

煮繭量の自動制御装置の一形式

誌名	蠶絲試験場彙報
ISSN	03853594
著者	竹川, 寛 小林, 源治
巻/号	95号
掲載ページ	p. 53-63
発行年月	1972年12月

煮繭量の自動制御装置の一形式

竹川 寛・小林源治

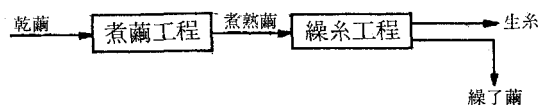
自動繰糸機を中心とする現在の製糸工程において、生糸の生産を円滑適正に行ない、生産成績の向上をはかるには、繰糸工程内を巡行する繭数は必要最少限に維持されるよう、新繭の補給と生産される生糸量とのつり合いを保ちつつ、繰糸機に滞留あるいは繰糸機内を移行する繭数の変動をできるだけ少なくするように適切に管理することが必要であるといわれており、これに関する管理理論は鳴崎ら²⁾により報告されている。しかるに、繰糸工程への新繭補給源は煮繭工程にあるから、ここで煮繭すべき繭量は、繰糸状態と関連して過不足のないように調整されることが望まれる。すなわち、繰糸工程で必要とする繭量に見合った量が煮繭され、繰糸工程へ配繭されるよう、常に煮繭・繰糸間の繭需給関係が平衡調節される機能を備えることが肝要である。現在、繰糸機よりの繭量要求情報を煮繭機にフィードバックして、これを自動的に制御するシステムはまだ完成されていない。それゆえ両者間の需給繭量の調節管理は、もっぱら作業者の判断にまかせられており、一般には繭量が不足して繰糸状態が混乱することのないよう、煮繭機では必要以上の繭を煮繭する傾向をとるため、煮溜めをつくったり、新繭補充槽に大量の繭が貯留されて繭の送りが悪くなり、その調節には常に注意を払わなければならない。

製糸工程の自動化をさらに高め、工程を適正に運営するためには、これを自動制御化することは当然必要であろう。著者らは、繰糸における繭量の要求情報に対応して煮繭量が自動的に調節され、煮繭・繰糸両工程間の繭量の需要供給関係が、均衡を保たれるような制御システムを設計し、また、そのような繭量平衡調節装置を試作して当所の煮繭・繰糸機にとりつけ実験した結果、所期の成果が得られたので、以下その経過と構造について報告する。

本稿とりまとめに際しご助言、ご校閲をして下さった岡谷製糸試験所長吉住章氏に深く感謝の意を表します。またこの研究の実施に当たり、終始ご指導いただいた絹繊維部長牧裕氏に厚くお礼申し上げます。

I 制御システムの基本的な考え方

現在の煮繭・繰糸工程は、原材料である繭を煮繭して、それを製品である生糸にするため、繭を運搬する過程と処理・加工する工程が有機的に結合した機構を形成しており、原料「まゆ」は最終的に落繭分離部から繰了繭となって排出される。これを流れ線図で示す



第1図 まゆ移行のブロック線図

ば第1図のように、煮繭工程から送られた「にまゆ」（煮熟繭）は繰糸工程という1つの暗箱を経て、生糸と繰了繭の2つの形となる。それゆえ、繰糸工程内で消費される繭量は、繰了繭の数で示されるはずであるが、これがただちに必要繭量を表わす情報とはなりにくい。なぜならば、繰糸工程は前述のように幾つもの過程が多数連なっており、繭はそれらの部分を経る過程で形質が変化してゆくこと、またその移動経路は、幾通りもの重複循環をして、各部分での繭量は種々変動すること、さらに、この繰了繭数の計測法がむずかしいこと等による。

現在、一部の繰糸機には、煮繭機にもっとも近い新繭補充槽内の待機繭量を検出して、煮熟繭を要求する単一ループ補給系を備えたものがあるが、この要求動作は不同的に断続する非連続な信号であり、これだけでは両者の需給バランスをとるのに、十分な機能を備えたとはいいがたい。

ところで、繰糸機の小枠回転数（繰糸速度）は、生産能率や繰糸状態の適否を判断するうえで、有力な標識の1つになっていると同時に、その遅速は直接繰糸量の多少に関係するので、繰糸工程の繭消費量を間接的に表わす情報になりうるものと考えられる。また、回転数あるいは回転速度の電気信号への変換は、比較的容易であって、その変化を連続的に検出できることは前者よりも有利である。工程情報を1つで代表するのみでは十分でないが、この信号のもつ情報内容は、新繭補充信号より有機的であると考えられる。

このような考えから、煮繭機および繰糸機を含む繭の流れ系に、この小枠回転数を繰糸工程での必要繭量情報とし、煮繭機で煮繭すべき繭量を調節して、両者間の繭需給バランスを保たせる静的システムを想定し、制御システムの設計と装置の試作をすすめた。

II システムの構成と機能

1 小枠回転数を標識とする制御系⁴⁾

(1・1) 構成および機能の概要

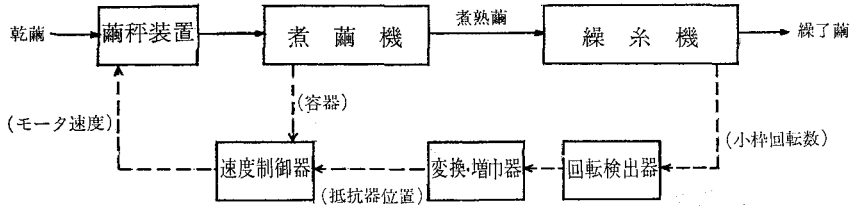
制御系を具体化するための具備条件並びにその信号伝達系を示せば、第1表および第2

第1表 制御系構成条件

項目	煮 繭	繰 糸
目 標	煮 繭 量 (供給量)	平 衡 繰 糸 量 (消費量)
条 件	煮繭量が任意に変えられる	必要繭量が適切に検出できる
機 構	煮繭量が自動的に調節できる機構の繭秤装置	繰糸小枠回転速度が連続的に計測できる機構の回転計
適用器機の1例	粒数制御方式自動繭秤装置（注）	電気式回転数検出器
制 御 変 数	繭秤装置のモータ回転速度	小枠回転数の変換出力電圧
操 作 量	変速モータの界磁電流	偏差電圧
操 作 器	可変抵抗器の回転角角度（電気抵抗）	平衡用サーボモータ

注 粒数制御方式自動繭秤装置の概要

繭が1粒並びに整列できる区画付ベルトを、容器の進行速度に同期させて廻転し、容器1個に対して3～10区画分の繭量が落下投入されるような構造の煮繭機繭供給装置。



第2図 繭の流れと信号伝達系のブロック線図

図のようである。

本システムは第2図に示すように、小枠回転数検出部、これを電圧に変換する変換部、さらに電圧を増大する増巾部、変速モータの回転速度を制御する速度制御部、煮繭量が自動的に調節できる煮繭機用繭秤装置、煮熟繭を各新繭補充槽にそれぞれ単独に直送できる水流式配繭装置および煮繭機・繰糸機を、フィードバック結合系に形成した。なお本図では煮繭機1台が繰糸機1セットへ煮熟繭を供給する単数例の場合を示し、繰糸機の繰糸量に相当する必要繭量信号は小枠回転数とし、これを煮繭機繭秤装置用変速モータの回転速度にフィードバックする制御系を構成した。

この種の制御系の機能を一般的に略記すれば、いま煮繭機、繰糸機を結合した繭の流れ系と、検出部から速度制御部に伝送される信号伝達系を、それぞれ1つの伝達要素と考え、繭秤装置用変速モータ回転速度(供給繭量)を入力とし、小枠回転数すなわち繰製生糸量(消費繭量)を出力とするフィードバック結合系とみることができる。この2つの要素の伝達関数をそれぞれ $G_1(s)$ 、 $G_2(s)$ とし、第3図(a)のような結合とすれば、その合成伝達関数 $Gc(s)$ は¹⁾

$$E(s) = X(s) - Y_1(s)$$

$$\frac{Y(s)}{E(s)} = G_1(s)$$

$$\frac{Y_1(s)}{Y(s)} = G_2(s)$$

なることより

$$\frac{Y(s)}{G_1(s)} = X(s) - G_2(s) Y(s)$$

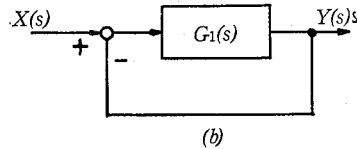
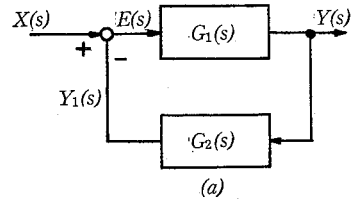
これを变形すれば

$$Y(s) [G_1(s) G_2(s) + 1] = G_1(s) X(s)$$

$$\therefore \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{G_1(s)}{1 + G_1(s) G_2(s)} = Gc(s) \quad \dots\dots(1)$$

$G_2(s) = 1$ のときは同図(b)となり

$$\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{G_1(s)}{1 + G_1(s)} = G'c(s) \quad \dots\dots(2)$$



第3図 要素のフィードバック結合

一方繭の流れ系のみに着目すれば、流体がある距離をへだてて到達するのに「おくれ」をもつように、繭秤装置から煮繭機へ投入(供給)された繭は、繰糸機の巻取部分で生糸に繰製され、繰了繭となって排出するまでには当然時間がかかるので、これは「むだ時間」をもった要素と考えられる。

むだ時間を Tl とし、要素への入出力をそれぞれ $x(t)$, $y(t)$ とすれば

$$y(t) = x(t - Tl)$$

によって与えられるこの要素の伝達関数 $G_l(s)$ は

$$G_l(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = e^{-Tls} = G_1(s)$$

で表わされるから

$$G_c(s) = \frac{e^{-Tls}}{1 + e^{-Tls}G_2(s)}$$

この場合信号要素の伝達関数 $G_2(s)$ は、繭の流れ系にくらべて信号の伝達速度は殆んど無視しうるほど早いから、(2)式によって

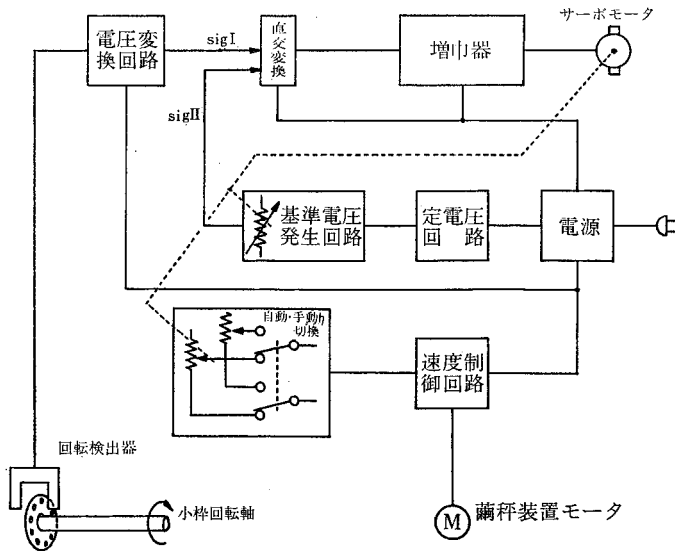
$$G'_c(s) = \frac{e^{-Tls}}{1 + e^{-Tls}} \dots\dots\dots(3)$$

となり、制御工学的にみれば煮繭・繰糸工程は、(3)式の伝達関数をもつ繭量変換器とみることができる。

このシステムの装置化に当っては、繰糸機の小枠回転基軸にスリット型回転円板と近接スイッチ（無接触回転パルス発振器）を取りつけて、繰糸速度の検出器とする。この発振出力は微分・積分回路からなる電子回路で、小枠回転数に比例した直流電圧に変換され（これを sig I とする）、需給平衡が保持されているとき、あらかじめ設定した基準電圧（sig II）と比較して、その偏差電圧（sig I - sig II）を差動増巾器で増大し、サーボモータを駆動する。サーボモータの回転軸と連動するように設けた可変抵抗器（ポテンシヨメータ）は、前述の繭秤装置用変速モータの速度設定励磁電圧を変化させるように構成し、小枠回転検出器と変速モータ以外は同一筐体に収容する。

(1.2) 動作の説明

第4図は構成回路の原理図である。



第4図 制御回路原理ブロック図

いま需給関係が平衡状態にあるとき、sig I と sig II とは同電位であるから、サーボモータは静止している。もし、繰糸機側で小枠回転数を増加（または減少）すれば、発生変換電圧が sig I から sig I' になるため、最初設定した基準電圧 sig II との電位平衡がやぶれ偏差が生じる。偏差電圧は増巾されて、サーボモータを偏差が打消される方向と差分だけ駆動回転させるため、これに連動するように設けた2個の可変抵抗器のうち、1つはしゅう動して sig II が sig II' となり sig I' と同電圧に、他の1つもしゅう動して新平衡位置にせん移して繭秤装置用変速モータの界磁抵抗が変化されるため、繭秤装置用のモータの回転速度が変わり、したがって容器へ投入される繭の量（煮繭量=供給量）は増加（または減少）する。

このように、繰糸速度の変更に対応して煮繭量が増減し、煮繭・繰糸両機間の繭供給消費のバランスが維持されるように作動する。なお、繰糸速度の変化比に対する変速モータの速度比（煮繭量比）は、基準電圧発生回路の補助分圧抵抗器の調整で任意に設定でき、また、この装置の自動・手動運転は、切換スイッチの操作で簡単に行なうことができる。

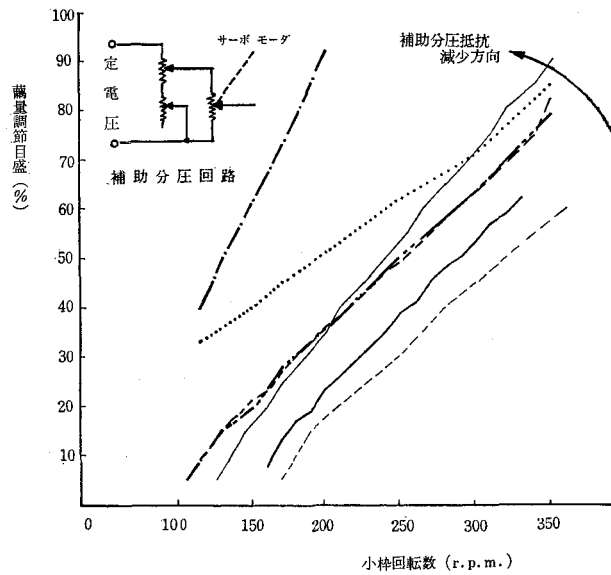
(1.3) 作動の結果

本装置の補助分圧抵抗器の抵抗値を、0~100%まで可変した場合の小枠回転数に対する繭秤装置用変速モータ回転速度調節抵抗、すなわち煮繭量（可変抵抗器の回転角度目盛%で表示する）の変化は、第5図のようであり、分圧抵抗値が小さいほどその変化率は小さい。また、小枠回転数に対する発生変換電圧との関係は、第6図のように正比例する。

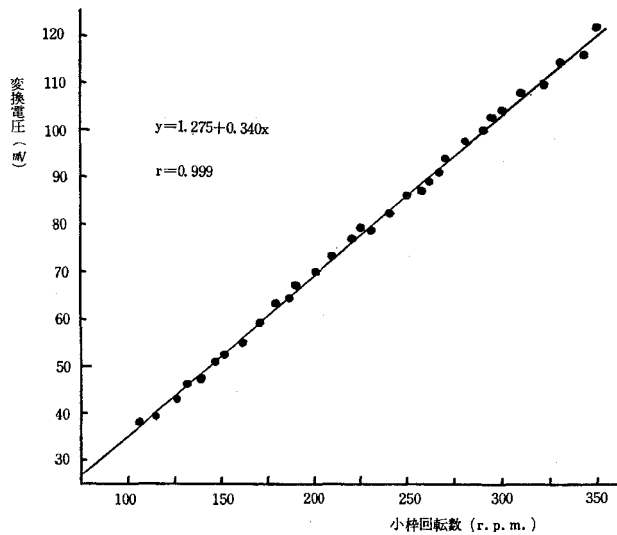
第2表 小枠回転数と変換電圧および繭量との関係

小枠回転数 (r.p.m.)	105	115	125	135	140	150	160	170	
変換電圧 $\left(\frac{DC}{mV}\right)$	37.5	40.2	43.7	46.9	49.0	52.6	55.1	59.5	
繭量目盛 (%)	5	9	13	17	18	21	23	27	
[可変抵抗器 回転角度]		33	35	37	38	40	8	13	
								45	
180	190	200	210	220	230	240	250	260	270
62.9	66.6	69.8	72.8	76.1	78.7	82.9	86.5	89.9	93.3
30	33	36	38	41	44	47	49	52	55
17	19	23	26	29	32	35	39	41	45
48		51					62		65
280	290	300	310	320	330	340	350	(x)	
96.8	99.9	103.2	107.2	110.3	113.9	116.2	121.9	7回測定平均値(y)	
58	61	63	66	69	72	75	81	補助分圧抵抗 50%程度の場合	
48	50	53	57	59	62	65	69	//	
	70						85	100%に近い場合	
								//	
								0%に近い場合	

注 回転数および電圧測定は横河電機製「光電式回転計」,「デジタル電圧計」による。



第5図 分圧抵抗を変化した場合の小棒回転数と蒸量調節目盛



第6図 小棒回転数と変換出力電圧との関係

当所の煮繭・繰糸機に本装置をとりつけ、実験した結果は、分圧抵抗零パーセント、小棒回転数 260r.p.m.、煮繭量 65% (目盛) で需給が付き合っていたとき、小棒回転数を 200 r.p.m. に低速すると、同上目盛は50%に遞減し、煮繭量が小棒回転数の減少した率だけ少なくなって、需給のつき合いが保持するように作動した。

かように、繰糸速度に追従して繭秤装置用変速モータの回転数が増減し、煮繭量の調節が自動的に行なえることが確かめられた。しかし、煮繭機には繭投入から煮上りまでに、煮繭所要時間があり、この時間の「おくれ」は、当然繭の過剰現象として現われた。

2 応答時間おくれ対策

前記1項のシステムにおける実験結果のように、繰糸機側で小枠回転数を変更させた時点で、煮繭処理中の容器内にある繭量は、その回転変更前の繰糸速度に対応した量のものであるから、これが煮上って排出するまでの間は、変更後の繰糸要求量に対応したのではないため、過不足を生ずる結果となった。したがって小枠回転数を変更したとき、これをただちに補正しなければ、両者の需給平衡は完全に保ち得ないわけである。

(2・1) 繭容器進行速度可変機構付加

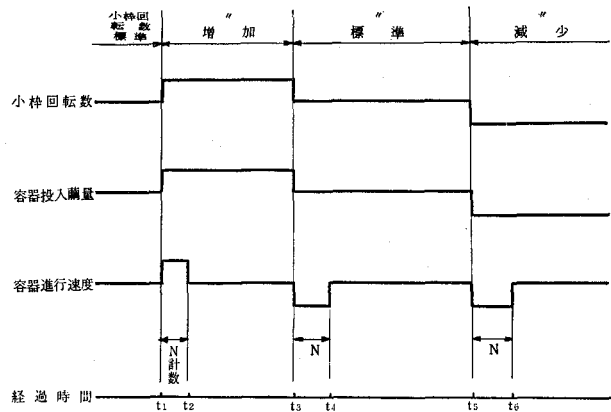
上記の補正は、煮繭機の繭容器の進行速度を増減させて行なう対策法を採用した。この方法は小枠回転数、煮繭量、容器速度三者の間の調節機能を、第7図に示すタイムチャート³⁾のような動作を行なわせることにより、平衡関係を完全に維持させようとするものである。

第3表 小枠回転数変更にもなる煮繭量，容器速度の変化と変速期間

項目 経過時間	R	M	V	T
～ t ₁	R _s	M _s	V _s	
t ₁ ～ t ₂	R ₁	$M_1 = M_s \cdot \frac{R_1}{R_s}$	$V_1 = V_s \cdot \frac{R_1}{R_s}$	$\frac{L}{V_s} \cdot \frac{R_s}{R_1} = N$ 計数時間
t ₂ ～ t ₃	R ₁	M ₁	V _s	
t ₃ ～ t ₄	R _s	M _s	$V'_s = V_s \cdot \frac{R_s}{R_1}$	$\frac{L}{V_s} \cdot \frac{R_1}{R_s} = N$ 計数時間
t ₄ ～ t ₅	R _s	M _s	V _s	
t ₅ ～ t ₆	R ₂	$M_2 = M_s \cdot \frac{R_2}{R_s}$	$V_2 = V_s \cdot \frac{R_2}{R_s}$	$\frac{L}{V_s} \cdot \frac{R_s}{R_2} = N$ 計数時間
t ₆ ～	R ₂	M ₂	V _s	

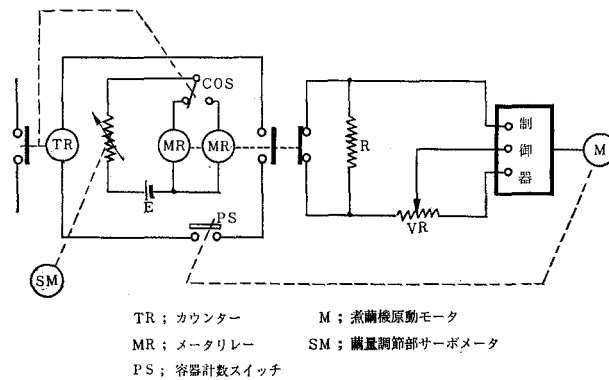
注 R：小枠回転数 (r.p.m) M：煮繭量 (容器投入繭量, 粒)
 V：容器進行速度 (cm/min) T：容器速度変速期間 (min)
 L：有効容器数長 (cm, 定数) N：有効容器数 (個, 定数)
 但し MはVにより不変とする。また R₁, R₂の持続時間が L/V_{1,2} より大きいものとする。

繭容器進行速度を変速させていなければならない期間は、小枠回転数の変更前の繭量が入っている容器が、煮上るまでの時間 (有効煮繭時間) でよい。この時間を測定するには、通常の「タイマー」等で時間計測することが考えられるが、煮繭機で繭を投入する給繭部から煮上部に至る間の容器数は、それぞれの煮繭機について、一定個数をもつ定数値であり、煮繭時間の如何にかかわらず無関係であることを利用する方法は、時間測定法より有利である。ここでは「カウンター」(計数途中の自動復帰が可能な「オート・プリセット型カウンター」)を用いて繭容器数を計数し、変速継続期間を決定することにした。



第7図 まゆ量調節装置のタイムチャート

なお、小枠回転数を変更されたことを検知する必要があるが、これには「メーターリレー」を使用し、これらを組みたて配線した器機を、前記1の装置へ追装した。この制御回路の原理図を第8図に示す。



第8図 小枠回転数の変更検知と変速時間制御原理図

(2.2) 動作の説明

いま、煮繭・繰糸両工程間の繭需給関係が、ある平衡状態を保持されていたとき、小枠回転数を急変すると、ただちに繭秤装置からの投入繭量（煮繭量）は、その変化に応じて調節されることは1項で述べたとおりである。それと同時に本追加装置は、小枠回転数変化を「メーターリレー」が検知する。「メーターリレー」は可動指針と設定指針を備え、可動指針は小枠回転数を表示するので、それがあらかじめ定めた設定指針の範囲外になったとき、煮繭機の原動モータ（変速可能な原動機であるを要す）の回転速度は変えられるため、容器の進行速度が変更される。この変更した容器速度の持続する期間は、煮繭・繰糸両機の間が存在する時間的ズレによって生ずる繭量の過不足を、補償するのに要する時

間である。この時間の測定には、前述のように、煮繭処理中の定容器数を数えることで代替でき、「プリセットカウンター」がこれを計数する。定数個を数え終われば、煮繭機原動モータのみ最初の回転速度に戻り、今度は、煮繭機から変更した小枠回転数に応じて投入された量の煮繭が排出される。もし、一定個数を数え終わらないうちに、小枠回転数をもとの繰糸速度に戻したときは、「メーターリレー」および「カウンター」はともに自動復帰するので、容器進行速度も初期設定時間の速度に戻る。

(2.3) 作動の結果

これらの動作の判定は、シミュレーションで十分知ることができるので、繰糸機の小枠回転と煮繭機の容器進行速度が同等に得られる回転機構を、小型の速度制御モータでそれぞれ組み立て、「煮繭・繰糸シミュレータ」とし、試作した本装置に連結して運転した結果は、前記(2.2)の項で述べたとおりに作動することが確認できた。

III 考 察

以上のことを考察するに当り、容器速度の可変範囲の問題を、あらかじめ考慮しておく必要がある。煮繭機の繭容器進行速度、すなわち有効煮繭時間は、使用原料繭の性状にもとずき、煮繭機の処理温度とともに決定されるものであり、これらの変動は直接繭の煮熟度に影響を与えるから、広範囲に変化できない。製糸工場では、運転中にこれを変えなければならない必要が生じたとき、通常設定時間の20%前後は変えているが、処理温度との併行制御機能をもたない現状では、変更範囲にもおのずから限界があり、最大3分以内にとどめるべきであろう。

本システムでは、原料繭の性状により、「メーターリレー」の設定指針および煮繭機原

第4表 粒数制御方式繭秤装置の性能

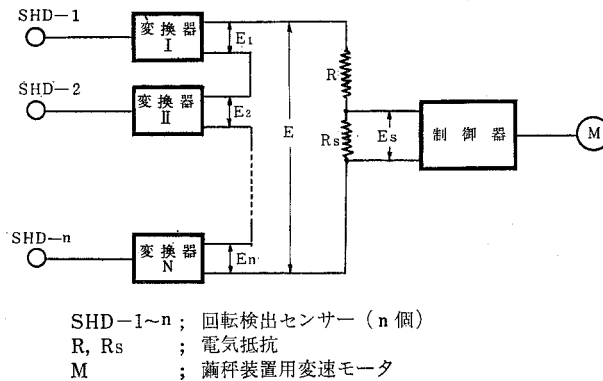
繭量設定目盛	平均粒数	標準偏差	変動係数	調査容器数
55 % (27.5)	9.6±1.42 粒	8.2 粒	85.8 %	128 個
60 (30.0)	25.8±0.83	10.5	41.1	617
62.5 (31.3)	21.3±0.32	8.9	41.7	696
65 (32.5)	28.0±0.89	12.9	46.1	808
67.5~70.0 (35.0)	34.0±1.05	13.0	38.3	598
75 (37.5)	48.8±1.97	19.0	39.4	361
80 (40.0)	58.6±4.72	28.6	48.9	141

- 注 1) 供試繭：昭和34~40年春、初秋、晩秋、茨城・山梨合併繭
 2) 煮繭時間：14分（投入から排出までの有効時間）
 3) 設定目盛欄（ ）内数字：無負荷時における変速モータの回転速度（r.p.m.）
 4) 平均粒数の信頼限界：95%

動機速度制御抵抗器の調整で、容器速度の可変範囲が任意に選択決定できるようにした。

このように、容器進行速度の変化範囲が限定されること、また繭秤装置の機構の問題があって、容器進行速度が変更されているとき投入される繭量は、厳密に言えば、小枠変速比に対応した煮繭量にはならない。しかし、これは繭秤装置の性能として、投入繭量変動が大きいことで（第4表参照）無視してさしつかえないものと考えられる。

なお、新繭補充槽を2つ以上有する複数線セットの場合については実験していないが、その方式は第9図のように、小枠回転検出器のセンサーおよび変換部分を直列接続して、その総合発生電圧を単数例の場合と全く同様に本装置に入力すればよく、補充槽が増加するほど、繭の受け入れ容量に余裕性が加算されるため、システム全体としての調節平衡はとり易くなり、この意味で精度は向上するものと予想される。



第9図 複数個センサーの接続図

注 図において $E_1 \sim n$ を各小枠回転数に比例し発生した電圧とすると

$$E = E_1 + E_2 + \dots + E_n$$

$$R = (n-1)R_s \text{ とすれば}$$

$$E_s = \frac{R_s}{R_s + (n-1)R_s} \cdot E = \frac{1}{n} \cdot E$$

発生電圧の代数和の $1/n$ が制御器に加えられる。

IV む す び

煮繭量の自動制御をはかる一形式として、線糸機の小枠回転数に対応して、煮繭機の繭投入量および繭容器進行速度を調節または一時可変して、線糸工程が必要とする繭量に合った量が煮繭され、煮繭・線糸両工程における繭の供給消費のバランスを自動的に合わせ、生産を円滑に遂行するための制御システム、並びにその装置を完成した。しかし煮繭機、線糸機両者間の最初の平衡条件を決めるのには、使用する原料繭や、煮繭および線糸条件によって、線糸工程の必要繭量が変化し、その都度手動によって変更しなければならない。したがって、それらの情報処理システムの開発もあわせて行なう必要がある。

参 考 文 献

- 1) 榎木義一・添田 喬 1966 自動制御 日新出版 東京
- 2) 嶋崎昭典・赤池弘次 1966 製糸工程の統計的管理法に関する研究(IV) 自動繰糸工程における煮熟繭移行の管理に関する研究 蚕試報 20:71-182
- 3) 高井宏幸・大野秀嶺 1969 実用シーケンス制御ポケットブック オーム社 東京
- 4) 竹川 寛・小林源治 1972 繰糸量に対応する煮繭量の自動調節装置について 製糸絹研究発表集録 21:29-31