribution	120		
familywise error rate	232	one factor ANOVA	197	scatter plot	27, 252		
Fisher → Ronald Aylmer Fisher		one-sided test	45	SD (standard deviation)	90, 92, 121		
Frank Wilcoxon	66	one-tailed test	45	SE (standard error)	121		
Friedrich Bessel	97	one-way ANOVA	26, 197	SEM (standard error of the sample mean)	121		
FWER (全体としての有意水準)	232, 233, 235	parameter	96, 111	significance level	43		
F分布	225, 325	parametric statistics	111	simple linear regression analysis			
Gaussian distribution	108	Pearson の積率相関係数 (Pearson product-moment correlation coefficient)	253, 327		280		
Games–Howell 法	237	pooled standard deviation	178	simple random sample	26, 51		
Gosset → William Sealy Gosset		population	23	single factor ANOVA	197		
grand mean	202	population regression coefficient		skewed distribution	53		
Gregor Johann Mendel	20	population regression line	282	Spearman の順位相関係数 (Spearman rank correlation coefficient)	275, 328		
Henry Berthold Mann	67	population size	87	spurious correlation	278		
Holm 法	236	positive correlation	252	standard curve	281		
homoscedasticity assumption	171	power	80	standardization	114		
independent variable → 独立変数		power analysis	80	standard normal distribution	112		
interpolation	290	prediction band	304	statistic	86, 97, 120		
<b>K~N</b>							
Karl Pearson	136	prediction interval	304	statistical hypothesis test	26, 29		
Kendall の $\tau$	275	predictor variable → 予測変数		『Statistical methods for research workers』	99, 192		
Kruskal–Wallis 検定	200	probability density	109	statistically significant	44		
law of large numbers	120	probability density function	110	Steel–Dwass 法	237		
level	201	probability distribution	24, 32	Student 化 (studentization)	138		
liner	271	proof by contradiction	29	Student の $t$ (Student's $t$ )			
logarithmic transformation	271	$P$ 値 ( $P$ -value)	76, 191, 194		26, 158, 191, 269, 301		
lower confidence limit	132	random variable	24, 35	—をシンプルにする	186		
Mann → Henry Berthold Mann		rank correlation coefficient	271	Student の $t$ 分布 (Student's $t$ distribution)	138		
Mann–Whitney の $U$ 検定 (Mann–Whitney $U$ test)	49, 68	rank sum	64	subset null hypothesis	237		
		regression analysis	275	sum of squares	92		
		regression identity	296	sum of squared deviations	92		
				sum of squares principle	219		

## T

<i>t</i> 分布 ( <i>t</i> 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

—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
閾値電卓	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 <i>t</i> 検定の手順	156
棄却域	43, 62, 175, 184, 192

## 擬似相関

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
葉の効果	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
—は煩雜	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	處理平均平方	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-スマイルノフ検定	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>					
差 d	161, 163	検定統計量 U の——	58	多重比較	229, 231
——の標本標準偏差の効果	163	第1種の過誤と第2種の過誤の——	81	——の欠点	236
——の標本平均の効果	161	性質 (まとめ)	167, 190	——の出発点	231
最小2乗法	283	精神障害	169	——のデータの特徴	229
再生性	125	正にする	91	単回帰分析	279, 281, 299
栽培実験	49	正の相関	251, 252, 261	——における検定と推定	299
サプリメントの効果	150, 168, 198, 229	制約条件	100, 101	——の前提条件	281
残差	284	絶対値	91	単純化したStudentのt	187
残差平均平方	300	説明変数	281	単純無作為標本	25, 51
残差平方和	284, 293, 294	線形 vs 非線形	271	単調減少	271
算術平均	87, 93	「全体としての有意水準」	232	単調増加	271
散布図	252, 275	前提条件	171	単峰性	53
サンプルサイズ	50	全平均平方	205, 216	中心極限定理	122
視覚的な理解	115	全平方和 $SS_{\text{total}}$	292, 293	散らばり	22, 117, 118
下側確率	112	相関	251	——が小さい	117
下側信頼限界	132	——の検定	267	強い相関	252
実際の計算	208, 215, 217, 298	——は因果関係の証明にはならない	277	釣り鐘型	109
実例	272, 273	相関分析	250, 267	定性的理解	57, 139, 160, 187, 219
シャピロ-ウィルク検定	171	——の前提条件	267	t分布の——	139
従属変数	281	相関係数 r	253, 263, 265, 286	WMW検定の——	57
自由度	86, 95, 100, 141, 180, 209, 214, 219, 259	——の計算	267	検定統計量 t の——	160, 187
——の意味	101	——の苦手な状況	271	検定統計量 F の——	219
——の概念を確立してきた自然科学者たち	97	総平均 $\bar{x}$	202	定理1: 標本平均が従う確率分布	
順位相関係数 $r_s$	271	双峰性	53, 122	定理2: 中心極限定理	122, 129
——の計算	275	測定値	23	定理3: 正規分布の再生性	125, 129
順位和	64	<b>た行</b>			
順位と検定	49, 67, 271	タイがある場合	65, 275		
条件付き期待値	282, 303	第1種の誤り	75		
処理の数	201	第1種の過誤	71, 73, 75, 81, 193, 232		
		第1象限	256		
		第2種の誤り	80		

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

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