１．用語

(1)測定値　measured　value；測定によって求めた値

(2)母集団…仮想的な無限に多くの測定値の集まりを測定値の母集団と言います。平均値を中心に左右対称な山形の分布（正規分布）となります。

(3)試料；測定値の母集団からランダムに取った n 個の集まり (M_1、M_2、…M_{n})

(4)母平均…母集団の平均で求められないので試料平均で近似します。

$$\text{母平均≒試料平均}\quad \bar{M} = \frac{M_1+M_2+\cdots+M_{\mathrm{n}}}{n}$$

(5)真の値　true　value…正しい値があることを仮想し、これを真の値といいます。特別な場合を除き求められません。測定には誤差 error が伴います。

(6)誤差＝測定値－真の値

誤差の 2 乗の総和 P を最小にする真の値の推定値 z は次のようになります。

$$P=(M_1-z)^2+(M_2-z)^2+\cdots+(M_{\mathrm{n}}-z)^2 = nz^2-2(M_1+M_2+\cdots+M_{\mathrm{n}})\,z + (M_1^2+M_2^2+\cdots+M_{\mathrm{n}}^2)$$

$$dP/dz = 2\,n\,z - 2(M_1+M_2+\cdots+M_{\mathrm{n}}) = 0$$

$$\therefore\ z = \frac{M_1+M_2+\cdots+M_{\mathrm{n}}}{n}$$

つまり真の値として最も確からしい値は測定値の算術平均となります。

(7)かたより＝母平均－真の値

(8)正確…かたよりの小さい測定を正確であるといいます。かたよりの原因となる誤差を系統誤差といいます。

(9)精密…繰り返し測定すると、測定値がばらつきます。ばらつきの少ない測定を精密といいます。ばらつきの原因となる誤差を偶然誤差といいます。

(10)試料標準偏差 s…母標準偏差 STD（Standard Deviation）の推定値で測定値のばらつきの度合いを示します。

$$s=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{\mathrm{i}=1}^{n}(M_{\mathrm{i}}-\bar{M})^2}$$

$\bar{M}- s<M\mathrm{i}<\bar{M}+ s$　　測定値 n 個のうち約 68.3%がこの範囲

$\bar{M}-2s<M\mathrm{i}<\bar{M}+2s$　　測定値 n 個のうち約 95.5%がこの範囲

$\bar{M}-3s<M\mathrm{i}<\bar{M}+3s$　　測定値 n 個のうち約 99.7%がこの範囲

(11)校正…計器の示す値で、計器を調整して誤差を修正することは含みません。

(12)トレーサビリティ…測定に使用した機器が何を基準に校正したかを追跡し、最終的に国家標準または国際標準にたどり着くことができることを『トレーサビリティが取れている』などと言います。

2.　不確かさ

『ばらついた測定値のある範囲内に真の値がある。』　という考え方で A タイプ評価と B タイプ評価を合成し、合成標準不確かさ Uc を算出し、これを 2 倍（包含係数 K ）して拡張不確かさ U とします。

(1) A タイプ評価 U_1

繰り返し測定した n 個の測定値から、試料標準偏差 s を求めて U_1 を算出します。

$$U_1 = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

(2) B タイプ評価

測定器の発表されているデータからばらつきの分布を推定し計算します。

例 1)　正証明書に包含係数 K＝2 または信頼の水準約 95[%]とあれば測定結果は正規分布すると考え『測定値±‘ばらつきの半幅’』の表示から

$$U_2 = \text{‘ばらつきの半幅’} \times \frac{1}{2}$$

電圧計で 10±0.1[V]なら $U_2 = 0.1 \times \frac{1}{2} = 0.05$ となります。

例 2)　長期安定性に関して、仕様書に 1 年間の確度は±‘ばらつきの半幅’と記載されているとか、　確度に対する分布情報がない場合は矩形分布（一様分布）にばらつくと考え

$$U_3 = \text{‘ばらつきの半幅’} \times \frac{1}{\sqrt{3}}$$ とします。

その他三角分布なら× $\frac{1}{\sqrt{6}}$ 、U 字分布なら× $\frac{1}{\sqrt{2}}$ とします。

(3) 合成標準不確かさ Uc の計算

$$U\mathrm{c} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \ldots + U_{\mathrm{n}}^2}$$

(4) 拡張不確かさ U の計算

正規分布なら、平均値±‘試料標準偏差 s の 2 倍’の間にデータ数の 95.5[%]が存在します。　そこで求めた Uc を 2 倍(包含係数 K＝2)にすると測定値は約 95[%]の確率で拡張不確かさ U の範囲内に測定値が存在すると言えます。

JIS　Z　8103
計測法通講義　東京大学出版会　真島正市、磯部孝
はじめて学ぶ「測定の不確かさ」　JEMIC