

形状測定機の精度評価法検証実験

Verification Experiment of the Form Measurement Machine Accuracy Appraisal Method

木村勝典

Katsunori Kimura

機械素材研究所 生産システム科

形状測定における解析手法は1つのプロファイルの評価から面での評価に変わりつつある。また、サイズの大きな形状について面での評価が望まれてきている。そこで、微細形状の評価装置として利用されている輪郭形状測定機での測定結果を参照値として利用し、サイズの大きな形状の評価に利用できる三次元測定機での面評価の可能性を探った。その結果、微細形状凹部での測定値のばらつきが大きかったが、面形状評価に適した測定条件を見出すことができた。

1. はじめに

形状測定における評価は、従来から接触式測定機を用いて測定物のサイズや加工精度に応じて実施されてきたが、サイズの小さなものに十分対応することができなかった。これからの形状測定は1つのプロファイル（断面曲線）だけの評価から、評価したい形状全体を検証できるように面としての評価が望まれてきている。近年、三次元測定機（以下 CMM）の普及が進み、面での形状データを多点測定により取得する方法が用いられているが、時間がかかることが最大の欠点であった。そのため、触れプローブを有する CMM を利用できる場合には、スキヤニング測定によりプロファイルデータを測定する方法が取られるようになり、測定時間を飛躍的に短縮させることができるようになった。しかし、スキヤニング測定における形状評価においては、特に微小部分における測定精度について十分な検証が行われておらず、CMM により測定されたプロファイルデータの信頼性は把握されていなかった。

そこで CMM を用いたスキヤニング測定データの精度評価を行うため、2種類のゲージを用いて CMM による測定を実施し、輪郭形状測定機での測定データとの比較を行うことで、形状測定における精度評価法について検討を行ったので報告する。

2. 測定方法

2.1 測定機器

測定には CMM UPMC550 CARAT (ZEISS) と輪郭形状測定機フォームタリサーフ PGI プラス (Taylor Hobson) (以下 PGI) の 2 機種を使用した。それぞれ測定中の写真を図 1、2 に示す。



図 1 CMM



図 2 PGI

2.2 測定方法

各測定機での測定条件を表 1 に示す。

CMM については、外形スキヤニング測定における特性把握を通じて¹⁾使用するプローブに最適な測定条件を設定した。特に微細な形状のスキヤニング測定について検証を行うために、測定子は使用できる最小のチップ径である $\phi 0.3$ mm のタイプを選定した。PGI については、測定条件はデフォルトとし、サンプリング数においてのみ、参照値とし利用するために CMM の 2 倍の条件に設定した。

それぞれの使用プローブについてキャリブレーション

ョンを実施した後に、測定を開始した。

表 1 測定条件

| | CMM | PGI |
|--------|-----------|-----------|
| 使用プローブ | φ0.3mm 球 | R2μm60°円錐 |
| 測定速度 | 0.5mm/sec | 0.5mm/sec |
| 測定圧 | 50mN | 1mN≧ |
| プローブ向き | -z | -z |
| サンプリング | 100pts/mm | 200pts/mm |

2.3 測定対象物

(独) 産業技術総合研究所により製作された四分の一円弧(凸×6、凹×6を交互に配置)の組み合わせからなる丸形ゲージと、データ面より 30°の斜面(凸×6、凹×6を交互に配置)からなる角形ゲージの2種類を用いた。丸型、角型ともに凹凸の形状を交互に配し、徐々にサイズが大きくなる形状に製作されており、サイズが小さい方から大きくなるに従って凸1、凹1・・・凸6、凹6とした。ゲージの断面を図3に、写真を図4に示す。

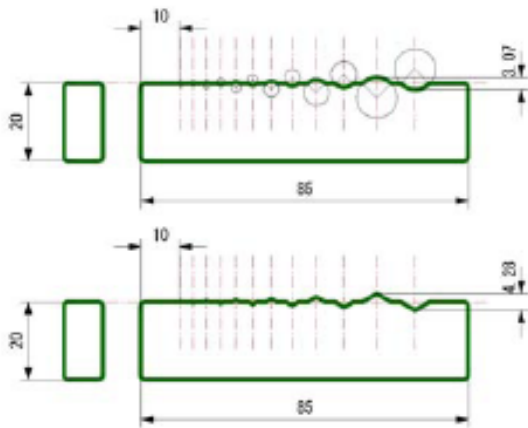


図 3 ゲージ断面(上:丸形、下 角型)



丸形ゲージ 角形ゲージ

図 4 測定対象物

2.4 測定対象物のアライメント

測定の際には、測定物のセット時の傾きによる測定値への影響を最小限に抑えるために、測定機のスキヤニング方向と測定物の軸方向を合わせる必要がある。そのため、図5に示すアライメント用のポイントに対して表2に示すアライメント条件を満たすように、位置合わせ用治具²⁾を用いてアライメントを行った。その際の写真を図6に示す。回転テーブルと一軸テーブルの機能を持つ治具を傾斜ステージ上にセットしゲージのZ軸回りを合わすためにシャフトを用いて調整した。また、X,Y軸回りについては、ゲージをこの治具にセット後、図3の4つのポイントでの座標差が指定条件を満たすように傾斜ステージにて調整を行った。

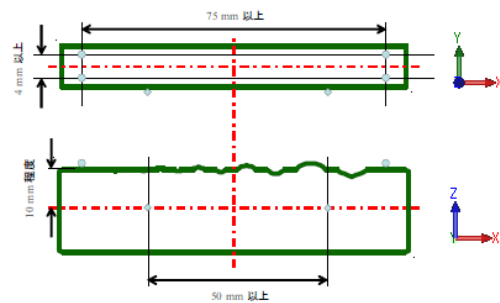


図 5 ゲージアライメントポイント

表 2 ゲージのアライメント条件

| | |
|---------|-----------------|
| X,Y軸回り用 | 4点のZ座標値の差が0.01≧ |
| Z軸回り用 | 2点のY座標値の差が0.01≧ |



図 6 シャフトを用いたアライメント方法

2.5 測定内容

Z軸回り用に利用したポイントを設定した面をデータ面に設定、X座標原点については、丸形ゲージでは凸4の円の中心座標に、角形ゲージでは凸4

の左右斜面の交点に設定した。そして、丸形および角形ゲージとも凹凸形状のサイズの小さい方を左側に見た際の正面の端面を $y=0$ mm の座標とし、 $y=3$ mm、5 mm、7 mm の断面についてそれぞれ 3 回測定を実施し、凸 1～凹 6 を横断するプロファイルデータから表 3 に示す測定量を算出した³⁾。

表 3 被測定量

| | 丸形ゲージ | 角形ゲージ |
|---|----------------|------------------|
| 1 | 各円弧最小 二乗円半径 | 各凹凸斜面 二直線の成す角 |
| 2 | 各円弧最小 二乗円中心 | 各凹凸斜面 二直線の交点 |
| 3 | 各円弧最小 二乗真円度 | 各凹凸斜面 最小二乗真直度 |

3. 測定結果

3 断面の 3 回測定結果の合計 9 データについて測定精度の検証として、PGI 測定結果を参照値として、CMM 測定結果との差を求めた。

丸形ゲージについて、凹凸部の測定結果の差を図 7、8 に、またバラツキの大きかった半径値についてはその標準偏差を算出し繰り返し測定精度について調べた結果を図 9、10 に示す。

角形ゲージについて、測定結果を図 11～13 に示す。

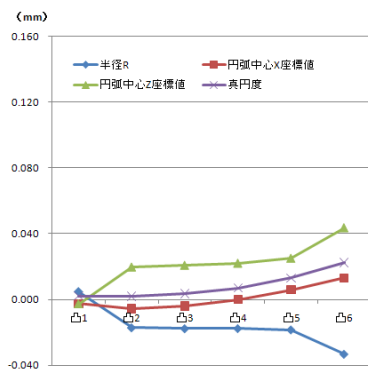


図 7 丸形ゲージ凸部測定値の差

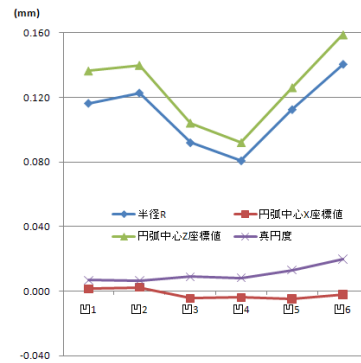


図 8 丸形ゲージ凹部測定値の差

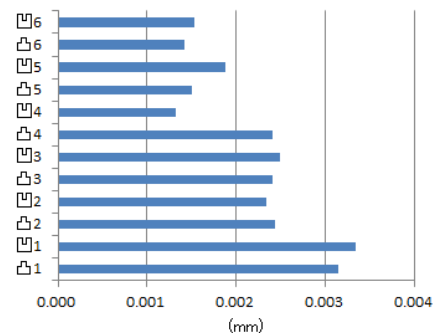


図 9 丸形ゲージ半径値の標準偏差 (PGI)

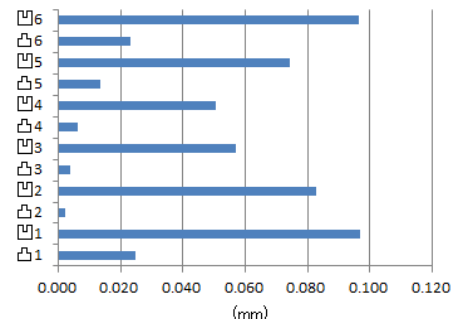


図 10 丸形ゲージ半径値の標準偏差 (CMM)

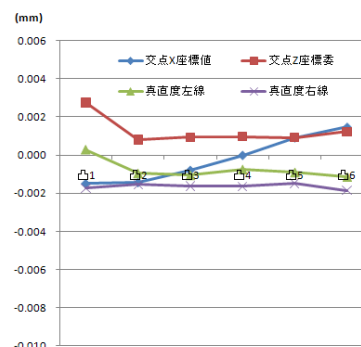


図 11 角形ゲージ凸部の座標値、真直度の差

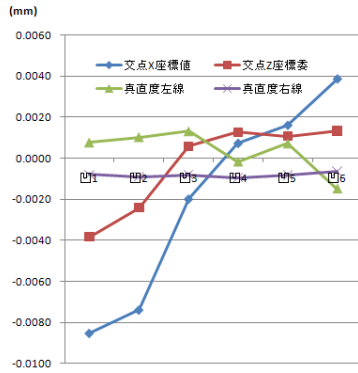


図 12 角型ゲージ凹部の座標値、真円度の差

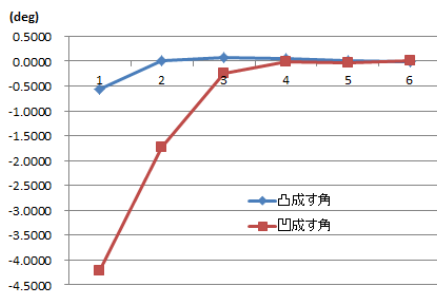


図 13 角形ゲージの斜面成す角度の差

3.1 丸形ゲージ

丸型ゲージについて、図 7、8 から凹凸部のサイズが大きくなるに従って、凸部では半径値は小さくなっているが、凹部ではサイズとは関係なく大きな値であった。また凸部では Z 座標値は大きくなっても半径は小さくなる傾向であったが、凹部では半径値と Z 座標値は PGI と CMM 測定値との差が同程度で推移していることがわかった。

円弧中心の X 座標値および真円度については、凹凸形状方向による影響はほとんど無かったが、サイズが大きくなる程差も広がる傾向が確認できた。また、Z 座標値については凸部ではサイズが大きくなる程に差も広がってくるが、凹部ではサイズには関係なく大きな値であった。

次に図 9、10 から半径値の標準偏差を見てみると、PGI では円弧サイズによる測定値への影響があることがわかったが、バラツキの程度は非常に小さく繰り返し測定結果が安定していることが確認できた。

CMM では凹凸形状方向の影響が大きく、特に凹

形状でのばらつきは大きく、繰り返し精度が悪くなることが確認できた。

3.2 角形ゲージ

図 11 より角型ゲージ凸部の差は、全てのサイズで $\pm 0.004\text{mm}$ 以下であり、良好な測定結果を得ることができた。また、図 12 ではサイズが大きくなるに従い CMM での座標測定値が大きくなる傾向がわかったが、最大でも 0.01mm 以下の値であり、通常の測定では十分利用できることがわかった。

図 13 に示す斜面の成す角については、凸、凹部ともにサイズが大きくなるに従い CMM での測定値が PGI のデータに近づいていることがわかるが、凹部形状の微小部分の差は非常に大きかった。

4. おわりに

2 つのゲージを用いた形状測定における測定機精度評価試験を実施した。その結果、形状やサイズによる座標値・幾何公差・角度等の測定結果への影響や PGI の測定結果を参照値とした際の CMM における測定結果への影響度やバラツキの程度を把握することができた。

特に小さな形状では測定ピッチの関係から解析に利用できる測定ポイント数が少なくなり、各測定ポイントのバラツキの影響が直接解析結果に反映されている結果となった。

また円弧形状の凹部での測定値のバラツキが大きく信頼性に影響する結果となることを確認することができたが、これは直線箇所からプローブ先端が急に離れる方向に形状が存在しているため、測定圧が低下することが影響していると考えられる。

角度についても、サイズの小さい形状での評価は CMM では難しいことも確認できたが、ある程度の測定長を確保できる形状については、PGI と同等の結果を出せることもわかった。

実製品の形状評価を行う際には、今回の結果を踏まえた測定機の選択や測定条件の検討を行うことで、より高精度な測定が実施できると考える。

謝辞

本研究は、(独)産業技術総合研究所が実施した計測分科会主催の「形状測定機精度評価法検証実験」に参加した結果である。この持ち回り測定に参加した以下の機関の方に感謝します。

(独)産業技術総合研究所 佐藤 理 氏、岩手県工業技術センター 和合健 氏、福島県ハイテクプラザ 吉田智 氏、群馬県立群馬産業支援センター東毛産業技術センター 鏑木哲志 氏、群馬県立群馬産業技術センター 横山 靖 氏、栃木県産業技術センター 藤沼誠人 氏、茨城県工業技術センター 青木邦知 氏、埼玉県産業技術総合センター 宇野彰一 氏、埼玉県産業技術総合センター北部研究所 大木健司 氏、東京都立産業技術研究センター 中村弘史 氏、山梨県工業技術センター 高尾清利 氏、山梨県富士工業技術センター 西村通喜 氏、静岡県浜松工業技術支援

センター 北川剛弘 氏、機械振興協会 坂本将也 氏、(株)東京精密 荒井正敏 氏、(株)ニコン 長沼義広 氏、(株)メトロテック 榎本幹雄 氏。

また、今回の測定で測定機専用のソフトでの解析ができない幾何公差の算出について、(独)産業技術総合研究所の佐藤理様にスキプットの作成等お世話になりました。感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 木村勝典,野嶋賢吾;スキャニング測定における測定精度向上に関する研究,鳥取県産業技術センター研究報告 No13,p.11-16(2010).
- 2) 木村勝典;特願 2006-345209,シャフト用治具
- 3) 知的基盤部会 計測分科会 形状計測研究会 形状測定機精度評価法検証実験プロトコル Final(2010).