

散乱光を用いた物体形状の精密計測

Precise Measurement of Configuration using Scattered Beam

○ 斎藤克久、坂野進

○ Katsuhisa Saito, Sakano Susumu

日本大学

Nihon University

キーワード：光ファイバ(optical fiber),精密計測(precision measurement),

連絡先：〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地メカトロニクス研究室

Tel : 024-956-8600, Fax : 024-956-8866

1. はじめに

通信システムにおいて、通信を運ぶ媒体として、同軸ケーブル、マイクロ波および光ファイバが用いられている。昨今のマルチメディア時代の到来とともに大容量の通信を運ぶ媒体としての光ファイバを基とした光通信システムが急速に増加している。光通信システムを構成する主要な部品である光ファイバコネクタ、発光、受光モジュール、光導波路モジュールの高性能化、高品質化が強く求められている。光通信システムにおいては、保守や運用の際に光ファイバの接続や切り離しが必要である。光ファイバコネクタが用いられている。光ファイバは極細のガラスで出来ているために、単体で取り扱うことは機械強度上、無理がある。そこで、光ファイバをフェルールの中に挿入し、接着剤で固定し、光コネクタ部品の中に組み込むことにより光コネクタ接続を行っている。光コネクタでは、接続のロスを低減し、高信頼に接続するために光ファイバのコア同士を正確に位置決めし、適当なばね圧力で光ファイバの端面同士を接触させている。本試験では、光ファイバの先端研磨後の端面形状を現場で、簡単に測定でき、かつ、低価格な想定装置を開発する。

2. 光ファイバの研磨の方法

光ファイバをフェルールに挿入した後に接着剤で固定し、光ファイバ端面を一定の曲率の凸球面状に研磨する。研磨の前後の状況を図 1 に示す。光ファイバ端面を一定の曲率に研磨した光ファイバ同士を接触させることにより反射減衰量の少ない良好な接続が行われる。一般的に行われている加工の方法を図 1 に示す。加工後に光ファイバの先端曲率や偏心が規定値(表 1)の中に入っているかどうか検査している。

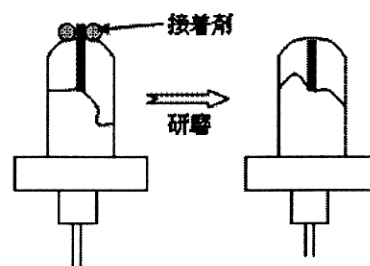


図 1. 光ファイバの研磨前後の形状

形状精度	曲率半径 10~25mm
	球面頂点の偏心 50 μ m 以下
光学特性	反射減衰量 40dB 以上

表 1. ファイバ研磨後の規格値

3. 測定の原理

今まで市販されている数百万円の測定装置は研磨後の光ファイバ先端形状を顕微鏡でとらえ、CCDカメラで映像化し、画像処理ソフトにより処理している。そのために高価な検査装置になっている。そこで、光ファイバの先端からの散乱光をPD (Passive Diode) で受光し、形状を測定する。図1.に散乱光による概念を示す。



図2. 散乱光による測定の概念

4. シミュレーションによる検討

光ファイバ端面から散乱する光の強弱をPDで検出することにより光ファイバ端面の加工形状の検出が可能である。シミュレーションによりこの計測法の有効性の確認を行った。

I. 現状の規格

- ① ファイバコア径: $10\mu\text{m}$
外径: $125\mu\text{m}$
- ② ファイバの種類: シングルモード
- ③ 曲率半径: $10\sim 25\text{mm}$
- ④ 球面頂点の偏芯: $50\mu\text{m}$ 以下
- ⑤ ファイバコアの材質: 石英系ガラス
- ⑥ 段差(ファイバとフェルルール間): $0.05\mu\text{m}$
- ⑦ NA: 0.16 (シングルモード)

II. シミュレーションの条件

① 光源の設定

ファイバ端面に点光源で且つ指定のNAにて光束を放射させるために1対1の無収差光学系としてGRINロッドを用いた。この光源設定により $\phi 10\mu\text{m}$ でNA:0.16の光束がガウシアン分布光束としてファイバ出力端面から放射できたことになる。

② ピンホールの導入

ファイバ端面の球面の偏芯の影響を検知し易くするために端面に接してピンホール($\phi 200\mu\text{m}$)を配設する方法を提案する。

③ シミュレーションソフト

英国Kidger社製<Sigma-2100>の照明解析ソフトを使用する。指定の光源面からモンテカルロ法によりアトラングムに多数の光線(約20万本)を発射させ、それを幾何光学的に光路を追跡計算し指定のスクリーン面上に到達した座標をプロットして表示する。

III. シミュレーション結果

① 合格品の光ファイバ

合格品の光ファイバの端面からの散乱光の光度分布を、図3、図4に示す。

ガウシアン分布を伴い照射点の中心で光度が最大になり、中心から同心円状に光度が低下している。これはファイバ先端の先端曲率や偏心の加工がうまくいっている事を表している。

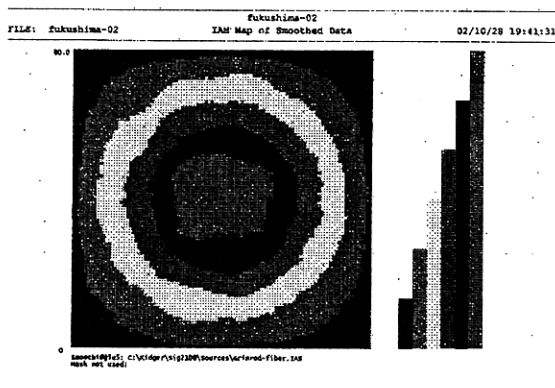


図3.合格品の光度分布

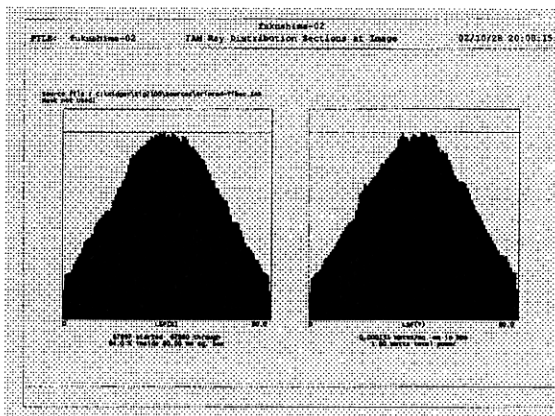


図4.合格品の光度分布 (XY断面)

② 不合格品の光ファイバ

不合格品の光ファイバの端面からの散乱光の光度分布を、図5、図6に示す。

照射点がY軸上で少し上にずれ、中心から楕円状に光度が低下している。これはファイバ先端の先端曲率や偏心の加工に不具合が生じていることを表している。

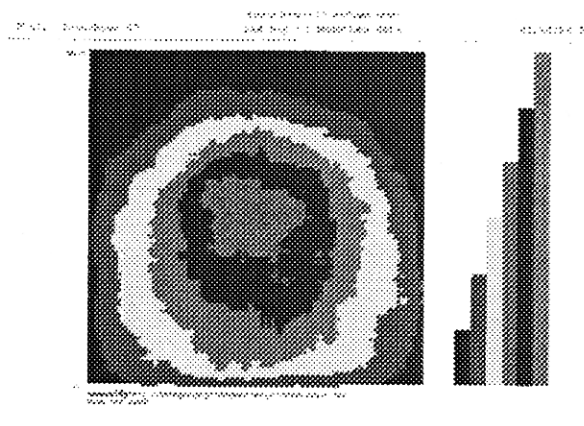


図5.不合格品の光度分布

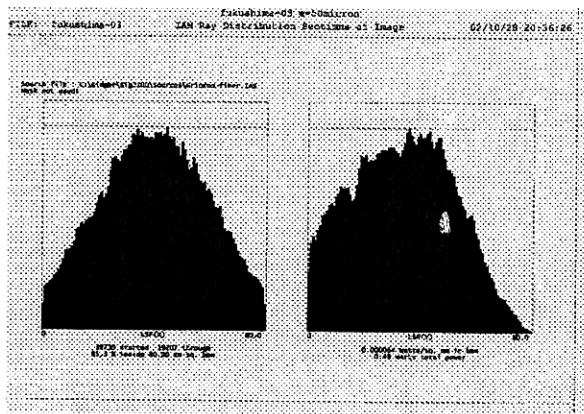


図6.不合格品の光度分布（XY断面）

5. 実験

図3に実験装置を示す。シュミレーション結果を基に、光ファイバを挿入し、研磨したフェルールを保持する部分と、スリットが移動する部分と散乱光を受けるPDを保持する部分と、スリットが移動する部分と散乱光を受けるPDを保持する部分から構成されている。

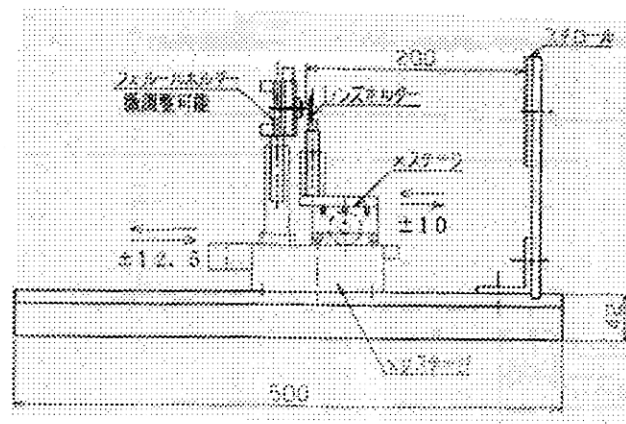


図3.試作実験装置

図3の実験装置を使用しシュミレーションの結果をふまえ実測を試みた。

I.実測の条件

①計測回路

計測回路部の製作が不完全な事と、回路部完成後の性能評価のため今回は既存の計測器を使用した。

ADVANTEST 製 OPTICAL POWER METER

TQ8210 測定波長：840nm

②光ファイバ

SANWA SUPPLY 製 シングルモード

FCコネクタ

③光源

FUJIKURA製LED光源

使用波長：839.7nm

④評価方法

計測結果を表計算ソフト EXCEL(Microo Soft 社製) にてグラフ化

II.実測結果

① 合格品の光ファイバ

実験装置のフェルールフォルダに SANWA SUPPLY 製のシングルモードのFCコネクタを固定しステージを動かし、照射点の中心がスクリーンの中心にくるようにアライメントをする。

その結果、図7に示すような光度差が得られた。

照射点の中心で光度が最大になり、中心から同心円状に光度が低下している。

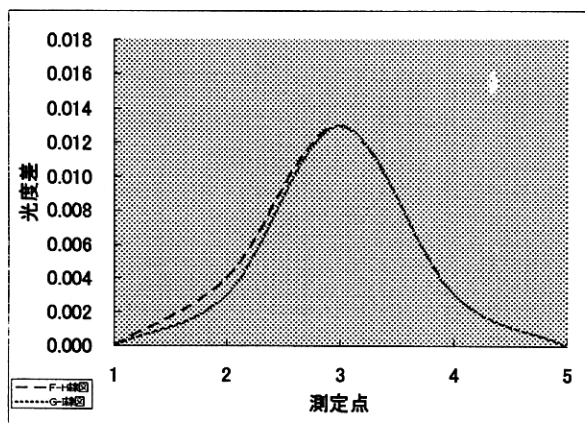


図 7.合格品の結果 (X Y 断面)

② 不合格品の光ファイバ

今回、光ファイバ端面に規格外の研磨がされているものを用意できなかったので実験装置のフェールーフォルダに SANWA SUPPLY 製のシングルモードの F C コネクタを半固定にしてコネクタの自重により、照射点の中心がスクリーンの中心より少し上にくるようにすることで擬似的に計測を行った。

その結果、図 8 に示すような光度差が得られた。照射点が Y 軸上で少し上にずれ、中心から楕円状に光度が低下していく様子がわかる。

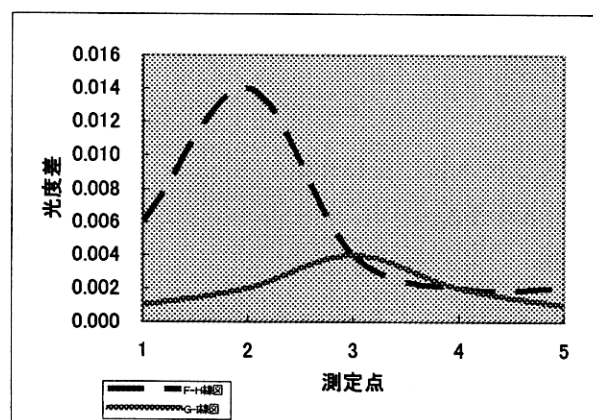


図 8.不合格品の結果 (X Y 断面)

6. 計測回路部

表 2 に計測回路部のフローチャートを示す。回路は大きく分けてセンサ部、データ処理部、解析部に分けられる。センサ部群は、スクリーン上に 9 個設けられた PD について、ノイズのリダクション、及び信号の増幅を担当し計測結果をデータ処理部に受け渡す。データ処理部は、それぞれのセンサ部から

集められた計測結果に対して、A/D 変換を行いデータを統合し、解析部である PC に転送する。解析部ではデータ処理部から送られてきたデータについて Visual Basic を利用し解析をし、ファイバ端面の評価をする。

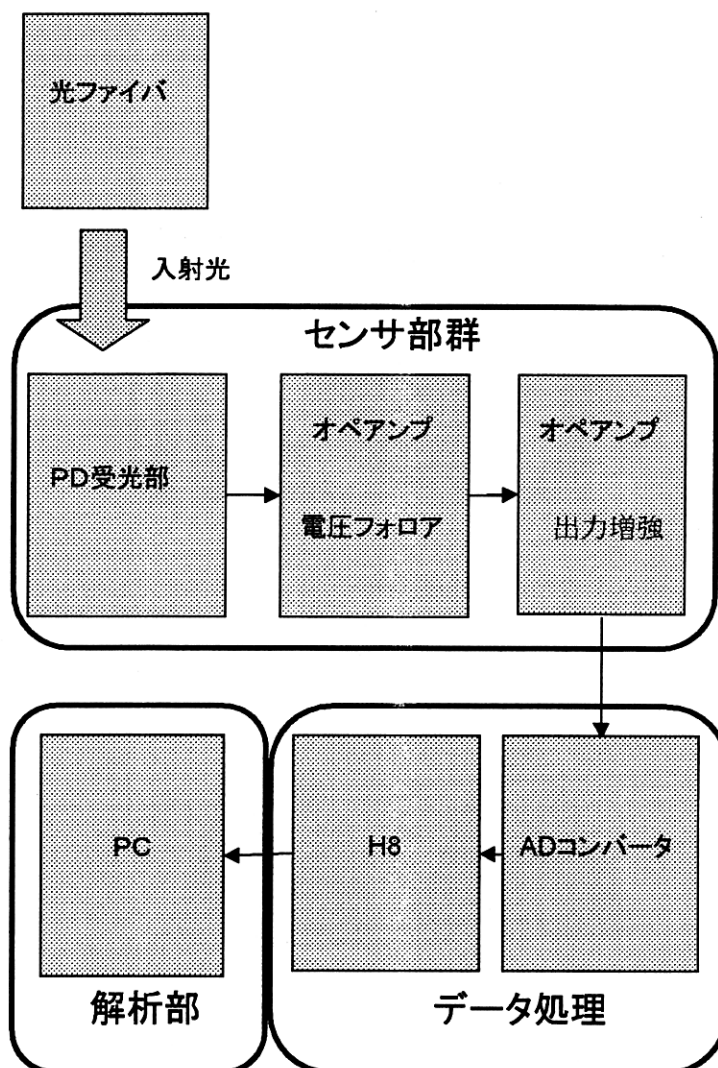


表 2.回路部フローチャート

1. 計測回路部詳細

① PD 受光部

光源との兼ね合いで最大分光感度が $\lambda = 800\text{nm}$ で最大となる素子を使用する。装置の特性上入射方向が一定なので指向感度特性が鋭いものを選定した。

② オペアンプ (電圧フォロア)

受光センサからの信号が微弱であることが予想されるので、インピーダンス変換・回路の分離を目的としてオペアンプの電圧フォロア回路を利用しオフセット調整しノイズの処理をする。

③ オペアンプ (出力増強)

オペアンプの出力を増強する必要性が出てくる場合に備え、プッシュプルのエミッタフォロア回路を作成する。

④ A/D変換

センサ部からのアナログ量をデジタル量に変換しH8に信号を受け渡す。H8のI/Oポートにも同等の機能が搭載されているがチャンネル数が少なく信号を同時変換するために外部A/Dモジュールを使用する。

⑤ H8

日立製作所製のマイコンであるH8を使用している。A/D変換から取り込んだデータにP/C部で解析が楽になるようにアドレスをつけてR/S232C通信ケーブルにてデータを転送する。

⑥ P/C

H8からのデータを取り込みVisual Basicの各種コンポーネントを利用しデータを解析する。最終的に先端の研磨の合格基準値に対し合否判定が出来るように出来ればと考えている。

7. まとめ

以上のような結果から、光ファイバの研磨後の形状測定方法として、散乱光を用いた方法が簡易で、低価格な測定装置の提供が可能であることを明らかにした。

参考文献

- 1) CQ出版 岡村迪夫 著
「OPアンプ回路の設計」
- 2) 講談社 平井正光 著
「光工学入門」
- 3) オプトロにクス社
「光ファイバーの使い方と留意点」
- 4) 啓学出版 チャールズK. カオ 著
「光ファイバシステム」
- 5) マイクロソフト社
「Visual Basic 実践講座」
- 6) 河西朝雄 著
「Visual Basic 入門編」
- 7) 技術評論者 後関哲也 著
「C言語による
P/I/Cプログラミング入門」