

超多芯イメージファイバを用い相関演算法を導入した 高精度非接触真円度測定法の提案

Proposed Method of High Accuracy Roundness Measurement Introducing Auto-correlation Calculation of Received Light Signal Dispersion

川島 信

Makoto Kawashima

キーワード：非接触真円度測定，光測距，マルチコアPOF，イメージファイバ

1. はじめに

持続可能な社会基盤構築の構築という観点から、自動車産業界の新たな潮流として、EV、HV の開発・普及の伸びが著しい。これら新世代自動車は高出力電動機をベースとして、量産されているが、電動機の生産性向上を図る基本技術として「ブロック分割型ステータ構成法」が提案された。

本論文はこの「ブロック分割型ステータ構成法」に必須となるステータ内面壁の真円度測定法について、参照光との相関関数演算によって高精度化を図る新たな測定方式を提案するものである。

2. ステータコア真円度測定の概要と要求条件

真円度(roundness)とは円筒物体に関し、正しい円からの狂いの大きさと定義され、本研究では電気モータのステータ内壁面を測定対象とする。「ブロック分割型ステータコア製造」では、ステータコアを電極数に分割し、分割された個々のコアに銅線巻き付けの作業を行った後、図1に示す如く、溶接によりステータを結合する生産方式である。

銅線の巻き線工程が大幅に簡易化、高速化され生産性の著しい向上が図れる。

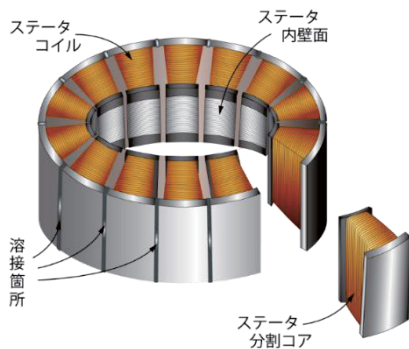


図 1 ブロック分割型ステータコアの概観

3. 新たな非接触真円度測定法の提案

本測定法は LED 光をステータ内壁面に照射し、その反射光量が最大となる位置を高精度に計測することによって、等価的に壁面の変位量を計測するのである。これまで、受信光に含まれる雑音信号を除去することによる高精度化を指向してきたが、本研究では参照光と受信光との自己相関演算により高精度化を図る新たな測定方式を提案する。

3.1 自己相関演算による測距法の測定原理

新たに提案する測距法の測定原理を図2に示す。送信用プラスチックファイバ (POF) から放射された LED 光は壁面で反射し、受光用の超多芯 POF に入射する。真円からの歪によって壁面が変位すると、壁面からの反射光のピーク位置も変位することとなり、ピーク位置の移動量から壁面の変位量の計測が可能となる。この変位量の計測に本測定法では、直進光 (参照光と呼称) の放射端から

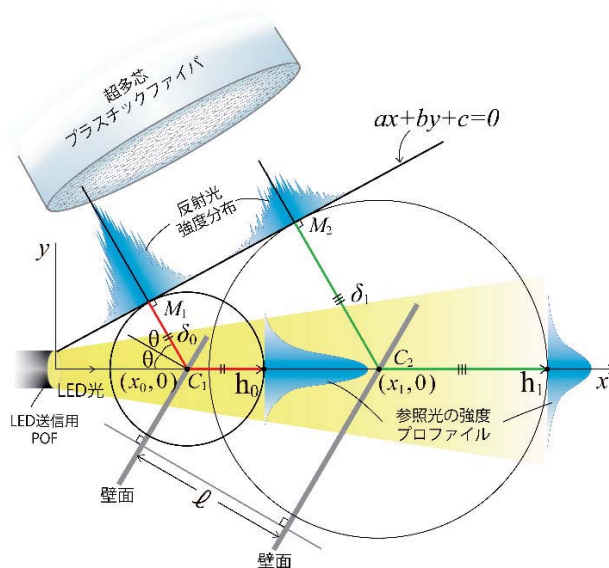


図 2 自己相関演算を用いた測距法動作原理

の距離に対する光強度分布を予め計測・記憶し、壁面からの反射光強度分布との自己相関演算を行うことによってピーク位置移動量を算出する。反射光強度分布からフィルタリングによりピーク位置を算出する方法に比べ、参照光を用いることから根本的に高精度化が図れるものとなる。

図2において、超多芯POFが直線方程式上に載っているとすると、

$(x_0, 0)$ と $ax+by+c=0$ の距離

$$\delta_0 = \frac{|ax_0 + c|}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

又、 $x_0 + \delta_0 = h_0$ であるから

$$\begin{aligned} x_0 &= h_0 - \delta_0 \\ &= h_0 - \frac{|ax_0 + c|}{\sqrt{a^2 + b^2}} \end{aligned} \quad (1)$$

と求めることができ、 $(x_1, 0)$ と直線方程式 $ax+by+c=0$ 間距離も同様に求めることができ、最終的にステータ壁面の変位量は

$$\ell = \frac{1}{2}(x_1 - x_0) \frac{1}{\tan\theta} \quad (2)$$

となる。式(2)において、 θ はステータ壁面へのLED光の入射角度である。

3.2 真円度測定システムの構成法

相関演算を導入した新提案測距原理に基づく真円度測定システムの構成を図3に示す。測定用ヘッドはPOFによって構成され製造容易かつ小型実装可能、測定系全体を安価な汎用部品のみで構成することができることから、経済的な真円度測定システムを構築することが可能である。

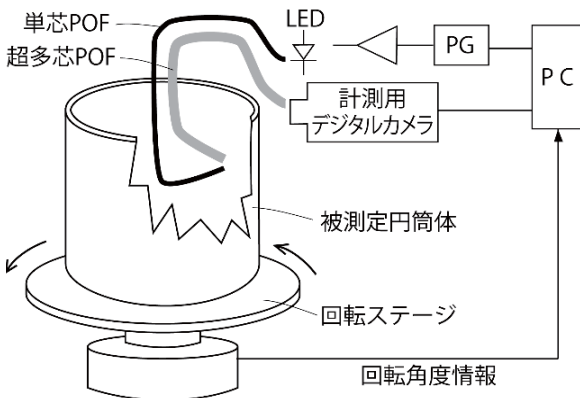


図3 真円度測定システムの構成

4. 新提案測距原理に関する基礎実験

4.1 基礎実験系の構成

図4は基礎実験系の構成である。反射光受光量分布と予め計測した参照光分布との自己相関演算によって、 ℓ_1 を高精度に求める。

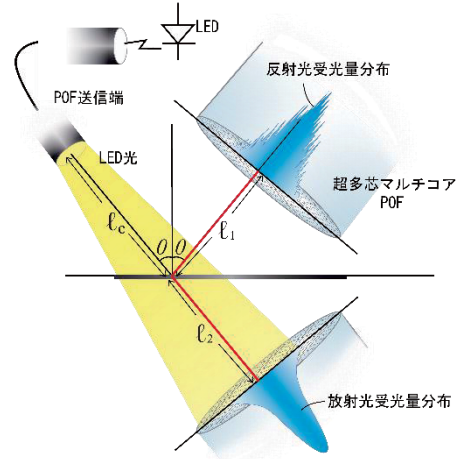


図4 相関演算による測距法の基礎実験系構成

4.2 基礎実験結果

検証実験により得られた結果を図5に示す。

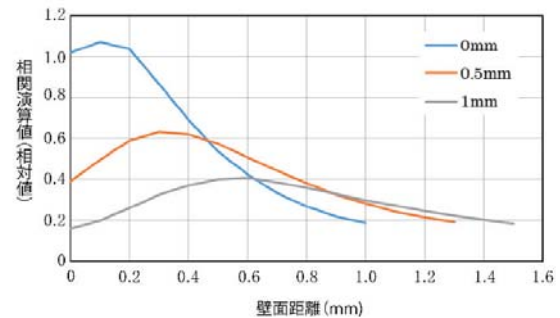


図5 相関演算による測距法の実測結果

図5は、送信POF端間と反射壁面間距離に対する反射光量、放射光量両分布間の相関演算値の実測演算結果であり、測定原理から導出される結果と概ね合致していることが判明した。

5. むすび

参照光と反射光両強度分布の相関演算により高精度化が可能であることを理論・実験の両面から明らかにした。今後、提案方式の測定精度の向上を図っていく予定である。

【参考文献】

- (1) 川島他, “超多芯イメージファイバを用いた高精度非接触真円度測定法に関する研究”, 情報科研リサーチジャーナル, Vol. 23, pp 43-55, 2016. 3
- (2) 田中他, 信学技報 Vol. 115, MICT2015-33, 2015. 3