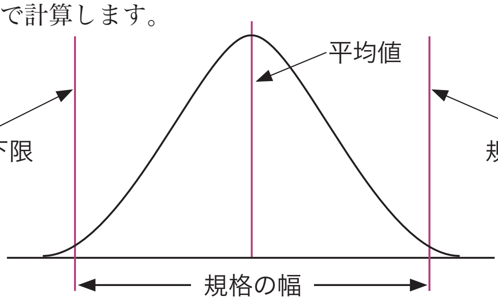
6 工程能力指数

工程能力とは、定められた規格の限度内で、製品を生産できる能力のことです。その評価を行う指標のことを**工程能力指数**といい、一般にCp の記号で表します。これは Process Capability の頭文字を組み合わせたものです。Cp の値は以下の式で計算します。



(1)両側規格の場合

$$\mathrm{Cp} = \frac{\textbf{規格}\text{の上限}-\textbf{規格}\text{の下限}}{6\times\text{標準偏差}}$$

ここでは、**平均値**を規格の中央にコントロールできないような場合、Cpだけでなく偏りを考慮した**Cpk**を併用します。

Cpkは下記の**片側規格**を用いて、それぞれのCpを求め、小さい値を選択します。

なお、**平均値**に近い方の**規格値**を用いて**片側規格**のCpを求めても同じ値となります。

(2)片側規格の場合

①上限の規格の場合 $\mathrm{Cpk} = \dfrac{\text{上限}-\text{平均値}}{3\times\text{標準偏差}}$

②下限の規格の場合 $\mathrm{Cpk} = \dfrac{\text{平均値}-\text{下限}}{3\times\text{標準偏差}}$

[例] 上限規格値52、下限規格値20、平均値50、標準偏差３のとき、①工程能力指数Cpと②偏りを考慮した工程能力指数Cpkを求めよ。

(3)ポアソン分布

ポアソン分布は、まれにしか起こらない現象の出現度数分布にあてはまるといわれています。

母平均μが与えられたときに事象がx**回出現する確率**を表すポアソン分布の一般式は、次の通りです。

$$P(x)=\frac{\mu^{x}e^{-\mu}}{x!}$$

※μ：母平均　　x：0、1、2、3、…　　e：自然対数の底(2.718…)

[例] ドア1枚当たりのキズの数の一定単位中に現れる欠点数の確率がポアソン分布に従うとき、キズの平均＝3個である場合に、キズが1つもない確率とキズが1つある確率を求めると(ただし、e^{-3}＝0.0498とする)、

キズが1つもない確率は、μ＝3、x＝0　の場合。よって、

$$P(0)=e^{-3}$$
$$=0.0498$$

キズが1つある確率は、μ＝3、x＝1　の場合。よって、

$$P(1)=3\times e^{-3}$$
$$=\mathbf{0.1494}$$

3 期待値／分散の基本性質

期待値／分散の基本性質には、次の4つがあげられます。

❶確率変数の各値に定数aを加えると、その期待値Eは**aだけ増す**が、分散Vは**変わらない**。

$$E(x+a)=E(x)+a$$
$$V(x+a)=V(x)$$

❷確率変数の各値に定数cを掛けると、その期待値Eは**元のc倍**となるが、分散は**c^2倍**となる。

$$E(cx)=c\times E(x)$$
$$V(cx)=c^2\times V(x)$$

［問６］ 100人の点数の平均が60点，標準偏差が10点であった。このとき，次の①と②の答えを下の選択肢からひとつずつ選べ。ただし，点数の分布は正規分布に従っているものとする。

①75点以上の人はほぼ何人いるか。

②70点未満は何人いるか。

【選択肢】

ア．7　**イ**．8　**ウ**．9　**エ**．80　**オ**．84　**カ**．87

正解　①ア　②オ

［問７］ 確率変数ＸとＹが正規分布に従うものとする。次の式について，成り立つ場合には○，そうでないものには×を記せ。

確率変数ＸとＹが独立の場合

①Ｅ（Ｘ－Ｙ）＝Ｅ（Ｘ）－Ｅ（Ｙ）

②Ｖ（Ｘ＋Ｙ）＝Ｖ（Ｘ）＋Ｖ（Ｙ）

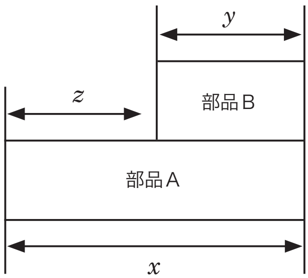
確率変数ＸとＹが独立でない場合

③Ｅ（Ｘ－Ｙ）＝Ｅ（Ｘ）－Ｅ（Ｙ）

④Ｖ（Ｘ＋Ｙ）＝Ｖ（Ｘ）＋Ｖ（Ｙ）

正解　①○　②○　③○　④×

［問８］ 部品Ａと部品Ｂを組み立てて製品化している。この製品の品質特性は寸法 z である。寸法 x は平均10㎜，標準偏差0.3㎜，寸法 y は平均３㎜，標準偏差0.4㎜の互いに独立した正規分布をしているとき，寸法 z の平均値と標準偏差を求めよ。



正解　平均値７，標準偏差0.5

解　説

【問１】それぞれ，巻末の付表から読み取る。

①正規分布表（II）ＰからKpを求める表より，Ｐ＝0.025

②正規分布表（II）ＰからKpを求める表より，Ｋp＝1.645

③ｔ表より，ｔ（8, 0.05）＝2.306　④ｔ表より，α＝0.01

合計時間の平均E (x ＋ x)＝E (x)＋E (x)＝50＋50＝**100**

合計時間の分散V (x ＋ x)＝V (x)＋V (x)＝１＋１＝**2**

③補助器具を用いると，製品Ｂの製造時間は0.5倍になるということは，下図のように部品にあてはめると, 部品が$\frac{1}{2}$になるということなので,

部品Ｂ	→	部品Ｂ

変更後の平均＝E ($\frac{1}{2}$ ×20)＝$\frac{1}{2}$×20＝**10**

変更後の分散＝V ($\frac{1}{2}$ × 4)＝$\frac{1}{4}$ × 4 ＝**1**

【問６】

①75点以上は，標準化すると，Ｚ＝$\frac{75-60}{10}$＝1.5　となる。

正規分布表より，Ｋp＝1.5　→　Ｐ＝0.066807

よって, 100人の約6.7%だから約**６～７**人となるので，正解は**ア**。

②70点以上の人を求めると，標準化すると，Ｚ＝$\frac{70-60}{10}$＝1.0

Ｋp＝1.0→Ｐ＝0.15866　となり, 70点未満の人は，１－0.15866＝0.84134　　となる。よって, 100人の約84%だから**84**人となるので, 正解は**オ**となる。

【問７】

２つの確率変数の「差」の期待値は，おのおのの確率変数の期待値の「差」に等しくなることから，①＝**○**，③＝**○**となる。

２つの確率変数Ｘ，Ｙに対して，その和の分散は，ＸとＹが独立であるときのみ「分散の加法性」が成り立つ。よって，②＝**○**，④＝**×**となる。

【問８】

平均値E (z)＝E (x)－E (y)＝10－３＝**7**

分散V (z)＝V (x)＋V (y)

＝ x の標準偏差^2＋ y の標準偏差^2

＝0.3×0.3＋0.4×0.4＝0.25

標準偏差＝$\sqrt{分散}$＝**0.5**

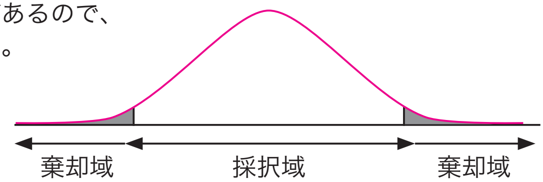
4 両側検定と片側検定

検定に用いる統計量の値が、ある決められた両側の区間外の値になるときに、帰無仮説を棄却するような検定を**両側検定**といいます。

$H_0 : \mu = \mu_0$に対して$H_1 : \mu \neq \mu_0$ なら、棄却域は両側となります。

図3．3　両側検定

両側に棄却域があるので、
両側検定という。



また、$\bar{x}$の値が下記の場合には、帰無仮説H_0を棄却する根拠が乏しいので、H_0を棄却しないと判定します。

$29.63 < \bar{x} < 30.37$

この棄却しない領域を**採択域**といいます。

なお、対立仮説を$\mu > 30.0(\mu_0)$とした場合には、下図に示すように、棄却域を右側にとります。このように検定に用いる統計量の値がある値より大きい(または小さい)値をとるとき、帰無仮説を棄却するような検定を**片側検定**といいます。

$H_0 : \mu = \mu_0$に対して $H_1 : \mu > \mu_0$なら、棄却域は**右**側となります。

$H_0 : \mu = \mu_0$に対して $H_1 : \mu < \mu_0$なら、棄却域は**左**側となります。

図3．4　片側(右側)検定

棄却域は右側のみ。

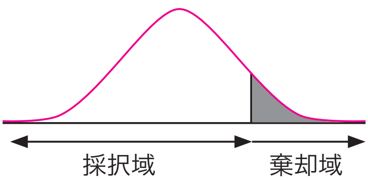
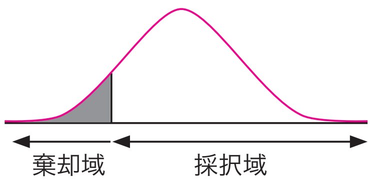


図3．5　片側(左側)検定

棄却域は左側のみ。



[例３]平均値が大きくなったかどうかについての検定
〜母集団の分散が未知の場合

母平均値：μ_0＝9.4の母集団からデータ数：n＝９のサンプルを抜き取った結果、標本平均値：$\bar{x}$＝11.0、不偏分散：V＝6.25であった。このとき、平均値が大きくなったかどうかの検定の手順は次のようになる。

手順１　仮説の設定

帰無仮説　H_0：$\mu=\mu_0(\mu_0=9.4)$

対立仮説　H_1：$\mu>\mu_0$

手順２　有意水準の設定

α：**第１種の誤り**を５％とする。

手順３　検定統計量の決定

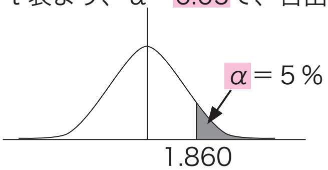
母集団の分散が**未知**であるので、

$$\text{検定統計量}\quad t=\frac{\text{標本平均値}-\text{母平均値}}{\dfrac{\sqrt{\text{不偏分散}}}{\sqrt{\text{標本数}}}}$$

手順４　棄却域の設定

$\mu>\mu_0$　→　ｔ表の**片側（右側）**検定

ｔ表より、α＝0.05で、自由度８の値は、1.860となる。



棄却限界値ｔ（８；0.10）＝1.860

（ｔ表は**両側**確率で表示されているので注意が必要）

手順５　検定統計値の計算

$$\text{検定統計値}\quad t_0=\frac{11.0-9.4}{\dfrac{\sqrt{6.25}}{\sqrt{9}}}=\frac{1.6}{\dfrac{\sqrt{2.5^2}}{3}}=\frac{4.8}{2.5}=1.92$$

手順６　判定

ｔ表の棄却域の限界値と検定統計値と比較すると、

統計値 t_0＝1.92＞棄却限界値＝1.860　となるので、よって、

この検定結果は**有意**となり、**平均値が大きくなった**と判定する。

[例] 2つの母分散の違いについての検定

2台の機械A、Bで生産される製品のばらつきσ_A、σ_Bが異なるかどうかを検定するとき、次のような手順で行う。

表3．2　データ表

	A機	B機
データ数	$n_A = 11$	$n_B = 10$
平方和	$S_A = 270$	$S_B = 261$

手順1　仮説の設定

帰無仮説　H_0：母分散は等しい　$\sigma_A^2 = \sigma_B^2$

対立仮説　H_1：母分散は等しくない　$\sigma_A^2 \neq \sigma_B^2$

手順2　有意水準の設定

α：**第1種の誤り**を5％とする。

手順3　検定統計量の決定

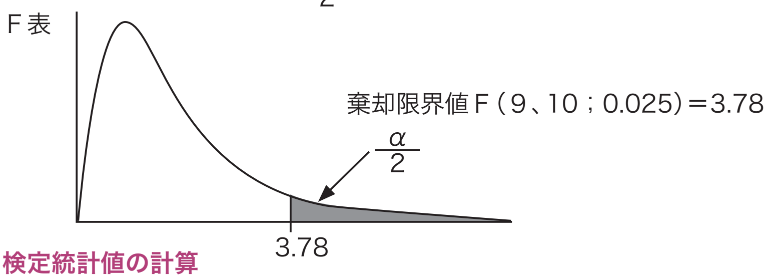
検定統計量　$F = \dfrac{V_B}{V_A}$　とおくと（Vは不偏分散）、

Fは自由度$\phi_1 = n_B - 1$、$\phi_2 = n_A - 1$のF分布をする。

手順4　棄却域の設定

$\sigma_A^2 \neq \sigma_B^2$なので、**両側**検定を使う。

$\alpha = 0.05$は、**両側**検定では$\dfrac{\alpha}{2} = 0.025$。F表②より値を求める。



手順5　検定統計値の計算

Fの検定統計値を計算する。$F_0 = \dfrac{V_B}{V_A} = \dfrac{29}{27} = 1.074$

＊F_0は1より大きくなるように、V_A、V_Bのうちの大きい方を分子にとる。

A機：母分散＝$V_A = \dfrac{270}{10} = 27$　B機：母分散＝$V_B = \dfrac{261}{9} = 29$

手順５　検定統計値Z_0の計算

手順６　判定

検定統計値≧棄却限界値　　対立仮説を採択
検定統計値＜棄却限界値　　帰無仮説を採択

手順７　母不適合品率の推定

点推定　$\hat{P}_A - \hat{P}_B = p_A - p_B$

信頼率95％の区間推定

$$p_A - p_B \pm Z\left(\frac{\alpha}{2}\right)\sqrt{\frac{p_A(1-p_A)}{n_A}+\frac{p_B(1-p_B)}{n_B}}$$

では、例題を解きながら、具体的に検定の手順をみていきましょう。

[例] ２つの母不適合品率の違いに関する検定と推定

２つのラインで生産される自動車部品がある。各ラインからそれぞれ500個サンプルを抜き取り検査したところ、Ａラインでは10個、Ｂラインでは15個の不適合品があった。ラインによって母不適合品率に違いがあるかどうか検討せよ。

手順１　仮説の設定

帰無仮説　$H_0: P_A = P_B$
対立仮説　$H_1: P_A \neq P_B$

手順２　有意水準の設定

α＝第１種の誤りを５％とする。

手順３　検定統計量の決定

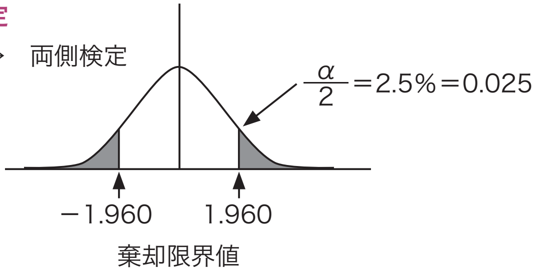
検定統計量　$Z = \dfrac{p_A - p_B}{\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})\left(\dfrac{1}{n_A}+\dfrac{1}{n_B}\right)}}$

とおくと、Ｚは標準正規分布をする。

$p_A = \dfrac{x_A}{n_A}$、$p_B = \dfrac{x_B}{n_B}$、$\bar{p} = \dfrac{x_A + x_B}{n_A + n_B}$

手順４　棄却域の設定

$P_A \neq P_B$　→　両側検定



手順５　検定統計値の計算

$$p_A = \frac{10}{500} = 0.02 \qquad p_B = \frac{15}{500} = 0.03$$

$$\overline{p} = \frac{x_A + x_B}{n_A + n_B} = \frac{25}{1000} = 0.025$$

検定統計値　$Z_0 = \dfrac{0.02 - 0.03}{\sqrt{0.025(1 - 0.025) \times (1/500 + 1/500)}}$

$$\fallingdotseq -\frac{0.01}{0.00987} \fallingdotseq -1.013$$

手順６　判定

正規分布表の棄却域の限界値と検定統計値と比較すると、

検定統計値 $Z_0 = -1.013 >$ 棄却限界値 $= -1.960$　となり、帰無仮説は棄却されず、よって、この検定結果は有意でなく、母不適合品率に差があるとはいえない。

手順７　母不適合品率の推定

点推定

$$\hat{P}_A - \hat{P}_B = p_A - p_B = 0.02 - 0.03 = -0.01$$

信頼率95%の区間推定

$$p_A - p_B \pm Z\left(\frac{\alpha}{2}\right)\sqrt{\frac{p_A(1 - p_A)}{n_A} + \frac{p_B(1 - p_B)}{n_B}}$$

$$= -0.01 \pm 1.96\sqrt{\frac{0.02(1 - 0.02)}{500} + \frac{0.03(1 - 0.03)}{500}}$$

$$\fallingdotseq -0.01 \pm 0.0193$$

よって、信頼区間は−0.0293〜0.0093

$$\hat{\lambda} \pm Z\left(\frac{\alpha}{2}\right)\frac{\sqrt{\hat{\lambda}}}{\sqrt{n}} = 0.80 \pm 1.96\frac{\sqrt{0.80}}{\sqrt{10}}$$
$$\fallingdotseq 0.80 \pm 0.554$$

よって、信頼区間は0.246〜1.354

4）2つの母不適合品数の違いに関する検定と推定

2つの母不適合数（λ_A、λ_B：単位当たり欠点数）から、それぞれn_A単位、n_B単位のサンプルを抜き取り検査したところ、n_Aでは不適合数の合計がT_A、n_Bでは不適合数の合計がT_Bあった。このときに、2つの母不適合数λ_A、λ_Bに違いがあるかどうかを検定する場合、検定の手順は次のようになります。

手順1　仮説の設定

帰無仮説　H_0：$\lambda_A = \lambda_B$　　対立仮説　H_1：$\lambda_A \neq \lambda_B$

手順2　有意水準の設定

α＝第1種の誤りを5％とします。

手順3　検定統計量の決定

$$\hat{\lambda}_A = \frac{T_A}{n_A}、\hat{\lambda}_B = \frac{T_B}{n_B}、\hat{\lambda} = \frac{T_A + T_B}{n_A + n_B}$$ とする。

検定統計量　$$Z = \frac{\hat{\lambda}_A - \hat{\lambda}_B}{\sqrt{\hat{\lambda} \times \left(\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B}\right)}}$$

とおくと、Zは標準正規分布をします。

手順4　棄却域の設定

$\lambda_A \neq \lambda_B$　→　両側検定

手順5　検定統計値Z_0の計算

手順6　判定

検定統計値≧棄却限界値　　対立仮説を採択
検定統計値＜棄却限界値　　帰無仮説を採択

手順７　母不適合品数の推定

点推定　$\hat{\lambda}_A - \hat{\lambda}_B$

信頼率95％の区間推定

$$\hat{\lambda}_A - \hat{\lambda}_B \pm Z\left(\frac{\alpha}{2}\right)\sqrt{\frac{\hat{\lambda}_A}{n_A}+\frac{\hat{\lambda}_B}{n_B}}$$

では、例題を解きながら、具体的に検定の手順をみていきましょう。

[例] ２つの母不適合品数の違いに関する検定と推定

ある会社には２つのＡ工場、Ｂ工場がある。Ａ工場では過去１年間で災害が15件、Ｂ工場では直近の10か月で24件発生した。工場によって災害発生件数に違いがあるのかどうかを検定する。

手順１　仮説の設定

帰無仮説　H_0：$\lambda_A = \lambda_B$

対立仮説　H_1：$\lambda_A \neq \lambda_B$

λ_A＝Ａ工場の１か月当たりの災害件数

λ_B＝Ｂ工場の１か月当たりの災害件数

手順２　有意水準の設定

α＝第１種の誤りを５％とする。

手順３　検定統計量の決定

$$\hat{\lambda}_A = \frac{T_A}{n_A} = \frac{15}{12} = 1.25、\quad \hat{\lambda}_B = \frac{T_B}{n_B} = \frac{24}{10} = 2.40$$

$$\hat{\lambda} = \frac{T_A + T_B}{n_A + n_B} = \frac{39}{22} \fallingdotseq 1.773$$

検定統計量　$$Z = \frac{\hat{\lambda}_A - \hat{\lambda}_B}{\sqrt{\hat{\lambda} \times \left(\frac{1}{n_A}+\frac{1}{n_B}\right)}}$$

とおくと、Ｚは標準正規分布をする。

手順４　棄却域の設定

$\lambda_A \neq \lambda_B$　→　両側検定

α＝0.05のとき正規分布表より、棄却限界値＝±1.960

（3）検定統計値の計算

x＝20，n＝100，P_0＝0.10 より，検定統計値を計算すると，

$$Z=\frac{20-100\times0.10}{\sqrt{100\times0.10(1-0.10)}}=\frac{20-10}{\sqrt{10\times0.9}}=\frac{10}{3}$$

≒⑤**イ．3.33** となる

（4）判定 以上の結果より，検定統計量＝3.33＞棄却限界値＝1.960となるので，帰無仮説は⑥**ア．棄却される**（不適合品率は**変化した**）。

【問8】 点推定と区間推定を求める。

点推定 $\hat{P}=p$（標本不適合品率）$=\dfrac{\text{不適合数}}{\text{サンプル数}}=\dfrac{28}{400}=$①**ア．0.07**

区間推定 信頼率95％の区間推定

$$p\pm Z\left(\frac{\alpha}{2}\right)\frac{\sqrt{p(1-p)}}{\sqrt{n}}=$$

①**ア．0.07**±②**エ．1.960** $\dfrac{\sqrt{①\mathbf{0.07}\times(1-①\mathbf{0.07})}}{\sqrt{③\text{オ．}\mathbf{400}}}$

≒**0.07±0.025**

よって，信頼区間は④**カ．0.045～0.095** となる。

【問9】

「分割表による検定」である。

①**×** 分割表の自由度は(m－1)(n－1)と計算できるので，この問題の自由度は**1**となる。よって自由度1のときのX^2値＝**3.84**と，表のX^2の検定統計値＝**9.46**と比較するものである。X^2の検定統計値の求め方について，詳しくは71ページを参照。期待度数の表を作成し，X^2の検定統計値を計算すると，

	東北地方	北陸地方	合計
A誌	260×250／450≒144	260×200／450≒116	260
B誌	190×250／450≒106	190×200／450≒84	190
合計	250	200	450

$$X_0{}^2=\frac{(160-144)^2}{144}+\frac{(90-106)^2}{106}+\frac{(100-116)^2}{116}+\frac{(100-84)^2}{84}$$

$=1.78+2.42+2.21+3.05=$**9.46**

チェック問題

[問1] 2つの変数 x と y との関係の強さを示す指標のひとつに相関係数 r がある。この相関係数 r を求める式を選択肢から選べ(x の平方和を S_x, y の平方和を S_y, x と y の積和を S_{xy} とする)。

【選択肢】 ア. $\dfrac{S_{xy}}{S_x S_y}$　イ. $\dfrac{(S_{xy})^2}{S_x S_y}$　ウ. $\dfrac{S_{xy}}{\sqrt{S_x}\times\sqrt{S_y}}$

正解　ウ

[問2] 相関係数 r のとりうる範囲として正しいものを，下の選択肢からひとつ選べ。

【選択肢】 ア. $0 \leqq r \leqq 1$　イ. $-1 \leqq r \leqq 1$　ウ. $-2 \leqq r \leqq 2$

正解　イ

[問3] 次の文章で正しいものには○，正しくないものには×を記せ。

①２つの変数xとyの相関係数が高い場合であっても，必ずしも因果関係があるとはいえない。
②２つの変数xとyの相関係数が０の場合には，両者にはまったく関係がない。
③相関係数のとりうる値の最小値は０である。

正解　①○　②×　③×

[問4] 2つの変数(x, y)の20組のデータを採取し，次の値を求めた。$\Sigma x=300$, $\Sigma y=1100$, $\Sigma x^2=7500$, $\Sigma y^2=70000$, $\Sigma xy=21000$であったとき，以下の設問に答えよ。

① x の平方和S_xを求めよ。
② y の平方和S_yを求めよ。
③ x と y との積和S_{xy}を求めよ。
④ x と y の相関係数 r を求めよ。

正解　①3000　②9500　③4500　④0.84

[問5] 2つの変数 x と y の相関係数を求めるために，下記のようにデータを変換したとする。

$X=10(x-3)$, $Y=-10(y-30)$

そして，変換したXの平方和，Yの平方和，XとYの積和を求めると次の結果が得られたとき，変換前の$S(xx)$, $S(yy)$, $S(xy)$を求めよ。

$S(XX)=3665$, $S(YY)=4679$, $S(XY)=3198$

正解　$S(xx)$…36.65　$S(yy)$…46.79　$S(xy)$…−31.98

となり、どのような x の値を入れても、y の値は常に α ということになります。つまり、x と y の間には関係が**ない**ということを意味することになります。もし、β がゼロより有意に大きければ、x の値が一単位変化するにつれ、y の値は β 分ずつ変化することになります。

手順6　回帰係数の推定を行います。

回帰による変動が**有意**となった場合､次に回帰係数の推定を行います。

回帰係数の推定値 a 、b は次の通りです。

回帰係数b ：$b=\dfrac{S_{xy}}{S_x}$

切片 a　　：a ＝ y の平均値－ b ×(x の平均値)

また、求める回帰式は次のようになります。

$$y=a+bx$$

[例] 標本数は９組のデータで、x の平均が3.0、平方和が9.0、y の平均が7.0、平方和5.0、x と y との積和が6.0のとき、次ページの分散分析表を作成して、回帰に意味があるかどうかの検定と、検定の結果、意味があった場合には、回帰係数の推定を行う。

手順１　各平方和を求める。

まず、総変動(S_T)を求める。　$S_T=S_y=5.0$

次に、回帰による変動(S_R)を求める。

$$S_R=\frac{(S_{xy})^2}{S_x}=\frac{36}{9}=4$$

続いて、残差による変動(S_E)を求める。

$$S_E=S_y-\frac{(S_{xy})^2}{S_x}=1$$

手順２　各自由度を求める。

全体の自由度(ϕ_T)は、　　$\phi_T=n-1=8$

回帰による自由度(ϕ_R)は、　$\phi_R=1$

回帰からの自由度(ϕ_e)は、　$\phi_e=n-2=7$

（4）次の $\boxed{}$ にあてはまるものを，選択肢からひとつ選べ。

検定の判定は $\boxed{}$ 。

【選択肢】

ア．有意となったので，回帰に意味がある

イ．有意とならなかったので，回帰に意味がない

正解　**ア**

（5）回帰直線の式を求めよ。

正解　$y=60+7x$

［問3］ 回帰に関するデータ構造モデルは，$y_i=\alpha+\beta x_i+\varepsilon_i$ で表わされる。α は常数(切片)，β は母回帰係数を表している。また，残差変量 ε_i は正規母集団N（0、σ^2）に従い，ｉが異なれば互いに独立な変量だと仮定する。
10組のサンプルの統計量は，下記の通りである。

$\bar{x}=10$，$S_x=100$，$\bar{y}=60$，$S_y=1700$，$S_{xy}=400$

このとき，次の設問(１)～(５)に答えよ。

（１）β の最小二乗法による推定値をｂとするとき，ｂの値を求めよ。

（２）α の最小二乗法による推定値をａとするとき，ａの値を求めよ。

（３）寄与率(決定係数)を求めよ。

（４）残差平方和 S_E を求めよ。

（５）残差標準偏差 S_e を求めよ。

正解　（１）**4**　（２）**20**　（３）**0.94**　（４）**100**　（５）**3.54**

(3)また，回帰直線 $y = a + bx$ の切片に相当するaは ③ となる。

(4)回帰直線の寄与率は ④ となる。

(5)変数 $x = 3$ のとき，y の点推定は ⑤ と予想される。

【選択肢】

ア. 0.50	**イ**. 0.64	**ウ**. 0.80	**エ**. 0.82
オ. 0.84	**カ**. 0.893	**キ**. 3.24	**ク**. 3.48

正解　①カ　②カ　③ウ　④ウ　⑤ク

[問5] 残差の検討に関する次の文章において，空欄①～⑤にあてはまる最も適切な語句を選択肢から選べ。ただし，各選択肢を複数回用いることはない。

回帰分析で得られた回帰式がどの程度の精度かを表す指標として寄与率がある。寄与率(R)は次の式で求められる。

$$R = \frac{\boxed{①}}{\boxed{②}}$$

残差に関しては次のことを検討する。「残差のゆがみを調べるために ③ をつくる」「残差の時間的変化にクセがあるかどうかを調べるために ④ プロットをつくる」「残差と説明変数の関係を調べるために ⑤ をつくる」

【選択肢】

ア. 折れ線グラフ	**イ**. パレート図	**ウ**. ヒストグラム
エ. 行列	**オ**. 散布図	**カ**. 残差による変動
キ. 総変動	**ク**. 回帰による変動	

正解　①ク　②キ　③ウ　④ア　⑤オ

⑧：分散比$=\dfrac{4900}{300}\fallingdotseq$**16.33**

⑨：総平方和$=S_T=$**7000**

①～⑨の数値を表4．7分散分析表にあてはめると，次のようになる。

	平方和	自由度	不偏分散	分散比
回帰	4900	1	4900	16.33
残差	2100	7	300	
計	7000	8		

（2） 帰無仮説 H_0：$\beta=0$ 対立仮説 H_1：$\beta\neq 0$

（3） F表より，**ア．** $F(1,7;0.05)=$**5.59**

（4） $F_0=16.33>F(1,7;0.05)=$**5.59** となり，

ア．有意となったので、回帰に意味がある となる。

（5） 回帰式を $y=a+bx$ とすると，

回帰係数b：$b=\dfrac{S_{xy}}{S_x}=\dfrac{700}{100}=7$

切片a ：$a=y$ の平均値$-b\times(x$ の平均値$)$

$=200-7\times20=60$

となり，回帰式は，**$y=60+7x$** となる。

【問3】

（1）$b=\dfrac{S_{xy}}{S_x}$ である。よって，$b=\dfrac{400}{100}=$**4** となる。

（2）$a=y-b\times x$ である。よって，$a=60-4\times10=$**20** となる。

（3）寄与率$=1-\dfrac{S_E}{S_T}=\dfrac{S_R}{S_T}=R^2$(決定係数)

R^2(決定係数)$=r^2$(相関係数)

$R^2=\dfrac{(S_{xy})^2}{S_x\times S_y}=\dfrac{400\times400}{100\times1700}\fallingdotseq$**0.94** となる。

（4）残差平方和S_Eは，

$S_E=S_y-\dfrac{(S_{xy})^2}{S_x}=1700-\dfrac{400\times400}{100}=$**100** となる。

(5)残差標準偏差s_eは

$s_e=\sqrt{\dfrac{S_E}{n-2}}$ である。よって, $s_e=\sqrt{\dfrac{100}{8}}\fallingdotseq$**3.54** となる。

【問4】

(1) x と y の相関係数 r の式は, $r=\dfrac{S_{xy}}{\sqrt{S_x}\sqrt{S_y}}$

$$S_x=\Sigma_x{}^2-\frac{(\Sigma_x)^2}{n}=197-\frac{39\times39}{9}=28$$

$$S_y=\Sigma_y{}^2-\frac{(\Sigma_y)^2}{n}=224-\frac{42\times42}{9}=28$$

$$S_{xy}=\Sigma\, x\cdot y-\frac{(\Sigma_x)(\Sigma_y)}{n}=207-\frac{39\times42}{9}=25$$

$r=\dfrac{25}{\sqrt{28}\sqrt{28}}\fallingdotseq$**0.893** よって, 正解は**カ**。

(2) $b=\dfrac{S_{xy}}{S_x}=\dfrac{25}{28}\fallingdotseq$**0.893** よって, 正解は**カ**。

(3) $a=\bar{y}-0.893\times\bar{x}=4.67-0.893\times4.33\fallingdotseq$**0.80** よって, 正解は**ウ**。

(4)寄与率は相関係数 r の 2 乗なので,

$r^2=\dfrac{(S_{xy})^2}{S_x\times S_y}=\dfrac{25\times25}{28\times28}\fallingdotseq$**0.80** よって, 正解は**ウ**。

(5) $x=3$のとき, $y=0.80+0.893\times3\fallingdotseq$**3.48** よって, 正解は**ク**。

【問5】

①②寄与率$=\dfrac{\text{ク. 回帰による変動}}{\text{キ. 総変動}}$

③残差の**ウ.ヒストグラム**(度数分布図)で,ゆがみなどの有無を確認します。

④残差を時系列に並べて打点した**ア. 折れ線グラフ**で, 測定の順番による影響を確認します。

⑤残差と説明変数(x)の**オ. 散布図**で, そこに何らかの傾向がないかどうかを確認します。

表５．７　分散分析表

要　因	平方和（S）	自由度（ϕ）	不偏分散（V）	分散比（F_0）
因子A	S_A	ϕ_A	V_A	$F_0=\frac{V_A}{V_e}$
因子B	S_B	ϕ_B	V_B	$F_0=\frac{V_B}{V_e}$
誤差e	S_e	ϕ_e	V_e	
全体（T）	S_T	ϕ_T		

（３）繰り返しのある二元配置法の分散分析

２つの因子Ａ、Ｂの各水準を組み合わせた条件ごとに、ｎ回の実験を行ってデータがとられる場合も、実験はランダムな順序で行うのが原則です。

このように、２つの因子の水準の組み合わせをｎ回ずつ繰り返して実験すると、２つの因子の**単独**の効果だけでなく、２つの因子の組み合わせによる効果（**交互作用**）の有無やその大きさを推測することができます。

この実験で得られたデータを分散分析するには、総変動を**要因**変動（因子Ａによる変動、因子Ｂによる変動、交互作用による変動）に分離して、各変動の大きさを比較することになります。

表５．８　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×Bによる変動	交互作用A×Bの平方和　$S_{A\times B}$
	級内変動	誤差平方和　S_e

表5.9 分散分析表

要　因	平方和(S)	自由度(ϕ)	不偏分散(V)	分散比(F_0)
因子A	S_A	ϕ_A	V_A	$F_0=\frac{V_A}{V_e}$
因子B	S_B	ϕ_B	V_B	$F_0=\frac{V_B}{V_e}$
交互作用 A×B	$S_{A\times B}$	$\phi_{A\times B}$	$V_{A\times B}$	$F_0=\frac{V_{A\times B}}{V_e}$
誤差e	S_e	ϕ_e	V_e	
全体(T)	S_T	ϕ_T		

6 一元配置実験での分散分析表の作り方
【繰り返しの数が同じ場合】

表5.10 データ表(因子Aを3水準設定し，3回の実験結果)

A_1	A_2	A_3
4	9	5
5	7	7
6	8	6

※特性値は大きい方がよいとする

(1)分散分析

一元配置実験で繰り返しの数が同じ場合、分散分析は次の手順で行います。

手順5　各不偏分散（V）と分散比（F_0）を求めます。

分散（V）は、$V_A = \frac{S_A}{\phi_A} = \frac{14}{2} = 7$

$$V_e = \frac{S_e}{\phi_e} = \frac{6}{6} = 1$$

分散比（F_0）は、$F_0 = \frac{V_A}{V_e} = \frac{7}{1} = 7$

手順6　求めた数値から次のような分散分析表を作成します。

表5.12　分散分析表

要　因	平方和	自由度	不偏分散	分散比
因子A	14	2	7	7
誤　差	6	6	1	
合　計	20	8		

手順7　分散分析の結果を判定します。

ここで得た分散比＝7とF表のF（2、6；0.05）＝5.14を比べます。

今回は、分散比の数値**＞**F表の値の場合なので、「因子Aの各水準間に有意な差が**見られる**」と判定します。

（2）推定

（1）で分散分析を行った結果、因子Aは有意となりましたので、各水準の母平均μを信頼度95％で推定します。その手順は次の通りです。

手順1　各水準の母平均の点推定を行います。母平均＝各水準の平均値より、

A_1水準の母平均$= \frac{15}{3} = 5$

A_2水準の母平均$= \frac{24}{3} = 8$

A_3水準の母平均$= \frac{18}{3} = 6$

手順2　信頼率95％での信頼区間の幅を計算します。母平均の信頼区間の幅

と各因子のＦ表から読み取れる棄却限界値を比べます(それぞれの値は次のとおり)。

　因子ＡのＦ表の値　：$F(3、12;0.05)=3.49$

　因子ＢのＦ表の値　：$F(2、12;0.05)=3.89$

　交互作用のＦ表の値：$F(6、12;0.05)=3.00$

今回の場合は、Ａ、Ｂ因子、Ａ×Ｂ交互作用の分散比の数値**＞**Ｆ表の値なので、「Ａ、Ｂの水準間、交互作用Ａ×Ｂに有意な差が**見られる**」と判定します(有意水準５％)。

(２)推定

(１)で分散分析を行った結果、因子Ａ、因子Ｂ、交互作用Ａ×Ｂは**有意**となりましたので、ＡとＢそれぞれ別に、各水準の母平均μを信頼度95％で推定します。その手順は次のとおりです。

手順１　最適な組み合わせ条件を選定します。

特性値は大きい方がよいので、A_3とB_2の組み合わせを選びます。

手順２　最適条件での母平均を推定します。

今回は、Ａ×Ｂが有意なので、最適条件A_3B_2において、

①母平均のμの点推定を、次の式より求めます。

$$\hat{\mu}(A_3B_2)=A_3B_2\text{の平均値}=\frac{21+22}{2}=21.5$$

②母平均のμの区間推定を信頼度95％で推定します。母平均の信頼区間の幅を信頼率95％で次の式より求めます。

$$t(\phi_e、0.05)\times\sqrt{\frac{V_e}{n_e}}$$

有効反復係数$n_e=\dfrac{a\,b\,n}{(1+\phi_A+\phi_B+\phi_{A\times B})}$ ……田口の公式(ただし、a：Ａ水準数、b：Ｂ水準数、n：繰り返し数)

計算すると、$n_e=\dfrac{4\times3\times2}{12}=2$

$$t(12、0.05)\times\sqrt{\frac{0.63}{2}}\fallingdotseq2.179\times0.561\fallingdotseq1.22$$

よって、最適条件A_3B_2での母平均は、$20.28<\mu_{A_3B_2}<22.72$　と区間推定されます(信頼率95％)。

6 調整型抜き取り検査

調整型抜き取り検査とは、過去の検査の品質実績から合理的な検査を行うものです。よい品質のロットであれば、検査を緩和(サンプル数を少なく)したり、逆に悪い品質のロットであれば検査を厳しく(サンプル数を多く)したりして、そこから得られた実績を検査水準にフィードバックする抜き取り検査方式です。

具体的には、その方法は、**「JIS Z 9015-1」**にて定められています。JIS Z 9015-1とは、ロットごとの検査に対する「AQL指標型抜き取り検査方式」と呼ばれるものです。JIS Z 9015-1では、品質指標としてAQLを使用します。AQLとは、Acceptable Quality Levelの略で、「合格品質水準」を意味します。工程平均として十分だと考えられる**不良率の上限**や、合格することのできる**最低限の品質**を指し、つまり、ロットの品質などに応じて、受け取り側が、検査基準を「**なみ**」「**きつい**」「**ゆるい**」と調整できる抜き取り検査方式です。

例を挙げながら説明します。まず、検査するロットサイズに従って、**付表８「サンプル文字」**から、サンプルサイズ文字を探します。たとえばロットサイズが 500個であれば、通常検査水準Ⅱの欄を見て、文字がH であることを確認します(一般的用途としては、通常検査水準Ⅱを使用します。下の**表６.１**を参照)。

表６.１　サンプル文字

ロットサイズ	特別検査水準				通常検査水準		
	S - 1	S - 2	S - 3	S - 4	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
2～8	A	A	A	A	A	A	B
9～15	A	A	A	A	A	B	C
16～25	A	A	B	B	B	C	D
26～50	A	B	B	C	C	D	E
51～90	B	B	C	C	C	E	F
91～150	B	B	C	D	D	F	G
151～280	B	C	D	E	E	G	H
281～500	B	C	D	E	F	H	J
501～1200	C	C	E	F	G	J	K
1201～3200	C	D	E	G	H	K	L
3201～10000	C	D	F	G	J	L	M
10001～35000	C	D	F	H	K	M	N
35001～150000	D	E	G	I	L	N	P
150001～500000	D	E	G	J	M	P	Q
500001以上	D	E	H	K	N	Q	R

※調整型抜き取り検査はレベル表の改訂により、１級の出題範囲となりました。参考のためご覧ください。

この例の群番号1の範囲R_1は、$R_1=69-65=$**4**　となります。

手順4　管理限界線の計算をします。

1）$\bar{x}$管理図の中心線は、**$\bar{x}$の平均**$\bar{\bar{x}}$を計算します。

R管理図の中心線として、$\bar{R}$を計算します。

この例では、$\bar{\bar{x}}=\dfrac{1305}{20}=$**65.25**

$\bar{R}=\dfrac{85}{20}=$**4.25**　となります。

2）$\bar{x}$管理図の管理限界線は、次の公式によって計算します。

上方管理限界線　$UCL=\bar{\bar{x}}+A_2\times\bar{R}$

下方管理限界線　$LCL=\bar{\bar{x}}-A_2\times\bar{R}$

A_2は群の大きさ（サンプルサイズ）nによって決まる値で、下の「$\bar{x}$－R管理図用係数表」から求めます。この例では、次のようになります。

$UCL=65.25+0.73\times4.25\fallingdotseq$**68.35**

$LCL=65.25-0.73\times4.25\fallingdotseq$**62.15**

3）R管理図の管理限界線は、次の公式で計算します。

上方管理限界線　$UCL=D_4\times\bar{R}$

下方管理限界線　$LCL=D_3\times\bar{R}$

D_3、D_4は群の大きさnによって決まる値で、下の「$\bar{x}$－R管理図用係数表」から求めます。

なお、nが**6以下**の場合は、R管理図のLCLは考えないで、

$UCL=2.28\times4.25=$**9.69**　だけとなります。

手順5　管理図用紙への記入と安定状態の確認を行います。

表7．3　$\bar{x}$－R管理図用係数表

サンプルサイズ n	$\bar{x}$管理図	R管理図			
	A_2	D_3	D_4	d_2	d_3
2	1.88	—	3.27	1.128	0.853
3	1.02	—	2.57	1.693	0.888
4	0.73	—	2.28	2.059	0.880
5	0.58	—	2.11	2.326	0.864
6	0.48	—	2.00	2.534	0.848
7	0.42	0.08	1.92	2.704	0.833
8	0.37	0.14	1.86	2.847	0.820
9	0.34	0.18	1.82	2.970	0.808
10	0.31	0.22	1.78	3.078	0.797

よって、第１区間は45.45～45.95　となる。**図９．２**では❷を指す。

手順６　**区間の中心値**を求めます。

$$区間の中心値＝\frac{区間の下側境界値＋区間の上側境界値}{2}$$

[例] 第１区間の下側境界値＝45.45
第１区間の上側境界値＝45.95　から、

$$第１区間の中心値＝\frac{45.45+45.95}{2}＝\mathbf{45.70}$$　となる。

図９．２では❹を指す。

手順７　**最終区間**まで、区間の境界値と中心値を求めていきます。
最終区間は、**図９．２**では❻を指します。

手順８　データの度数をカウントし、下記のような度数表を作成します。

表９．３　度数表

No.	区　間	中心値	度数チェック	度数
	45.45～45.95	45.70	//	2
	45.95～46.45	46.20	~~////~~　///	8
	46.45～46.95	46.70	~~////~~　~~////~~　/	11
	46.95～47.45	47.20	~~////~~　~~////~~　~~////~~　~~////~~	20
	47.45～47.95	47.70	~~////~~　~~////~~　~~////~~　~~////~~　~~////~~	25
	47.95～48.45	48.20	~~////~~　~~////~~　~~////~~	15
	48.45～48.95	48.70	~~////~~　~~////~~	10
	48.95～49.45	49.20	////	4
	49.45～49.95	49.70	////	4
	49.95～50.45	50.20	/	1
計				100

Quality Control)＝総合的な品質管理へと発展しました。これまで品質管理に適用されてきた科学的な考え方、手法、方法論は、製造や品質管理以外の分野においても有効で普遍的なものが多かったため、あらゆる部門にまで、その活動が伝わっていきました。

現在では、その活動の広さから「マネジメント」という普遍的に使える表現に改められ、ＴＱＭとして進展してきています。

（３）品質マネジメントシステム

組織のパフォーマンス改善に向けて導くために、トップマネジメントが用いることのできる、「７つの品質マネジメントの原則」が、**ISO 9000：2015（JIS Q 9000：2015）**で明確にされています。
その７項目（ａ～ｇ）の要旨を以下に示します。

ａ）顧客重視

組織は、その顧客に**依存**しているので、現在および将来の顧客ニーズを**理解**して、顧客要求事項を**満たす**ことはもちろん、さらに顧客の期待を**超える**ような製品、サービスを提供するように努力をしなければならない、というもの

ｂ）リーダーシップ

リーダーは、組織の**目的**と**方向**の調和を図らねばならない。リーダーは、人々が組織の目標を達成することに十分参画できる**内部環境**を創り出し、維持しなければならない、というもの

ｃ）人々の積極的参加

組織内のすべての階層の人々を尊重し、**各人の貢献**の重要性を理解してもらうべくコミュニケーションを図り、貢献を認め、力量を向上させて、**積極的な参加**を促進することが、組織の実現能力強化のために必要である、というもの

ｄ）プロセスアプローチ

活動および関連する経営資源と業務がひとつのプロセスとして**管理**された場合には、**望ましい結果**が効果的に達成される、というもの

e)マネジメントへのシステムアプローチ

与えられた目標に対して関連するプロセスをひとつのシステムとして**明確**にし、**理解**し、**運営**することは、組織の目標を効果的で効率よく達成することに寄与する、というもの

f)継続的改善

組織の総合的パフォーマンスの継続的改善を組織の永遠の目標とすべきである。つまり、単に問題点を改善していくだけではなく、つねに「**他によい手段はないか**」を探し、改善を**続けていく**ことが重要だ、ということ

g)意思決定への事実に基づくアプローチ

効果的な意思決定は、**データ**および**情報**の分析に基づくもので、勘・経験を重視するのではなく、**事実(データ)**を重視する、ということ

h)供給者との互恵関係

組織とその**供給者**は相互に依存しており、両者に**メリット**のある互恵関係は企業価値創造能力を高めることになるものだ、ということ

(4)品質マネジメントシステムの要求事項

ISO 9001では、組織が「顧客要求事項および適用される規制要求事項を満たした製品を提供する能力を持つこと」を実証することが必要な場合、ならびに、顧客満足の向上を目ざす場合の、要求事項を規定しています。下に抜粋したものを示します。

1)品質マネジメントシステム

一般要求事項と文書化に関する要求事項からなっている

2)経営者の責任

経営者のコミットメント、顧客重視、品質方針、計画、責任、権限及びコミュニケーション、マネジメントレビューからなっている

3)資源の運用管理

資源の提供、人的資源、インフラストラクチャー、作業環境からなっている

4 品質保証

(1)品質保証の進展

1950年頃に品質保証の定義が定められましたが、その後、品質保証活動はますます活発となり、1970年頃から問題となっていた製造者への**ＰＬ(製造物責任)**について、**製造物責任法**が公布されました。

ＰＬ(Product Liability：製造物責任)とは、ある製品の瑕疵が原因で生じた人的・物理的被害に対し、製造者が**無過失責任**として負うべき賠償責任のことをいいます。また、製造物責任問題発生の予防に向けた活動を**ＰＬＰ(Product Liability Prevention：製造物責任予防)**といい、**ＰＬＰ**には、未然に防止する活動としての**ＰＳ(製品安全)**と製品事故発生による損害を最小限にとどめるための**ＰＬＤ(製造物責任防御)**の２つがあります。

(2)品質保証体系

品質保証体系とは、ユーザーが満足する品質を達成するために必要なプログラムを**全社的な見地から体系化**したもので、これを図示したものを品質保証体系図(本書では省略)といいます。

縦軸には製品の開発から販売・アフターサービスまでの**開発ステップ**を、横軸には**社内の各組織および顧客**を配置した図で、図中に行うべき業務がフローチャートで示してあります。さらに、フィードバック経路を入れることが一般的です。

製品企画および設計・開発のステップでは、設計・開発担当部門が品質表を作成し、新製品に対するユーザーの要求品質と品質特性との関連を明確にすることがポイントとなります。

設計にインプットすべき要求品質や設計仕様などの要求事項が設計のアウトプットにもれなく織り込まれ、品質目標を達成できるかどうかについて審査することを「**設計審査(ＤＲ：デザインレビュー)**」といいます。

生産準備段階では、品質特性を工程で作りこむために、**ＱＣ工程表**が用いられます。**ＱＣ工程表**とは、「フローチャート」「工程名」「管理項目」「管理水準」「帳票類」「データの収集」「測定方法」「使用する設備」「異常時の処置方法」など一連の情報をまとめ、工程管理の仕組みを表にしたものです。

【選択肢】

ア．経営トップ診断　**イ**．方針管理　**ウ**．統計的手法　**エ**．クレーム処理

正解　①**エ**　②**イ**　③**ウ**　④**ア**

[問3] 品質マネジメント７つの原則がISO 9000：2015(JIS Q 9000：2015)で明確にされている。次の説明文①～⑦と最も関連の深い語句を下の選択肢から選べ。ただし，各選択肢を複数回用いることはない。

①組織は，その顧客に依存しており，そのために，現在および将来の顧客ニーズを理解し，顧客要求事項を満たし，顧客の期待を超えるように努力すべきである。

②リーダーは，組織の目的および方向を一致させる。リーダーは，人々が組織の目標を達成することに十分参画できる内部環境を創り出し，維持すべきである。

③組織内のすべての階層の人々を尊重し，各人の貢献を認め，力量を向上させて，積極的な参加を促進することが，組織の実現能力強化のために必要である。

④活動および関連する資源がひとつのプロセスとして運営管理されるとき，望まれる結果がより効率よく達成される。

⑤組織の総合的パフォーマンスの継続的改善を，組織の永遠の目標とすべきである。

⑥効果的な意思決定は，客観的な事実および情報の分析・評価に基づいている。

⑦組織は，組織に密接に関連する利害関係者との関係をマネジメントすると，持続的成功を達成しやすくなる。

[問５] 次の「方針管理」に関する説明文①～④と最も関連の深い語句（方針管理の段階）を下の選択肢から選べ。ただし，各選択肢は複数回用いることはない。

①トップが三現主義に基づき，方針の展開，実施状況，目標達成状況などの進捗を確認するフェーズ。

②上位の方針と各部門の方針との関連について，部門の方針が達成された場合に上位の方針が達成されるかどうかの検討を行うフェーズ。

③市場動向などの外部環境および内部の経営資源に関する情報を十分に収集して，分析を行うフェーズ。

④目標値，処置基準，確認などの頻度を決めるフェーズ。

【選択肢】

ア．方針の展開　**イ**．中長期経営計画の策定　**ウ**．診断
エ．管理項目の設定

正解　①ウ　②ア　③イ　④エ

[問６] 次の文章の空欄①～⑤に入る最も適切なものを下の選択肢から選べ。ただし，各選択肢を複数回用いることはない。

方針管理とは，［①］のもとで，ベクトルを合わせて，方針を［②］で達成していく活動である。
目標を達成する手段が［③］である。品質・価格・納期などの経営基本要素ごとに全社的に目標を定め，それを効果的に達成するために，各部門の業務分担の適正化をはかり，かつ，部門横断的に連携し，協力して行われる活動が［④］である。おのおのの部門が与えられたそれぞれの役割を確実に果たすことができるようにする活動が［⑤］である。

［問２］確率分布に関する次の文章において，空欄①〜③に入る最も適切なものを下欄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。

ある工程の，工程平均は規格の上限，下限との中心と合致しており，ばらつきも正規分布しているものとする。
このときのＣｐ＝0.67で工程能力は不足しているので，改善活動を行った結果，Ｃｐ＝1.33となった。

（１）Ｃｐ=0.67のときの規格を外れる不適合率は約 ① ％となる。

（２）改善活動を行った結果，標準偏差は改善前に比べて ② となる。

（３）また，工程能力がＣｐ=1.00に向上した場合，規格を外れる不適合率は約 ③ ％となる。

【選択肢】

ア. $\frac{1}{2}$　　**イ**. 2　　**ウ**. 0.3

エ. 3　　**オ**. 5　　**カ**. $\frac{1}{10}$

（3）改善後の工程能力がCp＝1.00に向上した場合，

$$Cp = \frac{規格の幅}{6 \times 標準偏差} = 1.00$$ が成り立つには，

規格の幅＝6×標準偏差　である必要がある。

下記の　$\mu \pm 3\sigma \fallingdotseq 99.7\%$　に該当するので，不適合率は**0.3**%となる。

よって，正解は**ウ**。

一般的に，$N(\mu, \sigma^2)$において，$\mu \pm a\sigma$の範囲に入る確率は次の通りであることが知られている。

※ここでNは，平均値＝μ，分散＝σ^2の正規分布を表している。
詳しくは，2章の「確率分布」を参照。

a＝1のときは　$\mu \pm \sigma$　≒68%
a＝2のときは　$\mu \pm 2\sigma$ ≒95%
a＝3のときは　$\mu \pm 3\sigma$ ≒99.7%

［問3］3章「検定・推定」からの出題

【正解】

①**オ**　②**エ**　③**ウ**　④**カ**　⑤**イ**

【解説】

①帰無仮説が正しくないときに，その帰無仮説を棄却しない誤りを「**第二種の誤り**」といい，「ぼんやりものの誤り」ともいう。よって，正解は**オ**。
なお，第二種の誤りをおかす確率は，βで表される。

②帰無仮説が正しいときに，その帰無仮説を棄却する誤りを「**第一種の誤**

d）プロセスアプローチ

活動および関連する経営資源と業務が**ひとつのプロセス**として管理された場合には，望ましい結果が効果的に達成される，というものである。

e）改善

組織の総合的**パフォーマンス**の継続的改善を組織の永遠の目標とすべきである。つまり，単に問題点を改善していくだけではなく，つねに「他によい手段はないか」を探し，改善を続けていくことが重要だ，ということである。

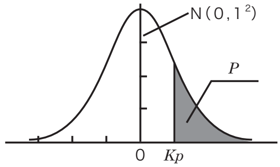
f）客観的事実に基づく意思決定

効果的な意思決定は，客観的な事実および情報の分析・評価に基づくもので，**勘・経験**を重視するのではなく，客観的事実（データ）を重視する，ということである。

g）関係性管理

組織は，組織に密接に関連する**利害**関係者との関係をマネジメントすると，持続的**成功**を達成しやすくなる，ということである。

付表１．正規分布表

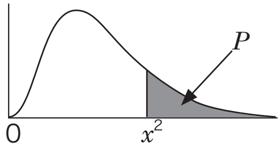


(Ⅰ)K_PからPを求める表

K_P	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
0.0	.50000	.49601	.49202	.48803	.48405	.48006	.47608
0.1	.46017	.45620	.45224	.44828	.44433	.44038	.43644
0.2	.42074	.41683	.41294	.40905	.40517	.40129	.39743
0.3	.38209	.37828	.37448	.37070	.36693	.36317	.35942
0.4	.34458	.34090	.33724	.33360	.32997	.32636	.32276
0.5	.30854	.30503	.30153	.29806	.29460	.29116	.28774
0.6	.27425	.27093	.26763	.26435	.26109	.25785	.25463
0.7	.24296	.23885	.23576	.23270	.22965	.22663	.22363
0.8	.21186	.20997	.20611	.20327	.20045	.19776	.19489
0.9	.18406	.18141	.17879	.17619	.17361	.17106	.16853
1.0	.15866	.15625	.15386	.15151	.14917	.14686	.14457
1.1	.13567	.13350	.13136	.12924	.12714	.12507	.12302
1.2	.11507	.11314	.11123	.10935	.10749	.10565	.10383
1.3	.096800	.095098	.093418	.091759	.090123	.088508	.086915
1.4	.080757	.079270	.077804	.076359	.074934	.073529	.072145
1.5	.066807	.065522	.064255	.063008	.061780	.060571	.059380
1.6	.054799	.053699	.052616	.051551	.050503	.049471	.048457
1.7	.044565	.043633	.042716	.041815	.040930	.040059	.039204
1.8	.035930	.035148	.034380	.033625	.032884	.032157	.031443
1.9	.028717	.028067	.027429	.026803	.026190	.025588	.024998
2.0	.022750	.022216	.021692	.021178	.020675	.020182	.019699
2.1	.017864	.017429	.017003	.016586	.016177	.015778	.015386
2.2	.013903	.013553	.013209	.012874	.012545	.012224	.011911
2.3	.010724	.010444	.010170	.0099031	.0096419	.0093867	.0091375
2.4	.0081975	.0079763	.0077603	.0075494	.0073436	.0071428	.0069469
2.5	.0062097	.0060366	.0058677	.0057031	.0055426	.0053861	.0052336
2.6	.0046621	.0045271	.0043956	.0042692	.0041453	.0040246	.0039070
2.7	.0034670	.0033642	.0032641	.0031667	.0030720	.0029798	.0028901
2.8	.0025551	.0024771	.0020412	.0023274	.0022557	.0021860	.0021182
2.9	.0018658	.0018071	.0017502	.0016948	.0016411	.0015889	.0015382
3.0	.0013499	.0013062	.0012639	.0012228	.0011829	.0011442	.0011067

(Ⅱ)PからK_Pを求める表

P	0.001	0.005	0.010	0.025	0.050	0.100	0.200	0.300	0.400
K_P	3.090	2.576	2.326	1.960	1.645	1.282	0.842	0.524	0.253



0.050	0.030	0.025	0.015	0.010	0.000
3.84146	4.70929	5.02389	5.91647	6.63490	7.8794
5.99146	7.01312	7.37776	8.39941	9.21034	10.596
7.81473	8.94729	9.34840	10.4650	11.3449	12.838
9.48773	10.7119	11.1433	12.3391	13.2767	14.860
11.0705	12.3746	12.8325	14.0978	15.0863	16.749
12.5916	13.9676	14.4494	15.7774	16.8119	18.547
14.0671	15.5091	16.0128	17.3984	18.4753	20.277
15.5073	17.0105	17.5345	18.9739	20.0902	21.955
16.9190	18.4796	19.0228	20.5125	21.6660	23.589
18.3070	19.9219	20.4832	22.0206	23.2093	25.188
19.6751	21.3416	21.9200	23.5028	24.7250	26.756
21.0261	22.7418	23.3367	24.9628	26.2170	28.299
22.3620	24.1249	24.7356	26.4034	27.6882	29.819
23.6848	25.4931	26.1189	27.8268	29.1412	31.319
24.9958	26.8479	27.4884	29.2349	30.5779	32.801
26.2962	28.1907	28.8454	30.6292	31.9999	34.267
27.5871	29.5227	30.1910	32.0112	33.4087	35.718
28.8693	30.8447	31.5264	33.3817	34.8053	37.156
30.1435	32.1577	32.8523	34.7420	36.1909	38.582
31.4104	33.4624	34.1696	36.0926	37.5662	39.996
32.6706	34.7593	35.4789	37.4345	38.9322	41.401
33.9244	36.0492	36.7807	38.7681	40.2894	42.795
35.1725	37.3323	38.0756	40.0941	41.6384	44.181
36.4150	38.6093	39.3641	41.4130	42.9798	45.558
37.6525	39.8804	40.6465	42.7252	44.3141	46.927
38.8851	41.1460	41.9232	44.0311	45.6417	48.289
40.1133	42.4066	43.1945	45.3311	46.9629	49.644
41.3371	43.6622	44.4608	46.6256	48.2782	50.993
42.5570	44.9132	45.7223	47.9147	49.5879	52.335
43.7730	46.1599	46.9792	49.1989	50.8922	53.672
49.8018	52.3351	53.2033	55.5526	57.3421	60.274
55.7585	58.4278	59.3417	61.8117	63.6907	66.766
61.6562	64.4535	65.4102	67.9937	69.9568	73.166
67.5048	70.4230	71.4202	74.1111	76.7539	79.490
79.0819	82.2251	83.2977	86.1883	88.3794	91.951
90.5312	93.8813	95.0232	98.0976	100.425	104.21
101.879	105.422	106.629	109.874	112.329	116.32
113.145	116.869	118.136	121.542	124.116	128.29
124.342	128.237	129.561	133.120	135.807	140.16
146.567	150.780	152.211	156.053	158.950	163.64
179.581	184.225	185.800	190.025	193.208	198.36
233.994	239.270	241.058	245.845	249.445	255.26
287.882	293.270	295.689	300.971	304.940	311.34