

多点プログラム制御装置

Thermal Control Equipment for Dyeing Solution

坂口 光雄* 鎌田 安治**
Mitsuo Sakaguchi Yasuji Kamata

川上 昌幸** 加藤 和男***
Masayuki Kawakami Kazuo Katô

要 旨

従来染色工業では、自動化があまり進んでいなかったが、近年企業規模が大きくなるに伴い、制御の自動化、集中管理が要求されるようになってきた。

今回、染色槽の温度プログラム制御、制御結果の監視、記録、運転に必要な各種報知の機能をもつ、集中制御装置を開発した。プログラムはデジタル設定で、設定の解読を数値計算することにより、取扱を容易なものにした。また制御系統は、従来のレジスタ、D-A変換器の各点ごと設置を改め、これを1台にしたこと、および新たに開発したサンプルホルダ、ブリッジ回路などの採用により、床面積を縮小するとともに信頼性および精度の向上を図った。

1. 緒 言

従来染色工業は、企業規模が比較的小さく、自動化があまり行なわれておらず、温度制御としては、一部でカム式のプログラム設定器とPID調節計を組み合わせた装置が使用されていた程度であったが、近年、企業規模が大きくなるにつれ、合理化の気運と相まって、温度制御の自動化、集中管理が要求されるようになってきた。

プログラム設定器としては、今まで、メカニカルなカムによるもの、光電素子とサーボ機構を組み合わせたものなど、アナログ式のものが多かったが、プログラムの設定、起動停止の操作に時間がかかる、パネル面数が多くなるなど集中化する場合に難点があった。

今回新たに開発し、東海染工株式会社殿に納入した装置は、デジタル演算装置を使用し多数の染色槽の温度を集中的に管理、制御するもので、制御結果の監視、記録、各種報知の機能を持った多点プログラム制御装置である。以下本装置による染色プロセスの運転の概要と、今回新たに試みた温度制御系統について述べる。

2. 制 御 対 象

図1にプラントのブロック図を示す。図中の染色槽は約100槽のうちの1槽分を示したものである。表示盤は各染色槽ごとに槽の近くに設けてあり、プログラムの運行状況を運転員に報知する。電話機は、染色槽数台に1台の割合で設置されており、現場と計器室の連絡に用いられる。計器室は、各染色槽を見わたせる位置にある。図2は制御装置の外観、図3はプログラムの例である。

温度制御の熱源には熱水を使用している。ボイラから出た熱水をポンプで加圧し、各染色槽に分配する。槽で放熱した熱水は、これをボイラにもどし、加熱して再度、熱源として使用する。

染色槽の熱的な特性は、形式、容量によって相違があるが、代表的な回転形では、熱水弁全開にて10分間で約40℃温度が上昇し、

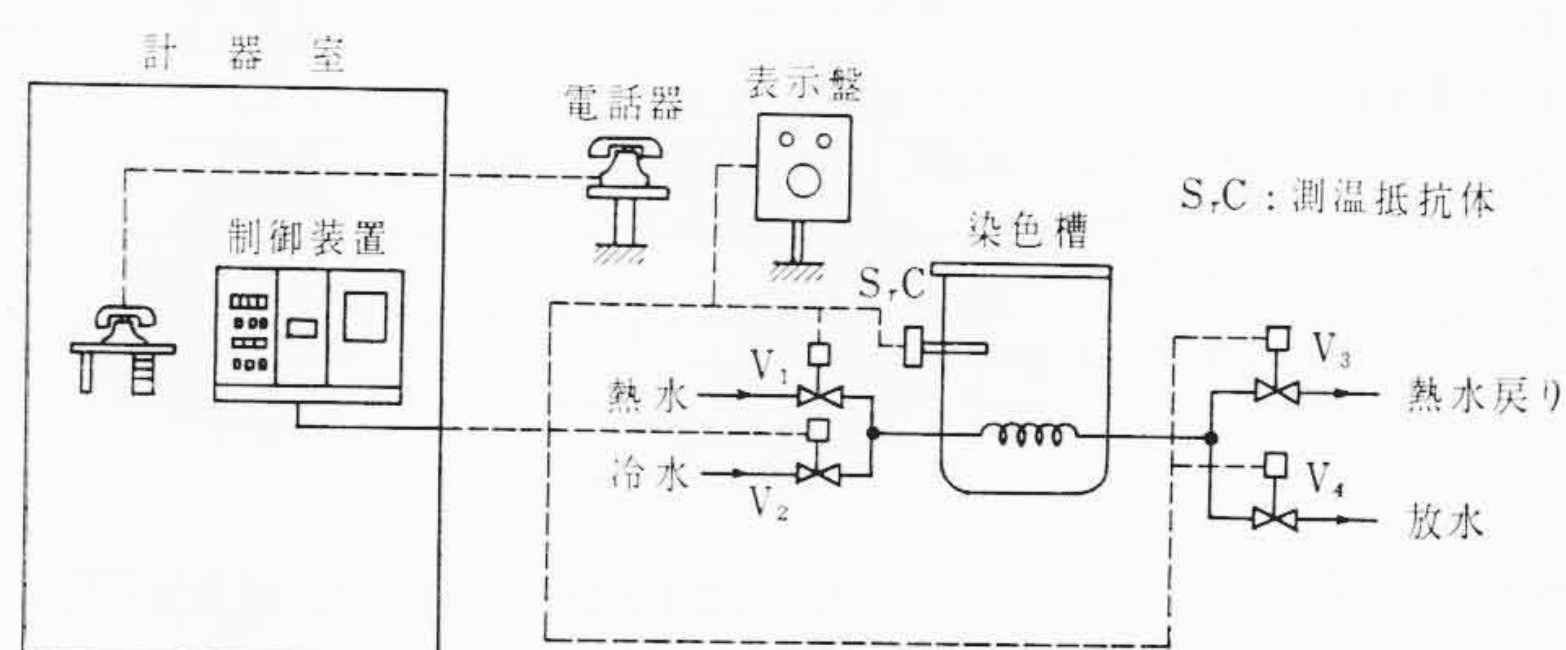


図1 プラント・ブロック図

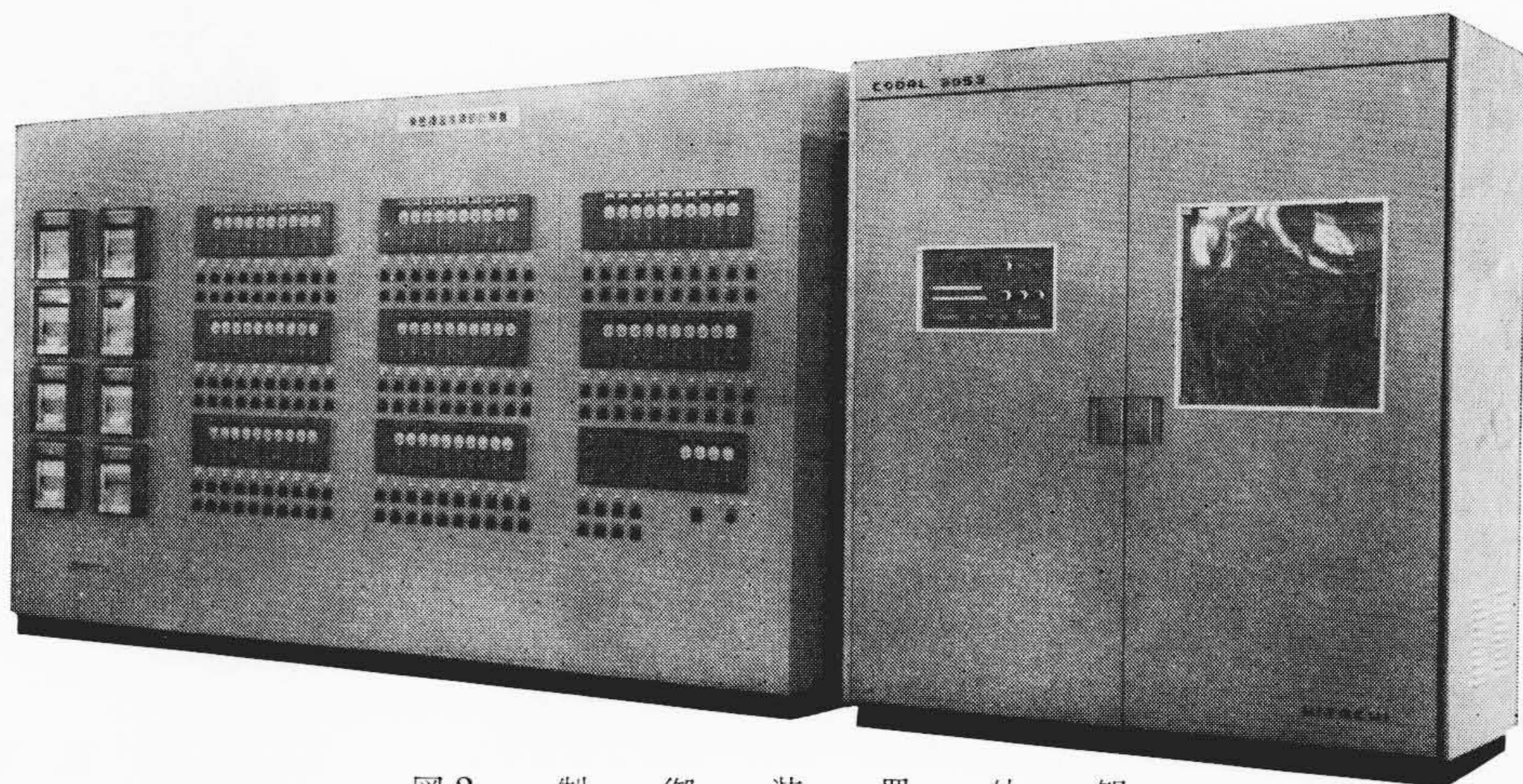


図2 制御装置外観

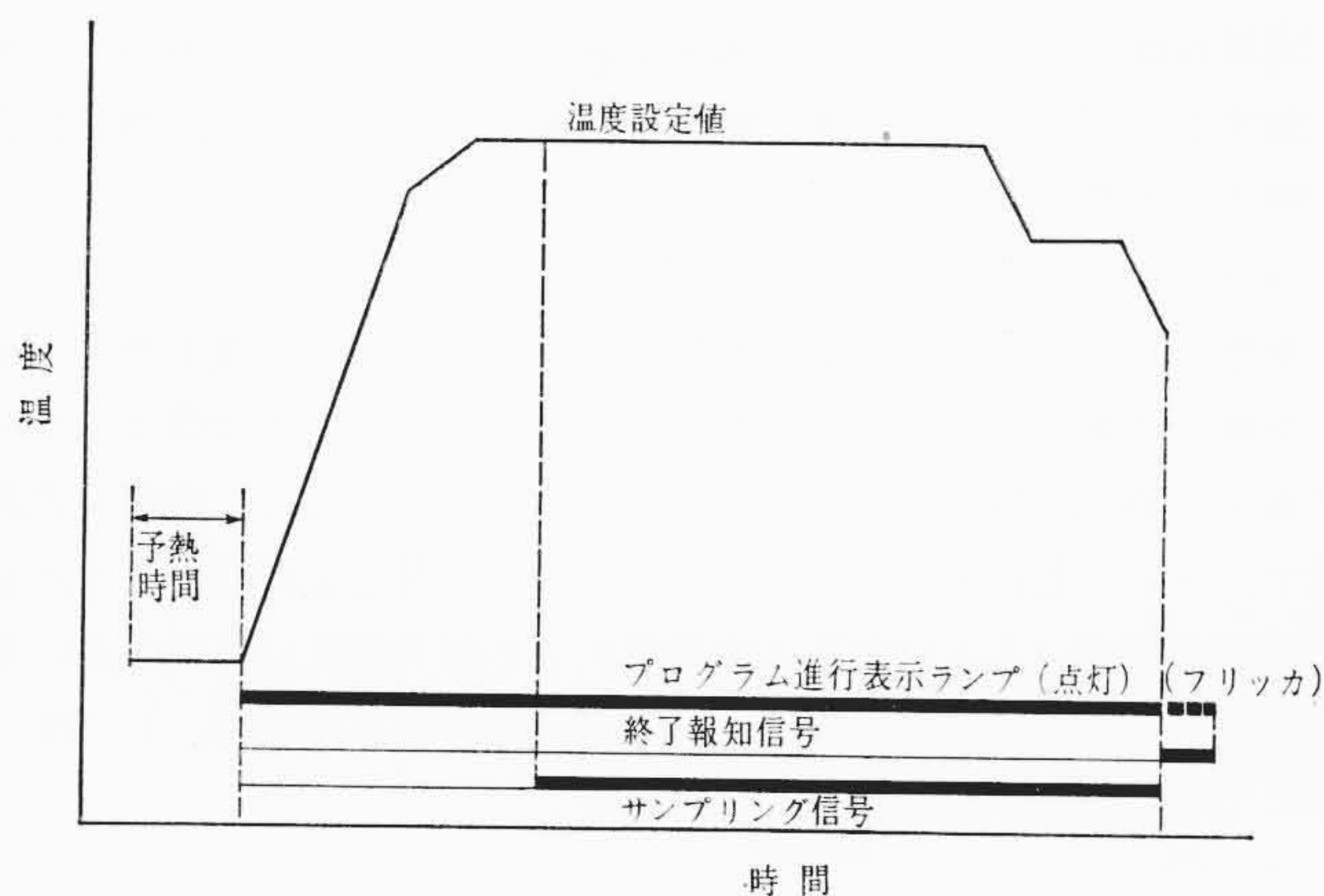


図3 プログラムの例

* 東海染工株式会社岐阜事業所

** 日立製作所国分工場

*** 日立製作所日立研究所

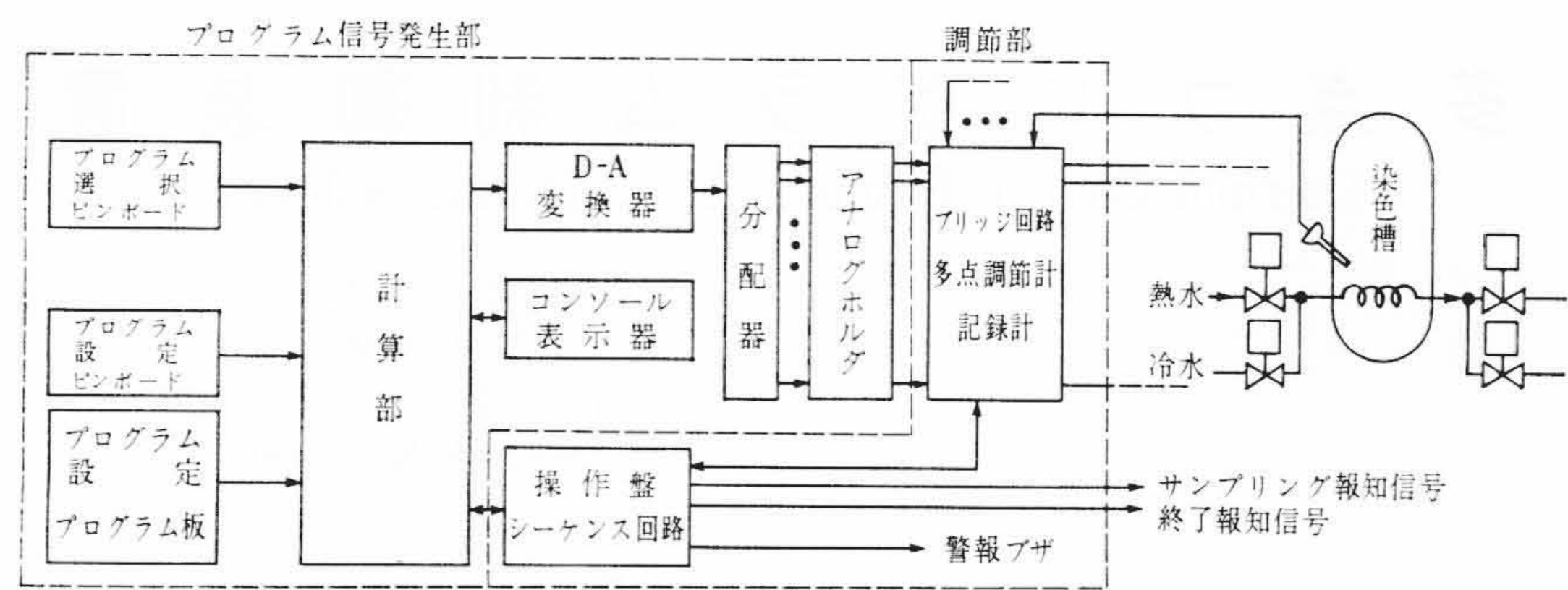


図 4 制 御 装 置 プ ロ ッ ク 図

表 1 制 御 装 置 仕 様

項 目	仕 様	備 考
入 力	測 温 抵 抗 体	Pt 25 Ω
出 力	温度制御用バルブ駆動信号	リレー接点
	サンプリング信号	リレー接点
	プログラム終了報知信号	リレー接点
プログラム設定	ピンボードおよび磁気コア式半固定プログラム板	設定解読は数値計算による。約50種
D-A変換器	ラダータイプ 入力2進10けた出力0〜5V 1台	
調節計	MCS形多点調節計 補償付オン・オフ調節計、警報機能付	比例帯：各点個別設定
記録計	VKP ₃₄ A 形打点式記録計	温度記録用
	VKP ₃₄ A 形ペン書記録計	検 定 用

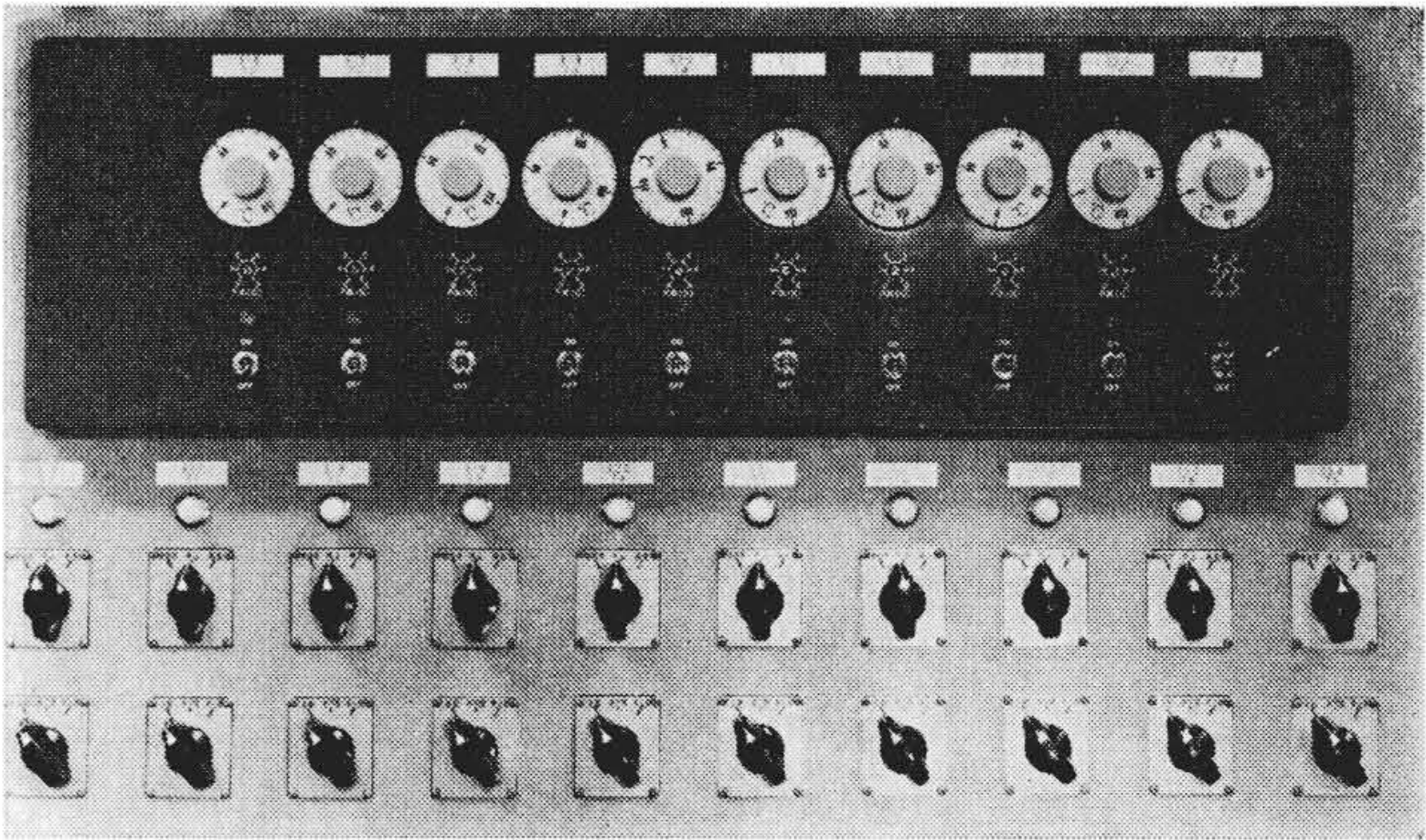


図 5 操 作 パ ネ ル 外 観

熱水弁全閉にて、自然冷却した場合は10分間で約2℃温度が下降する。このように放熱が少ないので、昇温と一定温度保持は熱水により、下降は冷水により制御される。槽内部の染色液をポンプで循環させているため、無駄時間は、熱時定数に比べて、無視できるくらい小さい。

- 運転操作の順序は次のとおりである。
- (1) 染色槽に被染色物と染料を入れ、準備ができれば電話で染色槽の番号とプログラムの種類を計器室に連絡する。連絡が済んだら、運転員は、報知信号があるまで他の仕事にまわることができる。
 - (2) 計器室では、連絡によって、あらかじめ選択してあるプログラムを操作スイッチによりスタートさせる。
 - (3) プログラムが進行し、所定の時間が経過すると、制御装置から信号を出し、現場設置の表示盤のランプを点灯し、同時にブザーを鳴らして、運転員に染色の具合をチェックするよう報知する。
 - (4) プログラム進行中に、コンソールで経過時間および目標値の呼出し表示をする。
 - (5) プログラムが終了すると、制御装置から終了信号を出し、現場設置の表示ランプを点滅するとともに、ブザーを鳴らして報知する。プログラムが進行中であるか、終了したかは、制御装置盤上にも表示する。
 - (6) 次の染色の準備をし、(1)から再開する。

染色プロセスの温度制御で重要なことの一つは、温度を規定の値より高くすると急激に被染色物の品質が悪くなり、規定値より低くすると、染色に長時間かかることである。したがって、温度を高精度で、安定に制御することは、品質の向上、製造工程の能率化に直接結びついているといえる。本装置による制御結果は、染色槽の種類などによって、多少の相違はあるが、設定値との差が、1〜2℃以下に入っており、所期の目的を達した。

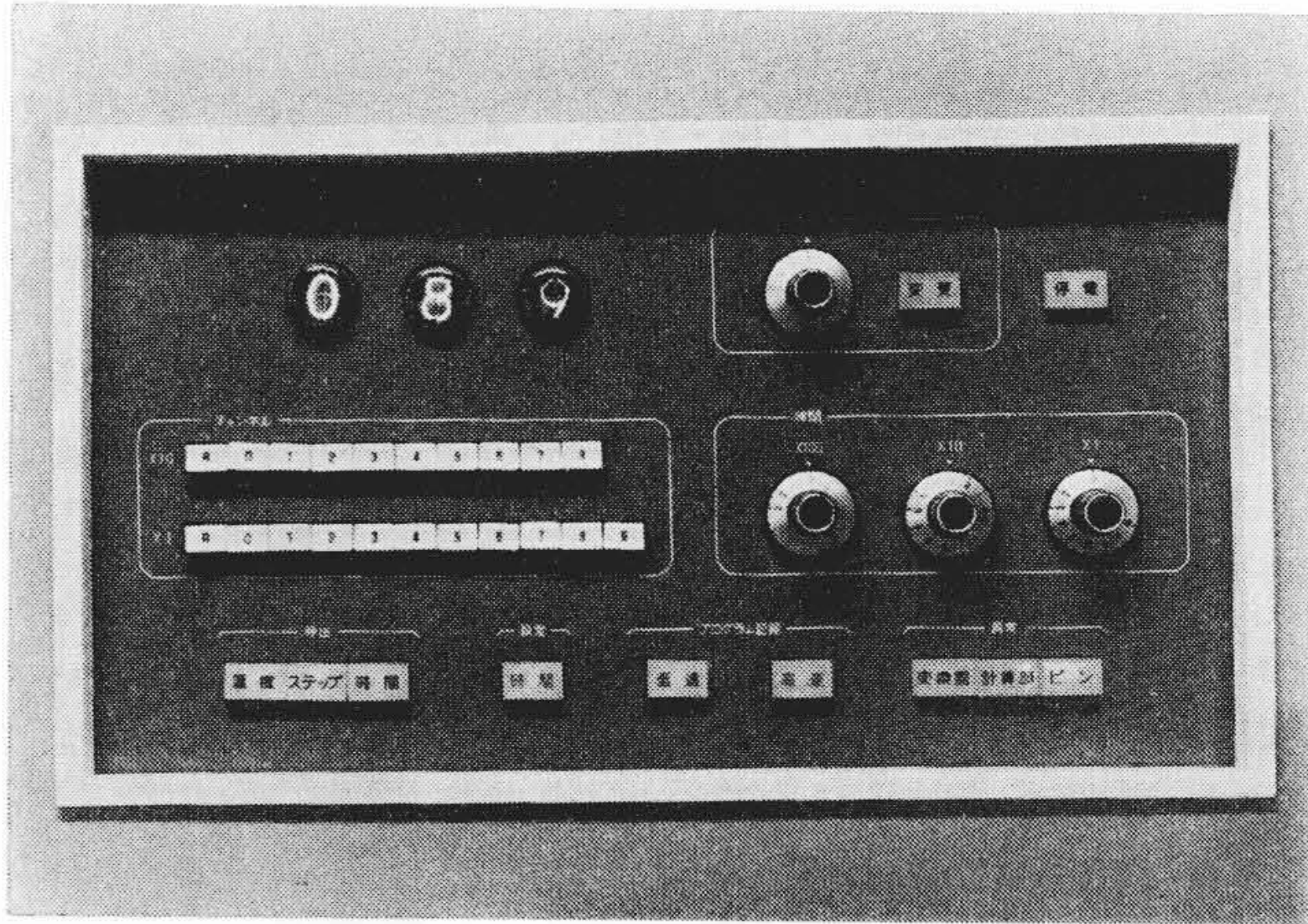


図 6 コ ン ソ ール 外 観

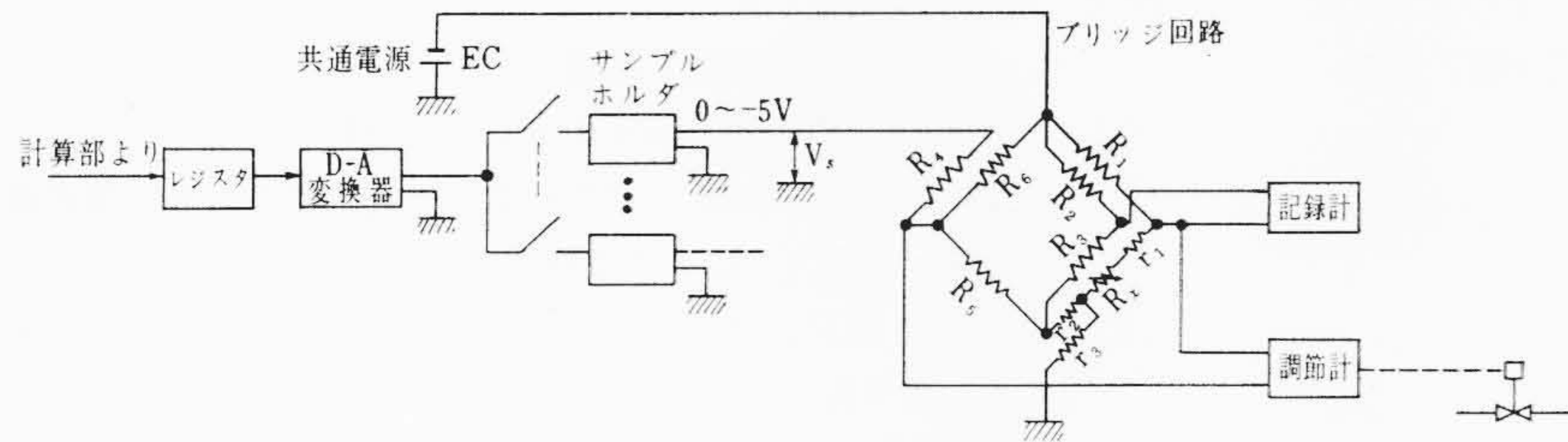
3. 制 御 方 式

3.1 制 御 装 置

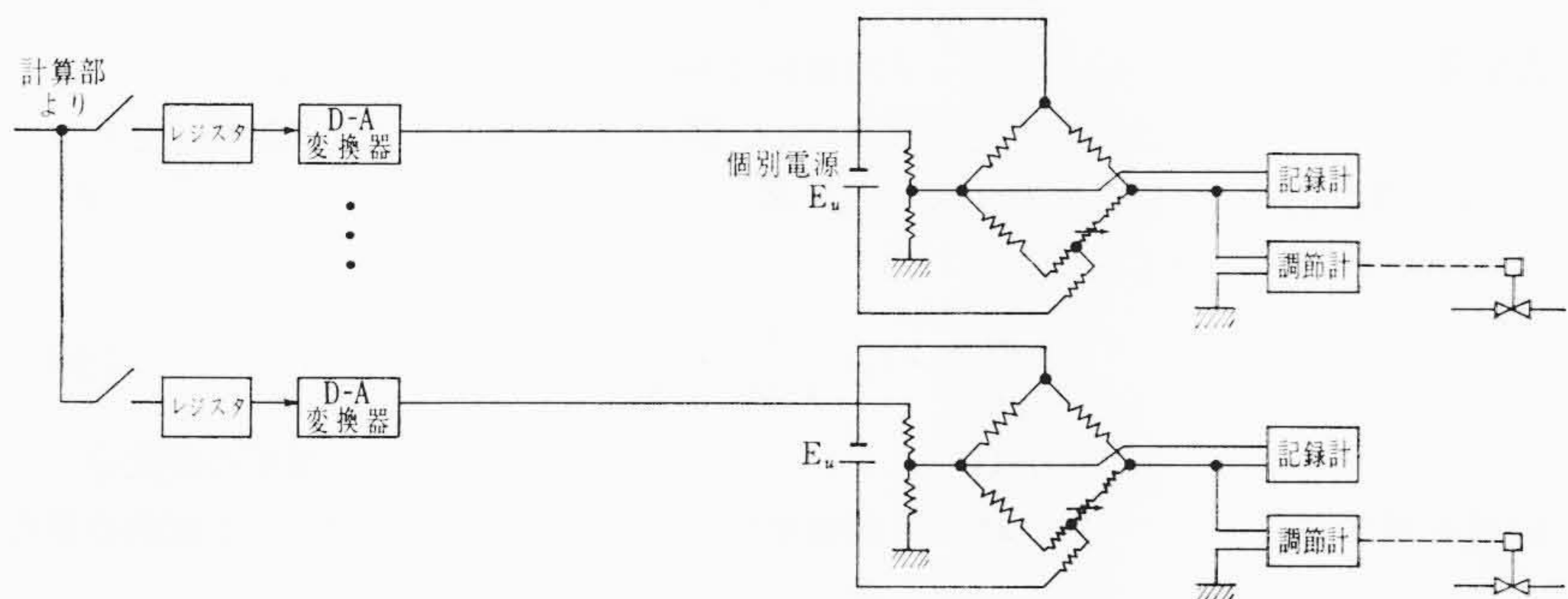
図 4 に制御装置のブロック図、表 1 におもな仕様を示す。本装置は大別してプログラム信号発生部、調節部より構成される。プログラム信号発生部はピンボードおよびプログラム板に設定された値と、コアメモリを使用した経過時間カウンタの内容から、一定の周期で計算を行ない、調節部へ目標値を与える。調節部では各染色槽の温度測定値と、前述の目標値から所定の制御信号を発生するとともに、温度測定値を記録する。また前述のような運転に必要な各種報知信号を出す。

プログラムの開始は、スイッチ操作により、各染色槽ごとに随時できる。図 5 は操作パネルの外観、図 6 はコンソールの外観である。コンソールでは、プログラムの経過時間および目標値を数表字管に呼出し表示するほか、経過時間カウンタの内容を変更することにより、プログラムの引伸ばし、または短縮を行なう。

本制御対象は前項で述べたように、むだ時間は熱時定数に比べて十分小さい（数 100 分の 1）ので、比例動作だけで安定な制御が



(a) 本装置の制御系統



(b) 従来技術による制御系統の例

図 7 温 度 制 御 系 統 図

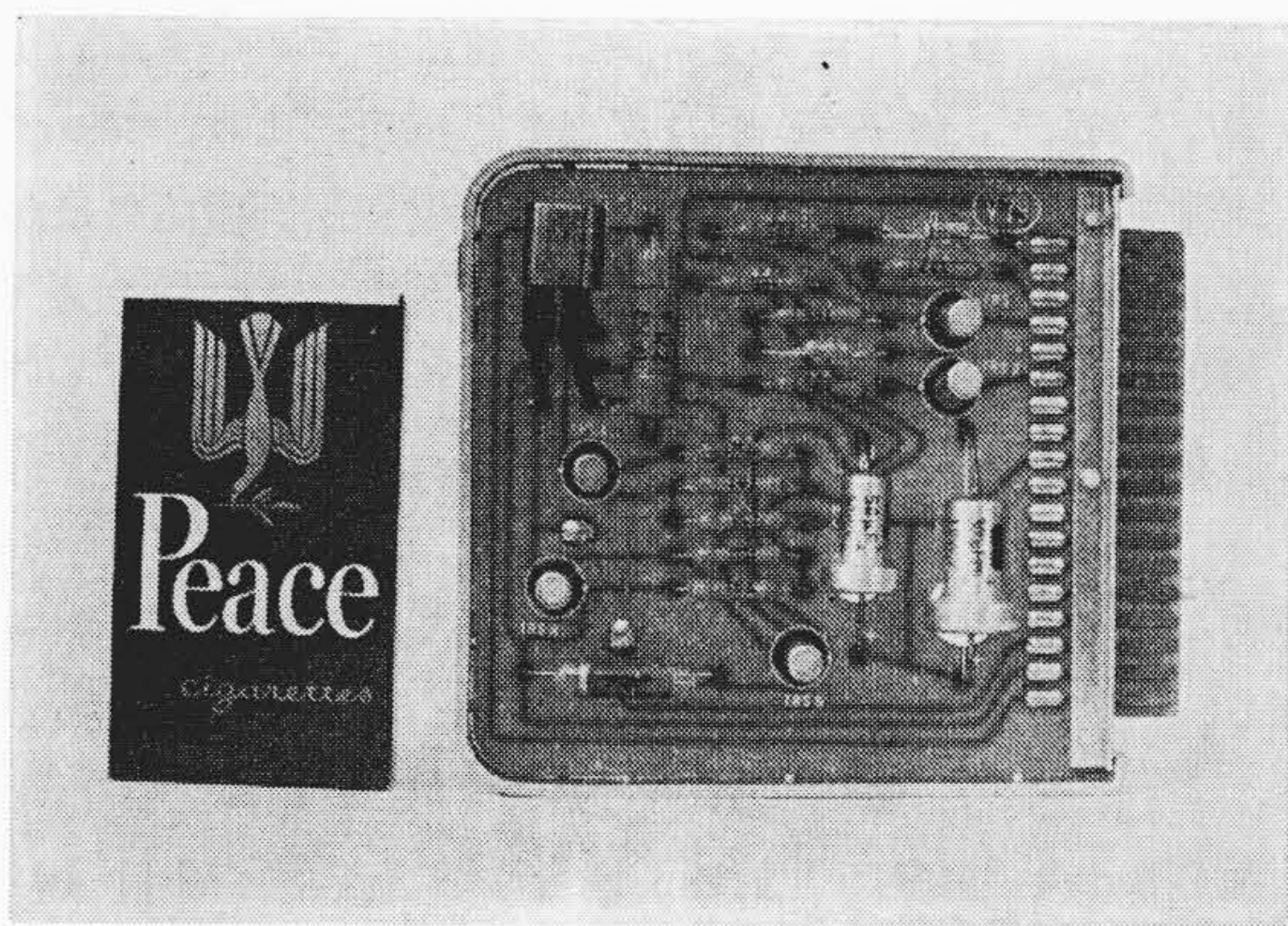


図 8 サンプルホルダ外観

可能である。本制御装置では、出力はオンオフの接点信号であるが、比例動作と等価な働きをする調節計(以下時間比例調節計と略記す)を用いた。接点はオン・オフを繰り返す、この周期で占めるオンの時間の割合が設定値と測定値の偏差にほぼ比例するものである。比例帯は染色槽の特性に合わせて(0~5%)設定できる。時間比例調節計は、PID 調節計に比べ構成が簡単で、使用部品数が少なく、操作器も簡単なオン・オフ動作のものでよいから、全体として小形、高信頼にすることができた。

3.2 温度制御系統

図7(a)に本装置の温度制御系統図を示す。従来の技術から、図7(b)に示す方式も考えられたが、本装置では部品数の多いレジスタ、D-A 変換器は1台とし、サンプルホルダ⁽¹⁾の採用により使用部品を少なくして、高信頼化を図った。図8、図9にそれぞれアナログホルダの外観、回路図を示す。またブリッジ回路は、今回考案したもので、今まで、各点個別に要すると考えられていた電源を、共通に1台とし信頼性の向上と、精度の向上、床面積の縮小を図った。

計算部から出たデジタル信号の目標は1台のD-A変換器により時分割でアナログ信号に変換される。これをサンプルホルダに分配し、各チャンネルごとの並列信号とする。計算部では30秒周期で目標値を更新するため、サンプルホルダはこの間電圧を保持するとともに、ステップ状の入力をC、Rの時定数回路で連続(直線に

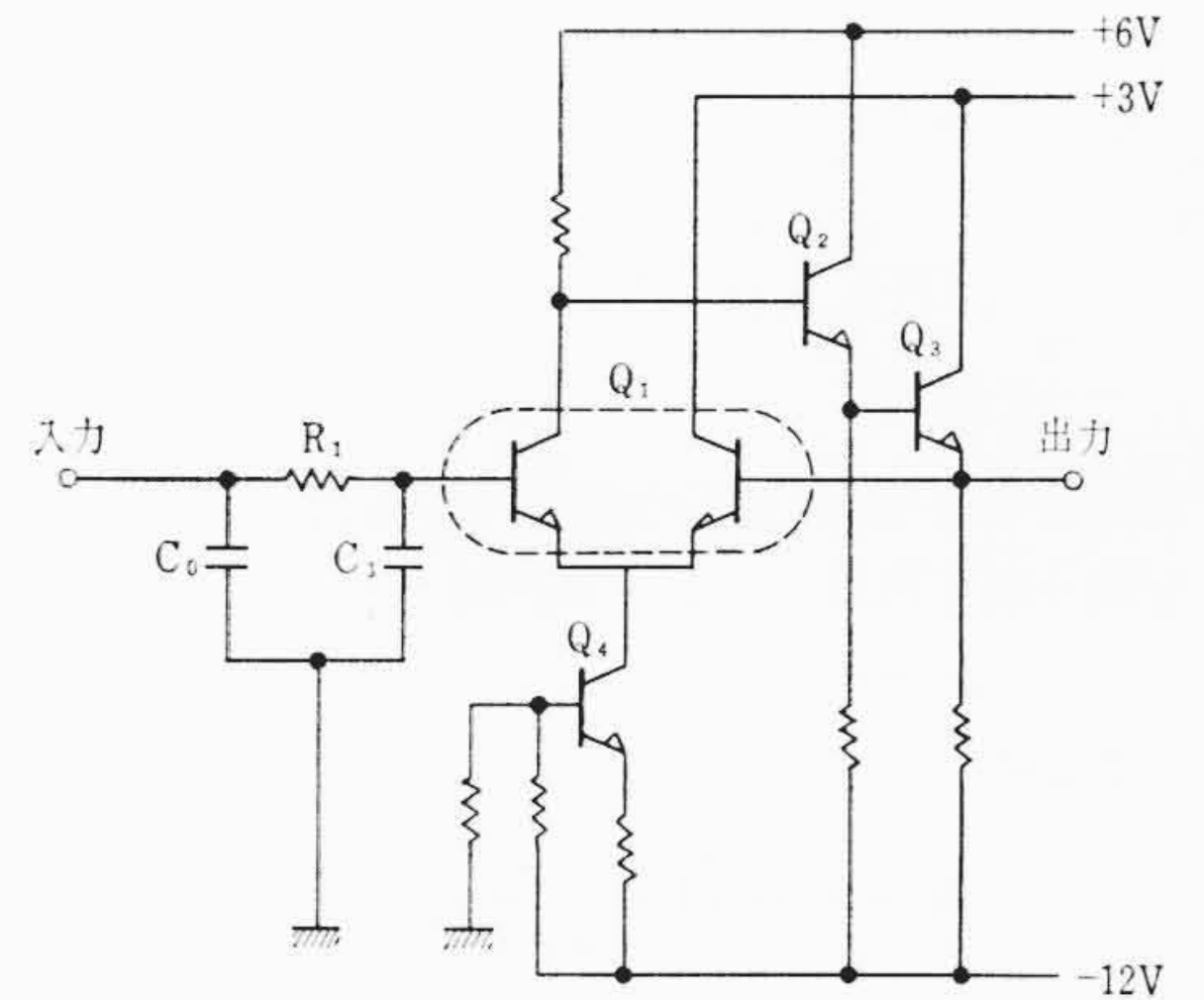


図 9 サンプルホルダ回路図

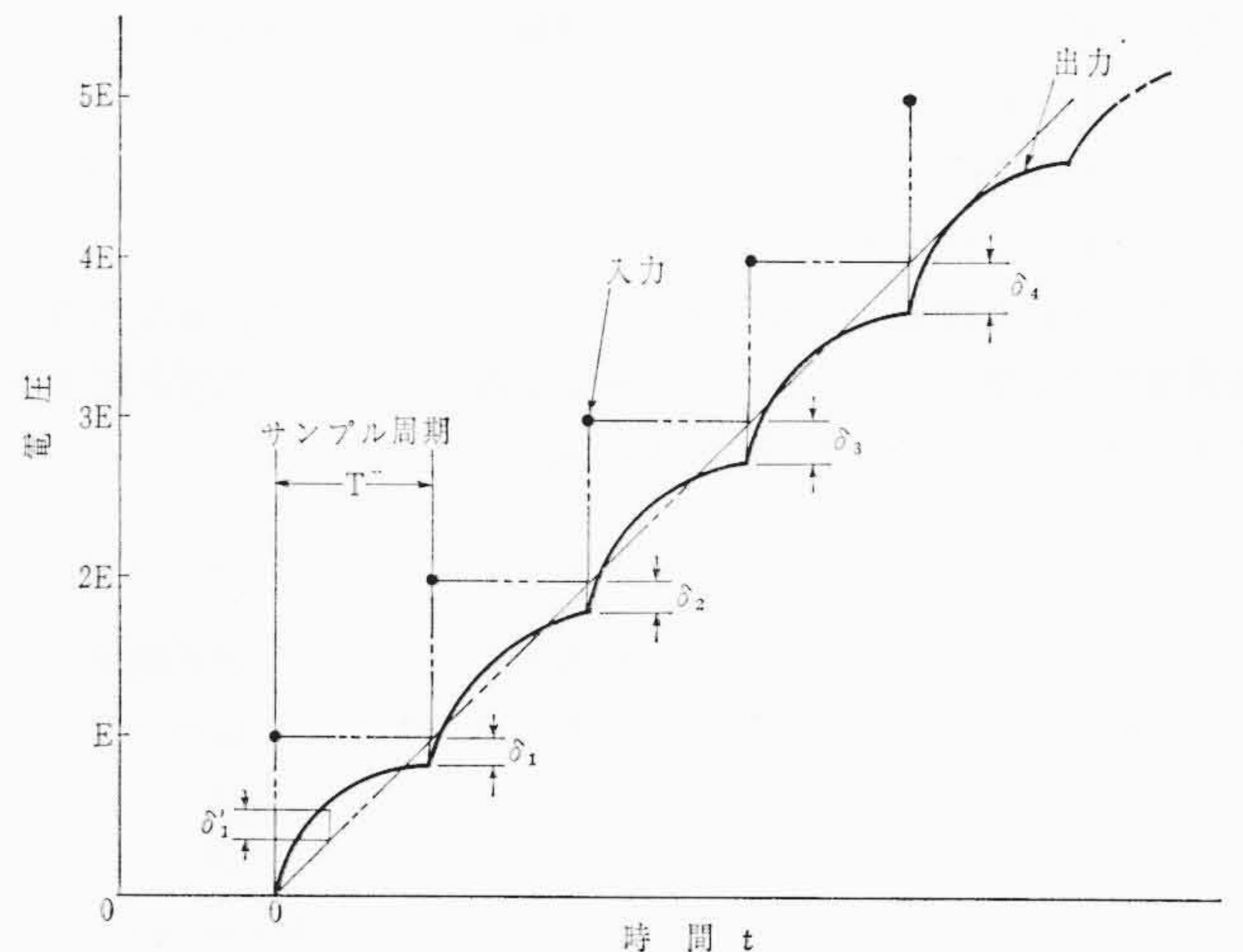


図 10 サンプルホルダの入出力特性

近い形)化する。図9において、 C_0 は入力電圧の保持、 R_1, C_1 は出力を連続化するための一次遅れ回路、 $Q_1 \sim Q_4$ の部分は今回新たに開発した高入力インピーダンス($\Delta V/\Delta I \approx 1,000 \text{ M}\Omega$)増幅器である。

サンプルホールド回路については、すでに種々の方式が考えられており、本装置に使用したものは、遅延係数補正形一次遅れホールド回路と称すべきものである。サンプルホルダに要求される特性は、その用途によっていろいろあるが、本系統に使用されるサンプルホルダの理想的な入出力特性は、図10に示すような入力があったとき、出力信号Vが下式で表わされるものである。

$$V = \frac{t}{T} \cdot E \dots \dots \dots (1)$$

上記(1)式を満たすサンプルホルダは、原理的には製作可能であり、筆者らはその具体的な回路⁽¹⁾について特許を出願しているが、回路構成が比較的複雑である。本装置に使用したサンプルホルダは、前述の理想的なサンプルホルダに近い性能を有し、なおかつ回路をきわめて単純にしたものである。

次に本サンプルホルダにより、サンプル信号を連続化する場合の理想的な直線からのずれについて述べる。図10は本サンプルホル

ダの入力に単調増加する電圧（サンプル）を加えたときの入力と出力の関係を示すものである。本サンプルホルダの出力 v は、図9、図10に示す記号を用いて、

$$v=k_1\cdot E(1-e^{-t/\tau})\quad\cdots\cdots(2)$$

ここに

$$k_1=\frac{C_0}{C_0+C_1}$$

$$\tau=\frac{C_0\cdot C_1}{C_0+C_1}\cdot R_1$$

$$t\leq T$$

で表わされる。理想的な直線に最も近づけるには(3)式を満たし、 δ_1 を最小にすればよいことが誘導される。

$$\delta_1'=\delta_1\cdots\cdots(3)$$

ここに

$$\delta_1'=k_1\cdot E\left(1-\frac{\tau}{k_1\cdot T}\right)-\frac{\tau\cdot E}{T}\ln\frac{k_1\cdot T}{\tau}$$

$$\delta_1=E-k_1\cdot E(1-e^{-T/\tau})$$

このためには、 C_0 を C_1 に比べて十分大きくとり、(4)式を満たすように R_1, C_1 を決めればよい。

$$\tau\div 0.52\cdot T\quad\cdots\cdots(4)$$

このとき

$$\delta'=\delta_1\div 0.14\cdot E\quad\cdots\cdots(5)$$

となり、最もずれが小さくなる。今回製作したサンプルホルダでは

$$\left. \begin{array}{l} C_1\ll C_0=6\cdot C_1 \\ t=0.5\cdot T \\ \delta'\div\delta_1=0.25\cdot E \end{array} \right\}\cdots\cdots(6)$$

として、ずれを理論的な最小値とほとんど等しくした。また入力が単調増加する場合、サンプルホールドを繰り返すごとにずれは多少大きくなるが、一般に n 回目のずれ δ_n は

$$\delta_n=\frac{\delta_1-\delta_1^{n+1}}{1-\delta_1}\cdot E\cdots\cdots(7)$$

となり、 δ_1 からの増加分は最大でも入力の1サンプリング期間で変化する値(E)の10%以下である。本制御装置では、1サンプリン

グ期間の入力の変化は、どのプログラムでも1~2%以下になっているので、ずれは実際の運転上問題にならない。

ブリッジ回路は次の条件を満足するように設計された。

- (1) 目標値（サンプルホルダの出力）の変化によって、測定値（記録計の入力）に生ずる誤差は、 $\pm 0.1\%$ 以下とする。
- (2) 記録計、調節計の入力電圧はフルスケールで、いずれも50 mV、信号源インピーダンスはそれぞれ100 Ω 、1k Ω 以下（計器仕様）とする。
- (3) 測温抵抗体の配線は2 mm²の銅導線3線で配線長を30~80 mとする（顧客計画仕様）。
- (4) ブリッジ用電源は84点に共通に1個とする。

上記条件を満たすため、図7(a)に示すような回路構成とし、

$$R_1\div R_2\ll R_4\div R_6\quad\cdots\cdots(8)$$

として

$$\frac{\Delta V_s}{R_4}\cdot r_2<\frac{1}{1,000}\cdot\frac{E_c}{R_1}\cdot\Delta Rx\quad\cdots\cdots(9)$$

ここに、 ΔV_s : アナログホルダの中心値からの電圧の変化分

ΔRx : 測温抵抗体のフルスケールに対応する抵抗の変化分

となるようにして、所期の目的を達した。

4. 結 言

ここに述べた、多点プログラム制御装置は、デジタル設定、数値的な設定の解説、サンプルホルダなどの採用により、プログラムの設定、変更が簡単で、床面積が小さく、温度制御機能のほか集中管理に必要な各種報知機能を備えている。今後、この種の装置が染色工業のほか、食品、製鉄などの各種バッチプロセスに広く使用されることを期待している。

終わりに、本装置の仕様決定にあたって、いろいろご教示いただいた東海染工株式会社の平林次長をはじめ関係各位に厚くお礼を申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 加藤ほか：第9回自動制御連合講演会予稿（昭41-10）

Vol. 49

日立評論

No. 10

目 次

■論文

- ・デジタル式自動列車制御装置
- ・油圧式エレベータの振動とその制振法
- ・ホットストリップ巻取温度計算機制御
- ・新標準B種絶縁高圧中容量開放防滴形三相誘導電動機
- ・北海道向711系交流電車
- ・霞ヶ関ビル納エレベータ群の輸送能力検討
- ・TD形デフロストサーモスタットの構造および性能
- ・V H F 送 信 管 8 F 7 6 R

- ・エアセット・N複合プロセスに関する研究
- ・新しい耐熱、速乾性コイル含浸用ワニスの特

■伸銅品特集

- ・日立無酸素銅（日立OFC）の開発
- ・日立無酸素銅線の諸特性
- ・各種耐熱性高導電用銅合金の比較
- ・耐高温酸化性導電用クラッド材の諸特性
- ・はんだごて先用材料“エターロイ”の諸性能
- ・金色合金“サンゴールド”の諸特性

発行所 日立評論社

取次店 株式会社 オーム社書店

東京都千代田区丸の内1丁目4番地

振替口座 東京71824番

東京都千代田区神田錦町3丁目1番地

振替口座 東京20018番