

最速の推計統計

—正規分布の徹底攻略—

渡邊 洋 著

コロナ社

まえがき

統計学は、大きく記述統計学と推計統計学に分類される。

記述統計学は、入手した数値データの平均、分散、標準偏差を求め、グラフや表を使って視覚化することによって、データの要約を行う技法である。まずは入門としてこの記述統計学をマスターした後、推計統計学に進むこととなる。そして、この推計統計学を学ぶことによって、おもにつぎの二つのことができるようになる。

- (1) 計測された数値をもとに、真の平均値や分散を予測すること。
- (2) 計測された数値が、意味のあるぐらい珍しい結果なのかどうかを判断すること。

前者を**推定**といい、後者を**検定**という。これらは当てずっぽうな予測やいい加減な評価とはほど遠い、日常生活でも役に立つ数学的技術だ。そして、記述統計学の講義で学んだ平均や分散を理屈に沿って丁寧に用いれば、容易に習得できる技術である。しかし、実際に推計統計学を学んでも、途中からモヤモヤ感がつのりだし、なんとか最後までたどりついても、その後自信を持って統計という道具を使うことはなかなか難しい。

本書は1章当たり約2時間で読み進めることによって、推計統計学のキモの部分に到達できることを目的としたものである。すなわち、なぜ推計統計学といえば正規分布のグラフ(図1)が登場するのか、その計算方法、その使い道などについて、腹の底から理解することをひとまずのゴールとする。その意味では、**最短で4章、もし余裕があれば6章までを理解できればそれでよい**。7章以降は、そこまでが十分に理解できてから挑戦することをお勧めする。本書読了時には、読者は広大な統計理論に立ち向かうための標準装備を得ているだろう。

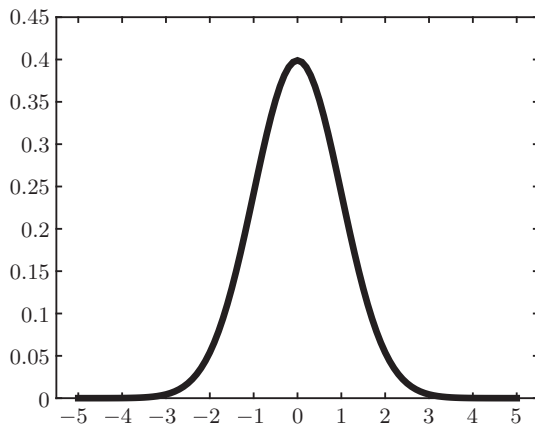


図1 本書の主役：正規分布

本書は、記述統計学に関する基礎知識のある読者が対象となる[†]。また、一度統計の勉強をしたものの理解ができず、統計には恨みのある読者が望ましい。再履修さんいらっしゃいとあったところだ。

本書は以下の3パートから構成されている。

- (1) 本文：1章から8章
- (2) 付録
- (3) シミュレーションブック：各種統計理論の視覚化。ウェブよりダウンロード。詳細は後述。

本文はいわずもがなである。各章の最後には、セルフチェックリストをつけた。そこに挙げられた概念を、自分で問題が作れるぐらい習得できたかどうかを自己点検してほしい。章末問題も併記したので活用されたい。ただし、解法の手順を丸暗記して数字の当てはめを機械的にできるようになることが目的ではない。統計の問題を解くためには国語力が必要だ。すなわち、文章表現が出題者によって異なるため、学んだ参考書の表現と異なる場合の問題の解釈の仕方に慣れることが必要である。そこで、さまざまな表現による問題を多数含め

[†] とはいっても、平均、分散、標準偏差、最大値、最小値といった高校で習う程度の知識でよい。本書でも復習は若干行う。

た。いずれも筆者の経験上、どこかで見たような文章である。練習がまだるっこしい場合は、まずはストーリーを追うために先に本文を読み進めても、もちろんかまわない。

付録では、シミュレーションブックに関する情報、Excel の特殊な操作法、Excel の統計関数についての少々細かい補足を述べる。本文に含めてもよい重要な内容も含むが、話の流れを損ないかねないため、別立てとした。

シミュレーションブックとは、本書に出てくる理論や例題を読者のパソコンでシミュレーションするための、Excel ファイルである。統計理論は、データを数千から数万集めてグラフを書くことで、初めて視覚化できる。これを抜きにぼんやりとした概念図だけを提示されても、読者の疑念を払うことはできない。そこで、極力すべての理論をシミュレーションし、難解な数式や概念が確かに象徴的なグラフとして表現できる、しかも何回やり直してもその傾向は変わらないことを示した。

Excel をお持ちの読者は、このシミュレーションブックをコロナ社のサーバよりダウンロードして、ぜひシミュレーションの楽しさを味わっていただきたい。使用にあたって、特に高度な Excel のスキルを必要とするものではないが、上述したように、最低限の情報を本書の付録に掲載している。

Excel をお持ちでない読者は、シミュレーション結果の画面はすべて本文中に掲載されているので、本文のストーリーを追う過程でそれらを見ていただきたい。

2016 年 8 月

渡邊 洋

目 次

1. 推計統計学のイメージ

1.1 計測とはガラポンである	1
1.1.1 ガラポン	2
1.1.2 母集団	2
1.1.3 無作為化	4
1.1.4 抽出	4
1.1.5 標本	5
1.1.6 標本の大きさ	5
1.1.7 標本数	6
1.2 なぜ私たちはデータの平均をとるのか	7
セルフチェックリスト	11
章末問題	11

2. 分 布

2.1 度数分布表とヒストグラム	12
2.2 度数分布表を使った計算例	15
セルフチェックリスト	17
章末問題	17

3. 平均と分散と標準偏差

3.1 図形的に理解する	19
3.2 なぜ平均, 分散, 標準偏差が重要なのか	26
3.3 ギリシア文字表記とアルファベット表記	29
3.4 分散には気をつけろ (予告)	29
セルフチェックリスト	30
章 末 問 題	30

4. 中心極限定理と正規分布, およびその計算

4.1 1 ミリたりともわからない定理	32
4.2 サイコロを振るといことは	33
4.3 乱数と乱数の平均は乱数か? : ここがヤマ場	35
4.4 中心極限定理の「平均」に関する記述を理解する	38
4.5 中心極限定理の「標準偏差」に関する記述を理解する	43
4.6 理論値との突き合わせ	45
4.7 正規分布の計算: その 1	47
4.7.1 まずは表を使った手計算	47
4.7.2 積分で考える	49
4.7.3 Excel の関数を使って積分する	51
4.8 正規分布の計算: その 2	55
セルフチェックリスト	58
章 末 問 題	59

5. 正規化と標準化と z 変換

5.1 標準正規分布	60
5.2 標準正規分布の数式を読み解く	65
5.3 $\pm 1\sigma, \pm 2\sigma, \pm 3\sigma$	68
セルフチェックリスト	73
章末問題	73

6. 推定 1：母平均を計測結果から幅つきで予想する

6.1 まずはロードマップを	75
6.2 母集団が正規分布するとき、かつ母集団の標準偏差が わかっている場合	76
6.2.1 「95%信頼区間」とはどういう意味なのか	76
6.2.2 問題の機械的な解き方	82
6.2.3 z 変換との関係	82
6.3 母集団の分布は不明だが、母集団の標準偏差が わかっている場合	84
6.3.1 信頼区間を求める問題	84
6.3.2 標本の大きさを求める問題	87
6.4 母集団は正規分布するが、平均と標準偏差は不明で、 標本の大きさ 30 未満の場合	89
6.4.1 t 分布と不偏分散の登場	89
6.4.2 不偏分散の定義	91
6.4.3 不偏分散のシミュレーションによる理解	92
6.4.4 不偏分散 u^2 の平方根は何者か	95

6.4.5	t 分布の導入とシミュレーション	97
6.4.6	t 分布の数式表現	101
6.4.7	t 分布を使った区間推定	103
6.4.8	Excel の関数を使って信頼区間を求める	106
6.5	母集団は正規分布するが、平均と標準偏差は不明で、 標本の大きさ 30 以上の場合	110
	セルフチェックリスト	111
	章 末 問 題	111

7. 推定 2：母分散を計測結果から幅つきで予想する

7.1	まずはロードマップを	113
7.2	カイ 2 乗分布：その 1 (母集団が標準正規分布の場合)	114
7.3	カイ 2 乗分布：その 2 (母集団が正規分布し、 母平均 μ が既知の場合)	118
7.4	カイ 2 乗分布：その 3 (母集団が正規分布し、 母平均 μ が不明の場合)	120
7.5	統計量 ns^2/σ^2 が自由度 $n - 1$ のカイ 2 乗分布に 従うことの確認	122
	セルフチェックリスト	124
	章 末 問 題	124

8. 検 定

8.1	片側検定と両側検定	126
8.2	母平均の検定	128
8.2.1	母集団が正規分布とわかっているとき	128

8.2.2	母集団の分布は不明だが母分散がわかっている場合	130
8.2.3	母分散が不明で、標本が小さい場合： t 検定	132
8.3	母平均の差の検定（標本の大きさが30未満のとき）： t 検定	134
8.3.1	手で計算する	134
8.3.2	Excelのツールで計算する	136
8.3.3	母平均の差が t 分布に従うことを確認する	138
8.3.4	補足：標本の大きさが30以上のとき	140
8.4	母比率の検定	140
8.4.1	統計量の手計算	140
8.4.2	Excelシミュレーションによる確認	142
8.5	母比率の差の検定	144
8.5.1	統計量の手計算	144
8.5.2	Excelシミュレーションによる確認	145
8.6	カイ2乗検定	148
8.6.1	統計量の手計算	148
8.6.2	Excelシミュレーションによる確認	150
8.7	試験で○がもらえる検定の答案の書き方について	153
8.7.1	例題と解答	153
8.7.2	有意水準	154
8.7.3	帰無仮説と対立仮説	155
8.7.4	棄却閾	155
	セルフチェックリスト	156
	章末問題	156
付	録	158
A.1	Excelによるシミュレーションブックについて	158
A.1.1	動作環境	158
A.1.2	ダウンロード	158

A.1.3	Excel の使用について	158
A.2	Excel を使った度数分布の求め方	160
A.2.1	データ範囲を確認する	160
A.2.2	区間を設定する	160
A.2.3	度数を出力する範囲を選択する	161
A.2.4	関数を入力する	162
A.2.5	フィニッシュ!	162
A.2.6	グラフ (ヒストグラム) の作成	163
A.3	スタージェスの公式	165
A.4	正規分布するデータセットを <code>norm.inv</code> で作る	166
A.4.1	ランダムデータを作る	166
A.4.2	正規分布データを作る	166
A.5	関数 <code>norm.dist</code> 内の最後のパラメータについて： 累積分布関数と確率質量関数	168
A.6	ヒストグラムが理論値と一致しない？： 確率密度とはなにか	169
	参考書籍およびウェブページ	172
	章末問題解答	175
	おわりに	188
	索引	192

逆 引 き 目 次

Excel 操作

度数分布表およびヒストグラムを自動的に作成したい	A.2
シミュレーションのために、一様にばらついた（ランダムな）データや、正規分布するようなデータを作りたい	A.4
正規分布の積分値を求めたい（積分区間から面積を求めたい）	4.7
正規分布の積分区間を求めたい（面積から積分区間を求めたい）	4.8
中心極限定理が成り立つことをシミュレーションで確かめたい	4.6
95%信頼区間の意味をシミュレーションで確かめたい	6.2.1
不偏分散と $n-1$ の関係をシミュレーションで確かめたい	6.4.3
正規分布を数式からグラフ化したい	3.2, 5.2
t 分布を数式からグラフ化したい	6.4.6
t 分布が成り立つことをシミュレーションで確かめたい	6.4.5
カイ 2 乗分布が成り立つことをシミュレーションで確かめたい	7.5

推定

母平均の推定

母集団が正規分布し、かつ母集団の標準偏差がわかっている場合	6.2, 章末問題 6【2】
母集団の分布は不明だが、母集団の標準偏差がわかっている場合	6.3, 章末問題 6【1】, 【3】, 【4】
母集団は正規分布するが、平均と標準偏差は不明で、標本の大きさ 30 未満の場合	6.4, 章末問題 6【5】, 【6】
母集団は正規分布するが、平均と標準偏差は不明で、標本の大きさ 30 以上の場合	6.5

母分散の推定

母集団が標準正規分布し、かつ母平均がわかっている場合	7.2
母集団が正規分布であり、母平均もわかっている場合	7.3, 章末問題 7【1】
母集団は正規分布するが、母平均が不明の場合	7.4, 章末問題 7【2】

検定

データが「実測値」である場合、それがレアな値かどうかの検定

データが、すでにわかっている正規分布の中でレアな値であることの検定	8.2.1, 章末問題 8【1】
データが、母分散のみがわかっている形状不明な分布の中でレアな値であることの検定	8.2.2, 章末問題 8【2】, 8【3】
データが、母分散不明の正規分布の中でレアな値であることの検定	8.2.3
二つのグループの平均値が、統計的に有意に異なることの検定	8.3

データが「比率」である場合、それがレアな値かどうかの検定

データが、従来わかっている比率と有意に異なるかどうかの検定	8.4, 章末問題 8【4】
二つのデータが、統計的に有意に異なることの検定	8.5, 章末問題 8【5】
二つ（あるいはそれ以上）のカテゴリーの構成比率が、理論的な比率と有意に異なることの検定	8.6, 章末問題 8【6】

1

推計統計学のイメージ

1.1 計測とはガラポンである

本書はあまた世間で売られている統計関連の書物の中で、読者が最も短期間で統計のキモを理解できることを目標とした。全体の約 1/4 ほど読み進めてもらえれば、そのキモに到達できるようにしてある。そのために、従来の教科書ではこまごまと語られている途中経過をばっさばっさと切り落としていく。ギリシア文字一覧表や Σ の計算方法などで数学感を出すこともしない。また、なるべく専門用語ではなく、普通の日本語で語りかけていくことを目指している。とはいえ、もし本書でいい加減な言葉遣いを学んで、読者が将来恥ずかしい思いをすることは避けねばならない。そこでいくつかの言葉についてはここで整理をしつつ、推計統計学が目指すものについてのイメージをまず明確にしておく。

構成として、一般論をまず述べ、「成人男性の体重計測」という具体的場面での例を併記することとする。ここであなたが調べたいことは、**すべての成人男性の体重を代表する値、すなわち平均値**である。特定の国の男性、特定の職業の男性、特定の年代の男性など全数を調べるには膨大すぎるデータ集団をイメージしてもらいたい。その集団の体重を「一言」で要約する適切な尺度が平均値であることは、直感的に同意していただけるだろう。**神様しか知らない真の平均値**を、数少ないデータだけから知るための技法をこれから学んでいく。

2 1. 推計統計学のイメージ

1.1.1 ガラポン

まずは、つぎのイメージを、本書を読む間、一貫して持っていたきたい。すなわち商店街の福引きである。図 1.1 はそのとき使用される日本での標準装置、ガラポンである[†]。計測とはガラポンを使った抽選である。推計統計学とは計測によってランダムにデータを現実的な個数だけ抜き出し、そのデータを生み出した母集団（後述）の特性を、まさに推し量る（推計する）理論と技法である。

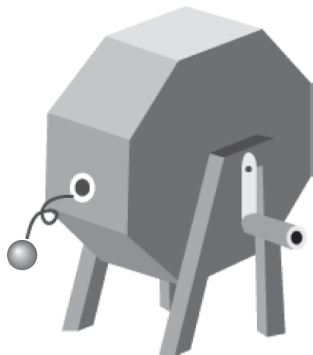


図 1.1 ガラポン

例 1.1 1人の体重を1回計測するということは、0 kg から無限大 kg までのあらゆる可能性の中から一つの数値を抽選することである。しかし、志はすべての成人から求めた平均体重を知りたい、というものである。

1.1.2 母集団

さて、このガラポンの中には一つひとつに数字が書かれた玉が多数入っている。どんな数字がどれくらいの割合で入っているかは、私たちにはわからない。

[†] 正式名称は、新井さんが考案した「新井式回転抽選器」というらしい（Wikipedia より）。

ガラポンに含まれる玉全体を**母集団**と呼ぶ。現実的には有限の玉から構成されるが、理論的には無限の玉が入っているとイメージしてもらいたい。前項の繰り返ししとなるが、推計統計学とはこの母集団から抜き出した一部のデータに基づいて、母集団の平均値（**母平均**）や母集団の分散（**母分散**）を推定する統計理論のことである。

例 1.2 ガラポンには、一つのパチンコ玉に1人の成人男性の体重が書かれたものが無数に入っている。どの値が出やすいかはわからない。しかし、テーマからして、「成人男性の平均体重」付近の数値が書かれた玉が出やすく、逆に5kgとか500kgとか書かれた玉は可能性ゼロとはいわないがほとんど出ることはないだろう、と直感して結構だ（**図 1.2 (a)**）。逆に「サイコロを振る」というシチュエーションだったら、1~6の値は均等にガラポンの中に入っていないとイカサマということになる（**図 1.2 (b)**）。

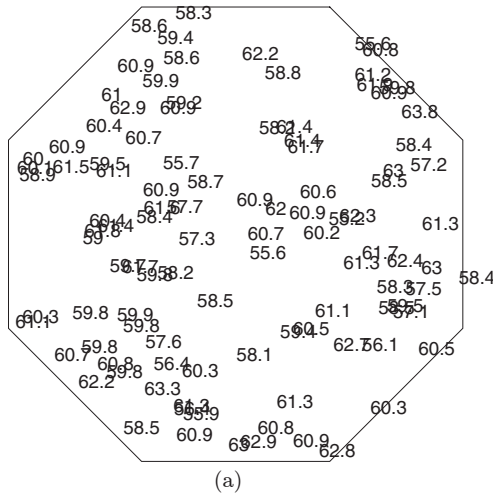


図 1.2 体重の値が入ったガラポン (a) と、サイコロの出目が入ったガラポン (b)。無秩序に散らばっていることを示すために、あえて数値が重ね書きされているところがある。

4.7 正規分布の計算：その 1

これでようやく正規分布の計算問題に取り組む精神状態になったかと思う。なぜなら、もう何度も述べたように、計測結果の平均値をたくさん集めると正規分布にしかならない^{†1}ことがわかったからだ。安心して計算に没頭していただきたい。

4.7.1 まずは表を使った手計算

正規分布も分布の一つなのだから、2章で見たヒストグラムで考えるのがよい^{†2}。すなわち、正規分布も図 4.11 のような短冊の集合体ももとになっており、この短冊の幅を細かくしていった究極の形が図 1 の滑らかな山型になるだけのことである。

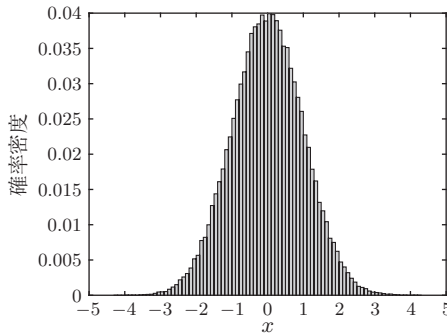


図 4.11 正規分布を短冊の集合体で表現したもの

ここで大事なこと（の一つ）は、ヒストグラムから求めるべき情報は、「ある計測値（横軸）の範囲（体重 50～75 kg, 身長 160～162.5 cm など）に含まれ

^{†1} 若干の微修正がのちほど t 分布のところに入るが、些末な問題である。

^{†2} 縦軸の名称が、なにやら難しいものとなっている。いまは気にせず先に進もう。詳細は付録 A.6 節で述べているので、あとで参照していただきたい。

るデータは全体の何%か」, 言い換えれば, **実験結果がある計測値の範囲に収まる「確率」**はいくらかということである。

2章の例題で解いたように, この問題は単に対象となる短冊の面積を求めるだけのことで, じつに簡単なものである。もちろん短冊の幅が太すぎれば, 正規分布の理論的な曲線との隙間が大きくなって, 求めた面積の精度は悪くなる。しかし, いまはそのことはあまり深く考えずにいよう。

表 4.5 を見てもらいたい。これは平均が 170 cm, 標準偏差が 5.5 cm になるような正規分布を 2 cm 刻みの短冊で近似し (単位なんかどうでもいいのだが, イメージしやすいように日本人の身長分布がたまたまこうなったぐらいに考えてもらいたい), それぞれの短冊の面積を求めたものである。これを使って例題を解いてみよう。すぐあとに解答があるが, まずは自分で計算してもらいたい。

表 4.5 平均 170, 標準偏差 5.5 を構成する正規分布の度数分布表

区間	相対度数
153.5 ~ 155.5	0.003
155.5 ~ 157.5	0.007
157.5 ~ 159.5	0.017
159.5 ~ 161.5	0.033
161.5 ~ 163.5	0.058
163.5 ~ 165.5	0.088
165.5 ~ 167.5	0.118
167.5 ~ 169.5	0.139
169.5 ~ 171.5	0.144
171.5 ~ 173.5	0.130
173.5 ~ 175.5	0.104
175.5 ~ 177.5	0.072
177.5 ~ 179.5	0.044
179.5 ~ 181.5	0.024
181.5 ~ 183.5	0.011
183.5 ~ 185.5	0.005
185.5 ~ 187.5	0.002

例題 4.1 日本人の身長は平均が 170 cm，標準偏差が 5.5 cm の正規分布となることがわかっている（以下 3 題は同じ条件設定）。では，155.5～161.5 cm の人は全体の何%いるか。

【解答】 $0.007 + 0.017 + 0.033 = 0.057$ だから 5.7%。 ◇

例題 4.2 身長が 173.5 cm 以下の人は全体の何%いるか。

【解答】 $0.003 + 0.007 + 0.017 + 0.033 + 0.058 + 0.088 + 0.118 + 0.139 + 0.144 + 0.130 = 0.737$ だから 73.7%。 ◇

例題 4.3 身長が 181.5 cm 以上の人は全体の何%いるか。

【解答】 $0.011 + 0.005 + 0.002 = 0.018$ だから 1.8%。 ◇

特に難しくはないと思う。一方で，読者の中には，今回はそれぞれの短冊の面積が与えられているので足し算だけで解くことができたが，もし自力で計算するとなるとどうすればよいのかと，不安を感じた人もいるだろう。では，あまりやりたくないかもしれないが，本格的な(?) 数学的解法を考えてみよう。

4.7.2 積分で考える

要するにこの問題は「積分」である。平均が 170 cm，標準偏差が 5.5 cm になるような正規分布を数式で書くとこうなる。

$$f(x) = \frac{1}{5.5\sqrt{2\pi}} \exp\left\{\frac{-(x-170)^2}{2 \cdot 5.5^2}\right\} \quad (4.3)$$

そして，例えば 150～170 cm 範囲の短冊の面積 P を求めるということは，つぎの式を解くことに相当する。

$$P = \int_{150}^{170} \frac{1}{5.5\sqrt{2\pi}} \exp\left\{\frac{-(x-170)^2}{2 \cdot 5.5^2}\right\} dx \quad (4.4)$$

まったくもってサヨウナラしたい人も多いだろう。しかし、この式は手計算できない人が人類のほとんどを占めるので、こんなところで劣等感を抱くのは無駄というものだ。

ここで少し流れが悪くなるが、簡単な例で積分の数式をグラフと対応づけてつかめるようにしておこう。先ほども述べたが、面積を求めるだけのことである。図 4.12 を見ていただきたい。図中の点々を打った部分がつぎの式が求めている部分である。

$$P = \int_2^3 x dx \quad (4.5)$$

$$P = \int_2^3 \frac{1}{3} x^2 dx \quad (4.6)$$

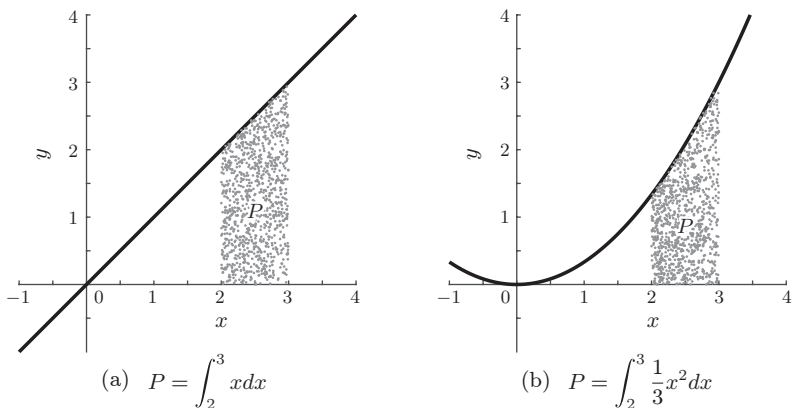


図 4.12 点々の領域が占める面積が[†], 積分の式が求めているもの。図 (a) は関数 $y = x$, 図 (b) は関数 $y = \frac{1}{3}x^2$ において、どちらも積分区間を $[2, 3]$ としたとき。

すなわち、 x 軸と関数 $y = x$, あるいは x 軸と関数 $y = \frac{1}{3}x^2$ に挟まれた部分のうち、 $2 \leq x \leq 3$ の範囲の面積を求めよう、とっているのである。積分する範囲（これを積分区間という）は、 \int という記号[†]の右下と右上に小さく書いてある。

[†] 「インテグラル」と読む。

では、先ほどのややこしい式に戻ろう。これも正規分布の関数と x 軸の間のできる領域の面積を求める計算だ。この計算はちょっと厄介だ。昔の統計の本には巻末に数表が載っていて、それを用いて半分手計算していたが、21世紀なので Excel を使うことをお勧めする。統計専用の関数も豊富に用意されているので、必要な情報だけ Excel に与えれば、一瞬で計算してくれる。次項からは、Excel の関数を使うことを前提にして説明を行う。しかし、数表を使おうが、Excel の関数を使おうが、やっていることは先ほどの例題でやったように短冊の面積を足し引きすることである。かつて、どこかのだれかが一所懸命短冊の面積を計算してくれた。その結果が数表となり、統計の教科書の巻末あるいはパソコンの中のどこかに記憶されており、それを利用するのみである。

4.7.3 Excel の関数を使って積分する

正規分布の面積を求める Excel の関数はこれだ。

`norm.dist`

「ノーマルディスト」とでも読めばよいかと思う。英語で正規分布を “normal distribution” (ノーマルディストリビューション) というので、それを縮めた関数名になっている。さて、これがどういう関数かという、任意の正規分布において、 $x = -\infty$ から、とある x までを積分区間として面積を求めてくれる (図 4.13)。 $-\infty$ ということは、グラフの (山の) 左側の裾野をずーっと無限に端まで行ったところだ。

計算を始める前に、正規分布において横軸 x の値とそれに対応する面積の関係を、シミュレーションブック **【4.7 正規分布と積分区間と面積】** を使ってぜひ体験してほしい (図 4.14)。セル H1 に積分区間の上限 x を適当に入れると、 $-\infty$ からその値までを積分区間としたときの面積に相当する箇所に点群が打たれるように作られている[†]。

[†] 以下、同様のすべての図に共通することだが、点群の密度のばらつきは、あまり気にしないほしい。シミュレーションブックのデモでは、 $[-\infty, x]$ の範囲にかかわらず 500 個の点をばらまくようにしたので、山が高いところでは疎に、低いところでは密にプロットされてしまう、という次第である。

索引

【あ】		
アルファベット	29	
【か】		
カイ 2 乗 (χ^2) 検定	148	
カイ 2 乗分布	113	
確 率	14, 48	
確率質量関数	168	
確率密度	169	
片側検定	125, 126	
下方信頼限界	88	
【き】		
棄却閾	154	
記述統計学	<i>i</i>	
帰無仮説	154	
ギリシア文字	29	
【け】		
計 測	2	
検 定	<i>i</i> , 125	
【さ】		
サンプリング	4	
サンプル	5	
【し】		
シミュレーションブック	<i>ii</i>	
自由度	101	
上方信頼限界	88	
【す】		
推計統計学	<i>i</i> , 3	
		推 定 <i>i</i> , 75
		スタージェスの公式 165
		【せ】
		正規化 61
		正規得点 62
		正規分布 12, 26
		積 分 49
		積分区間 50
		【そ】
		相対度数分布表 14
		【た】
		対立仮説 154
		【ち】
		抽 出 4
		中心極限定理 8, 32
		【て】
		データ 5
		【と】
		統計量 9, 83, 121
		度数分布グラフ 12
		【ね】
		ネイピア数 66
		【ひ】
		ヒストグラム 12
		標準化 61
		標準正規分布 28, 68, 141
		標準得点 62
		標準偏差 25
		— の不偏推定量 95
		標 本 5
		— の大きさ 5
		標本サイズ 5
		標本数 6
		標本比率 141
		比 率 140
		【ふ】
		不偏分散 30, 90, 91
		分 散 21
		分 布 9, 12
		【へ】
		平 均 19
		偏 差 20
		偏差値 25, 61
		偏差 2 乗和 23
		【ほ】
		母集団 3
		母比率 141
		母分散 3, 30
		母平均 3, 59
		【む】
		無作為化 4
		【ゆ】
		有意水準 154

【ら】	【り】	【わ】
ランダムイズ 4	両側検定 125, 126	割合 14
	【る】	
	累積分布関数 168	

【C】	【S】	【X】
chisq.inv 118	stdev.p 97	\bar{x} 29
【E】	stdev.s 97	【Z】
exp 26, 65	Student の t 検定 135	z 得点 62
【F】	【T】	z 変換 61
frequency 162	t 検定 132	~~~~~
	t 分布 90, 98	95%信頼区間 76
【G】	t.inv 106, 132	χ^2 (カイ2乗) 分布 114, 121
gamma 102	t.inv.2T 106	Γ 101
【N】	【V】	μ 26, 29
norm.dist 51	var.p 96	ν 101
norm.inv 56	var.s 96	π 26
		σ 26

【シミュレーションブック】	6.2_区間推定のキモ 80	8.3_母平均の差の検定 135
3.2_正規分布と μ と σ 27	6.4.3_不偏分散のシミュレーション 93	8.3_母平均の差の検定シミュレーション 138
4.2_サイコロ 1000 回 34, 36, 37, 45	6.4.5_ t 分布のシミュレーション 98	8.4_母比率の検定 142
4.7_正規分布と積分区間と面積 51	6.4.6_ガンマ関数と t 分布 102	8.5_母比率の差の検定 145
5.1_正規化, 標準化, z 変換 62	6.4.8_区間推定練習問題 108	8.6_カイ2乗検定 151
	7.2_カイ2乗分布 1 114	A.2_度数分布練習問題 160
	7.5_カイ2乗分布 2 122	A.4_正規分布するデータセットの作り方 167

— 著者略歴 —

- 1992年 同志社大学大学院文学研究科博士課程（前期課程）修了
修士（文学）
1997年 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士課程修了
博士（工学）
1997年 大阪工業技術研究所勤務
2001年 産業技術総合研究所勤務
現在に至る

最速の推計統計—正規分布の徹底攻略—

Shortcut to the Inferential Statistics

—Breakthrough the Normal Distribution—

© Hiroshi Watanabe 2016

2016年10月13日 初版第1刷発行

★

検印省略

著者 わた なべ ひろし
渡 邊 洋
発行者 株式会社 コロナ社
代表者 牛来真也
印刷所 三美印刷株式会社

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10

発行所 株式会社 コロナ社

CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替 00140-8-14844・電話 (03) 3941-3131 (代)

ホームページ <http://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-06112-3 (新宅) (製本：愛千製本所)G

Printed in Japan



本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上の例外を除き禁じられております。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めておりません。

落丁・乱丁本はお取替えいたします