

# 光センシングによる整列した 多数本の糸状目標物の計数実験

波々伯部 圭佑・山 田 健 治・中 道 義 忠

## **Experimental study of counting the number of many yarns formed a line using optical sensing technique**

Keisuke HOHKABE, Kenji YAMADA, Yoshitada NAKAMICHI

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

Performance of the system is affected remarkably by an accuracy of calculating number of yarn formed a line separated below 1 mm.

In this paper we describe an experimental study of measurement on optical powers reflected from a yarn and various yarns, in order to count the number of many yarns formed a line in operational yarn system.

### 1. ま え が き

レーザ及び光ファイバの計測への応用については数多くの試みがなされ、多くの分野で実用化されている例がある<sup>1)</sup>。

筆者らはレーザと光ファイバを用いて、繊維機械に使用する糸切れ検知装置を提案<sup>2)</sup>し、その開発を行っている。

現在、経糸用の糸切れ検知装置としては織機に用いられるドロップー式と編機に用いられる光電式のものがあるが、前者は織り始めの際の装置の調整に手間がかかり、後者は検知の確実さに問題があるといわれている。筆者らの考察したシステムはドロップー式の検知の確実性と光電式の簡便性を考慮し、さらに近年の繊維機械の高速化に促した確実、迅速な糸切れ検知をねらいとしたものである。

本装置は、整列して流れている多数本の糸の本数を電子式カウンタで計数し、予め設定されている糸の本数と比較し、カウント数が設定値に満たない場合を「糸切れ」として判別する方式のものである。

このことから本装置では 1 mm 以下の間隔で整列している糸の本数を正確に計数することが

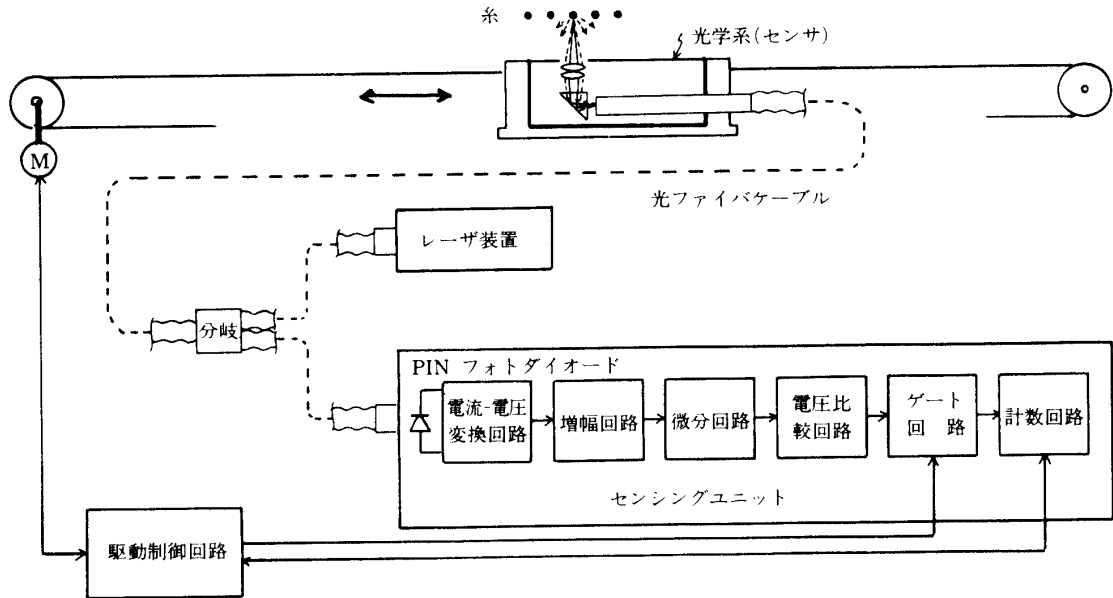


図-1 本装置の機能系統図

重要である。

本論文ではレーザと光ファイバを利用した光センシングによる多数本の整列している糸状目標物の計数実験について述べる。

## 2. 計数機能と実験装置

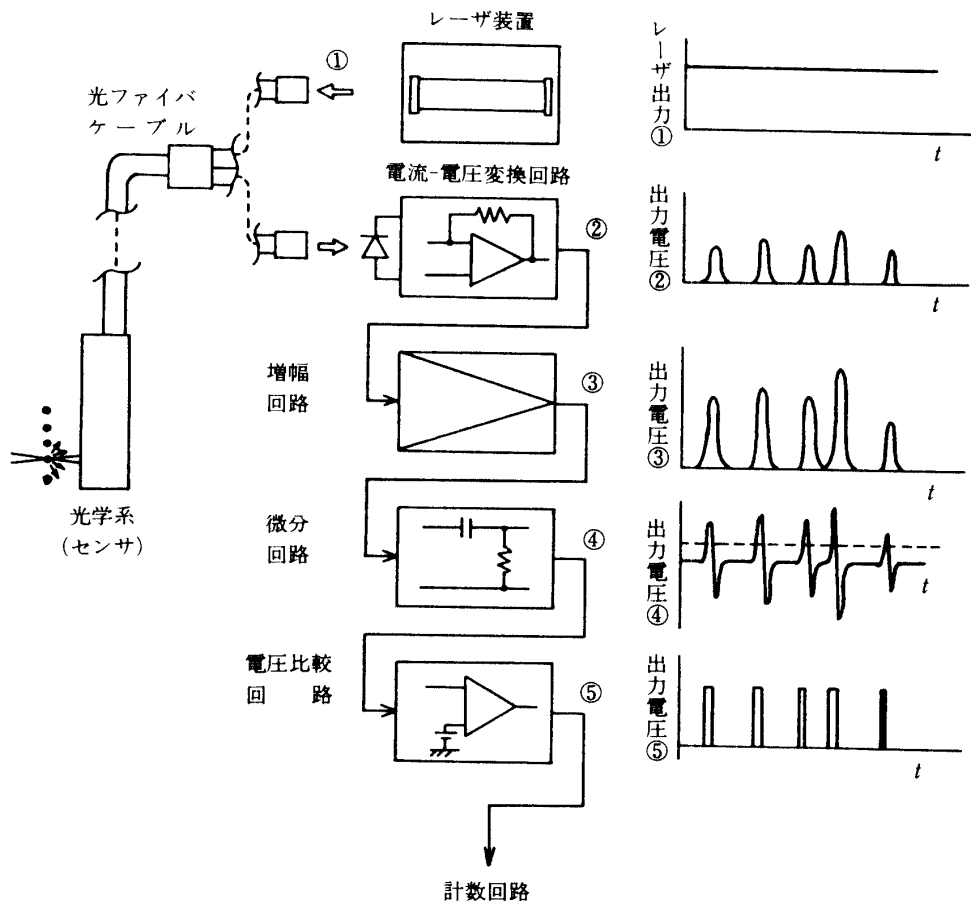
### 2.1 基本構成

本糸切れ検知装置では糸状目標物の精確な計数が最も重要である。目標物は細く、互いの間隔は極めて狭いためその計数には光センシング技術を応用することが望ましいと考えられる。本装置では、糸状目標物の極く近傍において目標物に対してレーザ光を照射し、その反射光を受光し、受光信号を処理して電子式カウンタにより目標物の本数を計数する。本装置の機能系統図を図-1に示す。

受光信号の処理としては、反射光はPINフォトダイオードで受光し、電流-電圧変換した後増幅し、その波形を微分回路により微分する。微分波形は電圧比較回路においてある基準電圧以上のものをパルスとして取出し、このパルスを電子式カウンタで計数する。

一端に光学系（センサともいう）を装着した光ファイバケーブルは整列した目標物の近傍を走行し、目標物に対して送受光を行う。また、センサ走行用モータの駆動制御回路はセンシングユニットと電氣的に接続される。

各部における受光信号の変化の様子を図-2に示す。整列している目標物からの反射光はPINフォトダイオードで受光し、電流-電圧変換すると反射光強度にほぼ比例した電圧を生ずる。そのピーク値は目標物の種類にもよるが、0.1V位かそれ以上である。これを増幅して50倍位にし、微分すると、+側と-側にピークをもつ波形が得られる。このことによって目標物が極めて接近していても電気信号の上で分離した状態にでき、以降のカウントを容易にする。次に



図一 2 各部の信号波形

電圧比較回路によりできるだけ大ききの揃ったパルスをつくり，ゲート回路を通してカウンタへ入力する。

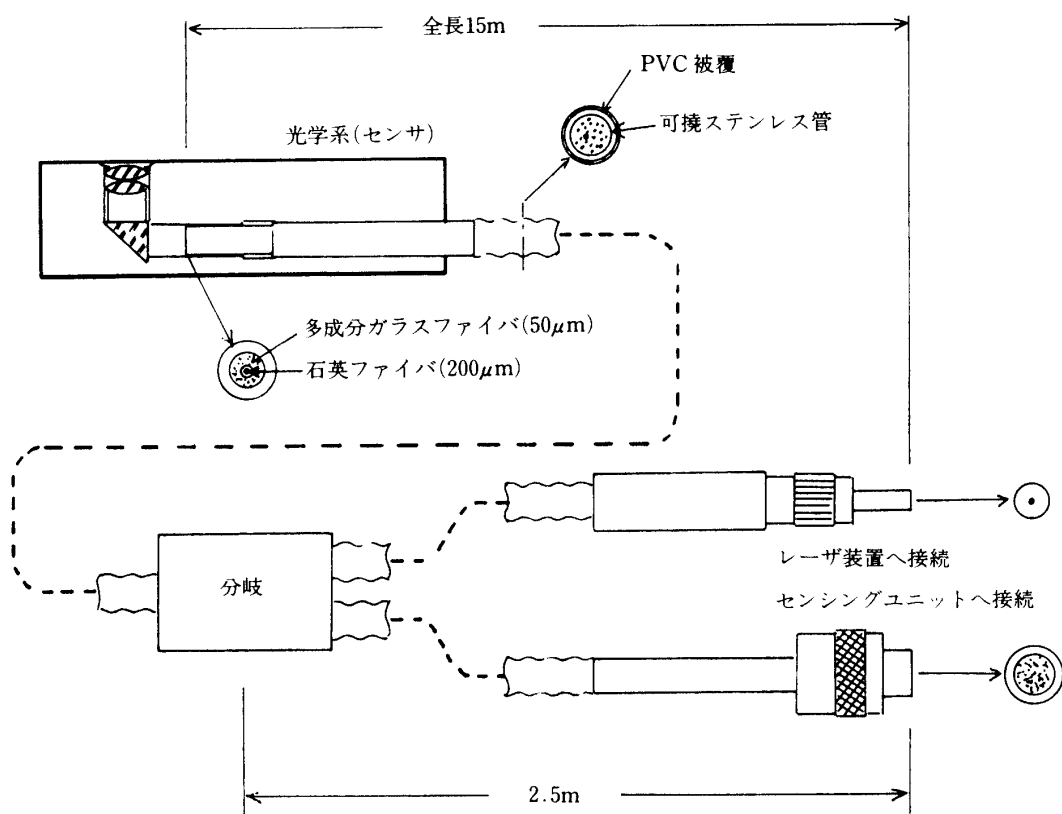
## 2. 2 各部の構造

### 2. 2. 1 光学系，光ファイバ，レーザ装置

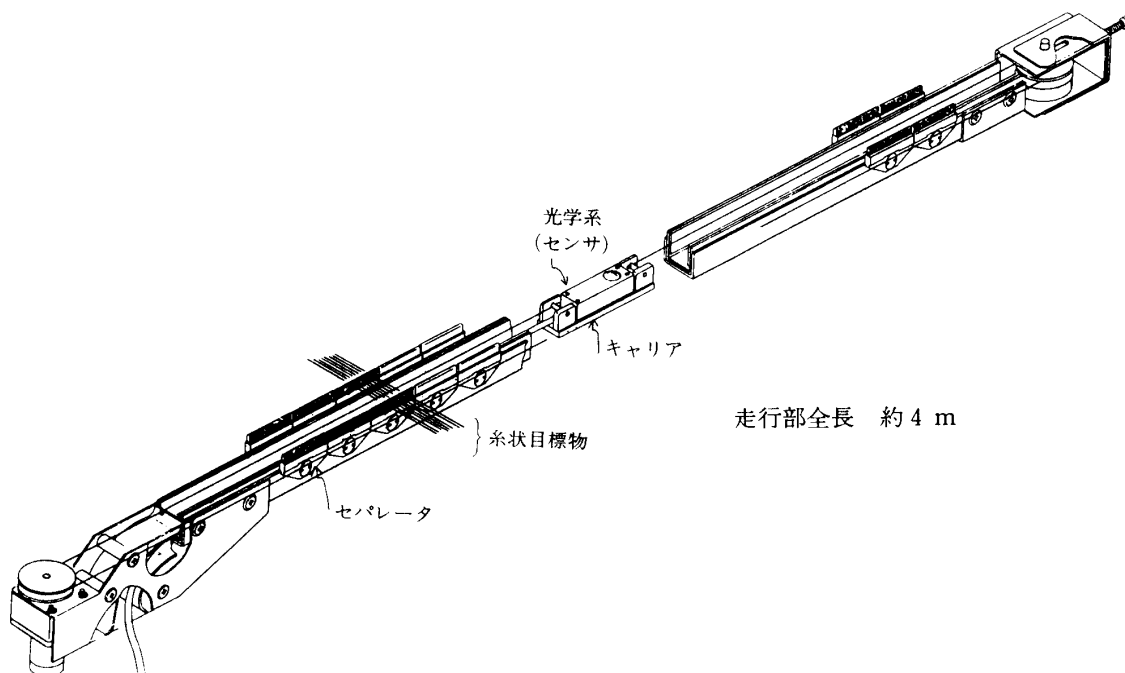
光学系はアルミブロック (20×20×70mm) 内に直角プリズム，凸レンズ 2 個を収めた構造 (図一 3 参照) で，光ファイバケーブルの一端に装置される。

光ファイバケーブルは，光学系を装着する端では送光用ファイバ (コア径200 $\mu$ m，石英ファイバ) 1 本を中心に，受光用ファイバ (コア径50 $\mu$ m，多成分ガラスファイバ) 2,400 本をその周囲に同心円状に配し，途中で送受光ファイバを分岐し，それぞれの端部は送光用がレーザ装置へ，受光用がセンシングユニットのフォトダイオードに接続できる構造である。なお，送受光ファイバは外側は PVC 被覆を有するステンレス可撓管内に収められている (図一 3 参照)。

レーザ装置は 2 mW 級の He—Ne レーザ (632.8nm) である。



図ー3 光学系及び光ファイバケーブルの構造



図ー4 走行部の構造

## 2. 2. 2 走 行 部

走行部を図一 4 に示す。光学系を装着した光ファイバケーブルを糸状目標物に沿って走行させるためのもので、光学系部分はキャリアに寄せ、キャリアを正逆転するモータによって駆動し、矩形断面の溝内面は滑らかな走行ができ、かつ走行時の摩擦による静電気発生を防止できるように工夫されている。

さらに、走行部には櫛歯状のセパレータを有し、対向するセパレータに目標物を配することによって目標物の互いの間隔をできるだけ一定に保つようにする。

## 2. 2. 3 駆動制御部

電磁リレーにより構成され、走行部におけるセンサの動きをコントロールし、センシングユニットと電氣的に接続されている。

## 2. 2. 4 センシングユニット

本ユニットは PIN フォトダイオード、電流－電圧変換回路、増幅回路、微分回路、電圧比較回路、ゲート回路、電子式カウンタからなる 3 系統と、これらの信号の流れを制御する制御回路からなる。制御回路及び電子式カウンタの出力は走行部、駆動制御部と電氣的に接続されている。

# 3. 反射特性の測定<sup>3),4)</sup>

## 3. 1 糸の種類による反射光強度

### 3. 1. 1 測 定 方 法

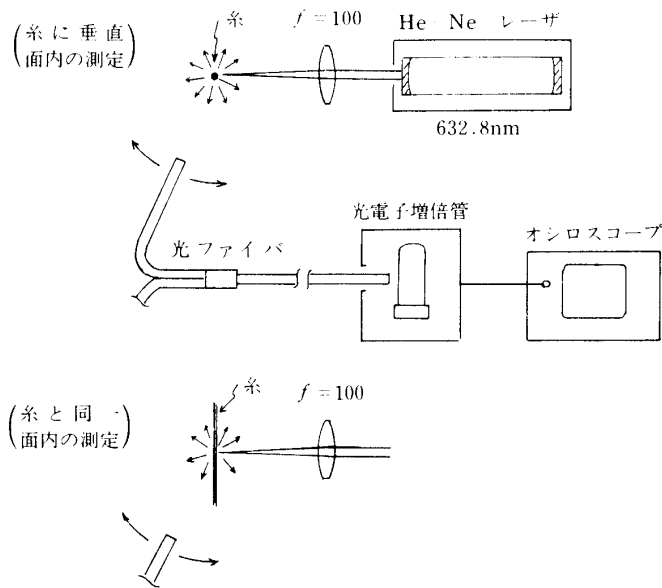
本装置を糸切れ検知装置として各種の繊維機械に適用する上で、各種糸に対する反射特性を知ることは不可欠である。

これらを調べるため、5 種類の糸についてそれぞれ 50～100 本ずつを走行部のセパレータに張り (図一 4 参照)、反射光強度を測定した。センサが走行した際の受光信号のうち、電流－電圧変換回路の出力電圧波形 (図一 2 中の②の電圧) と微分回路の出力電圧波形 (図一 2 中の④の電圧) をストレージスコープにより観測した。また、センサ走行速度は 0.25～0.75m/s の範囲で可変した。

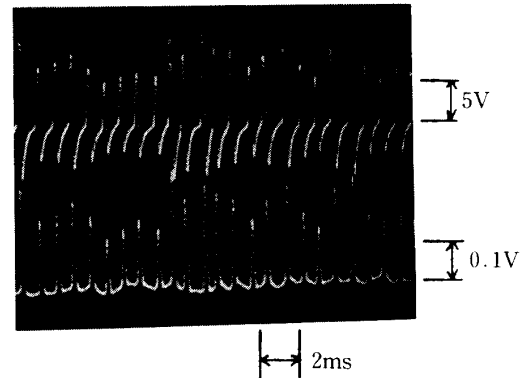
次に図一 5 の測定系統図によって糸 1 本にレーザ光を照射した場合の各方向における反射光強度分布を測定した。

### 3. 1. 2 測 定 結 果

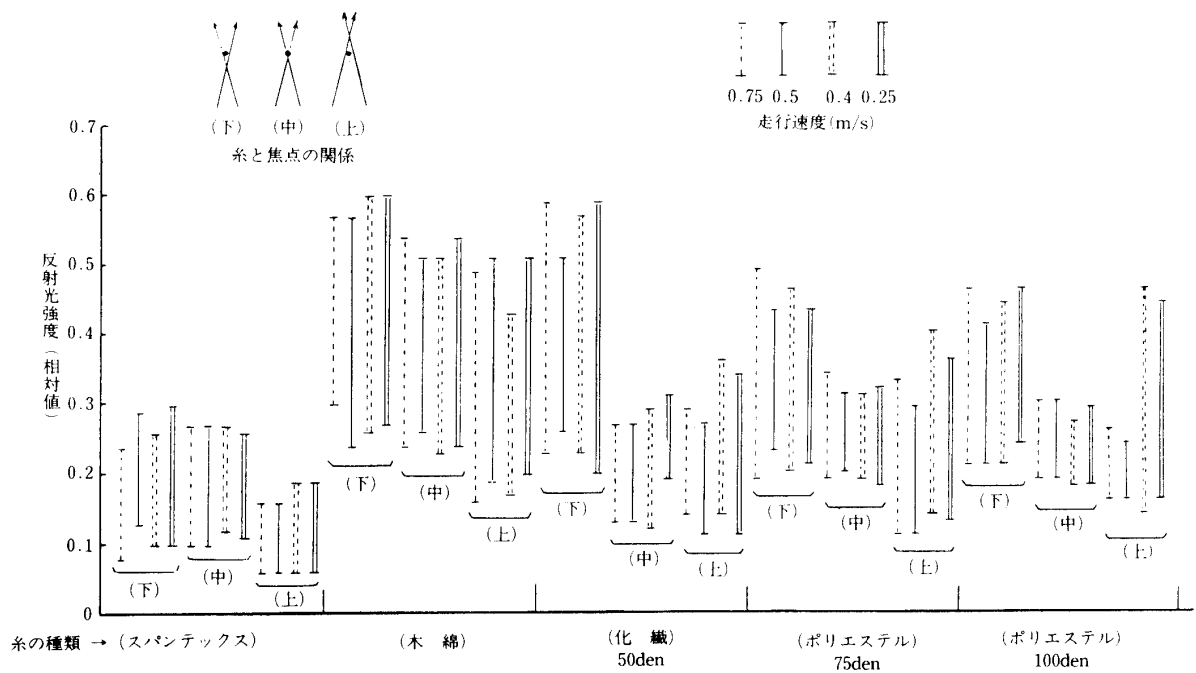
木綿糸に対する観測波形の一例を図一 6 に示す。観測波形において、下側は図一 2 中の②の電圧波形であり、フォトダイオードで受光した各糸からの反射光強度にほぼ比例していると考えられる。上側の波形は図一 2 中の④の電圧を示し、同図中下側の波形を増幅した後微



図一五 糸の反射パターン測定



図一六 観測波形の一例  
(糸：化繊50den)



図一七 各種糸の反射特性の一例

分したものである。

各種の糸における観測波形からその大きさを読取り、糸の種類に対する反射光強度の比較を示したものが図一七、八である。図一七は反射光強度に比例した波形から、図一八は微分波形から読み取った場合である。

糸1本に対する各方向の反射光強度を示す反射パターンの一例は図一九、10である。図一九は糸と垂直な面内におけるパターンで、図一10は糸を含む面内におけるそれである。

光センシングによる整列した多数本の糸状目標物の計数実験

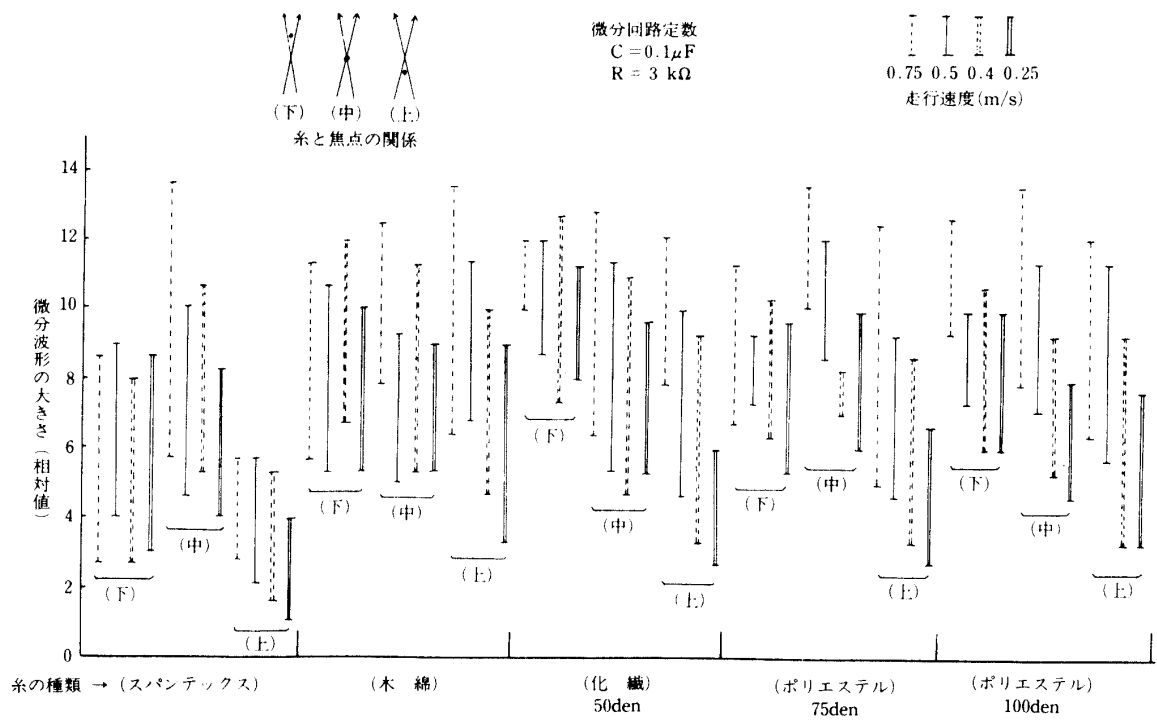


図-8 各種糸の反射特性の一例 (微分波形)

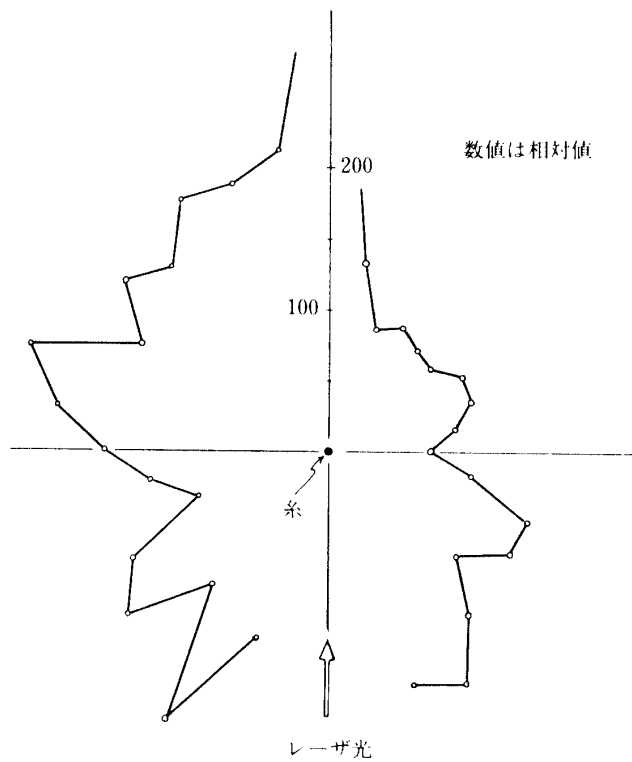


図-9 反射パターンの一例 (糸に垂直な面内)  
(糸: 化繊 50den)

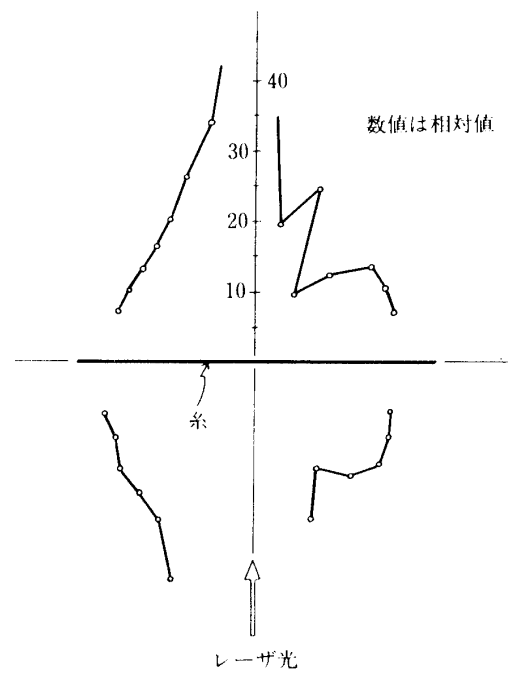


図-10 反射パターンの一例 (糸と同一面内)  
(糸: 化繊 50den)

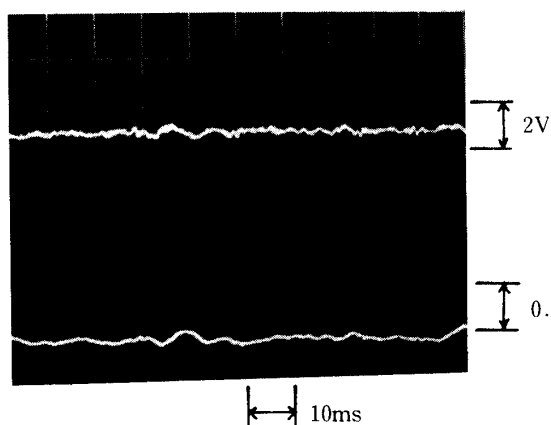


図-11 受光レベル変動の観測波形の一例  
(センサ走行速度：0.25m/s)

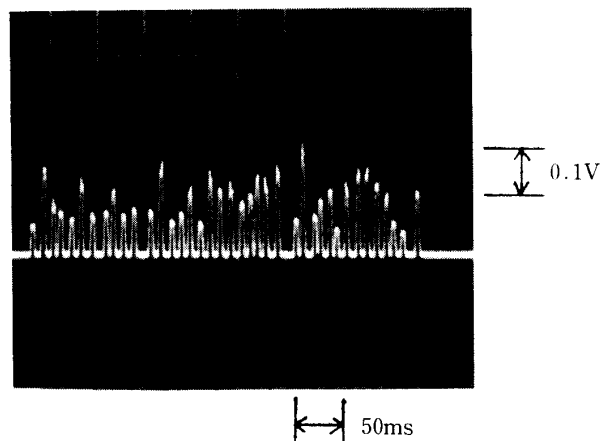


図-12 観測波形の一例  
(糸：化繊50den)

### 3. 2 光ファイバの動きによる受光レベルの変動

光学系を装着した光ファイバケーブルを糸状目標物に沿って走行させると目標物からの反射光が受光できるが、目標物のない部分を走行するとき、直流的な受光レベルに変動が見られた。本来、目標物のない場合の受光レベルは周囲の光などを受光したとしても一定レベルであるはずのものが、本システムのように光ファイバに動きがあるとレベル変動が現われる。

3. 1項の測定において糸のない部分をセンサが走行したときの受光レベルを図-2の測定点②、④について観測した結果の一例を図-11に示す。

3. 1項の観測結果(図-6 参照)でも、下側の波形において特に見られるように変動しているレベルの上に糸からの受光パルスが乗っていることがわかる。比較のため、光ファイバケーブルを動かさずに糸を動かした場合の観測波形を図-12に示した。この場合には糸のない部分のレベルは一定であることがわかる。

### 3. 3 考 察

反射特性の測定に供した5種類の糸は、1) ポリエステル 100デニール、2) ポリエステル 50デニール、3) 化繊 50デニール、4) スパンテックス 20デニール、5) 木綿糸、であり、

1), 2)の糸は細いフィラメント状の糸が20~30本束なったもので、光に対して横方向に並んだ状態や縦方向に並んだ状態になり得る。横方向に並ぶと反射光は大きくなるが、縦方向に並んだ状態では反射光は弱くなる。

3)の糸はフィラメント状の束をのり付けしたもので1本の糸とみなせる状態となっているので反射光強度が一様となりやすい。

4)は1本の糸とみなせる状態であるが、実験に使用したものの中で最も細く、伸縮性のある糸である。

「デニール」の数値の大きい程糸が太くなるが、1デニールは1gの材料を9,000mに伸ばし



たものをいい、100デニールではおよそ0.1mm程の太さである。

木綿糸は1本の糸の状態であるが、多くの毛羽立ちをもつ状態で試料の中では最も太く見える。

図一7の結果から見て、概して太く見える糸程反射光強度が大きく、スパンテックスでは小さいといえる。光学系の焦点位置と糸との位置関係で、焦点が糸より下側にある場合は各種の糸で反射光強度が大きい。しかし各糸は種類ごとに走行部の約3.5mの範囲に分散配置しているため糸と焦点の位置関係には多少のバラツキが生じ得る。

また、糸の張り具合によって光に対する反射断面の大きさに、バラツキができるため1つの種類の糸でも反射光強度にかなり幅がある。一般的には糸の位置に焦点がくるように調整することが望ましいといえる。

微分波形についての結果（図一8参照）からも太い糸程大きい信号が得られることがわかる。

さらに糸1本に対する反射パターンの測定結果からみて、糸と垂直面内の反射光強度は糸と同一面内のそれよりも大きい。また、各方向における反射光強度に著しい差異はない。レーザ光線方向においては糸からはずれた直接光があるため反射光強度が見かけ上大きくなっている。

次に、糸のない部分における受光レベルの変動について見ると、これは走行中に起る光ファイバのベンディングによるファイバ内を伝搬する光の損失に起因していると思われる。

例えば、ベンドした部分をレーザからの光が伝搬し、その損失が変化すると、受光レベルを決めるレンズやプリズム面からの反射光強度にも変動が生ずると考えられる。走行していないファイバケーブルを故意に手で動かした場合でもレベル変動は生ずる。

本実験における変動の大きさは走行速度（0.25～0.75m/s）に余り依存しなかった。しかし、センサが走行部の端に達するときや動き始める瞬間には割合高い周波数成分を含む変動を生ずる。

これらのレベル変動は反射光強度の小さい場合にはS/Nを低下させることになり好ましくない。

ファイバの動きによる受光レベルの変動に関しては、従来の光ファイバ応用ではファイバが固定されていて問題とされなかった。このため、筆者らの実験結果と類似の報告は他に見られない。

## 4. 実機における糸の計数実験

### 4. 1 実験の概要

本システムを実際に稼動している編機に装着し、製品が製造されている状態で糸の計数実験を実施した。使用されていた糸はポリエステル100デニールで糸の本数は2,000程であった。本システムを編機に装着した状況を図一13に示す。

本システムの走行部が編機に装着され、他の各部は編機本体から離れたところに設置した。

本実験は糸が流れている状態で確実な計数を達成することを目的に延べ約50回（約40日）行っ

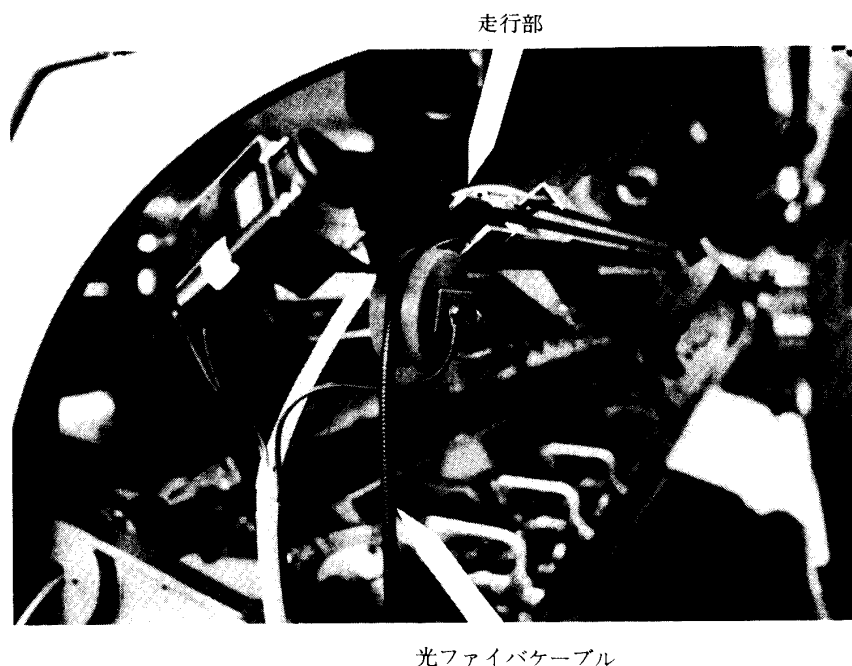


図-13 編機への装着状況

た。

この結果、糸がセパレータに規測正しく配置され、光学系の焦点位置が糸の位置にくるようにセパレータを調整し、電氣的ノイズに対する対策を十分に行えば、高い確度で計数できることがわかった。

#### 4. 2 ノイズ対策

実験室と異なり現場では電氣的ノイズの多い環境であり、微弱な信号を扱う電子機器ではノイズ対策が重要である。

本システムでは電氣的ノイズと光学的ノイズが誤動作の要因となる可能性がある。

##### (1) 電氣的ノイズ

現場では AC ラインに含まれるノイズ、編機を駆動しているモータから発生し空中を伝わってくるノイズ、照明器具などで発生するノイズなどがあり、いずれも本システムに影響を及ぼすと考えられる。特にカウンタの誤動作につながると本システムでは問題である。

対策としては、アースを確実にとる、AC ラインの入力に絶縁トランスを挿入する、ノイズフィルタを挿入する、電磁リレーにはノイズサプレッサを挿入するなどの対策を施した。

##### (2) 光学的ノイズ

本システムでは糸からの割合弱い反射光を受光するため次のような点を考慮する必要があると考えられる。

ア、光学系は使用するレーザ光の波長域における反射を防ぐ反射防止膜をつける。

イ．フォトダイオード前面にはレーザ光波長を選択的に透過するフィルタの使用が望ましい。

ウ．現場では風綿などのほこりが光学系前面を暗くするおそれがあるのでそれを避ける構造がよい。

## 5. あ と が き

本論文ではレーザと光ファイバを用いた糸切れ検知装置における糸状目標物の計数精度に関係する糸状目標物の反射特性の測定と実機に装着した場合の計数性能の確認について述べた。実際に繊維機械で使用される糸は種類も多く、その形状、色はさまざまであるから、それぞれの反射特性の把握は本システムの汎用性を増す上で重要である。

さらに、本装置の実用性をめざす上では使用環境に耐えることが大切で、特に電氣的ノイズに対しては十分な対策が必要である。

また、光センシングを利用しているシステムでは光学的ノイズに対する対策も欠かすことはできない。

最後に、本研究に対して御指導いただいた本学 伊藤一郎教授、桜井尚武教授、村瀬正義教授はじめ産業工学研究所各位に深謝の意を表する。また、実機による計数実験に御援助いただいた日本マイヤー株式会社各位に深謝の意を表する。

## 参 考 文 献

- 1) 服部 肇：オプトエレクトロニクスの活用，大河出版，昭和59年。
- 2) 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，昭和60年特許出願第60429号，昭和60年。
- 3) 波々伯部圭佑，中道義忠，山田健治：レーザ・光ファイバ計測システムを用いた糸状目標物の反射特性の測定，昭和60年度電気関係学会北陸支部連合大会講演論文集，C-23，昭和60年10月。
- 4) 中道義忠，波々伯部圭佑，山田健治：走行する光ファイバによる受光直流レベルの変動，同上，C-24，昭和60年10月。
- 5) 山崎弘郎：電子回路のノイズ技術，オーム社，1959年。