

## ノギス、マイクロメータの出張校正手段の確立

小宅智史・増田直也\*・中村哲也

Establishment of on-site calibration ways for calipers and micrometers  
OYAKE Satoshi, MASUDA Naoya, NAKAMURA Tetsuya

出張による校正作業は温度変化を伴っており現在、校正作業時の不確かさは明確でない。本研究では、そのような状況下の校正作業の不確かさを明確にすることで、出張校正手段を確立することを目的とする。恒温恒湿器を用いた実験で、校正作業の不確かさの算出に必要な熱的効果の標準不確かさを求めた。その結果、特定の温度条件下では、熱的効果の標準不確かさがノギス校正時には約 $2.6\mu\text{m}$ 、マイクロメータ校正時では約 $0.83\mu\text{m}$ であることが分かった。そして、マイクロメータに関しては校正作業時の不確かさが $3.4\mu\text{m}$ と求まり出張校正手段を確立することができた。

キーワード：出張校正、不確かさ、ノギス、マイクロメータ

Calibration work by business trip is accompanied by temperature changes, and the uncertainty during calibration work is not clear at present. The purpose of this study is to establish a means of on-site calibration by clarifying the uncertainty of calibration work under such circumstances. In an experiment using a constant temperature and humidity device, the uncertainty of the thermal effect, which is necessary for calculating the uncertainty of the calibration work, was determined. As a result, it was found that under certain temperature conditions, the uncertainty of the thermal effect was about  $2.60\mu\text{m}$  during caliper calibration and about  $0.83\mu\text{m}$  during micrometer calibration. As for the micrometer, the uncertainty at the time of calibration work was determined to be  $3.4\mu\text{m}$ , and it was possible to establish a means of on-site calibration.

KEY WORD: on-site calibration , uncertainty , calipers , micrometers

### 1 はじめに

ISO9001への対応やトレーサビリティ確保のために企業では、外部機関での測定機器の校正を行っている。計測係においても様々な測定器の校正依頼を受けているが、最近ではノギス、マイクロメータに関して、出張校正の要望が多い。しかし、現状センターでは出張校正のサービスは行っていない。理由としては、外出先のような校正環境の温度が変化する状況下での校正作業の

不確かさが明確でないためである。校正作業時の不確かさの算出には、①測定器の指示値の標準不確かさ②標準器の標準不確かさ③熱的効果の標準不確かさを求める必要がある。

本研究では、恒温恒湿器を用いた実験により、熱的効果の標準不確かさについて求め、温度変化のある状況下での校正作業時の不確かさを算出し、出張校正が行えるようにすることを目的としている。ここでは、校正作業時の不確かさは①～③の標準不確

かさを合成した合成標準不確かさを2倍した合成拡張不確かさとして定義する。また、①～③を合成した不確かさをここでは校正作業時の合成標準不確かさと定義する。マイクロメータの校正作業時の標準不確かさの算出には、実験から求めた熱的効果の標準不確かさに、センターで既に算出をしている①測定器の指示値の標準不確かさ②標準器の標準不確かさをを用いて算出を行った<sup>(1)(2)</sup>。

## 2 実験方法

### 2.1 校正作業時の不確かさ

マイクロメータの合成標準不確かさは、下記の式で算出できる<sup>(1)</sup>。

$$u^2(E) = u^2(L) + u^2(T) + u^2(L_i) \quad (\text{数式1})$$

ここで、

$u(L)$ :マイクロメータ指示値の不確かさ

$u(T)$ :ブロックゲージの長さの不確かさ

$u(L_i)$ :各種補正項の標準不確かさ

である。以下、これら各成分の標準不確かさの評価を行う。 $u(L_i)$ は、熱的効果と幾何学的効果が考えられる。幾何学的効果については、マイクロメータ指示値の不確かさに含まれると考えられるので、幾何学的効果の不確かさは見積もらない。熱的効果による標準不確かさ $u(L_{\text{thermal}})$ は、下記の式で求められる。

$$u^2(L_{\text{thermal}}) = L_N^2 \cdot \alpha_s^2 \cdot u^2(\delta\theta) + L_N^2 \cdot u^2(\theta) \cdot u^2(\delta\alpha) \quad (\text{数式2})$$

ここで、

$L_N$ :呼び寸法

$\alpha_s$ :標準ブロックゲージの熱膨張係数

$u(\delta\theta)$ :マイクロメータとブロックゲージの温度差

$u(\theta)$ :マイクロメータ温度の20℃からの偏差値

$u(\delta\alpha)$ :マイクロメータとブロックゲージの熱膨張係数の差

なお、合成標準不確かさの計算方法は、ノギスの場合も同様である<sup>(2)</sup>。

そのため、本研究では、マイクロメータ（ノギス）とブロックゲージ（キャリパチェッカ）の温度差 $u(\delta\theta)$ 及びマイクロメータ（ノギス）の温度20℃からの偏差値 $u(\theta)$ について実験値から算出を行い熱的効果による標準不確かさを求め、合成標準不確かさ、合成拡張不確かさを算出する。マイクロメータとノギスの各場合について、実験値から求めた $u(\delta\theta)$ 及び $u(\theta)$ は、不確かさが大きくなる場合について考え、実験値の最大値を使用する。

### 2.2 使用機器

本研究に使用した恒温恒湿器(SSE-74TP-A、株式会社カトー)及びデータロガ(NR-600、株式会社キーエンス)を図1に示す。また、使用した測定器及び標準器を図2に示す。



図 1 実験システム(データロガ、温度取得用ノートPC、恒温恒湿器)



図 2 実験に使用した測定器及び標準器

測定器は、マイクロメータ0mmから100mmまで計4種類とし、ノギスは測定長150mmの1種類とする。

基準器であるブロックゲージは25mm、50mm、75mm、100mmの4種類とし、キャリパチェッカは1種類とした。

### 2.3 実験条件

実験条件は、年間を通して出張校正を行うことを想定し、夏季(条件1)と冬季(条件2)の温度変化を模擬した条件とした。夏季は高温環境下での測定を、冬季は低温環境下での校正作業環境を想定している。

校正業務を行う時間は最大で9時から16時の間とし、試験時間は7時間とした。恒温恒湿器の設定温度範囲について、条件1の場合は25℃から40℃に設定し、条件2の場合は-5℃から20℃に設定した。

温度条件の決定については、気象庁のHPから今年度の前橋の温度変化を参考にした。また、温度勾配は変化の大きい場合が最も測定器と基準器の温度差が大きくなると考え、1時間当たり3℃の温度変化とした。

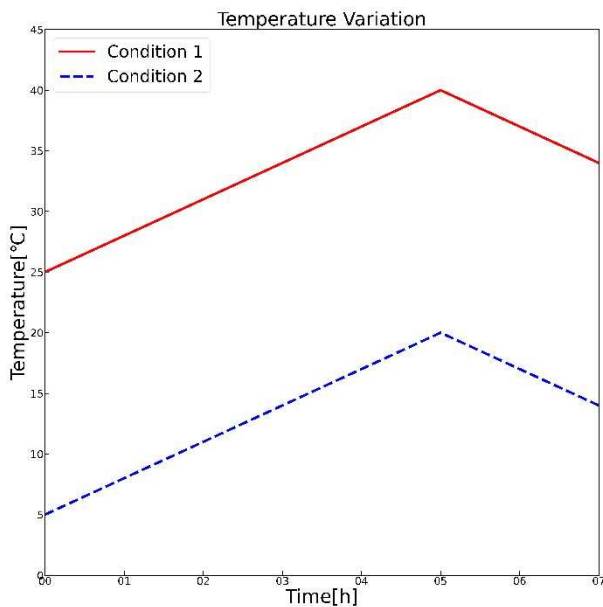


図 3 夏季と冬季を模擬した温度条件

### 2.4 実験手法

データログに接続した熱電対を恒温恒湿器内、測定器及び基準器に接続し、恒温恒湿器内の温度、測定器の温度及び基準器の温度を取得する。測定器と基準器の組み合わせは下記の表1のとおりである。

表 1 測定器と基準器の組み合わせ

測定器	測定長	標準器	
マイクロメータ	0-25mm	-	25mm
	25-50mm	25mm	50mm
	50-75mm	50mm	75mm
	75-100mm	75mm	100mm
ノギス	0-150mm	キャリパチェッカ	

恒温恒湿器内のブロックゲージ（ノギス）及びマイクロメータ（キャリパチェッカ）に対して熱電対を接続し温度を取得している様子を図4、5に示す。

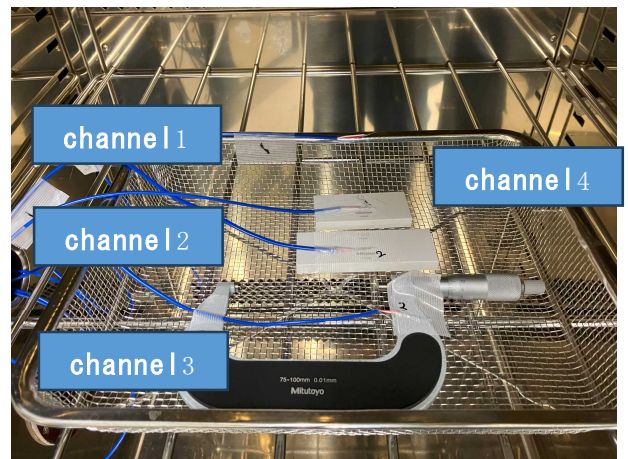


図 4 温度取得の様子（マイクロメータ）

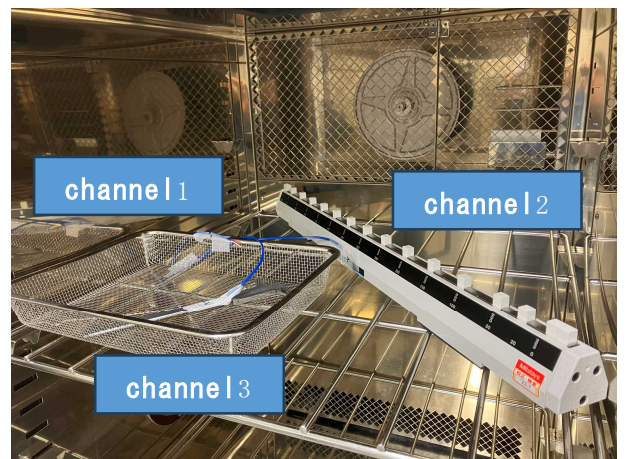


図 5 温度取得の様子（ノギス）

条件1及び条件2において、各チャンネルの熱電対から測定器と基準器及び恒温恒湿器内の温度を1分ごとにデータログで取得を行い、温度取得用ノートPCで記録する。channel1では恒温恒湿器の温度を取得する。

channel3では、測定器(ノギスまたはマイクロメータ)、channel2または4では、標準器の温度の取得を行う。図6に温度取得時の温度取得用ノートPCの画面を示す。

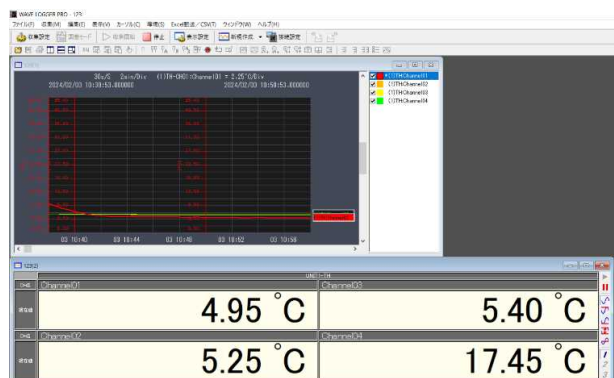


図 6 ノートPCでのデータ取得画面

そして、表1の各測定器及び基準器の組み合わせに対して、温度取得用ノートPCに記録された温度情報から、測定器及び標準器の温度差及び、測定器の20°Cからの偏差値を計算し、熱的効果の標準不確かさを求める。その後、校正作業時の標準不確かさ及び合成拡張不確かさを算出する。

### 3 結果及び考察

#### 3. 1 夏季(条件1)での測定結果

図7に夏季(条件1)における基準器と測定器の温度差の結果を示す。

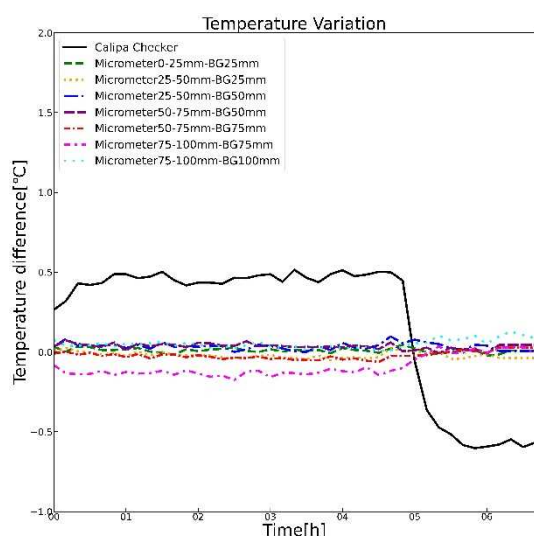


図 7 条件1での測定器と基準器の温度差

結果から、各マイクロメータとブロックゲージの組み合わせに関してどの組み合わせ

でも同様の温度差の傾向であった。そして、温度差の大きい組み合わせで最大0.25°Cの温度差があった。

一方、ノギスに関しては基準器との温度差が大きく、最大0.8°Cという結果となった。また、測定器の20°Cからの偏差を図8に示す。

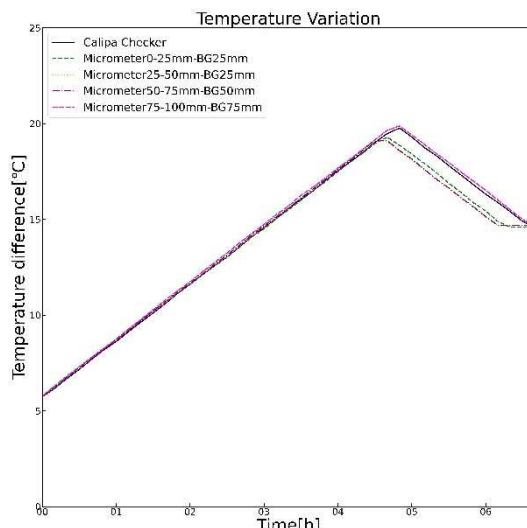


図 8 測定器の温度20°Cからの偏差

図8から測定器の20°Cからの偏差は、最大でノギスは19.5°C、マイクロメータで19.7°Cであった。

#### 3. 2 冬季(条件2)での測定結果

図9に冬季(条件2)における基準器と測定器の温度差の結果を示す。

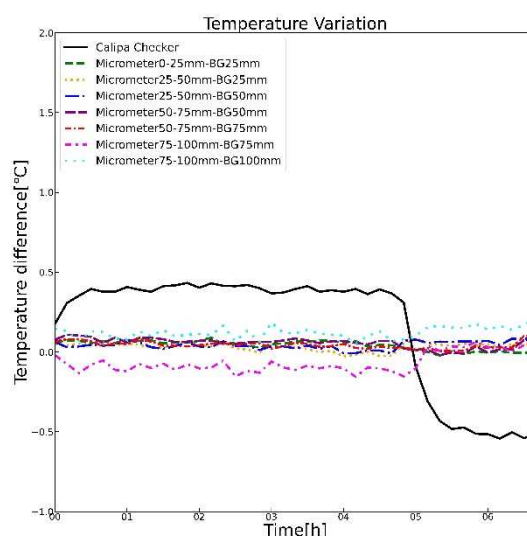


図 9 条件2での測定器と基準器の温度差

冬季(条件2)については、マイクロメータで一番温度差の大きい組み合わせで最大

0.4℃の温度差があった。

一方、ノギスに関しては最大0.7℃の温度差という結果となった。また、測定器の20℃からの偏差を図10に示す。

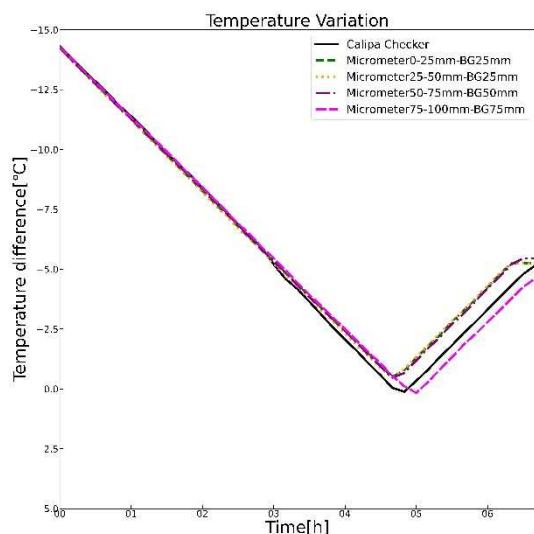


図 10 測定器の温度20℃からの偏差

測定器の20℃からの偏差については、夏季(条件1)の方が大きかったため、不確かさの算出には、夏季(条件1)の実験結果を使用する。

### 3. 3 不確かさの算出

条件1及び条件2での実験結果から求めた測定器及び標準器の温度差及び、測定器の20℃からの偏差をもとに計算した不確かさを、熱的効果による標準不確かさを求める数式2に代入する。その結果、マイクロメータについては下記の通り。

$$\begin{aligned}
 u^2(L_{\text{thermal}}) &= L_N^2 \alpha_s^2 u^2(\delta\theta) + L_N^2 u^2(\theta) u^2(\delta\alpha) \\
 &= (100\text{mm})^2 (9.3 \times 10^{-6}\text{K}^{-1})^2 (0.7 \text{ }^\circ\text{C})^2 + \\
 &\quad (100\text{mm})^2 (11.62^\circ\text{C})^2 (2.54 \times 10^{-6}\text{K}^{-1})^2 \\
 &= 0.83\text{um}
 \end{aligned}$$

また、ノギスについても同様とし、熱的効果による標準不確かさは下記の通りとなる。

$$\begin{aligned}
 u^2(L_{\text{thermal}}) &= L_N^2 \alpha_s^2 u^2(\delta\theta) + L_N^2 u^2(\theta) u^2(\delta\alpha) \\
 &= (150\text{mm})^2 (10.5 \times 10^{-6}\text{K}^{-1})^2 (1.2 \text{ }^\circ\text{C})^2 + \\
 &\quad (150\text{mm})^2 (11.83^\circ\text{C})^2 (1.3 \times 10^{-6}\text{K}^{-1})^2 \\
 &= 2.6\text{um}
 \end{aligned}$$

マイクロメータについては、本研究で求めた熱的効果の標準不確かさの他に、測定器の指示値の標準不確かさ及び標準器の標

準不確かさを合成して校正作業時の合成標準不確かさを算出すると、1.7umと求めた。よって校正作業時の合成拡張不確かさは3.4umと求めた。

マイクロメータ及びブロックゲージの温度差よりもノギス及びキャリパチェッカの温度差が大きい結果となったが、これは、ブロックゲージ及びキャリパチェッカの材質が鋼であり、大きさがブロックゲージと比較しキャリパチェッカが大きいため、熱容量が大きく、測定器との温度差が大きくなったためと考えられる。

また、マイクロメータについて一定温度で校正を行った場合と、温度変化がある状況下での校正作業とで、合成拡張不確かさの差を求めると、0.3um程であり不確かさの多くは、測定器の指示値及び、標準器の不確かさが影響していることが分かった。

## 4 まとめ

本研究ではノギス、マイクロメータの出張校正手段を確立するため、熱的効果による標準不確かさの算出を行い、マイクロメータに関しては校正作業時の合成拡張不確かさを算出した。結果は以下のとおりである。

- ・マイクロメータ100mm以下の校正作業時における熱的効果の不確かさは0.83 μm。
- ・ノギス150mm以下における校正作業時の熱的効果の不確かさは2.6 μm。
- ・マイクロメータの100mm以下の校正作業時における拡張不確かさは3.4 μm。

本研究の効果としては、出張校正時のマイクロメータの合成拡張不確かさが分かったことで、出張校正を行った際に不確かさを考慮した校正値を求めることが出来る。

今後は、本研究で算出まで行うことが出来なかったノギスに関して合成拡張不確かさの算出を行い、マイクロメータ同様に出張校正時の合成拡張不確かさの算出を行いたい。また、企業様からの要望がある、ハイトゲージやシリンダゲージに関して出張

校正時の拡張不確かさの算出を行いたい。

### 参考文献

- 1) 群馬県立群馬産業技術センター. 不確かさ見積もり手順書 (マイクロメータ). 2018
- 2) 群馬県立群馬産業技術センター. 不確かさ見積もり手順書 (ノギス). 2018