

逐次三点法による真円度測定（第3報 内挿による測定周波数の拡大）

大阪電気通信大学大学院 ○堀 祐也

大阪電気通信大学 宇田 豊 島田尚一

精密測定研究所 清野 慧

株式会社ナガセインテグレックス 井村諒介

要 旨

逐次三点法による真円度測定の測定データはプローブ間隔で測定できる最大周波数が決まる。より高周波成分を測定するため、離散的データの間、連続測定で得られたデータを内挿する方法について検討を行い、シミュレーションおよび測定実験にて有効性の検証を行った。

1 緒言

近年、加工技術の発展のため、さらなる高精度な測定機が望まれてきている。そこで測定形状と運動誤差を分離することができる逐次三点法に着目し、真円度測定機の開発を行っている。逐次三点法の問題点は物理的制約のため測定可能な周波数がきまる。本研究では得られた離散的データ間を、測定開始点の異なったデータで内挿することにより、高周波成分の測定が可能な方法を考案し、その有効性についてシミュレーションと測定実験を行ったので報告する。

2 逐次三点法による真円度測定原理

逐次三点法とは3本のプローブを用いることにより、各プローブの出力を演算処理することで、被測定物と運動誤差を分離する方法である。真円度測定

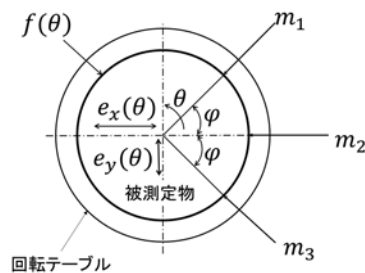


図1 逐次三点法による真円度測定

は、測定開始点と終了点と同じ点を測定するという特徴がある。逐次三点法の真円度測定方法を、図1に示す。3本のプローブ角度を ϕ の間隔で固定し、x方向、y方向の運動誤差成分を $e_x(\theta)$ 、 $e_y(\theta)$ とした場合、各出力を m_1 、 m_2 、 m_3 は次のようになる。

$$m_1 = f(\theta - \phi) + e_x(\theta) \cos \phi - e_y(\theta) \sin \phi \cdots (1)$$

$$m_2 = f(\theta) + e_x \cdots (2)$$

$$m_3 = f(\theta + \phi) + e_x(\theta) \cos \phi + e_y(\theta) \sin \phi \cdots (3)$$

隣り合うプローブの出力差 $\mu_1(\theta)$ 、 $\mu_2(\theta)$ を求めさらにこれらの差 $\Delta\mu(\theta)$ を求めれば運動誤差成分を取り除くことができ、これに初期値を与えてやれば、表面形状は次式のように求めることができる。

$$f(\theta + \phi) = \Delta\mu(\theta) + 2f(\theta) \cos \phi - f(\theta - \phi) \cdots (4)$$

3 提案する内挿法原理

逐次三点法の測定を行うと同時に、各プローブの出力、回転角度を記録することによって、図2に示すように開始点の異なった逐次三点法の測定結果が幾つも得られる。これらは、開始点を ϕ/n に移動することによってn組の測定結果が得られる。(n:正整数) n組の測定結果より、下記の手順で内挿を行う。

手順1 測定開始点と終了点と同じ点である特徴よりの得られたn組の測定開始点と終了点を一致させて傾きを修正することにより、各組の形状を求める。

$$f_i(d \times j + x(i-1) \times \phi/n)$$

$$i : 1 \sim n \quad j : 0 \sim 2\pi/n$$

内挿される基準を $i=1$ の形状とし、残りの組については個々に以下の手順を行う。

手順2 図3に示すように基準の $f_1(d \times (j-1))$ より、内挿する点を直線近似により求める。

手順3 内挿する測定結果と手順2で求めた点との差の二乗が最小になるように、残りの(n-1)組の差を、最小二乗法により、基準とのY軸方向の差(半径差)を求める。

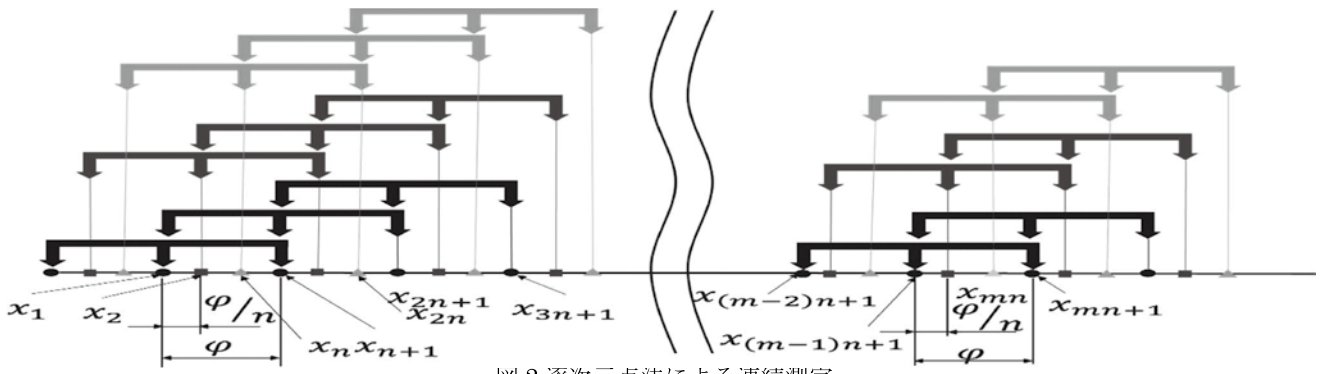


図2 逐次三点法による連続測定

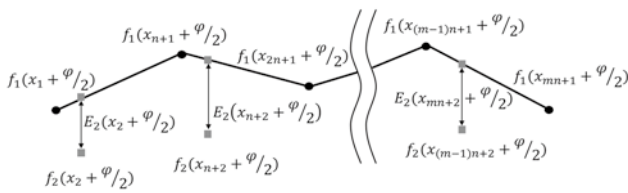


図3 プローブ間隔内へ直線近似

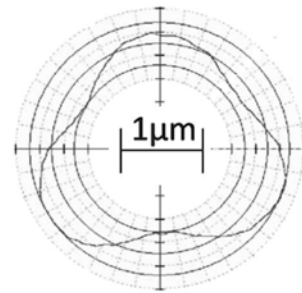


図5 測定物の形状

4 シミュレーションでの検討

プローブ間隔を 30° にして、測定を行う。実際の試作装置による測定と同様になるように、形状が3山成分を持つ波形を任意に作りシミュレーションで提案した内挿法を行い形状が3山形状のシミュレーション結果を図4(a)に示す。次に4山と8山の合成した形状の結果を図4(b)に示す。3山波形と同様な結果が得られ、提案する内挿法の有効性があることを確認できた。

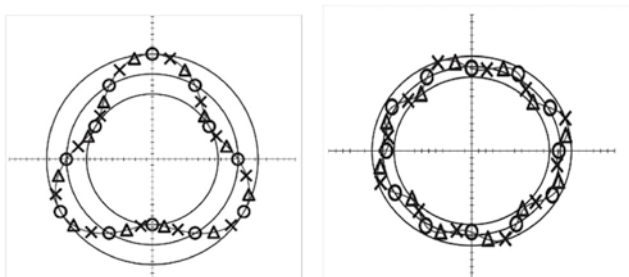


図4(a)3山の形状

図4(b)4山と8山の形状

5 実験結果

測定物には3山成分が顕著に現れるように加工されたものを使用した。真円度測定機 Taylor Hobson TALYROND 290RSU を用いた測定結果を図5に示す。(真円度: $3.69 \mu\text{m}$) 試作装置を用いて実際に通常の逐次三点法の処理結果と提案した内挿法による実験結果を図6(a)(b)に示す。これらの結果からプローブ間隔で脱落した周波数成分を内挿によって補正することが可能であると確認できた。

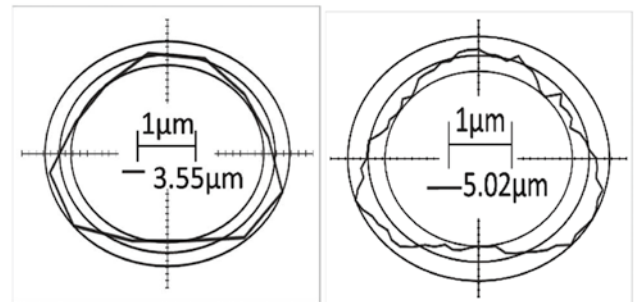


図6(a)逐次三点法の測定結果 図6(b)内挿法の測定結果

6 結言

逐次三点法はプローブ間隔で測定できる周波数成分が決まるという問題点があるが、提案した内挿法を用いることで改善できることが、シミュレーションと実測値から有効性を確認した。市販の真円度測定器ではあまり表面の凹凸はないが、提案した内挿法を行った結果表面に凹凸が現れたためさらなる検討が必要である。

参考文献

- 1) Uda Y, et al. Proc.23-ASPE Annual Meeting(2008)
- 2) 宇田, 他 :2012 年度精密工学会北海道支部講演(2012),7
- 3) 宇田, 他 : 2013 年度精密工学会北海道支部講演(2013)