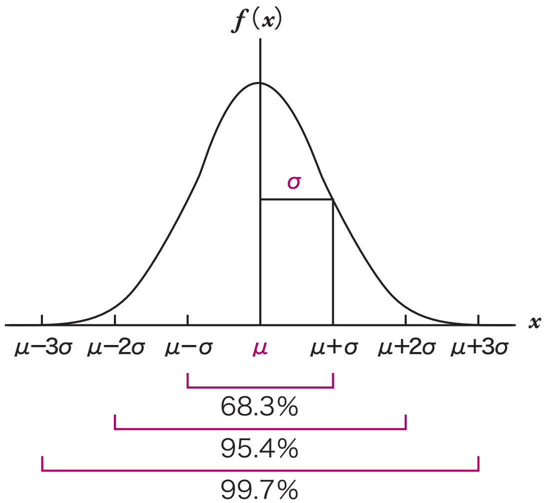
正規分布は、横軸に確率変数、縦軸に確率度数をとる、母平均＝μ、母分散＝σ^2によって定まる分布で、**$N(\mu,\ \sigma^2)$**と表します。正規分布で、変数xが$N(\mu,\ \sigma^2)$に従うとき、その**期待値**と**分散**はそれぞれ、
- 期待値$E(x)=\mu$
- 分　散$V(x)=\sigma^2$

となります。

また、正規分布においては、
- 平均 ± 1×標準偏差σの範囲に全体の約68.3%が含まれ、
- 平均 ± 2×標準偏差σの範囲に全体の約95.4%が含まれ、
- 平均 ± 3×標準偏差σの範囲に全体の約99.7%が含まれる

ということがわかっています(下図参照)。

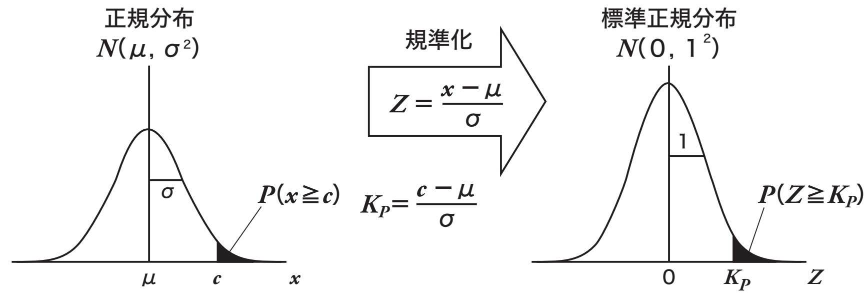


※期待値は、1回の試行で得られると期待される数値の平均値。
例：サイコロの目の平均値、宝くじの賞金の平均額

なお、

$$Z=\frac{x-\mu}{\sigma}=\frac{\text{平均との差}}{\text{標準偏差}}$$

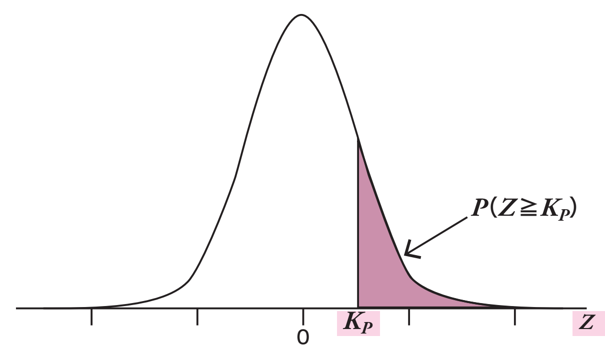
とすると、**確率変数Zは、期待値$E(Z)$(平均値)＝0、分散$V(Z)=1^2$の正規分布に従う**ことになります。このような正規分布$N(0,\ 1^2)$を**標準正規分布**といい、この変換を**規準化**または**標準化**といいます。

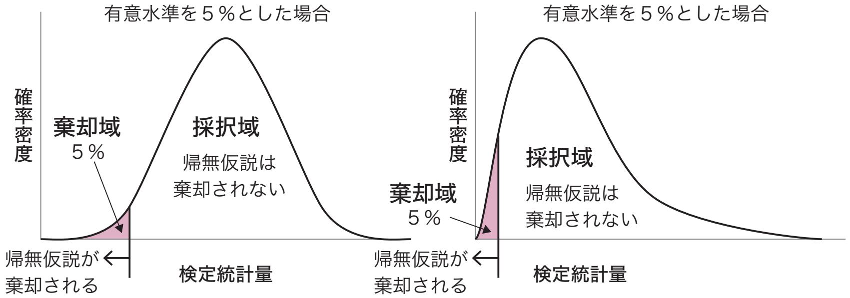


正規分布表の見方

あるデータが正規分布に従うと仮定できる場合、このデータを標準化することで**「標準正規分布表」**を用いて確率を求めることができます。

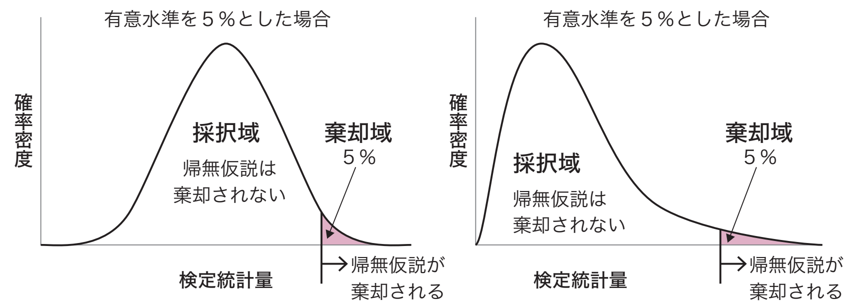
例を挙げると、以下の標準正規分布図において、表の値は(全体面積を1とした)着色部分の面積を表します。これは、**「標準正規分布に従うZがとる値がx以上となる確率$P(Z\geqq K_P)$」**を意味します。





【平均値】　　　　【ばらつき】

片側検定（左片側検定）において、**棄却域は左片側のみ**となることに留意しましょう。例えば、有意水準５％の場合、棄却域は５％となります（上の図参照）。



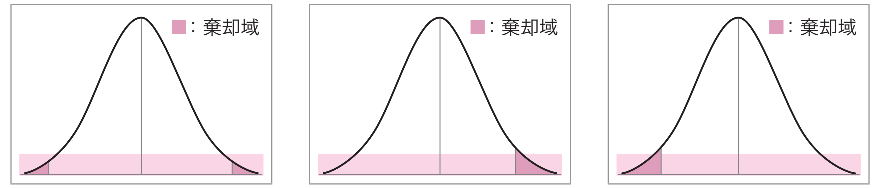
【平均値】　　　　【ばらつき】

なお、片側検定（右片側検定）において、**棄却域は右片側のみ**となります。例えば、有意水準５％の場合、棄却域は５％となります（上の図参照）。

上記の説明のまとめとして、図表４．４（平均値）および図表４．５（ばらつき）を示します。

図表4．4　平均値の両側検定・片側検定における棄却域

両側検定	片側検定	
	上側検定	下側検定

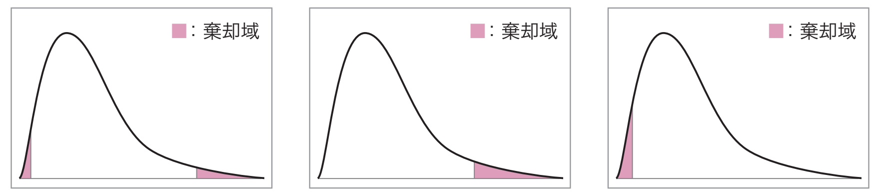


平均値（Z分布、t分布）　※上側とは「右片側」を指し、下側とは「左片側」を指す

帰無仮説H_0	$\mu = \mu_0$	$\mu = \mu_0$	$\mu = \mu_0$
対立仮説H_1	$\mu \neq \mu_0$	$\mu > \mu_0$	$\mu < \mu_0$

図表4．5　ばらつきの両側検定・片側検定における棄却域

両側検定	片側検定	
	上側検定	下側検定



ばらつき（χ^2分布、F分布）

帰無仮説H_0	$\sigma^2 = \sigma_0^2$	$\sigma^2 = \sigma_0^2$	$\sigma^2 = \sigma_0^2$
対立仮説H_1	$\sigma^2 \neq \sigma_0^2$	$\sigma^2 > \sigma_0^2$	$\sigma^2 < \sigma_0^2$

なお、統計的な判断を行う際、サンプリングしたデータの情報を知ることはできますが、**母集団そのものの情報**を知ることはできないため、**ある程度の誤りを避けることはできません。**

手順3 統計量等の計算

不適合数(欠点数) x_1、x_2から、c_1、c_2を計算する。

$\bar{c}=(x_1+x_2)/(n_1+n_2)$

$c_1=x_1/n_1$　　$c_2=x_2/n_2$

c_1、c_2はサンプルの単位当たり不適合数(欠点数)を示す。

$\bar{c}$はサンプルの単位当たりの全体の不適合数(欠点数)を示す。

統計量u_0を計算する。

$$u_0=(c_1-c_2)/\sqrt{\bar{c}\left(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}\right)}$$

手順4 検定

手順3で求めた検定統計量と確率分布表から求めた棄却限界値とを比較して判定する。

- H_1：$m_1\neq m_2$(両側検定)の場合、$|u_0|\geqq u(\alpha/2)=1.960$であれば有意となり、$H_0$：$m_1=m_2$は棄却される。すなわち$H_1$が成立する。
- H_1：$m_1>m_2$(右片側検定)の場合、$u_0\geqq u(\alpha)=1.645$ であれば有意となり、H_0：$m_1=m_2$は棄却される。すなわちH_1が成立する。
- H_1：$m_1<m_2$(左片側検定)の場合、$u_0\leqq -u(\alpha)=-1.645$であれば有意となり、$H_0$：$m_1=m_2$は棄却される。すなわち$H_1$が成立する。

手順5 推定

- 点推定　：$\widehat{m_1-m_2}=c_1-c_2=\frac{x_1}{n_1}-\frac{x_2}{n_2}$
- 区間推定：$(c_1-c_2)-u(\alpha/2)\times\sqrt{\left(\frac{c_1}{n_1}+\frac{c_2}{n_2}\right)}\leqq m_1-m_2$

$$\leqq(c_1-c_2)+u(\alpha/2)\times\sqrt{\left(\frac{c_1}{n_1}+\frac{c_2}{n_2}\right)}$$

$$(c_1-c_2)-1.960\times\sqrt{\left(\frac{c_1}{n_1}+\frac{c_2}{n_2}\right)}$$

$$\leqq m_1-m_2\leqq(c_1-c_2)+1.960\times\sqrt{\left(\frac{c_1}{n_1}+\frac{c_2}{n_2}\right)}$$

〈例〉ある企業には２つの工場(Ａ工場、Ｂ工場)がある。Ａ工場では過去１年間で10件、Ｂ工場では過去９か月で20件の災害が発生した。工場によって災害発生件数の違いがあるかどうかを検定する。

手順1 仮説の設定

- 帰無仮説H_0：$m_A=m_B$
- 対立仮説H_1：$m_A\neq m_B$（両側検定）

手順2 有意水準αの設定

$\alpha=0.05$とする。

手順3 統計量等の計算

災害発生件数x_A、x_Bから、c_A、c_B、$\bar{c}$を計算する。

$c_A=10/12\fallingdotseq$**0.83**　　$c_B=20/9\fallingdotseq$**2.22**

$\bar{c}=(x_A+x_B)/(n_A+n_B)$

$=(10+20)/(12+9)\fallingdotseq$**1.43**

※ n_A、n_Bは月数とする

統計量u_0を計算する。

$$u_0=(c_A-c_B)/\sqrt{\bar{c}\left(\frac{1}{n_A}+\frac{1}{n_B}\right)}$$

$$=(0.83-2.22)/\sqrt{1.43\left(\frac{1}{12}+\frac{1}{9}\right)}\fallingdotseq-\frac{1.39}{0.53}\fallingdotseq\mathbf{-2.62}$$

手順4 検定

$m_A\neq m_B$(両側検定)で、$|u_0|>1.960$（正規分布表参照)となるので**有意となり**、帰無仮説H_0：$m_A=m_B$は棄却され、対立仮説H_1は成立する。

手順5 推定

- 点推定　：$\widehat{m_A-m_B}=c_A-c_B=0.83-2.22=$**−1.39**
- 区間推定：$(c_A-c_B)-u(\alpha/2)\times\sqrt{\left(\frac{c_A}{n_A}+\frac{c_B}{n_B}\right)}\leqq m_A-m_B$

$$\leqq(c_A-c_B)+u(\alpha/2)\times\sqrt{\left(\frac{c_A}{n_A}+\frac{c_B}{n_B}\right)}$$

(上限)$(m_A-m_B)_U=(c_A-c_B)+1.960\times\sqrt{\left(\frac{c_A}{n_A}+\frac{c_B}{n_B}\right)}$

$$=(0.83-2.22)+1.960\times\sqrt{\frac{0.83}{12}+\frac{2.22}{9}}$$

$$\fallingdotseq-1.39+1.960\times0.56\fallingdotseq\mathbf{-0.29}$$

（下限）$(m_A-m_B)_L=(c_A-c_B)-1.960\times\sqrt{\left(\frac{c_A}{n_A}+\frac{c_B}{n_B}\right)}$

$=(0.83-2.22)-1.960\times\sqrt{\frac{0.83}{12}+\frac{2.22}{9}}$

$\fallingdotseq-1.39-1.960\times0.56\fallingdotseq-2.49$

よって、$-2.49\leqq m_A-m_B\leqq-0.29$

計数値データに基づく検定と推定

5）分割表による検定と推定

製品を適合品と不適合品に分類して、いくつかの母集団での不適合品率を比較したいときには、下のような分割表（２つ以上の変数の関係をまとめた表）を用いて検定と推定を行います。

$l\times m$分割表（例）

列＼行	B_1	……	B_m	計
A_1	x_{11}	……	x_{1m}	$T_{1.}$
：		……		
A_l	x_{l1}	……	x_{lm}	$T_{l.}$
計	$T_{.1}$	……	$T_{.m}$	$T_{..}$

手順１ 仮説の設定

- 帰無仮説H_0：母集団によって差はない（行と列は独立している）。
- 対立仮説H_1：母集団によって差はある（行と列は独立していない）。

手順２ 有意水準αの設定

通常は$\alpha=0.05$とする。

手順３ 統計量等の計算

期待度数t_{ij}を計算する。　$t_{ij}=T_{i.}\times T_{.j}/T_{..}$

統計量$\chi_0{}^2$を計算する。

$$\chi_0{}^2=\sum_{i=1}^{l}\sum_{j=1}^{m}\frac{(x_{ij}-t_{ij})^2}{t_{ij}}$$

手順４ 検定

$\chi_0{}^2\geqq\chi^2(\phi,\ \alpha)$であれば有意となり、$H_0$は棄却される。すなわち$H_1$が成立する。自由度$\phi=$（行数－１）×（列数－１）

〈例〉２台の機器A、Bで部品を製作したところ、適合品と不適合品が下表のとおり発生した。機器A、Bによって適合品と不適合品の出方に違いがあるかどうかを検討する。

	適合品	不適合品	合計
A	160	40	200
B	120	20	140
合計	280	60	340

手順１ 仮説の設定

- 帰無仮説H_0：母集団によって差はない（行と列は独立している）。
- 対立仮説H_1：母集団によって差はある（行と列は独立していない）。

手順２ 有意水準αの設定

$\alpha=0.05$とする。

手順３ 統計量等の計算

期待度数t_{ij}を計算する。　$t_{ij}=T_{i.}\times T_{.j}/T_{..}$

※期待度数とは、行要素の合計や列要素の合計の比率から逆算して期待される度数をいう

２×２分割表

	適合品	不適合品	合計
A	200×280／340 ≒165	200×60／340 ≒35	200
B	140×280／340 ≒115	140×60／340 ≒25	140
合計	280	60	340

手順3 **分散分析表の作成（平方和、自由度、平均平方、分散比の計算）**

まず、各平方和を計算します。

$S_T=\Sigma$（データの二乗）$-CT=582-512=70$

$$S_A=\Sigma\frac{(A_i\text{のデータの合計})^2}{A_i\text{のデータ数}}-CT$$

$$=\frac{38^2+26^2}{4}-512=\frac{2120}{4}-512=18$$

$$S_B=\Sigma\frac{(B_j\text{のデータの合計})^2}{B_j\text{のデータ数}}-CT$$

$$=\frac{10^2+18^2+23^2+13^2}{2}-512=\frac{1122}{2}-512=49$$

$S_e=S_T-S_A-S_B=70-18-49=3$

次に、各自由度を計算します。

$\phi_T=$総データ数$-1=8-1=7$

$\phi_A=$水準数$-1=2-1=1$

$\phi_B=$水準数$-1=4-1=3$

$\phi_e=\phi_T-\phi_A-\phi_B=7-1-3=3$

続いて、平均平方と分散比を計算します。

$V_A=S_A/\phi_A=18/1=18$

$V_B=S_B/\phi_B=49/3\fallingdotseq16.3$

$V_e=S_e/\phi_e=3/3=1$

これにより、分散比は、

$A：F_0=V_A/V_e=18/1=18$

$B：F_0=V_B/V_e=16.3/1=16.3$

よって、分散分析表は下表のとおりとなります。

要因	平方和	自由度	平均平方	分散比
因子A	18	1	18	18
因子B	49	3	16.3	16.3
誤差e	3	3	1	
合計	70	7		

手順4 **分散分析結果の判定**

手順３で得た分散比$A：F_0=18$、$B：F_0=16.3$とF表の$F(\phi_A,\ \phi_e;\alpha)=F(1,3;0.05)=10.1$、$F(\phi_B,\ \phi_e;\alpha)=F(3,3;0.05)=9.28$を比較すると、

$A：F_0=18>F(1,3;0.05)=10.1$

$B：F_0=16.3>F(3,3;0.05)=9.28$

となるので、有意な差があると判定できます。

②推定

手順1 **最適な組み合わせ条件の選定**

特性値が大きい方がよいので、データの合計表において最大値となるA_1B_3を選定します。

手順2 **点推定**

①分散分析の結果、因子Aは有意となったので、各水準の母平均μを信頼度95％で推定します。母平均＝各水準の平均値であることから、

A_1水準の母平均$=38/4=9.5$　　A_2水準の母平均$=26/4=6.5$

B_1水準の母平均$=10/2=5$　　B_2水準の母平均$=18/2=9$

B_3水準の母平均$=23/2=11.5$　　B_4水準の母平均$=13/2=6.5$

手順3 **区間推定**

各水準の母平均μの信頼区間幅を信頼度95％で表すと以下の式となります。

$$\widehat{\mu_{Ai}}-t(\phi_e,0.05)\sqrt{\frac{V_e}{n_i}}<\mu_{Ai}<\widehat{\mu_{Ai}}+t(\phi_e,0.05)\sqrt{\frac{V_e}{n_i}}$$

$$\widehat{\mu_{Bj}}-t(\phi_e,0.05)\sqrt{\frac{V_e}{n_j}}<\mu_{Bj}<\widehat{\mu_{Bj}}+t(\phi_e,0.05)\sqrt{\frac{V_e}{n_j}}$$

（$\widehat{\mu_{Ai}}$、$\widehat{\mu_{Bj}}$は点推定を示す。n_i、n_j：各水準の繰り返し数）

Aの場合、$(\phi_e,0.05)\sqrt{V_e/n_i}$において、①分散分析の手順３で得た、$\phi_e=3$、$V_e=1$、$n_i=4$を代入すると、

$t(3,0.05)\sqrt{\frac{1}{4}}\fallingdotseq3.182\times0.5\fallingdotseq1.591$　となる。

Bの場合、$(\phi_e,0.05)\sqrt{V_e/n_j}$において、①分散分析の手順３で得た、$\phi_e=3$、$V_e=1$、$n_j=2$を代入すると、

$t(3,0.05)\sqrt{\frac{1}{2}}=3.182\times0.707=2.107$　となる。

- A_1水準の母平均の区間推定

$9.5-1.591<\mu_{A_1}<9.5+1.591$　　$7.909<\mu_{A_1}<11.091$

- A_2水準の母平均の区間推定

$6.5-1.591<\mu_{A_2}<6.5+1.591$　　$4.909<\mu_{A_2}<8.091$

- B_1水準の母平均の区間推定

$5-2.170<\mu_{B_1}<5+2.170$　　$2.830<\mu_{B_1}<7.170$

- B_2水準の母平均の区間推定

$9-2.170<\mu_{B_2}<9+2.170$　　$6.830<\mu_{B_2}<11.170$

- B_3水準の母平均の区間推定

$11.5-2.170<\mu_{B_3}<11.5+2.170$　　$9.330<\mu_{B_3}<13.670$

- B_4水準の母平均の区間推定

$6.5-2.170<\mu_{B_4}<6.5+2.170$　　$4.330<\mu_{B_4}<8.670$

手順4 最適条件での母平均の推定

　母平均μの点推定を以下の式から求めます。$\widehat{\mu_{A_1B_3}}=A_1$水準の平均値$+B_3$水準の平均値－総平均値$=9.5+11.5-8=13.0$

　母平均μの区間推定(信頼度95%)

　母平均の区間推定$\widehat{\mu_{A_1B_3}}$を以下の式から求めます。

$\widehat{\mu_{A_1B_3}}-t(\phi_e,0.05)\sqrt{V_e/n_e}\leqq\mu_{A_1B_3}\leqq\widehat{\mu_{A_1B_3}}+t(\phi_e,0.05)\sqrt{V_e/n_e}$

n_eは「有効反復係数」で、次の式で求められます。

　有効反復係数$n_e=ab/(1+\phi_A+\phi_B)$(田口の公式)

　(a：Aの水準数、b：Bの水準数)

(有効反復係数と田口の公式についてはP.142参照)

n_eを計算すると、$n_e=ab/(1+\phi_A+\phi_B)=2\times4/(1+1+3)=1.6$

$t(\phi e,0.05)\sqrt{V_e/n_e}$を計算します。$t(\phi e,0.05)\sqrt{V_e/n_e}=t(3,0.05)\times\sqrt{1/1.6}\fallingdotseq3.182\times0.791\fallingdotseq2.52$　　$13.0-2.52\leqq\mu_{A_1B_3}\leqq13.0+2.52$

$10.48\leqq\mu_{A_1B_3}\leqq15.52$

6）二元配置実験(繰り返しあり)

　2つの因子A、Bについて、それぞれa個の水準、b個の水準を選び、全部で$a\times b$個の組み合わせの実験をランダムに繰り返して行います。

　水準数$a=4$、$b=3$、繰り返し数2回とすると、A_iの第i水準、B_jの第j水準を組み合わせた水準の下で行った実験のデータx_{ijk}は、次の構造式で観測されると考え、データ表は以下のとおりとなります。

　データ＝総平均　＋処理の効果　＋交互作用　＋誤差

　$x_{ijk}\ =\ \mu\ +\alpha_i+\beta_j\ +(\alpha\beta)_{ij}\ +\varepsilon_{ijk}$

　繰り返しのある場合は、要因A、Bの主効果だけでなく、交互作用も調べることができます。

データ表

	B_1	B_2	B_3
A_1	x_{111}	x_{211}	x_{311}
	x_{112}	x_{212}	x_{312}
A_2	x_{121}	x_{221}	x_{321}
	x_{122}	x_{222}	x_{322}
A_3	x_{131}	x_{231}	x_{331}
	x_{132}	x_{232}	x_{332}
A_4	x_{141}	x_{241}	x_{341}
	x_{142}	x_{242}	x_{342}

要因	平方和S	自由度ϕ	平均平方V	分散比F_0
因子A	$S_A=\Sigma\frac{(A_i\text{のデータの合計})^2}{A_i\text{のデータ数}}-CT$	ϕ_A＝水準数－1	$V_A=\frac{S_A}{\phi_A}$	$F_0=\frac{V_A}{V_e}$
因子B	$S_B=\Sigma\frac{(B_j\text{のデータの合計})^2}{B_j\text{のデータ数}}-CT$	ϕ_B＝水準数－1	$V_B=\frac{S_B}{\phi_B}$	$F_0=\frac{V_B}{V_e}$
交互作用 $A\times B$	$S_{A\times B}=S_{AB}-S_A-S_B$ $S_{AB}=\Sigma\frac{(AB\text{二元表の各数値})^2}{\text{繰り返し数}}-CT$	$\phi_{A\times B}=\phi_A\times\phi_B$	$V_{A\times B}=\frac{S_{A\times B}}{\phi_{A\times B}}$	$F_0=\frac{V_{A\times B}}{V_e}$
誤差e	$S_e=S_T-S_A-S_B-S_{A\times B}$	$\phi_e=\phi_T-\phi_A-\phi_B-\phi_{A\times B}$	$V_e=\frac{S_e}{\phi_e}$	
合計	$S_T=\Sigma$(データの二乗)$-CT$	ϕ_T＝総データ数－1		

変動の分解

総変動(総平方和)	因子Aによる変動	A因子の級間平方和S_A
	因子Bによる変動	B因子の級間平方和S_B
	交互作用$A\times B$による変動	交互作用$A\times B$の平方和$S_{A\times B}$
	級内変動	誤差平方和Se

有効反復係数 $n_e = \dfrac{abn}{1+\phi_A+\phi_B+\phi_{A\times B}}$ （田口の公式）

（a：Aの水準数、b：Bの水準数、n：繰り返し数）

で表されます。

$t(\phi_e, 0.05)\sqrt{V_e/n}$ を計算します。

$$t(\phi_e, 0.05)\sqrt{\frac{V_e}{n}} = t(12, 0.05)\sqrt{\frac{0.63}{2}} ≒ 2.179\times 0.561 ≒ 1.22$$

$11.5-1.22 < \mu_{A3B2} < 11.5+1.22$

$10.28 < \mu_{A3B2} < 12.72$

有効反復係数 n_eと田口の公式、伊奈の公式

有効反復係数n_eとは、点推定量が何個分のデータから計算されたものと等価であるかを示すものです。有効反復係数n_eを計算する主な公式として、田口の公式と伊奈の公式があります。

田口の公式：$n_e = \dfrac{\text{全データ数}}{1+(\text{推定に用いる要因の自由度の和})}$

（二元配置分析では）$= \dfrac{abn}{1+\phi_A+\phi_B+\phi_{A\times B}}$

（a：Aの水準数、b：Bの水準数、n：繰り返し数）

伊奈の公式：$\dfrac{1}{n_e}$ ＝点推定の式に用いられている係数の和＝$\dfrac{1}{a}+\dfrac{1}{b}-\dfrac{1}{ab}$

練習問題　赤シートで正解を隠して設問に答えてください（解説はP.145から）。

【問１】 ３つの工場を選定し、ある品質特性における繰り返し３回の一元配置実験を行ったところ、以下の統計量が得られた。この統計量をもとに下表の分散分析表を作成することになった。[　　]に入る数値を答えよ。ただし、（９）についてはもっとも適切なものを下の選択肢からひとつ選べ。

個々のデータの合計値 $\Sigma\Sigma x_{ij}=250$

個々のデータの二乗の合計値 $\Sigma\Sigma x_{ij}^2=7500$

分散分析表

要因	平方和S	自由度ϕ	平均平方V	分散比F_0
因子A	（１）	（３）	（６）	（８）
誤差E	100	（４）	（７）	－
計	（２）	（５）	－	－

以上より、因子Aは[（９）]といえる。

〈（１）～（８）の選択肢〉

ア. 556　イ. 456　ウ. 228　エ. 16.7　オ. 13.65

カ. 8　キ. 6　ク. 2

〈（９）の選択肢〉

ア. 有意な差がある　イ. 有意な差がない

正解　（１）イ　（２）ア　（３）ク　（４）キ　（５）カ

（６）ウ　（７）エ　（８）オ　（９）ア

【問２】 次の①②に答えよ。

①データの構造式において、Ａ群とＢ群を正しく組み合わせよ。

Ａ群：

ア. 一元配置法

イ. 二元配置法（繰り返しなし）

ウ. 二元配置法（繰り返しあり）

Ｂ群：

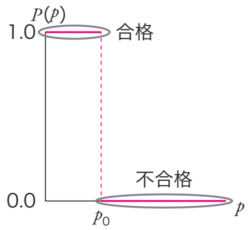
エ. $x_{ij} = \mu+\alpha_i+\varepsilon_{ij}$

オ. $x_{ijk} = \mu+\alpha_i+\beta_j+(\alpha\beta)_{ij}+\varepsilon_{ijk}$

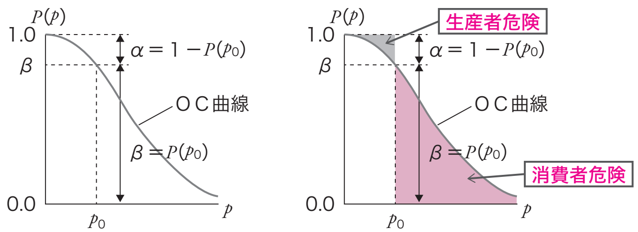
カ. $x_{ijk} = \mu+\alpha_i+\beta_j+\varepsilon_{ij}$

※ΣΣの計算方法を紹介する。$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}x_{ij}=x_{11}+x_{12}+\cdots+x_{1m}+x_{21}+x_{22}+\cdots+x_{2m}+\cdots+x_{n1}+x_{n2}+\cdots+x_{nm}$　まずは$i=1$として、jを１からmまで動かしてx_{1j}を足し合わせる。すなわち、Σx_{1j}を求める。続いて、この操作を$i=2, 3, \cdots, m$まで同様に繰り返して、すべてを足し合わせる

図表7.4　全数検査のＯＣ曲線の例



図表7.5　抜取検査のＯＣ曲線の例



図表７.５(右図)において、生産者危険と消費者危険の領域が生じます。

図中の α（＝１－P(p_0))は不良品率が低いのに(p_0以下)、検査合格率が100％以下(１－α)となってしまいます。**αが大きいと生産者にとって不利な状況**となりますので、**生産者危険**または**第１種の誤り**(あわてものの誤り)といいます。

一方、図中の β（＝P(p_0))は不良品率が高いのに(p_0以上)、検査合格率が０％以上(β)となってしまいます。**βが大きいと消費者にとって不利・危険な状況**となりますので、**消費者危険**または**第２種の誤り**(ぼんやりものの誤り)といいます。

なお、ＯＣ曲線の主な特徴としては、以下の２点です。

- サンプルサイズ(n)が一定の場合、合格判定個数(c)が大きくなるほど曲線の傾きは緩やかになり、合格判定個数(c)が小さくなるほど曲線の傾きは急になる(次ページ図表７.６の左図参照)。
- 合格判定個数(c)が一定の場合、サンプルサイズ(n)が大きくなるほど曲線の傾きは急になり、サンプルサイズ(n)が小さくなるほど曲線の傾きは緩やかになる(図表７.６の右図参照)。

図表7.6　ＯＣ曲線の主な特徴

3　計数規準型抜取検査

計数規準型抜取検査(JIS Z9002-1956)とは、生産者および消費者の要求する検査特性を持つように設計した抜取検査で、**ロットごとの合格・不合格を一回に抜き取った試料中の不良品の個数によって判定する**ものです。製品がロットとして処理できることが必要で、合格ロット中にもある程度の不良品の混入は避けられません。

検査の手順は、以下のとおりです。

手順1　品質基準の決定

- 検査単位について適合品と不適合品とに分けるための基準を明確に定める。

手順2　p_0、p_1の値の指定

- p_0：なるべく合格させたいロットの不良率の上限
- p_1：なるべく不合格としたいロットの不良率の下限
- このp_0とp_1を指定する。通常は、p_0とp_1の値は生産能力・経済的事情・品質に対する必要な要求または検査にかかる費用・労力・時間など各取引きの実情を考え合わせて指定する。抜取検査では、必ずp_0＜p_1でなければならない。

手順3　ロットの形成

- 同一条件で生産されたロットをなるべくそのまま検査ロットに選ぶ。ロットがはなはだしく大きい場合は、小ロットに区切って検査ロットとしてもよい。

$$価値(Value)=\frac{機能(Function)}{コスト(Cost)}$$

価値(Value)が向上するパターンは４つあります(下表参照)。

図表17.３　価値向上の４パターン

パターン	機能向上	原価低減	拡大成長	革新製品
機能(Function)	↑	→	↑↑	↑
コスト(Cost)	→	↓	↑	↓

〈凡例〉↑：上昇、→：現状維持、↓：減少

また、価値の向上は以下の手順で進められます。**「１．機能定義→２．機能評価→３．代替案作成」**の手順を、**ＶＥ基本３ステップ**といいます。１．で機能を定義し、２．でその機能のコストと価値を評価し、３．で代替案を作成・具体化し、そのコストや機能を評価します。**①ＶＥ対象の情報収集～⑩詳細評価**を**ＶＥ詳細10ステップ**といいます。

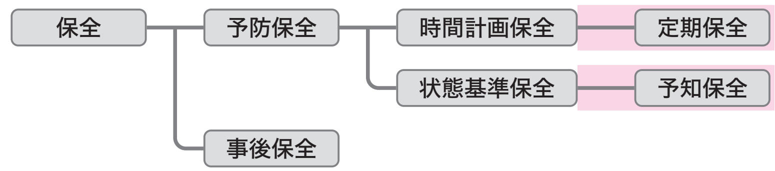
図表17.４　価値向上の手順

１．機能定義	２．機能評価	３．代替案作成
①ＶＥ対象の情報収集	④機能別コスト分析	⑦アイデア発想
②機能の定義	⑤機能の評価	⑧概略評価
③機能の整理	⑥対象分野の選定	⑨具体化
		⑩詳細評価

ＩＥは作業のムダ排除、ＶＥは製品のコストダウン等を行うことができ、ＱＣとともに、日本のものづくりを支えてきた管理技術といえます。

3　設備管理、資材管理、生産における物流・量管理

図表17.５　保全活動の体系図



設備管理とは、**企業が所有する設備のライフサイクル管理**(計画・設計・製作・保全・更新等)のことです。

保全においては、**維持活動**と**改善活動**に大きく区分されます(下表参照)。また、予防保全は時間計画保全と状態基準保全に分けられ、さらに、時間計画保全は**定期保全**などに、状態基準保全は**予知保全**などに分けられます。

図表17.６　設備管理の維持活動と改善活動

	種　類		概　要
維持活動	予防保全		故障に至る前に設備寿命を推定して、故障を未然に防止する保全活動。
		定期保全	従来の故障記録等を基に周期を定め、周期ごとに行う、時間軸を基準とした保全活動。
		予知保全	設備の劣化傾向を診断管理し、故障に至る前の最適な時期に最善の対策を行う保全活動。
	事後保全		設備に故障が発生した時点で補修する保全活動。
改善活動	改良保全		故障の発生確率の低減、もしくは性能向上を図る保全活動。
	保全予防		過去の保全実績などを踏まえ、計画・設計段階から故障の予知・予測を行い、故障を排除する対策を行う保全活動。

【問３】 統計的方法の基礎

確率分布に関する次の文章において、 内に入るもっとも適切なものを下のそれぞれの選択肢からひとつ選び、その記号を解答欄にマークせよ。ただし、各選択肢を複数回用いてもよい。

①正規分布は、その分布の (1) と (2) で決まることから、$N($ (1) , (2) $^2)$で表される。

正規分布の確率を計算するために、まず得られたデータを (3) 化し、 (3) 正規分布$N($ (4) , (5) $^2)$とする。 (3) 化とは、確率変数xから (6) を引いて、 (7) で割ることである。

【(1)～(7)の選択肢】

ア．平均値$\bar{x}$　イ．中央値$\tilde{x}$　ウ．平方和S　エ．標準偏差σ
オ．分散V　カ．標準　キ．単純　ク．0　ケ．1
コ．2　サ．10　シ．母集団　ス．母平均μ

②２つの確率変数X、Y（X、Yは互いに無相関）の期待値を$E(X)$、$E(Y)$とし、a、bを定数とすると、

$E(X+aY)=$ (8)

$E(aX+Y+b)=$ (9)

が成立する。

また、$E(X)=\mu$とし、Xの分散を$V(X)$とすると、

$V(X)=E\{($ (10) $)^2\}=$ (11) と展開される。

さらに、

$V(X+aY)=$ (12)

$V(aX+Y+b)=$ (13)

が成立する。

【(8)～(13)の選択肢】

ア．$aE(Y)$　イ．$E(X)$　ウ．$E(X)+aE(Y)$
エ．$aE(X)+E(Y)$　オ．$aE(X)+E(Y)+b$
カ．$X+\mu$　キ．$X-\mu$　ク．$E(X^2)+\mu^2$
ケ．$E(X^2)-\mu^2$　コ．$E(X^2)$　サ．$V(X)+aV(Y)$
シ．$V(X)+a^2V(Y)$　ス．$aV(X)+V(Y)+b$
セ．$a^2V(X)+V(Y)$　ソ．$a^2V(X)+V(Y)+b$

【問４】 計量値データに基づく検定と推定

検定に関する次の文章において、 内に入るもっとも適切なものを下のそれぞれの選択肢からひとつ選び、その記号を解答欄にマークせよ。ただし、各選択肢を複数回用いることはない。なお、解答にあたって必要であれば巻末の付表を用いよ。

あるプレキャストコンクリート製品Aを製造している工場がある。製品Aの圧縮強度の従来の母平均は$\mu_0=25$(kN/㎡)である。最近、新たな材料を用いて製造を行い、強度測定を行ったところ、サンプルサイズ$n=20$において、平均値$\bar{x}=29$、標準偏差$s=10$であった。新しい材料を用いて得られた圧縮強度の母平均が従来の母平均$\mu_0=25$を上回っているかどうか検定を行うことになった。

手順１：仮説を立てる。

一つ目の仮説は (1) といい、H_0：μ (2) μ_0　($\mu_0=25$)

二つ目の仮説は (3) といい、H_1：μ (4) μ_0

とする。

【(1)～(4)の選択肢】

ア．対立仮説　イ．帰無仮説　ウ．＜　エ．＞　オ．＝　カ．≠

手順２：有意水準の決定

有意水準$\alpha=0.05$とする。H_0が正しくないのに正しいと判断してしまう誤りを (5) または (6) という。一方、H_0が正しいのに正しくないと判断してしまう誤りを (7) または (8) という。

【(5)～(8)の選択肢】

ア．第１種の誤り　イ．第２種の誤り　ウ．ぼんやりものの誤り
エ．あわてものの誤り　オ．うっかりものの誤り

手順３：検定統計量の計算

検定統計量を求める計算式は$t_0=$ (9) である。これを用いて計算すると、$t_0=$ (10) となる。

④マトリックス図法は、問題としている事象の中から、**対となる要素**を見つけ出して、**行と列**に配置する手法である。あてはまるのは(**ア**)(**ク**)。

【問３】（統計的方法の基礎）

【正解】

(１)**ス**　(２)**エ**　(３)**カ**　(４)**ク**　(５)**ケ**
(６)**ス**　(７)**エ**　(８)**ウ**　(９)**オ**　(10)**キ**
(11)**ケ**　(12)**シ**　(13)**セ**

【解説】

①正規分布とは、横軸に確率変数、縦軸に確率度数をとるときに、平均値を中心に左右対称な釣鐘状になる分布のことで、**ス．母平均μ**とばらつき(**エ．標準偏差**)で分布の形状が定まる。確率の計算をするために、データの**カ．標準**化(平均値＝**ク．０**、標準偏差＝**ケ．1^2**)を行う。

②期待値と分散の加法性に関する問題である。

２つの確率変数X、Yの期待値を$E(X)$、$E(Y)$とし、a、bを定数とすると、

$E(X+aY)$＝**ウ．$E(X)+aE(Y)$**、

$E(aX+Y+b)$＝**オ．$aE(X)+E(Y)+b$**

が成立する。

$V(X)=E\{($**キ．$X-\mu$**$)^2\}$において、$(X-\mu)^2$を展開する。

$(X-\mu)^2=X^2-2\mu X+\mu^2$となる。

$V(X)=E\{(X-\mu)^2\}=E(X^2-2\mu X+\mu^2)$

$=E(X^2)-2\mu E(X)+E(\mu^2)=E(X^2)-2\mu E(X)+\mu^2$　　※μ^2は定数

ここで、$E(X)=\mu$であることから、$E(X)$をμに置き換えると、

$E(X^2)-2\mu E(X)+\mu^2=E(X^2)-2\mu^2+\mu^2$＝**ケ．$E(X^2)-\mu^2$**

となる。さらに、

$V(X+aY)$＝**シ．$V(X)+a^2V(Y)$**、

$V(aX+Y+b)$＝**セ．$a^2V(X)+V(Y)$**

が成立する。

【問４】（計量値データに基づく検定と推定）

【正解】

(１)**イ**　(２)**オ**　(３)**ア**　(４)**エ**　(５)**イ**
(６)**ウ**　(７)**ア**　(８)**エ**　(９)**ア**　(10)**ク**
(11)**イ**　(12)**カ**　(13)**キ**　(14)**ケ**

※(５)(６)、(７)(８)はそれぞれ逆でも可。

【解説】

イ．帰無仮説(H_0)とは、改善の前後で有意な**変化はない**という仮説である。つまり、改善の前後で平均値は変わらないということで、μ**オ．＝**μ_0となる。

ア．対立仮説(H_1)とは、改善の前後で有意な**変化がある**という仮説である。この場合、問題文に「母平均が従来の母平均を上回っているかどうか」とあるので、μ**エ．＞**μ_0となる。

H_0が正しくないのに正しいと判断してしまう誤りを**イ．第２種の誤り**または**ウ．ぼんやりものの誤り**という。H_0が正しいのに正しくないと判断してしまう誤りを**ア．第１種の誤り**または**エ．あわてものの誤り**という。

手順３において、検定統計量を求める計算式については記憶しておく必要がある。

t_0＝**ア．$\dfrac{\bar{x}-\mu_0}{\sqrt{s^2/n}}$**$=\dfrac{29.0-25.0}{\sqrt{10^2/20}}=\dfrac{4.00}{\sqrt{5}}\fallingdotseq$**ク．1.79**　　※$s^2=V$

手順４において、巻末の付表２(t表)より、$\phi=20-1=19$、$P=0.10$(有意水準５％だが、片側検定のため、0.10となる)の交点にある数値(**イ．1.729**)を得る。t_0**カ．＞**$t(\phi,\ P)$となり、H_0は**キ．棄却される**。よって、新しい材料により圧縮強度の母平均は従来に比べて**ケ．上回っている**といえる。

【問５】（計数値データに基づく検定と推定）

【正解】

(１)**イ**　(２)**エ**　(３)**ケ**　(４)**キ**　(５)**ウ**
(６)**オ**　(７)**イ**　(８)**エ**　(９)**コ**

【解説】

(１)について、帰無仮説と対立仮説の定義を理解しておくことが重要。