

経常研究

三次元測定機の測定方向による測定値の変動について

片岡 智史* 藤沼 誠人*

Research on Measured Values Fluctuation Depending on Measuring Direction of Coordinate Measuring Machine
KATAOKA Satoshi and FUJINUMA Masato

三次元測定機の測定方向による測定値の変動について調査するため、ブロックゲージやリングゲージで検証を行った。100mmのブロックゲージをXYZ各軸に平行な3方向と、XYZのうち2軸を用いる6方向の合計9方向で測定し、校正値と測定値を比較した。結果から、測定値はすべての測定方向で最大許容指示誤差の範囲内であることを確認した。リングゲージを8点で円測定し、4本の対角線の距離を求めた。リングゲージの設置角度を45°刻みでオフセットさせて、同様の測定を8回繰り返した。結果から、測定方向によって対角線距離に変動が生じることが確認できた。ブロックゲージとリングゲージの測定結果から、プローブの接触感度の差により、測定方向による測定値の変動が生じていると考えられる。

Key words: 精密測定, 三次元測定機, タッチ測定, 最大許容指示誤差, ゲージ

1 はじめに

医療機器の高精度化や高機能化が進み、機器を構成する部品にはマイクロメートルオーダの精度が要求されている¹⁾。そのため部品製造を担う中小企業においても、部品や部品の製造するための加工機を検査するゲージの要求精度も高くなっている²⁾。当センターにおいても、三次元測定機を用いたゲージ測定の依頼試験で、測定機の測定精度付近の測定を要求されることが増加している。

三次元測定機の測定精度は、最大許容指示誤差としてXYZ各軸に平行な3方向と、XYZ空間の対角4方向で、校正されたブロックゲージの長さを測定し、検査している³⁾。XYZのうち、2軸を使用する測定の指示誤差は、空間方向の測定に包含されており明確には分かっていない。測定物によっては2軸を使用する方向で測定することもあるため、2軸を使用した場合の測定値の変動について把握しておく必要がある。また、測定方向による測定値の変動を仮定すると、リングゲージなどを円測定する場合に、測定方向による形状への影響が生じると考えられる。

そこで本研究では、ブロックゲージやリングゲージを用いて、測定方向による測定値の変動や形状に与える影響について調査した。

2 研究の方法

2.1 ブロックゲージを用いた検証

ブロックゲージをXYZ各軸に平行な3方向と、XYZのうちの2軸を用いた6方向の合計9方向で測定し、測定値と校正値を比較した。表1に測定方向の模式図を示す。表1の模式図では、機械座標系XYZ各軸の単位ベクトルをそれぞれ*i, j, k*とし、方向余弦で測定方向を表している。測定セットアップの例を図1に示す。方向①②④⑤では、ブロックゲージを回転ステージ上に設置した。方向③では、測定用治具を用いてブロックゲージをZ方向に設置した。方向⑥⑦⑧⑨では、角度45°の面を有する治具上に傾斜ステージを固定し、その上にブロックゲージを設置した。ブロックゲージの設置方向は、機械座標系の測定方向に対して±0.5°の範囲内になるように回転ステージや傾斜ステージで調整を行った。その後、ブロックゲージ上に測定物座標系を作成し、ブロックゲージ長さを測定した。三次元測定機の仕様を表2に、ブロックゲージの仕様を表3に、プローブの構成を表4に示す。三次元測定機の最大許容指示誤差MPE_Eは、測定物の長さ*L* (単位: mm) を用いて、式(1)で示される。

$$MPE_E = \pm(0.35 + L/1000) \mu\text{m} \quad (1)$$

表3の呼び寸法より式(1)に*L*=100を代入し、

$$MPE_E = \pm 0.45 \mu\text{m} \quad (2)$$

* 栃木県産業技術センター 機械電子技術部

ブロックゲージ長さ l は、表3の中央寸法からの差から、以下の式(3)で与えられる。

$$l = 100.000097 \text{ mm} \quad (3)$$

式(2)、(3)により、三次元測定機でブロックゲージを測定した場合の測定値 l_{result} の許容範囲は以下の式(4)で示される。

$$99.999647 \leq l_{result} \leq 100.000547 \text{ mm} \quad (4)$$

各測定方向で3回測定し、測定値の平均値を式(4)と比較した。また、ブロックゲージを設置する位置による影響を調査するために、測定機の定盤を図2に示す9つのエリアに分割し、それぞれのエリアにおいて9方向の測定を実施した。

表1 測定方向について

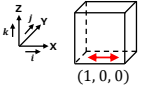
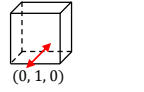
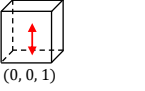
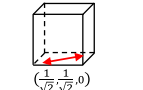
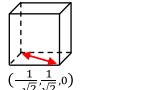
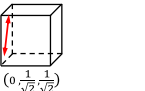
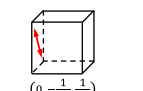
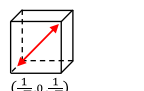
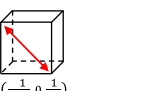
No.	①	②	③
方向	 (1, 0, 0)	 (0, 1, 0)	 (0, 0, 1)
No.	④	⑤	⑥
方向	 ($\frac{1}{\sqrt{2}}$, $\frac{1}{\sqrt{2}}$, 0)	 ($-\frac{1}{\sqrt{2}}$, $\frac{1}{\sqrt{2}}$, 0)	 (0, $\frac{1}{\sqrt{2}}$, $\frac{1}{\sqrt{2}}$)
No.	⑦	⑧	⑨
方向	 (0, $-\frac{1}{\sqrt{2}}$, $\frac{1}{\sqrt{2}}$)	 ($\frac{1}{\sqrt{2}}$, 0, $\frac{1}{\sqrt{2}}$)	 ($-\frac{1}{\sqrt{2}}$, 0, $\frac{1}{\sqrt{2}}$)

表2 三次元座標測定機仕様

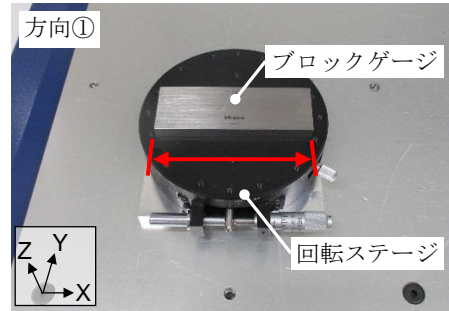
メーカー	株式会社ミットヨ
型式	LEGEX9106
測定範囲	X910 Y1010 Z610 mm
最大許容指示誤差	(0.35+L/1000) μm
ソフトウェア	MCOSMOS ver. 3.0

表3 ブロックゲージ仕様

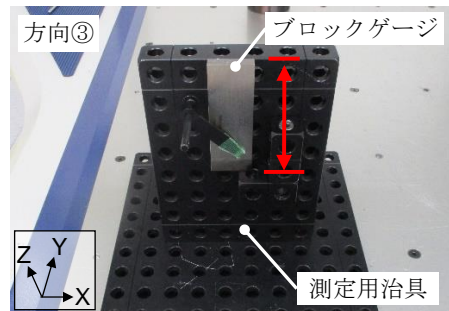
メーカー	株式会社ミットヨ
製造番号	No. 184655
ブロックゲージ等級	K級
呼び寸法	100 mm
中央寸法の寸法差	+0.097 μm
校正年月日	2022年10月

表4 プローブ構成

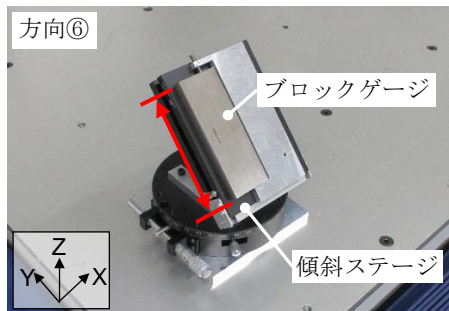
プローブ	MPP300
スタイラス	直径 4mm



(a) XY面



(b) Z方向



(c) YZ, ZX面

図1 測定セットアップ

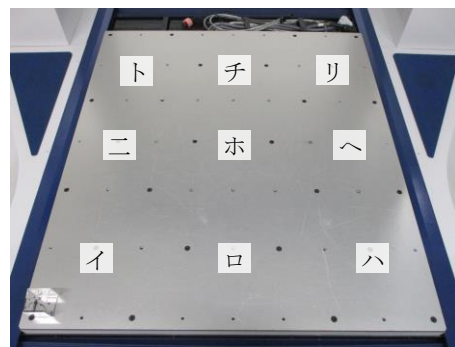


図2 9か所の測定エリア

2.2 リングゲージを用いた検証

リングゲージを円測定し、測定方向による形状への影響を検証した。測定セットアップを図3に、測定手順を図4に示す。リングゲージの刻印方向が方向②と平行になるように設置し、8点で円測定した。得られた8点の座標から4本の対角線距離を求めた。リングゲージ刻印方向を時計回りに45°刻みで回転させて、同様の測定を合計で8回繰り返した。対角線については、図5に示す。リングゲージを設置する位置は、図2の位置ホとした。測定に使用したプローブ構成を表5に示す。スタイラス形状による影響について調査するため、直径4mmと直径8mmの2種類のスタイラスで測定を行った。

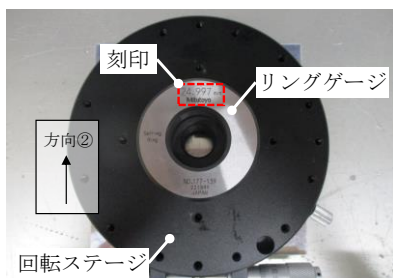


図3 測定セットアップ

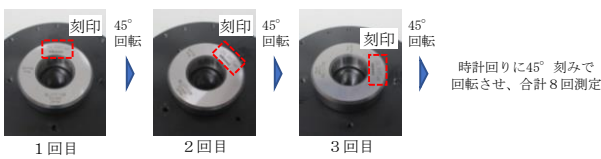


図4 測定手順

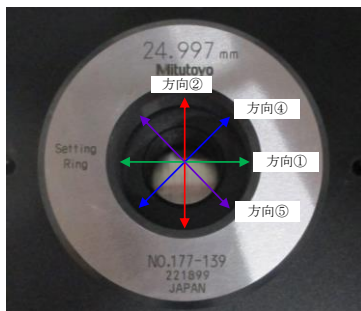


図5 対角線について

表5 プローブ構成

プローブ	MPP300
スタイラス	直径 4mm, 直径 8mm

3 結果及び考察

3.1 ブロックゲージの検証結果

測定結果を図6に示す。図6からすべての測定方向、すべての測定位置において、ブロックゲージ長さの測定

値は最大許容指示誤差の範囲内であることが読み取れる。また、測定位置よりも測定方向の影響が大きいことが確認できる。方向①では、他の8方向よりも校正値との差が小さくなった。測定方向による測定値変動の影響を小さくするには、方向①と平行に測定方向を設定した方が良いと考えられる。一方で、方向②では位置ト、チ、リのみプラス方向にオフセットすることがわかった。位置ト、チ、リではY軸の位置が同じであることから、Y軸のスケール誤差の影響と考えられる。方向④ではブロックゲージ長さに対して、マイナス方向にオフセットした。一方で、方向⑤ではブロックゲージ長さに対して、プラス方向にオフセットした。方向③⑥⑦⑧⑨では測定値はすべてマイナス方向にオフセットした。

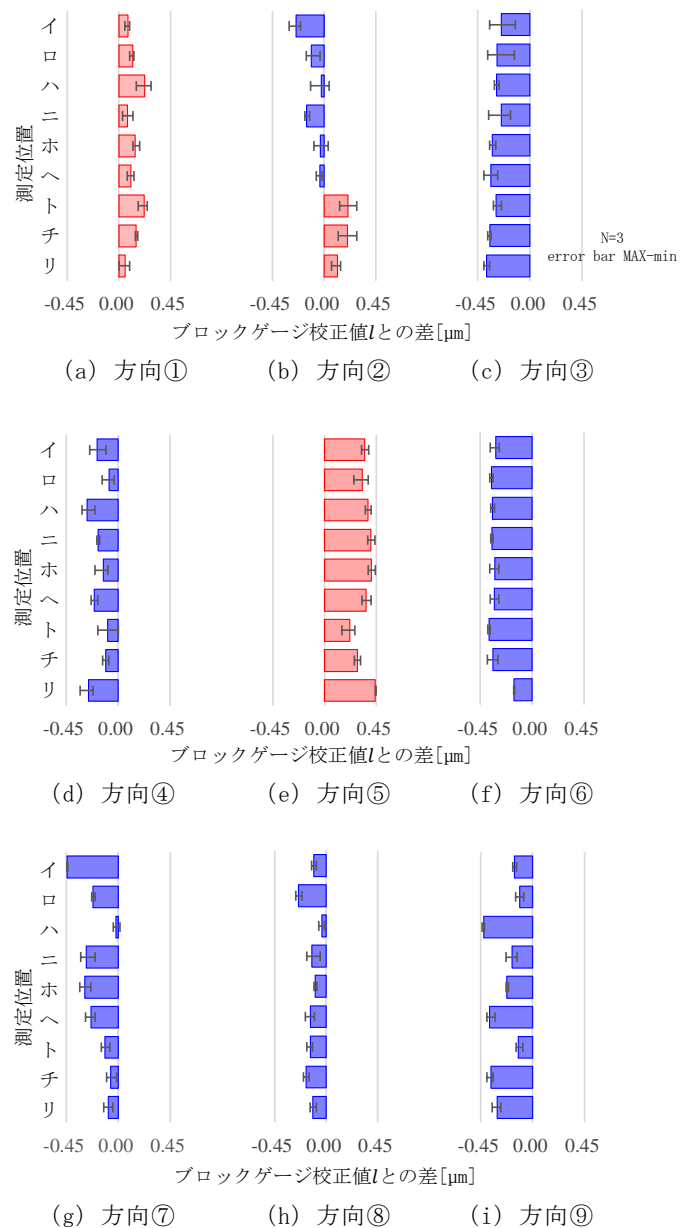
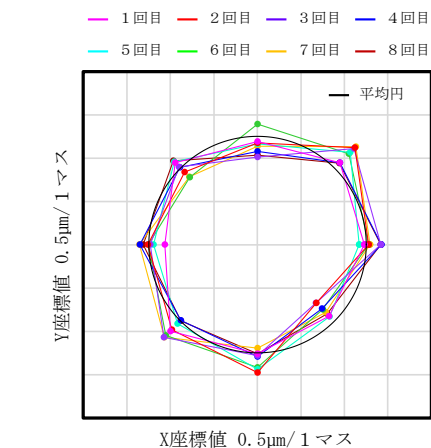


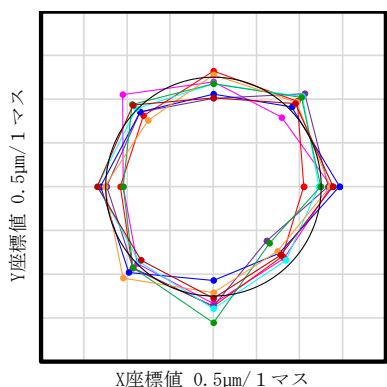
図6 ブロックゲージ測定結果

3. 2 リングゲージの検証結果

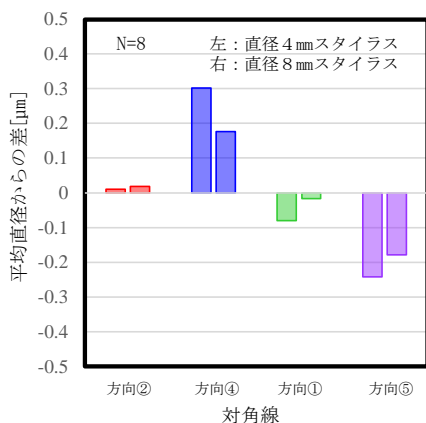
測定結果を図7に示す。図7(a), (b)では得られた測定点から最小二乗円を計算し、最小二乗円と測定点の差を10000倍してプロットした。図7(a), (b)より、リングゲージの設置角度によらず、測定方向によって円形状が変形していることが確認できる。測定点から求めた平均直径と対角線距離の差をとると、図7(c)に示すように方向④はプラス方向にオフセットし、方向⑤はマイナス方向にオフセットすることがわかった。



(a) 直径4mm スタイラス測定結果



(b) 直径8mm スタイラス測定結果



(c) 対角線距離の比較

図7 リングゲージ測定結果

3. 3 考察

ブロックゲージの測定結果では、方向④で測定値が小さくなり、方向⑤で測定値が大きくなる傾向が確認された。一方でリングゲージの測定結果では方向④では測定値が大きくなり、方向⑤では測定値が小さくなる傾向があった。

このような結果が得られた原因としては、プローブの接触感度の影響が考えられる。すなわち、方向④ではプローブ接触感度が方向⑤よりも反応しにくいため、ブロックゲージのような外側寸法の測定値が小さくなり、リングゲージのような内側寸法の測定値は大きく出やすい。逆に方向⑤では、プローブ接触感度が反応しやすいため、ブロックゲージのような外側寸法の測定値は大きく出やすく、リングゲージのような内側寸法の測定値は小さく出やすいと考えられる。

三次元測定機の測定精度付近の測定では、プローブ接触感度の他にも、XYZ軸同士の直交誤差やスタイラス形状誤差も測定結果に影響していると考えられる⁴⁾。直交誤差については、ブロックゲージとリングゲージの測定結果の方向④⑤の傾向により影響は少なかったと推察される。スタイラス形状誤差についても、リングゲージの測定で直径4mm、直径8mm スタイラスの結果が同じ傾向を示したことから、影響は小さいと考えられる。

4 おわりに

ブロックゲージとリングゲージを測定し、三次元測定機の測定方向による測定値の変動について、以下の知見を得た。

- (1) すべての測定方向、測定位置で、最大許容指示誤差の範囲内で測定可能である。
- (2) 測定位置よりも測定方向による測定値の影響が大きい。
- (3) 方向①に沿って測定を行うことで、測定方向による測定値変動の影響を小さくすることができる。
- (4) ブロックゲージとリングゲージの方向④⑤の測定結果から、測定方向による測定値の変動はプローブの接触感度の差によって生じていると考えられる。

参考文献

- 1) 倉石大悟：精密工学会誌，87 巻，3 号，257-261，(2021)
- 2) 小須田哲雄：精密工学会誌，79 巻，8 号，743-749，(2013)
- 3) JIS B 7440-2:2013
- 4) 古谷涼秋：精密工学会誌，57 巻，8 号，1449-1454，(1991)