

光ファイバセンシング計数装置の計数試験法

中 道 義 忠 ・ 波々伯部 圭 佑
山 田 健 治

**A testing method to count the number
of yarn formed a line using optical sensing technique**

Yoshitada NAKAMICHI ・ Keisuke HOHKABE
Takeharu YAMADA

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.

In this system an electric counter calculates the number of yarn formed a line and compares the counting value with threshold.

If there is an insufficiency in the counting value, we discriminate as “yarn-cut”.

Therefore it is important for this system to calculate the number of yarn formed a line below 1 mm accurately.

In this paper we describe a testing method to investigate the accurate, stable counting operation of this 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。”

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し、²⁾ ³⁾その開発を行っている。

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重要である。

さらに、本装置の実用化には、この計数動作が長期間安定に保たれることが必要である。

これらの基礎データを取得するため筆者らは長時間にわたる計数実験を実施しているが、この

ような計数実験では昼夜を通しての連続した計数実験を行い、途中において生ずる計数異常などの現象を把握する必要がある。このため、筆者らは複数個の電子式カウンタを用いた計数試験法を考察し、2個のカウンタを用いる方法を本実験に適用した。

本論文では本装置の計数の正確さ、動作の安定性を調べるための計数試験法について述べる。

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、糸状目標物の正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。

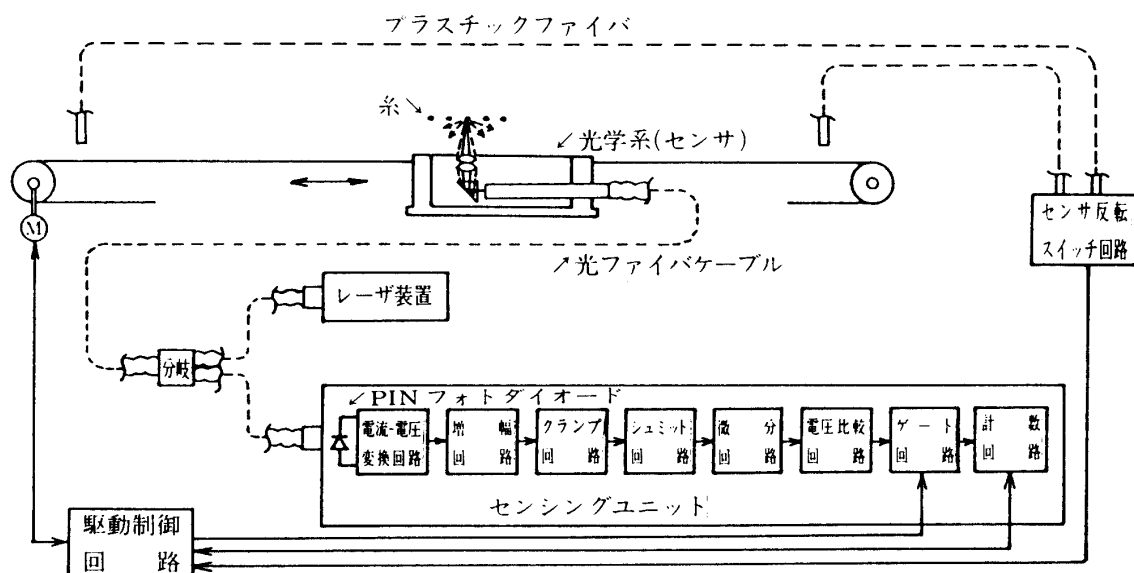


図-1 本装置の機能系統図

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、クランプ回路によりその波形の“0”レベルを0V附近にシフトし、これをシュミット回路により方形波とする。この波形を微分回路により微分し、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、ゲート回路を通して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。走行部の両端部にはプラスチック光ファイバを配置してセンサが放射しているレーザ光を受光し、そのパルス信号を用いてセンサの反転走行を制御している。このため、機械的なリミットスイッチを用いる必要がなく、機械的トラブルを避けることができる。

糸状目標物からの反射光を受光したときの各部における受光信号の変化の様子を図-2に示す。

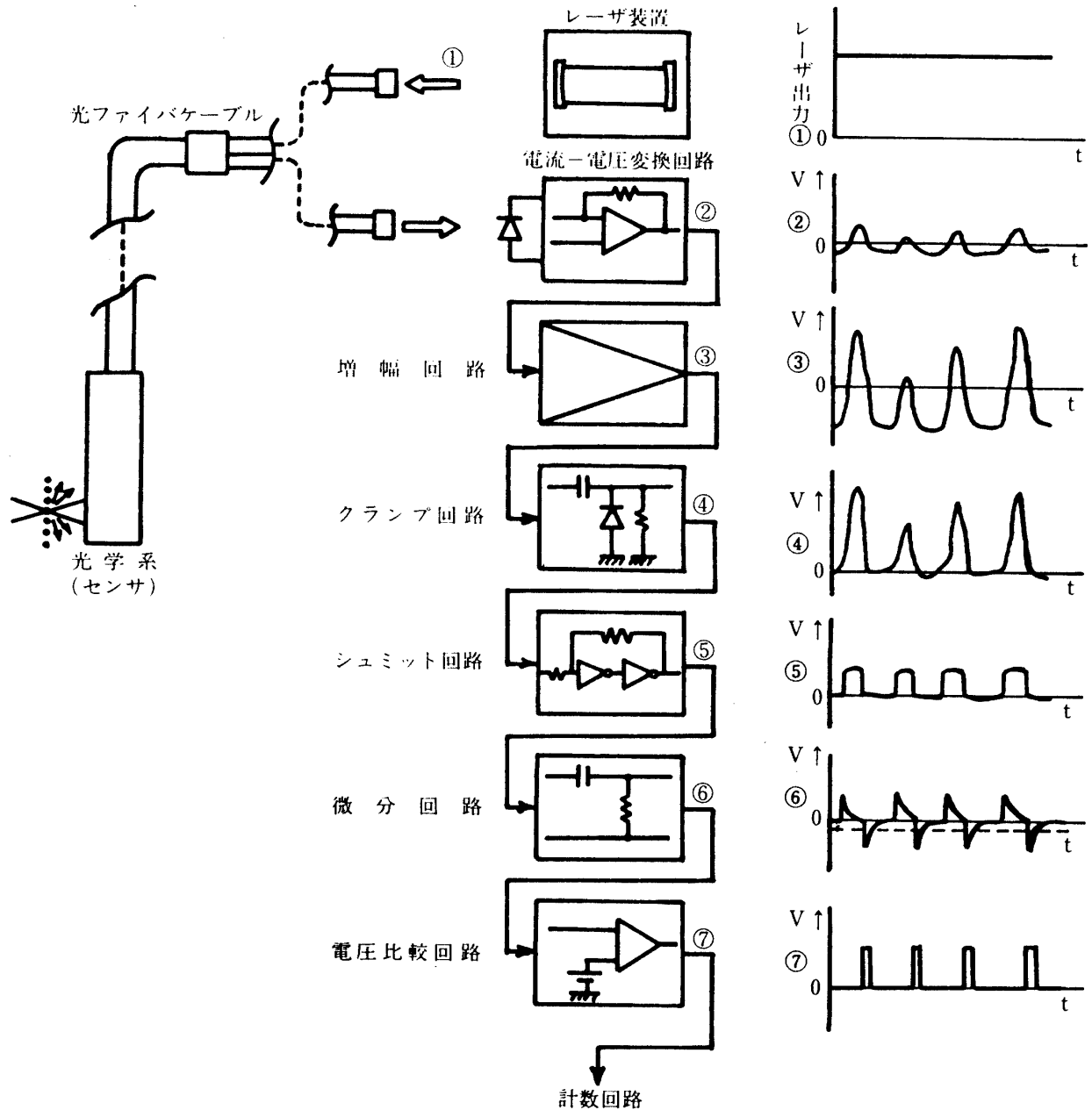


図-2 各部の信号波形

センシングユニット試作1号機は受光信号の処理を **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** → **計数回路** からなる系統⁴⁾で行ったが、糸の形状によって増幅された波形の歪が微分波形に影響を及ぼし、1本を2本と計数するようなことが発生しやすいため、図-1に示すようにクランプ回路及びシュミット回路を付け加え波形整形を行い、糸の形状による計数誤りに対する対策を行ったセンシングユニット2号機を製作した。

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-3 参照) で, 光ファイバケーブルの一端に装着される。

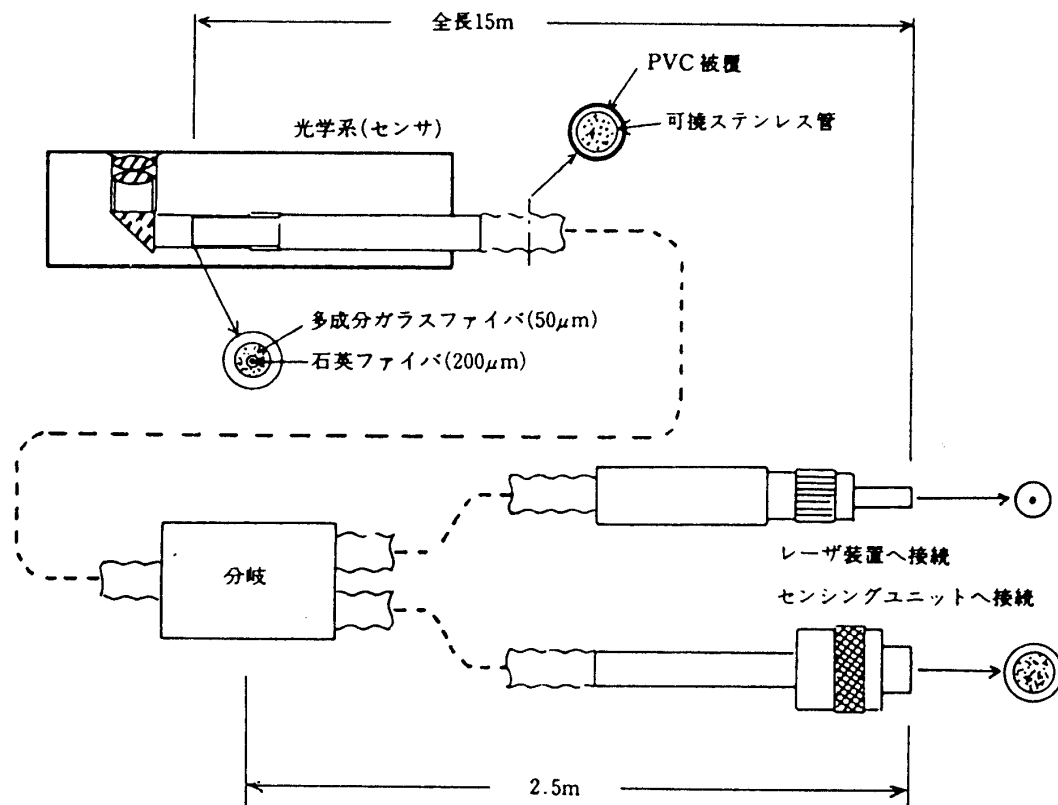


図-3 光学系及び光ファイバケーブルの構造

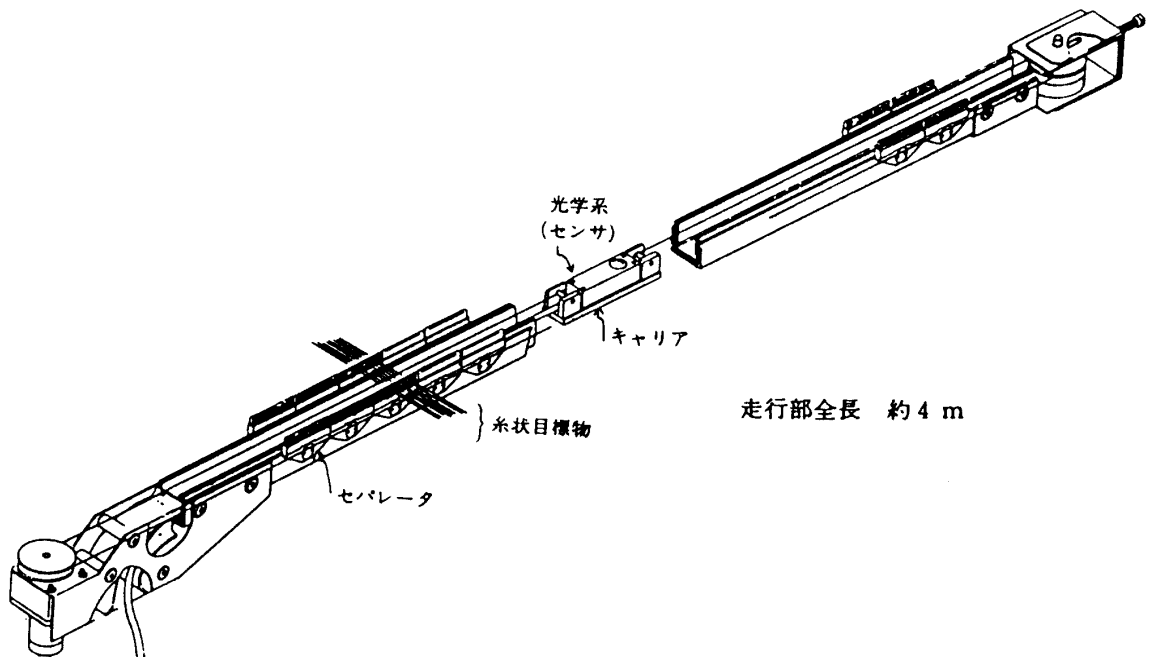
光ファイバケーブルは、光学系を装着する端では送光用ファイバ（コア径200 μm , 石英ファイバ）1本を中心に、受光用ファイバ（コア径50 μm , 多成分ガラスファイバ）2400本をその周囲に同心円状に配し、途中で送受光ファイバを分岐し、それぞれの端部は送光用がレーザ装置へ、受光用がセンシングユニットのフォトダイオードに接続できる構造である。なお、送受光ファイバは外側にPVC被覆を有するステンレス可撓管内に収められている (図-3 参照)。

レーザ装置は5 mW級のHe-Neレーザ (632.8 nm) である。

2. 2. 2 走行部

走行部を図-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乗せ、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



図－4 走行部の構造

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、センサ反転スイッチ回路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、クランプ回路、シュミット回路、微分回路、電圧比較回路、ゲート回路、電子式カウンタ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. 静止状態で整列した糸の計数実験

3. 1 長時間計数試験法

本装置は前述のごとく、多数本の糸を長時間継続的に正確かつ安定に計数することが極めて重要である。

本装置の長時間にわたる正確かつ安定な計数動作を達成し、本装置実用化の基本データの取得を行うための計数試験法について述べる。

多数本の糸の計数では、種々の条件により、設定数より少なく計数する場合や設定数よりも多く計数する場合が生ずることがある。このような現象を解析し、長時間にわたる安定な計数

動作を確認するため、複数個の電子カウンタを用いた計数試験法を提案した。

本装置による計数実験構成図を図-5に示す。

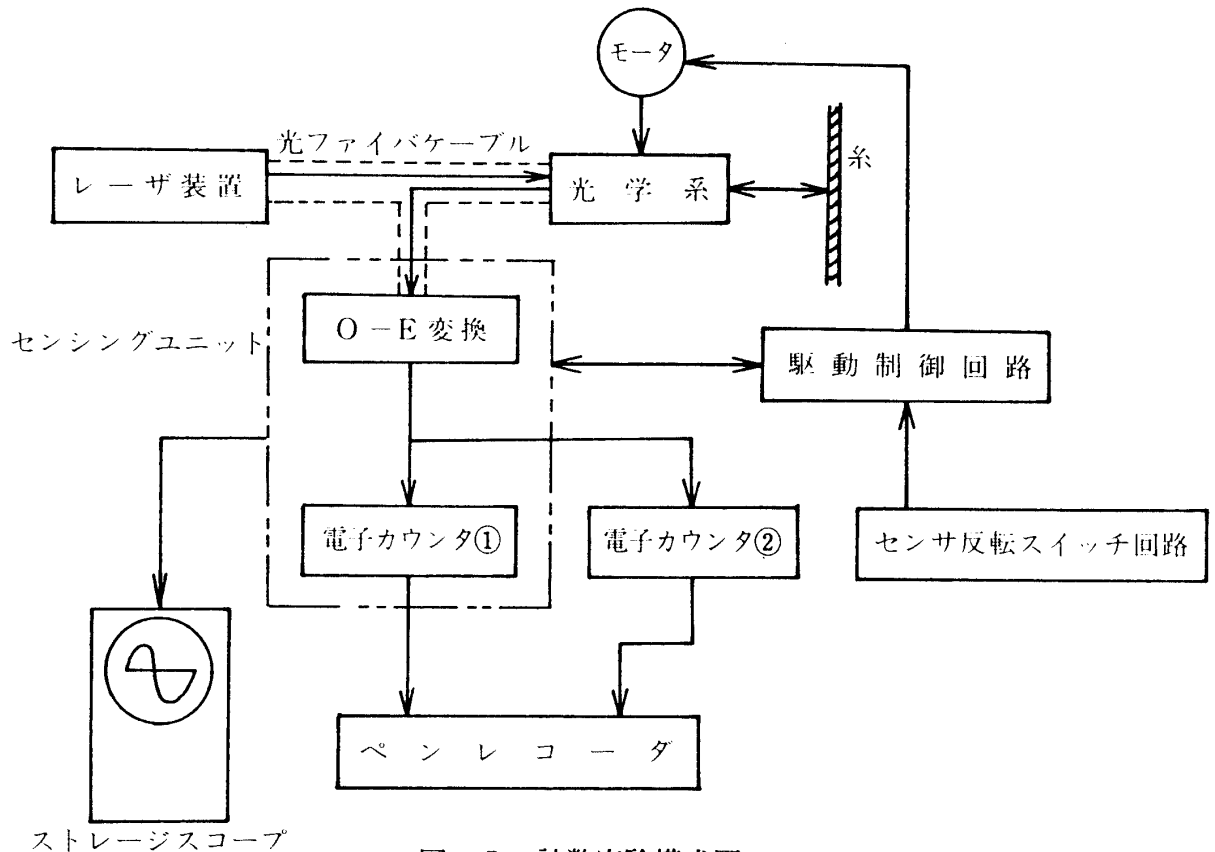


図-5 計数実験構成図

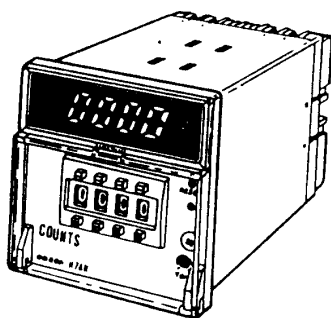


図-6 本装置に使用している電子カウンタ (OMRON H7AN)

本実験では長時間にわたり無人状態で計数試験を行うため図-5に示すように2個の電子式カウンタを用いた。⁵⁾ 1個は本センシングユニットに組み込まれたもので、他はこれと同種のもの(図-6参照)である。図-5において予め設定されている糸の本数にセットした電子式カウンタ(カウンタ①とする)と、これより1だけプラスした数にセットした電子式カウンタ(カウンタ②とする)を並列に接続する。これらのカウンタに各糸からの受光パルスを信号処理して入力し、各カウントアップ時の信号をペンコレーダへ入力する。

本試験法によれば、センサが走行部を1回走行したとき、正しく計数した場合には、カウンタ①のカウントアップ信号が出力し、ペンコレーダに信号が入力され、この信号が表示されるが、計数値が設定値より小さい場合は、ペンコレーダに信号が入力されずペンは振れない。計数値が設定値よりも大きい場合(本実験では1以上大きい)には、両カウンタのカウントアップ信号が出力するので、ペンコレーダでは両信号が表示される。こ

のペンコレーダ記録を観測すればカウントが正常であったかどうかを知ることができる。

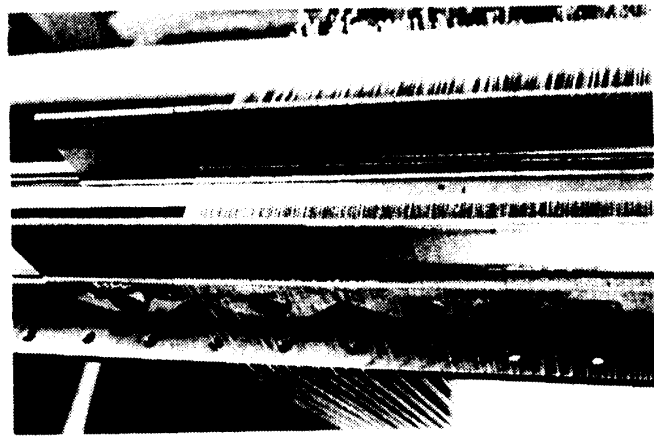
3. 2 実験の概要

静止状態の糸を数百本走行部のセパレータに張り（図－7参照）24時間単位での長時間にわたる計数実験を行った。

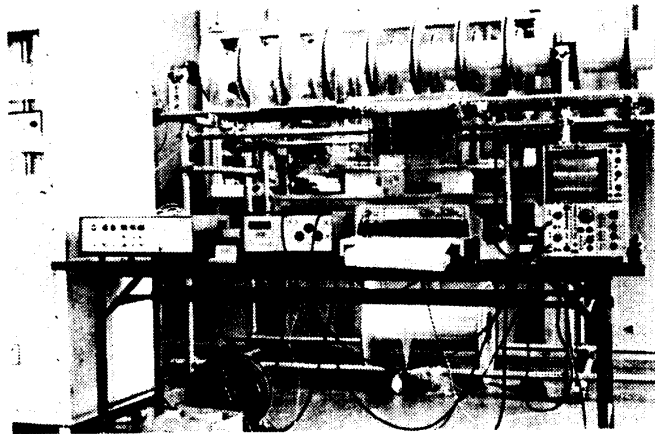
本装置の計数実験状況を図－8に示す。

本実験では測定対象の糸は主としてポリエステル加工糸75デニール912本、ポリエステル加工糸50デニール576本の2種類であるが、種々の糸に対して本試験法を適用することが可能である。

また、センサが走行した際の受光信号の電流－電圧変換回路の出力電圧波形（図－2中の②の波形）に対する各部の出力電圧波形（図－2中の③、④、⑤、⑥、⑦の波形）をストレージスコープにより観測した。



図－7 セパレータに張られた糸の状況
（ポリエステル加工糸50デニール）



図－8 計数実験状況

3. 3 実験結果

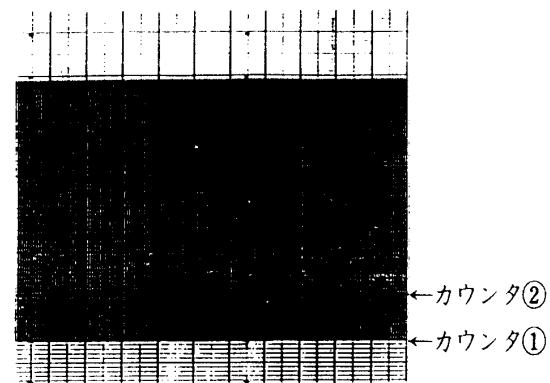
2個のカウンタからの信号をペンコレーダへ入力した場合の計数状態の一例を図－9に示す。

(a)はカウンタ①のカウントアップ信号だけがでているもので糸の本数を正確に計数している状態、(b)はカウンタ①、カウンタ②のカウントアップ信号がともにでていないもので計数不足の状態（※印）、(c)はカウンタ①、カウンタ②のカウントアップ信号がともにでているもので計数過多の状態（※※印）をそれぞれ示している。

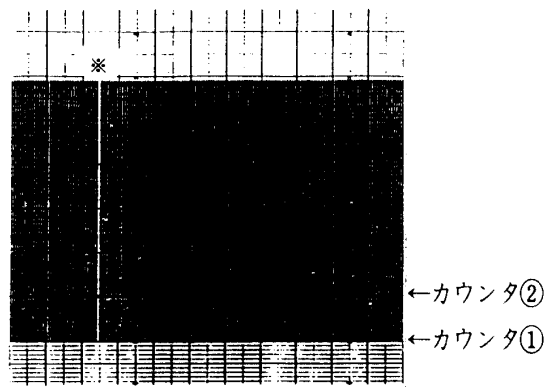
なお、本実験においては、ポリエステル加工糸75デニール912本、ポリエステル加工糸50デニール576本を24時間以上連続して正確な計数動作を達成することができた。

次に、ポリエステル加工糸50デニールに対する観測波形の一例を図－10に示す。

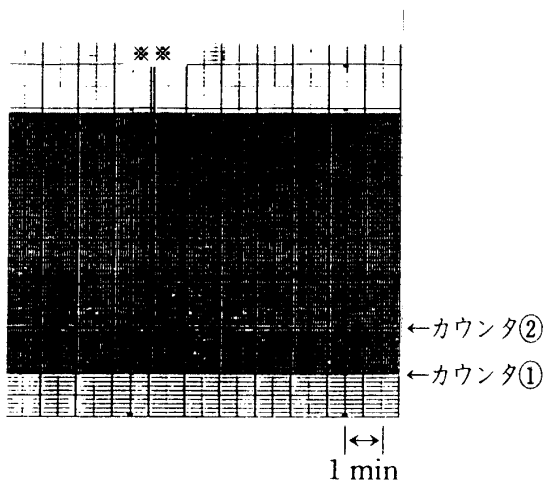
各観測波形において、下側は図－2の②の電圧波形で、上側は(a)においては図－2中の③の電圧波形、(b)、(c)、(d)、(e)においてはそれぞれ図－2中の④、⑤、⑥、⑦の電圧波形である。



(a) 正確な計数状態



(b) 計数不足状態



(c) 計数過多状態

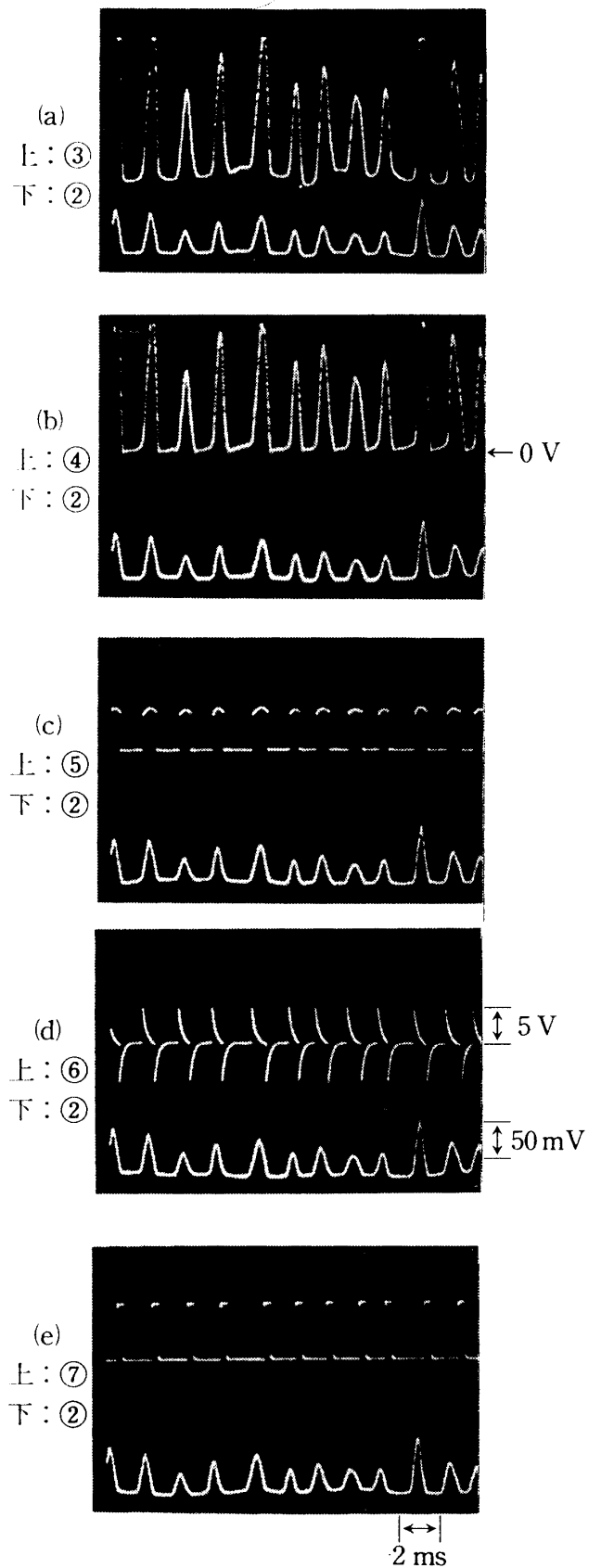


図-9 計数状態の一例 (糸: ポリエステル加工糸50デニール576本)

図-10 観測波形(図-2の各部の電圧)の一例 (糸: ポリエステル加工糸50デニール576本)

3. 4 考 察

本実験において、2個のカウンタを使用した理由は、本センシングユニットに組み込まれているカウンタは糸の本数にセットしておく必要があり、これでは計数不足に対する判別は可能であるが、計数過多に対する判別が不可能であるためである。そこで計数過多判別用に別の電子式カウンタを使用した。

また、計数過多判別用の電子式カウンタを糸の設定値に1だけプラスしてセットしたのは種々の実験において1だけ多く計数する場合がよく発生したからである。

計数過多となる数を細かく知る必要がある場合は、1ずつ違いでセットされた電子式カウンタを数個使用すればよい。

次に、図-9の(b)は計数不足の状態を示しているが、これは細い糸からの反射光による図-2中の④の波形のピーク電圧がシュミット回路の上部設定レベルをわずかに越える程度のものであり、この反射パルスがファイバのベンディングによる受光レベルの変動分⁹⁾の上に乗るため、まれにはあるがシュミット回路の上部設定レベルを越せない事が発生した場合と思われる。

図-9の(c)は計数過多の状態を示しているが、計数過多発生の原因は、

- (i) 糸の形状によって1本の糸を2本に計数する
- (ii) 外部からの外乱雑音による異常信号を計数する

が考えられる。

(i)は糸の形状によって反射パルスの分割が生じ、シュミット回路の上部、下部設定レベルの選び方によってはカウントパルスが2つ発生することがある。しかし、本実験においては、これは問題とはならなかった。

また、(ii)の外乱雑音には電氣的ノイズと光学的ノイズの2種類考えられるが、本実験においては、光学的ノイズの影響を受けることがあった。本装置、特に走行部周辺の明るさがセンサ走行中において暗い状態から瞬間的に明るい状態に変化した場合、ファイバのベンディングによる受光レベルの変動分がこの明るさの変化に相当する分だけ上昇し計数過多につながっている。

一方、本実験を行う際の本装置の運転については、クランプ回路及びシュミット回路を付け加えたセンシングユニット2号機においては、シュミット回路の出力波形がほぼ一定の方形波になって表われるため、これを微分して得られる微分波形のピーク電圧もほぼ一定の大きさとなって表われる(図-10の(c), (d)参照)ため、電圧比較回路のコンパレータ電圧の設定が極めて簡単になった。

センシングユニット1号機においては微分波形のピーク電圧の大きさは糸からの反射光をO-E変換し電流-電圧変換回路を通った出力電圧によって影響され不均一となるため、コンパレータ電圧の設定に細かい調整が必要であった。センシングユニット1号機における電流-電圧変換回路の出力波形と、これを増幅し微分した微分波形の一例を図-11に示す。下側が電流

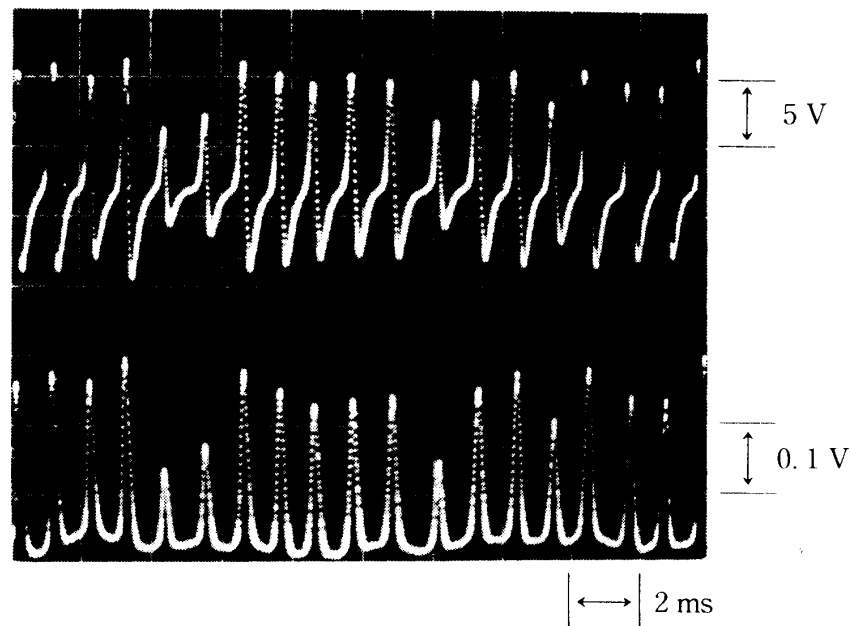


図-11 センシングユニット1号機における観測波形の一例
(糸：化繊50デニール)

—電圧変換回路の出力波形，上側が微分波形である。

これらの実験結果から極めて細い糸の本数を計数することに対しては，増幅度を上げる，シュミット回路の上部設定レベルを下げるなどの方法が考えられるが，この場合，ファイバのベンディングによる受光レベルの変動がシュミット回路の上部設定レベルを越す状態が発生し，計数過多の原因となるので必ずしも良策とはいえない。しかし，レンズやプリズム面からの反射光強度によって決定される受光レベル（直流分）を除去し，かつファイバのベンディングによる受光レベルの低域周波数変動をフィルタにより除去することによって，増幅度を比較的に上げることが可能となり，極めて細い糸からの反射パルスもシュミット回路の上部設定レベルを越すと考えられるため，今後の改良策として検討に値する。

4. あとがき

本論文では，長時間にわたる無人状態での糸の本数の計数試験を行うため，2個の電子式カウンタを用いる試験法を提案し，その実測結果について述べてきた。

本試験法は，別に電子式カウンタを設備するだけで構成でき，本装置の実用化のためのデータを取得する上で有用な方法であることがわかった。特に，まれに生ずる計数の異常を確認するには便利である。

終りに，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，本装置の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，波々波部圭佑，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月
- 3) 金井兼造，波々波部圭佑，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61年3月外国特許申請
- 4) 波々波部圭佑，山田健治，中道義忠：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，福井工業大学研究紀要，昭和61年5月
- 5) 中道義忠，波々波部圭佑，山田健治：光センシング長時間計数の実験法，昭和62年度電気関係学会北陸支部連合大会講演論文集，C-21，昭和62年10月
- 6) 中道義忠，波々波部圭佑，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，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-24，昭和60年10月