

健康統計学 第3・4回

今回は、代表値と散布度（テキスト15～32ページ）について学習します。

テキスト

- 『やさしい保健統計学 改訂第5版』 縣 俊彦著 (南江堂)

今回の内容

1. [ギリシャ文字の一覧](#)
2. [数学的な基礎知識](#)
3. [代表値](#)
4. [散布度](#)
5. [補足: 歪度と尖度](#)
6. [Excelで代表値と散布度を計算](#)

ギリシャ文字の一覧

大文字	小文字	読み方	使用される統計用語、計算など
A	α	アルファ	確率、第1種の過誤の確率、有意水準
B	β	ベータ	第2種の過誤の確率
Γ	γ	ガンマ	ガンマ関数（大文字）
Δ	δ	デルタ	差（母平均の差など）
E	ϵ	イプシロン	誤差
Z	ζ	ゼータ	
H	η	イータ	
Θ	θ	シータ	母数、定数（一定の値）、推定値
I	ι	イオタ	
K	κ	カッパ	
Λ	λ	ラムダ	ポアソン分布のパラメータ、定数（一定の値）など
M	μ	ミュー	母平均
N	ν	ニュー	
Ξ	ξ	グザイ	
O	\emptyset	オミクロン	
Π	π	パイ	円周率
P	ρ	ロー	母相関係数
Σ	σ	シグマ	総和（大文字）、母分散・母標準偏差（小文字）
T	τ	タウ	
Υ	υ	ウプシロン	
Φ	ϕ	ファイ	空事象、自由度
X	χ	カイ	χ^2 （カイ二乗）分布、 χ^2 検定
Ψ	ψ	プザイ	
Ω	ω	オメガ	全事象

数学的な基礎知識

データの表現

データ（観測値）が次のように n 個あるとする。（順番に並んでいるとは限らない）。

No.	長さ (cm)
1	200
2	180
3	210
...	...
$n-1$	165
n	175

データ全体を x という記号を使って、

$$x_1 = 200, x_2 = 180, x_3 = 210, \dots, x_{n-1} = 165, x_n = 175$$

と表すことができる。なお、 x の添え字は番号を表す。

総和

n 個のデータ $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ の総和（すべてを足し合わせた値）を、記号 \sum （シグマ）を使って、次のように表すことができる。

$$\sum_{i=1}^n x_i = x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n$$

記号 \sum の上下の添字は、添え字 i を 1 から始めて n まで変化させることを表している。

平方根

ある数 a が正の値 $a \leq 0$ のとき、2乗してして a となる数を a の平方根という。

そして、根号 を使って、 \sqrt{a} と表す。

代表値 (average)

- データの分布などの特徴を示す数値 (特性値) を「代表値」という。
- データ全体をひとつの値で代表させる値である。

平均値 (mean)

算術平均 (arithmetic mean)

- 算術平均 \bar{x} は、データをすべて足しあわせ、データ数で割ったもの。
- 平均値のなかで、もっとも一般的なもの。

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{1}{n} (x_1 + x_2 + \dots + x_n) \\ &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i\end{aligned}$$

幾何平均 (geometric mean)

- 幾何平均 Gm は、各データの値の積に対してデータ数のべき根を求めたもの。

$$\begin{aligned}Gm &= \sqrt[n]{x_1 \times x_2 \times \dots \times x_n} \\ &= (x_1 \times x_2 \times \dots \times x_n)^{1/n} \\ &= \left(\prod_{i=1}^n x_i \right)^{1/n}\end{aligned}$$

- 幾何平均の例
 - 5年間の物価上昇率が7%のとき、1年の平均上昇率は何%か？
 - 過去3年間の売上高の対前年比が120%、110%、130%のとき、平均の売上高の伸びは？

調和平均 (harmonic mean)

- 調和平均 Hm は、データ数を各データの値の逆数の和で割ったもの。

$$\begin{aligned}Hm &= \frac{n}{\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \dots + \frac{1}{x_n}} \\ &= \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i}}\end{aligned}$$

- 調和平均の例
 - 山頂まで6kmの道のりを、往きは2km/hで、帰りは6km/hで歩いたとき、平均の速さはいくらか？
 - 車でドライブをして、最初の24kmは30km/h、次の24kmは40km/h、最後の24kmは60km/hで走った時、平均速度はいくらか？

中央値 (median)

中央値 (中位数)

- 中央値 Me は、データを大きさの順に並べたときに、中央にくる値のことである。
 - データ数が奇数のときは中央にくるデータの値になる。
 - データ数が偶数のときは中央にある2つのデータの平均の値になる。

$$Me = \begin{cases} x_m & \text{if } n \text{ is odd, } m = (n+1)/2 \\ \frac{x_m + x_{m+1}}{2} & \text{if } n \text{ is even, } m = n/2 \end{cases}$$

- 中央に位置するデータが複数個ある場合(「結び(tie)」があるという)、次のような式で中央値を求めることができる。

$$Me = \frac{1}{2n_M} (n_{x>M} - n_{x<M}) + M$$

- 中央にあるデータ: M
 - 値 M になるデータの個数: n_M
 - 値 M より小さいデータの個数: $n_{x<M}$
 - 値 M より大きいデータの個数: $n_{x>M}$
- 度数分布表がある場合は、階級や度数などの情報から、中央値を求めることもできる。

$$Me = l_m + \left(\frac{n}{2} - F\right) \frac{h}{f_m}$$

- 標本数: n
- 階級幅: h
- m 番目の階級の下限: l_m
- m 番目の階級の度数: f_m
- $m-1$ 番目までの累積度数: F

四分位数 (quartile)

- ヒストグラムから考えると、四分位数はヒストグラムの面積を1/4ずつに分ける値である。
 - 中央値は、ヒストグラムの面積を半分に分ける値になる。
- データを大きさの順に並べた場合は、データの個数を4分の1ずつの部分にわけると個所である。
- 小さいほうから、第1、第2、第3四分位数といい、中央値は、第2四分位数になる。
- データが n 個のあるときの第1四分位数 Q_1 と第3四分位数 Q_3 は、次のようにして求められる。
 - $n = 4k + 1, 2, 3$ の場合

$$\begin{aligned} Q_1 &= x_{k+1} \\ Q_3 &= x_{n-k} \end{aligned}$$

- $n = 4k$ の場合

$$\begin{aligned} Q_1 &= (x_k + x_{k+1})/2 \\ Q_3 &= (x_{n-k} + x_{n-k+1})/2 \end{aligned}$$

百分位数 (percentile)

- 百分位数(パーセンタイル値)は、ヒストグラムの面積を1/100ずつに分ける値である。
 - 25パーセンタイル値は第1四分位数である。
 - 50パーセンタイル値は中央値(第2四分位数でもある)。
- 度数分布表がある場合は、階級や度数などからパーセンタイル値 P を求めることもできる。

$$P = l_m + \left(\frac{n \times p}{100} - F\right) \frac{h}{f_m}$$

- 標本数: n

- 階級幅 : h
- m 番目の階級の下限 : l_m
- m 番目の階級の度数 : f_m
- $m-1$ 番目までの累積度数 : F

最頻値 (mode)

- 最頻値 M_o は、データのなかで**最も多く出てくる値**のことである。
 - 度数分布表がある場合は、もっとも度数の多い階級値を最頻値として、次の式から最頻値を求めることができる。

$$M_o = l_m + \frac{f_{m+1}}{f_{m-1} + f_{m+1}} \times h$$

- 最大度数の階級 : m
 - 階級幅 : h
 - m 番目の階級の下限 : l_m
 - m 番目の階級の度数 : f_m
- 分布が釣り鐘形の場合は、ピアソン (Pearson) の式を用いることができる。

$$M_o = \bar{x} - 3 \times (\bar{x} - Me)$$

代表値の特性

- 平均値はすべてのデータを反映している。
 - ハズレ値 (極端に小さく・大きくて飛び離れたデータ) があるとその影響を受けやすいため、ハズレ値の考慮が必要。
- 中央値 (四分位数や百分位数も) は分布上の位置 (中央など) を示す。
 - ハズレ値の影響を受けにくく、分布に偏りがある場合に優れている。
- 最頻値は、「データの多くはこのあたりにある」という説明をするのにわかりやすい。
 - ハズレ値の影響を受けにくい。

散布度 (dispersion)

- 代表値のほかに、重要な特性値として「**散布度**」がある。
- 平均値に対して、**どれくらいデータが散らばっているか**を示す。
 - 分布の裾の広がり具合
 - 平均値への集中の度合い

標準偏差

偏差 (deviation)

- 偏差 d_i は、各データと平均との差である。
 - + の偏差と - の偏差があるため、すべての偏差の合計は0になる。

$$d_i = x_i - \bar{x}$$

分散(variance)と標準偏差(standard deviation)

分析対象となる全体 (母集団) の分布のバラツキの度合いを求める場合には、代表的な散布度である、分散と標準偏差を用いる。

- 分散 s^2 (または σ^2) は、**偏差平方和** (偏差の二乗の和) をとって、その平均を求めたものである。
 - 全データの平均からのバラツキの程度を示す。

$$\begin{aligned} s^2 &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \\ &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i^2 \end{aligned}$$

- 標準偏差 s は、分散の平方根を求めたものである。
 - 全データの平均からのバラツキの程度を示す (単位はデータと同じ)。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

- 標準偏差や分散の値が大きい場合はデータのバラツキが大きく、小さい場合はバラツキが小さい (データが同じ程度に揃ってる)

不偏分散 (unbiased variance) と不偏標準偏差 (unbiased standard deviation)

分析対象となる全体 (母集団) ではなく、対象の一部 (標本) の分布のバラツきの度合いを求める場合には、不偏分散と不偏標準偏差を用いる。

- 不偏分散 U^2 は、偏差平方和 (偏差の二乗の和) をとって、その平均を求めたものである。
 - 分散との違いは、分母は「標本数-1」であること。
 - データ全体についての平均値からのバラツキの程度を示す。

$$U^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

- 不偏標準偏差 U は、分散の平方根を求めたもの
 - 全データの平均からのバラツキの程度を示す (単位はデータと同じ) 。

$$U = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n-1}}$$

標準偏差の和

n 組の資料 (データ) があるとき、資料全体の標準偏差は次のようになる。

$$s_T = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n N_i (V_i + D_i^2)}{\sum_{i=1}^n N_i}}$$

- s_T ... 全体の標準偏差
- N_i ... 組目の資料の標本数
- V_i ... 組目の資料の分散
- D_i ... 組目の資料の偏差

範囲 (range)

- 範囲 R は、データの最大値 x_{max} と最小値 x_{min} との差で、データ全体の範囲を示す。
- ハズレ値の影響を受けやすい

$$R = x_{max} - x_{min}$$

四分位偏差 (quartile deviation)

- 四分位偏差はデータの変動の目安に利用される散布度で、代表値として中央値を用いたときに使われることがある。
- ハズレ値やデータ数に影響されにくい値である。

四分位偏差 = (第3四分位数 - 第1四分位数) / 2

平均偏差 (mean deviation)

- 平均偏差 M_{dev} は、偏差の絶対値を平均したもので、データと平均値とのずれの程度を示す。

$$\begin{aligned}M_{dev} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}| \\ &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |d_i|\end{aligned}$$

変異係数 (coefficient of variance)

- 変異係数(変動係数) Cv は、標準偏差を平均で割ったもので、平均値に対する標準偏差の割合を示す(%表示)。
- 変異係数は相対的な散布度(割合を示す無名数で単位はない)で、平均値や標準偏差の異なる複数の種類のデータを比較するときに用いる。

$$Cv = \frac{s}{\bar{x}} \times 100$$

- 2つの系列(データの集まり)を比較するとき、次のような場合は相対的散布度が有利になる。
 - 双方の単位は同じだが、平均が違う
 - 双方の単位が違う

歪度と尖度

教科書には載っていませんが、散布度に関連する、分布の特徴を表すための重要な指標について説明します。

歪度 (skewness)

- 歪度(わいど)は、分布の左右対称性の違いを表す。

$$Sk = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 / s^3$$

- データの個数: n
- データ全体の平均値: \bar{x}
- データ全体の標準偏差: s
- 歪度 Sk の値によって分布の左右対称性がわかる。
 - $Sk = 0$ の場合、データは左右対称に分布
 - $Sk > 0$ の場合、左に偏った分布
 - $Sk < 0$ の場合、右に偏った分布
 - ただし、 $Sk = 0$ だからといって、常に分布の形が左右対称とは限らない

尖度 (kurtosis)

- 尖度(せんど)は、分布の形が先がとがっているか偏平かを表す。

$$Ku = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 / s^4$$

- データの個数: n
- データ全体の平均値: \bar{x}
- データ全体の標準偏差: s
- 尖度 Ku の値によって分布の尖り具合がわかる。
 - Ku が大きいほど、尖った形の分布
 - Ku が小さいほど、偏平な形の分布

Excelで代表値と散布度を計算

数式の入力

Excelでは、セルに「数式」を入力することで、計算ができます。数式の基本的なルールは、次のとおりです。

- 最初は「=」ではじめる
- カッコ「()」を使って計算する順番を指定できる

演算	数学での記号	Excelでの記号	計算式の例	表示される結果
足し算	+	+	=1+2	3
引き算	-	-	=2-3	-1
掛け算	×	*	=4*5	20
割り算	÷	/	=1/2	0.5
べき乗	^	^	=2^3	8

数式の入力例

たとえば、身長と体重のデータから人の肥満度をはかる指標である、BMI（ボディマス指数）を計算する場合を考えてみましょう。

BMI = 体重 (kg) ÷ 身長 (m) の2乗

身長がB2～B11セルに、体重のデータがC2～C11セルに入力されており、それらから求めたBMIをD2～D11セルに表示させるには、次のように操作します。

1. D2セルに次の計算式を入力する

=C2/((B2/100)^2) （「/100」としているのは、身長がcm単位のため）

2. 「Enter」キーを押すと、計算結果が表示される
3. D2セルの計算結果を、D3～D11セルへコピーする

平方根、n乗根の計算

- 正の平方根()を計算するには、SQRT関数を利用します。

SQRT(平方根を計算する)

- 書式：SQRT(数値)
- 引数：平方根を求める数値
- 例：A12セルの数値の平方根を計算する

=SQRT(A12)

- n乗根を計算する関数はないため、べき乗(^)を利用（「n乗根の計算」は「1/nのべき乗の計算」と同じ意味）

- 例：A12セルの数値の4乗根 $\sqrt[4]{A12}$ を計算

=A12^(1/4)

代表値を計算

平均値

- 算術平均は、**AVERAGE**関数を利用します。

AVERAGE (平均値を計算する)

- 書式 : AVERAGE(数値1, 数値2, ...)
- 引数 : 数値1, 数値2, ... : 平均を計算するセルの範囲
- 例 : F1 ~ F10セルまでのセルの数値の平均値を計算する

```
=AVERAGE(F1:F10)
```

中央値

- 中央値は、**MEDIAN**関数を利用します。

MEDIAN (引数に含まれる数値の中央値を求める)

- 書式 : MEDIAN(数値1, 数値2, ...)
- 引数 : 数値1, 数値2, ... : 中央値を計算するセルの範囲
- 例 : F1 ~ F10セルまでのセルの中央値を求める

```
=MEDIAN(F1:F10)
```

四分位数

- 四分位数は、**QUARTILE**関数または**QUARTILE.INC**関数を利用します。

QUARTILE (配列に含まれるデータから四分位数を抽出する)

- 書式 : QUARTILE(配列, 戻り値)
- 引数 : 配列 : 対象となるデータを含む配列 (セルの範囲)
- 引数 : 戻り値 : 戻り値として返す四分位数の内容を指定
 - 戻り値: 0: 最小値
 - 戻り値: 1: 第1四分位数 (25%)
 - 戻り値: 2: 第2四分位数 (50%)=中央値
 - 戻り値: 3: 第3四分位数 (75%)
 - 戻り値: 4: 最大値

QUARTILE.INC (配列に含まれるデータから四分位数を抽出する)

- 書式 : QUARTILE.INC(配列, 戻り値)
- 引数 : 配列 : 対象となるデータを含む配列 (セルの範囲)
- 引数 : 戻り値 : 戻り値として返す四分位数の内容を指定
 - 戻り値: 0: 最小値
 - 戻り値: 1: 第1四分位数 (25%)
 - 戻り値: 2: 第2四分位数 (50%)=中央値
 - 戻り値: 3: 第3四分位数 (75%)
 - 戻り値: 4: 最大値

百分位数

- 百分位数は、PERCENTILE関数またはPERCENTILE.INC関数を利用します。

PERCENTILE (配列に含まれるデータから百分位数 (%) を抽出する)

- 書式 : PERCENTILE(配列, 率)
- 引数 : 配列 : 対象となるデータを含む配列 (セルの範囲)
- 引数 : 率 : 0 ~ 1の値で、目的の百分位の値 (パーセンタイル値) を指定

PERCENTILE.INC (配列に含まれるデータから百分位数 (%) を抽出する)

- 書式 : PERCENTILE(配列, 率)
- 引数 : 配列 : 対象となるデータを含む配列 (セルの範囲)
- 引数 : 率 : 0 ~ 1の値で、目的の百分位の値 (パーセンタイル値) を指定

最頻値

- 最頻値は、MODE関数またはMODE.SNGL関数を利用します。

MODE (引数に含まれるデータのなかで最も頻繁に出現する値を求める)

- 書式 : MODE(数値1, 数値2, ...)
- 引数 : 数値1, 数値2, ... : 最頻値を計算するセルの範囲
- 例 : F1 ~ F10セルまでのセルの最頻値を求める

```
=MODE(F1:F10)
```

MODE.SNGL (引数に含まれるデータのなかで最も頻繁に出現する値を求める)

- 書式 : MODE.SNGL(数値1, 数値2, ...)
- 引数 : 数値1, 数値2, ... : 最頻値を計算するセルの範囲
- 例 : F1 ~ F10セルまでのセルの最頻値を求める

```
=MODE(F1:F10)
```

散布度を計算

分散

- 分散は、VAR.P関数を利用します。

VAR.P (引数を母集団全体と見なし、母集団の分散 (標本分散) を求める)

- 書式 : VAR.P(数値1, 数値2, ...)
- 引数 : 数値1, 数値2, ... : 母集団に対応するセルの値、セルの範囲

標準偏差

- 標準偏差は、STDEV.P関数を利用します。

STDEV.P (引数を母集団全体であると見なして、母集団の標準偏差を求める)

- 書式 : STDEV.P(数値1, 数値2, ...)
- 引数 : 数値1, 数値2, ... : 母集団に対応するセルの値、セルの範囲

不偏分散

- 不偏分散は、VAR関数またはVAR.S関数を利用します。

VAR(引数を正規母集団の標本と見なし、標本に基づいて母集団の分散の推定値 (不偏分散) を求める)

- 書式 : VAR(数値1, 数値2, ...)
- 引数 : 数値1, 数値2, ... : 母集団の標本に対応するセルの値、セルの範囲

VAR.S (引数を正規母集団の標本と見なし、標本に基づいて母集団の分散の推定値 (不偏分散) を求める)

- 書式 : VAR.S(数値1, 数値2, ...)
- 引数 : 数値1, 数値2, ... : 母集団の標本に対応するセルの値、セルの範囲

不偏標準偏差

- 不偏標準偏差は、STDEV関数またはSTDEV.S関数を利用します。

STDEV(引数を標本と見なし、標本に基づいて母集団の標準偏差の推定値を求める)

- 書式 : STDEV(数値1, 数値2, ...)
- 引数 : 数値1, 数値2, ... : 母集団に対応するセルの値、セルの範囲

STDEV.S (引数を標本と見なし、標本に基づいて母集団の標準偏差の推定値を求める)

- 書式 : STDEV.S(数値1, 数値2, ...)
- 引数 : 数値1, 数値2, ... : 母集団に対応するセルの値、セルの範囲