

2次元パターン測定による画像測定機の性能評価*

和合 健**、米倉 勇雄**

ISO10360-7として規格が審議されている画像測定機の性能評価方法を検証するために、計測分科会形状計測研究会の持ち回り測定として13機関による2次元ゲージの持ち回り測定を行った。実験の結果、実験項目1～4での繰り返し5回の標準偏差の最大値は1.円測定及び2.四角測定の $0.14\mu\text{m}$ となり、この画像測定機は幾何学的誤差が小さく、測定性能が十分高いことが証明された。

キーワード：画像測定機、2次元ゲージ、性能評価

Evaluation of Performance on Video Measuring Machine by 2 Dimension Pattern Gauge

WAGO Takeshi and YONEKURA Isao

Round robin test on an evaluation of performance of Video Measuring Machine were experimented using 2 dimension pattern gauge by 13 institutions belong to feature measurement study group in measurement division, this experiment was performed in order to verify evaluation of performance method on Video Measuring Machine proposed by ISO 10360-7 standard. As a result, maximum standard deviation of measurement was $0.14\mu\text{m}$ in case of target feature as circle and square and 5 repeat times, therefore it was proved that Video Measuring Machine had capable high measuring performance.

key words : Video Measuring Machine, 2 dimension pattern gauge, evaluation of performance

1 結 言

測定物の微細化や低剛性化のために有接触法で寸法測定ができない製品が多くなっており、画像処理支援による測定顕微鏡（以下、画像測定機という）が多く活用されている。非接触法による測定は照明や測定物形状の影響から誤差の増大が予想され、定量的な誤差の算出が課題になっている。当工技センターが実施している技術者受入型開発支援事業においても、工具摩耗評価が要点になっており、そこで使用する画像測定機の測定誤差を明らかにすることが重要となっている。

ここでは、独立行政法人産業技術総合研究所計量標準総合センター（以下、NMIJ/AISTという）が提示する実験プロトコル¹⁾に従い産業技術連携推進会議知基盤部会計測分科会形状計測研究会の持ち回り測定として13機関による2次元ゲージの持ち回り測定を行い、岩手県工業技術センターで保有する画像測定機の測定誤差の傾向及び大きさを求めた。照明影響と形状誤差が小さい2次元ゲージを測定することにより画像測定機の本来性能による指示誤差を求めることができると推測して実験を進めた。

2 参加機関

持ち回り測定の参加機関は、NMIJ/AISTを主導として岩手県工業技術センター、福島県ハイテクプラザ、群馬県産業技術センター／東毛産業技術センター、長野県工業総合センター、石川県工業試験場、鳥取県産業技術センター、広島県立東部工業技術センター、山口県産業技術センター、熊本県工業技術センター、(株)ソキア、(株)ニコインインストルメンツカンパニー、(株)ミットヨの全13機関である。

3 実験方法及び装置

3-1 実験装置

測定実験には図1、図2に示すミットヨ製のHyperQV404-PROを使用した。測定機の主な仕様を表1に示す。HyperQVはミットヨ社における画像測定機の中でUltraQVの次の精度等級に位置する高精度型である。両者の違いは測定台移動ガイドの機構が静圧軸受けとボール軸受けの違いのようである。レンズ倍率に関する視野と分解能を表2に示す。測定では（対物レンズ×1-タ

* 産技連計測分科会形状計測研究会共同実験

** 電子機械技術部

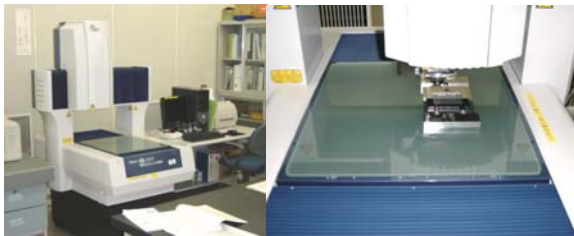


図1 測定機の外観

図2 測定テーブル

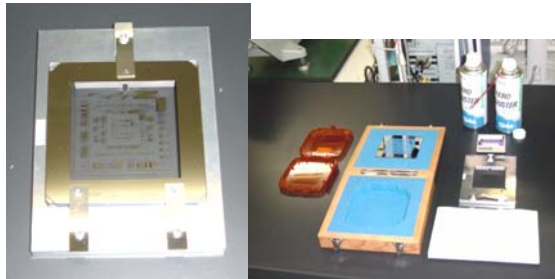


図3 2次元ゲージ

図4 持ち回り付属品

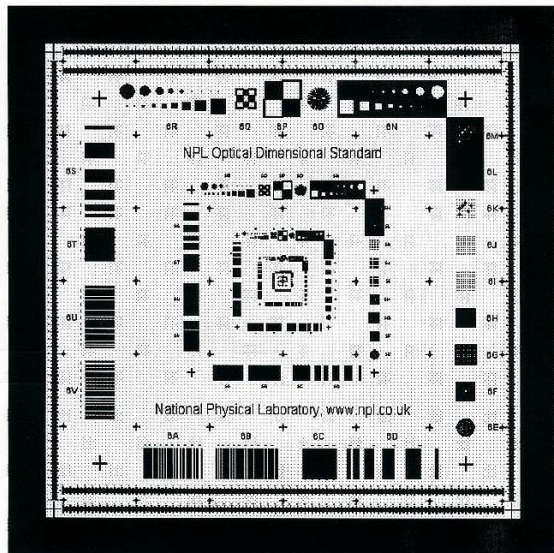


図5 2Dゲージ (NPL 製) の模様パターン

ターレット×2、以下低倍率設定という)と(対物レンズ×2.5-ターレット×2、以下高倍率設定という)の二つの倍率を使用して測定した。測定機は標準仕様機であり独自の改造は行っていない。持ち回り測定で使用した2次元ゲージを図3、持ち回り付属品を図4に示した。2次元ゲージは図5のとおりガラス表面にパターンが蒸着されているもので材質は合成石英、線膨張係数は $0.51 \times 10^{-6}/(K)$ 、大きさは $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 1.5\text{mm}$ である。測定テーブル上への固定方法は専用治具プレートを使用し3個のクランプで固定する。2次元ゲージは図4に示した木箱に収納して輸送される。

3-2 実験方法

測定プログラムは1. 円測定から4. 円測定まではミツトヨから提供された二つの測定プログラムを使用した。5. 座標測定は独自にプログラミングした測定プログ

表1 画像測定機的主要仕様

測定範囲	X	400
	Y	400
	Z	250
最小表示量		$0.02 \mu\text{m}$
スケール		反射型リニアエンコーダ
駆動方式		DCサーボモータ+ボールネジ(クルーズドループ位置決め方式)
ガイド方式		直動式ハードベアリング
画像検出方式		CCDカメラ方式
透過照明		白色合成LED
拡大方式		3段階ターレット($\times 1$, $\times 2$, $\times 6$)
指示精度(U_1)	X,Y	$0.8+2L/1000 \mu\text{m}$
	Z	$3+2L/1000 \mu\text{m}$
指示精度(U_2)	XY面	$1.4+3L/1000 \mu\text{m}$
積載最大重量		30Kg
精度保証温度		20°C

表2 レンズ倍率に関する視野と分解能

対物レンズ倍率	1×			2.5×			5×		
	1×	2×	6×	1×	2×	6×	1×	2×	6×
ターレット倍率	1×	2×	6×	1×	2×	6×	1×	2×	6×
視野(H×Vmm)	6.27×4.7	3.13×2.35	1.04×0.78	2.5×1.88	1.25×0.94	0.41×0.31	1.25×0.94	0.62×0.47	0.2×0.15
分解能(μm)	2.50	1.30	0.40	1.00	0.50	0.18	0.50	0.25	0.07

表3 測定中の温度変動

測定項目	(単位: $^\circ\text{C}$)				
	Avg	Max	Min	Range	Time(h,m)
低倍率測定	20.8	21.0	20.5	0.5	4h39m
高倍率測定	20.9	21.0	20.6	0.4	1h32m
座標測定- 0°	20.7	20.8	20.7	0.1	15m
座標測定- -45°	21.1	21.3	20.8	0.5	15m

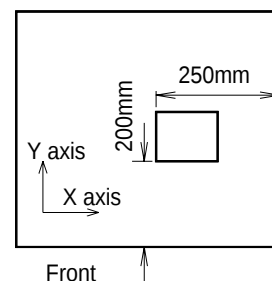


図6 測定台上のゲージ位置

表4 実験項目1. 円測定の因子と水準

水準	a)照明強度	b)走査方向	c)測定項目	d)繰り返し
1	通常	明から暗	直径	1回目
2	1%暗	暗から明	真円度	2回目
3	2%暗		X座標値	3回目
4			Y座標値	4回目
5				5回目

表5 実験項目2. 四角測定の因子と水準

水準	a)照明強度	b)走査方向	c)測定項目	d)繰り返し
1	通常	明から暗	対角距離1	1回目
2	1%暗	暗から明	対角距離2	2回目
3	2%暗			3回目
4				4回目
5				5回目

表6 実験項目3.線幅測定の因子と水準

水準	a)照明強度	b)走査方向	c)線色	d)ステージ移動
1	通常	明から暗	黒	なし
2	1%暗	暗から明	白	あり
3	2%暗			

表7 実験項目4.円測定の因子と水準

水準	a)照明強度	b)走査方向	c)測定項目	d)直径
1	通常	明から暗	直径	$\phi 1\text{mm}$
2	1%暗	暗から明	真円度	$\phi 0.707\text{mm}$
3	2%暗		X座標値	
4			Y座標値	

表8 実験項目5.座標測定の因子と水準

水準	a)座標回転	b)座標軸
1	0度	X軸
2	45度	Y軸

ラムを使用した。ミットヨから提供された低倍率設定測定プログラムを使用して1.円測定から3.線幅を測定した。測定台のガラステーブルのチルト調整により2次元ゲージの四隅におけるZ座標の最大差を $17\mu\text{m}$ 以内とした。4.円測定は高倍率設定測定プログラムを使用した。低倍率設定では機械座標における円1と円2のY座標差を $33\mu\text{m}$ として2次元ゲージを設置した。高倍率設定では機械座標における円1と円2のY座標差を $21\mu\text{m}$ として2次元ゲージを設置した。5.座標測定は低倍率設定により測定を行った。回転無しのゲージ設置は高倍率設定測定の4.円測定からゲージを動かさず5.座標測定に移行したためゲージ設置の円1と円2のY座標差は $33\mu\text{m}$ である。 45° 回転は円1と円4のX座標の差を $88\mu\text{m}$ として2次元ゲージを設置した。ゲージを置く位置は、図6に示す測定台の右側中央部付近に設置した。測定中の部屋の蛍光灯照明はすべて消し、温度変動が小さいと思われる夜間に測定した。

3-3 測定機校正に使用した参照標準

測定機の校正は測定機メーカ(ミットヨ)が行っており、校正周期は2年である。最も近い校正日は2005/2/15にメーカ校正を行い、校正に使用した参照標準はメーカが社内標準としているものを使用したようである。また、2006/7/7(持ち回り測定の3日前)に持ち回り測定を行う事前点検としてメーカが社内標準の参照標準を使用して測定機の精度確認を行った。

3-4 温度

温度計はエスペック製RS-12のデジタル集録型を使用した。測定精度は 0.5°C であり、測定ではサンプリング周期を10分として平均値により温度を算出した。温度計の設置場所は持ち回り付属温度計と一緒に測定機の隣の机の上に置いた。表3に各測定項目の温度と測定時間を示す。温度の変動幅は最大で 0.5°C であり温度変動による誤差は小さい。 20°C からのかたよりは最大で 1.3°C みられ、熱膨張の影響を考慮する必要がある。測定時間は低倍率測定で4時間39分の長時間測定となった。

4 実験結果及び考察

プロトコルに指示された繰り返し5回の標準偏差を測定誤差とした。標準偏差の工程平均を因子毎に求め、要因効果図²⁾に因子の効果を表した。実験項目毎の因子の水準を表4～表8に示し、要因効果図を図7～図11に示す。実験項目が1.円測定、2.四角測定、3.線幅測定、4.円測定、5.座標測定でのそれぞれの全標準偏差の平均値は $0.14\mu\text{m}$ 、 $0.14\mu\text{m}$ 、 $0.07\mu\text{m}$ 、 $0.07\mu\text{m}$ 、 $0.09\mu\text{m}$ となった。実験項目1～4において因子の効果を考察した結果、4.円測定(視野 $1.3\text{mm} \times 0.95\text{mm}$)で因子:照明強度において小さい設置値の場合で標準偏差が小さい。1.円測定の視野 $3.1\text{mm} \times 2.3\text{mm}$ では因子:照明強度の影響が表れないことから倍率の高い測定では照明の効果が測定分解能に反映した効果であると推測した。図10から 45° 回転した場合でばらつきが大きく、座標軸ではY軸でばらつきが大きい。

実験項目毎の標準偏差の最大値は $0.14\mu\text{m}$ となり、 2σ としても $0.28\mu\text{m}$ となり指示誤差 U_1 の初項値 $0.8\mu\text{m}$ を十分に満たす。実製品測定でのエッジ抽出誤差を除く測定機本体の幾何学的誤差が小さく、測定性能が十分高いことが証明された。

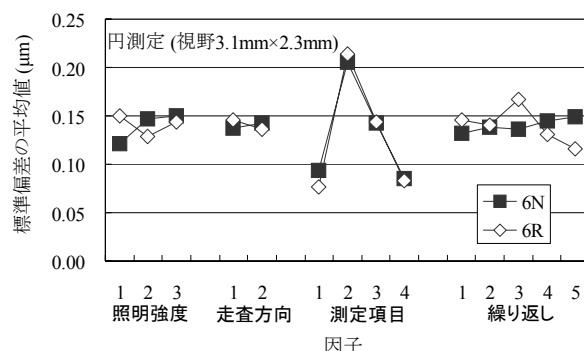


図7 実験項目1.円測定の要因効果図

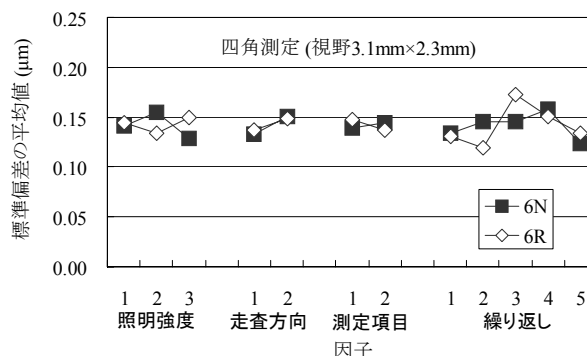


図8 実験項目2.四角測定の要因効果図

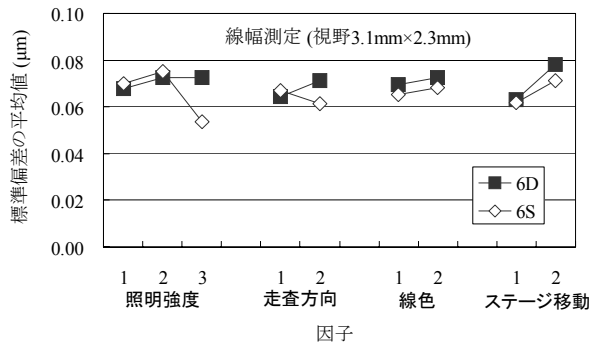


図9 実験項目3. 線幅測定の要因効果図

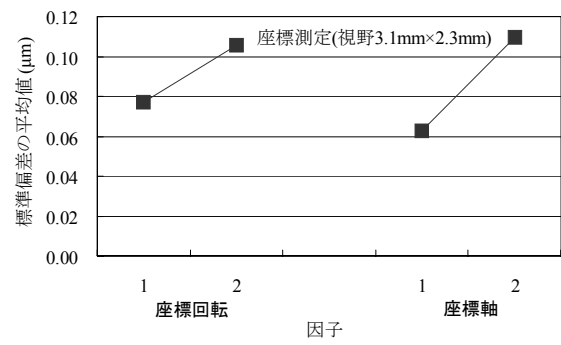


図11 実験項目5. 座標測定の要因効果図

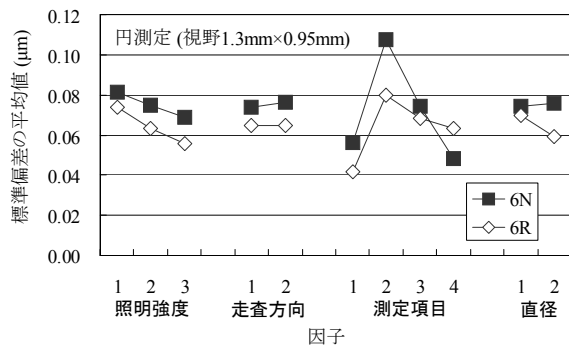


図10 実験項目4. 円測定の要因効果図

5 まとめ

プロトコルに従い実験を行った結果、実験項目1～4での繰り返し5回の標準偏差の最大値は1.円測定及び2.四角測定の $0.14\mu\text{m}$ となった。従って、測定機の幾何学的誤差は小さく、測定性能が十分高いことが証明された。

文 献

- 1) NMIJ/AIST: 2次元パターン測定 Draft A(2006)
- 2) 矢野宏: 計測管理工学入門、工業調査会(1984)