

## 万能投影機を用いたブロックゲージ測定における不確かさの算出について

機械材料科 機械スタッフ 木野浩成\* 柳原亘 大澤洋文

## Estimation of Measurement Uncertainty for Block Gauge with the Profile Projector

Hironari Kino, Wataru Yanagihara and Hirofumi Osawa

## 1. はじめに

万能投影機は、加工部の直径、距離、角度等を迅速かつ簡便に測定する測定機であり、生産現場に多く導入され利用されている。測定は、試料に光を照射してスクリーンに映し出し、測定点の座標値を計算することで、長さ・角度等を算出する。

測定結果の信頼性の指標として、1993年「計測における不確かさの表現のガイド」(Guide to expression of uncertainty in measurement: GUM) が出された。GUMにおける不確かさの定義は、「測定の結果に付随した、合理的に測定量に結びつけられ得る値のばらつきを特徴づけるパラメータ」とされている。

昨年度に引き続き、今年度はブロックゲージの長さを測定した場合に、どの要因が、不確かさに寄与しているかについて検討した。

## 2. 実験方法

## 2.1 投影機の校正の不確かさの算出

投影機(ニコン(株):VB-24計算装置付)の校正の不確かさを算出するため、ガラススケール(株)ミットヨ:HL3-250 以下「GS」)を測定した。GSは平成18年10月に校正を行った。測定手順は、以下のとおりである。GSを水平方向に対して、 $\pm 45^\circ$ の角をなすように設置した。GSの原点の目盛線を基準として、0~140mmまで10mmごとに目盛線の左端を3点測定した。投影レンズの倍率を20、50、100倍と変えて、3日間測定した。

## 2.2 ブロックゲージの長さ測定

ブロックゲージ(Block Gauge 以下「BG」) (株)ミットヨ 鋼製 K級)の長さLを測定量とした。

BGは恒温室(室温 $20^\circ\text{C}$ )に24時間置き、一定温度としたのち測定に供した。測定時には、透過ランプのみ点灯し、投影レンズ倍率は、20、50、100倍とした。BGの端面でX軸を作製し、反対側の端面10点を測定して、BGの長さとした。BGは、20mm、50mm、100mm、150mmの4種類を使用し、測定者1名が3日間測定した。

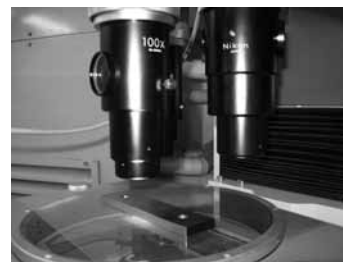


図1 BGの長さの測定例

## 3. 結果・解析

## 3.1 モデル式の設定および伝搬則の適用

BGの長さ測定のモデル式を(1)式とした。

$$y = x \quad (1)$$

y: BGの長さ

x: 万能投影機で測定した値

上式に測定誤差等を考慮した測定のモデル式は、(2)式となる。

$$x = \mu + \varepsilon_m + \varepsilon_s + \varepsilon_e \quad (2)$$

$\mu$ : 真値

$\varepsilon_m$ : BG測定に係る変動(測定日、繰り返し)

$\varepsilon_s$ : 投影機の校正に係る変動

$\varepsilon_e$ : その他の要因に関する変動

(2)式に不確かさの伝搬則を適用すると、

$$u^2(y) = u^2(x) = u_m^2(x) + u_s^2(x) + u_e^2(x)$$

ここで、 $u_m^2(x) = u_D^2(x) + u_R^2(x)$ なので、

$$u^2(y) = u_D^2(x) + u_R^2(x) + u_s^2(x) + u_e^2(x)$$

\*) 現 繊維高分子材料スタッフ

【ノート】

となる。

- $u_m(x)$  : BG測定に伴う標準不確かさ
- $u_D(x)$  : 測定日の違いに起因する標準不確かさ
- $u_R(x)$  : 測定の繰返し測定に起因する標準不確かさ
- $u_s(x)$  : 投影機の校正に起因する標準不確かさ
- $u_e(x)$  : その他要因に起因する測定の不確かさ

3.2 投影機の校正の不確かさの算出

投影レンズの倍率ごとに、投影機の校正の標準不確かさ $u_s$ について検討した。

$$u_s^2 = u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 \quad (3)$$

$u_1$  : GS測定の繰返しに起因する不確かさ

$u_2$  : GSによる校正に起因する不確かさ

校正直線と測定値の差の最大値が矩形分布するものとみなした。

$u_3$  : GSの不確かさ(L=140mm)

$$(0.15 + 0.33 \cdot L/1000) \mu\text{m} \quad k = 2$$

表1 投影機の校正の標準不確かさ $u_s$

	20倍	50倍	100倍
$u_1$	3.1	1.3	2.0
$u_2$	8.7	3.4	3.4
$u_3$	0.20		
$u_s$	9.2	3.6	3.9

3.3 測定日および測定の繰返しの標準不確かさ

測定日の違いによる標準不確かさ $u_D(x)$ および測定の繰返しの標準不確かさ $u_R(x)$ は、投影レンズの倍率ごとの測定結果を、分散分析プログラム(独産業技術総合研究所 AIST-ANOVA)を用いて分散分析した。

表2 BG測定結果の標準不確かさ

	20倍	50倍	100倍
$u_D(x)$	0.2	1.1	1.1
$u_R(x)$	3.5	2.1	1.7

3.4 その他要因に起因する測定の不確かさ

その他の要因に起因する測定の不確かさとして、温度測定に関する標準不確かさ $u(\theta)$  およびBGの

線膨張係数の標準不確かさ $u(a)$ について検討した。

恒温室の温度変化は、 $20.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 以内であった。温度計の最小目盛りが $0.01^\circ\text{C}$ であり、温度測定の標準不確かさ $u(\theta)$ を最大で $0.2^\circ\text{C}$ とした。投影ランプ点灯時のBGの表面温度上昇 $\theta$ は、最大 $1.5^\circ\text{C}$ であった。

BG(L=150mm)の線膨張係数が、 $(11.5 \pm 1.0) \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ であり、矩形分布すると考え、標準不確かさ $u(a)$ は、 $5.77 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ とした。

これらの結果を次式に適用し、標準不確かさを算出する。

$$u_e^2 = (L \cdot \theta)^2 u^2(a) + (L \cdot a)^2 u^2(\theta) \quad (4)$$

その他要因に起因する測定の不確かさ $u_e$ は、 $0.4(\mu\text{m})$ となった。

これらの結果を利用して、投影機におけるBG測定の標準不確かさおよび拡張不確かさを算出するため、投影レンズの倍率100倍について、バジェットシートを作成した(表3)。

4 まとめ

万能投影機によるBGの長さ測定の拡張不確かさ( $k=2$ )は、投影レンズの倍率ごとに以下のとおりとなった。

20倍  $19.7 \mu\text{m}$ 、50倍  $8.6 \mu\text{m}$ 、100倍  $8.8 \mu\text{m}$

今回の測定では、投影機の校正の標準不確かさを最大で見積もったため、BG測定の拡張不確かさに大きな影響を与える結果となった。投影機の校正の不確かさの算出は、他の方法での検討が必要である。

参考文献

- 1) 飯塚幸三：ISO国際文書 計測における不確かさの表現のガイド，日本規格協会(1996)
- 2) 分散分析法入門：石川馨，米山高範，日科技連(1967)

表3 万能投影機によるBG測定のバジェット表(100倍)

要因	記号	標準不確かさ	感度係数	標準不確かさ( $\mu\text{m}$ )	備考
BG測定の標準不確かさ	$u(x)$				
測定日による標準不確かさ	$u_D(x)$	1.1	1	1.1	
繰返しの標準不確かさ	$u_R(x)$	1.7	1	1.7	
投影機の校正の標準不確かさ	$u_s(x)$	3.9	1	3.9	
その他要因に起因する不確かさ	$u_e(x)$	0.4	1	0.4	
合成標準不確かさ $u_c$				4.4	
拡張不確かさ $U(k=2)$				8.8	