

SM ファイバによる「光学式糸切れ検知装置」の 受光レベル変動の低減

中 道 義 忠* ・ 波々伯部 圭佑*
山 田 健 治** ・ 大 倉 信 彦***

A Method of Reducing Signal Fluctuation by Single Mode Fiber For Optical Yarn-cut Detection System

Yoshitada NAKAMICHI ・ Keisuke HOHKABE
Takeharu YAMADA ・ Nobuhiko OHKURA

An optical sensing system consisting of laser emitter, optical fiber cable and a signal receiving unit has been developed in order to detect yarn cut during weaving process.

One of the technical issues in this system is signal fluctuation caused by mode conversion in the optical fiber, which is called "speckle pattern fluctuation". This fluctuation due to movement of the optical fiber generates noise and it results in lower S/N ratio.

To reduce the noise, a combination of single mode fiber with He Ne laser has given sizable improvement. The experimental results of this improved system are discussed in this paper.

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「糸切れ検知装置」を提案し¹⁾、実用化に向け研究を行ってきた。

図1は「糸切れ検知装置」の概要である。本装置では、送光用ファイバとしてコア径200 μ mマルチモードファイバ（以後MMファイバとする）を使用したため、ファイバ出射端でのレーザ光は図2のようなスペックルパターンと呼ばれる明暗模様として観測される。このスペックルパターンはファイバ内の種々の伝搬モード間の干渉によって生じるが、ファイバを装着したセンサが糸の流れに対し垂直方向に往復走行するためファイバ内においてモード変換が起こり、スペックルパターンと呼ばれる明暗模様が複雑に変動することとなる。この変動がセンサに内蔵されているプリズムおよびレンズ面での反射によって生ずる受光レベルやこれに重畳する糸からの散乱光受光量を変動させることとなる²⁾。この結果、糸からの散乱光受光量（Signal）と受光レベルの変動（Noise）との比すなわちSN比が低下することとなり、極めて細い糸を計数する際に稀に計数ミスを誘発する。計数ミスが発生した際の観測波形の一例を図3に示す。

筆者等は、送光用ファイバを伝搬モードが一つであるシングルモード（以後SMとする）ファ

*電気工学科 **機械工学科 ***大学院工学研究科電気工学専攻

イバ（ファイバ出射端でのレーザ光はガウス型光強度分布を示す）とすることによりS/N比の向上を計り、S/Mファイバとレーザとの結合方法が実用的ではないもののS/Mファイバの有効性について確認したので福井工業大学研究紀要第25号にて報告している²⁾。

本装置では、送光用S/Mファイバ出射端でのレーザ光強度の変動が直接受光レベルの変動につながるため、いかに送光用S/Mファイバ出射端でのレーザ光強度の変動を長時間にわたり最小限に押さえることができるかが課題となっている。

本論文では、S/Mファイバとレーザとの実用的な結合方法を検討したので報告する。

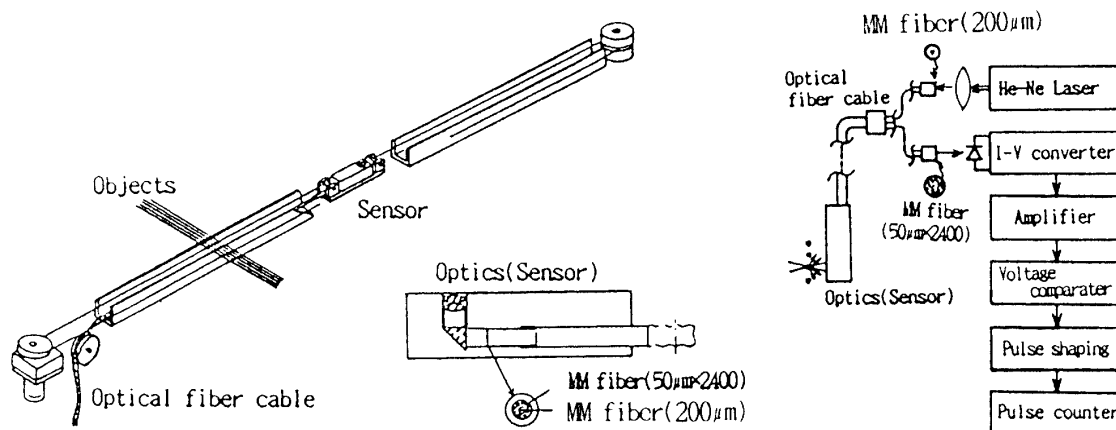


図1 「糸切れ検知装置」の概要

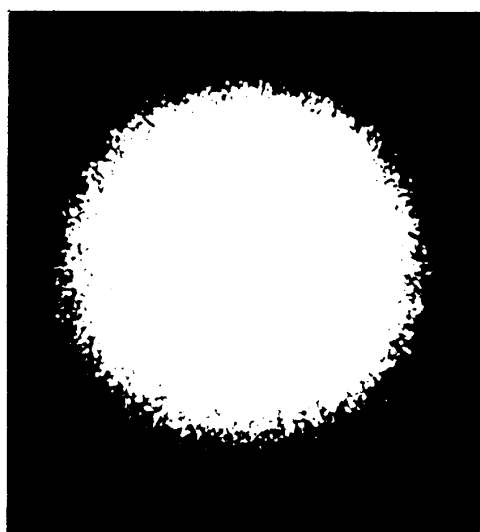


図2 MMファイバを導光した
レーザ光の強度分布

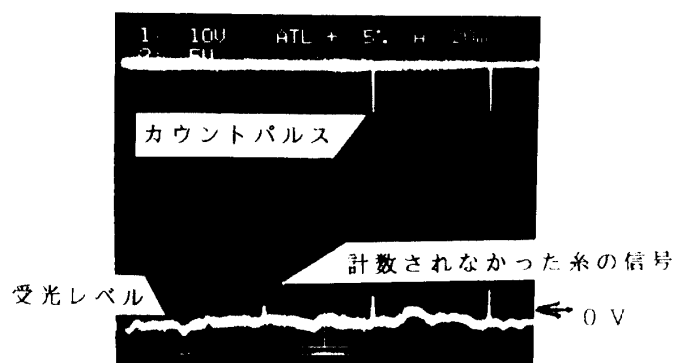


図3 計数ミスが発生した際の観測波形の一例

2. 実験方法および結果

He-Neレーザ（5 mW級）に装着したオズ・オプティクス社製レーザファイバソースカプラー（HUPC-23-633SLH）と送光用SMファイバ（コア径：6 μm ，ファイバ径：125 μm ）の一端に装着したFC形ファイバアダプタ（安藤電気K.K.：AQ-9302形裸ファイバアダプタ）を結合し送光用SMファイバ出射端でのレーザ出力の変動を光パワーメータにて測定し、これをペンレコーダにて記録する。図4に測定系を示す。

SMファイバ出射端のレーザ出力特性を図5に示す。この時の結合効率はや40%で、レーザ出力の変動率は約4.6%であった。ちなみに、図6は光源として用いたHe-Neレーザの出力特性である。ここでのレーザ出力の変動率は約0.8%であった。

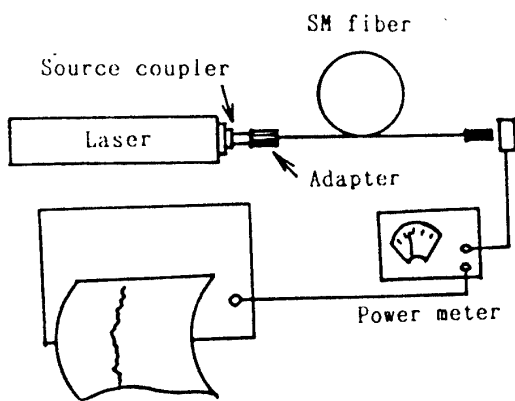


図4 測定系

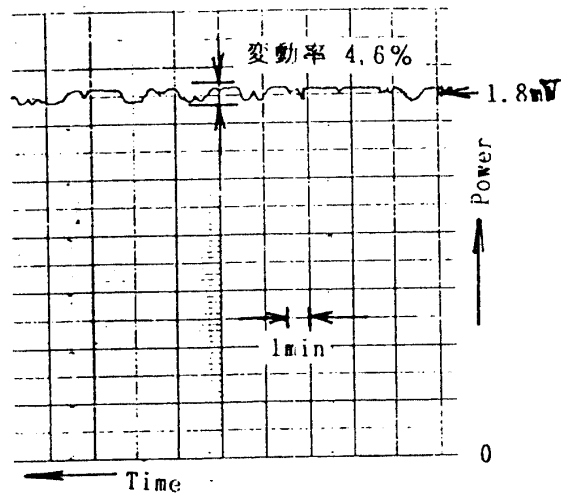


図5 SMファイバ出射端のレーザ出力特性

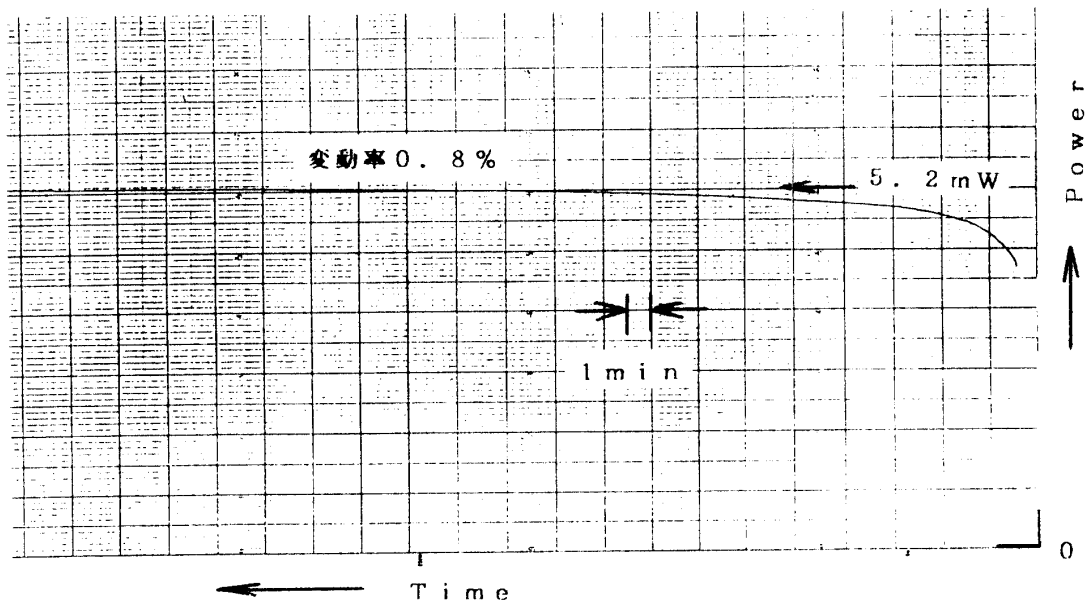


図6 He-Neレーザの出力特性

3. 検討および考察

図5にて観測されるSMファイバ出射端のレーザ出力の変動の原因を前報（福井工業大学研究紀要第25号）では、

- (1) 温度上昇に伴うレーザビームのドリフトにより、ビームのレンズへの入射角が変化するために起こる結合効率の変動。
- (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出力に変動を与える。

の2点とし報告した。

前者の対応策としては、良質のレーザを用いレーザビームのドリフトを最小限に押さえることによりある程度の改善を計ることができる。また、後者については対物レンズ面に反射防止膜を施すことにより改善が計れる。

筆者等は、レーザの変換による改善策に換わり、今回レーザとSMファイバを結合する系（HUPC-23-633SLH）を用いレーザと結合系のレンズおよびSMファイバ入射端との距離をできるだけ短くすることによりレーザビームのドリフトによる影響を最小限に押さえることとした。また、この結合系のレンズには波長633nmに対する反射防止膜を施し反射光の影響を押さえることとした。旧結合系を図7に、今回の結合系を図8に示す。

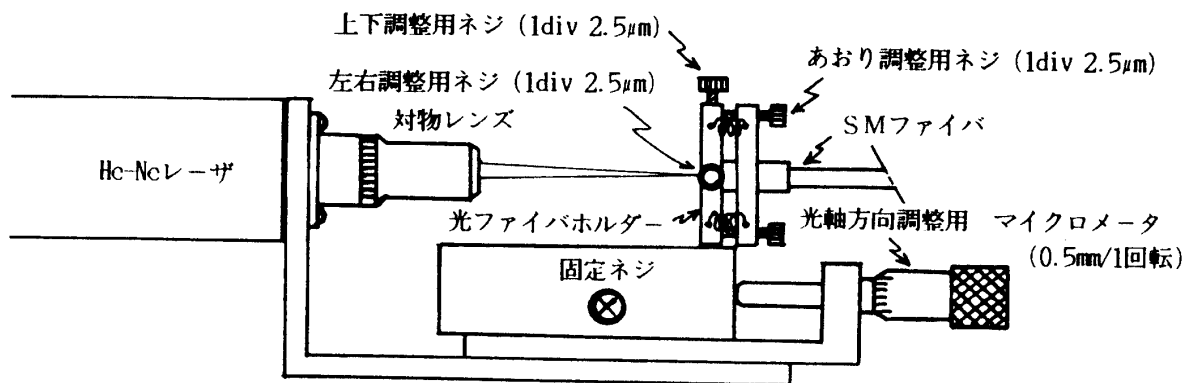


図7 He-NeレーザとSMファイバとの結合系(旧)

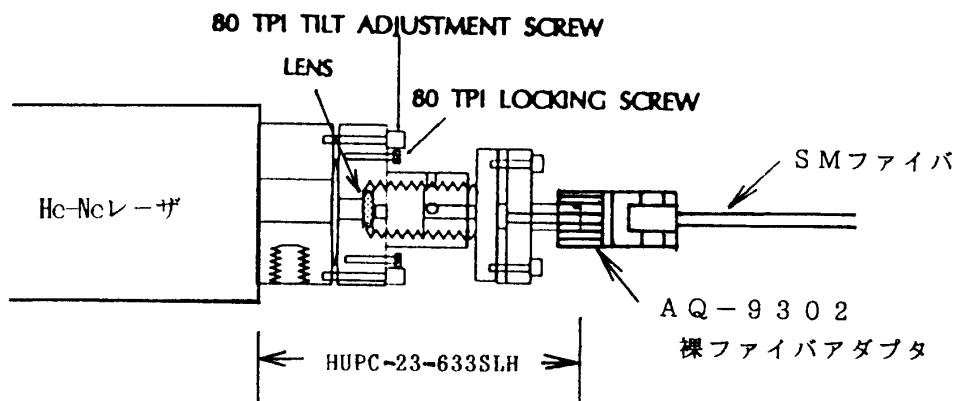


図8 レーザファイバソースカプラー(HUPC 23 633SLH)による結合系

図8に示す結合系を用いることによりSMファイバ出射端のレーザ出力の変動は、変動の極小値と考えられるHe-Neレーザの出力変動率0.8%（図6参照）に近い値となるものと考えられた。しかし、結合効率をあげることによる変動率の低下の傾向は見られるものの図5に示すように予想した変動率を実現することはできなかった。

この原因として、今回使用した光ファイバアダプタのフェルール面が平面研磨されているため、この面からの戻り光（反射光）がレーザ出力の変動を引き起こしているものと思われる。

筆者等は、この戻り光（反射光）が発生する要因となるSMファイバ入射端面および出射端面に注目し、これらの面に屈折率マッチング液を付けることにより端面からの戻り光（反射光）を減少させることとした。図9は屈折率マッチング液を付けたときのSMファイバ出射端のレーザ出力変動の一例である。結合効率は約60%と比較的高い率での結合であるが、結合効率の上昇による変動率の低下の効果より屈折率マッチング液の効果が大きいようである。

また、フェルール面が球面研磨されている光ファイバアダプタ（3M社製：安藤電気製は球面研磨することができない）を用い、屈折率マッチング液を使用した際のSMファイバ出射端のレーザ出力変動の一例を図10に示す。この時の出力変動率は約1.1%となり変動の極小値と考えられるHe-Neレーザの出力変動率0.8%に比較的近い値を実現できた。

よって、SMファイバを用いて受光レベルの変動を低減するにはレーザとSMファイバを結合する際の戻り光（反射光）が発生する要因に注意し、この要因を取り除く必要があると思われる。

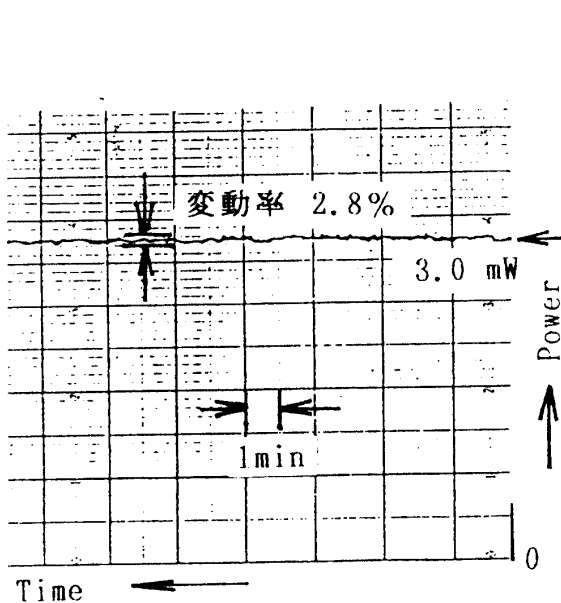


図9 SMファイバ出射端のレーザ出力特性の一例（屈折率マッチング液使用）

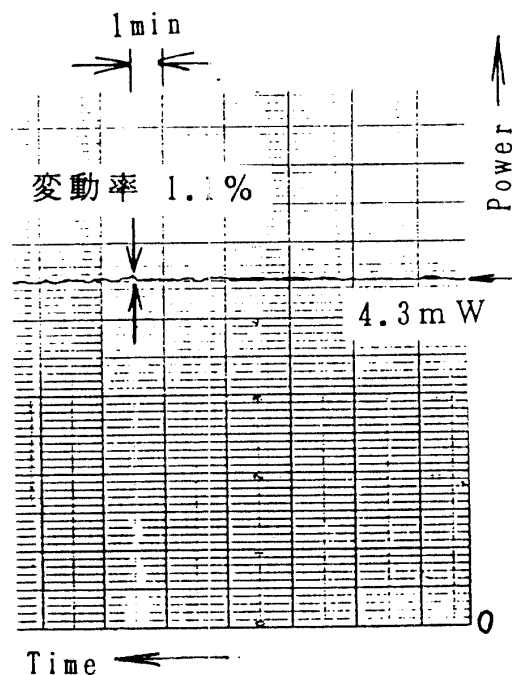


図10 SMファイバ出射端のレーザ出力特性の一例（屈折率マッチング液使用、フェルール面：球面研磨）

4. あとがき

本研究によるSMファイバ出射端のレーザ出力変動の低減法は、SMファイバ出射端のレーザ出力を測定することによるSMファイバを伝搬するレーザ光の偏波に関する研究においても役立つものと思われる。

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る。

＜ 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ァイラ", 国内特許, 1991.
- 2) 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-I, No. 6, pp484-487, 1990.
- 3) 中道義忠, 波々伯部圭佑, 山田健治, 大倉信彦: " 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)", 福井工業大学研究紀要, 第25号(第1部), pp29-34, 1995.

(平成7年12月14日受理)