

単芯 POF を用いた高精度真円度測定法

Proposed Method of High Accuracy Roundness Measurement Using Single-threaded Multi-core Plastic Optical Fiber

川島 信
Makoto Kawashima

キーワード：真円度測定，レーザ光測距，マルチコアプラスチック光ファイバ

1. はじめに

HV, EV 自動車には高性能電気モータが不可欠であり，生産量の増大が予測されている[1]．我々は先にこれら電気モータのブロックコアによるステータ製造工程において，内壁面の真円度測定を高精度に実現できる方法を提案した[2]．この方法は，レーザ反射光レベルを基に測距を行うもので，測定対象壁面に汚れ等反射率変動により，測定精度の低下が懸念された．

本論文は，上記の欠点を克服する方法を提案するもので，測定精度は μm オーダとこれまでに比して格段に向上し，電気モータ製造工程には十分な精度を確保できることが明らかとなった．本測定法は簡便に高精度測距を行う方法として，適用範囲の広い，優れた方法と考えられる．

2. 新たな真円度測定法の動作原理

2.1 レーザ反射光による高精度測距法の原理

レーザ光による測距では光のラウンドトリップ時間を計測する方法が一般的であるが， $100\mu\text{m}$ 程度の距離の伝搬時間測定は，何れの方法を採っても，測定系の高周波・広帯域化が不可欠となり，得策ではない．しかしながら，測定対象との距離を単にレーザ反射光の受光レベルから求めると，被測定体の反射面の汚れの度合い，傷の大きさなどにより，測定精度が著しく低下する．製造直後のステータ内壁面はプレス抜きされた珪素鋼板積層面であるためほぼ均質と考えられるが，積層面の性状に測距精度が影響されることは回避せねばならない．

本論文ではこれらの課題を克服するために，図 1 に示す新たな測定原理を提案し，高精度測距法を実現する．

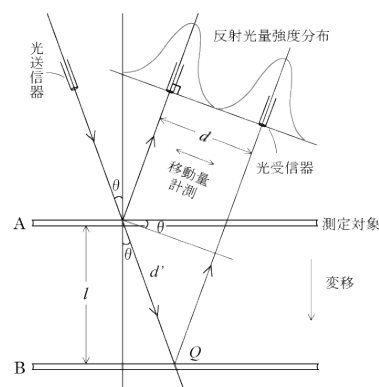


図 1 レーザ反射光による高精度測距法の原理

送信用単芯 POF (POD: Plastic Optical Fiber) から放射されたレーザ光は被測定体面 A で反射し，受信用単芯 POF で受信される．被測定体面 A が距離 ℓ だけ変位すると，レーザ光は Q 点を経て，被測定体面 A の場合とは異なる位置に反射をすることとなる．両者の反射レベルがそれぞれ最大となる受信用 POF の間隔を d とすると，被測定体面 A, B 間の距離 ℓ は以下の様に求めることができる．先ず，同図の d' は以下の式で表せる．

$$d' = \frac{d}{\cos\left(\frac{\pi}{2} - 2\theta\right)} \quad (1)$$

この d' を用いることによって， ℓ は次式で表せる．

$$\begin{aligned} \ell &= d' \cos\theta \\ &= \frac{d}{2} \cdot \frac{1}{\sin\theta} \end{aligned} \quad (2)$$

2.2 提案する真円度測定系の基本構成

本測定法は測定対象からの反射光レベルのピーク位置間隔を測定することによって高精度測距を行う点が、既提案の方法とは根本的に異なる。この測距原理に基づいた真円度測定系の構成を図2に示す。

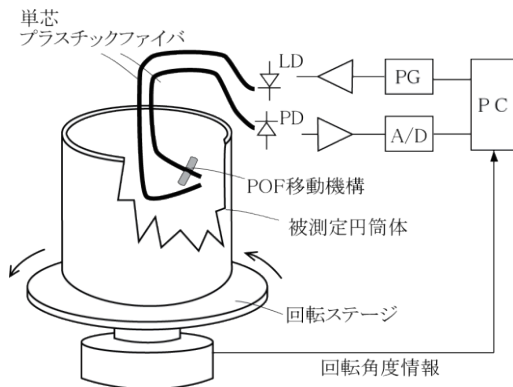


図2 高精度真円度測定法の基本構成

真円度測定系はLD光を単芯POFにより伝搬、被測定体壁面に照射し、壁面からの反射光を受信用単芯POFでPDに導き受光レベルを計測することによって行う。受光用POFは移動量の精密計測が可能な機構により受光レベル最大点が抽出できる構造となっている。2本の単芯POFと移動量計測系を一体化して測定ヘッドを形成し、被測定円筒体の内側に設置する。さらに被測定体を回転させ内壁面と測定ヘッド間距離を円周方向、円筒長手両方向に対して走査計測する。計測結果から、円筒体内壁面全体の凹凸状況が計測可能となる。被測定物を回転させるステージと被測定体の中心がずれている場合の精密補正法については文献[2]で詳述した。

3. 測定精度評価実験

前章で述べた測定原理に基づき測定精度を実験的に検証した。図3は被測定体としてアルミ平板を用い、平板に入射角 θ でレーザー光を照射し、反射光レベルを受光側POFのみを送・受光POF平面において、反射角 θ に対し直角方向に移動した

距離に対して計測した結果である。

同図では移動距離0mm、原点での測定結果を始点位置特性として示している。同図にはアルミ平

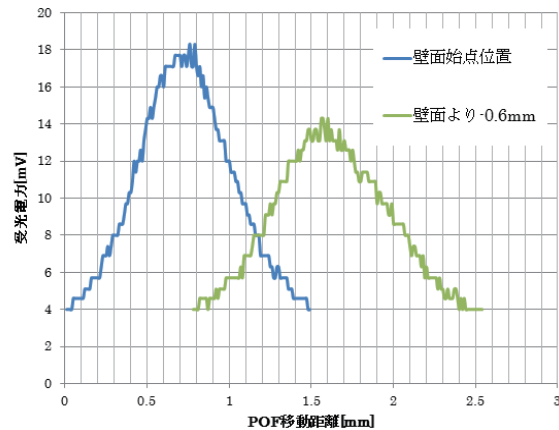


図3 受講側POFの移動距離と受光レベルとの関係

板を0.6mm後退させて計測した結果を併記した。図3に示す両特性から受光レベルピーク点を導出し、式(2)により移動距離を求めた結果、 $\theta = 0.599\text{mm}$ と算出され、極めて高い測定精度が得られることが判明した。

4. おわりに

真円度測定に関し、単芯プラスチックファイバを用いる新たな高精度測定法を提案すると共に、計測精度の評価結果について述べた。実証実験を通して、数 μm 以下の誤差での測距が、極めて小型の測定ヘッドで実現できることが明らかとなった。

今後さらに、受光側POFの精密スライド方法、ならびに統計解析手法を検討することにより、真円度測定法として確立したい。

本研究は経済産業省の戦略的基盤技術高度化支援事業助成を得て推進したものである。

【参考文献】

- [1] HV, PHV, EV世界市場を調査—2030年 世界市場予測—, <https://www.fuji-keizai.co.jp/market/13018.html>
- [2] 川島信, ”同軸型プラスチックファイバを用いた高精度真円度測定法”, 情報科学リサーチジャーナル, Vol. 20, pp. 43-52, 2013.3