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：リングゲージ、プラグゲージ

第 4 版

（JCG201S71－04）

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　リングゲージ　3
事例２　プラグゲージ　8

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 リングゲージ

リングゲージの不確かさの見積もりについては、次の参考文献に記載されている不確かさの見積もり事例及び本事例を参照のこと。

［参考文献］
日本計量振興協会発行:計量管理 2001 VOL.50 No.2,
特集 不確かさ評価事例, p.2-9「リング, プラグゲージの場合」,産業技術総合研究所 堀田正美

(注)以下の事例は、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の諸条件を考慮して見積りを行うこと。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

本事例は、リングゲージ校正に、ブロックゲージとブロックゲージ用内測標準ジグを組み合わせた内径標準を用い、レーザ干渉測長器でスケール校正された測長機により校正する場合を示す。
(参考)接触子が1つの接触法を用いる場合及びゲージの測定面を光学的に検出する方法を用いる場合は多少内容が異なるが基本部分については同様である。

2. 校正方法

リングゲージの内径寸法は、ブロックゲージを標準とし、2つの接触子を用いた接触法(測定範囲 10 mm～100 mm)により校正する。校正室の空調は、年間を通じては 20 ℃± 1 ℃範囲に保たれており、校正中の気温変化は 1 ℃/h 以下である。

2. 1 引用規格

JIS B 7420「限界プレーンゲージ」
JIS B 7506「ブロックゲージ」

2. 2 校正に使用する標準器及び校正用機器

① 標準器

JIS B 7506 0級相当のJCSS校正された校正用ブロックゲージを用いる。

② 校正用機器

校正用機器は、横型測長機(読取り限度は 0.1 μm 以下のもの)を用いる。測長機のスケールは、特定二次標準器により連鎖して校正された長さ用 633 nm 実用波長安定化 He－Ne レーザ装置を用いた干渉測長器又はブックゲージ又はJCSS校正された計量器に連鎖して校正された同上のものにより校正されている。

2. 3 校正室の環境条件

校正室の環境条件は以下のとおりとする。
温度:20 ℃± 1 ℃、 湿度:70 %以下

2. 4 校正手順

① 測定準備

a) ゲージ

リングゲージの測定面を清掃し、傷、かえり等がないか確認後、校正室内で温度ならしを行う。測定中は手袋等をしてゲージに温度変化を極力与えないようにする。標準とするブロックゲージも同様な確認処置を行い、ブロックゲージ用内測標準ジグをブロックゲージ面に密着させた後、校正室内で温度ならしを行う。

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。

(参考)可能な場合、校正前にリングゲージの測定個所の真円度、真直度及び表面粗さを測定しておくことが望ましい。

b) 測長機

接触子の取り付け、測定力の調整等、内径測定が可能な状態に測長機を整えた後、十分温度ならしを行う。

c) 測長機への内径標準、リングゲージの設置

内径標準とリングゲージを測長機の測定台にゲージ取り付けジグを使用して取り付ける。このとき、内径標準及びリングゲージに校正に影響する変形に留意する。取り付け後は温度ならしを行うかゲージ温度をモニターして温度の安定を確認する。

② 校正方法

ユーザーの指定した箇所に測定軸とゲージ測定面間の位置あわせ及びゲージ中心合わせを行いながらリングゲージと内径標準を交互に比較して測定し指示値の差を求める。測定中のゲージ温度を測定する。

③ 校正値の決定

指示値の差に以下の計算を行い、校正値とする。

校正値=指示の差(必要ならスケールの誤差を補正する。)+内径標準の値+温度補正+弾性変形の補正

3. 不確かさ評価

校正の不確かさ評価についての基本は、「計測における不確かさの表現のガイド(GUM)」によるものとする。GUM ガイドでは観測結果に対して、系統効果による補正を施した後の測定値のばらつきを評価することが求められているが、現場の校正では時間とコストの節約のため、補正は省略されることが多いので、本事例ではこれを前提として評価を行う。

3. 1 数学モデル

リングゲージの校正値 L は、次式で示される。

$$L = L_S + d + L_N(\alpha\theta - \alpha_S\theta_S) + C \qquad (1.1)$$

ここで

L	:リングゲージの 20 ℃における長さ
L_S	:ブロックゲージの 20 ℃における長さ
d	:測定したリングゲージとブロックゲージの寸法差
L_N	:リングゲージの呼び寸法($L_S - L \leqq 1$ mm)
α	:リングゲージの線膨張係数
θ	:リングゲージ温度の 20 ℃からの偏差
α_S	:ブロックゲージの線膨張係数
θ_S	:ブロックゲージ温度の 20 ℃からの偏差
C	:ブロックゲージとリングゲージの変形量と接触子の接触変形量の差

なお、(1.1)式は相対不確かさで 10^{-7} 未満の不確かさ要因を省略している。式(1.1)に $\theta_S = \theta + \delta\theta$、$\alpha_S = \alpha + \delta\alpha$ を代入すると(1.2)式となる。

$$L = L_S + d - L_N\delta\alpha\theta - L_N\alpha_S\delta\theta + C \qquad (1.2)$$

ここで

$\delta\theta$	:ブロックゲージとリングゲージの温度差
$\delta\alpha$	:ブロックゲージとリングゲージの線膨張係数の差

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。

(1.2)式より GUM の方法を適用して合成不確かさを求めると(1.3)式となる。(1.3)式では、温度に関する補正を行わないことを前提としているため、$\theta = 0$、$\delta\theta = 0$、$\delta\alpha = 0$ と見なして計算している。

$$u_c^2 = u^2(L_S) + u^2(d) + (L_N\alpha_S)^2 u^2(\delta\theta) + L_N^2 u^2(\delta\alpha) u^2(\theta) + L_N^2 u^2(\alpha_S) u^2(\delta\theta) + u^2(C) \quad (1.3)$$

従って、合成標準不確かさに影響する不確かさ成分は次のようになる。

$u(L_S)$:ブロックゲージの 20 ℃における長さの標準不確かさ
$u(d)$:寸法差の標準不確かさ
$u(\delta\theta)$:ブロックゲージとリングゲージの温度差の標準不確かさ
$u(\delta\alpha)$:ブロックゲージとリングゲージの線膨張係数の差の標準不確かさ
$u(\alpha_S)$:ブロックゲージの線膨張係数の標準不確かさ
$u(\theta)$:リングゲージ温度の 20 ℃からの偏差の標準不確かさ
$u(C)$:ブロックゲージとリングゲージの変形量と接触子の接触変形量の差の標準不確かさ

(注)(1.3)式はゲージ間の温度、ゲージ温度の 20 ℃からの偏差、ゲージ間の線膨張係数差が零と見なせる校正状態及び材質が同一で線膨張係数を零と見なしても必要な校正不確かさを得られることを前提にしている。このような方法で必要な不確かさを得られないときは温度補正を厳密に行う必要があり、その場合(1.2)式より合成不確かさの式を求める必要がある。但し、少し(1.3)式の項が異なるが、評価すべき不確かさ成分は異ならない。

3. 2 不確かさの成分

不確かさ成分として以下の要因がある。

① ブロックゲージの 20 ℃における長さの標準不確かさ:$u(L_S)$
実際にはブロックゲージの長さの不確かさ$u(L_{S20})$、内径標準を作るジグの平面度による不確かさ$u(f)$、ブロックゲージの経年変化$u(sc)$、及びリンギングによる不確かさ$u(r)$の合成された不確かさで次式によりあらわされるものである。

$$u^2(L_S) = u^2(L_{S20}) + u^2(f) + u^2(sc) + u^2(r)$$

② 寸法差の標準不確かさ:$u(d)$
寸法の不確かさに含まれる不確かさ要因は、測定値のばらつき $u(y)$、スケールの不確かさ $u(s)$、ディジタル指示の分解能 $u(q)$、指示値のドリフト $u(D)$、アッベの原理を満たさないために生じる機構的な不確かさ $u(m)$、2つの接触子を使用するための接触子間中心の食い違いによる不確かさ$u(sd)$、ゲージの中心合わせ及び測定軸との位置合わせにより生じる不確かさ$u(A)$がある。$u(d)$は次式であらわされる。

$$u^2(d) = u^2(y) + u^2(s) + u^2(q) + u^2(D) + u^2(m) + u^2(sd) + u^2(A)$$

③ ブロックゲージとリングゲージの温度差の標準不確かさ:$u(\delta\theta)$
④ ブロックゲージとリングゲージの線膨張係数の差の標準不確かさ:$u(\delta\alpha)$
⑤ ブロックゲージの線膨張係数の標準不確かさ:$u(\alpha_S)$
⑥ リングゲージ温度の 20 ℃からの偏差の標準不確かさ:$u(\theta)$
⑦ ブロックゲージとリングゲージの変形量と接触子の接触変形量の差の標準不確かさ:$u(C)$

3. 3 各成分における不確かさの評価

① ブロックゲージの 20 ℃における長さの標準不確かさ:$u(L_S)$

a) ブロックゲージの長さの不確かさ:$u(L_{S20})$
JCSS 校正証明書の拡張不確かさ(k=2) = 0.03 μm より、0.015 μm とする。

b) ブロックゲージ用内測標準ジグの平面度による不確かさ:$u(f)$
赤の光を用いてオプチカルフラットを使用した試験により2つのジグとも縞が生じなかったため 0.3 μm 以下の平面度と推測できる。測定にはそれぞれのジグの平面度による不確かさが独

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。

立に矩形分布で生じると考え、標準不確かさは $\sqrt{2}\times(0.3\ \mu m/\sqrt{3})=0.245\ \mu m$ とする。

c) ブロックゲージの経年変化:$u(sc)$
過去のデータから 0.03 μm 以下であるが、最悪値を考えて、0.03 μm とする。

d) リンギングによる不確かさ:$u(r)$
実験結果より 10 nm 未満であるため無視する。

② 寸法差の標準不確かさ:$u(d)$

a) 測定値のばらつき:$u(y)$
校正実験の結果標準偏差で 0.05 μm 以下であるから 0.05 μm とする。

b) スケールの不確かさ:$u(s)$
メーカ校正証明書の拡張不確かさ(k=2)=0.2 μm より、0.1 μm とする。

c) ディジタル指示の分解能:$u(q)$
ディジタル値で 0.1 μm の分解能で2点間の測定であるため、分解能の 1/2 を限度とした矩形分布と考え、$\sqrt{2}\times0.05\ \mu m/\sqrt{3}=0.1\ \mu m/\sqrt{6}=0.041\ \mu m$ とする。これは、分解能を限度とした三角分布に等しい。

d) 指示値のドリフト:$u(D)$
測定中指示値が変化しないため無視する。

e) アッベの原理を満たさないために生じる機構的な不確かさ: $u(m)$
測長機のスペックよりアッベの原理からずれる影響は 10 nm 未満と考え無視する。

f) 2つの接触子を使用するための接触子間中心の食い違いによる不確かさ:$u(sd)$
2つの接触子のずれによる影響は、$-(L-L_S)h^2/\ 2(L_S-2r)(L-2r)$で計算できる。ここで h は接触子中心間のずれ、r は接触子の半径である。半径 1 mm の接触子を使用しブロックゲージとリングゲージの差は 1 mm 未満である。また、h は測定で 0.5 mm 以下と推測した。校正する 50 mm のゲージの場合$[1\times(0.5\ mm)^2]/[2\times(50\ mm-2\ mm)(50\ mm-2\ mm)]=0.000054\ mm=0.054\ \mu m$ である。本来補正すべきであるが、h の値を完全に確定していないためこの値を標準不確かさとする。

g) ゲージの中心合わせ及び測定軸との位置合わせにより生じる不確かさ:$u(A)$
分解能 0.1 μm の測定器であるため、4方向の位置あわせを回帰点で求めて行うため1つの位置あわせで 0.1 μm の幅の矩形分布の不確かさが独立に生じると考え $2\times0.1\ \mu m/\sqrt{3}=0.12\ \mu m$ の標準不確かさとした。

③ ブロックゲージとリングゲージの温度差の標準不確かさ:$u(\delta\theta)$
蓄積したデータよりリングゲージとブロックゲージ間には、± 0.1 ℃以下の温度差しか生じていないのでこの幅で矩形分布するとして標準不確かさを $0.1\ ℃/\sqrt{3}=0.058\ ℃$とした。

④ ブロックゲージとリングゲージの線膨張係数の差の標準不確かさ:$u(\delta\alpha)$
リングゲージの線膨張係数は、ブロックゲージの線膨張係数と同等と考え、JIS B 7506 の規格より $(11.5\pm1.0)\times10^{-6}$ /℃ を採用し、標準不確かさが 1.0×10^{-6} /℃の幅で矩形分布するとして $\sqrt{2}\times(1.0\times10^{-6}\ /℃)/\sqrt{3}=0.82\times10^{-6}$ /℃ とした。

⑤ ブロックゲージの線膨張係数の標準不確かさ:$u(\alpha_S)$
ブロックゲージの線膨張係数は、JIS B 7506 の規格より$(11.5\pm1.0)\times10^{-6}$ /℃ の範囲にあるとして標準不確かさが 1.0×10^{-6} /℃の幅で矩形分布すると考え$(1.0\times10^{-6}\ /℃)/\sqrt{3}=0.58\times10^{-6}$ /℃とした。

⑥ リングゲージ温度の 20 ℃からの偏差の標準不確かさ:$u(\theta)$
リングゲージ温度の 20 ℃からの偏差の不確かさは、蓄積したデータより偏差は± 0.1 ℃以内

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。

であるので、この幅で矩形分布するとして標準不確かさを 0.1 ℃/$\sqrt{3}$ ＝0.058 ℃とした。

⑦ ブロックゲージとリングゲージの変形量と接触子の接触変形量の差の標準不確かさ:$u(C)$
ブロックゲージとリングゲージの変形量と接触子の接触変形量の差の補正を行わないため差の値を求めその値を標準不確かさとする。半径 1 mm の接触子で 1 N の測定力で校正を行った場合、50 mm のリングゲージでは 0.020 μm 以下の値となるためこの値を標準不確かさとした。
(参考)径が大きい場合、この不確かさはあまり影響しないが、径が小さくなると 0.1 μm を超えるため注意が必要である。

3．4 合成標準不確かさ

上記の結果から合成標準不確かさを表1に示す。

表1 リングゲージ校正の不確かさのバジェット表(内径 50 mm の例)

不確かさ成分	標準不確かさ	感度係数 c_i	不確かさへの寄与 (μm)	ﾀｲﾌﾟ
ﾌﾞﾛｯｸｹﾞｰｼﾞの20 ℃における長さの標準不確かさ:$u(L_S)$ ① $u(L_{S20})$ ② $u(f)$ ③ $u(sc)$	0.247 μm 0.015 μm 0.245 μm 0.03 μm	1	0.247	 B B B
寸法差の標準不確かさ:$u(d)$ ① $u(y)$ ② $u(s)$ ③ $u(q)$ ④ $u(sd)$ ⑤ $u(A)$	0.177 μm 0.05 μm 0.1 μm 0.041 μm 0.054 μm 0.12 μm	1	0.177	 A B B B B
ﾌﾞﾛｯｸｹﾞｰｼﾞとﾘﾝｸﾞｹﾞｰｼﾞの温度差の標準不確かさ:$u(\delta\theta)$	0.058 ℃	$L_N\alpha_S$	0.033	B
ﾌﾞﾛｯｸｹﾞｰｼﾞとﾘﾝｸﾞｹﾞｰｼﾞの線膨張係数の差の標準不確かさ・ﾘﾝｸﾞｹﾞｰｼﾞ温度の 20 ℃からの偏差の標準不確かさ:$u(\delta\alpha)\cdot u(\theta)$	0.82×10^{-6} /℃・0.058 ℃	L_N	0.002 (無視)	B
ﾌﾞﾛｯｸｹﾞｰｼﾞの線膨張係数の標準不確かさ・ﾌﾞﾛｯｸｹﾞｰｼﾞとﾘﾝｸﾞｹﾞｰｼﾞの温度差の標準不確かさ:$u(\alpha_S)\cdot u(\delta\theta)$	0.58×10^{-6} /℃・0.058 ℃	L_N	0.002 (無視)	B
ﾌﾞﾛｯｸｹﾞｰｼﾞとﾘﾝｸﾞｹﾞｰｼﾞの変形量と接触子の接触変形量の差の不確かさ:$u(C)$	0.020 μm	1	0.020	B
合成標準不確かさ u_c			0.306	
拡張不確かさ $U(k=2)$			0.612	

感度係数の計算に用いた数値は次のとおり。L_N:50 mm、α_S:11.5×10^{-6} /℃

3．5 拡張不確かさの決定

得られた合成標準不確かさに包含係数k＝2を乗じて、リングゲージ校正の拡張不確かさを得る。小数点以下3桁目を切り上げてU＝0.62 μmとなる。

4．非接触法の場合の不確かさ評価

非接触法による校正の不確かさ評価は、上記の接触法の不確かさ評価に加え、非接触法における特有の不確かさである位置検出の不確かさを加えまた不要な不確かさを除き評価すること。

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 プラグゲージ

プラグゲージの不確かさの見積もりについては、次の参考文献に記載されている不確かさの見積もり事例及び本事例を参照のこと。なお、プラグゲージの不確かさ評価は、事例1 リングゲージとほぼ同様の評価になる。この事例では、プラグゲージ特有の不確かさについて事例を示す。下記に含まれない不確かさ成分評価は、事例1 リングゲージを参照のこと。

［参考文献］
日本計量振興協会発行:計量管理 2001 VOL.50 No.2,
特集 不確かさ評価事例, p.2-9「リング, プラグゲージの場合」,産業技術総合研究所 堀田正美

(注)以下の事例は、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の諸条件を考慮して見積りを行うこと。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. 不確かさ評価

1. 1不確かさ成分

寸法差の標準不確かさ:$u(d)$

⑤ 平面測定子の平面度:$u(f)$

測定子の測定面に 10 nm 未満の平面度のオプチカルパラレルをリンギングし測定面とオプチカルパラレル簡に生じる緑色の光による干渉縞を観測した結果、測定に使用する二つの測定子ともに干渉縞が生じていないことが確認できた。このため、測定子の平面度は 0.25 μm 未満と考えられる。よって、この不確かさ要因による標準不確かさは平面度内で矩形分布するとして $\{(0.25^2/3)+(0.25^2/3)\}^{1/2}=0.204$ μm とした。なお、オプチカルパラレルの平面度の影響は小さいとして不確かさ計算では省略した。

⑥ 平面測定子の平行度:$u(p)$

直径 5 mm の測定子の測定面に平行度 50 nm 未満のオプチカルパラレルをリンギングし、相対する測定子の測定面に生じる緑色の光による干渉縞を観測した結果、干渉縞が生じていないことが確認できた。このため測定子間の平行度は 0.25 μm 未満、角度にして 5×10^{-5} rad 未満と考えられる。これにより生じる標準不確かさは測定子の直径が 5 mm であるところから$(5\ \text{mm}/2)\times5\times10^{-5}$ rad$=12.5\times10^{-5}$ mm$=0.125$ μm の範囲で矩形分布するとして $0.125\ \mu\text{m}/\sqrt{3}=0.072$ μm とした。なお、平行度による不確かさはプラグゲージの直径に比例する項をもつが、角度(rad)で表した平行度の二乗の 1/4 となりプラグゲージ直径の 10^{-9} 未満の相対不確かさとなるため不確かさの計算においては無視した。また、オプチカルパラレルの平行度の影響は小さいとして不確かさ計算では省略した。

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。

1．2合成標準不確かさ

上記の結果から合成標準不確かさを表1に示す。

表1 プラグゲージ校正の不確かさのバジェット表(内径 50 mm の例)

不確かさ成分	標準不確かさ	感度係数 c_i	不確かさへの寄与 (μm)	ﾀｲﾌﾟ
ﾌﾞﾛｯｸｹﾞｰｼﾞの20 ℃における長さの標準不確かさ: $u(L_S)$	0.034 μm	1	0.034	
① $u(L_{S20})$	0.015 μm			B
② $u(sc)$	0.03 μm			B
寸法差の標準不確かさ: $u(d)$	0.275 μm	1	0. 275	
① $u(y)$	0.05 μm			A
② $u(s)$	0.1 μm			B
③ $u(q)$	0.041 μm			B
④ $u(A)$	0.12 μm			B
⑤ $u(f)$	0.204 μm			B
⑥ $u(p)$	0.072 μm			B
ﾌﾞﾛｯｸｹﾞｰｼﾞとﾌﾟﾗｸﾞｹﾞｰｼﾞの温度差の標準不確かさ: $u(\delta\theta)$	0.058 ℃	$L_N\alpha_S$	0.033	B
ﾌﾞﾛｯｸｹﾞｰｼとﾌﾟﾗｸﾞｹﾞｰｼﾞの線膨張係数の差の標準不確かさ・ﾌﾟﾗｸﾞｹﾞｰｼﾞ温度の 20 ℃からの偏差の標準不確かさ: $u(\delta\alpha)$・$u(\theta)$	0.82×10^{-6} / ℃ ・ 0.058 ℃	L_N	0.002 (無視)	B
ﾌﾞﾛｯｸｹﾞｰｼﾞの線膨張係数の標準不確かさ・ﾌﾞﾛｯｸｹﾞｰｼﾞとﾌﾟﾗｸﾞｹﾞｰｼﾞの温度差の標準不確かさ: $u(\alpha_S)$・ $u(\delta\theta)$	0.58×10^{-6} / ℃ ・ 0.058 ℃	L_N	0.002 (無視)	B
ﾌﾞﾛｯｸｹﾞｰｼﾞとﾌﾟﾗｸﾞｹﾞｰｼﾞの変形量と接触子の接触変形量の差の不確かさ: $u(C)$	0.020 μm	1	0.020	B
合成標準不確かさ u_c			0.280	
拡張不確かさ $U(k=2)$			0.559	

感度係数の計算に用いた数値は次のとおり。L_N: 50 mm、α_S: 11.5×10^{-6} /℃

1．3 拡張不確かさの決定

得られた合成標準不確かさに包含係数k＝2を乗じて、プラグゲージ校正の拡張不確かさを得る。小数点以下3桁目を切り上げてU＝0.56 μm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。

今回の改正のポイント

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。