

# 光学式糸切れ検知装置の受光レベル変動の低減法

中 道 義 忠\* ・ 波々伯部 圭佑\*  
山 田 健 治\*\* ・ 藤 井 博 知\*\*

## A Few Methods of Decreasing the Fluctuation of Detected Laser Power Level in the Optical-Type Detector for Yarn-Cut

Yositada NAKAMICHI ・ Keisuke HOHKABE  
Takeharu YAMADA ・ Hirotomo FUJII

We proposed to have developed an optical sensing system having laser and optical fiber in order to detect yarn-cut in a number of yarns formed a line.

In this system laser power level detected through moving optical fiber in optical-type detector for yarn-cut is affected due to the speckle pattern fluctuation which is caused by the mode conversion in the optical fiber.

It is shown experimentally that the use of the single mode fiber and optical parts with anti-reflection coatings is effective to raise signal-to-noise ratio in this system.

### 1. まえがき

筆者等はレーザと光ファイバを用いた繊維機械用の「糸切れ検知装置」を提案し<sup>1)</sup>、実用化にむけ研究を行ってきた。

本装置では、一端にレーザ装置を接続した光ファイバケーブル（コア径6  $\mu$ m シングルモードファイバ 全長15m）の他端に送・受光共用の光学系を装着し、光学系を装着した側のファイバケーブル数mを凹形溝内を多数本の糸に沿って往復走行させレーザ光を各糸に照射する。多数本の糸は凹形溝の近傍を直角方向に移送される。各糸からの散乱光の一部を送光用ファイバの周囲にある多数のファイバを通して受光し、信号処理を行って電子式カウンタにより糸の本数を計数している（図1参照：ただし、送光用ファイバをシングルモードファイバに変換した構成図）。このように、本装置では光学系を走行させる必要があるため、光ファイバケーブルの動きに伴い光学系に内蔵されているプリズムおよびレンズでの反射によって生ずる受光レベルや糸からの散乱光受光量の変動が、これがS/N比の低下の原因となっている。筆者等はこれらの変動がレーザのようにコヒーレントな光がマルチモードファイバ内を導光されるとき各モード間の干渉によって生ずるスペックルパターン（図2参照）が光ファイバケーブルの動きに伴い変動することが原因であることを実験的に確認し報告してきた<sup>2)~7)</sup>。

本装置では、受光レベルや糸からの散乱光受光量の変動がS/N比低下の要因となっているが後者は非常に微弱であるため影響は少ない。

よって、本論文では受光レベルの変動に着目し、この変動の低減法を実機試験にて検討したので報告する。

---

\* 電気工学科    \*\* 機械工学科

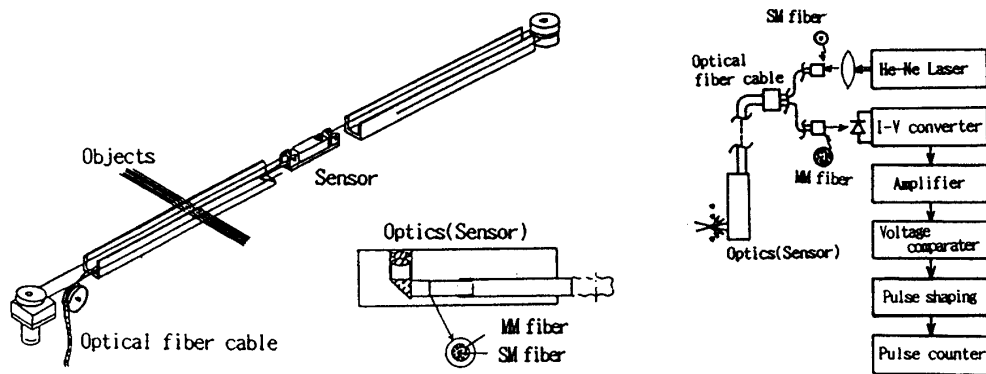


図1 糸切れ検知装置の概要と実機試験の構成

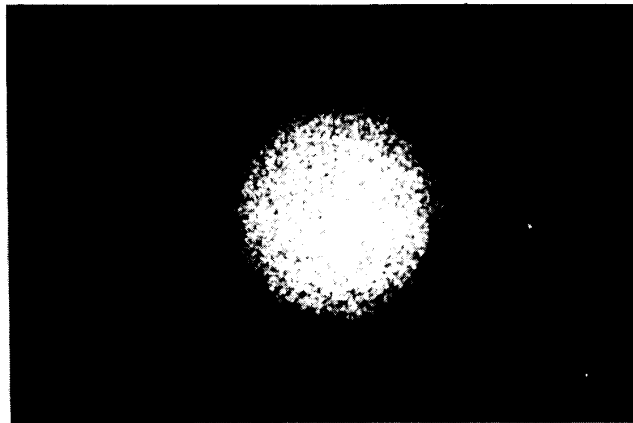


図2 MMファイバからの出射光の観測例

## 2. 「糸切れ検知装置」の問題点と改良点

本装置では光ファイバケーブルの動きに伴い、光学系に内蔵されているプリズムおよびレンズでの反射によって生ずる受光レベルの変動の上に糸からの散乱光受光量に比例する散乱光受光信号が重畳した状態で観測される(図3参照)。なお、この受光レベルは電流-電圧変換回路において電氣的0Vの位置まで調整できるようになっている。本装置にて糸の計数を行う際に特に受光レベルの変動が問題となるのは見かけ上細い糸や実際に極めて細い糸を計数する場合であり、これらの糸からの極小散乱光受光信号が変動する受光レベルの谷間に位置するとき受光レベルの調整によってはプラスカウント(図4-(a)参照)やマイナスカウント(図4-(b)参照)のような計数ミスを誘発する。図4-(a)では極小散乱光受光信号をカウントパルスとするために受光レベルを0Vの近傍へ調整した状態であり、変動する受光レベルがカウントパルスとして現れている。図4-(b)では前述の受光レベルの変動によるプラスカウントを排除するために受光レベルを増幅しないような位置まで下げた状態であるため極小散乱光受光信号が十分に増幅されずカウントパルスとならない。このような計数ミスを誘発する受光レベルの変動は送光用ファイバがマルチモードファイバであるために発生するスペックルパターンのファイバの動きに伴う変動が原因であり、これが極細糸を計数する際のSN比の劣化につながっている。

本装置に対するユーザーの要求は“正確かつ迅速な検知”であり、筆者等は確実性を追求した装置の実現を目指して研究を行ってきた。この要求に答えるためには極細糸を計数する際のSN比の向上が必要となる。

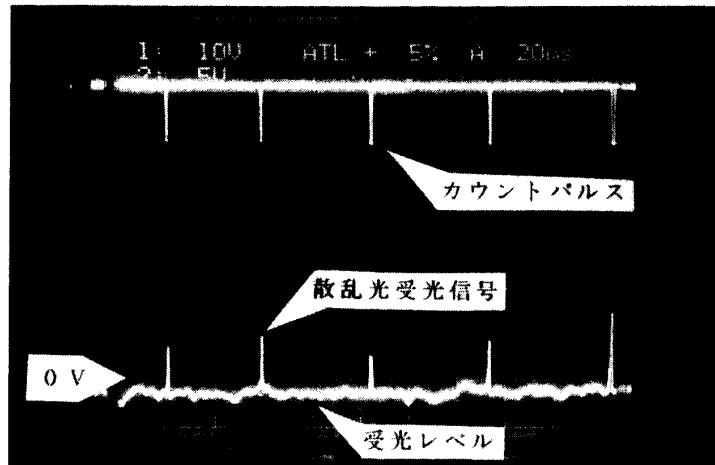
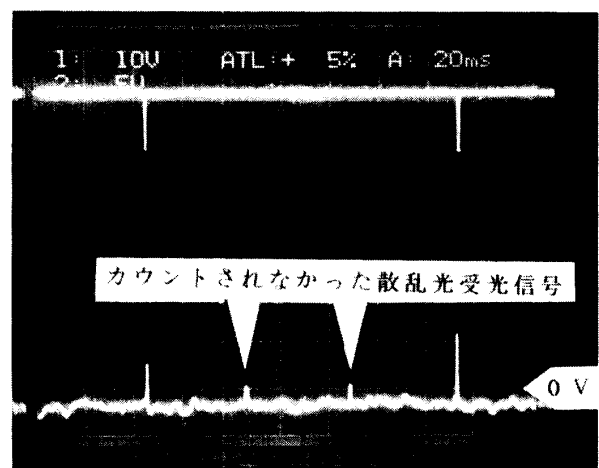


図3 観測波形の一例



(a) プラスカウントの例



(b) マイナスカウントの例

図4 観測波形の一例

SN比を向上させるための方策として

(1) 本装置は、光学系が糸の移送方向に対し垂直方向に往復走行するため、光ファイバケーブルの動きに伴うスペックルパターンの変動は避けることができず、これが受光レベルの変動の原因となっている。このような観点よりスペックルパターン形成の基となる送光用ファイバをマルチモード（以後、MMとする）からシングルモード（以後、SMとする）に変換することによってファイバより出射されるレーザー光がスペックルパターンのような明暗模様ではなくガウス分布を示すようにする（図5参照）。

(2) 受光レベルはそもそも光学系に内蔵されるプリズムおよびレンズ面での反射光によって現れるものであるため、この反射光を最小限におさえることは受光レベルの変動の抑制に有効な手段と考えられる。このような観点よりプリズムおよびレンズ面にHe-Neレーザー光(632nm)に対する反射防止膜を施す。の二つを提案し改良を加えた。

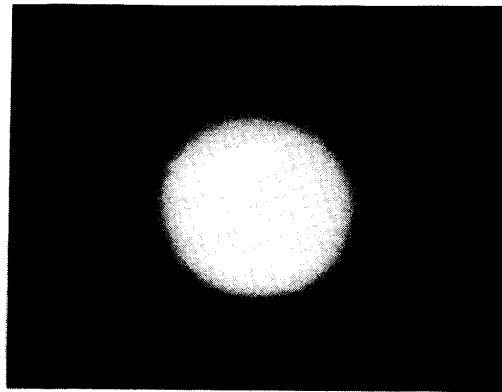


図5 SMファイバからの出射光の観測例

### 3. 試験方法および結果

#### 3. 1 SMファイバによるSN比の向上

コア径 $6\mu\text{m}$ のSMファイバを送光用としたファイバケーブル（図1参照）を用い実機において静止状態の糸を計数し、受光レベルと糸からの散乱光受光信号（増幅回路の出力波形）およびカウントパルスを観測した。なお、このとき光学系に内蔵されるプリズムおよびレンズ面にHe-Neレーザ光( $632\text{nm}$ )に対する反射防止膜は施してない。観測波形の一例を図6-(a)に示す。ちなみに、図6-(b)はコア径 $200\mu\text{m}$ のMMファイバを送光用としたファイバケーブルを用いたときの観測波形の一例である。両図においてCH2は受光レベルと糸からの散乱光受光信号であり、CH1はカウントパルスである。

He-Neレーザとシングルモードファイバとの結合系を図7に示す。

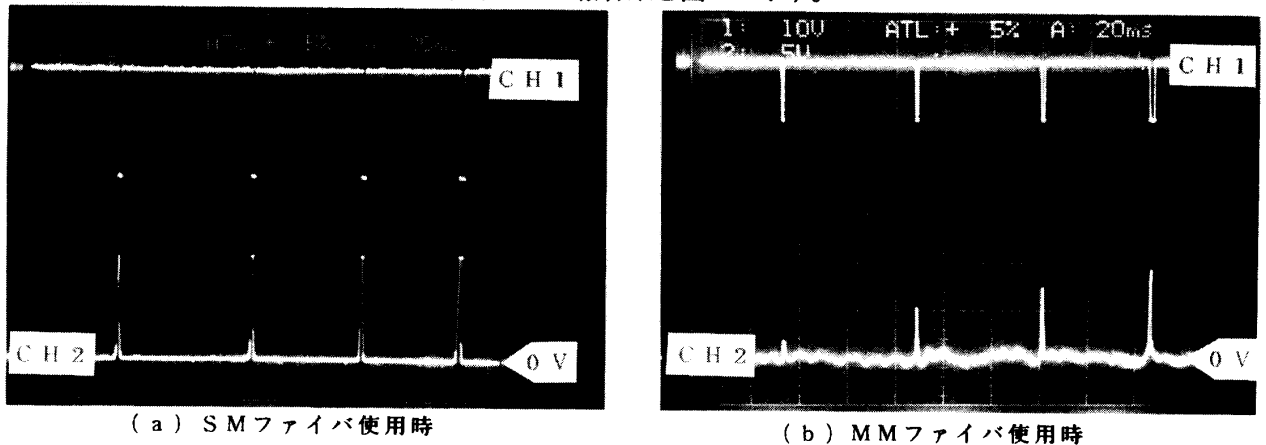


図6 観測波形の一例（光学系：反射防止膜無し）

#### 3. 2 反射防止膜によるSN比の向上

コア径 $200\mu\text{m}$ のMMファイバを送光用としたファイバケーブルにHe-Neレーザ光( $632\text{nm}$ )に対する反射防止膜を施したプリズムおよびレンズを内蔵した光学系を装着し、実機において静止状態の糸を計数し、受光レベルと糸からの散乱光受光信号（増幅回路の出力波形）およびカウントパルスを観測した。観測波形の一例を図8に示す。同図においてCH2は受光レベルと糸からの散乱光受光信号であり、CH1はカウントパルスである。

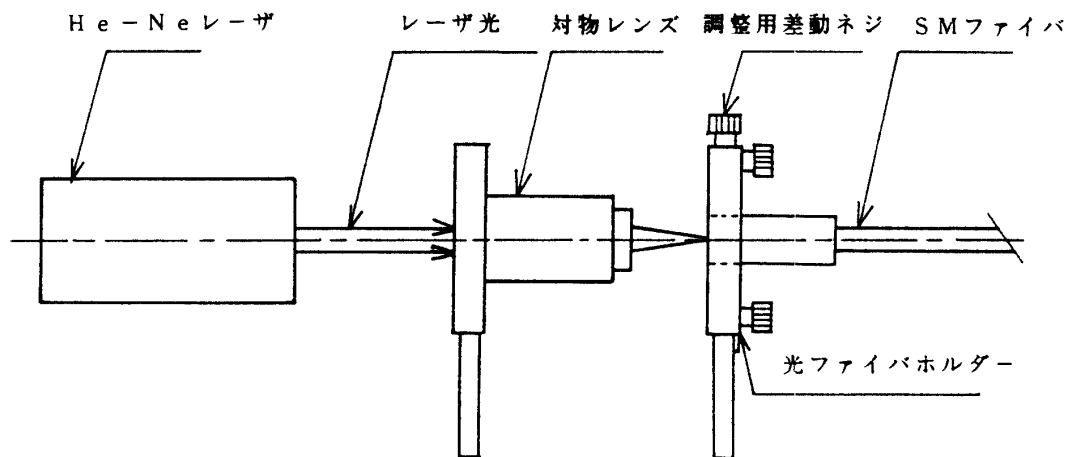
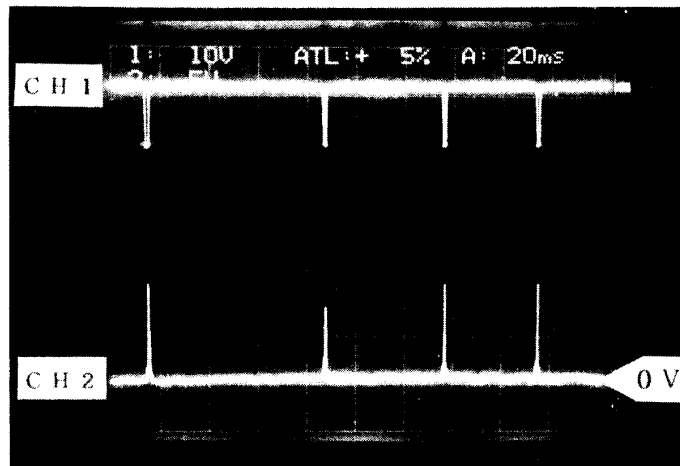


図7 He-NeレーザーとSMファイバとの結合系



(送光用ファイバ：MMファイバ、光学系：反射防止膜有り)

図8 観測波形の一例

#### 4. 検討および考察

##### 4. 1 SMファイバによるSN比の向上

図6-(a)および図6-(b)はそれぞれSMファイバおよびMMファイバに反射防止膜を施さない光学系を装着したときの観測波形であるが、この2つの観測例より送光用ファイバをSMファイバとすることによって光ファイバケーブルの可動に伴うスペクルパターンの変動に起因する受光レベルの変動が極めて軽減されSN比が向上したことが確認できる。このことにより受光レベルを極めて0V付近にまで調整することが可能となり糸からの散乱光受光信号が効率よく増幅でき極めて細い糸の計数においても計数ミスを除去できるようである。

これは、SMファイバより出射されたレーザー光が図5に示すようなガウス分布状となりファイバケーブルの可動による光学系での反射光量に変動をもたらさないためと考えられる。

しかし、図7に示す結合系における光ファイバホルダー調整用差動ネジの精度および結合技術の熟練度が十分でない図6-(a)のような測定結果を得ることが非常に困難であることや、高い結合効率を得るためにはレーザー装置と対物レンズおよびSMファイバ入射端までの距離が約2m程度必要であることを考慮すると現時点では実用的対応策とは言えない。

#### 4. 2 反射防止膜によるSN比の向上

図6-(b)および図8はそれぞれMMファイバに反射防止膜を施さない光学系および反射防止膜を施した光学系を装着したときの観測波形であるが、この2つの観測例より反射防止膜を施した光学系を用いることにより光ファイバケーブルの可動に伴うスペックルパターンの変動に起因する受光レベルの変動が極めて軽減されSN比が向上したことが確認できる。この方法においても受光レベルを極めて0V付近にまで調整することが可能となり糸からの散乱光受光信号が効率よく増幅でき極めて細い糸の計数においても計数ミスを除去できるようである。

これは、MMファイバより出射されたレーザ光は図2に示すようなスペックルパターンとよばれる明暗模様となり光ファイバケーブルの可動に伴い変動するが、反射防止膜の効果により99%が透過されるために受光レベル変動の原因となる反射光量の絶対量が極めて低下したためと思われる。

この方法は低コストで実現可能であるため、本装置の実用化に対しては非常に有効な手段である。

#### 5. あとがき

本試験の結果から、本装置の命とも言える計数機能に悪影響を及ぼす受光レベルの変動の軽減策として送光用ファイバにSMファイバを用いる方法と光学系に内蔵されるプルズムおよびレンズに反射防止膜を施す方法は有効な手段であり、本装置の実用化に向け一歩前進できたと考えている。

今後は、これら2つの方法にて本装置を稼働している繊維機械に装着し計数試験を行う予定である。

最後に、本研究を実施するにあたりご指導、ご鞭撻を賜った学園長・総長 金井兼造先生に深甚なる謝意を表す。また、本研究に対して日頃ご協力、ご支援を頂いた本学産業工学研究所の諸先生に感謝の意を表す。

#### < 参 考 文 献 >

1. 金井兼造, 波々伯部圭佑, 山田健治: “整列糸の糸切れ探知方法および同方法に用いるフィーラ”, 国内特許, 1991
2. 中道義忠, 波々伯部圭佑: “光ファイバの動きに伴うスペックルパターンの変動”, 平成元年度電気関係学会北陸支部連合大会講演論文集, C-21, 1989.
3. 中道義忠, 波々伯部圭佑: “スペックルパターンの動きに起因する受光量の変動”, 平成2年度電気関係学会北陸支部連合大会講演論文集, C-12, 1990.
4. 中道義忠, 波々伯部圭佑: “光ファイバの動きに伴うスペックルパターンと受光レベルの変動”, 福井工業大学研究紀要, 第20号(第1部), pp61-69.
5. 中道義忠, 波々伯部圭佑: “光学式糸切れ検知装置の可動光ファイバによる受光量の変動”, 電子情報通信学会論文誌, C-1, Vol. J73-C-1, No. 6, pp484-487.
6. 中道義忠, 波々伯部圭佑: “SMファイバによる光学式糸切れ検知装置の受光レベル変動の軽減”, 平成4年度電気関係学会北陸支部連合大会講演論文集, D-52, 1992.
7. 中道義忠, 波々伯部圭佑: “SMファイバによる光学式糸切れ検知装置の受光レベル変動の軽減(その2)”, 平成5年度電気関係学会北陸支部連合大会講演論文集, D-48, 1993.

(平成5年12月14日受理)