

逐次三点法による真円度測定—変位計取付誤差の影響—

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台の変位計が計測する方向が同一点に向いていることが重要である。本研究では、一台の変位計に取付誤差がある場合、測定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。しかし、三本の変位計を同一点に向けて取り付けることは困難であり、計算シミュレーションにより取付誤差が測定結果に及ぼす影響を検討したので報告する。

2. 逐次三点法の原理と漸化式の導入

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。

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

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

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

回転誤差運動 $e_x(\theta_i)$ を消去する形の、隣り合う変位計の差動出力、さらに形状の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

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

漸化式(4)を用いて形状を求めるには、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る。真円度は直径の成分は取り除いて評価するため、逐次三点で測定した結果をフーリエ解析し、偏心部分を取り除くことにより初期値 a の影響を取り除き、形状成分だけを取り出せることになる。

3. 新しい変位計間隔の決め方

真円形状は1回転を基本周期とする高調波成分だけで構成されているので、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。

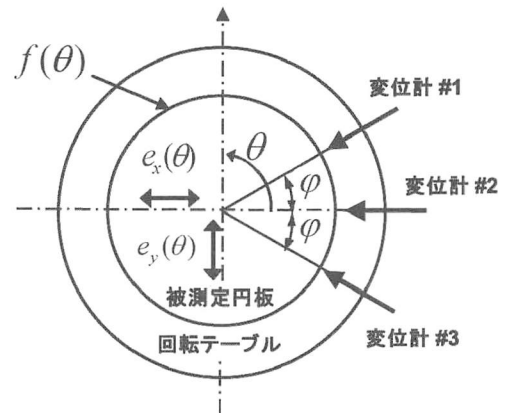


図1. 真円形状測定における逐次三点法

そこで n 次の回転周波数までを含む形で真円形状を測定するためには、次のような M , N , K と φ を選ぶ必要が生じる。(図2)

$$2\pi/\varphi \text{ が非整数}$$

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

$$n < N \cdot K / (2M)$$

このデータのとり方で、逐次3点法による離散的な真円形状で、位相が φ/K だけずれたものが K 組できる。それぞれの真円形状について、全測定長にわたる平均値がゼロになる性質を利用すれば、 K 組の真円形状の初期値がそれぞれ唯一決まる。その結果、 K 組の逐次3点法による真円形状を互いに関連付けることが出来る。

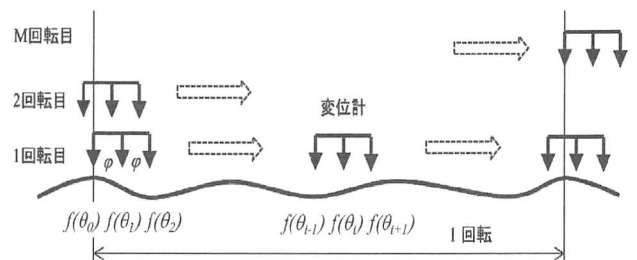


図2 逐次三点法の新しい変位計間隔による測定

4. 変位計取付誤差の影響

三本の変位計が同一点に向いていた場合、円板の中心から偏心しても1周期の正弦波として現れるため、図3に示すように変位計#1だけに取付誤差があった場合についてシミュレーションを行う。シミュレーション条件は、①円板の真円形状、② $\varphi = 3.2^\circ$ (測定点数Nは45点) ③変位計#1の取付誤差は円板直径の1%、として、回転誤差運動 $e_x(\theta_i)$ の1回転あたりの山数をパラメータとする。シミュレーション結果の一例を図4に示す。図4(a)、(b)に示すように、低周波の山数では、同じ山数の誤差運動の影響が存在する。しかし図4(c)、(d)に示すように、測定点数付近では、ディジタル化の影響で、誤差運動と異なった山数、振幅の影響が存在する。回転誤差の影響が真円度測定に及ぼす影響について、振幅に及ぼす影響を図5(a)に、山数に及ぼす影響を図5(b)に示す。N/4山毎に、振幅のピークが存在することがわかる。回転誤差運動の原因の一つである装置の振動が2N山(90山)付近でも低周波の山成分の測定結果となることが考えられる。

4. まとめ

逐次三点法による真円形状測定における変位計取付誤差の影響について検討を行った。その結果、回転誤差運動のN/4山の倍数付近の影響を受けやすいことが明らかになった。また、N山の倍数付近では低周波の山成分として現れることも明らかにした。今後、この原因を明らかにするとともに、現場で使用できるような対策が必要である。

参考文献

- 1)三井：機械学会論文C編,48,(1982),425
- 2)清野：精密工学会誌,76-2,(2010),165
- 3)宇田：2010年度精密工学会北海道支部講演(2010),7

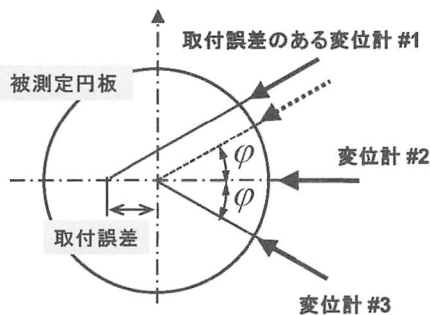


図3 変位計取付誤差

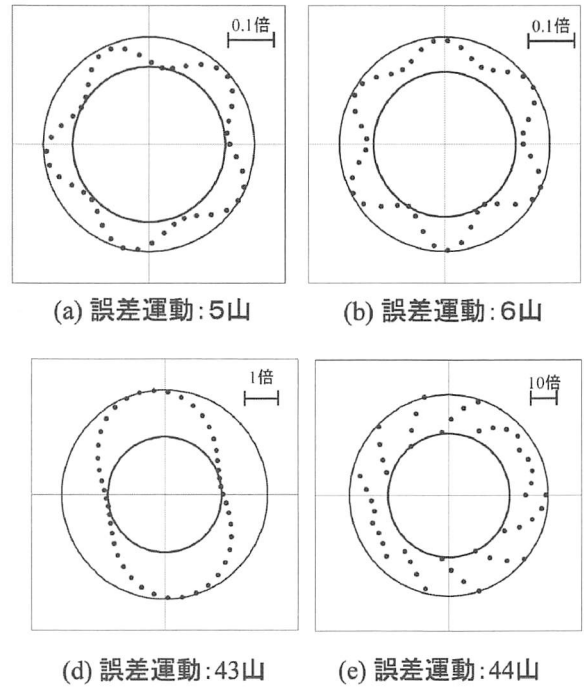
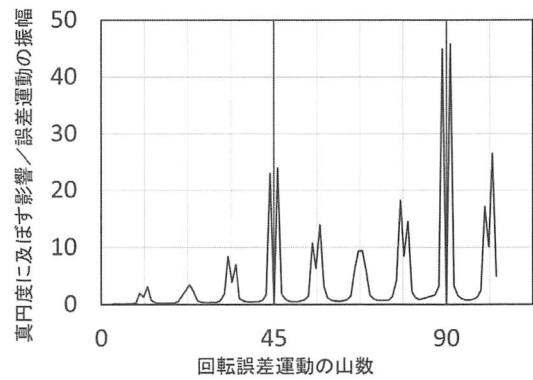
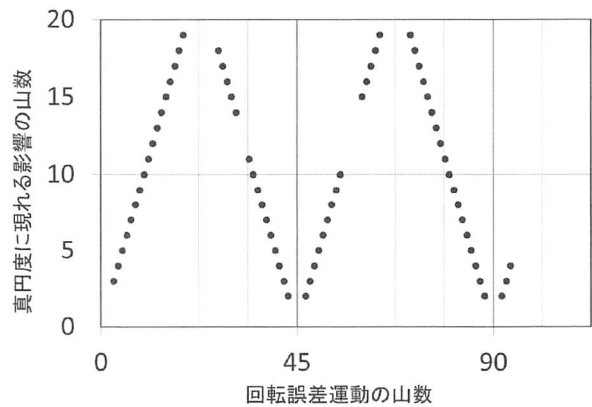


図4 シミュレーション結果



(a) 振幅に及ぼす影響



(b) 山数に及ぼす影響

図5 誤差運動が及ぼす影響