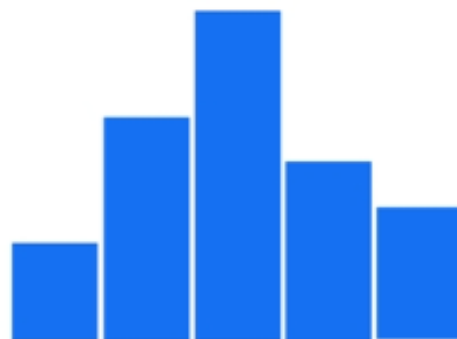


QC手法 [ヒストグラム]

【QC読本 第2章-付録I】

ヒストグラム



ヒストグラム

(1) ヒストグラムとは

ヒストグラムとはある条件の元で採られたデータが、数多く（50～200個くらい）ある時、データがどんな値を中心に、どんなバラツキ方をしているかを調べるのに用いられる図です。柱を立てたような図であるので柱状図とも言われます。

表-1のデータは、薬品の入れ目（充填量）の数値データです。入れ目の平均値はどれくらいで、どんなバラツキ方をしているか調べたい時、表-1のデータを見ただけではわかりませんが、ヒストグラムを作成すると一目でわかるようになります。

表-1薬品の入れ目量（単位：g）

〔下限規格値：8.0g 上限規格値：11.0g〕

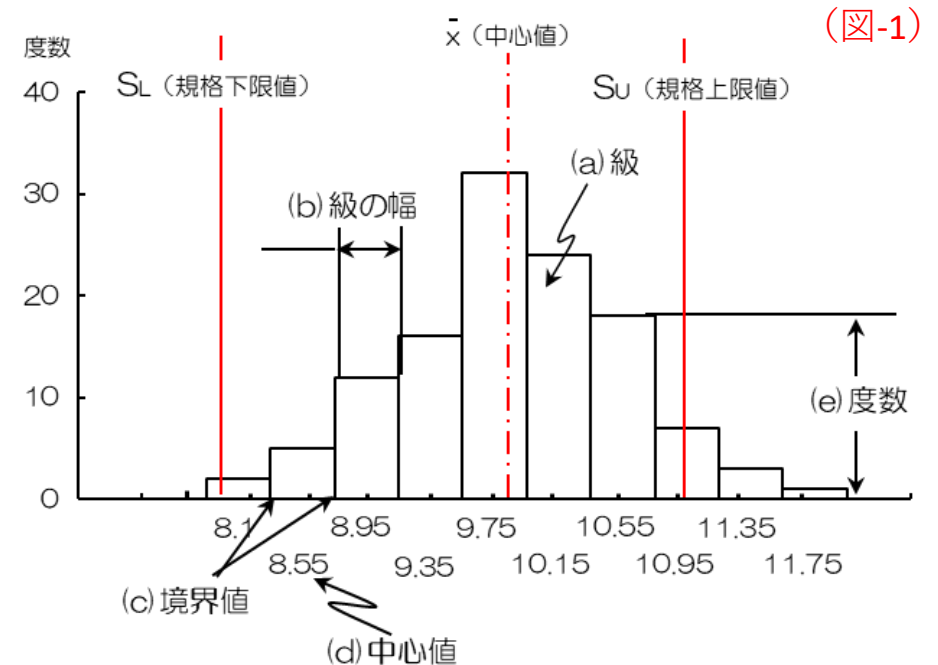
8.9	10.2	10.5	10.6	9.6	10.7	10.1	9.4	10.7	10.2	10.7	8.8
9.6	9.2	9.4	9.6	10.9	9.0	11.8	9.9	9.6	9.2	9.2	10.0
10.0	10.6	10.8	8.8	9.9	9.7	9.4	11.0	10.3	10.7	11.4	9.6
8.4	9.7	9.8	10.9	8.7	10.2	10.4	8.9	9.1	9.7	10.1	10.4
9.7	9.6	10.1	9.3	10.0	8.0	9.4	10.5	9.0	10.6	9.8	11.1
10.8	8.5	9.1	10.3	9.4	9.8	10.0	10.0	10.6	9.8	9.3	8.4
9.9	10.4	9.8	10.7	10.3	9.9	9.8	10.5	9.3	8.9	9.7	10.3
9.5	9.8	10.2	8.6	9.2	10.1	8.9	8.3	9.9	11.1	10.2	9.9
10.3	8.7	9.3	10.0	9.6	9.0	10.2	9.6	11.3	10.1	9.3	9.5
9.2	10.1	9.7	9.9	10.6	11.2	9.7	10.3	10.0	9.9	10.5	9.8

(2) ヒストグラム用語説明

(表-1) のデータをヒストグラムで作成すると下図 (図-1) のようになります。
書き方を述べる前に、書き方の手順の中に出てくる言葉について説明をします。

- (a) 級 : ヒストグラムの1本1本の柱を級と言い、区間とも言います。
- (b) 級の幅 : 各柱に属するデータの範囲を言います。
- (c) 境界値 : 柱と柱とが接している所の値の事で、1つの級(柱)には両隣の級(柱)と接している境界が2つあります。
- (d) 中心値 : それぞれの級(柱)の中心値の事です。
- (e) 度数 : それぞれの級に属するデータの数を言い、柱の高さで示します。

用語については右図を参照
上記データ(表-1)を元にヒストグラムを作成すると右図のようになります。



(3) ヒストグラムの作成手順

ここからヒストグラム (図-1) に至るまでの過程を順序立てて説明いたします。

手順1 データの数 (n) を数えます (今回はn=120)

手順2 最大値 (L) と最小値 (s) を求めます。総数 (n) をいくつかに分け、区分毎の最大・最小を求めてから、全体の最大値と最小値を見つけ出せば簡単にまとめることができます。

表-1 薬品の入れ目量 (単位: g)

[下限規格値: 8.0g 上限規格値: 11.0g]

8.9	10.2	10.5	10.6	9.6	10.7	10.1	9.4	10.7	10.2	10.7	8.8
9.6	9.2	9.4	9.6	○ 10.9	9.0	● 11.8	9.9	9.6	9.2	△ 9.2	10.0
10.0	○ 10.6	○ 10.8	8.8	9.9	9.7	9.4	○ 11.0	10.3	10.7	○ 11.4	9.6
△ 8.4	9.7	9.8	○ 10.9	△ 8.7	10.2	10.4	8.9	9.1	9.7	10.1	10.4
9.7	9.6	10.1	9.3	10.0	▲ 8.0	9.4	10.5	△ 9.0	10.6	9.8	○ 11.1
○ 10.8	△ 8.5	△ 9.1	10.3	9.4	9.8	10.0	10.0	10.6	9.8	9.3	△ 8.4
9.9	10.4	9.8	10.7	10.3	9.9	9.8	10.5	9.3	△ 8.9	9.7	10.3
9.5	9.8	10.2	△ 8.6	9.2	10.1	△ 8.9	△ 8.3	9.9	○ 11.1	10.2	9.9
10.3	8.7	9.3	10.0	9.6	9.0	10.2	9.6	○ 11.3	10.1	9.3	9.5
9.2	10.1	9.7	9.9	10.6	○ 11.2	9.7	10.3	10.0	9.9	10.5	9.8

表-1の薬品入れ目量のデータを縦に区割りし、最大値に○印を最小値に△印を記入し、その合計の中から最大値 (●) 及び最小値 (▲) を求める。

最大値 (L) = 11.8g

最小値 (S) = 8.0g となります。

注) ○印縦軸区分の最大値 △印縦軸区分の最小値

(3) ヒストグラムの作成手順

$$\text{級の数} = \sqrt{120} \div 11 \text{ (今回は10)}$$

手順3 級の数求めます。

級の数 = $\sqrt{\text{データ数}}$ を目安とします。

(右表のように区間数を決めてもよい)

データ数	適切な区間数
50~100	6~10
100~250	7~12
250以上	10~20

手順4 級の幅 (h) を決めます。

次式のように求めます。

$$\text{級の幅} = \frac{\text{最大値} - \text{最小値}}{\text{級の数}}$$

$$\frac{L-S}{10} = \frac{11.8-8.0}{10} = 0.38$$

上記の式で求めると0.38となり、データ
(表-1) の測定単位は0.1で、整数倍の
一番近い値として $h = 0.4$ とします。

手順5 級の中心値と境界値を決めます。級の境界値の一方の端、例えば最小値を含む級から決めていきます。

・ 第1の級の下側境界値 =
最小値 (s) - 測定単位の1/2

$$\text{第1の級の下側境界値} = 8.0 - \frac{0.1}{2} = 7.95$$

・ 第1の級の上側境界値 =
級の下側境界値 + 級の幅 (h)

$$\text{第1の級の上側境界値} = 7.95 + 0.4 = 8.35$$

・ 第1の級の中心値 =
$$\frac{\text{級の下側境界値} + \text{級の上側境界値}}{2}$$

$$\text{第1の級の中心値} = \frac{7.95 + 8.35}{2} = 8.15$$

(3) ヒストグラムの作成手順

手順6 度数表を作成します。

- ・表-2のように級のNo毎に級の境界値、中心値を記入した度数表を作成します。
- ・データ表（表-1）データ数値が度数表（級の境界値）のどこに該当するかを確認し、度数マーク欄へ（/）マークを入れ、全データの級分けを行う。
- ・最後に度数の合計を計算し、総数（n）と合致するかを確かめます。

表-2 度数表

No.	級の境界値	中心値	度数マーク	度数 (f)
1	7.95～ 8.35	8.15	//	2
2	8.35～ 8.75	8.55	###	5
3	8.75～ 9.15	8.95	### ### //	12
4	9.15～ 9.55	9.35	### ### ### /	16
5	9.55～ 9.95	9.75	### ### ### ### ### ### //	32
6	9.95～10.35	10.15	### ### ### ### ///	24
7	10.35～10.75	10.55	### ### ### ///	18
8	10.75～11.15	10.95	### //	7
9	11.15～11.55	11.35	///	3
10	11.55～11.95	11.75	/	1
合計				120

(3) ヒストグラムの作成手順

手順6 度数表の $\langle u \rangle \cdot \langle uf \rangle \cdot \langle u^2 f \rangle$ の計算をします（下図 表-3参照）

- 1) u の計算として、度数（ f ）の一番大きい値を0とし、データ値の小さい方（上方に-1・-2・・・）大きい方（下方には1・2・・・）と記入します。
- 2) uf の合計を求めます。 u と f を掛けた値を uf の欄に記入し、 uf の合計 Σuf を求めます。※ Σ （シグマ）とは合計するという意味の記号です。
- 3) $u^2 f$ の合計を求めます。
 u を二乗し、 f を掛けた値を計算して $u^2 f$ 欄にそれぞれ記入し、 $u^2 f$ の合計を求めます。

表-3 度数分布表

No.	級の境界値	中心値	度数マーク	度数（ f ）	u	uf	$u^2 f$
1	7.95～ 8.35	8.15	//	2	-4	-8	32
2	8.35～ 8.75	8.55	###	5	-3	-15	45
3	8.75～ 9.15	8.95	### ## //	12	-2	-24	48
4	9.15～ 9.55	9.35	### ## ## /	16	-1	-16	16
5	9.55～ 9.95	9.75	### ## ## ## ## ## //	32	0	0	0
6	9.95～10.35	10.15	### ## ## ## ///	24	1	24	24
7	10.35～10.75	10.55	### ## ## ///	18	2	36	72
8	10.75～11.15	10.95	### //	7	3	21	63
9	11.15～11.55	11.35	///	3	4	12	48
10	11.55～11.95	11.75	/	1	5	5	25
合計				120		35	373

Σuf $\Sigma u^2 f$

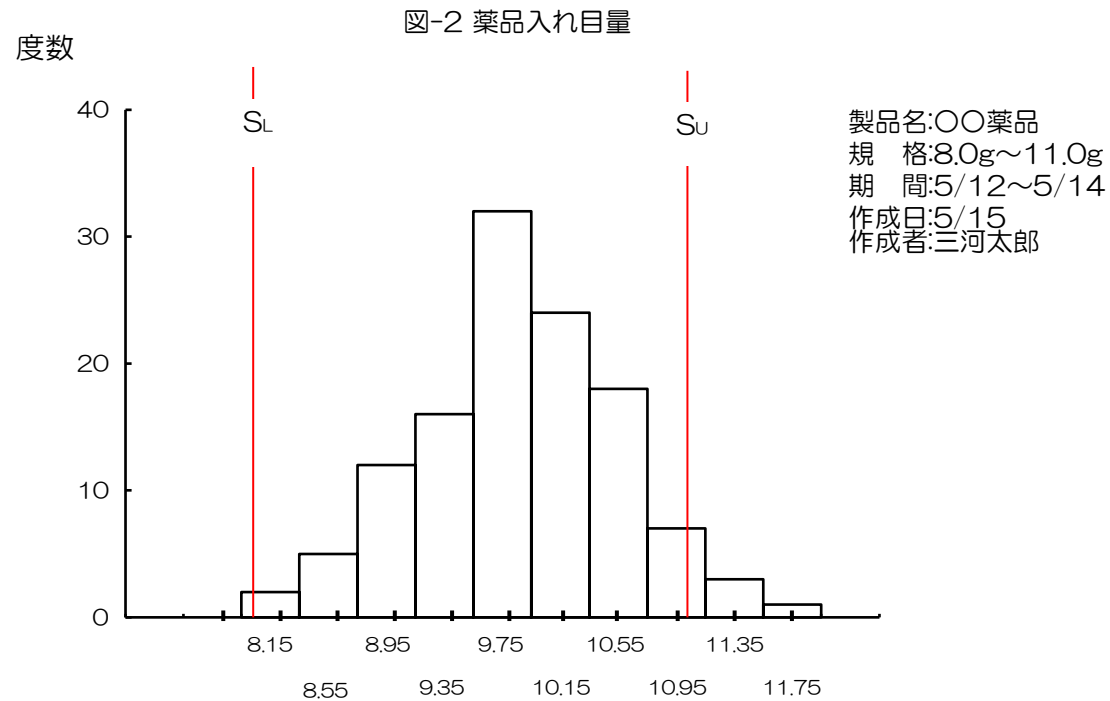
(3) ヒストグラムの作成手順

手順 7

ヒストグラムを作成します。方眼紙の横軸に境界を目盛り、縦軸に度数 f をとり、ヒストグラムを作成します。

この時できるだけ正方形に収まるように書きます。

余白にデータの履歴と総数 n 、規格 (SU・SL) 等を記載しておきます (図-2)



(4) 度数表から平均値と標準偏差を求める

手順1 前ページ（表-3 度数分布表）を基に、平均値・標準偏差を求めます。

度数の最も多いところを仮平均 (x_0) とします

表-3 度数分布表

No.	級の境界値	中心値	度数マーク	度数 (f)	u	uf	u ² f
1	7.95~ 8.35	8.15	//	2	-4	-8	32
2	8.35~ 8.75	8.55	###	5	-3	-15	45
3	8.75~ 9.15	8.95	### ## //	12	-2	-24	48
4	9.15~ 9.55	9.35	### ## ## /	16	-1	-16	16
5	9.55~ 9.95	9.75	### ## ## ## ## //	32	0	0	0
6	9.95~10.35	10.15	### ## ## ## ///	24	1	24	24
7	10.35~10.75	10.55	### ## ## ///	18	2	36	72
8	10.75~11.15	10.95	### //	7	3	21	63
9	11.15~11.55	11.35	///	3	4	12	48
10	11.55~11.95	11.75	/	1	5	5	25
合計				120		35	373

Σuf Σu^2f

1) 平均値の求め方

$$\bar{x} = u \text{ を } 0 \text{ とおいた中心値} + \frac{uf \text{ の合計}}{\text{データ数 (n)}} \times \text{級の幅}$$

〔表-3から〕 $\bar{x} = 9.75 + \frac{35}{120} \times 0.4 = 9.866 \cdots \Rightarrow 9.87$

2) 標準偏差 (s ステールズ) の求め方

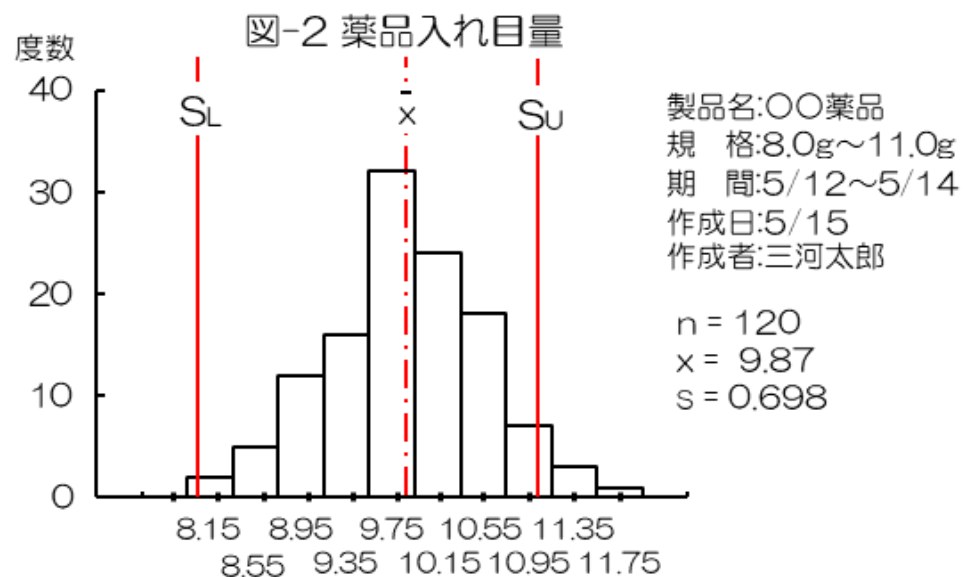
$$s = \text{区間の幅} \times \sqrt{\frac{(u^2f \text{ の合計}) - \{ (uf \text{ の合計})^2 / (\text{データ数}) \}}{(\text{データ数}) - 1}}$$

〔表-3から〕

$$s = 0.4 \times \sqrt{\frac{373 - \{35^2/120\}}{120-1}} = 0.4 \times \sqrt{3.049} = 0.698$$

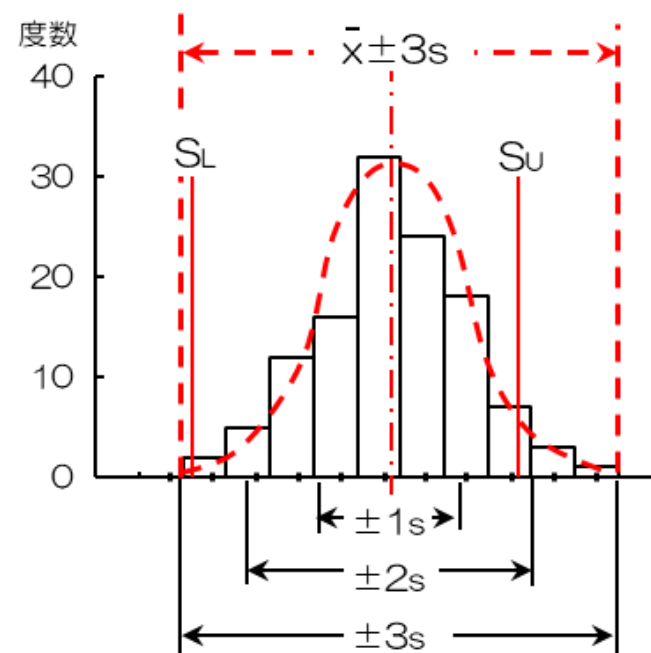
(4) 度数表から平均値と標準偏差を求める

3) 作成したヒストグラムに必要事項を記入する。



〔参考〕

工程が安定しているならば、度数分布から求めた \bar{x} と標準偏差 s を用いて $\bar{x} \pm 3s$ の幅をつくると、この中にほとんど全てのデータが入る事がわかります。



(5) 工程能力指数 (Cp・Cpk)

工程能力のレベルを数量化し、工程能力の有無を判断するために、工程能力指数Cp及びカタヨリを評価したCpkが現場でよく使われています。

工程能力指数Cp・Cpkは次式で求めます。

1) 工程能力指数Cpの求め方

$$C_p = \frac{(\text{上限規格}) - (\text{下限規格})}{6 \times \text{標準偏差 (s)}}$$

〔図-2から〕

$$C_p = \frac{11.0 - 8.0}{6 \times 0.698} = \frac{3.0}{4.188} = 0.716$$

注)
工程能力指数 (Cp) の算出は
両側規格と片側規格では数式が
異なります

〔絶対値記号 “ | | ” 〕
「符号の部分」を取り除いた
「数字の部分」の事を言います。

(5) 工程能力指数 (Cp・Cpk)

2) 工程能力指数Cpk (カタヨリ) の求め方

Cpkを求めるには、先ずカタヨリ (K) を算出する必要があります。

$$K = \frac{| \{ (上限規格) + (下限規格) \} / 2 - (平均値) |}{\{ (上限規格) - (下限規格) \} / 2}$$

$$K = \frac{| \{ 11.0 + 8.0 \} / 2 - 9.87 |}{\{ 11.0 - 8.0 \} / 2} = 0.247$$

〔Cpkの算出〕

$$Cpk = (1 - K) \times \frac{(上限規格) - (下限規格)}{6 \times s}$$

$$Cpk = (1 - 0.247) \times \frac{11.0 - 8.0}{6 \times 0.698} = 0.539$$

(5) 工程能力指数 (Cp・Cpk)

3) 工程能力の有無判断

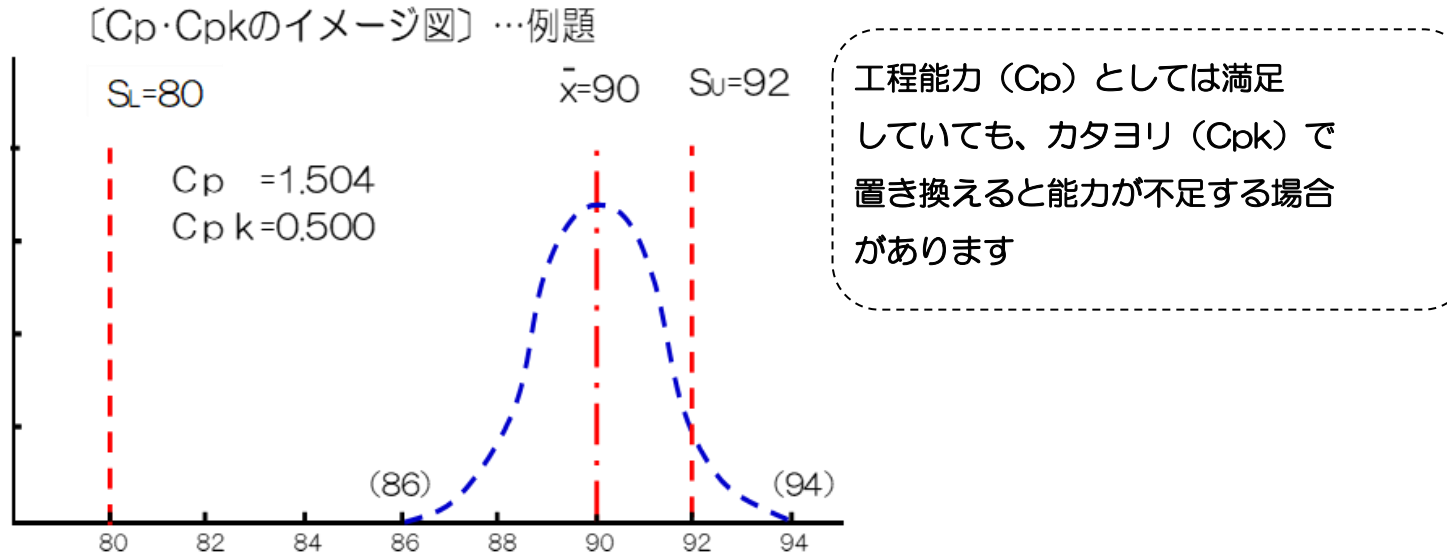
上記計算から工程能力 (Cp) は不足していると言える ($1.00 \geq 0.716$)

同様に工程能力 (Cpk) も不足している ($1.00 \geq 0.539$)

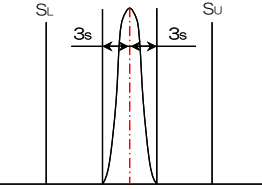
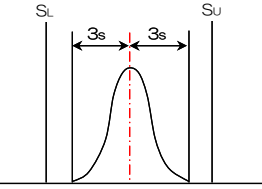
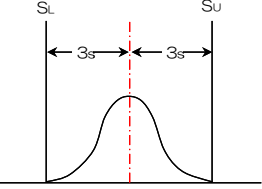
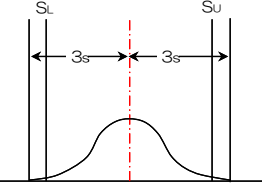
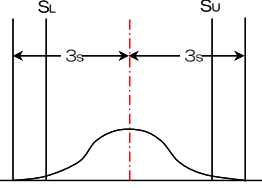
ヒストグラムは、ほぼ正規分布の形になっているので、
全体のバラツキ (標準偏差 s を小さくする) を低減する必要がある。

工程能力の有無判断基準・評価及びヒストグラムの形と見方は、

参考-1, -2をご参照ください。



【参考-1】
工程能力指数(Cp値)の判断基準(評価)

No.	Cp (Cpk) 値	判断基準	処置	図示
1	$Cp \geq 1.67$	工程能力は十分すぎる。 〔製品のバラツキが若干大きくなっても心配ない〕	工程管理の簡素化やコスト低減の方法等を考える必要がある。	
2	$1.67 > Cp \geq 1.33$	工程能力は十分ある。	規格に対して、理想的な状態なので維持に努める。	
3	$1.33 > Cp \geq 1.00$	工程能力は十分とは言えないが、まずまずである。	工程管理をしっかりと行い管理状態に保つ 〔Cpが1に近づくとも規格外れ(不良品)が出る恐れがあるので必要に応じて処置する〕	
4	$1.00 > Cp \geq 0.67$	工程能力は不足している 〔不良品が発生している〕	全数選別や工程の管理・改善を必要とする。	
5	$0.67 > Cp$	工程能力は非常に不足している。 〔とても品質を満足できる状態ではない〕	品質の改善、原因の追究を行い緊急対策を必要とする。または規格の再検討を要す。	

【参考-2】
ヒストグラムの形と見方

	名称・形	形の説明	チェックポイント
(a)	一般型(正規分布)	度数は中心付近が最も多く、中心から離れるに従って徐々に少なくなります(左右が対称です)	一般的に現れる形です。
(b)	歯抜け型・くし歯型	区間の一つ置きに度数が少なくなっており、歯抜けや櫛の歯の形になっています。	区間の幅を測定きざみの整数倍にしたらどうか、測定者の目盛りの読み方に癖がないか等の検討が必要です。
(c)	右(左)すそ引き型	ヒストグラムの平均値が分布の中心より左寄りにあり、度数は左側がやや急に、右側はなだらかに少なくなっています。(左右が非対称です)	理論的・規格値等で下限が押さえられており、ある値以下の値を取らない場合に現れます。例えば不純物の成分が0%に近い場合や不良品数や欠点数が0に近い場合等起こります。
(d)	左(右)絶壁型	ヒストグラムの平均値が分布の中心より極端に左寄りにあり、度数は左側が急に、右側はなだらかに少なくなっています(左右が非対称です)	規格以下のものを全数選別し、取り除いた場合等に起こります。測定のごまかし、検査ミス・測定誤差等がないかを確認してみます。
(e)	高原型	各区間に含まれる度数があまり変わらず、高原状になっています。	平均値が多少異なるいくつかの分布が混じり合った場合に現れる形です。層別したヒストグラムを作って比較してみます。
(f)	ふた山型	分布の中心付近の度数が少なく、左右に山があります。	平均値の異なる2つの分布が混じり合っている場合に現れます。例えば2台の機械間・2種類の原料間に差がある場合等、層別したヒストグラムを作ってみるとその違いがわかります。
(g)	離れ小島型	普通のヒストグラムの右端、または左端に離れ小島があります。	異なった分布からのデータがわずかに混入した場合に現れる形で、データの履歴を調べて工程に異常がないか、測定に誤りがないか、他の工程のデータが入っていないかどうかを調べます。