ノート

簡易な非接触真円度測定法の研究

石井　啓貴*　斎藤　雄治*

A simple method of non-contact roundness measurement

ISHII Hirotaka* and SAITO Yuji*

1. 緒　　言

真円度測定は，機械部品などについて円形状であるべき部分が幾何学的な円からどの程度ずれているかを測定するものである。一般的に，精度を要する真円度の測定は真円度測定機で行われている。

当センターの真円度測定機の外観を図 1 に示す。図 1 において，測定物の中心軸は，測定機の回転テーブルの中心軸と一致するようにあらかじめ調整されている。真円度は，回転テーブルを一定速度で回転しながら，測定子を測定物に押し当てて，テーブルの回転角と測定子の変位を同時に計測し，得られたデータを処理することによって求める。

上記のように，一般的な真円度測定機は測定物に測定子を押し当てて測定するため，測定子を押し当てる力で測定物が変形する薄肉部材や軟質材料の測定には適さない。このため非接触で測定物の変位を測定する方式の真円度測定機も市販されているが，きわめて高価であり当研究所では未整備である。これまでに，当センターに薄肉部品や軟質材の部品などの真円度測定に関する相談があったが，十分な対応ができなかった。

本研究では，真円度測定機に市販の非接触変位計を取り付けて測定物の形状を測定し，得られた形状データを数値処理して真円度および円筒度を求めるプログラムを作成した。さらに，非接触変位計による方法と通常の測定子による方法により，同一の測定物を測定して値を比較した。

図 1　真円度測定機

2. 非接触変位計による真円度測定

2.1　測定概要

図 2 のように，当センターの真円度測定機（（株）ミツトヨ製 RA-736）の変位計を取り外して非接触変位計を取り付けて測定を行った。非接触変位計の仕様について表 1 に示す。レーザー変位計は導体，不導体に関わらず測定できるが，比較的ノイズが多い。静電容量変位計は導体しか測定できないが，ノイズが少ない。ゆ

(a) レーザー変位計　　(b) 静電容量変位計

図 2　非接触による測定の様子

*　中越技術支援センター

表１　非接触変位計の仕様

レーザー変位計	メーカ・型式	（株）キーエンス LK-H025S
	基準距離	20 mm
	測定範囲	±3 mm
	スポット径	25×1400 μm
静電容量変位計	メーカ・型式	MicroSence 3890J
	基準距離	0.5 mm
	測定範囲	±250 μm
	プローブセンサ径	5 mm

えにレーザー変位計では真円度が大きい測定物を，静電容量変位計では真円度が小さい金属製の測定物をそれぞれ測定することとし，前者の測定では塩ビ管（外径 97 mm，高さ 84 mm），後者の測定では鋼製の円筒スコヤ（外径 60 mm，高さ 100 mm）を測定物に選んだ。

ここで，非接触変位計を用いた測定の場合，非接触変位計の出力を真円度測定機の制御装置に入力することができないため，測定物の心出しおよび水平出しの作業を自動で行うことができない。このため，本研究では心出しおよび水平出し調整つまみを手で回して，測定物の心出しおよび水平出しの作業を行った。

真円度および円筒度を求めるために必要な真円度曲線は，次のように求めた。

まず，種々の高さ（Z 軸の値）について，回転テーブルが一回転する間の変位を非接触変位計で測定した。測定した変位は，動ひずみ計（（株）東京測器研究所製 DC-204R）でデジタル形式で保存した。回転テーブルの回転数は 2 rpm，変位計測のサンプリング間隔は 2 ms とした。真円度測定機のコンピュータ画面にリアルタイムで表示される角度により，変位計測の開始と終了のタイミングをはかった。

次に，測定した変位に角度情報を付加するため，計測開始のデータを 0°とし，上記回転数とサンプリング間隔から 1 データあたりの角度を計算し，全ての変位データに対して角度を割り当て，これを測定真円度曲線とした。

この測定真円度曲線に次節で述べる数値処理を行って真円度と円筒度を求め，その結果を通常の方法（測定子をワークに接触させる方法）による結果と比較した。

3. 真円度および円筒度の数値処理

3.1　真円度の数値処理（フィルタ処理）

前節で求めた測定真円度曲線にガウシアンフィルタによる処理を行った。減衰率は JIS B7451[1)]の 5.4 節の振幅伝達率となるようにし，山の数（カットオフ値）は真円度測定における標準的な値である 50 upr とした。

3.2　真円度の数値処理（最小二乗中心の計算）

真円度を求めるには，測定真円度曲線をフィルタ処理したデータに最小二乗法で当てはめた円（最小二乗平均円）の中心と，回転テーブルの中心のずれ量が必要となる。このずれ量は JIS B7451[1)]の付属書 2 の式から求めるが，計算の際，測定真円度曲線をフィルタ処理したデータについて，角度と変位から直交座標に変換する必要がある。

さらに，最小二乗平均円の中心を直交座標の原点に移動させるため，上記ずれ量の分だけ，直交座標化した測定真円度曲線データを補正する。最後に直交座標の原点を中心とした最大半径と最小半径を求め，最大半径と最小半径の差を真円度として算出した。

3.3　円筒度の数値処理

円筒度とは，JIS B0621[2)]の 4.4 節において，円筒形体を二つの同軸の幾何学円筒で挟んだとき，同軸二円筒の間隔が最小となる場合の二円筒の半径の差で定義されている。ただし，円筒面に内外接する同軸真円筒の半径差を最小にする問題は，高度な最適化問題であり，容易に得らいられているが，接触方式であり，測定点が

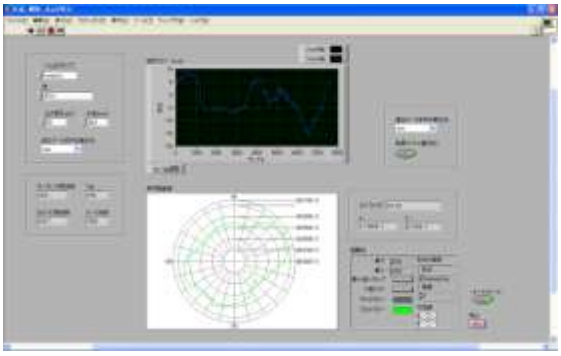

図 3　真円度計算プログラム画面

多いほか測定作業が複雑である。

そこで本研究の狙いとする非接触変位計などを用いた簡易的な円筒度の測定法として，前項で測定した真円度曲線を活用して簡易的に円筒度を計算することとした。計算方法として以下の二つの方法を用いて算出した。

・方法 1　測定した全ての真円度曲線の直交座標の最小二乗中心により求めた座標を同軸真円筒が通る軸として仮定。中心軸と各座標の距離からから，最大および最小半径を算出し，円筒度を計算。

・方法 2　各真円度曲線の中心点のうち，高さが最小の点と最大の点を結ぶ線を円筒の中心軸として仮定し，中心軸と各真円度曲線から半径の最大値と最小値を算出し円筒度を計算。

3.4　真円度，円筒度の処理プログラムの作成

3.1 項から 3.3 項までの，真円度算出におけるフィルタ処理及び最小二乗中心計算，ならびに円筒度計算プログラムは，ナショナルインスツルメント社製のグラフィカル開発環境である「Labview」により作成を行った。プログラム表示画面の例を図 3 に示す。フィルタの種類や山の数を入力し任意に設定できるようにし，真円度曲線や真円度を表示することができる。

4. 測定結果および考察

4.1　塩ビ管の測定結果

表 3，4 には通常の方法とレーザ変位計で測定した結果を，図 4 にはレーザ変位計で測定し

表 3　真円度の測定結果（塩ビ管）

測定高さ［mm］	真円度［μm］	
	接触式	非接触式（レーザー変位計）
10	58.3	61.6
40	255	268
50	104	103

表 4　円筒度の測定結果（塩ビ管）：μm

接触式	非接触（レーザー変位計）	
	方法 1	方法 2
256	273	95.0

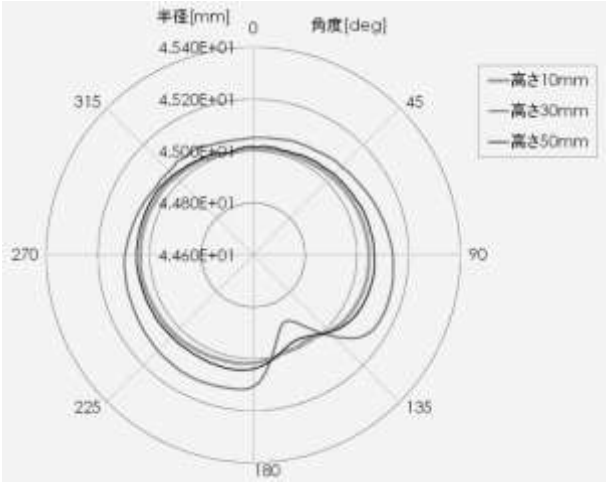

図 4　真円度曲線の結果
（塩ビ管―非接触測定）

先の計算プログラムで計算した真円度曲線結果を，それぞれ示す。これらの測定結果から，レーザ変位計と通常の方法で得られた真円度はほぼ一致していることがわかる。円筒度については，方法 1 における測定結果が，通常の接触式測定に近い値となった。測定高さの最大点（50 mm）と最小点（10 mm）における真円度曲線形状が大きく異なっていたことから，測定高さ最小点と最大点を結ぶ直線と，測定物の幾何学的な円筒軸の，ずれが大きかったためと考えられる。

4.2　円筒スコヤの測定結果

表 5，6 には通常の方法と，静電容量変位計で測定した結果を，図 5 には静電容量変位計で測定した真円度曲線結果をそれぞれ示す。これらの測定結果から，静電容量変位計と通常の方法で得られた真円度はほぼ一致していることがわかる。円筒度についても，ほぼ同等な結果となったが，方法 2 による測定結果が，接触式に対し近い値となった。測定物の傾き補正によるものか，計算方式に起因するかは今後より多くの測定物を測定するなどして検討していく必要がある。

5. 結　　言

(1) 真円度測定機に市販の非接触変位計を取り付けて測定物の形状測定を行い，得られた形状データを数値処理して真円度および円筒度を求めるプログラムを作成した。

(2) 非接触変位計による方法と通常の測定子による方法により，同一の測定物を測定して値を比較した結果，真円度についてはほぼ同等な結果を得られることが確認できた。円筒度については計算方法により差異がみられ，今後の検討課題とした。

参考文献

1) JIS B7451 (1997).

2) JIS B0621 (1984).

表 5　真円度の測定結果（円筒スコヤ）

測定高さ [mm]	真円度[μm]	
	接触式	非接触式（静電容量変位計）
10	0.20	0.14
30	0.43	0.32
50	0.58	0.58
70	0.89	0.87
90	1.38	1.31

表 6　円筒度の測定結果（円筒スコヤ）：μm

接触式	非接触（静電容量変位計）	
	方法 1	方法 2
1.39	3.02	1.74

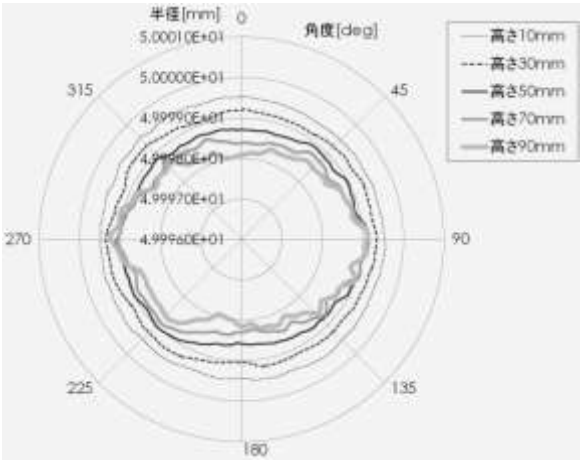

図 5　真円度曲線の結果
（円筒スコヤ―非接触測定）