JCSS
Japan Calibration
Service System

JCSS 不確かさ見積もりに関するガイド

登録に係る区分：長さ
種類：標準尺、直尺及び鋼製巻尺

第 4 版

（JCG201S41－04）

改正：2026 年 4 月 1 日

独立行政法人製品評価技術基盤機構
適合性評価推進センター　認定センター

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

目 次

事例１ 標準尺 3
事例２ 直尺・鋼製巻尺 6

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

事例１　標準尺

（注）本事例は、不確かさの見積もりの一事例を示したものであり、実際には校正事業者は諸条件を考慮して見積もりを行うこと。また、不確かさの成分ごとに見積もられた数値は、校正事業者自らがその根拠を示せることが必要である。

１．　測定の概要

校正された長さ用 633 実用波長安定化ヘリウムネオンレーザ装置を光源とする標準尺校正装置には、目盛検出装置と移動台の移動装置が配置され、装置にセットした被校正標準尺の目盛間の長さを校正する。

２．不確かさの要因

２．１ 標準器に関するもの

(1) レーザ光源の校正値

光波干渉測長に使用する光源レーザの校正値の不確かさは、レーザ波長校正の標準器である長さ用 633 nm よう素分子吸収線波長安定化ヘリウムネオンレーザ装置によって校正されたときの標準不確かさである。

(2) 空気の屈折率の補正

光波干渉測長におけるレーザ光の空気の屈折率の影響は、気温、気圧などが測長値に対して補正される。その補正項Ｃは次の式で表せる。

$$C = (n_s / n - 1)$$

ここで、

n_s：工業標準状態（温度 20 ℃、気圧 101,325 Pa、水蒸気圧 1,333 Pa、二酸化炭素含有率 0.03 %）で空気屈折率、

n ：測定条件下（温度 t ℃、気圧 P Pa、水蒸気圧 e Pa、二酸化炭素含有率 k %）における空気屈折率

である。したがって、

$$C = f\,(t, P, e, k)$$

と表せる。この補正項 C に対して測長値(L)への各成分の不確かさは、以下のとおりである。

$$u(C) = L^2(\partial f / \partial t)^2 u^2(t) + L^2(\partial f / \partial P)^2 u^2(P) + L^2(\partial f / \partial e)^2 u^2(e) + L^2(\partial f / \partial k)^2 u^2(k)$$

① 気温測定

測定に使用する白金抵抗測温体の場合、校正値の標準不確かさは通常 0.01 ℃程度であるが、光路の温度分布、気温変化率、温度計の追随性などを考慮すると 0.03 ℃である。

② 気圧測定

ディジタル気圧計を使用するが、補正の標準不確かさは、0.2 hPa である。

③ 湿度測定

湿度計の校正の標準不確かさ及び光路での分布・変化率などを考慮すると、0.67 hPa (3 %)である。

④ CO_2 測定

測定中の変動を 0.01 % (100 ppm)とする。

（注）空気の屈折率算出式は、Philip E. Ciddor:Refractive index of air: new equations for the visible

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

and near infrared, APPLIED OPTICS, vol.35, No.9, 20 March 1996 を用いることが望ましい。空気の屈折率算出式 Philip E. Ciddor:Refractive index of air: new equations for the visible and near infrared, APPLIED OPTICS, vol.35, No.9, 20 March 1996）の概要は、「ＪＣＳＳ不確かさの見積もりに関するガイド：長さ（ブロックゲージ）　事例 1 ブロックゲージ（光波干渉測定法による）」を参照のこと。

２．２ 校正装置によるもの

(1) 装置の分解能

分解能である 5 nm に対して矩形(一様)分布(5 nm/$\sqrt{12}$)である。

(2) 目盛線検出

1 mm の目盛り間隔をできるだけ短時間に繰り返し測定を実施するとその繰り返しの標準偏差は 20 nm である。

(3) Abbe の条件

Abbe の条件は、$\Delta\theta$=10 μrad (軸ずれ 0.58 mm)である。（メーカ値）

(4) コサイン誤差

レーザのアライメント誤差は、$\Delta\theta$=0.2 mrad である。（メーカ値）

(5) スケールのアライメント

ピント合わせによるスケールのアライメントの限界は$\Delta\theta$=20 μrad である。（メーカ値）

２．３ 校正条件によるもの

(1) 標準尺の温度分布

３個の白金抵抗測温体での温度分布測定の不確かさは、0.015 ℃である。

(2) 標準尺の温度測定

白金抵抗測温体での温度測定の不確かさは、0.03 ℃である。

２．４ 被校正品によるもの

(1) 熱膨張係数

ガラス製の標準尺の熱膨張係数は$(7.6\pm0.1)\times10^{-6}\,K^{-1}$である。熱膨張係数の不確かさは、$\pm(0.1\times10^{-6}\,K^{-1})/\sqrt{3}$である。

(2) 目盛線特性

比較的良い状態での目盛り線での検出特性は、120 nm である。

(3) 焦点はずれ

比較的良い状態での目盛り線での焦点はずれによる目盛り線検出特性は、50 nm である。

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

３．不確かさの評価と表示

２．項の要因及び感度係数より推定された不確かさの計算例は、表１のとおりである。

表１　標準尺校正の不確かさの計算例

要因分類	個別要因	各要因の不確かさ $u(x_i)$	測定値への変換 $\partial f/\partial x_i \cdot u(x_i)$	$u(L_i)$	Type
ﾚｰｻﾞ波長	校正の不確かさ	$\Delta\lambda/\lambda$=1x10^{-8}	$1\times10^{-8}\cdot L$	1x10$^{-8}\cdot L$	B
空気の屈折率の補正	気温測定	0.03 ℃	○○○○$\cdot L$	○○○○$\cdot L$	B
	気圧測定	0.2 hPa	○○○○$\cdot L$	○○○○$\cdot L$	B
	湿度測定	0.67 hPa (3 %)	○○○○$\cdot L$	○○○○$\cdot L$	B
	CO_2 測定	100 ppm	○○○○$\cdot L$	○○○○$\cdot L$	B
校正装置によるもの	装置の分解能	5 nm	$5/\sqrt{12}$ nm	1.4 nm	B
	目盛線検出	20 nm	20 nm	20 nm	A
	Abbe の条件	$\Delta\theta$=10 μrad (軸のｽﾞﾚ 0.58 mm)	0.58$\cdot10^{-6}\cdot10\cdot10^{-6}$	5.8 nm	B
	ｺｻｲﾝ誤差	$\Delta\theta$=0.2 mrad	$L\cdot(2\cdot10^{-4})^2/2$	$1\times10^{-8}\cdot L$	B
	ｽｹｰﾙｱﾗｲﾒﾝﾄ	$\Delta\theta$=20 μrad	$L\cdot(2\cdot10^{-5})^2/2$	$1\times10^{-10}\cdot L$	B
校正条件によるもの	標準尺の温度分布	0.015 ℃	0.015$\cdot$7.6$\cdot10^{-6}\cdot L$	$1.1\times10^{-7}\cdot L$	A
	標準尺の温度測定	0.03 ℃	0.03$\cdot$7.6$\cdot10^{-6}\cdot L$	$2.3\times10^{-7}\cdot L$	B
被校正品によるもの	熱膨張係数	$\Delta\alpha=\pm(0.1\times10^{-6})$K^{-1}	$1\cdot10^{-7}\cdot L/\sqrt{3}$	$5.8\times10^{-8}\cdot L$	B
	目盛線特性	120 nm	120 nm	120 nm	A
	焦点はずれ	50 nm	50 nm	50 nm	A

備考：表中の L は、被校正標準尺の長さ(nm)を示す。

合成標準不確かさ:　$u_c=[\sum_{i=1}^{n}u^2(L_i)]^{1/2}$

$=(○○○○\cdot L^2+○○○○\ \mathrm{nm}^2)^{1/2}$

拡張不確かさ(k=2):　$U=2\times u_c$

$=$ ○○○ μm

参考文献

１．ISO/TAG4「Guide to the Expression of Uncertainty in measurement」、1993
２．計測における不確かさの表現のガイド、日本規格協会、1996
３．今井秀孝、計測の信頼性評価、日本規格協会、1996

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

事例２　直尺・鋼製巻尺

（注）本事例は、不確かさの見積もりの一事例を示したものであり、実際には校正事業者は諸条件を考慮して見積もりを行うこと。また、不確かさの成分ごとに見積もられた数値は、校正事業者自らがその根拠を示せることが必要である。

１．測定の概要

標準器と被校正品の目盛線を突き当てて拡大顕微鏡によってずれを測定する比較方式の直尺・巻尺の校正には次の 3 通りの種類がある。

①標準尺（常用参照標準）による直尺の校正

②標準尺により校正された校正用標準尺（ワーキングスタンダード）による直尺（端面基点）の校正

③標準尺により校正された巻尺校正用直尺（ワーキングスタンダード）による巻尺の校正

本事例では、校正方法①の標準尺（常用参照標準）による直尺の校正及び③の巻尺校正用直尺による巻尺の校正における不確かさについて述べる。

２．不確かさの評価の基本

線度器(直尺・巻尺)の比較測定による本校正の基本は、同じ表す目盛長さをもつ既知の標準器(常用参照標準又はワーキングスタンダード)と、直尺・巻尺との線間長さの差 d(a-b 又は b-a)を比較測定器で測定するものである。即ち、測定の出力は、

$$d = L\,(1 + \alpha\,\theta) - L_S\,(1 + \alpha_S\,\theta_S) \qquad (1)$$

式

である。ここに、

L　　：被校正品の 20 ℃における長さ

L_S　　：標準器の 20 ℃における長さ

α、α_S　：被校正品、標準器の線膨張係数

θ、θ_S　：被校正品、標準器の基準温度(20 ℃)からの差

である。(1)式から、測定量 L は次式によって与えられる。

$$L = [\,L_S\,(1 + \alpha_S\,\theta_S) + d\,] / (1 + \alpha\,\theta)$$

１次の項だけを考慮すると、上式は、

$$L = L_S + d + L_S\,(\alpha_S\,\theta_S - \alpha\,\theta) \qquad (2)$$

式

となる。(2)式は ISO／TAG4「Guide to the Expression of Uncertainty in measurement」 Annex H (以下「ISO ガイド」という)の端度器の校正(H.1)における評価例と同様の測定モデルである。よって、(2)式から求める測定量 L の推定値の合成分散を導く過程については、Annex H1 を参照することにし、ここでは最終的な合成分散について記述する。つまり、測定量の合成標準不確かさ　$u\,(L)$は次式で与えられる合成分散で求められる。

$$u^2_c(L) = u^2(L_S) + u^2(d) + L_S{}^2\,\delta\,\alpha^2\,u^2\,(\theta) + L_S{}^2\,\theta^2\,u^2\,(\delta\,\alpha) + L_S{}^2\,\alpha_S{}^2\,u^2\,(\delta\,\theta) \qquad (3)$$

式

ここで、被校正品と標準器の温度差を $\delta\,\theta = \theta - \theta_S$ と表し、線膨張係数の差を $\delta\,\alpha = \alpha - \alpha_S$ で

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

表した。ISO ガイド「H.1.3」では $\delta\alpha$ の期待値を 0 と推定しているが、本校正では必ずしも同じ材質とは限らないため(3)式では $L_S^2 \delta\alpha^2 u^2(\theta)$ の項を残した。

また、(2)式の関数における二次成分の項を考慮する必要があるため、次の２項目を加える。

$$L_S^2 u^2(\alpha_S)\, u^2(\delta\theta) + L_S^2 u^2(\theta)\, u^2(\delta\alpha)$$

(4)式

(3)式及び(4)式以外の成分として、標準器の経年変化、テーブルの真直度の影響、また巻尺の場合には、張力にかかる誤差成分、端面基点の場合の非直角度等を加え評価を行うものとする。

３．不確かさの成分

不確かさの成分は、以下に示す要因について評価するものとする。

(1) 校正値の不確かさ
  a. 標準器の校正値の不確かさ：$u(L_S)$
  b. 被校正品の校正作業における不確かさ：$u(d)$
    ｱ. 測微器の目盛の不確かさ：$u(d_1)$
    ｲ. 読み取りのばらつき、測定者の違い及び拡大装置の非対称による不確かさ：$u(d_2)$
(2) 環境条件による影響
  c. 線膨張係数の不確かさ：$u(\alpha_S)$
  d. 標準器と被校正品の線膨張係数の差の不確かさ：$u(\delta\alpha)$
  e. 被校正品の温度の偏差の不確かさ：$u(\theta)$
    ｱ. 標準温度(20 ℃)に対する偏差による不確かさ：$u(\theta_1)$
    ｲ. テーブルの位置における温度むらによる不確かさ：$u(\theta_2)$
    ｳ. テーブルと被校正品との温度差による不確かさ：$u(\theta_3)$
  f. 標準器と被校正品との温度差の不確かさ：$u(\delta\theta)$
    ｱ. 標準器と被校正品との温度差による不確かさ：$u(\delta\theta_1)$
    ｲ. 照明装置による温度上昇の不確かさ：$u(\delta\theta_2)$
  g. 二次成分による不確かさ：$u(\alpha_S)\, u(\delta\theta)$、$u(\theta)\, u(\delta\alpha)$
(3) その他の要因
  h. テーブルの真直度の影響における不確かさ：$u(P)$
  i. 標準器の経時変化における不確かさ：$u(Y_S)$
  j. 校正値の丸めによる不確かさ：$u(R)$

４．標準尺（常用参照標準）による直尺校正の各成分における不確かさの評価

(1) 各成分の評価内容
  a. 標準器の校正値の不確かさ：$u(L_S)$

校正証明書に表記の校正の不確かさ(拡張不確かさ(k = 2))から求める。校正明書により校正値の不確かさは 1 m で 0.96 μm とあるので、標準不確かさは、

$$u(L_S) = (0.96\ \mu\text{m}) / 2 = 0.5\ \mu\text{m}$$

となる。

  b. 被校正品の校正作業における不確かさ：$u(d)$

被校正品の校正作業における不確かさには、測微器の目盛の不確かさと被校正品の校正時における読み取りのばらつき、測定者の違い及び拡大装置の非対称による不確かさが考えられる。以下、これらの各不確かさの評価を行う。

ｱ. 測微器の目盛の不確かさ：$u(d_1)$

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

測微器の目盛の不確かさは、測微器の校正に使用する標準尺の不確かさ、測微器自体の不確かさと測定者の読み取りのばらつきが考えられる。校正に使用する標準尺は、外部校正機関により校正されたものであり、校正機関が発行する校正証明書に表記の校正の不確かさから求める。校正証明書により拡張不確かさ(k = 2)は±0.5 μm とあるので、標準不確かさは、0.5 μm / 2 = 0.25 μm となる。

次に、測微器の目盛の誤差を推定するため、表 1 に示す割り付けで実験測定を行い、その結果から不確かさを評価することとする。

表 1　実験の割付

要　因	水準	備　　考
反復　R	2	
目盛の位置 A	5	100 μm 毎の 5 カ所
測定者 B	2	
拡大鏡の反転 C	2	
データ数	40	2×5×2×2

実験の結果を分散分析した結果、名目盛に多少の偏差(最大 1.0 μm)はあるが、実際の校正作業においては補正を行わないので、偏差を含めた誤差分散 VT から標準不確かさを見積もると、0.971 μm となる。

よって、測微器の目盛の不確かさは、校正に使用した標準尺の標準不確かさと測微器の偏差を含めた標準不確かさとの合成から、

$$u(d_1) = [(0.25\ \mu\text{m})^2 + (0.971\ \mu\text{m})^2)^{1/2} = 1.00\ \mu\text{m}$$

とする。

ｲ. 読み取りのばらつき、測定者の違い及び拡大装置の非対称による不確かさ：$u(d_2)$

標準器によって直尺を校正したときの測定データから前述の各要因によるばらつきを評価し、各要因による誤差を合成したものを $u(d_2)$の標準不確かさとする。実験測定は下表に示す割り付けで行った。

表 2　実験の割付

要　因	水準	備　考
反復 R	2	
目盛 A	10	100 mm 毎の 10 カ所
測定者 B	3	
拡大鏡の反転 C	2	
データ数	120	

上記校正実験のデータを分散分析した結果は表 3 のとおりである。

表 3　分散分析表

要　因	S	f	V
R	9.0	l0	0.9
A	2805.4	9	311.7*
B	24.2	2	12.1*
R × B	6.3	2	3.2
e	273.5	96	2.8
T	3118.4	119	

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

分散分析の結果から、要因のうち誤差に関係しない目盛位置(A)の変動を除いた誤差分散を求め、標準不確かさを算出すると、

$$u(d_2) = 1.69\ \mu m$$

となる。

よって、被校正品の校正作業における合成標準不確かさ $u(d)$は、測微器の目盛の不確かさと測定時のばらつきを合成して

$$u(d) = [u^2(d_1) + u^2(d_2)]^{1/2} = [(1.00\ \mu m)^2 + (1.69\ \mu m)^2]^{1/2}$$
$$= 2.0\ \mu m$$

となる。

c. 線膨張係数の不確かさ：$u(\alpha_S)$

標準器の線膨張係数は、$(10\pm1)\times10^{-6}\ K^{-1}$ (メーカ仕様)とし、これにより、$\pm1\times10^{-6}\ K^{-1}$ の限界をもつ矩形分布で表され、標準不確かさは次のようになる。

$$u(\alpha_S)=(1\times10^{-6}\ K^{-1})/\sqrt{3} = 0.58\times10^{-6}\ K^{-1}$$

d. 標準器と被校正品の線膨張係数の差の不確かさ：$u(\delta\alpha)$

標準器の線膨張係数を、$(10\pm1)\times10^{-6}\ K^{-1}$ (メーカ仕様)とし、被校正品の線膨張係数を、$(18.5\pm2)\times10^{-6}\ K^{-1}$ (線膨張係数の差の最大である黄銅の場合を想定)とすると、差の不確かさは最大$(8.5\pm3)\times10^{-6}\ K^{-1}$ となる。この場合の標準不確かさは、

$$u(\delta\alpha) = [8.5^2 + (3/\sqrt{3}\ )^2]^{1/2}\times10^{-6} = 8.67\times10^{-6}\ K^{-1}$$

として見積もる。

e. 被校正品の温度の偏差(20 ℃からの差)の不確かさ：$u(\theta)$

被校正品の温度の偏差(20 ℃からの差)による測定の不確かさには、標準温度(20 ℃)に対する偏差の不確かさ、テーブルの位置における温度むらによる不確かさ、テーブルと被校正品との温度差による不確かさの 3 項目の不確かさが考えられる。

ｱ. 標準温度(20 ℃)に対する偏差による不確かさ：$u(\theta_1)$

一定の温度で制御されている恒温室で、直尺・巻尺測定装置のテーブル上に所定の時間(10 分間)放置した後、測定することを条件とした。校正作業を行う状況で、被校正品の置かれるテーブルの温度を 3 箇所測定し、周期的な温度変化を一定時間測定した結果、(20.1±0.3) ℃であった。

ここで、平均温度の偏差の値、e = 20.1 - 20.0 = 0.1 ℃であり、被校正品の平均温度の不確かさを、

$$u(e) = 0.1\ ℃$$

とする。一方、時間に対する周期的な温度変動はＵ字形(逆正弦(SIN^{-1}))の温度分布を生じ、標準不確かさは次のように与えられる。

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

$$u(\Delta) = (0.3\ ℃) / \sqrt{2} = 0.21\ ℃$$

よって、θの標準不確かさは、

$$u(\theta_1) = [u^2(e) + u^2(\Delta)]^{1/2} = [(0.1\ ℃)^2 + (0.21\ ℃)^2]^{1/2}$$
$$= 0.23\ ℃$$

として見積もる。

ｲ. テーブルの位置における温度むらによる不確かさ：$u(\theta_2)$

前述の実験結果から、テーブルの位置における温度むらは±0.1 ℃の範囲内で一致している。よって、-0.1 ℃から+0.1 ℃の推定区間内の任意の点に等しい確率で存在すると考え、標準不確かさは、

$$u(\theta_2) = (0.1\ ℃) / \sqrt{3} = 0.06\ ℃$$

となる。

ｳ. テーブルと被校正品との温度差による不確かさ：$u(\theta_3)$

校正作業を行う状況で、線度器(標準器及び被校正品)とテーブルの温度を測定し、前もってテーブル上に置かれていた標準器と向かい合わせに被校正品を設置する前後の温度変化を一定時間測定した結果、被校正品を設置してから 10 分以降においてテーブルと被校正品の温度差は±0.05 ℃の範囲内で一致している。よって、-0.05 ℃から+0.05 ℃の推定区間内の任意の点に等しい確率で存在すると考え、標準不確かさは、

$$u(\theta_3) = (0.05\ ℃) / \sqrt{3} = 0.03\ ℃$$

となる。

よって、被校正品の温度の偏差(20 ℃からの差)の合成標準不確かさ $u(\theta)$は、

$$u(\theta) = [u^2(\theta_1) + u^2(\theta_2) + u^2(\theta_3)]^{1/2}$$
$$= [(0.23\ ℃)^2 + (0.06\ ℃)^2 + (0.03\ ℃)^2]^{1/2}$$
$$= 0.24\ ℃$$

とする。

f. 標準器と被校正品との温度差の不確かさ：$u(\delta\theta)$

標準器と被校正品との温度差の不確かさの不確かさには、標準器と被校正品との温度差による不確かさ、照明装置による不確かさの 2 項目の不確かさが考えられる。

ｱ. 標準器と被校正品との温度差による不確かさ：$u(\delta\theta_1)$

前述の実験の結果、被校正品を設置してから 10 分以降において標準器と被校正品の温度差は±0.05 ℃の範囲内で一致している。よって、-0.05 ℃から+0.05 ℃の推定区間内の任意の点に等しい確率で存在すると考え、標準不確かさは、

$$u(\delta\theta_1) = (0.05\ ℃) / \sqrt{3} = 0.03\ ℃$$

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

となる。

ｲ. 照明装置による温度上昇の不確かさ：$u(\delta\theta_2)$

テーブルの上に直尺を設置し、照明装置を点灯して校正作業を行うという実際の状況を想定した場合、標準校正時間を 15 分とし、標準と被校正品の温度を測定した結果、両者の間の温度差は0.1 ℃以内であった。よって、-0.05 ℃から+0.05 ℃の推定区間内の任意の点に等しい確率で存在すると考え、標準不確かさは、

$$u(\delta\theta_2) = (0.05\ ℃) / \sqrt{3} = 0.03\ ℃$$

となる。

よって、標準器と被校正品との温度差の合成標準不確かさ $u(\delta\theta)$は、

$$\begin{aligned} u(\delta\theta) &= [u^2(\delta\theta_1) + u^2(\delta\theta_2)]^{1/2} \\ &= [(0.03\ ℃)^2 + (0.03\ ℃)^2]^{1/2} \\ &= 0.04\ ℃ \end{aligned}$$

となる。

g. 二次成分による不確かさ

ｱ. 標準器の線膨張係数の不確かさ及び標準と被校正品の温度差の不確かさにかかる二次成分は(4)式により、

$$\begin{aligned} u(\alpha_S)\, u(\delta\theta) &= (0.58 \times 10^{-6}\ K^{-1}) \times (0.04\ ℃) \\ &= 0.023 \times 10^{-6} \end{aligned}$$

となる。

ｲ. 被校正品の温度偏差の不確かさ及び線膨張係数の差の不確かさにかかる二次成分は、(4)式より、

$$\begin{aligned} u(\theta)\, u(\delta\alpha) &= (0.24\ ℃) \times (8.67 \times 10^{-6}\ K^{-1}) \\ &= 2.08 \times 10^{-6} \end{aligned}$$

となる。

h. テーブルの真直度の影響における不確かさ：$u(P)$

直尺・巻尺測定装置の テーブルの真直度を調べた結果、真直度は 5 m の長さにおいて 0.18 mm であり、実際の校正値を算出する際にほとんど無視できる程度であるので、不確かさには算入しない。

i. 標準器の経時変化における不確かさ：$u(Y_S)$

標準器の経時変化は予備用の標準尺(同形状、同材質)の過去のデータより、その最大変化を見積もり、標準不確かさは、

$$u(Y_S) = 5\ \mu m$$

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

とする。

j. 校正値の丸めによる不確かさ：$u(R)$

校正値の決定において値を丸めるときは丸めによる誤差が生じる。この場合の標準不確かさは、矩形分布を適用して推定すると、

0.01 mm で丸める場合、$u(R_1) = (5\ \mu m) / \sqrt{3} = 2.9\ \mu m$

0.05 mm で丸める場合、$u(R_2) = (25\ \mu m) / \sqrt{3} = 14.4\ \mu m$

となる。

(2) 直尺の各不確かさの成分の合成

直尺の校正における各成分について標準不確かさの評価をまとめたものが表 4 である。

表 4　不確かさの成分ごとの標準不確かさ一覧(直尺の場合)

不確かさの成分	各成分の標準不確かさ $u(x_i)$	各成分にかかる係数 $c_i \equiv \partial f / \partial x_i$	長さに換算した標準不確かさ：(μm)	評価方法
a. 標準器の校正値：$u(L_S)$	0.5 μm	1	0.5	校正証明書
b. 被校正品の校正作業：$u(d)$	2.0 μm	1	2.0	実験データ
c. 線膨張係数：$u(\alpha_S)$	$0.58 \times 10^{-6}\ K^{-1}$	0	ー	文献資料
d. 標準器と被校正品の線膨張係数の差：$u(\delta\alpha)$	$8.67 \times 10^{-6}\ K^{-1}$	$L_S \cdot \theta$	0.9	文献資料
e. 被校正品の温度の偏差：$u(\theta)$	0.24 ℃	$L_S \cdot \delta\alpha$	2.0	実験データ
f. 標準器と被校正品との温度差：$u(\delta\theta)$	0.04 ℃	$L_S \cdot \alpha_S$	0.4	実験データ
g. 二次成分 標準器の線膨張係数及び標準と被校正品の温度差： $u(\alpha_S)\ u(\delta\theta)$	0.023×10^{-6}	L_S	0.0	
被校正品の温度偏差及び線膨張係数の差：$u(\theta)\ u(\delta\alpha)$	2.08×10^{-6}	L_S	2.1	
i. 標準器の経年変化：$u(Y_S)$	5 μm	1	5.0	実験データ
j. 校正値の丸め：$u(R_1)$	2.9 μm	1	2.9	
	合成標準不確かさ $u_c(L)$		直尺：0～1 m 6.9 μm	
	拡張不確かさ $U(k=2)$		直尺：0～1 m 14 μm	

(係数の計算に用いられた数値：$L_S = 1$ m, $\theta = 0.1$ ℃, $\alpha_S = 10 \times 10^{-6}\ K^{-1}$, $\delta\alpha = 8.5 \times 10^{-6}\ K^{-1}$)

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

５．巻尺校正用直尺による巻尺校正の各成分における不確かさの評価

(1) 各成分の評価内容

巻尺校正には、常用参照標準により校正された巻尺校正用直尺（ワーキングスタンダード）を用いる。各成分の評価おいては、直尺校正と同様な不確かさ評価に加え、次の巻尺校正における特有の不確かさを加え評価を行う。

（注）直尺と評価方法が同様な不確かさ成分については、例示を省略。

k. 張力の影響による不確かさ：$u(T)$

ｱ. 張力の時間経過に対する影響における不確かさ：$u(T_1)$

標準張力を加えた状態で一定の時間ごとに巻尺の偏差を測定し、時間経過における偏差の変化量を調べる実験を行った結果、5 m の目盛位置において 40 分の時間経過に対し有意な差は認められず反復誤差以内の変化であった。よって、実際の校正作業が張力を加えてから 30 分程度で測定を完了することから、時間経過による影響は無視することができる。

ｲ. 張力の摩擦力の影響における不確かさ：$u(T_2)$

張力の増減における巻尺の伸縮の影響を推定するために、標準張力を基準に張力を増減させ巻尺の偏差を測定し、張力の増減における偏差の変化を調べ、巻尺の両端に張力を加えたときテーブルと巻尺の間に生じる摩擦、あるいは滑車の摩擦等によって生じるものと考えられる。そこで、摩擦力の測定を行う方法として、標準張力を加えた状態で重錘に微小分銅を徐々に加えていき、巻尺がテーブル上を動き出すときの荷重を測定して行った。その結果を表 5 に示す。

表 5　摩擦力の実験結果

張力	摩擦力	摩擦力の割合	備考
20 N	2.5 N	13 %	JIS 1 級鋼製巻尺
l00 N	7 N	7 %	鋼製巻尺

表 5 より、張力に対する摩擦力のばらつきは張力の約 10 %程度と見積もり、10 %に対する変化量の平均的な実験値が 50 μm 程度である結果から摩擦力に対するばらつきの変化量は最大 50 μm 生じるものと想定し、±50 μm の範囲内の矩形分布を適用し、標準不確かさは、

$$u(T_2) = (50\ \mu\text{m}) / \sqrt{3} = 28.9\ \mu\text{m}$$

とする。

よって張力の影響による不確かさ $u(T)$は、

$$u(T) = u(T_2) = 28.9\ \mu\text{m}$$

となる。

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

(2) 巻尺の各不確かさの成分の合成

巻尺の校正における各成分について標準不確かさの評価をまとめたものが表６である。

表 6　不確かさの成分ごとの標準不確かさ一覧(巻尺の場合)

不確かさの成分	各成分の標準不確かさ $u(x_i)$	各成分にかかる係数 $c_i \equiv \partial f / \partial x_i$	長さに換算した標準不確かさ：(μm)	評価方法
a. 巻尺校正用直尺の校正値：$u(L_{WS})$	8.1 μm	1	8.1	校正データ
b. 被校正品の校正作業：$u(d)$	14.7 μm	1	14.7	実験データ
c. 線膨張係数：　$u(\alpha_S)$	0.58×10^{-6} K^{-1}	0	ー	文献資料
d. 巻尺校正用直尺と被校正品の線膨張係数の差：$u(\delta\alpha)$	3.81×10^{-6} K^{-1}	$L_S \cdot \theta$	1.9	文献資料
e. 被校正品の温度の偏差：$u(\theta)$	0.24 ℃	$L_S \cdot \delta\alpha$	3.0	実験データ
f. 巻尺校正用直尺と被校正品との温度差：$u(\delta\theta)$	0.04 ℃	$L_S \cdot \alpha_S$	2.3	実験データ
g. 二次成分 巻尺校正用直尺の線膨張係数及び標準と被校正品の温度差：$u(\alpha_S)\, u(\delta\theta)$	0.023×10^{-6}	L_S	0.1	
被校正品の温度偏差及び線膨張係数の差：$u(\theta)\, u(\delta\alpha)$	0.914×10^{-6}	L_S	4.6	
i. 巻尺校正用直尺の経次変化：$u(Y_w)$	19.0 μm	1	19.0	実験データ
j. 校正値の丸め：$u(R_2)$	14.4 μm	1	14.4	
k. 張力の影響：$u(T)$	28.9 μm	1	28.9	実験データ
	合成標準不確かさ $u_c(L)$		巻尺：0～5 m 41.6 μm	
	拡張不確かさ U (k＝2)		巻尺：0～5 m 84 μm	

(計算に用いられた数値：L_S = 5 m, θ = 0.1 ℃, $\alpha_S = (11.5 \pm 1) \times 10^{-6}$ K^{-1}, $\delta\alpha = 2.5 \times 10^{-6}$ K^{-1}, $\alpha = (14 \pm 4) \times 10^{-6}$ K^{-1})

参考文献

1. ISO/TAG4「Guide to the Expression of Uncertainty in measurement」、1993
2. 計測における不確かさの表現のガイド、日本規格協会、1996
3. 今井秀孝、計測の信頼性評価、日本規格協会、1996

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。

改正のポイント

組織改編に伴う名称の変更等

以上

このファイルを複写したファイルや、このファイルから印刷した紙媒体は非管理文書です。