測定における不確かさの意味と考え方

産業技術総合研究所　計測標準研究部門
田中秀幸

本講演の目的

- 不確かさ評価は近年各分野において広まってきている。
- ただし，評価法のみが先行して広まり，不確かさ本来の意味や，なぜこのような評価法を用いなければならないのか，ということについてはあまり知られていない。
- 本講演では，不確かさの本来の意味と，その不確かさの意味と結びついている評価法について解説する。

不確かさとは

不確かさ･･･測定の結果に付随した，合理的に測定対象量に結び付けられ得る値のばらつきを特徴づけるパラメータ．（GUM，VIM2）

不確かさ･･･用いる情報に基づいて，測定対象量に帰属する量の値のばらつきを特徴付ける負でないパラメータ。（VIM3）

これの意味を考える。

不確かさとは（GUM, VIM2）

不確かさ・・・測定の結果に付随した，合理的に測定対象量に結び付けられ得る値のばらつきを特徴づけるパラメータ.

↓

不確かさとは測定結果（値）に付くものであって，測定装置につくものではない！！
よって，「測定の不確かさ」と呼ばれる.

不確かさとは（VIM3）

不確かさ・・・（前略）

注記4　一般に，任意の一組の集合の情報に関して，測定不確かさは，測定対象量に帰属する表記された量の値に付随すると理解される。（後略）

↓

不確かさとは測定結果（値）に付くものであって，測定装置につくものではない！！よって，「測定の不確かさ」と呼ばれる．

測定装置の不確かさ？

「不確かさ」は測定結果，つまり値につくものであり，測定器に付くものではない。

しかし，一般的に「はかりの不確かさ」，「マイクロメータの不確かさ」という言い方が良くされる。これは間違いなのであろうか？

「測定器の校正の不確かさ」が便宜的に
「測定器の不確かさ」という使われ方をしている！

校正の不確かさ

先ほどのように，「不確かさ」とは測定結果に付随する「測定の不確かさ」である.

では，「校正の不確かさ」とはなんだろうか？

↓

例えば，マイクロメータを校正するときには，上位標準であるブロックゲージを用いてマイクロメータに値付けを行う.

↓

つまり，ブロックゲージによってマイクロメータの値付けしたときの「測定結果の不確かさ」が「校正の不確かさ」となる.

測定の不確かさと校正の不確かさ

標準分銅

標準分銅の校正証明書

標準分銅の校正の不確かさ

その他要因の不確かさ

合成

天秤

天秤の校正証明書

天秤の校正の不確かさ

その他要因の不確かさ

合成

試薬

試薬の測定結果

天秤を用いて算出した試薬の測定の不確かさ

校正の不確かさと測定の不確かさをきちんと区別し考えること

不確かさの定義

GUM 3.1.2

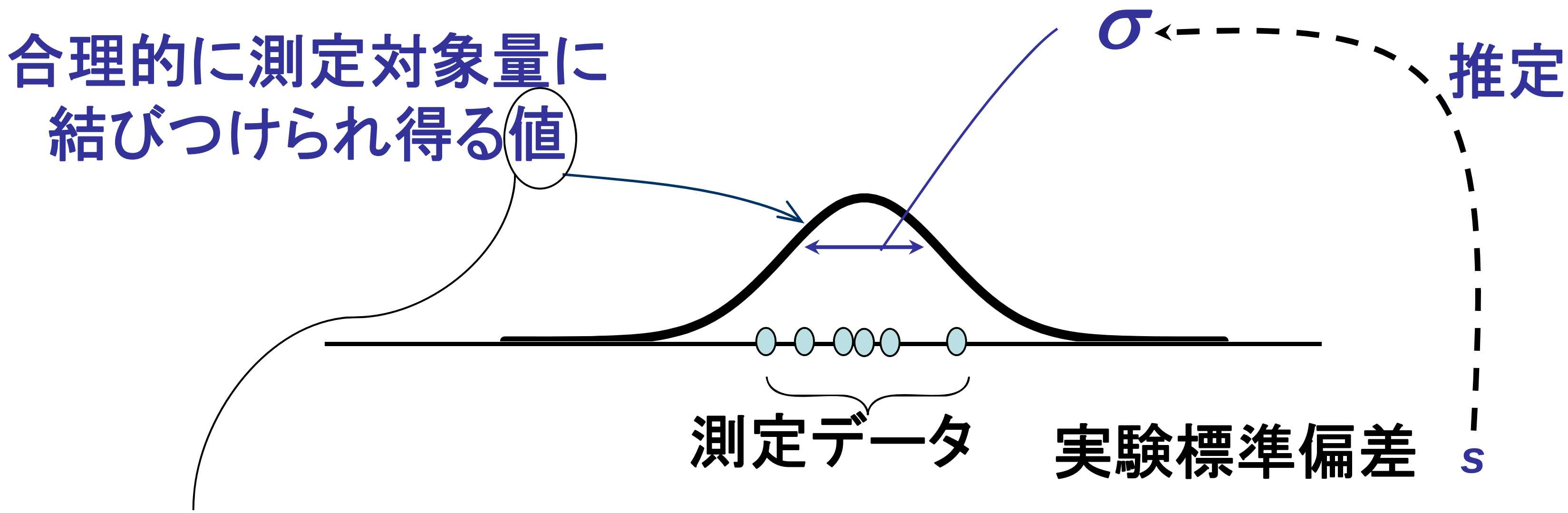
一般に，測定の結果は測定対象量の値の近似値あるいは推定値に過ぎず，このためその推定値の不確かさの記述を伴って初めて完全なものになる．

「合理的に測定対象量に結び付けられ得る値」の「値」は”Values”である．よって，値の候補は一つの値ではなく，複数である．つまり，不確かさの記述によって，値の候補を指し示す必要がある．

不確かさの定義

- 合理的に測定対象量に結びつけられ得る値
- 測定対象量に帰属する量の値

・・・・・・・測定対象量の値の候補



英語では「値」は”Values”と複数形である.

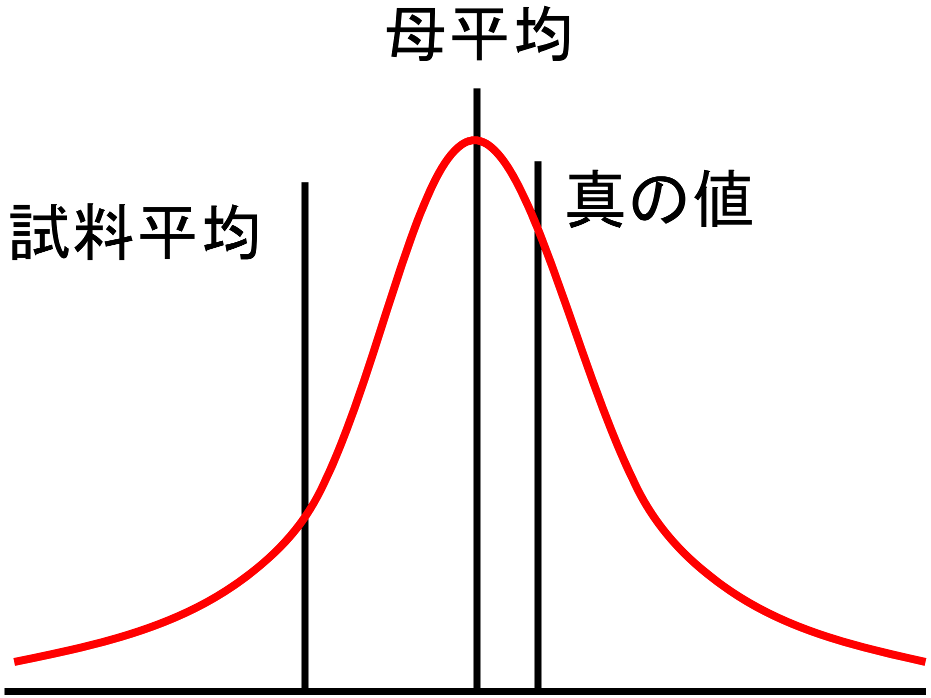
uncertainty (of measurement)

parameter, associated with the result of a measurement, that characterizes the dispersion of the values that could reasonably be attributed to the measurand.

誤差と不確かさの違い(1)

誤差・・・真の値は分かるんだ，という前提

不確かさ・・・私たちが知ることができる知識には限界がある，という前提



誤差と不確かさの違い(2)

GUM　付属書D.1.1

測定を行う第一歩は測定対象量―測定される量―を規定することであり，この測定対象量の規定は値によってではなく，量を記述することによって初めて可能となる。しかし，原理的には，測定対象量を“完全に”記述するためには無限の量の情報が必要である。したがって，測定対象量に解釈の余地が残っている限り，測定対象量の定義の不完全さは，測定の要求精度に比べて大きいかまたは小さいかは分からないが，測定結果の不確かさ成分を生じさせることになる。

誤差と不確かさの違い（3）

GUM　D.2　実現される量

D.2.1・・・測定の実現される量は，理想的には測定対象量の定義と完全に一致するであろう。しかし，多くの場合，このような量を実現することはできず，測定は測定対象量に近い量に対して行われる。

GUM　D.3　“真の”値及び補正後の値

D.3.1・・・あらゆるかたよりを補正した測定結果は，測定対象量の“真の”値の最良推定値と見なされることがあるが，実はこの結果は測定しようとしている量の値に対する最良推定値にすぎない。

GUMでの解説

GUM 3.1.3

実際には，測定対象量の要求仕様すなわち定義は，要求される測定の正確さによって規定される.

（注）測定対象量の定義が完全でないと，測定結果の不確かさの評価に含まねばならないような，十分大きな不確かさの成分を生ずることになる.

定義の不完全さによる不確かさ

- VIM3 2.27　定義の不確かさ（definitional uncertainty）
- ある測定対象量の定義の詳しさが有限であることに起因する測定不確かさの成分。

不確かさとは（VIM3）

不確かさ･･･用いる情報に基づいて，測定対象量に帰属する量の値のばらつきを特徴付ける負でないパラメータ。

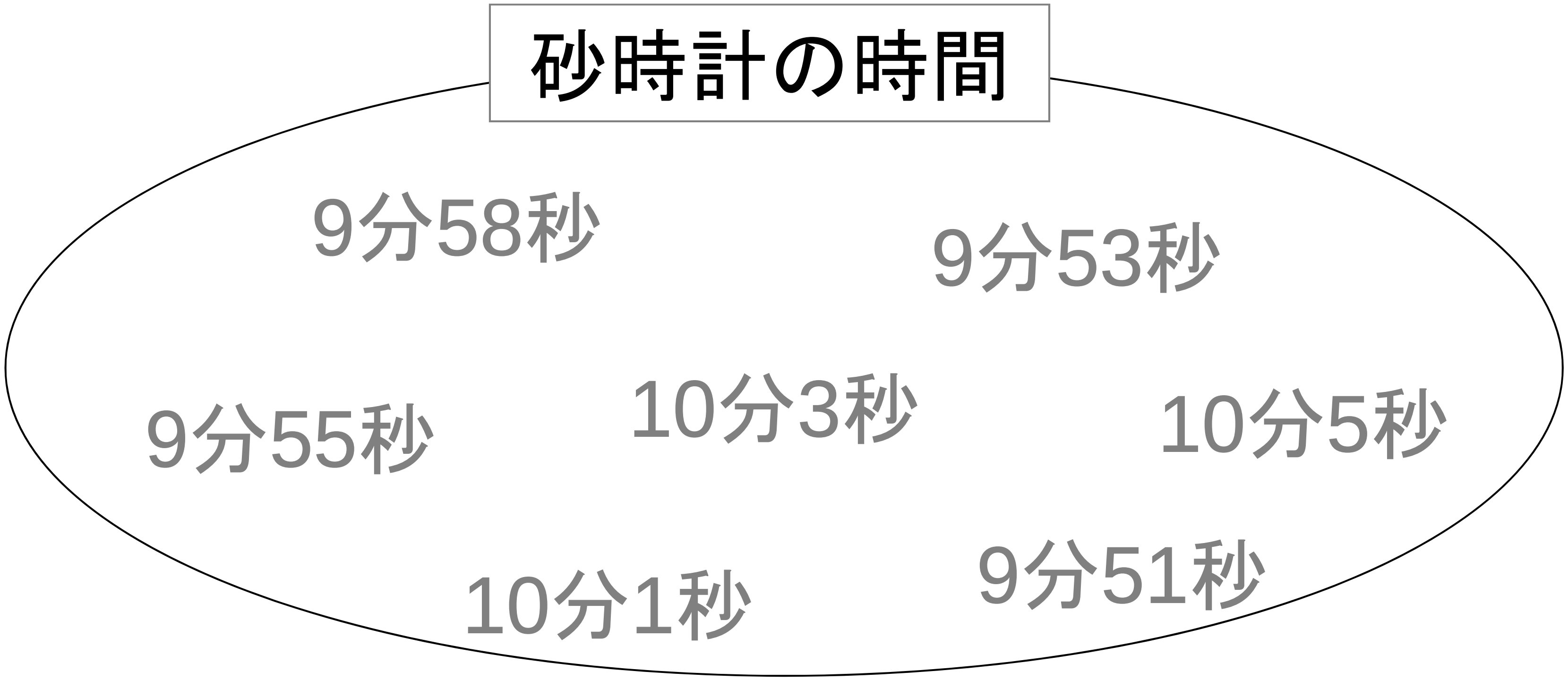
簡単に言うと

不確かさ･･･ばらつきを特徴づけるパラメータ

不確かさは，測定のばらつきを表す！

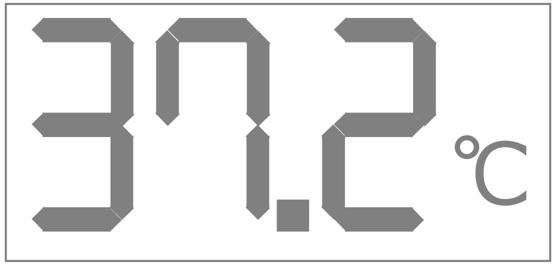
ばらつきとは

同じ測定を繰り返した場合であっても、必ずしも同じ測定結果が得られ続けるとは限らない



ばらつきとは

体温計で体温を測ったら，



と表示された.

これは，体温が37.15 ℃から37.25 ℃の間にあることを示している.

よって，37.15 ℃から37.25 ℃の間で体温がばらついている，と考える.

ばらつきと未知のかたより

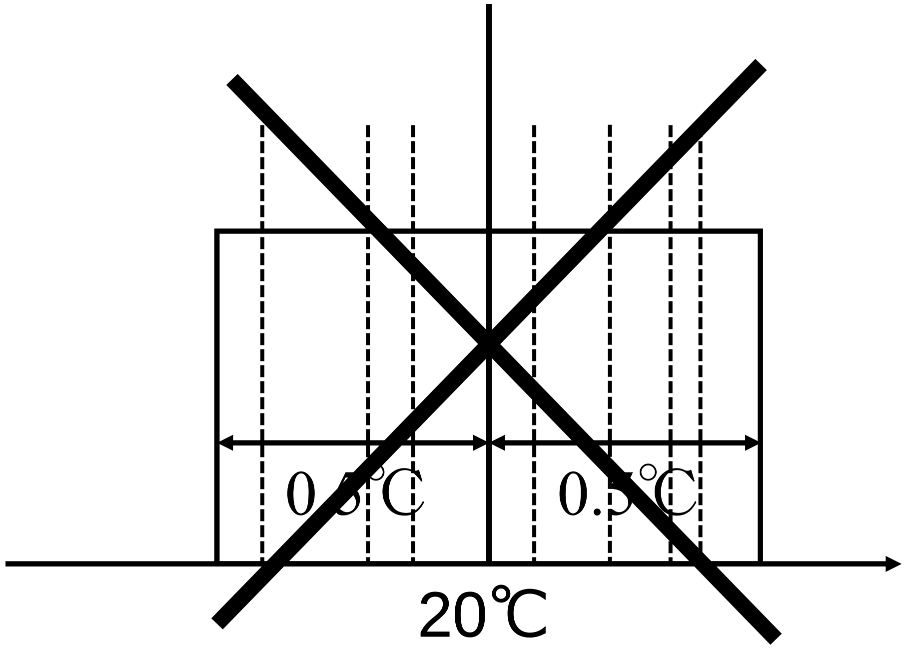
- 不確かさでいう「ばらつき」は普段用いている「ばらつき」とは異なるものも含まれる.

知識の曖昧さから来るもの
・金属棒の長さ測定における室温測定
ディジタル温度計が20℃と表示していた.
これは温度が19.5℃から20.5℃の間に存在するということを表す. つまり, 19.5℃から20.5℃の間のどこかに温度が存在するのであるから, これは20℃からのかたよりである.

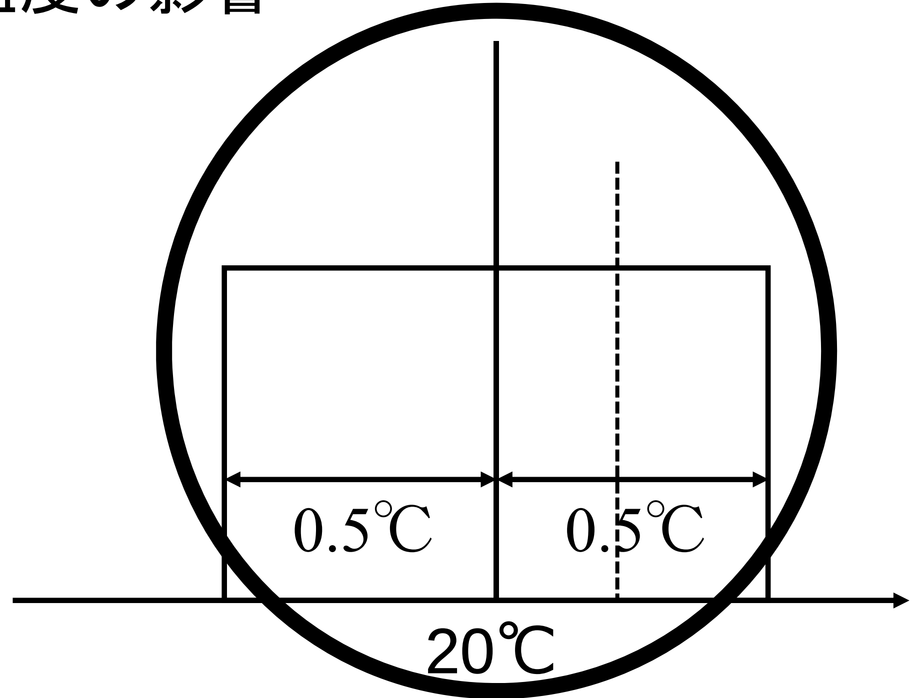
未知のかたより

タイプB評価はほとんど未知のかたよりの評価である。

例：金属棒の長さ測定における温度の影響



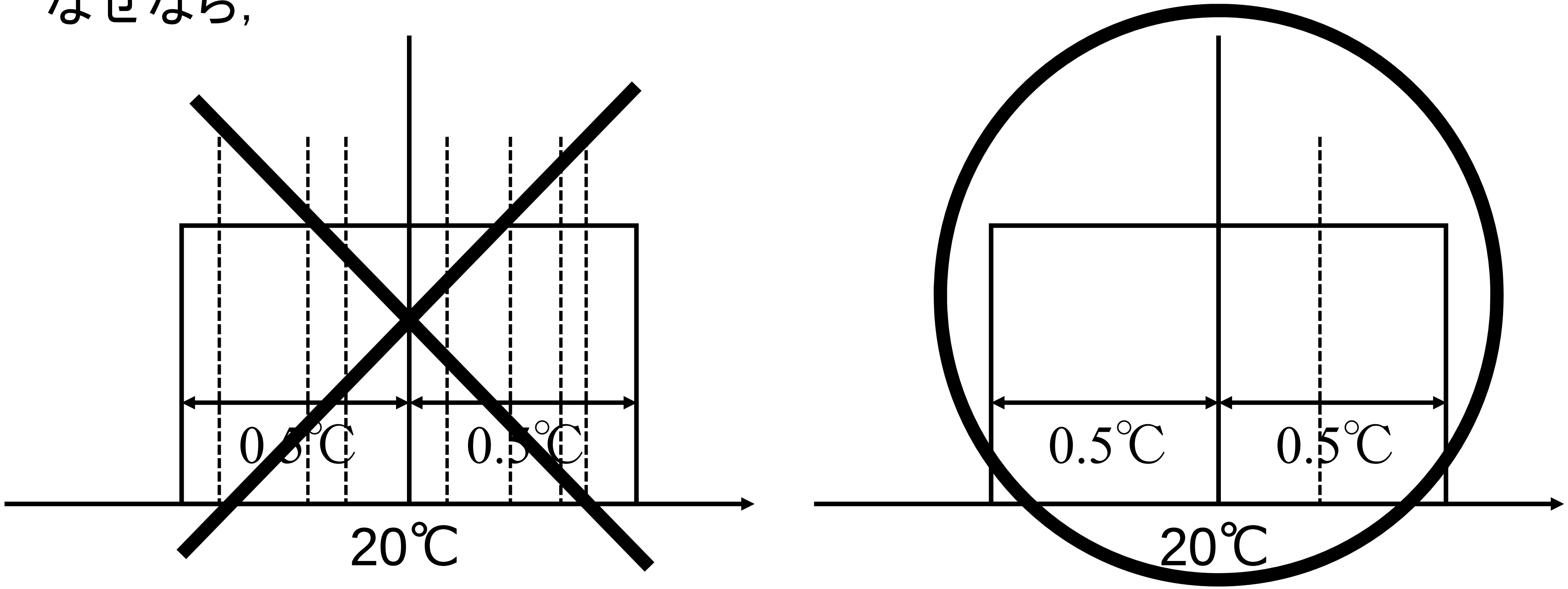
繰り返し測定を行っている間，矩形分布の範囲内で温度がばらついている。



繰り返し測定を行っている間，矩形分布の範囲内のどこかに真の温度が存在しているが，それがどこだかは分からない。

未知のかたより

なぜなら，



左図の状況の場合，長さを繰り返し測定している間に温度が変動しているのであれば，金属棒の長さも変動し，温度のばらつきは長さのばらつきに含まれる。右図の場合，温度は一定であるので，繰り返しのばらつきには温度の影響は含まれない。よって，20℃からのずれ分は別に評価する必要がある。

未知のかたより

不確かさの理解への道筋

初心者：不確かさはばらつきを表すパラメータである。

↓

中級者：不確かさはばらつきと未知のかたよりを表すパラメータで，未知のかたよりはばらつきと同様に標準偏差として表し，両者を区別することなく合成する。

↓

上級者：不確かさを評価するときには，その要因がばらつきとして働くか，かたよりとして働くかを区別して，測定結果にはどのような要因が含まれる・含まれないかを判断し，評価漏れ，ダブルカウントを避ける。

未知のかたより

E.3: 不確かさのすべての成分を同等に扱うことの妥当性

E.3.4　次の例を考える。zがただ一つの入力量wに従属し，$z=f(w)$とする。ここに，wはn個のwの値をw_kの平均値から推定される。これらn個の値は確率変数qのn個の独立な繰返し観測値q_kから求められ，w_kとq_kは次の式で関係付けられる。

$$w_k = \alpha + \beta q_k$$

ここに，αは各観測値に共通する一定値の“系統的”なオフセットまたはシフト，βは共通の比例係数である。個のオフセットと比例係数は，観測期間中一定であるが，先験的確率分布に従うものと仮定され，αとβはこれらの分布の期待値の最良推定値である。

＜中略＞

＜（著者挿入）不確かさの伝播則の式から＞次の式が得られる。

$$u^2(z) = u^2(\alpha) + \bar{q}u^2(\beta) + \beta^2 \frac{s^2(q_k)}{n} \quad \text{(E.6)}$$

未知のかたより

E.3：不確かさのすべての成分を同等に扱うことの妥当性

$$u^2(z) = u^2(\alpha) + \bar{q}u^2(\beta) + \beta^2 \frac{s^2(q_k)}{n} \qquad \text{(E.6)}$$

ここに，$s^2(q_k)$は＜中略＞観測値q_kの実験分散であり，$\frac{s^2(q_k)}{n} = s^2(\bar{q})$ は平均値 $\bar{q}$ の実験分散である。

E.3.5　従来の用語では，式(E.6)の右辺第三項は，普通，観測値の数nが増加するにつれて減少するため，推定分散$u^2(z)$に対する“偶然的”な寄与と呼ばれ，一方，第一項と第二項は，nに依存しないため“系統的”な寄与と呼ばれる。＜後略＞

未知のかたより

つまり不確かさの成分によっては測定を繰り返すことによって$\sqrt{n}$分の1の割合で減少する繰り返した際に現れるばらつき以外に，観測期間中一定であるが，その値は何らかの確率分布に従う系統的効果から発生する成分も存在する，ということである。またこの成分は，観測期間中一定であるということから，かたより成分であるが，そのかたよりの大きさは，先験的確率分布に従うということから，大きさを確定することができない，つまり「未知のかたより」である。

「かたより」を知るためには

GUM 3.2.2･･･ある測定結果の偶然誤差を補正することは可能ではないが，観測の回数を増やすことによって減少させることが通常行われる．その期待値は0である．

ばらつきは繰り返し回数を増やすことによって減らすことができる．

GUM 3.2.3･･･系統誤差は，補正を行うことによって減少させることができる．補正後は，系統効果によって生ずる誤差の期待値は0であると考えられる．

かたよりは補正を行うことによって減らすことができる．しかし，補正を行うには，正しい（と考えられる）値と測定結果を比較する必要がある．

繰り返し測定だけではかたよりに気づくことはできない！

ダブルカウントの判定

繰り返し以外の不確かさ要因は，ばらつきなのか，未知のかたよりなのかをチェック．

↓

その要因が繰り返し測定に対してかたよりとして作用しているのであれば，不確かさ要因として考慮．

長期間にわたる繰り返し測定のみで不確かさを評価することは，原理的にはおかしいことではない．すべての不確かさ要因がばらついている条件下で繰り返し測定を行えばよい．しかし，すべての要因がばらついているという条件は絶対に達成できない．
ばらついていない要因は他の不確かさ要因として評価する。

例　標準器の校正の不確かさは未知のかたよりである．

繰り返し測定と過小評価

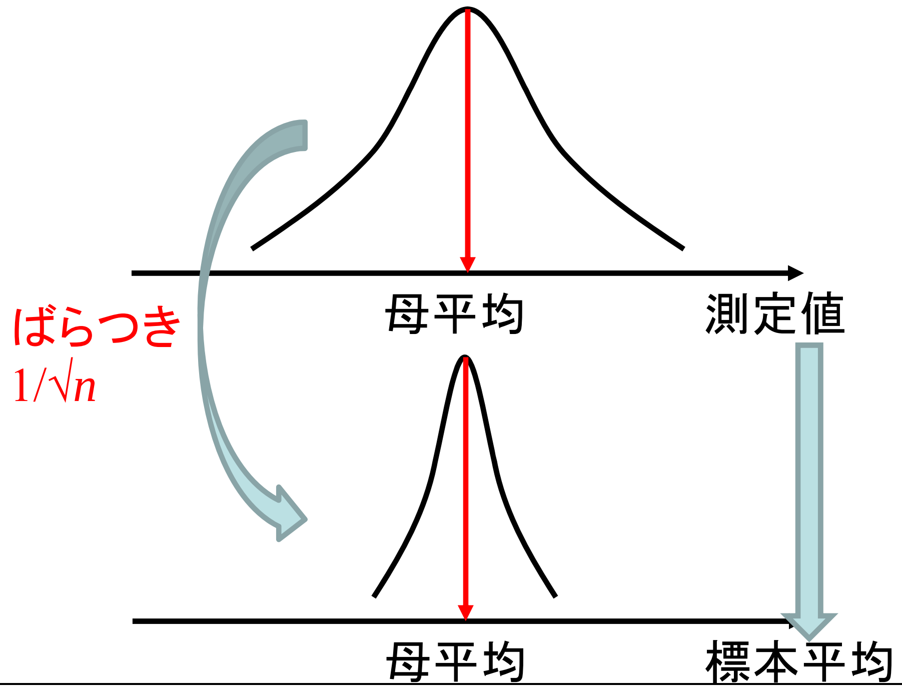
- 繰り返し測定を行い，標本標準偏差を求め，それを測定回数の平方根で割って，標本平均の標本標準偏差を求めた。
- しかし，10回の繰り返し測定を行ったとすると，標本標準偏差を√10で割ることとなり，非常に小さな値となってしまい，過小評価だと思われる。
- よって，√10で割らない単なる標本標準偏差を繰り返し測定の標準不確かさとした。

繰り返し測定と過小評価

- よって，√10で割らない単なる標本標準偏差を繰り返し測定の標準不確かさとした。

絶対にしてはいけない！！不確かさ評価の間違い！！

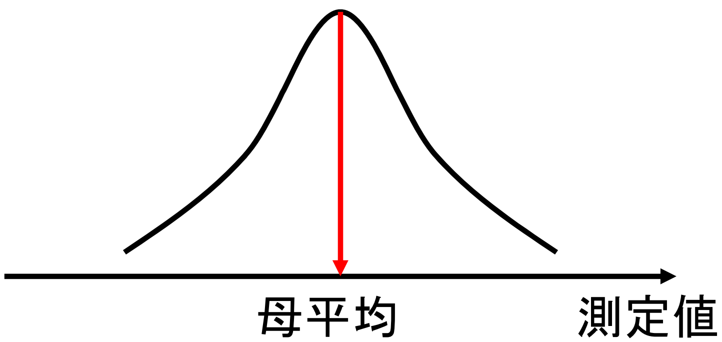
繰り返し測定は，何のために行っているのか？



この母平均の推定値である標本平均が知りたい。よって，繰り返し回数が多くなれば，母平均の推定精度があがるのは当然！

繰り返し測定と過小評価

- そもそもなぜ過小評価だと感じるのだろう？



校正証明書に記載する値は母平均の推定値であり，その推定精度を表すのが不確かさである。

つまり，母平均の推定精度としては正しいが，校正された標準器等が，下位の事業者に受け渡され，使用するときを考える。そうするともしかすると，下位の事業者では標準器を1回しか測定しないかもしれない。そのとき校正の不確かさを$1/\sqrt{n}$で割ったものを採用していると，明らかに過小評価になる。

繰り返し測定と過小評価

- そもそもなぜ過小評価だと感じるのだろう？

ただし，標準器を測定したときのばらつきは本来下位の事業者が求めるべきものである。
そうはいっても，下位の事業者がそこまで理解しているかどうかは分からない。よって安全のため，下位の事業者が1回しか測らなかったときのことを考えて，標準器の測定のばらつきを更に合成し校正値の不確かさとすることを考える。このとき校正の不確かさは，

$$u^2 = u_{\mathrm{Other}}^2 + \frac{u_{\mathrm{Repeat}}^2}{n} + u_{\mathrm{Repeat}}^2$$

となる。

その他の要因の不確かさ	校正時の繰り返しの不確かさ	下位の事業者が1回しか測定しないときの不確かさ

繰り返し測定に含まれるばらつき

通常校正する際には5回の繰り返し測定を行って値付けしているが，日によって微妙に値が異なるため，日間変動を分散分析によって知りたい。

実験：

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
1日目	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	$\bar{x}_1$
2日目	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}	x_{25}	$\bar{x}_2$
3日目	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{34}	x_{35}	$\bar{x}_3$
4日目	x_{41}	x_{42}	x_{43}	x_{44}	x_{45}	$\bar{x}_4$

日間変動の分散：$\hat{\sigma}_{\mathrm{A}}^2$　繰り返しの分散：$\hat{\sigma}_{\mathrm{e}}^2$　全平均：$\bar{\bar{x}}$

不確かさ：$u = \sqrt{\hat{\sigma}_{\mathrm{A}}^2 + \dfrac{\hat{\sigma}_{\mathrm{e}}^2}{5}}$

繰り返し測定に含まれるばらつき

更に考える。

測定値の構造: $\underbrace{x_{ij}}_{\text{測定値}} = \underbrace{\mu}_{\text{真の値}} + \underbrace{\alpha_i}_{\text{日間変動}} + \underbrace{\varepsilon_{ij}}_{\text{測定の繰返しによる変動}}$

i: 日にち（1〜4）,　j: 繰返し（1〜5）

ここで単に日ごとの平均値の標本標準偏差を求めると？

$$s\left(\overline{x}_i\right) = \frac{\sum_{i=1}^{4}\left(\overline{x}_i - \overline{\overline{x}}\right)^2}{4-1}$$

繰り返し測定に含まれるばらつき

$$\overline{x}_i = \frac{\sum_{j=1}^{5} x_{ij}}{5} = \frac{\sum_{j=1}^{5}\left(\mu+\alpha_i+\varepsilon_{ij}\right)}{5} = \mu+\alpha_i+\overline{\varepsilon}_i \qquad \overline{\overline{x}} = \frac{\sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{5} x_{ij}}{4\cdot 5} = \frac{\sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{5}\left(\mu+\alpha_i+\varepsilon_{ij}\right)}{4\cdot 5} = \mu+\overline{\alpha}+\overline{\overline{\varepsilon}}$$

$$s\left(\overline{x}_i\right) = \frac{\sum_{i=1}^{4}\left(\overline{x}_i-\overline{\overline{x}}\right)^2}{4-1} = \frac{\sum_{i=1}^{4}\left\{\left(\mu+\alpha_i+\overline{\varepsilon}_i\right)-\left(\mu+\overline{\alpha}+\overline{\overline{\varepsilon}}\right)\right\}^2}{4-1} = \frac{\sum_{i=1}^{4}\left\{\left(\alpha_i-\overline{\alpha}\right)+\left(\overline{\varepsilon}_i-\overline{\overline{\varepsilon}}\right)\right\}^2}{4-1}$$

ここで，αとεは相関がないとすると，

$$s\left(\overline{x}_i\right) = \frac{\sum_{i=1}^{4}\left(\alpha_i-\overline{\alpha}\right)^2}{4-1} + \frac{\sum_{i=1}^{4}\left(\overline{\varepsilon}_i-\overline{\overline{\varepsilon}}\right)^2}{4-1}$$

となる．

右辺第1項が日間変動の分散，第2項が5回の繰り返しの平均の分散

$$s\left(\overline{x}_i\right) = \frac{\sum_{i=1}^{4}\left(\overline{x}_i-\overline{\overline{x}}\right)^2}{4-1} = \sqrt{\hat{\sigma}_{\mathrm{A}}^2+\frac{\hat{\sigma}_{\mathrm{e}}^2}{5}} = u$$

不確かさを求めるだけなら，これでよい。

タイプAとタイプBの違い

3.3.3
不確かさの成分を「タイプA」と「タイプB」に分ける。これは「偶然」「系統」に代わるものではない。「タイプA」「タイプB」は評価方法によって分けられ，「偶然」「系統」はその要因の特性によって分けている。よって，ある要因がタイプAの手法によってもタイプBの手法によっても評価することができる。

タイプAとタイプBの違い

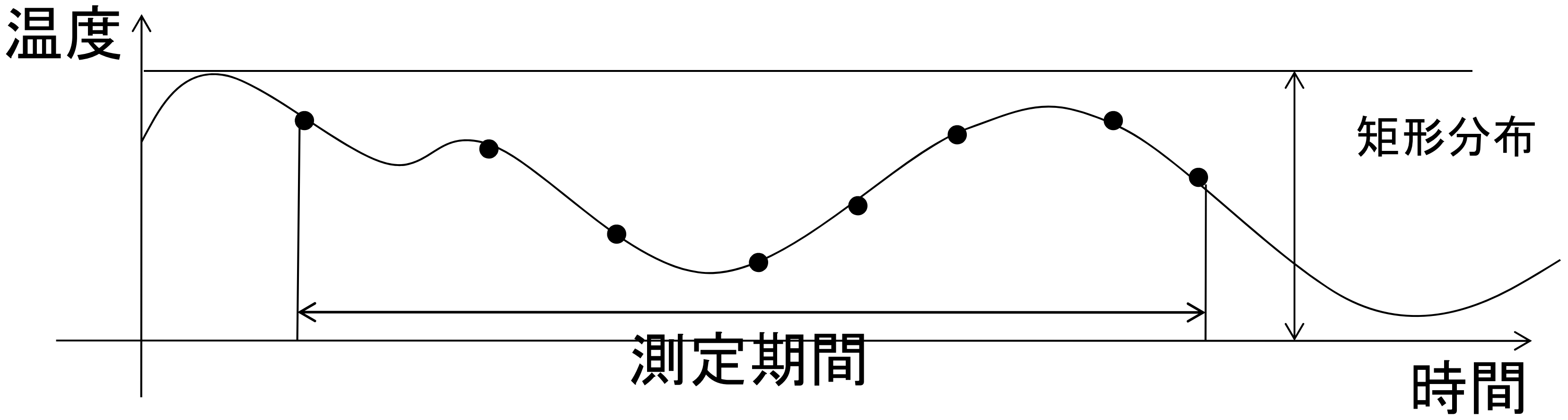
3.3.3（注）
ある不確かさの成分は場合によって「偶然成分」となることも「系統成分」になることもある.

↓

不確かさの成分を評価する方法を分類する方が不確かさの成分自身を分類する方よりも曖昧さを避けることができる.

偶然成分・系統成分

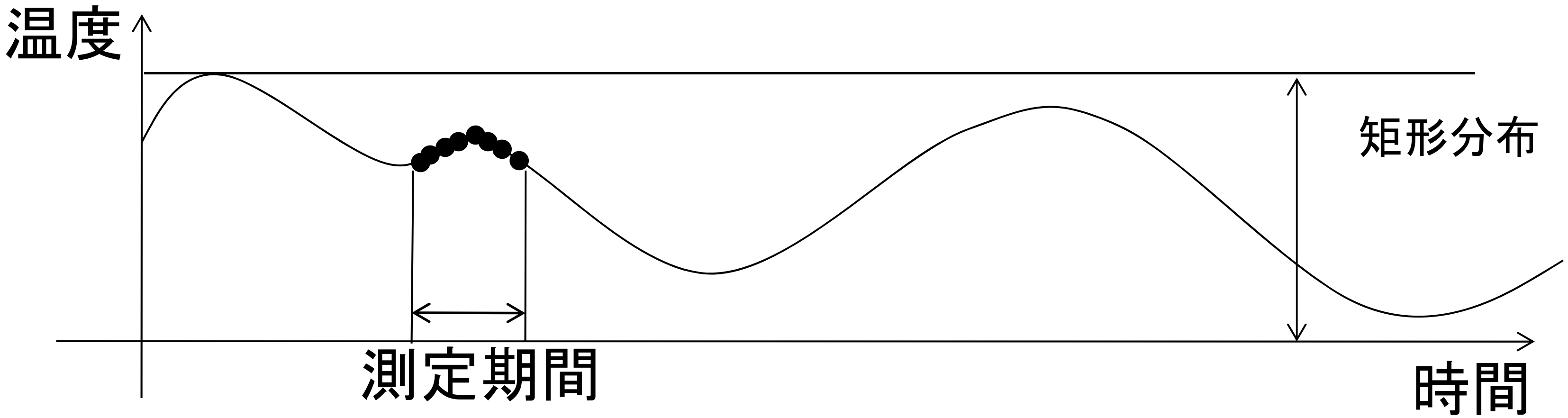
温度変動によって測定結果が変動する。



温度の要因がばらつきとして作用する

偶然成分・系統成分

温度変動によって測定結果が変動する。



温度の要因がかたよりとして作用する

タイプAとタイプBの違い

3.3.4
タイプAとタイプBの分類の目的は，不確かさの成分を評価する二つの異なる方法を明示することであり，また議論の便宜だけのためである．すなわち，この分類は，二つのタイプの評価を理由に，成分の性質に差があるということを示すものではない。

タイプAとタイプBには本質的な差があるわけではない．

タイプAとタイプBの違い

タイプA評価
測定データから測定結果の標本標準偏差を求め，それを測定の母集団の母標準偏差の推定値とする。

タイプB評価
これまでの知識，経験等からある量に対する母集団を推定し，その推定された母集団の母標準偏差を求める。

結局やっていることは，両方とも母標準偏差の推定値を求めているだけ。算出された母標準偏差の推定値には何の違いもない。

不確かさの評価法について

Q:GUMには不確かさの評価法の基本的な方法しか載っていない。よって，同じ量を測定していても人によって不確かさ評価方法が異なったりすることがあるが，それでよいのか？

A:測定方法がほぼ解釈の余地がないほど厳密に規格に示されていて，どこの誰が測定を行っても同じ値となる，という測定以外では，そもそも同じ評価方法を用いなければならない，という考えのほうがおかしい。
どのような不確かさ評価を行ったかという情報が，その測定に対してどの程度習熟しているか，という情報と対応している。

不確かさの評価法について

GUM 3.4.8
このガイドは不確かさを評価する枠組みを提供するが，それは厳密な思考，知的な誠実さ，そして専門的技能に取って代わることはできない。不確かさの評価は定型的な仕事でもなく，また純粋に数学的なものでもない。それは測定対象量や測定の性質についての知識の詳しさに依存する。したがって，測定の結果に付ける不確かさの質及び効用は，その値付けに携わる人々の理解，鑑識眼のある解析，そして誠実さにかかっている。

不確かさの推定精度

繰り返しをn回行い，その測定結果から標本標準偏差を算出した。そのときの標本標準偏差は母標準偏差をどの程度うまく推定できているのか？

測定値がどの程度ばらつきを持つのか？ → 測定値の母標準偏差$\sigma(x)$

標本平均がどの程度ばらつきを持つのか？ → 標本平均の母標準偏差

$$\sigma(\bar{x}) = \frac{\sigma(x)}{\sqrt{n}}$$

標本標準偏差がどの程度ばらつきを持つのか？ → 標本標準偏差の母標準偏差$\sigma\{s(x)\}$

不確かさの推定精度

算出された標本標準偏差は母標準偏差の推定値として用いられる。この標本標準偏差の母標準偏差が標本標準偏差の推定精度を表す。これはいわば「不確かさの不確かさ」である。右表は標本標準偏差の母標準偏差を相対値で表している。

$$\frac{\sigma\{s(x)\}}{\sigma(x)}$$

測定回数	不確かさの不確かさ（相対標準偏差）
2	75.6 %
3	52.3 %
4	42.2 %
5	36.3 %
6	32.3 %
7	29.4 %
8	27.2 %
9	25.4 %
10	23.9 %
20	16.3 %
30	13.2 %
50	10.1 %
100	7.1 %

相対合成標準不確かさ

GUM　5.1.6

もしモデル式が $Y = cX_1^{p_1} X_2^{p_2} X_3^{p_3} \cdots X_N^{p_N}$ という形で表わされているならば，合成標準不確かさは，

$$\left[\frac{u_{\mathrm{c}}(y)}{y}\right]^2 = \sum_{i=1}^{N}\left[p_i \frac{u(x_i)}{x_i}\right]^2$$

で求められる.

相対標準不確かさを用いる合成は，不確かさ評価に慣れた人が行った方が良い。

相対合成標準不確かさ

間違いのパターンその1

・測定のモデル式が入力量の積・商で表されていないにもかかわらず相対標準不確かさを用いた不確かさの伝播則を誤用する場合

どのような場合にも相対標準不確かさを用いた不確かさの伝播則が利用できると勘違いしている場合を多々見受ける。

相対合成標準不確かさ

間違いのパターンその1の例

水をコップに入れ，その質量xを測り，コップの質量mを引いて水の質量を求め，水の密度ρで割ることによって，水の体積を求める．

モデル式： $v = \dfrac{x-m}{\rho}$

$$\cancel{\left[\frac{u_{\mathrm{c}}(v)}{v}\right]^2 = \left[\frac{u(x)}{x}\right]^2 + \left[\frac{u(m)}{m}\right]^2 + \left[\frac{u(\rho)}{\rho}\right]^2}$$

ただし，

モデル式： $v = \dfrac{y}{\rho}$

$y = x - m$

$$\left[\frac{u_{\mathrm{c}}(v)}{v}\right]^2 = \left[\frac{u(y)}{y}\right]^2 + \left[\frac{u(\rho)}{\rho}\right]^2$$

$$u^2(y) = u^2(x) + u^2(m)$$

と考えるのは問題ない．

相対合成標準不確かさ

間違いのパターンその2

・不確かさ要因が入力量の和，差で表される場合。

例えばモデル式が $y = x_1 + x_2 + \cdots + x_n$ と表されるとき，伝播則を適用すると，$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^{n} u^2(x_i)$ となるが，この式を変形し，

$$\left[\frac{u_c(y)}{y}\right]^2 = \sum_{i=1}^{n}\left[\frac{u(x_i)}{y}\right]^2$$

と考えることもできる。

しかしこの式を先程の伝播則の式と混同している場合がある。

相対合成標準不確かさ

間違いのパターンその2の例
　測定結果yは測定器の読み値の平均値xをそのまま採用するが，測定場所，測定者が異なることによる不確かさが存在する．（トップダウン法）

測定のモデル式

$$y = x + e_{\mathrm{P}} + e_{\mathrm{H}}$$

伝播則適用

$$u_{\mathrm{c}}^2(y) = u^2(x) + u^2(e_{\mathrm{P}}) + u^2(e_{\mathrm{H}})$$

$$\left[\frac{u_{\mathrm{c}}(y)}{y}\right]^2 = \left[\frac{u(x)}{y}\right]^2 + \left[\frac{u(e_{\mathrm{P}})}{y}\right]^2 + \left[\frac{u(e_{\mathrm{H}})}{y}\right]^2$$

x: 読み値の平均値
e_{P}: 測定場所が異なることによる誤差
e_{H}: 測定者が異なることによる誤差

$$\xcancel{\left[\frac{u_{\mathrm{c}}(y)}{y}\right]^2 = \left[\frac{u(x)}{x}\right]^2 + \left[\frac{u(e_{\mathrm{P}})}{e_{\mathrm{P}}}\right]^2 + \left[\frac{u(e_{\mathrm{H}})}{e_{\mathrm{H}}}\right]^2}$$

相対合成標準不確かさ

間違いのパターンその3

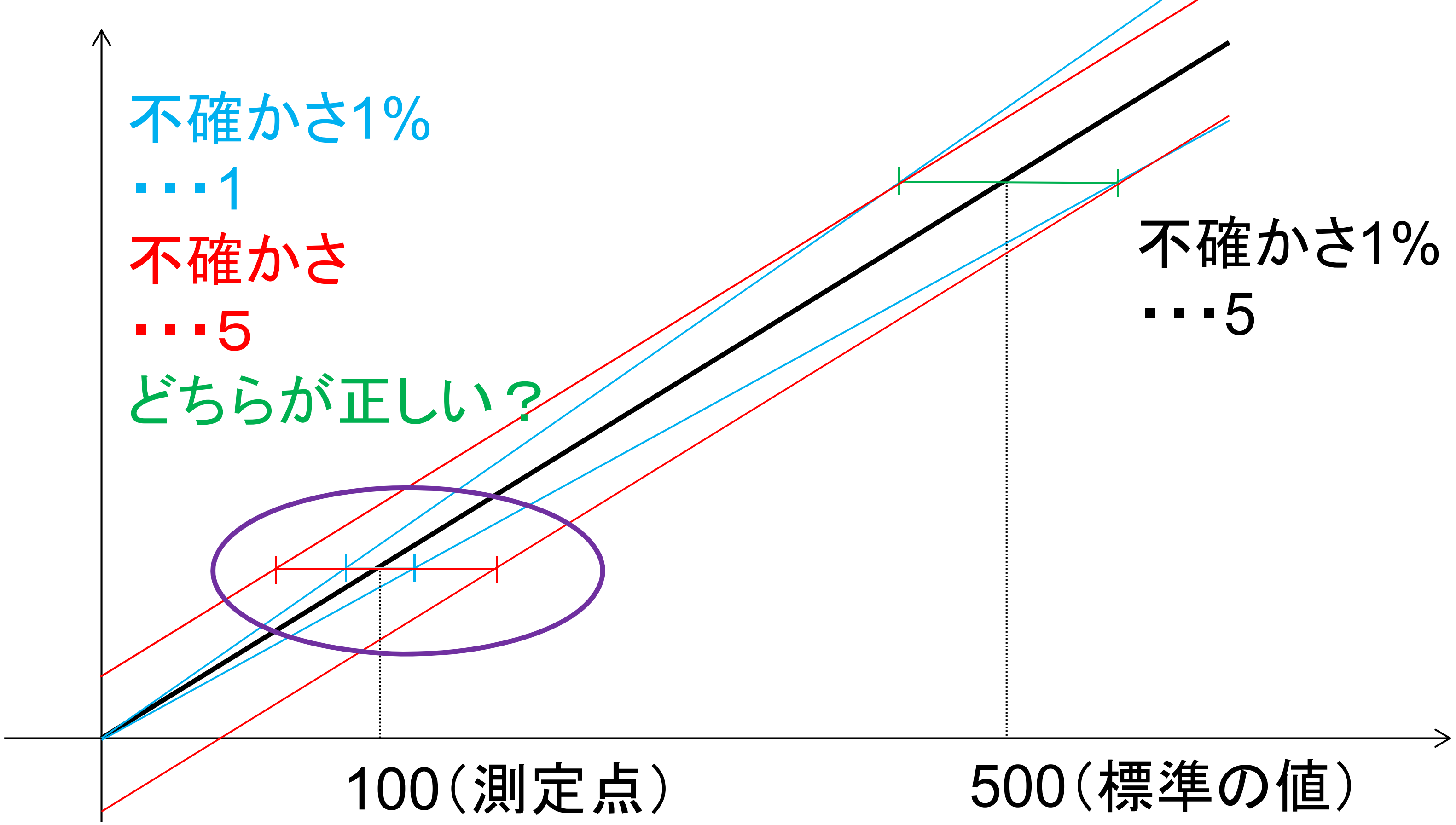
・相対標準不確かさを用いることによって，入力量の値が見えなくなる場合

500という標準の値に対して，標準の校正の不確かさが，相対標準不確かさとして1%であったとすると，標準の校正の標準不確かさの値は5となる。

被校正物に対し値付けを行った結果，その値が100であったとしよう。このときに校正の相対標準不確かさを1%と考えると，標準の校正の標準不確かさは1となってしまう。

相対合成標準不確かさ

間違いのパターンその3



適切に選ぶ必要あり。相対標準不確かさを用いると気がつかない.

最後に

測定結果が完全に正しいということはあり得ない。必ず測定結果には不確かさが存在し，ある値を信用するにも，ある条件・範囲内でのみしか信用することはできない。また，その範囲も本当に信用ができるのかは分からない。

測定は物事をよりよく知るための道具であるが，その道具を過信することなく，利用してほしい。

また，測定結果には必ず不確かさが伴うことからその測定結果の不確かさから引き起こされるリスクも存在することを忘れないでいてほしい。