

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

Proposed Method of High Accuracy Roundness Measurement Using Coaxial 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，同軸型プラスチック光ファイバ，フーリエ解析

1. はじめに

近年における世界的な自動車市場の規模推移について，その特徴を見てみると 2008 年 9 月のリーマンショックに端を発したガソリン価格の高騰や高額耐久消費財に対する購入意欲の減退から，既に量産車として市場投入されていたハイブリッド車（以下 HV）に対し俄かに注目が集まっていると推定される．HV はガソリンエンジンと電気モータとを最適制御して駆動源とする自動車で，2012 年には更にプラグインハイブリッド車（以下 PHV）の市場投入も始まっている[1][2]．

これら HV，PHV のいずれも，高性能の電気モータを搭載しており，今後，この種の電気モータの需要は大きく拡大していくものと予想される．HV，PHV 用の高性能電気モータをより経済的に製造するために，ステータ部を従来の珪素鋼板のプレス加工，積層一体化コア形態から，複数のコアに分割する形態として，巻線工程をシンプル化・効率化する試みが提案されている[3]．この形態を採ることにより，巻線工程は著しく簡素化されるが，ステータとして組み上げる溶接工程が追加され，さらに，溶接時のステータ内壁面の歪みならびに凹凸形状の発生が問題となる．

本論文は，この HV/PHV 用電気モータのステータ内壁面の真円度測定法に関し，新たに同軸型プラスチックファイバ（POF: Plastic Optical

Fiber，以下，同軸 POF）を導入しレーザ光によって，非接触で高精度に真円度を測定する方法を提案し，理論・実験の両面から測定精度を評価するものである．

2. 研究の背景

HV/PHV に搭載される電気モータは，例えば 60kW と大きな駆動力を有しており，ステータ径も数 10cm に達する．このような大口径ステータの製造として，従来行われていた珪素鋼板を指定形状にプレス・積層した後，巻線作業を行う方法に代わる「分割コア方式」の提案がなされている[3]．分割コア方式は極数分の分割した磁界コアを組合わせ溶接することによって，ステータを製造するもので，溶接に伴い構造体に歪みが発生する恐れがある．高性能な電気モータを製造する上でステータは基幹要素であり，モータの特性，とりわけ高い回転トルク特性，静粛性などを得るにはステータとアーマチュア（回転子）間に均一的な幾何学的関係が維持される必要があり，ステータの歪みは極力排除されねばならない．

このような背景から，本研究は HV/PHV に搭載される電気モータのステータの真円度測定を高精度に実施する新たな方法を提案し[4]，理論・実験の両面から提案方法の評価，測定精度確認などを行った結果を報告するものである．

3. 外部条件

3.1 真円度の測定対象

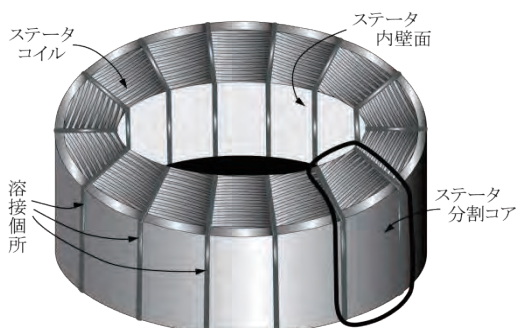


図1 分割コア型ステータの概観[3]

真円度とは円形形態の幾何学的に正しい円からの狂いの大きさと定義されるが、ここでの測定対象は電気モータのステータ内壁面である。

電気モータのステータの概観を図1に示す。同図に示すステータの1極分をそれぞれ別個に珪素鋼板をプレス加工・積層した後に巻線加工を施したものを溶接工程を経て、ステータとして組み上げる構造となっている。

分割コア型ステータの内壁面は、溶接工程における加圧の不均等などによって、歪み、凹凸などが生じている可能性があり、これを製品とする際には高精度に測定評価しておく必要がある。

電気モータのステータの内壁面の歪み計測に関して考慮すべき条件は下記の通りである。

- i) ステータ内壁面に空隙が存在するなど、探針測定方式の採用は不可能であり、非接触測定が大前提となる。
- ii) 内壁面の真円度測定精度は $10\mu\text{m}$ が要求され、将来的には数 μm 精度が要求される。

3.2 高精度微小距離測定技術とその比較

微小距離の測定技術としては表1に示すいくつかの方法が提案されており、測定器も商品化されている。

表1に示した計測法のうち、超音波による計測法は超音波の反射信号のラウンドトリップ時間

から距離を計測するものであるが、数mm先の対象を μm 精度で計測するには、超音波信号の位相計測に高度な技術を用いる必要がある。静電計測法は最も一般的な技術で実用化例も多い。しかし、センサヘッドと対象物間距離を高精度に計測するためには電気力線の整形が必須で、センサの超小型化が難しい上、必然的に高価となる。商品化された計測器からもその傾向がうかがえる。

一方、光計測法のうち、光信号の位相計測により測距を行う方法は、超高速で高度な光・電気信号系を構築する必要がある。その一方で、反射光レベルによる距離測定は位相計測法のような高い精度は望めないものの、比較的簡単なシステムで計測系が構築可能と考えられる。

以上を鑑み、本研究では光信号を用いた反射光レベル計測によって距離を測定する技術について新たな試みを行うこととした。

表1 非接触微小距離計測技術の比較

	光計測	静電計測	音響計測
反射信号 到達時間 ($10\mu\text{m}$ 精度)	66 fs △	—	58 ps
特徴 ($10\mu\text{m}$ 精度 実現の為に)	受光量検出	静電容量検出 $0.89\mu\text{F}$ ($10\mu\text{m}$) ○	—
センシング 系構築の難 易度	反射時間計測 は否定的 受光量計測法 は有望と推定 される ◎	技術的には確 立されている 電気力線の整 形が必要 ◎	超音波の位相 差 計測精度 が厳しい × (1 MHz の超音波 信号の使用必須)
総合評価	◎ (受光量計測法)	○	×

3.3 真円度測定センサヘッドのサイズに対する要求条件

HV/PHV に導入する電気モータの種別は前節で述べた車輪駆動用モータ等の大電力用を含め小型のパワーウィンドウ駆動用モータなど多岐にわたり、ステータ形状もモータの出力規模に応じて多種多様となる。真円度測定についてはセ

ンサヘッドをステータ内部に挿入して計測することから、極小口径（例えば 20 mm ϕ ）のステータの計測ではセンサヘッドの小型化が不可欠の要求条件となる。超音波素子や発受光素子をセンサヘッドに搭載する形式ではこの条件に整合した小型化は著しく困難であり、商用化されている静電計測型のセンサでは上記の条件を満足するものは見当たらない。

赤外領域における同軸 POF の光伝送損失は比較的大きいが、本測定に用いるファイバの長さが数 10 cm 以下と短いため、光伝送損失が問題となることは無い。また、同軸 POF は可撓性が高いことから、小口径ステータの真円度測定にも容易に適用することが可能となり、さらに、センサヘッドは数 mm 立方と超小型化が可能となって経済的にも極めて有利となる。

4. 同軸POFによる真円度測定法の検討

4.1 真円度測定系の基本構成および測定原理

(1) 真円度測定系の基本構成

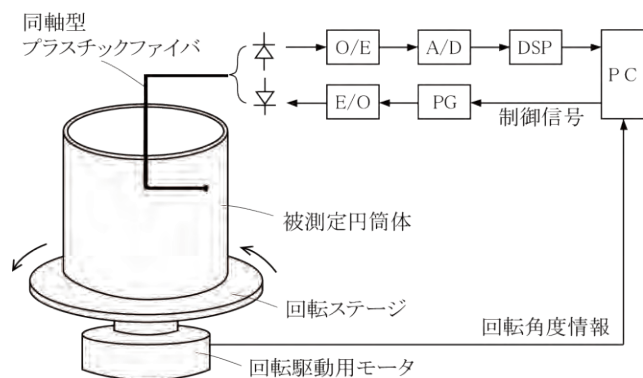


図2 同軸 POF を用いた真円度測定系の基本構成

電気モータのステータの内壁面の計測は正確には円筒度測定と呼ぶのが正しいと考えられるが、ここでは慣例に従って「真円度測定」と呼ぶ。

ステータの真円度測定系の基本構成を図2に示す。同図で被測定円筒体は電気モータのステータである。PC からの制御によって PG(Pulse Generator)から測定用パルス信号が出力され、レ

ーザダイオード (LD) が駆動されて光信号が同軸 POF の内層コアに注入される。センサヘッドから放射された LD 光は、ステータ内壁面で反射し、同軸 POF の外層コアに入射する。外層コアを伝搬した光信号は PD(Photo Diode)によって電気信号に変換され、デジタル信号処理により受光レベルが計測されて、最終的にセンサヘッドとステータ内壁面間の距離の計測が実行される。回転ステージ上に設置されたステータは回転ステージ下部の電動モータによって回転され、センサヘッドを上下方向に移動させながら壁面全体に対するセンサヘッドとの距離を計測する。

(2) 同軸プラスチックファイバの構成

本研究で提案する測定原理については次節で詳述するが、新たに提案する測距法では、ステータ内壁面に照射したレーザ光に対する反射光の受信レベルを精密に測定することにより、壁面の歪み、凹凸を計測する。ここでは、レーザ光の送受信に、伝搬特性、可撓性、小型化の容易性、経済性などを考慮し、同軸 POF を用いることとした。これにより、内径 10 mm ϕ 以下のステータについても真円度測定が可能となる。

同軸 POF の構造並びに主要緒元を図3、表2に示す[5][6][7]。

本研究で使用する同軸 POF の伝送損失は使用波長帯によって異なるが、1.5 μm の赤外信号波長帯では、数 10dB/km と可視光波長帯に比し極めて大きくなる。しかしながら、光の伝搬長が数 10 cm となる本研究での応用では、光伝送損失が問題となることはない。

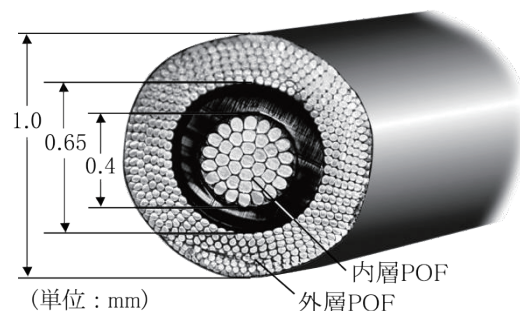


図3 同軸POFの構造並びに寸法

表 2. 同軸 POF の主要仕様・特性

項目	内層 POF	外層 POF
コア材	PMMA	PMMA
クラッド材	フッ素化ポリマー	フッ素化ポリマー
被覆材	ナイロン 12	—
コア数	37	500
開口数	0.6	0.5
内径	$400 \pm 20 \mu\text{m}$	$650 \mu\text{m}$
外径	$600 \pm 20 \mu\text{m}$	$1000 \mu\text{m}$
耐熱温度	$-45 \sim 85 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$-45 \sim 85 \text{ }^{\circ}\text{C}$

(3) 同軸 POF を用いた真円度測定法の動作原理[4]

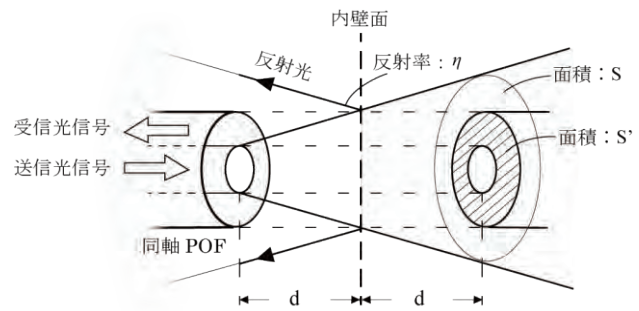
真円度測定は回転台に搭載した被測定物を回転させ、回転駆動系の座標の一点で、被測定物の内（あるいは外）壁面の位置を計測する方法が一般的である。同軸 POF を用い、その先端をレーザ光の送受信ポイントとして壁面—センサ間距離を計測することに本研究の特徴があり、その動作原理を図 4 に示す。

図 4 a) に示す如く、壁面に照射する計測用レーザ光は、LD から出力され、同軸 POF の内層を経てセンサヘッドから壁面に照射される。照射されたレーザ光は壁面で反射され、円筒中心へと向かう。この反射光は同軸 POF の外層で受信され、受信信号処理系に伝送される。図 4 a) の右反面に外層 POF による受光の概念を示している。同図から、伝送損失を次式で定義する。

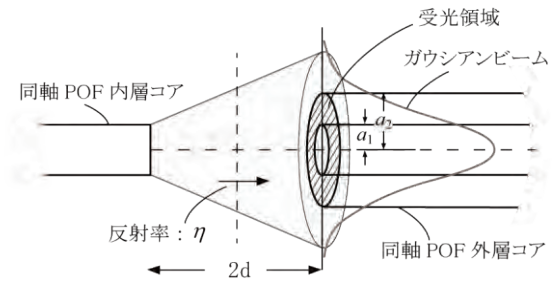
$$L = 10 \log \left(\frac{\text{面積 } S' \text{ の受光電力}}{\text{面積 } S \text{ の受光電力}} \right) \quad (\text{dB}) \quad (1)$$

内層 POF の開口数 (NA 値) に基づいて出射レーザ光は広がり、距離 d の増大と共に反射レーザ光のうち外層 POF に入射する光強度は低下する。

ここで、センサヘッドから放出される計測光をガウシアンビームと仮定すると、受光信号レベルは図 4 b) は 3 次元形状のガウシアン体と外層



a) 同軸 POF 内層コアからの放射光と外層コアによる受信



b) 距離計測受光系のモデル

図 4 同軸 POF を用いた反射光レベル測定による距離測定系のモデル化

POF との重なり部分の体積から求めることができる。(ここでは POF 端面反射を無視するものとした.)

即ち、センサヘッドと壁面間距離による伝送損失は、外層 POF の内径、外径を各々 a_1, a_2 とすると次の様に導出できる。

$$S' = 2\pi \int_{a_1}^{a_2} x f(x) dx$$

$$S = 2\pi \int_0^{\infty} x f(x) dx$$

但し

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

$$L = 20 \log \frac{S'}{S} = 20 \log \frac{\int_{a_1}^{a_2} x f(x) dx}{\int_0^{\infty} x f(x) dx} \quad (\text{dB}) \quad (2)$$

センサヘッドと壁面間距離が増大することにより光ビームが広がって、ガウシアン体の分布の分散に相当する値が増大する。こ

れは外層POFへの入射光エネルギー量の低下を引き起こすことが、式(2)からわかる。

図5にセンサヘッドー壁面間距離に対する受光信号レベル特性の測定例を示す。本特性はセンサヘッドー壁面間距離精密測定法の計測基盤を形成する重要な特性である。

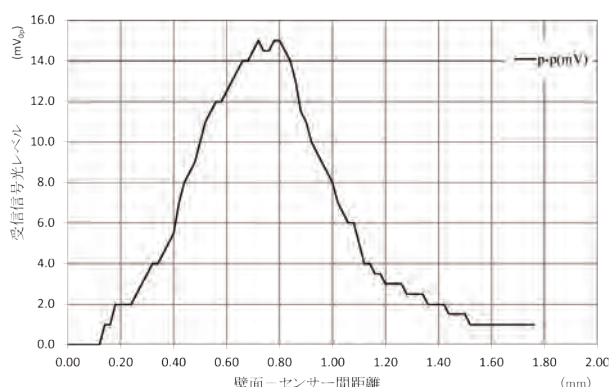


図5 センサヘッドー壁面間距離対
受信信号レベル特性の測定例

4.2 真円度の測定法

(1) 回転台中心と円筒体中心の偏移の補償

前節の測定原理の説明では、センサヘッドと壁面の1点間の距離測定が可能であることを述べた。

本節ではこの概念を円周さらに円筒体内壁面にまで拡張した測定法について述べる。本節での説明は、4.1節で述べた測定系を念頭に進める。

最初に、被測定円筒体の中心軸と測定用回転台(回転ステージ)の回転中心とのずれ(以下、中心軸間偏移)の補償を含めた解析を進める。

前述の動作原理に基づき、図2の測定系を用いて被測定物を回転させながら反射光レベルを計測すると、図6に示す如く、計測信号の平均値の変動波形は正弦波形状を呈する。

同信号は円周を一周期とし、その振幅は中心軸間偏移量を、位相は偏移が生じる角度を示している[8][9]。即ち、回転台測定系により、一定角度ステップごとの受光信号レベル測定値を m_j とす

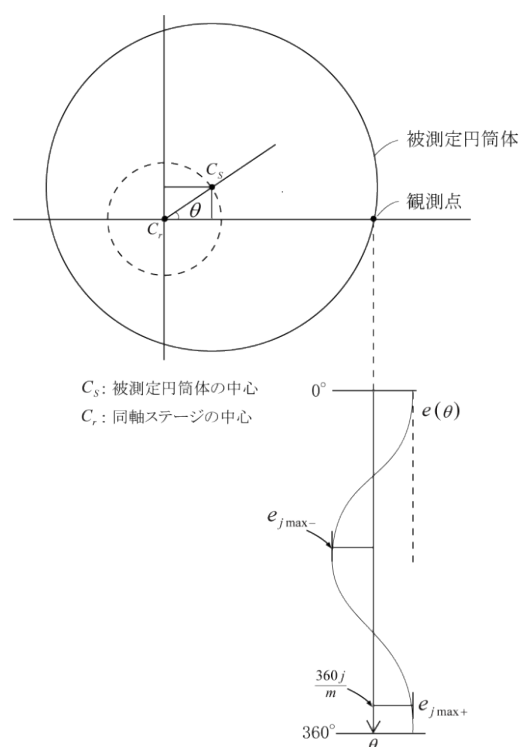


図6 被測定円筒体の中心軸と測定用回転台中心
の偏移による受光信号レベル変動

る。ただし、一回転(360°)を n 等分し、連続関数を $m_j = m(2\pi \cdot j/n)$, $j = 0, 1, 2, \dots, n-1$ と標本化した場合, m_j として次式が得られる。

$$m_j \doteq \frac{1}{2} a_0 + \sum_{k=1}^{n-1} (a_k \cos \frac{2\pi k j}{n} + b_k \sin \frac{2\pi k j}{n}) \quad (3)$$

ここで、

$$\begin{cases} a_k = \frac{2}{\pi} \sum_{j=0}^{n-1} m_j \cos \frac{2\pi k j}{n}, \\ b_k = \frac{2}{\pi} \sum_{j=0}^{n-1} m_j \sin \frac{2\pi k j}{n}, \end{cases} \quad k = 1, 2, \dots, n-1 \quad (4)$$

をフーリエ係数とする調和解析(harmonic analysis)を行う。

式(3)で、1次($k=1$)の項

$$e_j = a_1 \cos \frac{2\pi j}{n} + b_1 \sin \frac{2\pi j}{n} \quad (5)$$

が中心軸間偏移を表し、2次($k \leq 2$)以上の項の総和

$$r_j = \sum_{k=2}^{n-1} (a_k \cos \frac{2\pi k j}{n} + b_k \sin \frac{2\pi k j}{n}) \quad (6)$$

が真円度 $r(\theta)$ を表す。このようにフーリエ解析

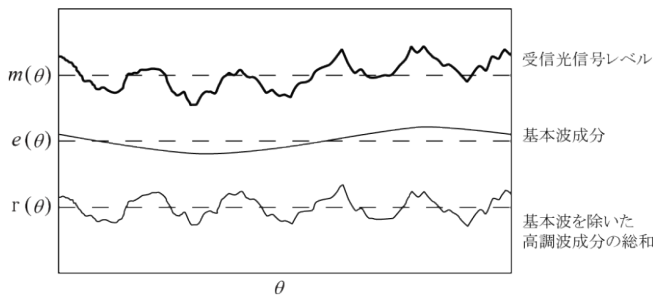


図7 フーリエ解析による受光信号の中心軸間偏移成分と真円度成分への分離

を用いることによって、測定値を中心軸間偏移成分と真円度成分に分離することができる。これら調和解析の結果を図7に示す。

ここで、注意すべきことは0次の項 a_0 は、絶対値が測定できる測定器であれば、被測定物の半径の導出を可能とするが、ダイヤルゲージのような相対変位の測定を行う装置を用いる場合は意味を持たない。しかしながら、測定に先立って、センサヘッドー壁面間距離を受光信号レベルのキャリブレーションを行えば半径等の絶対値測定も可能となる。

このように、回転角毎の反射光信号測定値をサンプリングして得た信号系列 m_j のフーリエ解析を行って、その基本波成分を求めれば、中心軸間の偏移量ならびに偏移を起こす角度を解析的に求めることができる。

(2) 真円度測定のプロロー

前節までの検討を踏まえ、本節では真円度測定の手順を述べる。円筒体の内壁面全体に渡る形状計測は、「円筒体の円周方向の測定を順次、縦方向にも行う」ことにより進める。具体的な円筒体測定では、先ず、測定を実施する高さを定め、円筒体を回転させて円周360度の受光信号レベルを計測する。受光信号の変動をフーリエ解析し、その基本波成分を抽出することにより、回転台と円筒体中心の軸間偏移量が導出できるので、円筒体の位置を微調することにより、偏移量をゼロに調整する。受光信号波から直流分並びに基本波成分

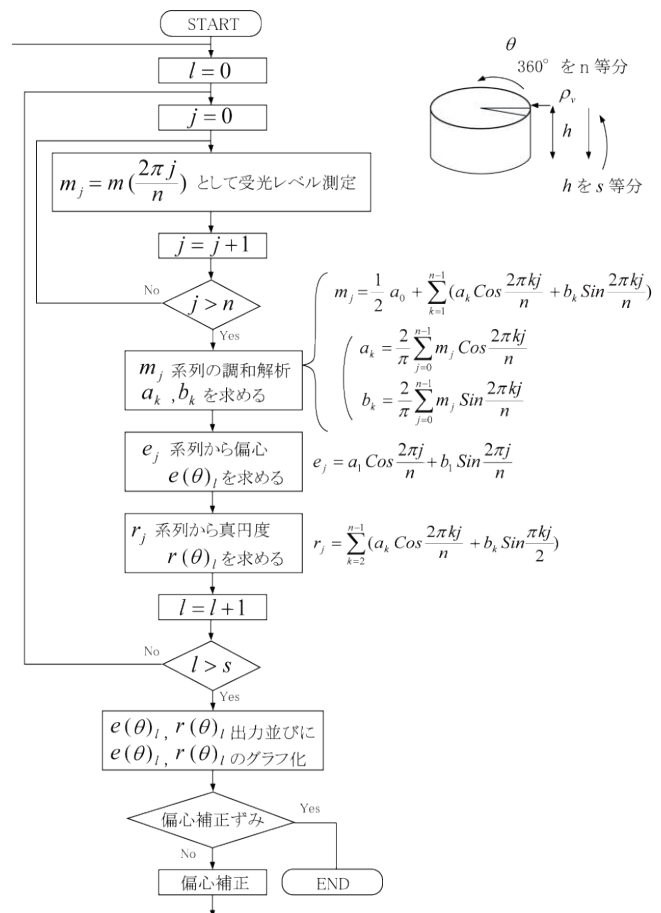


図8 真円度測定のプロロー

を除いた残余が円筒体の上記高さにおける歪み、凹凸形状の特性を示している。最終的にこの歪みや凹凸量と回転角との関係を定量評価、可視化して提示することとなる。これら、一連の測定処理プロローを図8に示す。

4.3 真円度測定法の実証実験

前節までに述べた新たな真円度測定法の測定原理、測定プロローに関して、そのフィージビリティを検証するために、真円度測定法の実証実験を行った。以下、それらの検討結果について述べる。

(1) 実験系の構成

提案する真円度測定法の実証実験系を図9に示す。計測光を効率よく使用するために、平行光を得るためのコリメーションレンズ、集束用レンズなども導入した。

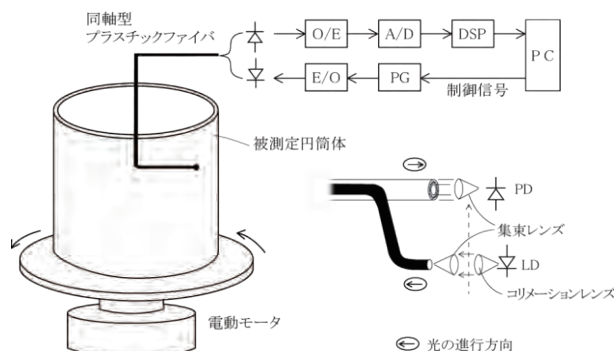
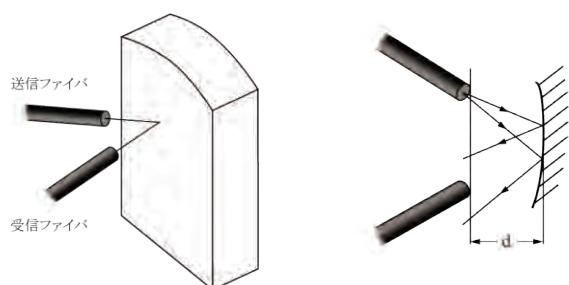


図9 真円度測定法の実験系構成



a)POF 測定部概観 b)測定光の壁面反射モデル

図10 対向配置単芯ファイバによる距離測定系の構成

LD (レーザダイオード) には、経済性を考慮し光アクセスシステムで多用されているLD (発振波長: $1.55 \mu\text{m}$) を流用し、PD (フォトダイオード) もこれに対応するものを用いた。計測用信号としては50Mb/sのランダム信号系列(疑似ランダム信号: PN31段)を用い、遅延計測も可能となるよう考慮した。LED等を用いた可視光、低速度アナログ信号による簡易計測でも測定法のフィージビリティ確認は可能と考えられるが、本測定法の限界を見極める意図も込めて、厳密性を確保する為にコヒーレントなレーザ光を用いることとした。

被測定物となる円筒体の回転駆動用として、ACサーボモータ (回転制御角は0.1度) を用いた。本実験系では制御用コンピュータとACサーボモータ駆動制御は独立化させ、回転角の補正・設定等は手動によることとした。

上記実験系を用い、先ず円筒体の計測すべき部情報科学リサーチジャーナル Vol.20 2013.3

分の高さを定め、ACサーボモータの回転角を変えながら反射光信号レベルを計測し、回転角対反射光信号レベル特性を得るという形で実験検証を進めた。

【センサヘッドの構造】

同軸POFを用いたセンサヘッドの作製では、同軸POFの特性、即ち、内/外層POFのNA値や端面研磨特性が極めて重要となる。

本実験では、時間的制約から同軸POFに代わる単芯POFを対向させるセンサヘッドを作成することにより、実証実験を進めた。図10は単芯POFを対向させる形式のセンサヘッドの概要を示している。同図a)に示すごとく、被測定対に対して照射されたレーザ光を対向箇所を受光するもので、レーザ光の送光側、受光側共に単芯のPOFを用いている。単芯POFの端面研磨は、研磨シートをトロコイド移動させる電動型研磨機を室内試作し、何れのPOFも長手方向に対し垂直に研磨して用いた。

【実験系の概観】

前項で述べた実験系構築方針に基づき構築した実験系の概観を図11に示す。回転ステージとは独立した光学実験定盤上に精密光学移動台を用いて送受光回路、単芯POF、センサヘッドなどを配置・固定して測定に供した。

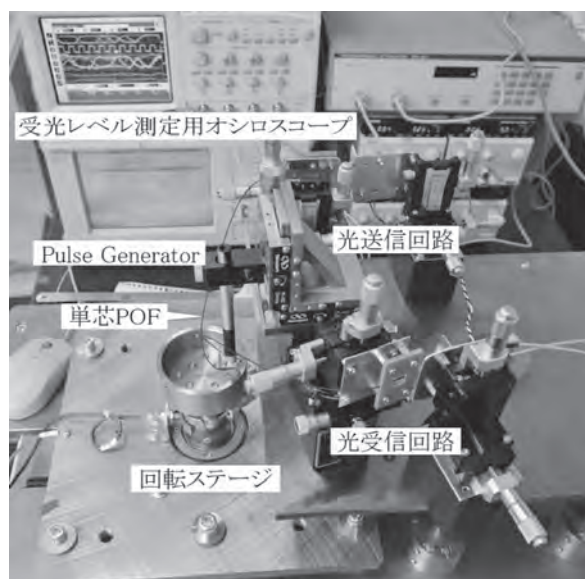


図11 真円度測定実験系の概観

図12は光送信回路でありLDとPOFの結合は、X-Zバーニアステージを用いて最大光レベル点を探索し固定した。さらに、図13は光受信回路の概観である。受光信号は差動出力形式で得られるため、2本のSMAケーブルで出力されている。

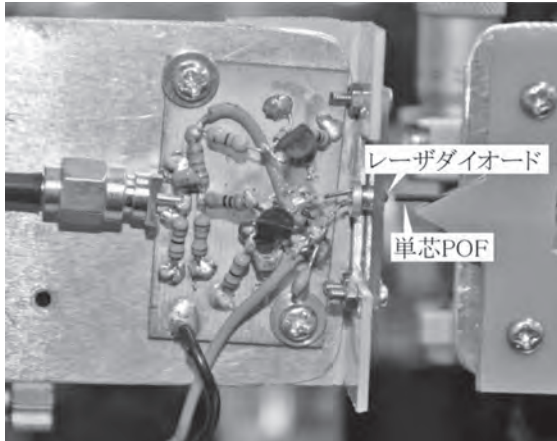


図 12 光送信回路概観



図 13 光受信回路概観

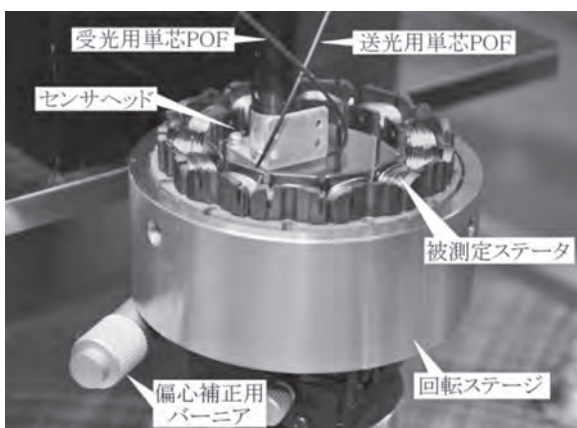


図 14 回転ステージと光センサヘッドのセッティング状況

図14は回転ステージと光センサヘッドのセッティング状況の概観である。この写真は、ステータ保持円筒台（3点保持によりステータを保持固定する）の内壁近傍にセンサヘッドを対向させた状態を撮影したものである。センサヘッドは保持棒との関係でサイズが大きく見えるが、基本的には細径のPOFを対向させる形態となるため、数mm立方の空間を要するのみであり、同軸POFによるセンサヘッドは更に小型形状のものとなる。回転ステージ下部には被測定物の中心と回転台の回転中心との中心軸間偏移を補正するためのXYバーニア機構を搭載し、受光信号レベルのフーリエ解析結果から導出された偏移量に基づき、手動補正を行った。

(2) 実験結果

前項で述べた実験系により得られた主要特性について述べる。

まず、被測定円筒体として、鉄製丸棒を旋盤で削り出し円筒状にしたものを回転ステージに取り付け、内壁面の歪み、凹凸を計測する実験を行った。

【センサヘッドー円筒体壁面間距離測定】

円筒体の歪み、凹凸を計測する前段階として、前述の被測定円筒体を用いて、センサヘッドー円筒体壁面間距離に対する反射光信号レベル特性を測定した。この特性は計測の基準特性となるもので重要な意味を持つ特性である。測定結果を図15に示す。同図からセンサー壁面間距離が短い場合には、対向する受光用POFに到達する反射光量が少なく、光受信レベルは小さな値となる。距離増大と共に反射光信号レベルが増大し、ピーク点を得る（図15では凡そ0.5mm点）。これ以上の距離範囲では、光の拡散に基づく減衰を経て光受信レベルが単調減少することが同図からわかる。

この基準特性で重要な領域はピーク点以遠の特性であり、従って、被測定体の内壁面計測にあたっては、センサと内壁面間の最近端値として少なくとも0.5mmを確保する必要がある。

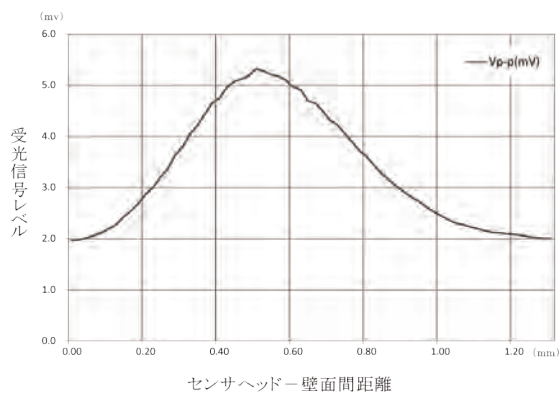


図 15 センサヘッドー壁面間距離対
反射光受信レベル特性の測定結果

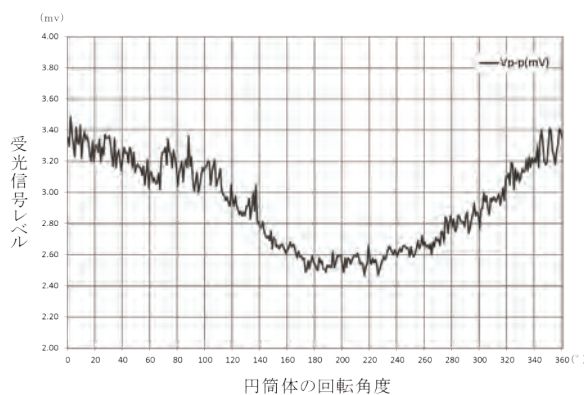


図 16 被測定円筒体の回転角度に対する
反射光受信レベルの測定結果

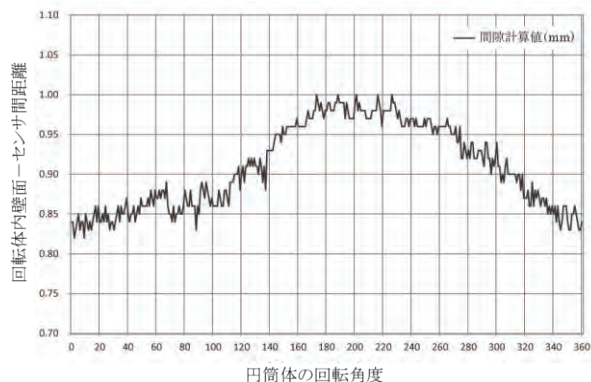


図 17 被測定円筒体の歪み形状の測定結果

【被測定円筒体の内壁面歪み等の測定】

図 9 の実験系により測定した被測定円筒体の内壁面反射光信号レベル特性の測定結果を図 16 に示す。同特性は被測定物の中心と回転台の回転中心との間に、中心軸間偏移が存在する状態での測定結果であり、そのことが明確に捉えられていることが分かる。

壁面ーセンサヘッド間距離に対する反射光受信情報科学リサーチジャーナル Vol.20 2013.3

信レベル特性（図 15）を基に、全円周の反射光レベル測定結果を間隙距離に換算・補正して得られた被測定円筒体円周 360 度の歪み・凹凸形状を図 17 に示す。同図から約 $100\text{ }\mu\text{m}$ の回転軸補正が必要となり、被測定円筒体の歪み、凹凸は概ね $50\text{ }\mu\text{m}$ であることがわかる。

(3) 実験結果に関する考察

以上、本節では、単芯対向 POF を用いた真円度測定法に関する実験系構成並びに実験結果について述べた。

本測定法を実現するための具体的測定系の設計法については、今後、さらに検討を進めるが、フィージビリティ確認のための基本実験の結果から、以下の結論が得られた。

- (1) 同軸プラスチックファイバ（同軸 POF）を用いた光計測センサを提案し、被測定円筒体壁面からの反射光レベルを計測することにより、被測定円筒体内壁面の歪み、凹凸が計測可能であることを実証した。
- (2) フーリエ解析により、被測定円筒体中心軸と、測定回転台の中心軸の偏移と、円筒体の歪み・凹凸とに分離することが可能であることを示した。
- (3) 測定可能距離範囲 0.7mm 、測定精度として μm オーダの測定精度が得られることを明らかにした。これらの特性については、特にセンサヘッドの光学系設計の最適化、光の伝達系の最適化により、さらに十分なる計測範囲の拡大ならびに高精度化が期待できる。

以上、単芯プラスチックファイバ（単芯 POF）を用いた光計測センシングにより、非接触で円筒体の内壁面歪み、凹凸状況を計測する方法を提案し、実用に供せる特性が得られることを実証した。

今後、電気モータのステータを実際に計測する場合には、例えば、ステータ内壁面の形状が汚れ等によって、反射光信号レベルが低下するなどにより測定精度が影響されることも考えられる。このような状況を考慮して、最終的な測定

精度評価を進めていく予定である。

さらに、小型化、高性能化を指向した同軸POFを適用したセンサヘッドについては、NA値を内層POFについては大きく、外層POFは小さく設定することにより、本節で述べた実験結果と同様の結論を得ることができると考えており、今後、更なる研究を推進していく予定である。同軸POFを用いた検討結果については機会を見て、あらためて報告したい。

5. おわりに

本論文は、電気自動車に用いる電気モータのステータ、とりわけ、分割コア型のステータ内壁面の歪み、凹凸形状を計測評価可能な高精度真円度測定法に関する研究結果を述べたものである。

新たに同軸型プラスチックファイバを用いて超小型の精密測距センサヘッドを提案し、ステータ内壁面に照射したレーザ光の反射光を受光、計測して極めて高精度の真円度測定を実現している。

本測定法によれば、円筒体壁面に切れ込みがあるなど探針法では計測不能な

物、内径が1 cm以下など極く小径の物など、従来の計測法では不可能であった物体の真円度、円筒度の計測評価が可能となる。センサヘッドの構造が単純であること、汎用部品の適用が可能であることなどから真円度計測評価装置は経済的に構築可能であり、適用範囲は極めて広いと考えられる。

終わりに、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り、中部経済産業局およびベステック㈱との関係各位に深く感謝いたします。

また、日頃、研究推進にあたってご指導頂いている研究支援センタ 井上隆敬先生、研究を遂行するに当たって技術討論、実験系構築、実験の推進に努力を傾注された畑かおりさん、修士2年生 木村大起君、卒研 生 稲垣駿君、江口雅哉君の皆さんに感謝いたします。

【参考文献】

- [1] 次世代自動車戦略 2010 ((概要)), 経済産業省, 2010
http://www.meti.go.jp/policy/automobile/evphv/material/pdf/strategy_summary_version.pdf
- [2] 鈴木正慶, 中津道徳, 永井義明, “自動車産業の未来と中部圏”, 中部大学経済研究所紀要, Vol. 21, 2011
- [3] 森川渡, “分割コア式ワークの巻線方法, 巻治具, 保持治具, および分割コア式ワーク”, 特開 2012-039830, 2012
- [4] 川島信, 森川渡, “内面形状測定装置及び内面形状測定方法”, 特許出願, 特願 2012-289214, 2012. 12. 29
- [5] M. Kawashima, S. Kawabata, K. Kaba, and S. Sasho, “Design of Gb/s Rotary Link Joint Adopting Coaxial Multi-core Plastic Optical Fiber”, International Conference, Tokyo, Japan, Oct 2010
- [6] 蒲和也, 川島信 他, “高速双方向デジタル伝送並びに電力伝送を実現する光回転コネクタの構成法”, 電子情報通信学会MICT研究会, Vol. MICT2010-19, Jan 2011
- [7] 蒲和也, 川島信 他, “同軸マルチコアPOFを用いた光回転リンクジョイント構成法に関する研究”, 電子情報通信学会EMD研究会, Vol. EMD2010-139, Jan 2011
- [8] 高偉, “基準を作りながらの知的精密計測”, 日本機械学会誌, Vol. 104, No. 991, pp370-371 2001. 6
- [9] 石崎秀晴, 市川伸洋, 森川洋行, “振れ測定の理論”, 国立天文台報, Vol. 5, pp. 117-129, 2002



川島 信

中部大学工学部情報工学科教授
インターネット応用サービス, 超高速デジタル通信応用システムなどをはじめとするハードウェア/ソフトウェア融合システムの研究に興味を持っている。