

精密測定機の性能評価に関する研究

～測定を通じた生産技術の支援に向けて～

大木 健司*¹ 宇野 彰一*² 島崎 景正*³

Research on the performance evaluation of the precision measurement machine

- For the support of the production technology through the measurement -

OKI Kenji*¹, UNO Shoichi*², SHIMAZAKI Kagemasa*³

抄録

真円度測定機と2機種 of 三次元測定機について基準器を用いた性能評価を試みた。長さの測定では真円度測定機の直径測定の有効性、高精度三次元測定機の精度の良さを確認した。高精度三次元測定機では、形状測定において真円度測定機と大きな差が無いこと、JISの評価に現れない誤差の発生があることが分かった。

キーワード：精密測定，三次元測定機，真円度測定機

1. はじめに

近年、製品の小型化、高密度化により製品の加工精度の向上が要求されている。これに伴って評価としての測定に対しても精度要求水準が高くなってきている。

当センター発足に伴い、精密測定機の更新・新規導入が行われ、新しい測定機が導入された。いずれも廃止された工業技術センターが所有していた測定機よりも高精度化・高機能化しており、企業支援により以上活用されると期待されている。

しかし、測定機が高精度化・高機能化すると、ある評価を行う場合に、評価装置として、複数の測定機が該当することが多くなる。依頼試験・技術相談業務に対し、なるべく早く、正確に業務を行うためには、個々の測定機の特徴を把握し、測

定ニーズにあった機器を選択する必要がある。

そこで、機器の特性を把握するために、機器の性能評価を試みた。

2. 対象機器

2.1 真円度測定機

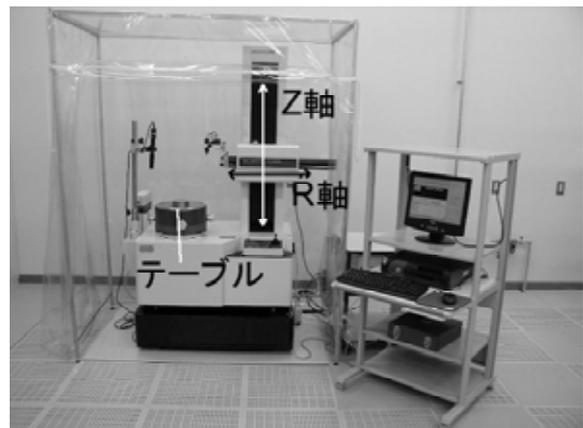


図1 真円度測定機

テラーホブソン製 タリセンタ に替わり、図1に示す(株)ミットヨ製 RA-H5000AH が整備された。テーブル面に対するZ軸の直角度やR軸の平行度はサブミクロンで調整されており、円筒解析や平面度解析が高精度に行える測定機となっ

*¹ 電子情報技術部

*² 電子情報技術部

(現 生産技術部)

*³ 生産技術部

ている。

また、本測定機は、R 軸にスケールが付いており、基準ゲージとの比較測定により、ワークの直径が測定できる機能を持っている。

2.2 高精度三次元測定機

(株)ミットヨ製の手動式三次元測定機 AF221に替わり、図2に示すBrown&Sharpe製 PMM-C700Pが整備された。手動式からCNC制御に替わり、オペレータによるばらつきが無くなり、またスキャニングプローブによる高精度測定が可能となった。

主な仕様は次のとおりである。

測定範囲：1200×1000×700mm (X,Y,Z)

長さの指示誤差：0.7+L/1000 μm

プロービング誤差：0.7 μm

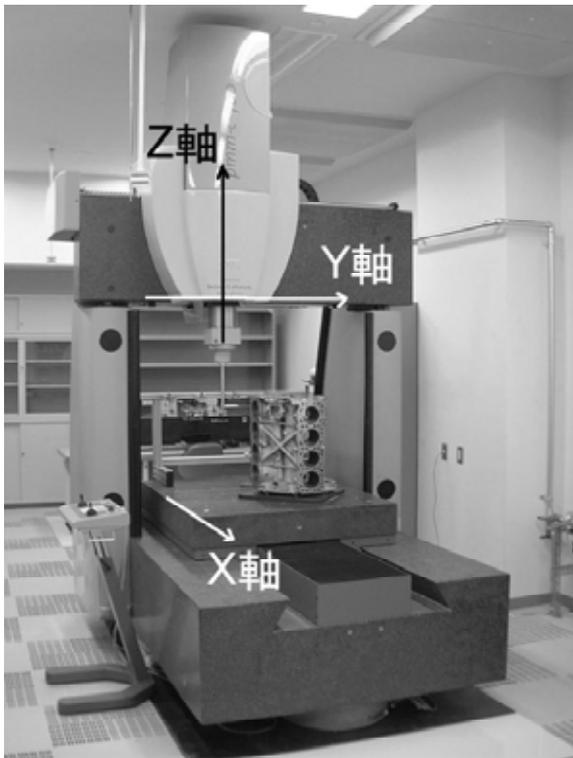


図2 高精度三次元測定機

ただし、誤差は JIS B7440-2:1997¹⁾による評価である。

2.3 三次元測定機

比較対象として、平成10年度に整備された CNC 制御の三次元測定機、(株)ミットヨ製 BrightApex 707 (BRT-A707)を使用した。

主な仕様は次のとおりである。

測定範囲：705×705×605mm (X,Y,Z)

長さの指示誤差：2.9+4L/1000 μm (PH9+TP2)

プロービング誤差：3.2 μm

また、良いプローブMPP5を使用し、良い測定を行うことができる。MPP5の仕様は次のとおりである。

指示精度：±1 μm(X,Y,Z各軸)

良い測定精度：±3 μm

3. 評価項目と結果

3.1.1 長さや形状の評価

いずれの測定機も直径・形状を測定する能力を持っている。

そこで、リングゲージの直径と形状を測定し、比較した。リングゲージは呼び径が14,20,50,200 mm の物を使用した。なお、14,50,200mm のリングゲージは、OKM 製測長機 ULM OPAL 1000 のセッティング用であり、同社の成績表を基準値とした。また、20mm のリングゲージは、この測長機にて測定した径を基準値とした。

形状の測定は、真円度測定機の測定データを基準値とした。なお、真円度測定機の回転精度は半径方向で0.03 μmであることを確認してある。

また、三次元測定機は両機とも、JIS B7440-2に基づく E,R 誤差は、機器仕様を下回っていることを確認している。

3.1.2 測定結果

図3に直径値の誤差量を示す。真円度測定機は標準スタイラスを用い、6min⁻¹で測定し、2CRPC 75,50山のフィルタをかけて、最小二乗円で評価した。高精度三次元測定機は 5L50mm のスタイラスを、BRT-A707は 4L21mm のスタイラスを用いた。ポイント測定では36点で測定し、良い測定では測定ピッチ0.1mm とした。評価は最小二乗円とした。

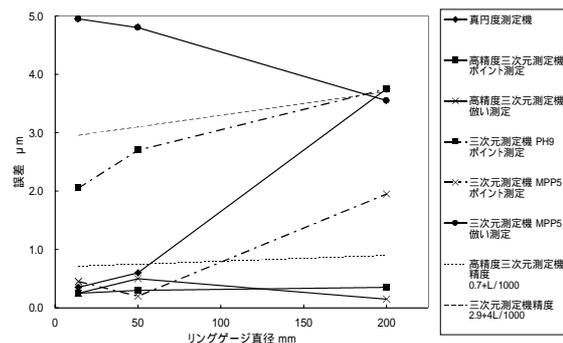


図3 リングゲージ直径の測定誤差

真円度測定機は 14のゲージを基準ゲージとした。真円度測定機 R 軸スケールの指示誤差は $2+L/200$ であり、その範囲に収まっており、BRT-A707と同程度の精度と考えてよい。基準ゲージに近い径では高精度三次元測定機と遜色ない結果となっている。また、高精度三次元測定機はポイント・倅い測定いずれでも誤差は $0.5\mu m$ 以下であり、 μm までの測定では問題ないといえる。

三次元測定機 2機種とも、ポイント測定の方が倅い測定より誤差が全般的に小さい。これは、ポイント測定が面に垂直な方向に接触するのに対し、倅い測定では表面を滑っていくことで、面の粗さや接触抵抗等により、表面との接触状態が一樣でないためではないかと考えられる。

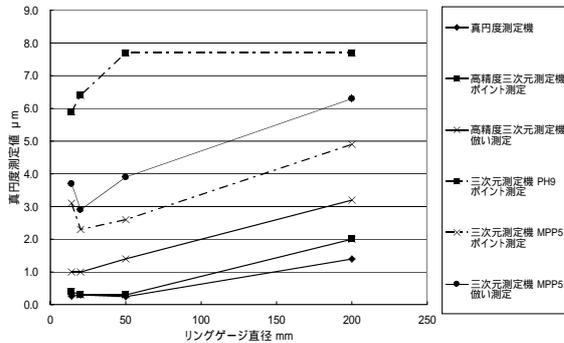


図4 リングゲージ真円度の測定結果

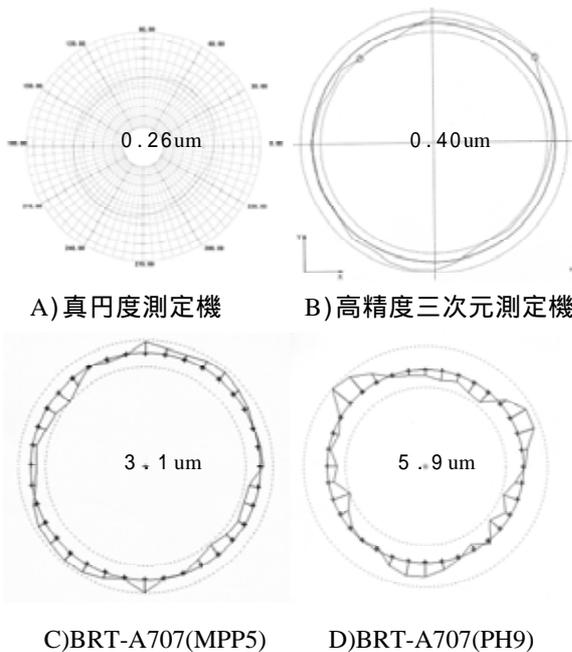


図5 測定形状(14)

図4は真円度の測定結果である。ここでも、ポイント測定の精度が倅い測定の精度を上回っている。高精度三次元測定機はポイント測定では真円度測定機とあまり変わらない結果を出している。測定点数が少なくなるので、形状が急激に変わるとその点を拾い落とす可能性があるが、そうでなければ高精度三次元測定機で真円度評価をしても差し支えないといえる。図5に、リングゲージの測定形状の例を示す。D)は、プローブの構造による異方性が顕著に出ている。それ以外は、真円度の測定値は大きく異なるが、形状としてはほぼ同じ形であるのは興味深い。測定機の分解能はいずれもサブミクロンであり、各測定点に偏差があることは検知する一方で、長さの評価としてはスケールの指示値が浮いていると考えられる。

上野らの研究²⁾によれば、被測定物の形状や測定位置が測定結果に影響を与えることが示されている。図5より、測定精度未満の形状偏差であっても、測定データから被測定物の形状を評価し、測定位置を決定して良いことが分かった。

3.2.1 平面度の評価

平面基準器として、250mm のオプチカルフラット(OF)が整備されたので、各測定機の平面度の評価を行った。OFは、テーブル上に置き、XY平面内での測定とした。またR方向或いはX軸方向にOF上面の断面測定(真直度評価)をした。測定範囲は直径230mmまでである。

3.2.2 測定結果

図6に測定結果を示す。

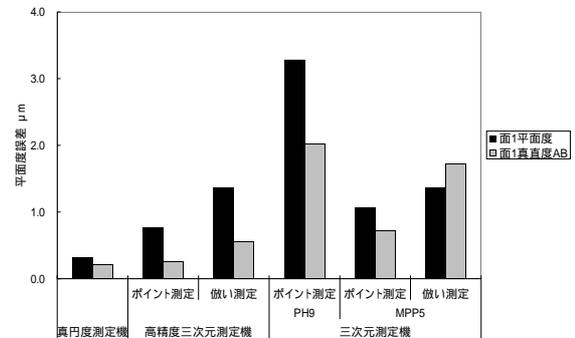


図6 OF測定結果

真円度測定機はテーブルとR軸の平行度、R軸真直度が良いので、平面度も精度良く評価できている。

高精度三次元測定機もほぼサブミクロンで測定が可能といえる。ただ、真直度に比べ、平面度の値が大きい。

BRT-A707 も、MPP5を使用する分には良好な値となっている。また、平面度もチャートを書かせると、3.1.2と同様に、形状は被測定物と同じ傾向(中央部が凹)を示した。

3.3.1 真直度の評価

3.2.2で、高精度三次元測定機の平面度と真直度の差が大きかったので、ミットヨ製真直度マスタを用いて、真直度の評価を行った。測定長さは550mmとした。

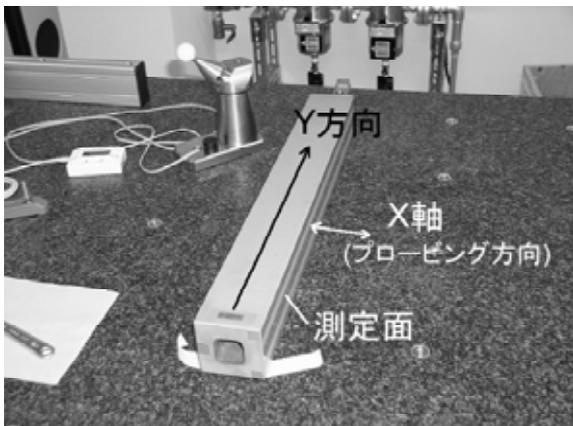


図7 真直度マスタ(X軸Y方向)

測定面を X, Y, Z いずれかの方向から負の方向へプロービングした。マスタの長手方向をこれに直交する X 軸或いは Y 軸方向に合わせた。

3.3.2 測定結果

図8に結果を示す。

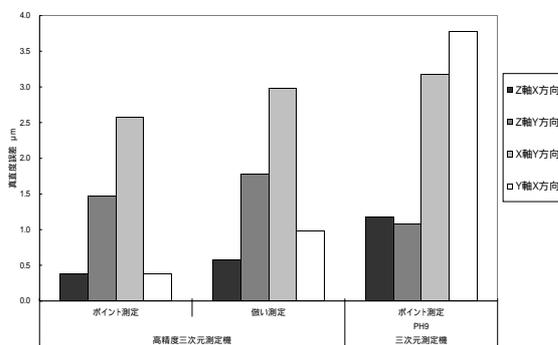


図8 真直度測定結果

高精度三次元測定機で Y 軸方向に置くとすると、誤差が比較的大きい。3.2.2の真直度はこの評価では Z 軸 X 方向に相当するので、結果は一致する。平面度の測定は Y 軸方向も動くの

で、この影響が出ているものと考えられる。

BRT-A707 は Y 軸を動かさない方向の測定が良い³⁾という実験結果と良くあっている。Z 軸 Y 方向では、Y 方向には動くが正方向への一定の送りであること、真直度は Z 方向のばらつきであるため Z 軸の繰り返し精度の影響が大きいこと、によりそれほど結果が悪く無かったと考えられる。X 軸 Y 方向と Y 軸 X 方向も、XY 面内での測定は SN 比が悪い³⁾という結果と合致している。

高精度三次元測定機はテーブル移動型であり、X 軸方向は独立して動くために精度が良いと考えられる。一方、Z 軸とプローブは Y 軸の上に乗っているため、Y 軸が動くときプローブもその影響を受けると考えられる。Y 軸 X 方向は Y 方向の動きがプロービングだけで、ほぼ同じ Y 位置にいるが、図8の中2ケースは Y 軸が広い範囲で動くため、Y 軸の動きの影響を強く受けた物と考えられるが、この誤差については原因がよく分からなかった。前述したように JIS B7440-2 に準拠した E 精度は仕様を満足しており、この検査では現れない測定機の誤差を検出する校正方法を考える必要がある。レーザー測長機など他の測定機による検証や、空間精度補正など、内部の制御系に掛かる検証を今後していきたい。

4.まとめ

当センタに設置されている真円度測定機と2機種種の三次元測定機に対し、基準器を用いて性能評価を試み、次のことが分かった。

- (1) 真円度測定機の直径測定能力は三次元測定機(BRT-A707)と同等と扱って良い。
- (2) 長さの測定は高精度三次元測定機の精度の良さを確認できた。
- (3) 真円度の測定は、高精度三次元測定機も真円度測定機に大きく劣ることはなく、評価に使用しても問題はない。
- (4) 長さの誤差数ミクロンあっても、サブミクロンの形状の違いが反映される。
- (5) 平面度や真直度の測定は真円度測定機が最も高精度に評価できる。高精度三次元測定機も測定方向により、遜色ない。

(6) 倣い測定よりもポイント測定の方が精度が高いので有効である。

(7) 高精度三次元測定は、Y軸方向に動かすと誤差が乗る傾向がある。

(8) E、R精度評価では機器の性能評価としては十分ではない。

今回、基準器を用いて精度評価を行った。ただし、形状精度の良い基準器は一般に高価であり、経年変化に対する点検校正費用も発生する。中小企業での測定機の精度検査のため、より簡便な検査方法を考えてゆきたい。

参考文献

1) JIS B7440-2:座標計測第2部 - 三次元測定機の性能評価, (1997)

2) 上野 滋 他:計測標準高度化に関する研究, 研究報告書,機械振興協会 技術研究所, (2003), 32

3) 大木 他:精密測定機の測定技術向上に関する研究(第3報), 埼玉県工業技術センター研究報告書, 4, (2002)28