

技術ノート

ボールゲージによる三次元座標測定機の性能評価

Evaluation of CMM performance with a ball gauge

澤近 洋史*

1. はじめに

三次元座標測定機 (CMM) は、マイクロメータやノギスなどの汎用的な測定機器では行えない高度な精密測定を能率的に行うことができるため、大企業ばかりでなく中小企業にも広く導入されている。

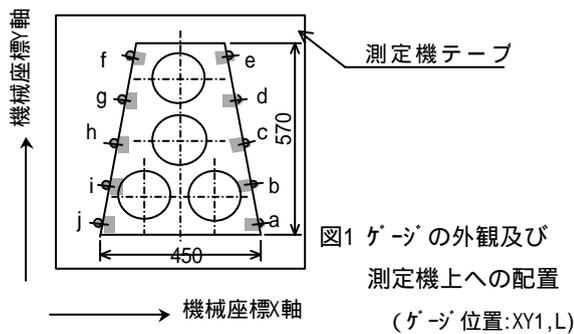
CMMの性能は、ブロックゲージを使用して評価することとされている (JIS B 7440-2)。しかしこの方法では、多数の長尺ブロックゲージを用意し、それらを厳格に配置して検査する必要があるため、使用者が自ら検査を実施することは容易でない。

本研究は、ボールゲージ (計量研究所製作) を使用した簡便な方法でCMMの性能評価実験を行い、各種性能評価項目の算出手法について検討を行ったものである。

2. CMM性能評価実験

2.1 ボールゲージ

ゲージは図1に示すように、厚さ60mmの台形状御影石の側面にa~jの10個の球体を配置した構造となっており、質量は約30kgである。球体は直径25.4mmのセラミック製であり、各球体は直径及び真球度について、校正機関による値付けがなされている。



2.2 供試測定機及び測定環境

実験に使用したCMMは実験の8ヶ月前に設置したもので、固定ブリッジ形CNC方式であり、測定範囲はX方向705mm, Y方向705mm, Z方向455mmである。検出器の測定子は直径4mmのものを5本 (星型) 用いた。

測定は、温度 20 ± 1 , 湿度 55 ± 3 %の恒温恒湿室において行った。ゲージには2か所に温度センサを取り付け、測定機のデータ処理において温度補正を行っている。

*精密加工技術グループ

2.3 測定方法¹⁾

2.3.1 測定内容

10個の球体を端から順番に球測定し、中心座標値、直径及び真球度をデータ処理により求める。測定はゲージの中心軸と平行で、直径が最大となる赤道を等間隔に4点、赤道からの距離が最大となる極1点の合計5点の入力とした。

2.3.2 測定座標系の設定

図1において、4球体a, e, f, jの中心点からデータ処理によって決定される平面を基準面とした。球体が配置されていない球体b及びc側の長方形平面と基準面とで決定される線分Aを基準軸とした。また、2球体a, eの中心点から決定される線分及び球体j, fの中心点から決定される線分の基準面への投影線をそれぞれB'及びC'とする。AとB'の交点と、AとC'の交点との中点を座標系の原点に設定した。

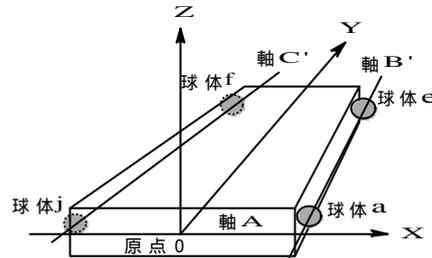


図2 測定座標系の設定

2.3.3 ゲージの測定条件

a. セット位置 ゲージの球体が配置されていない面が、測定機の機械座標系に対して平行または直角となるような位置にセットする。ゲージの中心軸が機械座標Y軸と平行になる位置 (XY1, 図1), X軸と平行になる位置 (XY2) の他に、基準面がYZ面及びZX面と平行となる位置などが考えられるが、供試測定機のZ方向測定範囲の制約から、今回の実験においてはXY1位置及びXY2位置の2通りとした。

b. 面の向き 各セット位置において、ゲージを図1のように置いたときの状態を面Lの向きとする。次にこの状態から裏返したときの状態を面Uの向きとする。

c. 測定方向 10個の球体をa e f jの向きに順番に測定する 方向測定と、j f e aの向きに順番に測定する 方向測定の2通りを行った。

d. 測定の反復 各セット位置、面の各向き及び各測定方向において、2.3.1の測定を2回行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 スケール誤差

測定した10個の球体の中心座標から、球体aを基準とした場合の球体間距離(9種類)を求めた。測定条件を変えて得られた球体間距離データに対して品質工学の手法²⁾により誤差の大きさをSN比として算出した。

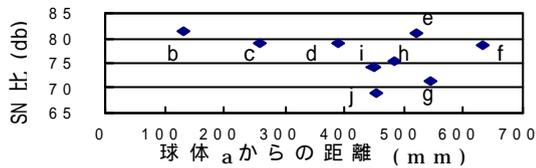


図3 球体間距離のSN比

図3はゲージ面の向きがLにおいて、セット位置(XY1及びXY2)、測定方向(検出器の移動方向)及び測定の反復を誤差因子として、ゼロ点比例式による解析を行った結果である。各SN比はそれぞれ8個のデータから算出され、db単位で表示してある。SN比の値が小さくなるほどばらつきが大きいこと示す。ここでSN比の95%信頼限界(2)を算出すると、例えばSN比が70dbのとき0.9μmである。これらの解析値は、測定機を校正した後の誤差の大きさを表し、CMM設置時に実施した受入検査の測定結果(指示誤差E2)と概ね整合するものであった。

3.2 直角度

ゲージ面をLの状態でもったとき、5つの球体a, b, c, d, eの中心点から最小二乗法により決定される仮想軸Bが測定座標系の基準軸Aとなす角度をθとする。次にゲージ面をUの状態でもったときの軸Bと軸Aのなす角度をθ'とすれば、反転法³⁾によって測定機の機械誤差(軸相互の直角度)Eaは[1]式で表される。

$$Ea = \frac{\theta - \theta'}{2} \dots\dots\dots(D)$$

例えばゲージ位置XY2において、Eaを求めたところ0.47secであった。X方向の測定範囲705mmに対して、この正接(tan)を考えると1.60μmとなる。この値は製造業者が示す直角度の許容値の範囲内であった。

3.3 真直度

ゲージをXY1の位置にセットし、測定座標系のY軸を反転の基準線と考えたとき、面L及び面Uにおける各球体の中心点と基準線とのX方向距離をそれぞれm及びm'とする。反転法により測定機の機械誤差Exは、[1]式においてEa, θ, θ'をそれぞれEx, m, m'と置き替えることによって求めることができる。

仮想軸Bを構成する球体a~eの中心5点についてExを算出し、プロットしたのが図4である。いま両端にある|a|点と|e|点を直線で結び、この直線の平行線が|b|~|d|点を通るとき、2直線間距離の最大値が球体a~eの領域

におけるY軸方向の真直度を与え、この場合には約510mmにおいて0.18μmであった。

次にゲージをXY2の位置にセットし、同様な方法でX軸方向の真直度を求めたところ、球体a~eの領域において0.30μmであった。

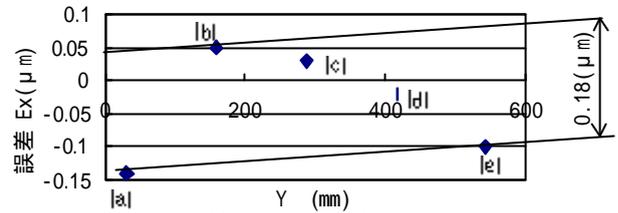


図4 Y軸方向の真直度

3.4 設定した座標系における問題点

本実験では、ゲージの下底面と基準面とで決定される線分Aを基準軸に設定した。しかしこの方法では、図5に示すように、U面の向きとL面の向きで測定したときの各球体の中心座標、特にZ座標に大きな差を生じる結果となった。これは測定子が下底面に接触する位置が、U面の向きとL面の向きで異なることによるものと考えられる。

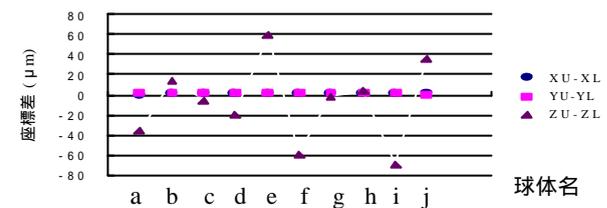


図5 球体中心座標の差(XY2におけるU,Lの比較)

4. まとめ

複数の球体から構成されるボールゲージを用いてCMMの性能評価実験を行った。その結果、CMMのスケール誤差、軸相互の直角度、真直度などについて、単純な球体の測定から同時に評価できることを確認した。

本実験で採用したゲージの下底面を測定する座標系設定の方法では、表と裏で異なる座標系が生成する問題があり、球体の測定のみで座標系を決定する方法が望ましいと考える。

本研究を実施するにあたり、計量研究所松田次郎主任研究官には貴重なご助言を頂きました。感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 澤近洋史,松田次郎,柴田政典:日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会'00講演論文集,2A1-73-102(2000).
- 2) 田口玄一:品質工学講座(3),日本規格協会(1995).
- 3) 横山豊:精密機械,36,7(1970).

(原稿受付 平成12年8月2日)