

非接触法による 3 次元形状高精度測定技術の開発*

和合 健**、米倉 勇雄**

JIS B 7440-2 附属書 A 中間点検に使用するアーティファクトの要素設計と非接触 CMM に適応する測定要素の設計及び検証をした。その結果、独自設計の機構を有するアーティファクト及び非接触 CMM に適する測定要素球の表面改質方法を見いだした。

キーワード：CMM、アーティファクト、非接触、着脱

Development of High Accuracy Measurement Method for 3 Dimension Feature by Non-contact Probe

WAGO Takeshi and YONEKURA Isao

The artifact which used on interim checking according to JIS B 7440-2 appendix-A was designed for measurement elements applied to Non-contact probe CMM and was verified. As a results, artifact could be made to form original design and it found out that suitable surface modification method for measurement element spheres using non-contact probe.

key words : CMM, artifact, non-contact, attachment and detachment

1 はじめに

近年、モールド成型やプレス加工において高精度な曲面形状測定が要求されており、そこではレーザや CCD カメラを用いた非接触式による座標測定機(以下、非接触型 CMM という)が使用される。非接触型 CMM は接触型 CMM と異なる測定原理のため非接触型 CMM の性能評価にはその測定原理に適応したアーティファクトが要求される。

ここでは、非接触型 CMM に適応するアーティファクトを設計製作するために、以下に示す二つの目的により実験を行った。一つは JIS B 7440-2 附属書 A 中間点検¹⁾で使用する CMM 測定誤差抽出の性能が高く取り扱いが容易で独自に製作できるアーティファクトの形状設計であり、もう一つは非接触型 CMM に適用する測定要素の設計と精度検証である。

2 アーティファクトの要素設計

開発したアーティファクトはボールディメンションゲージ(Ball Dimension Gauge: BDG)と呼び図 1 に示す。寸法安定性を高める方法は、本体にナイフエッジを使用することで解決する。ナイフエッジの材料は JIS G 4401 (炭素工具鋼鋼材)の SK5 又はこれと同等以上のものとし、硬さは焼入れしたものでは Hv490(Hs65)～Hv620(Hs75)の範囲で残留応力除去のための熱処理が施され、経年変化が小さく寸法安定性に優れている。開発するアーティファクトは、ナイフエッジを使用した本体に

円筒形の上面に円錐形状の彫り込みをしたマグネット治具を瞬間接着剤により任意に配置固定する。本体をナイフエッジとマグネットによる構成としたことで従来のアーティファクト製作で要求された高度な製造技術が不要となる。マグネット治具に直径が異なる 2 種類のベアリング球を磁力で固定することで接合による球の真球度低下を排除する。

3 レーザ型プローブに適する測定要素の検証実験

3-1 球の設計

測定要素は CMM の幾何学的誤差と同時にプロービング誤差の抽出を行うことができる球を採用した。測定要素球は、接触型 CMM を使用した不確かさの小さい値を付けるために真球度が高いこと、非接触型 CMM による測定を行うために球が適度な散乱光を生じる表面性状を有すること、プローブ原理に適合する球表面の選択とゲージ輸送時に球を取り外し小さく収納するためにマグネット治具に固定できる磁性体であること、以上の 3 つの条件を備えることが必要になる。

3-2 標示因子の設定

レーザ型プローブに適応するため表面改質を行い 4 種類の表面性状として標示因子 A: 表面性状を 4 水準設定した。水準は、水準 1: 鏡面、水準 2: 黒塗り、水準 3: 化学研磨+表面被膜(以下、表面被膜という)、水準 4: 無電解ニッケルメッキ(以下、無電解メッキという)とした。

* 地域新生コンソーシアム研究開発事業

** 電子機械技術部

*** (株)ニュートン

球の表面改質が影響するマグネット治具への取り付け取り外しの再現性を検証するために標示因子 B: 球の着脱を3水準設定した。標示因子 C: 測定の繰り返しは表面性状が影響する繰り返し誤差を求めるために2水準設定した。特性値はφ1インチ球とφ1/2インチ球における測定要素球の中心座標のX座標、Y座標、Z座標、直径、真球度として、標示因子毎の標準偏差の工程平均を算出し、標示因子の影響の大きさを求めた。ここで、因子Bの球の着脱は一旦球をマグネット治具から取り外し再度取り付け後測定を行う行為を言う。因子Cの測定の繰り返しは同一状態で球に対し繰り返し測定を行う行為を言う。精度検証実験はテストピース (以下、BDG-T という) で行い、そのワーク座標系を図2に示す。

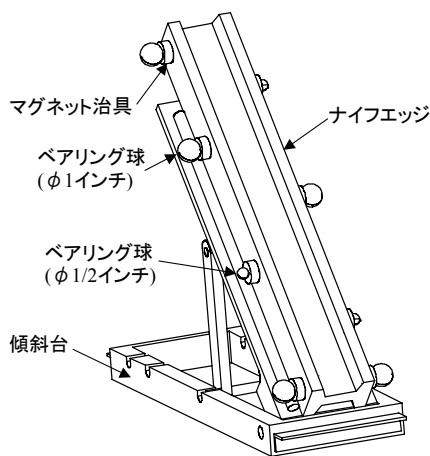


図1 ポールディメンジョンゲージ

表1 標示因子

因子		水準			
		1	2	3	4
A	表面性状	鏡面	黒塗り	表面被膜	無電解メッキ
B	球の着脱	1回目	2回目	3回目	—
C	測定の繰り返し	1回目	2回目	—	—

表2 割り付け表

番号	測定方式	特性値: XYZ座標値, 球径, 真球度					
		標示因子 A ₁ : 鏡面					
		B ₁		B ₂		B ₃	
		C ₁	C ₂	C ₁	C ₂	C ₁	C ₂
1	接触型CMM						
2	非接触型CMM					—	—
		A ₂ : 黒塗り					
		A ₃ : 表面被膜					
		A ₄ : 無電解メッキ					

※)非接触型CMMでは真球度を除く

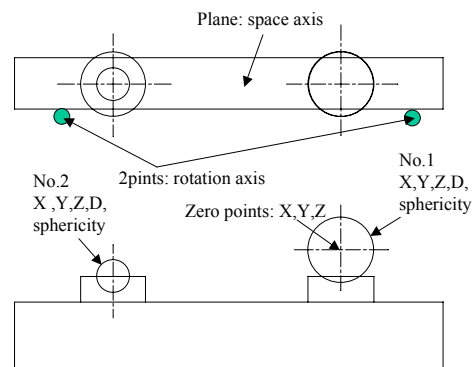


図2 テストピース (BDG-T)

3-3 球の表面粗さ

フォームタリサーフ PGI1240 で各球の表面性状について表面粗さを測定した。φ1インチ球では、鏡面が Ra0.004 μm、黒塗りが Ra0.071 μm、表面被膜が Ra0.310 μm、無電解メッキが Ra0.353 μm の結果となった。φ1/2インチ球では鏡面が Ra0.021 μm、黒塗りが Ra0.023 μm、表面被膜が Ra0.299 μm、無電解メッキが Ra0.309 μm の結果となった。

3-4 実験結果及び考察

標示因子 A: 表面性状の4水準の球に対して非接触式のレーザ型プローブにより測定を行った結果、鏡面と黒塗りの水準はφ1/2インチ球が測定できなかった。図3と図4に示す凡例の Each set は標示因子 B: 球の着脱の効果、Internal of set は標示因子 C: 測定の繰り返しの効果を表す。図3と図4から表面被膜と無電解メッキの場合に標示因子 C: 測定の繰り返しでφ1インチ球の球径以外の特性値で標準偏差の平均値が 1 μm 未満となり良好な結果であった。標示因子 B: 球の着脱では無電解メッキの場合でφ1/2インチ球での Z 座標値の標準偏差の平均値は 1.13 μm が最大値となり、他の特性値は 1 μm 未満となった。これは接触型 CMM の場合よりも標示因子 B: 球の着脱の標準偏差は小さく良好な結果である。非接触型プローブでは利得が 0~60 ノッチまで設定できる状況において、鏡面 60、黒塗り 30、表面被膜 34、無電解メッキ 15、基準球 12 の設定が適した測定設定であり、利得設定ノッチが小さい設定の方が標準偏差の小さい測定が行えることがわかった。

3-5 絶対座標値の検証

接触型 CMM による XYZ 座標値及び球径を標準値として、非接触型 CMM による標示因子 A: 表面性状毎の測定値と比較した結果を図5に示す。φ1インチ球とφ1/2インチ球を合わせた XYZ 座標値における標準値との差の平均値は、表面被膜で -1.33 μm、無電解メッキで -3.92 μm、φ1インチ球のみで黒塗り -6.62 μm、鏡面 -2.76 μm となった。接触型 CMM における表面被膜と無電解メッキの標示因子 B: 球の着脱の効果がそれぞれ 1.45 μm、2.66 μm と算出された。この結果、球中心の位置誤差とマグネット治具への装着再現性の誤差が一致した。

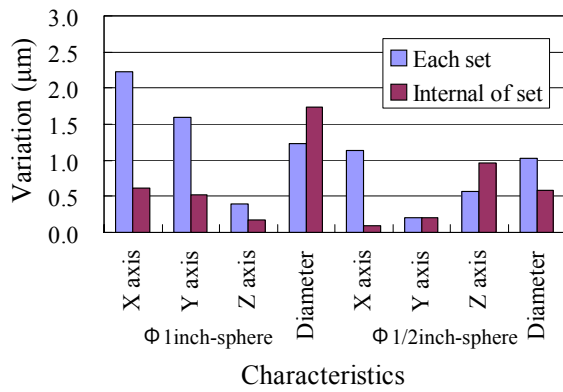


図3 外側割付の標示因子：表面被膜

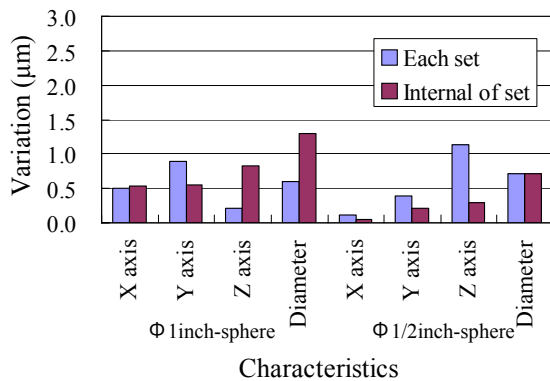


図4 外側割付の標示因子：無電解メッキ

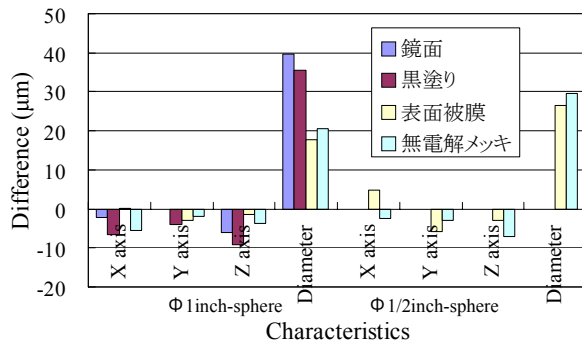


図5 接触型CMMを標準値とした絶対値評価

4 結 言

JIS B 7440-2 附属書 A 中間点検に使用するアーティファクトの要素設計と非接触型 CMM に適応する測定要素の設計及び検証をした結果以下の事項が明らかとなった。

- 1) 提案するアーティファクトはナイフエッジを本体とすることにより適切な熱処理が施され経時変化を小さくすることができる。
- 2) マグネット治具により測定要素球を着脱することで接触及び非接触の双方のプロブ原理に適した表面性状の球が選択できる。
- 3) 標示因子 A：表面性状では無電解メッキの場合にマグネット治具への球の着脱の効果が標準偏差の平均値でφ1/2インチのZ座標値を除き1μm未満及びレーザ型プロブの検出性においても最も良好な利得を示し、非接触プロブに適する表面改質であることがわかった。

文 献

- 1) JIS B 7440-2 (製品の幾何特性仕様(GPS)一座標測定機(CMM)の受入検査及び定期検査一第2部:寸法測定)、日本規格協会(2003)