

演習問題 5 解答用紙

問 1 表 5.1 のデータは一部であるため、全体のデータを参照し、「A , B それぞれの測定を何回ずつ行っているドリルが、それぞれ何台あるのか」がわかるように（例えば、A を 2 回、B を 2 回測定しているドリルが 30 台など）、まとめて考察せよ。

【測定回数まとめ】

表 5.1 について「測定回数まとめ」の表を作成しなさい。

【得られる情報】

ここから、それぞれの先端部 A , B における調整は 1 回でうまくいっており、再調整が必要になることは { 多い , 少ない } ことがわかる。したがって、先端部 A , B の調整は 回のみで完了し、調整がうまくいったかどうかの確認をするための 回目の調整については、工程を削減することができる可能性が { ある , ない } といえる。これらを調査するためには、調査回数ではなく、良否判定基準の C_{pk} の分布について詳細に調べることにする。

問 2.1 先端部 A , B における初回の測定にもとづく調整前の x 座標における値の C_{pk} について、全体のヒストグラムを作成せよ。また、このとき、「 C_{pk} は正規分布に従う」として考察せよ。

【ヒストグラムの作成】

「 x 座標の C_{pk} についての全体のヒストグラム」を作成しなさい。

【得られる情報】

「 x 座標の C_{pk} についての全体のヒストグラム」から以下の情報が得られる。

- ・分布の形は のようである。
- ・中心の位置は、平均値 $C_{pk} =$ となっており、規格の 1.2 よりも { 大きい , 小さい } 。
- ・ばらつきは、標準偏差で であり、{ 大きい , 小さい } といえる。
- ・規格を下回るのは 個存在する。

問 2.2 初回の測定にもとづく y 座標についての C_{pk} について、全体のヒストグラムを作成し、考察せよ。データは【問 1】で使用した「全体のデータ」に含まれており、表 5.2 の形式である。ここで、「A1x C_{pk} 」とは、先端部 A における初回の測定にもと

づく x 座標の C_{pk} を表す.

【ヒストグラムの作成】

「 y 座標の C_{pk} についての全体のヒストグラム」を作成しなさい.

【得られる情報】

「 y 座標の C_{pk} についての全体のヒストグラム」から以下の情報が得られる.

- ・分布の形は のようである.
- ・中心の位置は, 平均値 $C_{pk} =$ となっており, 規格の 1.2 よりも { 大きい , 小さい }.
- ・ばらつきは, 標準偏差で であり, { 大きい , 小さい } といえる.
- ・規格を下回るのは 個存在する.

以上より, 調整パラメータを求めずに算出した x, y 座標の C_{pk} については, 平均値では規格を { 満足している , 満足していない } が, 40 個程度は規格を { 上回る , 下回る } データが含まれている.

問 2.3 2 回目の測定にもとづく x 座標および y 座標の C_{pk} について, 全体のヒストグラムを作成し, それについて考察せよ.

【ヒストグラムの作成】

「調整パラメータ適用後の x 座標の C_{pk} のヒストグラム」「調整パラメータ適用後の y 座標の C_{pk} 」を作成しなさい.

【得られる情報】

「調整パラメータ適用後の x 座標の C_{pk} のヒストグラム」より, 一部のドリルについては, 規格を満たしていないものもあるが, おおむね良好であることがわかる. 分布は に見える. 中心位置やばらつきの問題が { ない , ある } ように見える.

「調整パラメータ適用後の y 座標の C_{pk} 」より, 分布は に裾を引いているように見える. すべてのドリルについて規格を満たしていることがわかる. 一方で, 中心位置は x 座標の C_{pk} のほうが { 高め , 低め } にある.

【まとめ】

「 x 座標の C_{pk} についての全体のヒストグラム」から「調整パラメータ適用後の y 座標の C_{pk} 」までで, 調整パラメータの適用なしに求めた C_{pk} については x 座標 , y 座標ともに低くなっており, 調整をすべてなくすことは難しいことがわかった. さらに, 調整パラメータ適用後については, ほとんどの C_{pk} について { 規格を満たしている , 規格を満たして

いない } ことがわかる。しかし、 X 座標のいくつかについては、規格を { 下回って , 上回って } おり、全体としても、平均値で あるが、標準偏差が であり、1.2 を超えないものが { ある , ない } ことが想定される。能力が { 不足している , 不足していない } ことがわかったため、2 回目での確認を減らすことも現時点では { 困難, 困難ではない } である。先端部 A , B で層別した C_{pk} のヒストグラムも作成して、今後の方向性を検討する。

問 2.4 先端部 A , B で層別した初回の測定にもとづく「 x 座標の C_{pk} のヒストグラム」を作成せよ。

【ヒストグラムの作成】

「先端部 A,B で層別した x 座標の C_{pk} のヒストグラム」を作成しなさい。

【得られる情報】

「先端部 A , B で層別した x 座標の C_{pk} のヒストグラム」より、先端部 { A , B } のほうが分布の中心位置では良好な状態にあるといえる。しかし、ばらつきについては先端部 { A , B } のほうが大きくなっているように見える。規格を満たさない個数については大差が { ある , ない } ようである。

問 2.5 初回の測定にもとづく y 座標の C_{pk} についても、「先端部 A, B で層別したヒストグラム」を作成せよ。

【ヒストグラムの作成】

「先端部 A,B で層別した y 座標の C_{pk} のヒストグラム」を作成しなさい。

【得られる情報】

「先端部 A , B で層別した y 座標の C_{pk} のヒストグラム」においても、【問 2.4】で作成した「先端部 A , B で層別した x 座標の C_{pk} のヒストグラム」と同様に、先端部 { A , B } のほうが分布の中心位置では良好な状態にあるといえる。ばらつきについては同程度に見える。また、規格を満たさない個数については先端部 A , B で大きな違いが { ある , ない } ようである。

問 2.6 以上にもとづき、分布の形や規格外れの状況を考察して、「2 回目の測定を廃止することが可能かどうか」を考えよ。



問 3.1 「 x 座標の調整パラメータ \bar{x} のヒストグラム」および「 y 座標の調整パラメータ y のヒストグラム」を作成せよ.

【ヒストグラムの作成】

x 座標および y 座標それぞれの「調整パラメータのヒストグラム」を作成しなさい.

【得られる情報】

「 x 座標の調整パラメータのヒストグラム」より, 先端部 A, B とともに { マイナス , プラス } 方向にシフトしていることがわかる. それぞれ, 全体として中心位置は $- \quad \square \quad \mu\text{m}$, $- \quad \square \quad \mu\text{m}$ となっている.

「 x 座標の C_{pk} についての全体のヒストグラム」では, C_{pk} について考察したが, 以下で表される値となる.

$$C_{pk} = \frac{|S_N - \bar{x}|}{3s}$$

(s : 標準偏差 S_N : 上限規格と下限規格のうち, 平均値 \bar{x} に近いほう)

ここで, C_{pk} は「平均値(ここでは調整パラメータのことを指す)と規格の位置関係が適切かどうか」を分子の大きさを評価し, 余裕があれば, 大きな値となる. 分母は, ばらつきに対する評価を行っている. すなわち, 調整パラメータが規格に近いと悪い評価となり, ばらつきが大きいと悪い評価となる. 「どちらの性質が現れているのか」を特定したほうが, 工程の削減を検討するうえでは簡単である.

そこで, 調整パラメータとばらつきの大きさを分けて考えることにした. その結果, 調整パラメータの中心位置は, 「 x 座標の調整パラメータのヒストグラム」のように $\square \quad \mu\text{m}$, $- \square \quad \mu\text{m}$ となっており, 0 とは異なると思われる.

問 3.2 「 x 座標の調整パラメータの中心が 0 となっているか」を検定せよ.

【得られる情報】

「先端部 A での x 調整パラメータが正規分布に従う」と仮定して、50 台のデータをもとに「調整パラメータの母平均 μ が 0 になっているかどうか」を検定する。

手順 1 仮説の設定

H_0 :

H_1 :

手順 2 有意水準 α の設定

$\alpha=0.05$

手順 3 棄却域 R の設定

R :

手順 4 検定統計量の計算

$t_0 =$

手順 5 判定

以上より、先端部 A の x 調整パラメータの母平均は 0 で { ある , ない } といえる。

したがって、 x 座標については、調整パラメータを算出する代わりにすべてのドリルについて μm 、 μm シフトさせることで、調整工程を先端部 A、B について省略することができる可能性がある。一方で、【問 3.1】の「 x 座標の調整パラメータのヒストグラム」より調整パラメータの標準偏差はそれぞれ 程度となっている。

「 y 座標の調整パラメータのヒストグラム」については、先端部 A、B ともに正規分布に見えるが詳しいことはよくわからない。中心位置は先端部 A、先端部 B で { 一致して、異なって } おり、ばらつきの大きさは { 変わらない、変わっている } ように見える。一方で、「 y 座標の調整パラメータのヒストグラム」より調整パラメータの標準偏差はそれぞれ 程度となっている。 x 調整パラメータについてと同様に、調整パラメータをそれぞれ μm 、 μm シフトさせることで、調整工程を先端部 A、B について省略することができる可能性がある。

問 3.3 以上の分析にもとづき、50 台の調整パラメータ \bar{x} 、 \bar{y} の平均をすべてのドリルにあらかじめ設定したとして、 x 、 y 座標をシフトさせた調整パラメータにもとづいて新たに工程能力指数 C_{pk} を計算し、 C'_{pk} として求めよ。また、新たに求めた C'_{pk} のヒストグラムを作成し、「1.2 を超えて十分規格を満たしているかどうか」を検討

せよ。

【得られる情報】

以上より，調整パラメータのデフォルト値をそれぞれ $- \square \sim - \square \mu\text{m}$ とすることで， C_{pk} の改善が見込まれる．なぜなら，調整パラメータの最小値はそれぞれ下限規格の $- \square \mu\text{m}$ となっており，これを中心近くに移動することができるからである．一方で，No.1 のドリルの x 調整パラメータは，もともと \square であった．

【 C_{pk} の計算】

このときの標準偏差 s が 5.80 であったため，工程能力指数は

$$C_{pk} = \square$$

であった．ヒストグラムから求めた \square を正の方向に移動させると， \square となる．このとき， C'_{pk} は

$$C'_{pk} = \square$$

となり，全体調整前の \square から \square と悪化してしまうことがわかった．

【ヒストグラムの作成】

「50 台すべてについて，仮に x 座標を 13.38 シフトしたうえでの C_{pk} を求めたヒストグラム」を作成しなさい．

【得られる情報】

上記で作成したヒストグラムを【問 2.4】で作成した「先端部 A，B で層別した x 座標の C_{pk} のヒストグラム」と比較すると，全体的には値が { 大きく，小さく } なっており，改善しているように見える．しかし，規格を下回るものも存在するため，調整パラメータを一律で \square として検査すると，規格を満たさないものが { 多く存在する，あまり存在しない } ことがわかった．また，先端部 A の y 座標についても，先端部 B の X ， Y 座標についても検討した結果， C_{pk} の改善は見られるものの，規格を満たさないものは存在 { する，しない } ことがわかった．

以上の検討から，現時点で調整パラメータをそれぞれのドリルごとに求めずに規格を満たすことは { 困難だ，困難ではない } と思われる．

【まとめ】

【問 3.1】までの検討から，「調査工程を完全になくすことは難しい」と思われるため，「別の方法で工数を削減できないかどうか」を検討することにした．【問 3.2】では，「先端部 A，B のそれぞれ 2 回目の測定を廃止できないかどうか」を検討したところ，「廃止するのは難しい」と思われた．さらに，「測定せずに調整パラメータを求められないかどうか」を検討

図 5.1 より、先端部 B の調査工程は、先端部 A の後に行っていることがわかる。すなわち、先端部 B の調整パラメータは、先端部 B を装着して測定を行ったデータにもとづいて求められているものの、先端部 A の調整パラメータから求めることができれば、測定をする必要はないといえる。

【散布図およびヒストグラムの作成】

【得られる情報】

以上から、先端部 { A , B } の調整パラメータは先端部 { A , B } のパラメータを元に算出できる可能性があるため、回帰式を求めて検討する。

目的変数として先端部 **B** の x 座標の調整パラメータを y_x 、 y 座標の調整パラメータを y_y とする。説明変数として、先端部 **A** の x 座標の調整パラメータを x_x 、 y 座標の調整パラメータを x_y と置いて、それぞれに重回帰分析を行う。

7

【散布図の作成】

「 y_x と x_x の散布図」を作成しなさい。

【残差の検討】

以上で得られた回帰式にもとづき、残差の検討を行う。

【ヒストグラムおよびプロットの作成】

「残差のヒストグラム」および「残差の時系列プロット」を作成しなさい。

【得られる情報】

「残差の時系列プロット」から、上昇傾向および下降傾向が { 見られる , 見られない } .
また、外れ値の出方にもパターンがあると { いえる , いえない } . ダービン・ワトソン比は、 $DW = \boxed{}$ となり、2 に近いので前後の残差には相関が { なさそう , ありそう } である。

以上より、先端部 B での x 調整パラメータは、先端部 A での x 調整パラメータから求められることがわかった。

【回帰式の計算】

次に、 y 座標の調整パラメータ y_y について、変数増減法にもとづく重回帰分析をしたところ、 x_y のみが採用され、 $y_y = \boxed{} x_y - \boxed{}$ となった。

【散布図の作成】

「 y_y と x_y の散布図」を作成しなさい。

【得られる情報】

以上より、先端部 B の調整パラメータ y_x , y_y は、それぞれ先端部 A の調整パラメータから求められることがわかった。

問 4.2 先端部 B の \bar{x} と \bar{y} とを表すダミー変数を入れて、回帰式を求めよ。その後、残差を検討し、「回帰式を用いてよいかどうか」を検討せよ。

【ダミー変数による方法】

上記では、 x 座標、 y 座標それぞれに回帰式を算出していた。そこで、 X 座標か Y 座標かを表す変数をダミー変数として導入し、以下で「1 つの回帰式で書けるかどうか」を検討する。

【回帰式の計算】

先端部 B における調整パラメータを y として、目的変数として、A における調整パラメータを説明変数 x とすると、求める回帰式は以下ようになった。

$y =$ x 座標のとき
 y 座標のとき

【プロットと散布図の作成】

上記のときの「残差の時系列プロット」「予測値と残差の散布図」「先端部 A での調整パラメータと残差の散布図」「x 座標, y 座標での層別した残差のヒストグラム」を作成しなさい。

【得られる情報】

上記の「残差の時系列プロット」から、上昇傾向および下降傾向が { 見られない , 見られる } . また、外れ値の出方にもパターンがあると { いえない , いえる } . ダービン・ワトソン比は、 $DW = \boxed{}$ となり、2 に近いので前後の残差には相関が { なさそう , ありそう } である.

また、「予測値と残差の散布図」「先端部 A での調整パラメータと残差の散布図」より、特に傾向は見られないので、新たに説明変数を追加する必要はないように思われる。「 x 座標、 y 座標での層別した残差のヒストグラム」からも、特に問題は見られない。したがって、 x 、 y それぞれに作成した回帰式およびダミー変数を用いた回帰式より、先端部 A で用いたパラメータに対して B では、ほぼそのまま用いてよいことがわかる。ダミー変数を用いた回帰式では、 X 座標の調整パラメータについては 程度のシフトが起こっている。 Y 座標については、このシフトは発生していないため、先端部の変更が X 座標にのみ影響する要因を整理し、検討する必要がある。

問 4.3 以上を整理して、今後とるべきアクションを述べよ。

【得られる情報】

回帰分析の結果から、 X 座標のシフトを除けば、先端部 B の調整パラメータは先端部 A のそれをそのまま用いることが { できる , できない } ように見える．先端部 B に関する調整工程を新たに設けたのだとすると、「そのときに何を検討したのか」を調査し、また「その時点での傾向およびシフトは把握できていたのか」について確認する．

ここでは、先端部 A の調整パラメータにもとづき、「先端部 B の調整パラメータを予測した場合の工程能力指数の分布がどのようになるか」を確認する．次に、それぞれ別々の回帰式にもとづいた調整パラメータについての C_{pk} を求める．このとき、回帰式の残差を用いて以下ようになる．

$$C_{pk} = \frac{|S_N - e|}{3s}$$

【ヒストグラムの作成】

「 X 座標， Y 座標で層別した C_{pk} のヒストグラム」を作成しなさい．

【得られる情報】

以上より，「 X 座標， Y 座標で層別した C_{pk} のヒストグラム」から { 規格を満たしている，規格を満たしていない } ことが確認でき，分布の形から問題が { ある，ない } ように見える． Y 座標については，測定およびパラメータ算出と設定にもとづく C_{pk} の算出は削減 { 可能，不可能 } である．

上記の検討は，これまでの製造データに対する検討のため，「今後の予測として今回の帰式を用いることができるかどうか」はさらに検討が必要である．