

# 光学式糸切れ検知装置の受光レベル変動の低減法(その2)

中道 義忠\* ・ 波々伯部 圭佑\*  
山田 健治\*\* ・ 大倉 信彦\*\*\*

## A Few Methods of Decreasing the Fluctuation of Detected Laser Power Level in the Optical-Type Detector for Yarn-Cut (No.2)

Yoshitada NAKAMICHI ・ Keisuke HOHKABE  
Takeharu YAMADA ・ Nobuhiko OHKURA

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 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>、実用化に向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送光用光ファイバケーブル(コア径 $200\mu\text{m}$  マルチモードファイバ 全長 $15\text{m}$ )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行き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垂直方向に移送され、各糸からの散乱光の一部は送光用ファイバの周囲にある多数のファイバにてPINフォトダイオードへと導光される。これをI-V変換、増幅さらに波形整形を行って電子式カウンタにて糸の本数を計数する(図1参照)。

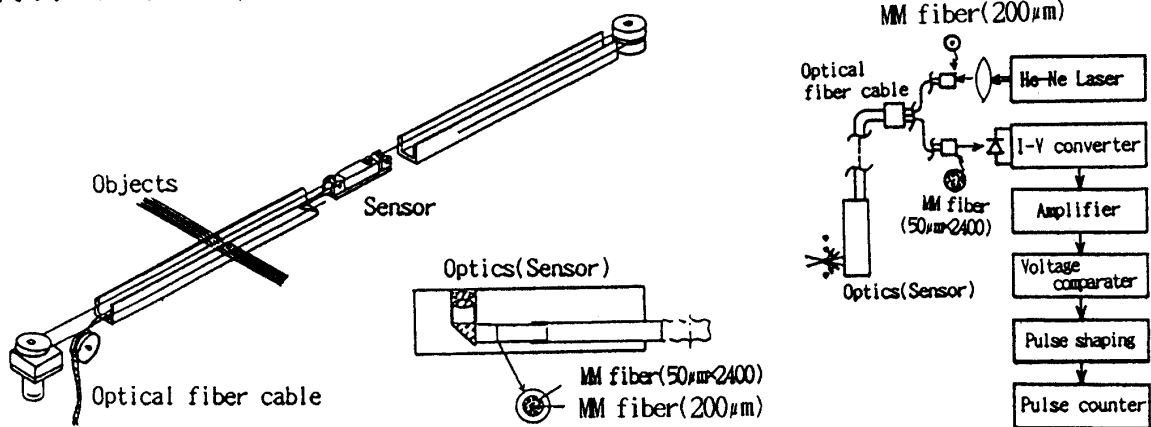


図1 糸切れ検知装置の概要

\*電気工学科 \*\*機械工学科 \*\*\*大学院工学研究電気工学専攻1年

このように本装置では、光学系を走行させ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これに重畳した糸からの散乱光受光量が変動し、見かけ上細い糸や極細の糸を計数する際に稀にはあるが計数ミスが生じる。これらの変動はレーザー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>。

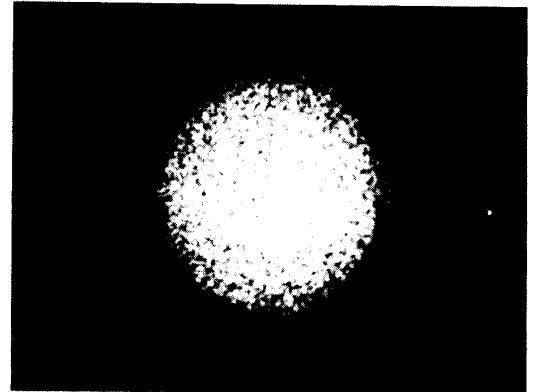
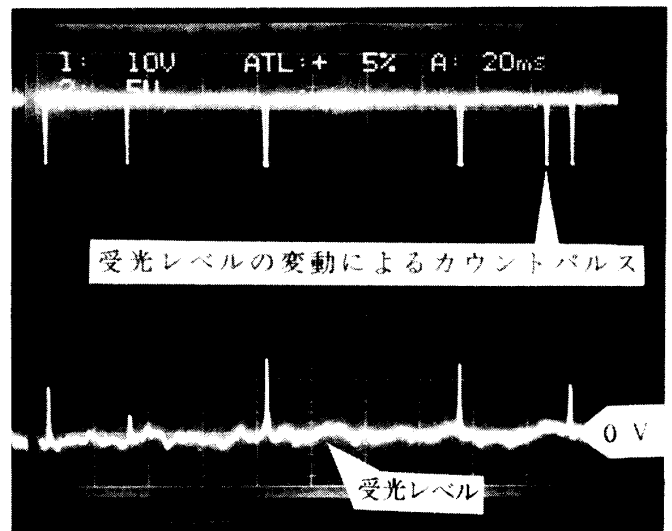


図2 MMファイバからの出射光の観測例

極細糸からの散乱光受光信号が変動する受光レベルの谷間に位置した際に生ずる計数ミスの観測例を図3に示す。図3(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付近に設定した状態であり、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。同図(b)は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位置まで上げたために極小散乱光受光信号がカウントされない状態を示している。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る。

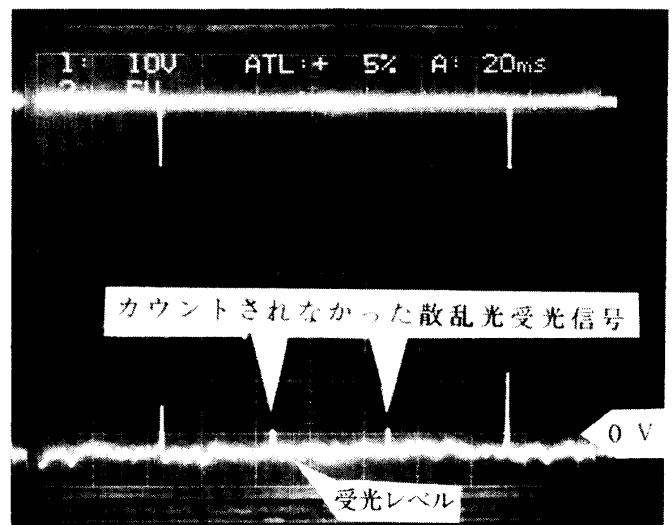


(a) プラスカウントの例

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、この要求に答えるには極細糸を計数する際のSN比の向上が必要不可欠となる。

- SN比を向上させるための方策として
- (1) 光学系に内蔵されるプリズムおよびレンズ面にHe-Neレーザー光(632.8 nm)に対する反射防止膜を施す。
  - (2) 送光用マルチモード(以後MMとする)ファイバをシングルモード(以後SMとする)ファイバとする。

の二つを提案し、実機にて実験を行い、この結果については前号にて報告した<sup>8)</sup>。



(b) マイナスカウントの例

図3 観測波形の一例(MMファイバ)

前者は、問題となっている直流的受光レベルは光学系内蔵のプリズム、レンズ面での反射光によって生ずるため、この反射光を最小限におさえることが受光レベル変動の抑制に有効な手段との観点より実施したものであり、受光レベルの変動が極めて軽減されSN比の向上が確認された。後者はMMファイバケーブルの可動により複雑に変動するスペックルパターン形成の基となるファイバの伝搬モード数に注目した対応策であり、送光用ファイバをSMファイバとすることによって明暗模様の特徴パターンを解消（ガウス型光強度分布となる）しSN比の向上が実現できた（図4参照）。しかし、この際のレーザとSMファイバの結合系においては、高い結合効率を得るためにはレーザとSMファイバ入射端までの距離が約2 m程度必要であることや、光ファイバ調整用ネジに要求される高い精度および熟練した結合技術の必要性等の問題点があり、本装置を使用する繊維工場を考慮すると実用的結合法とは言えなかった。

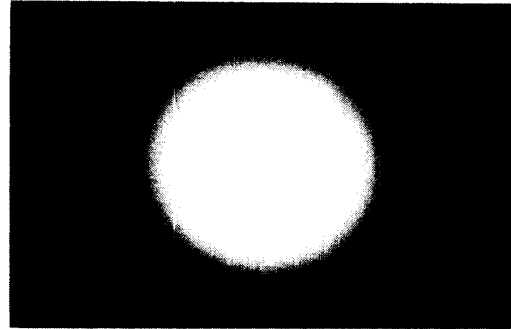


図4 SMファイバからの出射光の観測例

よって、本論文ではレーザとSMファイバとの結合に改良を加えSMファイバによる受光レベルの変動の軽減について検討したので報告する。

## 2. 実験方法および結果

前回報告したレーザとSMファイバとの結合系では高い結合効率を得るために本装置の使用環境等を無視したものとなったが、SMファイバを用いることにより受光レベルの変動が抑制されSN比の向上が認められた。この結果より、受光レベルの変動さえ抑制されれば比較的低い結合効率による出射光量にても高精度の計数が可能と考えられたため、図5に示すようにレーザ、対物レンズおよびSMファイバ固定用ホルダーを一体化したものを製作し図1に示す実機にて静止した糸の計数実験を行った。観測波形は図1における増幅回路（Amplifier）の出力および波形整形（Pulse shaping）されたカウントパルス波形解析装置RT-3200（NEC製）で取り込みパソコンPC-9801にて表示させた。なお使用した糸は伸縮性の高いスパンテックスでテンションの掛け具合で糸の太さは変えてあり、これらのおおよその太さはメジャー付顕微鏡にて測定してある。また、このとき光学系に内蔵されるプリズムおよびレンズにはSMファイバの効果を確認するために反射防止膜は施していない。

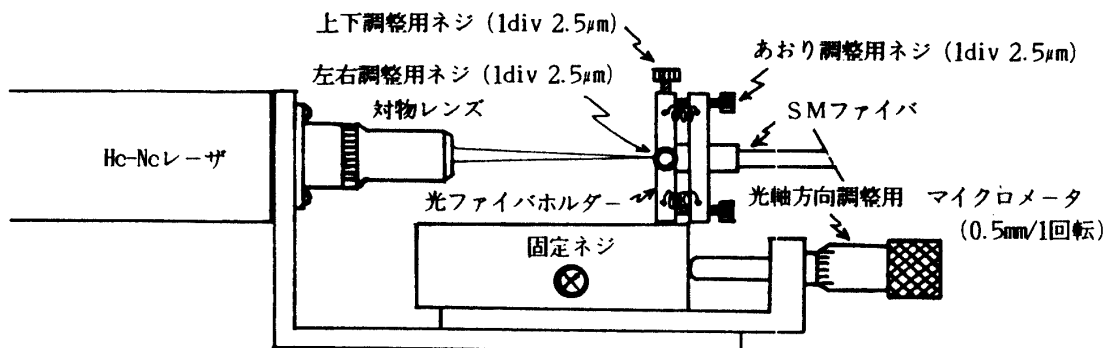


図5 He-NeレーザとSMファイバとの結合系

観測波形の一例を図6に示す。同図上部は散乱光受光信号、下部はカウントパルスであり、各散乱光受光信号の上の数値は各糸のおよその太さ（単位： $\mu\text{m}$ ）を示している。なお、本実験では5 mW級のレーザ装置を使用し光学系より糸に照射される光強度は0.55 mW（結合効率：約10%）であった。

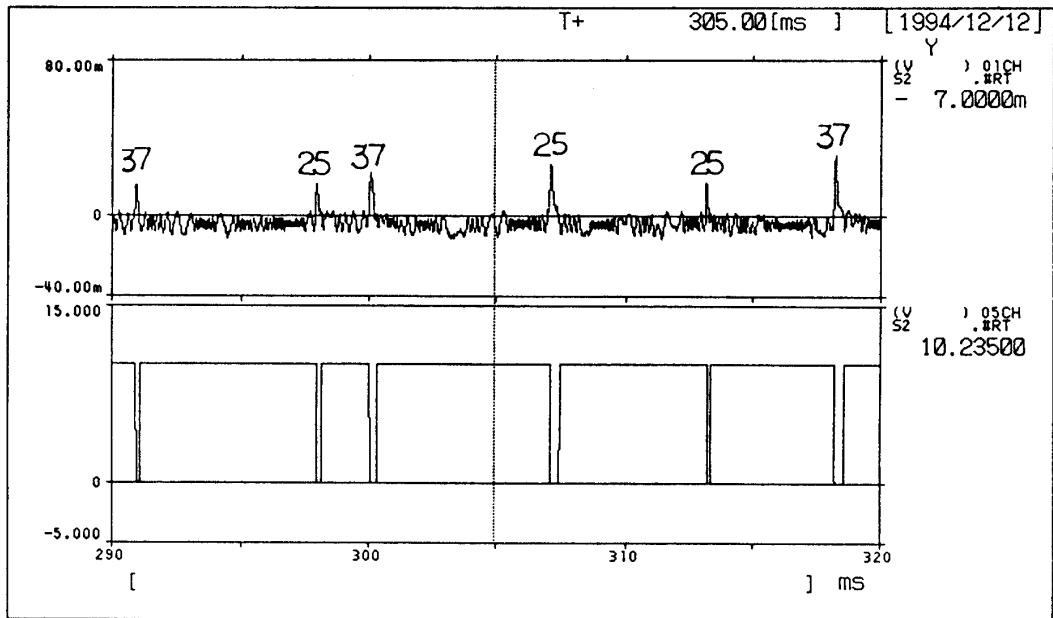


図6 観測波形の一例（SMファイバ）

### 3. 検討および考察

図7はコア径200  $\mu\text{m}$ のマルチモードファイバを用いて図6に示す太さの糸の計数実験を行った際の観測波形である。この時用いた光学系に内蔵されるプリズムおよびレンズには反射防止膜は施してなく、これより糸に照射される光強度は2.7 mWであった。

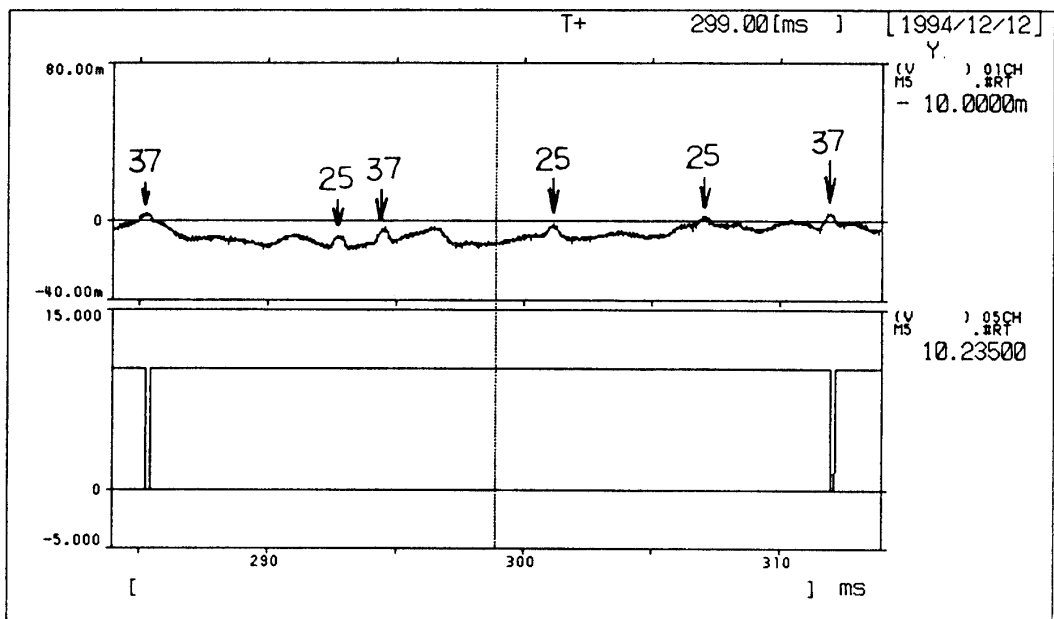


図7 観測波形の一例（MMファイバ）

図6および図7より、明らかにSMファイバを用いたほうがSN比が向上し計数精度が向上することが確認できる。

ここで、図7における散乱光受光信号の波高値が、光学系より糸に照射される光強度がSMファイバを使用した際の光強度の約5倍であるにもかかわらず、図6における散乱光受光信号の波高値に比べ極めて低い状態となって表れる原因を考察する。光学系より照射されるレーザー光は明暗模様の特長パターンを示すため必然的に糸からの散乱光も明暗模様を示す。この明暗模様の散乱光を受光用マルチモードファイバで受光することとなるが、この時の変動する明暗模様と受光用マルチモードファイバの位置関係が大きく影響しているようである。計数毎にこれらの波高値が変化する現象はこれを裏付けるものと考えられる。

また、図6における受光レベルの変動は、レーザーと結合されたファイバ出射端での光強度の変動によるものであり、この原因として

- (1) 時間と温度に比例して、レーザービームがドリフトする。これがレンズの入射角に変化を与え、この結果、結合効率に振動を与える。
  - (2) レーザは反射光の影響を受けやすく、対物レンズ面での反射光がレーザー出力に変動を与える。
- の2点が考えられる。

前者は良質のレーザーを用いることにより、後者は対物レンズ面に反射防止膜を施すことによって改善できるものと思われる。

これらの点が改善されれば、本実験で計数した約 $25\mu\text{m}$ より細い糸の計数も十分可能と考えられる。

#### 4. あとがき

本実験結果より、SMファイバによる受光レベルの変動の軽減は前述の改善をおこなえば十分実用的方策となりうると考えている。

今後は本軽減法の有効性を繊維工場にて確認する予定である。

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、ご支援をいただ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ーラー", 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, 1990.
- 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, Vol. J73-C-1, No.6, pp484-487, 1990.

- 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.
- 8) 中道義忠, 波々伯部圭佑, 山田健治, 藤井博知: "光学式糸切れ検知装置の受光レベル変動の軽減法" 福井工業大学研究紀要, 第24号(第1部), pp 21-26, 1994.

(平成6年12月17日受理)