

大阪電通大 宇田豊、島田尚一、精密測定研 ○清野慧

要旨

逐次三点法による真円度測定を高精度に行うには、3台の変位計の感度が同じであることが重要である。本研究では、一台の変位計が残りの2台と感度が異なる場合について、測定精度に及ぼす影響について述べる。

1. 研究の背景と目的

三本の変位計を用いる三点法は、機上での形状測定に適しているなど特長のある方法である。特に、変位計の間隔とサンプリング間隔を一致させる逐次法はその演算の単純さから現場向きの方法と言える。計算処理に漸化式を導入する方法を提案し、測定可能周波数を高める合成法を提案し、有効性を確認してきた。真円度測定を高精度に行うには、3台の変位計の感度が同じであることが重要である。本研究では、一台の変位計が残りの2台と感度が異なる場合について、測定精度に及ぼす影響について報告する。

2. 提案する逐次三点法による真円度測定

真円形状測定における逐次三点法の変位計配置を図1に示す。このとき、各変位計の出力は次式で与えられる。

$$m_1(\theta_i) = f(\theta_{i-1}) + e_x(\theta_i) \cos \varphi - e_y(\theta_i) \sin \varphi \quad (1)$$

$$m_2(\theta_i) = f(\theta_i) + e_x(\theta_i) \quad (2)$$

$$m_3(\theta_i) = f(\theta_{i+1}) + e_x(\theta_i) \cos \varphi + e_y(\theta_i) \sin \varphi \quad (3)$$

形状の2階差分に相当する $\Delta\mu(\theta_i)$ を求めることにより、漸化式として次式を得る

$$f(\theta_{i+1}) = \Delta\mu(\theta_i) + 2f(\theta_i) \cos \varphi - f(\theta_{i-1}) \quad (4)$$

形状を求めるには、初期値が二つ必要となる。 $f(\theta_0) = 0$ 、 $f(\theta_1) = a$ とすると、初期値 a の誤差は1周期の正弦波として現れ、偏心部分を取り除くことにより、形状成分だけを取り出せることになる。

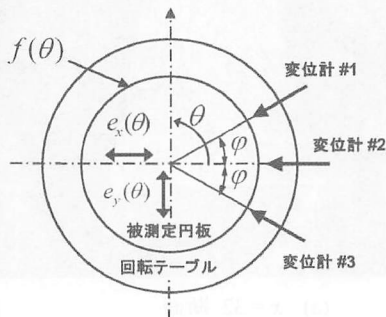


図1. 真円形状測定における逐次三点法

円形状は1回転を基本周期とする高調波成分だけで構成されており、1回転を整数等分する変位計間隔を避ければ、理論上、周波数成分の脱落が無い測定が出来る。そこでn次成分までを含む形で真円形状を測定するため、下記の条件を満たす1回の測定に要する回転数M、測定点数N、φを選ぶ必要がある。(図2)

$2\pi/\varphi$ が 非整数

$$2\pi \times M = N\varphi \quad (M : 2以上の整数)$$

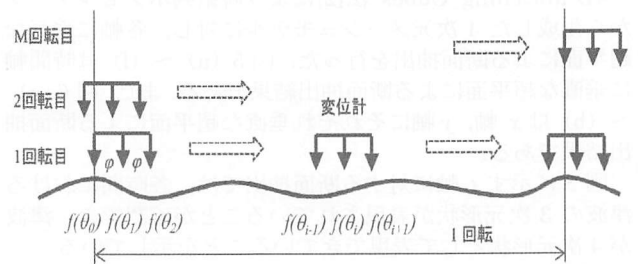


図2 逐次三点法の新しい変位計間隔による測定

3. 変位計感度誤差の影響

10山成分以下について検討することとし、測定点数Nを40以上にするため、 $\varphi = 3.2^\circ$ ($N = 45$) として計算機シミュレーションを行った。変位計#2が150%の感度誤差があるとしてシミュレーション結果の例を図3に、横軸を山数、縦軸に振幅の拡大率としてまとめたグラフを図4に示す。9山成分までは振幅は約150%となったが、10山成分以上では急峻に増加している。図5に、変位計#2の感度誤差をパラメータとして、振幅の拡大率の変化をグラフにまとめる。図5(a)に示すように、3山から9山までの成分は、拡大率と感度は直線的な関係はある。図5(b)に示すように、 $N = 45$ の条件では、10山成分以上は、計測できないことがわかる。

4. 測定実験

実験装置を試作し、感度140%の変位計#2を用いて

測定実験を行った。三山の形状になるように加工した円板を、市販されている真円度測定機で測定し、真円度 $16\mu\text{m}$ となり、プロファイルを図6に示す。試作装置での測定結果を図7(a)に示す。真円度は10倍以上大きくなった。変位計#2の出力データを感度100%に補正して求めたことにより、図7(b)に示すように、三山成分を識別できていることができた。しかし、高次の山数成分、測定開始点と終了点が一致しない問題がある。この原因を明らかにするため、回転テーブル運動誤差に8、9山成分がある場合について、シミュレーションを行った。変位計#2が感度150%の結果を図8(a)に示す。図7(b)と同様に、高次山成分、測定開始点と終了点が一致していない。しかし、感度を正確に補正すると、図8(b)に示すように、回転テーブル誤差運動の影響を取り除けていることがわかる。

5. まとめ

逐次三点法による真円形状測定における変位計感度誤差の影響について検討を行った。その結果、 $\varphi = 3.2^\circ$ ($N = 45$) の場合、9山成分まで測定可能で、感度誤差による影響は直線的な関係がある。回転テーブル誤差運動は、変位計の感度誤差の影響を受けやすいことを明らかにした。

- 1) 宇田：2010年度精密工学会北海道支部講演(2010), p7
- 2) 宇田：2012年度精密工学会北海道支部講演(2012), p1

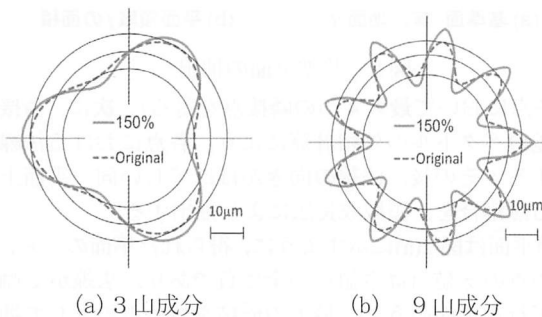


図3 変位計#2の感度誤差が真円度に及ぼす影響

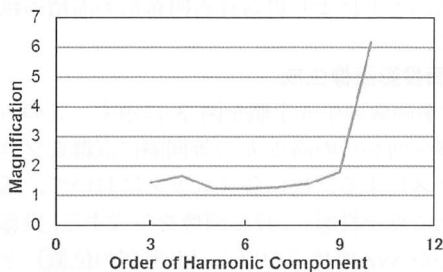
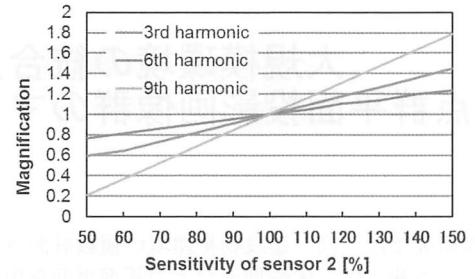
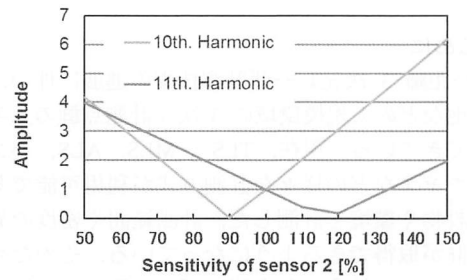


図4 変位計#2が感度150%の時の山成分と拡大率



(a) 3山、6山、9山成分



(b) 10山、11山成分

図5 変位計#2の感度誤差と拡大率

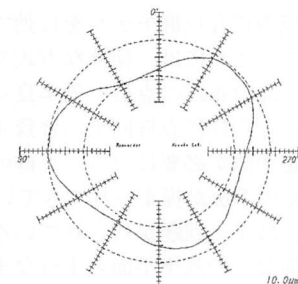


図6 測定円板の真円度プロファイル

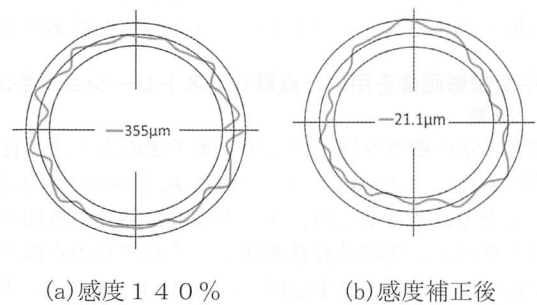


図7 試作機での測定結果

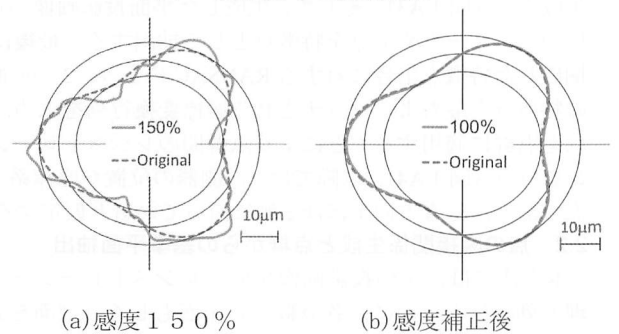


図8 回転テーブル誤差運動が8、9山成分の影響