

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

Proposed Method of High Accuracy Roundness Measurement

Using Ultra-multi-core Imaging Plastic Optical Fiber

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

HV, EV 更に燃料電池自動車には高性能電気モータが不可欠であり，生産量の大幅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] [3]．文献[2]は，レーザ反射光レベルを基に測距を行うもので，測定対象壁面における汚れ・傷により，測定精度の低下が懸念された．[3]はこの欠点を克服するもので，レーザ光反射レベルのピーク位置を元に高精度測距を行うものであるが，測定に長時間を要するという欠点がある．

本論文は，これらの欠点を克服する方法を提案するもので，基本的には瞬時に μm オーダの高精度測定が可能となる．電気モータの製造ラインのみならず，簡便かつ短時間で高精度測距が可能なることから，広範な応用が可能であると考えられる．

2. 新たな非接触真円度測定法の提案

2.1 超多芯イメージファイバによる測距法の原理

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，極めて困難であり，得策ではない．一方，測定対象との距離を簡単に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等により，測定精度が著しく低下する．この課題を克服する測距法として文献[3]で，反射光レベルのピーク位置を求めることにより，高精度測距を可能とする方法を提案した．これは受信ファイバを移動させることによって，

ピーク受光位置を見出し幾何学的に測距を行うもので，ピーク受光点の探索に長時間を要することが判明した．本論文ではこの課題を克服するために，図1に示す新しい測定原理を提案し，高精度測距を実現する．

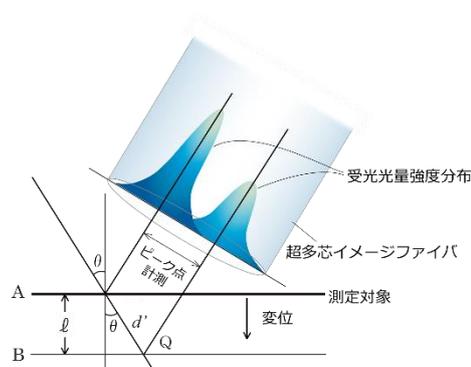


図1 超多芯イメージファイバを用いた測距法の原理

送信用単芯 POF (POD: Plastic Optical Fiber) から放射された LED 光は被測定体面 A で反射し，受信用超多芯イメージファイバにより受信される．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 の場合とは異なるイメージファイバ内位置に反射することとなる．両者の反射レベルがそれぞれ最大となる受光用 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．

$$\begin{aligned} l &= d' \cos \theta \\ &= d \cdot \frac{\cos \theta}{\cos \left(\frac{\pi}{2} - 2\theta \right)} \\ &= \frac{d}{2} \cdot \frac{1}{\sin \theta} \end{aligned} \quad (1)$$

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“ピーク位置間隔をイメージファイバで取り込み測定”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。

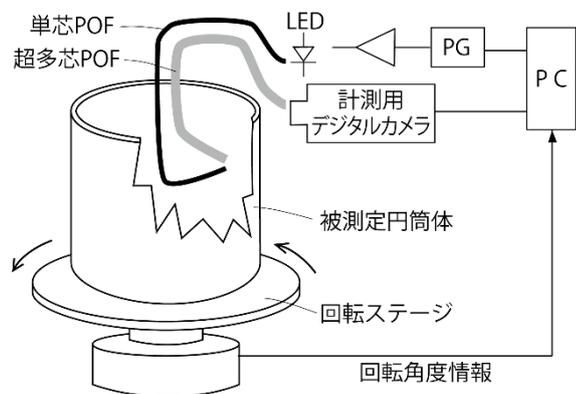


図2 高精度真円度測定法の基本構成

真円度測定系はLED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超多芯イメージファイバで受信、デジタルカメラに導き受光ピーク位置を画像計測することによって行う。受光用超多芯イメージファイバは7,400芯（外径2.5mm）であり、基本的には $25\mu\text{m}$ 分解能で式(1)距離 d の計測が可能となる。

本測定原理を検証するために基本実験を行った結果を図3に示す。同図a)は受光POFを介してデジタルカメラでのLED受光画像である。これをさらに3次元解析して受光強度分布プロファイルを求めたものが同図b)である。両測定結果共に、その中心部にLEDチップ発光部の形状と思われる高強度部位の存在が見てとれるが、同図c)の2次元強度分布特性(図3b)の中心を通る面で垂直にカットした特性)から、ピーク値を求めることは十分可能であることが分かる。また、画像処理を適用することが可能となるため、ピーク値間の距離の導出も極めて簡単化でき、高速計測も可能となる。さらに計測の高速性を利用した多数回反復計測による測定精度向上も望める。

測定系の詳細な設計法ならびに測定精度については、今後検討を進めることとする。

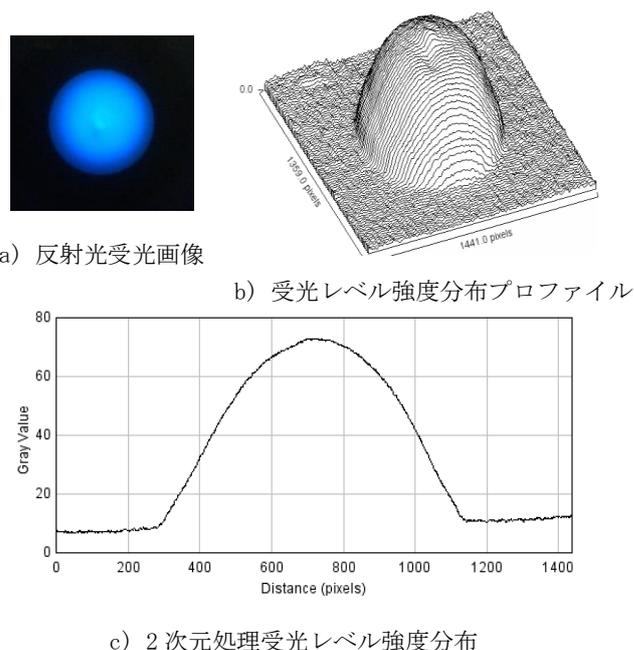


図3 LED反射光の強度分布測定結果

2.3 提案測定法の特長

本提案測定法は以下の特徴を有している。①測定精度、 $20\mu\text{m}$ オーダの実現が可能である。②高度な画像処理技術の応用により、更なる測定精度の向上が期待できる。③測定ヘッドの構造が極めて簡易であり、測定系全体としても安価な部品のみで構成できるため、既存方式に比し大幅な経済化が望める。

3. おわりに

非接触の高精度真円度測定法として、新たに超多芯イメージファイバを用いる方法を提案した。基本実験の結果、 $20\mu\text{m}$ 程度の測定精度が得られることが判明し、経済的に測定系を構築することが可能となることも明確となった。

今後、検討すべき課題は測定系構成法の具体化、測定系構築並びにこれを用いた測定精度、所用測定時間の評価などである。

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]<https://www.fuji-keizai.co.jp/market/14046.html>
- [2]情報科学リサーチジャーナル, Vol. 20, pp. 43-52, 2013.3
- [3]情報科学リサーチジャーナル, Vol. 21, pp. 75-76, 2014.3