

演習問題 3 解答用紙

問 1.1 全データについてヒストグラムを作成し、考察しなさい。なお、平均値や分散など基本統計量や工程能力指数なども求め、工程の悪さ加減がわかるようにしなさい。

【ヒストグラムの作成】

「全体のヒストグラム」を以下の手順に従って作成する。

手順 1 データの収集

手順 2 データの最大値と最小値を求める。

データの最大値は， $\max = \boxed{}$ 。データの最小値は， $\min = \boxed{}$ 。

手順 3 仮の区間数を求める。

仮の区間数 (h) = $\sqrt{n} = \boxed{}$ (n はデータ数)

手順 4 区間の幅を求める。

区間の幅 (c) = $\frac{\max - \min}{h} = \boxed{}$

測定単位は $d = \boxed{}$ である。

よって、測定単位の整数倍に丸め、改めて区間の幅を $c = \boxed{}$ とする。

手順 5 区間の境界値を求める。

第 1 区間の下側境界値 = $\min - d / 2 = \boxed{}$

第 1 区間の上側境界値 = $\boxed{} + c = \boxed{}$

手順 6 区間の中心値を求める。

第 1 区間の中心値 = (第 1 区間の上側境界値 + 第 1 区間の下側境界値) / 2
= $\boxed{}$

手順 7 度数分布表の作成

手順 5 と手順 6 を繰り返して，区間を作成する(表 1).

表 1 度数分布表

No.	区間	区間の中心値	度数マーク	度数
	～			
	～			
	～			
	～			
	～			
	～			
	～			
	～			
	～			
	～			
	～			
	～			
	～			
	～			
	～			
	～			
計				

手順 8 ヒストグラム作成

【ヒストグラムの作成】

ヒストグラムを作成しなさい。

【得られる情報】

「分布の中心を示す平均値」「ばらつきの大きさを示す分散・標準偏差」「工程の悪さ加減を示す工程能力指数・不適合品」の出方を示す。

・ 平均値は $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} =$

・分散は $V = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} =$

・標準偏差は $\hat{\sigma} = \sqrt{V} =$

・工程能力指数は、

$C_p = \frac{S_U - S_L}{6\hat{\sigma}} =$

$C_{pk} = \min\left(\frac{S_U - \bar{x}}{3\hat{\sigma}}, \frac{\bar{x} - S_L}{3\hat{\sigma}}\right) =$

・規格外のもの(不適合品)は 個. 上側規格値(S_U)より大きいものは 個.
下側規格値 (S_L)より小さいものは 個. これらを割合で示すと, 全体の不適合品率は %である. このとき, 上側規格に対する不適合品率は %であり, 下側規格に対する不適合品率は %である.

【ヒストグラムの作成】

上記で作成したヒストグラムに必要な情報を書き込み、「全データに対するヒストグラム」を完成させなさい。

【得られる情報】

「全データに対するヒストグラム」から以下のことがわかる。

- ① おおよその分布形は { 正規分布形 , 歯抜け形 , 右歪み形 , 左絶壁形 , 高原形 , 二山形 , 離れ小島形 } である.
- ② 外れ値は { ある , ない }.
- ③ 平均値は であるので, 分布の中心は { 上側規格にかたよっている , 下側規格にかたよっている , ほぼ規格の中央にある }.
- ④ 標準偏差は である. 工程能力指数 C_p は であり, C_{pk} は である. このケースにおいては, { C_p で考察するのがよい , C_{pk} で考察するのがよい }. なぜなら, 平均値が規格の { 中心付近にある , 端のほうにある } からである. したがって, 工程能力は { 十分 , まずまず , 不足 } である. よって, 改善の必要 { はない , がある }.
- ⑤ 以上より, 不適合品が「全データに対するヒストグラム」のように発生するのは, 主に, { 分布の中心が規格の端にかたよっているため , ばらつきが大きいため , 離れ小島となる製品があるため } である.

問 1.2 全データについて日を群とした $\bar{X}-R$ 管理図を作成し、考察しなさい。

【管理図の作成】

以下の手順に従って、「全データに対する日を群とした $\bar{X}-R$ 管理図」を作成する。

手順 1 データの収集

手順 2 群分け

ここでは群は日である。したがって、第 1 番目の群のデータは , , , , である。

手順 3 群ごとの平均値と範囲を求める。

第 1 番目の群の平均値 =

第 1 番目の群の範囲 = 第 1 番目の最大値 - 第 1 番目の群の最小値
=

他の群においても同様の計算を行うと表 2 のようになる。

表 2 管理図計算表

群番号	日	曜日	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	\bar{X}	R
	5/9	月	17.6	17.5	17.1	18.0	17.4	19.6	19.0	13.3		
	5/10	火	15.7	16.7	17.1	16.7	16.5	15.1	13.6	13.7		
	5/11	水	16.8	18.7	14.9	17.3	13.5	13.8	19.1	12.9		
	5/12	木	16.6	18.0	15.2	15.5	19.0	17.7	17.1	18.3		
	5/13	金	16.6	15.8	17.5	17.2	13.1	14.1	15.3	16.8		
	5/16	月	16.9	14.4	15.8	15.9	17.6	13.0	10.9	15.1		
	5/17	火	17.1	14.9	16.4	15.8	11.5	13.1	16.9	18.2		
	5/18	水	15.6	16.4	16.6	14.9	12.4	13.5	12.7	15.1		
	5/19	木	14.8	15.5	14.8	16.5	15.9	13.1	17.0	13.6		
	5/20	金	14.9	15.8	16.8	14.6	18.8	17.8	13.6	14.9		
	5/23	月	14.9	15.6	16.0	15.5	17.3	13.1	22.4	12.2		
	5/24	火	17.2	16.2	15.0	16.6	13.4	14.0	18.0	18.0		
	5/25	水	14.6	16.4	15.8	16.2	16.3	14.9	17.7	14.0		
	5/26	木	15.9	13.9	15.6	14.9	19.5	13.4	17.0	11.6		
	5/27	金	14.2	16.0	15.4	14.3	15.1	20.9	19.8	12.5		
	5/30	月	13.6	15.6	15.6	15.5	16.1	13.5	7.8	14.1		
	5/31	火	14.4	15.1	13.7	14.2	18.0	12.4	20.1	16.3		
	6/1	水	14.6	13.9	12.4	15.1	19.0	13.9	15.3	17.9		
	6/2	木	14.5	14.3	14.8	13.5	15.9	16.6	12.6	13.2		
	6/3	金	13.7	13.8	14.4	13.5	14.8	19.2	16.6	20.7		
	6/6	月	12.4	13.6	14.3	14.2	14.9	19.0	15.0	12.0		
	6/7	火	12.4	13.7	13.0	13.9	17.9	19.8	18.1	7.6		
	6/8	水	13.5	13.8	15.1	12.0	12.6	14.7	12.5	9.2		
	6/9	木	14.8	11.8	11.7	14.0	15.6	9.1	19.4	13.2		
	6/10	金	12.6	12.2	12.8	14.2	14.9	15.4	15.7	16.9		
									計			
									平均			

手順 4 平均値の総平均値，範囲の総平均値の計算
平均値の総平均値：

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{X}_i}{k} = \boxed{}$$

範囲の総平均値：

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k} = \boxed{}$$

手順 5 管理線の計算

① \bar{X} 管理図

$$\text{中心線：CL} = \bar{\bar{X}} = \boxed{}$$

上側管理限界線および下側管理限界線を求めるために，管理図係数 A_2 を巻末「数値表」の「 $\bar{X}-R$ 管理図用係数表」から求める．群の大きさが $\boxed{}$ であるから，以下のようになる．

$$A_2 = \boxed{}$$

$$\text{上側管理限界線：UCL} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} = \boxed{}$$

$$\text{下側管理限界線：LCL} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} = \boxed{}$$

② R 管理図

$$\text{中心線：CL} = \bar{R} = \boxed{}$$

上側管理限界線および下側管理限界線を求めるために，管理図係数 D_3 および D_4 を巻末「数値表」の「 $\bar{X}-R$ 管理図用係数表」から求める．群の大きさが $\boxed{}$ であるから，以下のようになる．

$$D_3 = \boxed{}$$

$$D_4 = \boxed{}$$

$$\text{上側管理限界線：UCL} = D_4 \bar{R} = \boxed{}$$

$$\text{下側管理限界線：LCL} = D_3 \bar{R} = \boxed{}$$

手順 6 および手順 7 管理図の作成，および，必要事項の記入

【管理図の作成】

縦軸に \bar{X} もしくは R の値，横軸に群番号あるいは日付などを目盛り，さらに，必要事項を記入して，「全データに対する管理図」を作成しなさい。

問 1.3 【問 1.2】で作成した $\bar{X}-R$ 管理図に対して以下に示した異常判定ルールを適用し，工程が安定状態であるかどうか判定して，それを考察しなさい。

【得られる情報】

R 管理図において，

- ① 管理限界外の点がある．
- ② 9 点が中心線に対して同じ側にある（長さ 9 の連）．
- ③ 6 点が増加，または減少している（上昇・下降傾向）．
- ④ 14 の点が交互に増減している（交互増減）．
- ⑤ 連続する 3 点中 2 点が 2 シグマ線と 3 シグマ線の間の領域（領域 A）にある．
- ⑥ 連続する 5 点中 4 点が 1 シグマ線と 2 シグマ線の間の領域（領域 B），またはそれを超えた領域にある．
- ⑦ 連続する 15 点が 1 シグマ線内の領域（領域 C）にある（中心化傾向）．

のうち， が該当する．

以上より， R 管理図において，工程は { 安定状態である ， 安定状態でない } と判定できる．

\bar{X} 管理図においては，上記 7 点のうち， が該当する．

以上より， \bar{X} 管理図において，工程は { 安定状態である ， 安定状態でない } と判定できる．

R 管理図および \bar{X} 管理図による解析結果をまとめると，以下のようになる．

- ・群内変動に異常が { ある ， ない } ．
- ・群間変動に異常が { ある ， ない } ．

以上を踏まえて，わかったことは，以下のようになる．

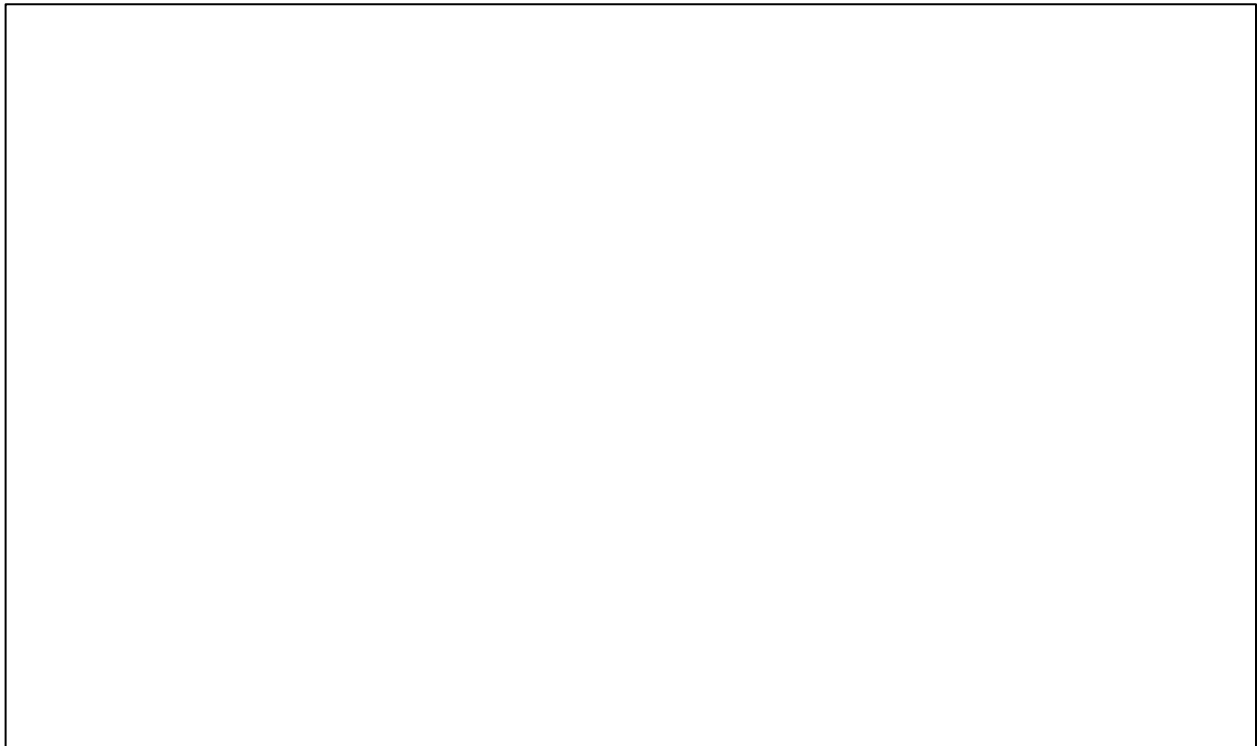
問 1.4 ラインで層別したヒストグラムおよび管理図を作成し、ばらつきの原因を探索するうえでのポイントに注意しながら考察しなさい。

【ヒストグラムの作成】

「ラインで層別した度数分布表」および「ラインによる層別ヒストグラム」を作成しなさい。

【得られる情報 1】

上で作成した「ラインで層別した度数分布表」および「ラインによる層別ヒストグラム」について、ライン 1 およびライン 2 を比較しながら、その特徴を以下に考察しなさい。



【管理図の作成と考察】

「ラインで層別した管理図」について、「ライン 1 およびライン 2」ごとに「 \bar{X} 管理図 および R 管理図」を作成しなさい。

【得られる情報 2】

上で作成した「ラインで層別した管理図」について、ライン 1 およびライン 2 を比較しながら、その特徴を以下に考察しなさい。

【まとめ】

層別した解析をまとめると表 3 のようになる。

表 3 層別による分析のまとめ

項目		ライン 1	ライン 2
ヒストグラムの形			
分布の中心位置とばらつき	平均値と規格との位置関係		
	標準偏差		
	工程能力指数 C_p, C_{pk}	$C_p =$ $C_{pk} =$	$C_p =$ $C_{pk} =$
規格外れの状況	全体規格外 (個数, 率)		
	上側規格外 (個数, 率)		
	下側規格外 (個数, 率)		
R 管理図による判定			

\bar{X} 管理図による判定		
総合判定および 対策ポイント		

問 2.1 分散成分を推定し，直，バッチ，回路基板のうち，どの変動から対策を行うべきか，優先順位を示しなさい．

第 i 番目の直，第 i 番目における第 j 番目のバッチ，第 i 番目の直および第 j 番目のバッチにおける第 k 番目の回路基板の膜厚を x_{ijk} とする．ただし， $i = 1, \dots, 20 (=a)$ ， $j = 1, 2$ ， $k = 1, 2$ である．

手順 1 および手順 2 特性と要因，データをとる．

手順 3 各段階における平均値の計算

- 各バッチにおける回路基板の平均値：

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij1} + x_{ij2}}{2}, \quad i = 1, 2, \dots, 20 (=a), j = 1, 2.$$

- 各直における平均値：

$$\bar{x}_{i..} = \frac{\bar{x}_{i1.} + \bar{x}_{i2.}}{2}, \quad i = 1, 2, \dots, 20 (=a)$$

- 全体の平均値：

$$\bar{x}_{...} = \frac{\sum_{i=1}^{a=20} \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 x_{ijk}}{n}, \quad n = 80 \text{ (全データ数)}$$

これらをまとめると，表 4 のようになる．

表 4 枝分れ実験計算表

i	各直の平均値 $\bar{x}_{i..}$	バッチ $j = 1$ の平均値 $\bar{x}_{i1.}$	バッチ $j = 2$ の平均値 $\bar{x}_{i2.}$
1			
2			
3			
4			

5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
計			

手順 4 平方和の計算

平方和は、ばらつき（変動）を表す量である．表 4 より以下のように求められる．

- ・回路基板間変動：

$$S_\gamma = \sum_{i=1}^{a=20} \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 (x_{ijk} - \bar{x}_{ij.})^2 = \sum_{i=1}^{a=20} \sum_{j=1}^2 (x_{ij1} - x_{ij2})^2$$

$$= \boxed{}$$

- ・バッチ間変動：

$$S_\beta = \sum_{i=1}^{a=20} \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 (\bar{x}_{ij.} - \bar{x}_{i..})^2 = 2 \sum_{i=1}^{a=20} \frac{1}{2} (\bar{x}_{i1.} - \bar{x}_{i2.})^2$$

$$= \sum_{i=1}^{a=20} (\bar{x}_{i1.} - \bar{x}_{i2.})^2$$

$$= \boxed{}$$

- ・直間変動：

$$S_{\alpha} = \sum_{i=1}^{a=20} \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 (\bar{x}_{i..} - \bar{x}_{...})^2 = 4 \sum_{i=1}^{a=20} (\bar{x}_{i..} - \bar{x}_{...})^2$$

$$= \boxed{}$$

- ・総平方和：

$$S_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 (\bar{x}_{ijk} - \bar{x}_{...})^2$$

$$= \boxed{}$$

手順 5 分散分析表の作成

分散分析表を作成すると表 5 のようになる。

表 5 分散分析表

要因	平方和 S	自由度 ϕ	平均平方 V	$E(V)$
直 (α)				$\sigma_Y^2 + 2\sigma_{\alpha}^2 + 24\sigma_{\alpha}^2$
バッチ (β)				$\sigma_Y^2 + 2\sigma_{\beta}^2$
回路基板 (γ)				σ_Y^2
合計				

手順 6 分散成分の推定

- ・直間変動の分散成分：

$$\hat{\sigma}_{\alpha}^2 = \frac{V_{\alpha} - V_{\beta}}{4} = \boxed{}$$

- ・バッチ間変動の分散成分：

$$\hat{\sigma}_{\beta}^2 = \frac{V_{\beta} - V_{\gamma}}{2} = \boxed{}$$

- ・回路基板間変動の分散成分：

$$\hat{\sigma}_Y^2 = V_Y = \boxed{}$$

手順 7 対策の順位付け

直間変動，バッチ間変動，回路基板変動のうち，どこから攻めるか優先順位をつける．

1 位：_____，2 位：_____，

3 位：_____

問 2.2 【問 1.4】での優先順位で改善できた場合における工程能力指数を推定しなさい．
ただし，ここでは，「改善できた場合，該当する分散成分の値が 0 になる」として推定しなさい．

ライン 2 からランダムにサンプリングした回路基板の現状の分散は，

$$\hat{\sigma}^2 = \hat{\sigma}_\alpha^2 + \hat{\sigma}_\beta^2 + \hat{\sigma}_Y^2 = \boxed{}$$

である．【問 1.4】において優先順位 1 位の変動を改善できたとすると，その改善後の回路基板の分散と工程能力指数は，

$$\hat{\sigma}_{New1}^2 = \boxed{}$$

$$C_p = \frac{S_U - S_L}{6\sqrt{\hat{\sigma}_{New1}^2}} = \boxed{}$$

である．【問 1.4】において優先順位 1 位および 2 位の変動を改善できたとすると，その改善後の回路基板の分散と工程能力指数は，以下ようになる．

$$\hat{\sigma}_{New2}^2 = \boxed{}$$

$$C_p = \frac{S_U - S_L}{6\sqrt{\hat{\sigma}_{New2}^2}} = \boxed{}$$

問 2.3 全体をまとめなさい．

以上によってわかったこと、考えられることを一つの流れとしてわかるように以下にまとめなさい．

