(昭和52年5月7日受理)

生糸織度制御装置と制御機構の試作

農林水産省蚕糸試験場 西 出 照 雄

DEVELOPMENTAL RESEARCHES FOR SIZE CONTROLLER
AND CONTROL MECHANISM OF RAW SILK

By Teruo Nishide

(Sericultural Experiment Station, Wada, Suginami-ku, Tokyo, Japan)

A study was made to develop a size controller of raw silk by means of the analogue information processing technique coupled with a controlling mechanism.

The size controller consists of the following four functional units; a filter, a comparator, a logic and an output units.

Basic process technique for the size control is following. Namely, the size signal detected during the reeling is arranged by the filter, and the arranged signal is defined as the symbol $V(t)$. $V(t)$ is compared with the set comparative voltage (V_2) for level of limit size for cocoon feeding, the voltage (V_1) for upper control limit size and the voltage (V_3) for lower control limit size. In case of $V_1 \leq V(t)$ or $V_3 \geq V(t)$, the stop instruction is given from the controller to the reel stopper. In case of $V_2 \geq V(t)$, the instruction of cocoon feeding is given until $V(t)$ rises higher than V_2 . In case of $V_1 > V(t) > V_2$, no instruction is given.

Mechanisms of cocoon feeding and reel stopper belonging to the reeling machine are operated on the instruction from the controller.

In real operation, the size of raw silk reeled by means of the proposed technique is so close to the target size that the variance and the standard deviation of size are very small.

It is confirmed that this control system based on the analogue information processing technique functions for the size control of raw silk during the reeling process.

(Received May 7, 1977)

1. 緒 言

繰糸中において、生糸織度を均一に保つために、作業者の監視によって繭の粒付数を一定に保つ定粒方式が採用されていたが、織度感知器の開発¹⁾とその織度感知の理論²⁾、定織度自動繰糸機の実用化研究³⁾、定織度自動

繰糸機の運用と繰糸工程の管理面から統計手法を導入して確立した繰糸工程管理基準^{4,5)}等によって、現在では織度感知器を中心とした織度制御機構を持つ定織度自動繰糸機によって生糸は繰製されている。この繰糸方法を定織度方式と言う。

定織度自動繰糸機は定粒方式時における繰糸機に比較して、生糸の生産効率を飛躍的に増大させ、織度の均一性の向上にも寄与してきた。一方、この定織度制御系は細限織度点で接緒を行う制御動作による単一ループの系から構成されていて、制御系の中核をなす織度感知器は、

* この報文を「繰糸工程における生糸織度の計測制御に関する研究(第5報)、Studies on the size measurement and control of raw silk during the reeling process (Part 5)」とする。

繰糸中の織度情報を細限織度点以外では信号化する機能を持っていないことや、織度感知器へのセリンン付着によって細限織度点が変動する場合がある。このようなことから、外乱因子によって繰糸の目的織度と著しく異なる飛び織度が生ずることがあり、品質上好ましくない。現行の制御系には、この飛び織度の発生を防止する制御ループがない。

したがって、織度を一定の範囲内に保持しながら生糸を繰製するためには、刻々変化する織度情報を繰糸中に収集し、その織度情報に基づいて織度制御を行うとともに、実時間で織度値を推定することができる織度制御系を開発する必要がある。

本報は繰糸中に得られる織度情報に基づき、アナログ量によって制御判断を行う織度制御装置と、この装置の出力に従って制御動作を実行する機構とを試作し、これらの基本的な機能について検討したので、その結果について報告する。

2. 方法と装置

2.1 制御判断の方法

制御判断の基本設定条件として、図1のモデルに示すように上・下限許容織度範囲と細限織度（接緒点）を電圧でそれぞれ V_1 , V_3 , V_2 （但し $V_1 > V_2 > V_3$ ）と設定し、電圧値に変換して得られる生糸の織度信号 $V(t)$ をこれら $V_1 \sim V_3$ とアナログ量によって比較して制御判断を行う。

繭糸織度の変化⁶⁾、落緒等によって $V(t)$ が V_2 に達す

Fig. 1 Model of size control technique

$V(t)$: Filtered size signal. V_1 : Upper control limit level of size. V_2 : Limit size level for cocoon feeding. V_3 : Lower control limit level of size. t_0 , t_1 : Feeding end point. t_2 , t_4 : Reeling stop point. t_3 , t_5 : Re-reeling point.

ると接緒が行われて織度は大となり、 $V(t)$ は図1の t_0 点のようになる。接緒の失敗により数回の接緒動作後に有効接緒が得られた場合に $V(t)$ は t_1 点のようになる。また有効接緒が得られないまま $V(t)$ が V_3 に達すると t_2 点で繰枠は自動停止され、織度修正後 t_3 点で再び回転される。一方、多粒または未整緒繭糸の接緒によって $V(t)$ が V_1 に達すると t_4 点で繰枠は停止され、織度修正後 t_5 で再び回転される。ここで、 $t_2 \sim t_3$, $t_4 \sim t_5$ の時間は織度の修正に要した時間、すなわち繰枠が停止していた時間を示す。

2.2 織度制御装置

織度情報を収集する織度検出装置は光電手法を応用した装置^{7,8)}を用いた。

図2は織度の制御判断と制御動作を繰糸機の接緒と繰

Fig. 2 Block diagram of size controller

棒停止の各機構に出力する織度制御装置のブロック図である。本装置は織度信号の波形整形と制御判断のための電圧比較を行うレベル比較部と、制御指示を外部の制御機構に出力する理論・外部出力部とから構成されている。図2中のB点の織度信号はスイッチSの撰択によって、一次遅れの低域濾波器または区間積分法を用いた整形器⁹⁾で波形整形される。波形整形された織度信号 $V(t)$ は比較電圧 $V_1 \sim V_3$ と逐次電圧比較される。なお、本報では一次遅れの低域濾波器を用いた。

$V_1 > V(t) > V_2$ の場合には、制御の指示は出力されない。 $V(t) \geq V_1$ と $V_3 \geq V(t)$ の場合、繰棒の停止指示が各回路を経て、繰糸機の繰棒停止機構へ出力される。 $V_2 \geq V(t) > V_3$ の場合、 $V(t) > V_2$ になるまで接緒指示が出力されるが、 $V(t) \leq V_3$ になった時には繰棒停止の指示が出力されて繰糸は中断される。一方、繰糸を中断している緒に次々と繭糸を接緒して、異常粒付けとなることを防ぐために、繰棒停止の指示の出力と同時に接緒の指示は解除する。

図3は織度制御装置の外観を示したものである。A～Cのダイヤルで入力感度や校正等の入力に対する調整を行い、Dで波形整形器の種類と時定数を設定する。Eは比較電圧を設定するダイヤルで、Fのランプは繰糸中の生糸の太さが設定したレベルのどこにあるかを示すものである。Gは繰棒停止の指示を解除するとともに、ロジックを元の状態にセットするためのスイッチである。Hは制御指示の出力内容を示し、Iは本装置の各回路のモニター用のスイッチである。

Fig. 3 Front view of size controller

A～C: Scale module. D: Filter. E: Module of control level set. F: Sizing level. G: Logic switch. H: Import of control output. I: Switch for monitor.

2.3 接緒機構

試作した実験用繰糸機は、旧型の繭検定用自動繰糸機¹⁰⁾をベースとして、その接緒・繰棒停止機構を若干改良したものであり、その外観を図4に示す。

生糸を構成する繭糸は有限の糸長と、その糸長に従って変化する特有の繭糸織度曲線を持ち、さらに途中で切断する(不時落緒)場合がある。このため、均一な織度を保ちながら生糸を繰製するためには、繭糸織度の変化や落緒等による織度変化を補正し、糸の連続性を保つための手段が必要である。この手段として繭糸を補給する接緒がある。

Fig. 4 Front view of reeling machine.

A: Reel. B: Traverse. C: Size detector. D: Reeling basin. E: End feeder. F: Motor.

図5は現行の接緒機構にソレノイドを組みこみ、織度制御装置から接緒指示が出力された時に接緒を行うようにした機構である。なお、実線は静止状態を、破線は接緒時の動作を示す。

現行の接緒の方法は定時間間隔(約2.6秒)ごとに加動車Bにより、探り金具Cが左右に動いて生糸糸条を織度感知器のスリットに出し入れし、細限織度点を検索する。細限織度点に織度が達していない場合には、Cの凹部bは感知器の感和爪と係合しないで、Cは力fによって右方向に約60度回転する。したがって、fはCの回転に消費されて接緒杆Gを作動させない。

一方、生糸の織度が細限織度点に達した場合には、感知器の感知爪とbとが係合するので、Cは回転することができない。したがってfは連結棒Dを上方に引き上げ、Gを作動させて待り槽の繭を取り出して、その繭糸Iを回転接緒器Eで接緒を行う。

Fig. 5 Mechanism of cocoon feeding

A: Solenoid. B: Starting cam. C: Detector.
D: Connecting rod. E: End feeder.
F: Raw silk. G: Feeding arm. H: Cocoon.
I: Cocoon filament. J: Raw silk.

織度信号⁶⁾をもとに織度制御装置から出力された接緒指示はソレノイドAに伝達し、a点を固定すれば織度感知器がなくても前述した方法で接緒動作が得られるので、本報では現行の接緒機構にソレノイドを付設した接緒機構を用いた。

図6は織度制御装置の接緒指示によって、本接緒機構が作動して1本の繭糸を接緒する過程を示したものである。Aは接緒指示が出力されているが、まだ接緒杆aは作動していない。Bは接緒杆が作動し始めて、Cでは接緒杆が給繭フックbをおして、待期槽の繭cを繰解槽に

Fig. 6 Motions of cocoon feeding

a: Feeding arm. b: Cocoon supplier.
c: Cocoons. d: End feeder.

取り出す。取り出した繭の繭糸を接緒杆の元の位置Aに戻りつつ回転接緒器dに運び接緒を行わせ、1接緒動作を完了する。

2.4 繰枠停止機構

現行の繰枠停止の目的は、主として糸故障を修理するためと、異常張力が発生した場合に生糸の切断を防ぐことにある。本報では従来の目的に加えて、生糸織度が目的織度と著しく異なった場合に発生する飛び織度を防ぐために繰枠を停止させるようにした。図7は現行の繰枠停止機構にソレノイドを付設した機構である。実線は繰糸状態を示し、破線は繰枠が停止した状態を示す。

Fig. 7 Mechanism of reeling stop

A: Solenoid. B: Stopper. C: Brake.
D: Reel. E: Traverse. F: Raw silk.

繰糸中の生糸の張力が增大して、繰糸張力と浮動杆Bのモーメントとのバランスがくずれると、浮動杆が上方に移動してブレーキ片Cが繰枠に接し、繰枠は停止する。一方、織度制御装置からの繰枠停止指示があると、ソレノイドAが作動して、浮動杆の1端を下方に引張り繰枠を停止させる。なお、浮動杆を手で下方へさげれば、繰枠は再び回転する。

3. 結果と考察

3.1 設定条件の検討

3.1.1 フィルターの時定数

本報の実験に用いた繰糸速度は、すべて150m/minである。

振幅と周期の激しい織度信号によって、織度制御のための電圧比較を行うと、制御指令の出力とその解除が短時間に激しく繰り返され、制御系を乱す因子となりにかぬ。したがって、制御に不要な成分を適当な時定数を

Fig. 8 Frequency distribution of size signal

The frequency distribution and waveform (A) of size signal were obtained at point B as indicated in Fig. 2.

持つ低域濾波器によって除去する必要がある。この時定数の設定の目的から、織度計測装置より得られた織度信号、すなわち図2のA点における信号の周波数分析を行い、その結果を図8に示す。なお、図中のAは織度信号の波形である。

織度信号は約30 Hzを基本成分として、その倍数の高調波成分を有し、約60 Hzを最大ピークとしている。このことは既報⁹⁾で述べたように、繰糸速度150 m/min時における織度検出器の偏心鼓車の回転数は約32 rpsであり、偏心鼓車1回転で糸条は測定光束を2回遮断する。したがって図8に示した約30 Hzの基本成分は、糸条が1方の側から測定光束を遮断した時の影響である。さらに約60 Hzの最大ピークは、糸条が測定光束を1往復遮断した時、すなわち偏心鼓車が1回転した時の影響の結果である。なお、偏心鼓車の回転数から糸条が測定光束を遮断する周波数を求めた既報の結果⁹⁾と、図8の最大ピークを示す周波数とはほぼ一致していることは、糸条が測定光束に対して左右対称な振幅で偏心鼓車によって振動されていることを示していて、本実験で設定した糸条の設定位置が適当であることを示すものである。

図2のA点における織度信号波形(図8-A)は図8に示したように高調波成分を含んでいて、振幅と周期が激しいために織度変化を容易に認識することができない。そのため、織度制御装置に入力する前に高調波成分を除去して、織度の変化状態を容易に認識できる状態に信号を整形する必要がある。このため、図2に示したようにフィルタを設定し、この出力の(図2のB点)信号波形と周波数分析の結果を図9に示す。なお、このフィルタの繰波周波数は約1 Hz(時定数は0.17 sec)と設定した。

この結果、本フィルタ(1次遅れ)の繰波周波数の遮断

Fig. 9 Frequency distribution of size signal

The frequency distribution and waveform (B) of size signal were obtained at point B as indicated in Fig. 2.

特性が良くないため、約30, 60 Hzの高調波成分はまだ認められるが、その成分は図8の結果に比較して著しく減少している。さらに、図中の信号波形Bは繰糸中に織度の変化を容易に知ることができる。一方、信号波形Bは比較電圧 $V_1 \sim V_8$ と比較するにはまだ振幅が激しく不適である。このため、織度制御装置のフィルタで電圧比較に適した波形に整形する必要がある。本フィルタの時定数の設定については、図9の結果に見られるように5 Hz以下の周波数成分が多く含まれていることや、1次遅れのフィルタの特徴である繰波周波帯域が広い(遮断性能が低い)こと等を考慮して実験的に検討した結果から、フィルタの時定数は1秒が適当と考え設定した。

3.1.2 比較電圧の設定

本報は繰糸中の生糸の織度が細限織度に達したら接緒を行う定織度方式¹¹⁾を前提としていて、この方式による繰糸目的の平均織度 $E[z]$ 、織限織度 C 、接緒時の平均繭糸織度 $E[\delta]$ と接緒時の繭糸織度の偏差 σ 等の関係は、統計手法によって(1)式のように理論的にはすでに得られている⁴⁾。

$$E[z] = C + \frac{E[\delta]}{2} \left[1 + \left(\frac{\sigma}{E[\delta]} \right)^2 \right] \quad (1)$$

ここで現行の蚕品種では、接緒の平均繭糸織度は約2.5 dであり、その織度偏差は約0.5 dである。したがって $(\sigma/E[\delta])^2$ は約0.04となり、実用的には無視できるので近似的に(1)式は(2)式となる。

$$E[z] = C + \frac{E[\delta]}{2} \quad (2)$$

本報の比較電圧 $V_1 \sim V_8$ の設定には(2)式の考え方に基づいた。

接緒点比較電圧 V_2 の設定：この電圧の設定方法は既報⁹⁾に示したように各織度値と電圧値との関係を求め、その結果から目的とする織度の電圧値 v_0 と、(2)式の

$E(\delta)/2$ に対応する電圧値 v_1 を計算より求めて、(3) 式のように設定した。

$$V_2 = v_0 - v_1 \quad (3)$$

上限比較電圧 V_1 の設定：この電圧の設定方法は、最も太い繭糸が1本接緒された時の電圧変化分 v_2 を実験より求め、(4) 式のように設定した。この理由は、現産品種の繭糸織度は約 4~1.5 d の範囲にあり、この織度内においてランダムに繭糸が接緒されるので、最大の繭糸織度を基準に設定する必要があるからである。

$$V_1 = V_2 + v_2 = v_0 - v_1 + v_2 \quad (4)$$

下限比較電圧 V_3 の設定：この電圧の設定は(5) 式により設定した。

$$V_3 = V_2 - v_1 = v_0 - 2v_1 \quad (5)$$

3.2 織度制御例と生糸織度

試作した織度制御装置と制御機構の機能を実験状態において検証する。

図 10 と 11 の記号を次のように定義する。A, B, C はそれぞれ図 2 の B, C, D 点での信号波形である。 $V_1 \sim V_3$ は図 1 で定義した各比較電圧である。D は上限による

Fig. 10 Example of size control in case of size exceeded upper control limit size

A: Signal waveform at point B as indicated in Fig. 2. B: Filtered waveform at point C in Fig. 2. Filter used is low pass filter with first order lag ($T=1\text{sec}$). C: Filtered waveform at point D in Fig. 2. Filter used is integrator and sampleholder ($T=1\text{sec}$). D: Stop instruction of reel in case of size exceeded level of upper control limit. E: Instruction cocoon feeding. F: Stop instruction of reel in case of size exceeded level of control limit. V_1 : Level of upper control limit size. V_2 : Level of limit size for cocoon feeding. V_3 : Level of lower control limit size.

繰停止, Eは接緒, Fは下限による繰停止等の制御出力を示す。なお、サンプル・ホールドを応用した波形整形器の出力(C)も参考のため図中に示した。

図 10 は設定した織度範囲内において、繭糸織度の変化と落緒をとまって生糸の織度は減少し、織度が接緒点に達すると本制御装置によって接緒指令が出力(図中の a)され、図 6, 7 の接緒機構と動作によって生糸織度は回復し繰糸が続けられる通常の繰糸状態と、接緒時(a')に 2 本以上の繭糸が接緒され生糸織度が上限に達して、繰糸が停止する状態を示したものである。

繰糸停止の指示 b は、繭粒付け修正後の停止解除(図 3-G)まで出力し続ける。図中の c 区間は繰糸が停止している時間を示し、さらにこの区間は織度値を推定するための情報収集を行わない。

ここで、 V_1 の設定値と繰糸状態について考察する。(4) 式で設定した V_1 値よりも低く上限値を設定するに従い、接緒される繭糸の織度は約 4~1.5 d に分布しているので、繰糸停止指示の回数が増加して繰糸中断が多発する。この繰糸中断を防ぐ手段として、接緒される繭糸の織度が上限内に適応するか否かを接緒前に調査することが考えられるが、このことは実用上不可能である。一方、 V_1 値を(4) 式で設定した設定値よりも高く設定するに従い、繰糸停止指示による繰糸中断の回数は減少する。しかし、現実には接緒の際、同時に 2 粒以上の繭が接緒されることが多くあり、この場合目的織度よりも太い織度を繰製することになり、織度の管理上好ましくない。

図 11 は接緒指示 a 後に落緒が発生し、生糸織度は急

Fig. 11 Example of size control in case of size exceeded lower control limit size

Meaning of symbols (A~F, $V_1 \sim V_3$) are the same symbol as indicated in Fig. 10.

激に低下して下限織度に達し、繰棒が停止指示 b によって停止した例を示したものである。本例は接緒指示に従って接緒機構が作動しているにもかかわらず、待期繭や整緒繭が無い場合有効接緒が得られず、生糸織度は低下して許容範囲の下限に達した場合の制御状態と同様と考えてよい。

図 12 は従来の自動繰糸機によって繰製した生糸の織度時系列 (図 12-A) と本報の制御方法によって繰製した生糸の織度時系列 (図 12-B) である。目的織度は 27 d とし、図中の各点は糸長 28m (25 回織度系) の平均織度である。

Fig. 12 Time series of size

Sample (A) and (B) used were reeled with the present automatic reeling machine and the proposed size control technique. Target size was 27 denier. A plot point as is shown in Fig. 12 was mean size at length 28m.

図 12 の A と B を比較すれば、A は織度の振幅が激しく織度のむらが生じているが、B の場合は A のそれに比較して安定している。さらに現行の制御系は接緒だけによって、織度管理を行う単一制御ループであるため、目的織度と著しく異なる。飛び織度が A に見られる。一方、B の試料は接緒の他に織度の上下限範囲を設定した制御系で繰製された生糸であるから、当然のことながら B には飛び織度は発生していない。

図 13 は従来の方法で繰製した生糸織度のヒストグラム (図 13-A) と、本報の方法で繰製した生糸織度のヒストグラム (図 13-B) を示したものである。サンプル数は 300, 1 サンプルの織度値は生糸糸長 28m の平均織度であり、目的織度を 27 d とした。

図 13 の結果は、図 12 に示した織度時系列の振幅に対応した傾向を示している。すなわち、A の分布は飛び織

Fig. 13 Frequency distribution of size

$\bar{X}$: Mean. V : Variance. s : Standard deviation. Sample (A) and (B) used were reeled the same technique in Fig. 12. Target size was 27 denier.

度を含み、広がりを持っている。一方、B の分布は目的織度の周辺に集中するとともに、B の統計値は A よりもすぐれていることが認められる。

図 10~13 の結果から次のような考察が得られる。すなわち、繰糸中の生糸の織度を一定の範囲内に保持するための 1 制御方式として考案試作した本報の制御装置と機構は、織度制御のための基本的な機能を持ち、本制御システムによって繰製された生糸織度の均一性は、従来の自動繰糸機によるそれよりもすぐれていることが認められた。

許容織度範囲、すなわち上下限の設定間隔が狭くなるとともに繰糸の中断は増加し、繰糸能率は低下するが、織度の均一性の面だけを見れば向上する。したがって、実用面において上下限織度範囲を設定する際には、繰糸能率と織度管理の両面からの検討が必要である。

4. 結 言

繰糸中に得られる織度情報に基づいて、アナログ量で織度の制御判断を行い、その判断結果を外部機構に出力する生糸織度制御装置と、従来の接緒・繰棒停止機構を応用した実験用繰糸機とを試作し、それらを結合させた織度制御システムの基本的な機能を実繰状態において検討した結果、次のように要約できる。

1) 本制御システムは生糸織度を一定の範囲内に依止する基本的な機能を持つことが認められ、飛び織度を防止することが可能である。

2) 織度制御装置の低域濾波器の時定数設定に際しては、繰糸速度の変化にともなって変化する織度信号の周波数特性を知ること、周波数の遮断特性の良いフィルタを選定する必要がある。

3) 許容織度範囲の設定に際しては、織度管理と繰糸能率との両面から検討する必要がある。

文 献

- 1) 大木定雄, 岡村源一; 繰糸糸条の織度感知装置 (特許), 特公昭 30-1956 (1955)
 - 2) 三戸森雄郎; 日蚕雑, **30**, 66 (1961)
 - 3) 小林 安; 織学誌, **19**, 46 (1963)
 - 4) 嶋崎昭典; 蚕試報, **16**, 531 (1961)
 - 5) 嶋崎昭典; 蚕試報, **18**, 359 (1963)
 - 6) 小野四郎; 生糸の品質向上に関する繰糸の基礎的研究 (学位論文), p. 10 (1966)
 - 7) 西出照雄; 織学誌, **32**, T-440 (1976)
 - 8) 西出照雄; 織学誌, **32**, T-445 (1976)
 - 9) 西出照雄; 織学誌, **33**, T-170 (1977)
 - 10) 日産自動車 (株); 繭検定用自動繰糸機 CT-1 型
 - 11) 中川房吉; “糸格向上製糸法”, 明文堂, p. 92 (1933)
-