

日立調節計について

島田 稔*

Hitachi Automatic Controllers

By Minoru Shimada
Taga Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

Recently, automatic control has made a great stride in its application to the industrial processes. And automatic industrial controllers take a role of nervecenter of automatic control system in industrial processes.

The accomplishment of the Automatic control depends decisively on whether the type of the controller is matched with the character of the intended process.

The writer describes the character of industrial processes and the function of controllers briefly, and explains Hitachi automatic controllers for industrial purposes, their mechanism and characteristics. In the end, the application of controllers for industrial processes is also dealt with.

〔I〕 緒 言

最近各種産業の合理化の一手段としての自動制御は目ざましい進歩をとげているが、残された新しい題目も多い。特に化学工業については装置の複雑化と操業条件の精細化に伴い、従来の手動操作では満足されない分野が多く、自動制御の要求が急なものがある。この自動制御の計画において、脳神経系統ともいふべき役目を果し、装置の状況を判断し適当な指令を発するものが工業調節計である。

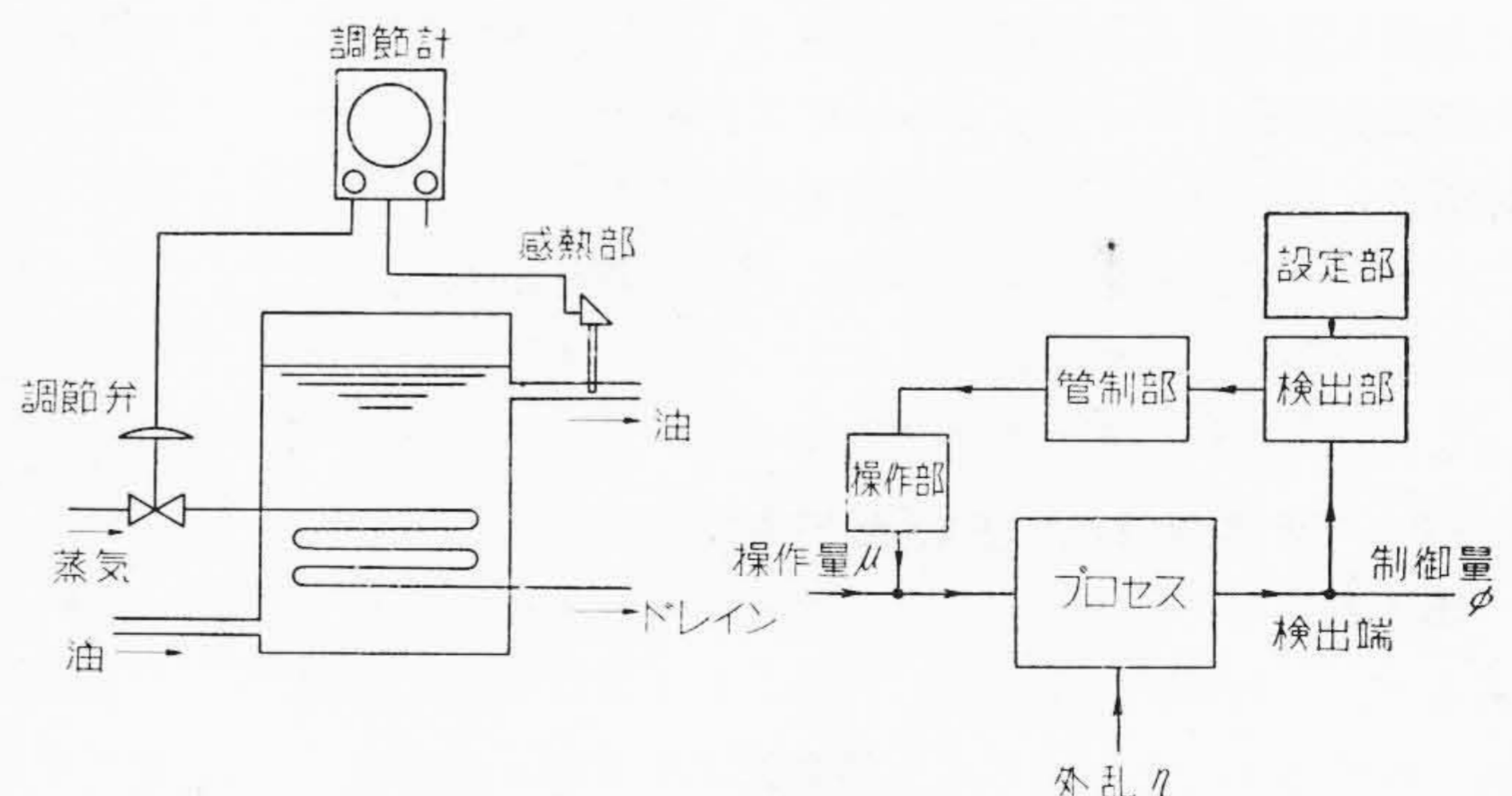
工業プロセスにおいては温度、圧力、流量、液面などの調節がおもなものとなるが、これらの測定方式については工業計測に用いられるものが大体採用されている。調節計の機構については電気式、空気圧式、油圧式などの方法があつて、それぞれの用途に適したものが用いられている。

本文においては工業プロセスの性質と調節計の方式について簡単に記し、日立製作所における工業調節計の二三のものに関しその機構、特性などを紹介し、これらの工業プロセスへの応用について述べる。

〔II〕 自動制御の構成⁽¹⁾⁽²⁾

(1) 自動制御の概念

工業プロセスにおいては温度、圧力、流量、液面などの自動制御が行なわれるが、これらの代表的なものとして温度の自動制御についてその構成を示せば第1図の通りである。この例では蒸気で油を加熱している熱交換器に温度調節計を用いたもので、油の出口温度（制御量）と希望の温度（目標値または設定値）との差に応じて蒸気流量調節用調節弁の開度を適当に変えて温度を一定に保つものである。



第1図 熱交換器の温度制御の構成
Fig. 1. Composition of Temperature Control in Heat-Exchanger

* 日立製作所多賀工場

第1表 プロセスの応答
Table 1. Responce of Processes

分類名稱	代表的構成	インディシャル応答	応答の微分方程式 ϕ : 偏差 μ : 操作量 η : 外乱	液面制御の場合の応答の変化
位置型			$b_0\phi = \mu - k\eta$	
液面型			$b_1\phi' = \mu - k\eta$	
圧力型			$b_1\phi' - b_0\phi = \mu - k\eta$	
温度型			$b_2\phi'' + b_1\phi' + b_0\phi = \mu - k\eta$	

この例では温度が一定となることを妨げる外乱としては油量，油の入口温度，加熱蒸気の圧力や温度，周囲温度の変化などがある。

この調節動作の経過を考えるに，外乱によつて生じた温度変化により弁の開度が変更されて再び温度を変え，さらに弁の開度が決定されるという動作の循環が行なわれる。これは物理現象の振動と同じであつて，プロセスおよび調節計の動作特性の時間的応答をあきらかにすることが必要であることはいうまでもない。

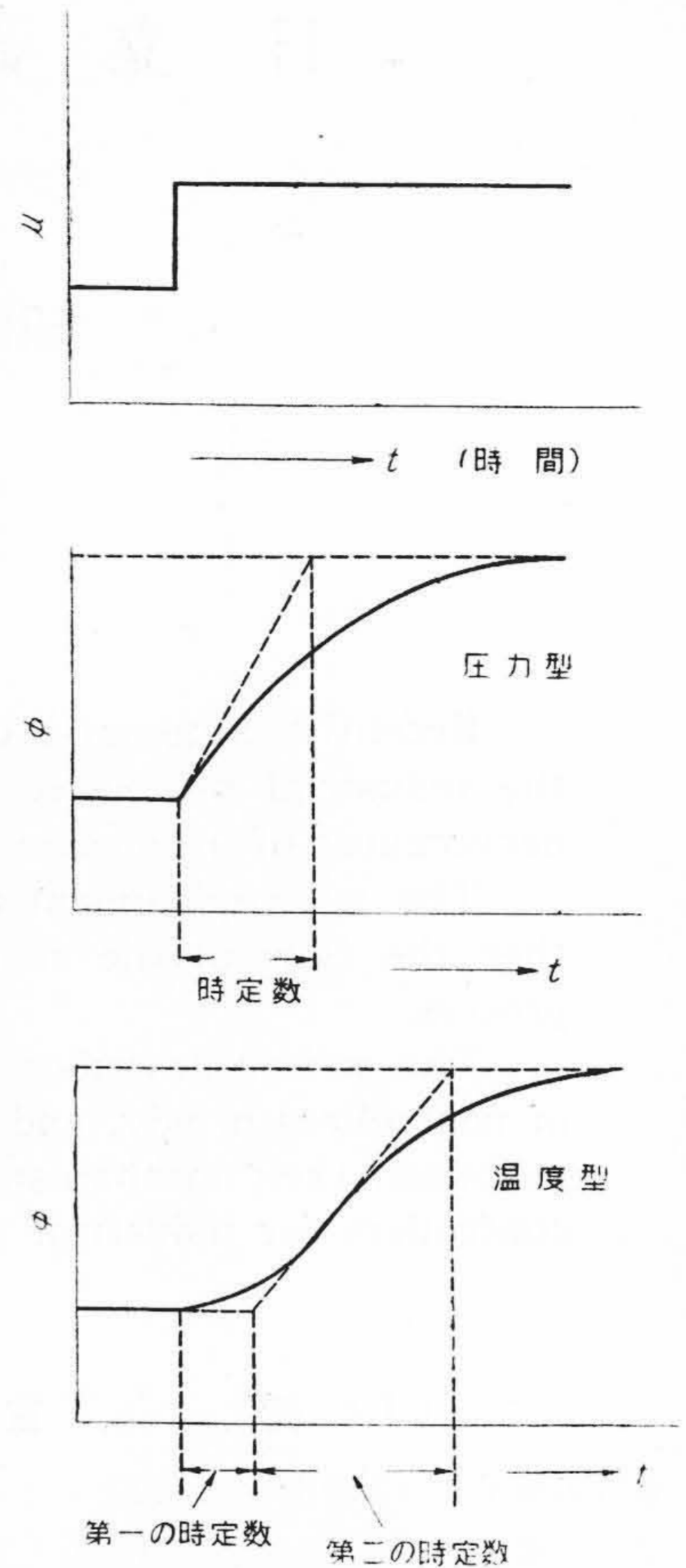
(2) プロセスの特性の分類

工業プロセスには各種のものがあつてその性質もまちまちであるが，一般の工業プロセスで経験するものは第1表に示したように4種類に分類することができる。

特性判断の手段としては操作量 μ (例えば弁の開度) に急激な変動を与えた時の制御量 ϕ (流量，液位など) の時間的経過 (インディシャル応答) を求めたもので，位置型，液面型，圧力型，温度型にて代表される。なおこの分類は液面制御の場合の例に示した通り，ある一つの制御対象についても，条件によつてはいずれかのものとなるので条件の判断を必要とする。

(3) 時定数およびむだ時間

第1表に示した通りプロセスの応答には各種のものがあるが，これらを定量的にいいあらわすには一般に時間おくれで示すことができる。第2図に圧力型と温度型の応答について示したが，圧力型では一つの時定数を持ち，温度型では二つの時定数があることがわかる。すなわち圧力型は一次の時間おくれのある制御対象・温度型は二



第2図 応答の説明図 (圧力型，温度型)

Fig. 2. Responces of Pressure Type and Temperature Type

次の時間おくれのある制御対象といわれる。

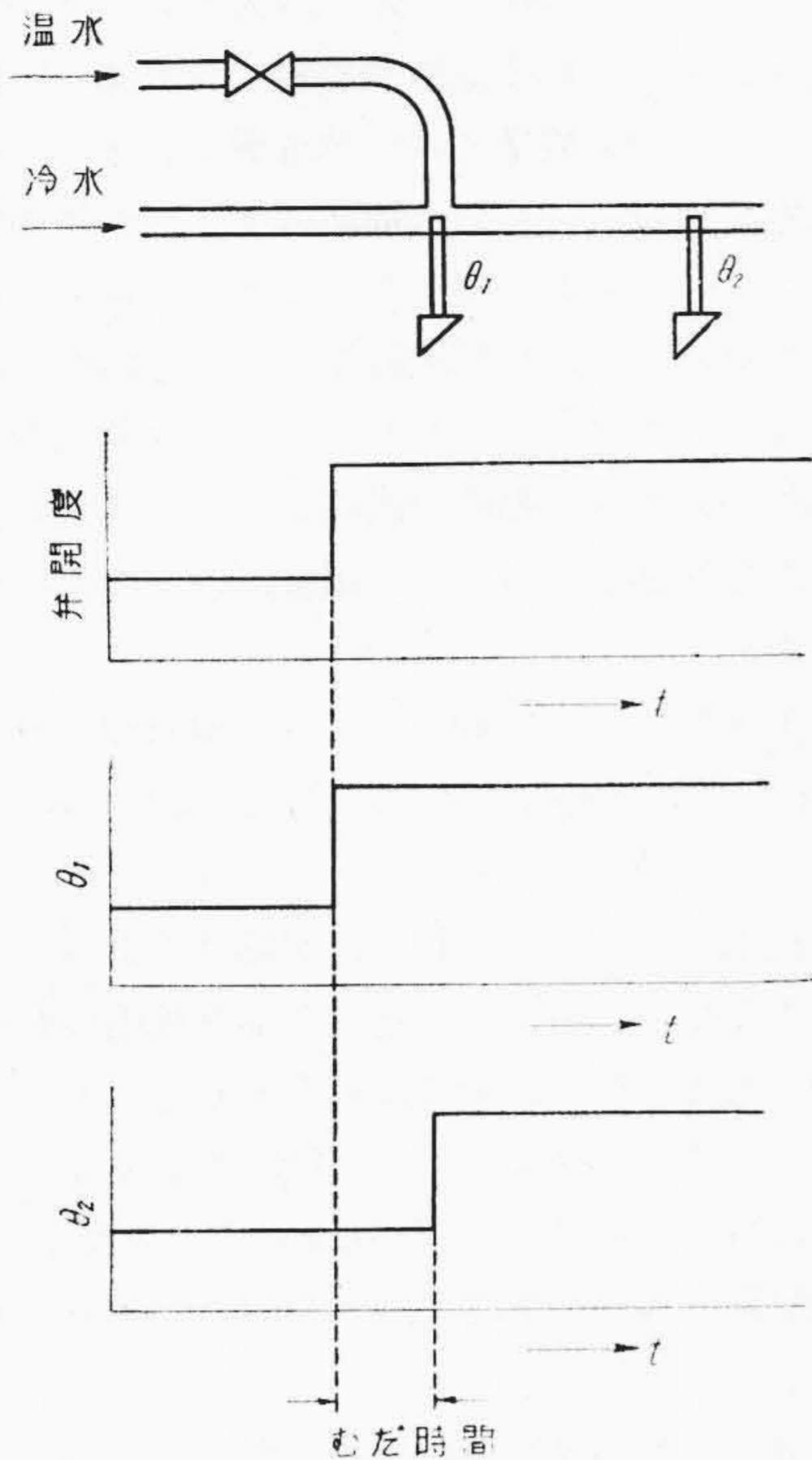
上記の時間おくれの外に第3図に示したごとき冷水と温水を混合する場合について考えると，一方の弁の開度を変えた時に混合点の温度 (θ_1) は時間おくれがなく急に変化するが下流側の温度 (θ_2) は二点間を水が通過する時間だけおくれで変化する。このおくれをむだ時間といつて，本例のように流動によつて生ずるばかりでなく検出系の能力からもむだ時間が加わることとなる。これらの時間おくれは制御装置の選定に当つて考慮すべき基準となるものである。

(4) 制御装置の動作

制御装置の動作にもいろいろの種類があるが代表的なものを分類すればつぎの通りとなる。

(A) 位置動作

制御量と目標値との差 (制御偏差) によつて操作量 (例えば弁の開度) が定まるもので，つぎのような種類がある。



第3図 むだ時間説明図
Fig.3. Schematic Diagram of Transfer Lag

(a) 二位置動作, 多位置動作

制御偏差の正負によって弁が全開または全閉のごとき二つの位置に限られるものを二位置動作といい, 動作の上から on-off 動作といわれることが多い。

多位置動作は操作量が偏差に応じて高, 中, 低のように多くの位置を持つものである。

(b) 比例位置動作

操作量が制御偏差に比例するもので, 例えば弁の開度が温度の高低に比例するものである。

この方式の制御経過は安定であるので最も広く用いられているが, 操作量を変えることは制御偏差が変わることを意味するから, 負荷変動などの外乱によって制御量が変わり, 残留偏差(オフセット)を生ずることは避けることができない。

(B) 積分動作(速度動作)

操作量の速度(例えば弁の開閉の速度)が偏差に比例するもので, 操作量は偏差の時間的積分に比例した位置で定るので積分動作という。

この方式は残留偏差が生じないが安定でないので比例位置動作と組合わされて使用されることが多い。

(C) 微分動作(割合動作)

制御量の時間に対する変化割合によって操作量が定る

第2表 制御動作の種類と応答
Table 2. Kinds and Responses of Controller

	インディヤル応答	直線状変化応答	正弦波変化応答
外乱			
二位置動作			
比例位置動作			
積分動作			
微分動作			
比例+積分動作			
比例+積分+微分動作			

もので微分動作という。

以上の動作のものは, それぞれつぎのような意味を持っている。

(i) 比例動作は偏差の現在値のみによって操作量が定まり, 機械的という言葉がよくあてはまるもので, 今までの経過, 将来の予測などには関係しない。

(ii) 積分動作は偏差の積分値(第4図(次頁参照)の斜線部の面積A)に比例して操作量がきまるものであるから, 過去の状態を判断して動作するものと見ることができる。

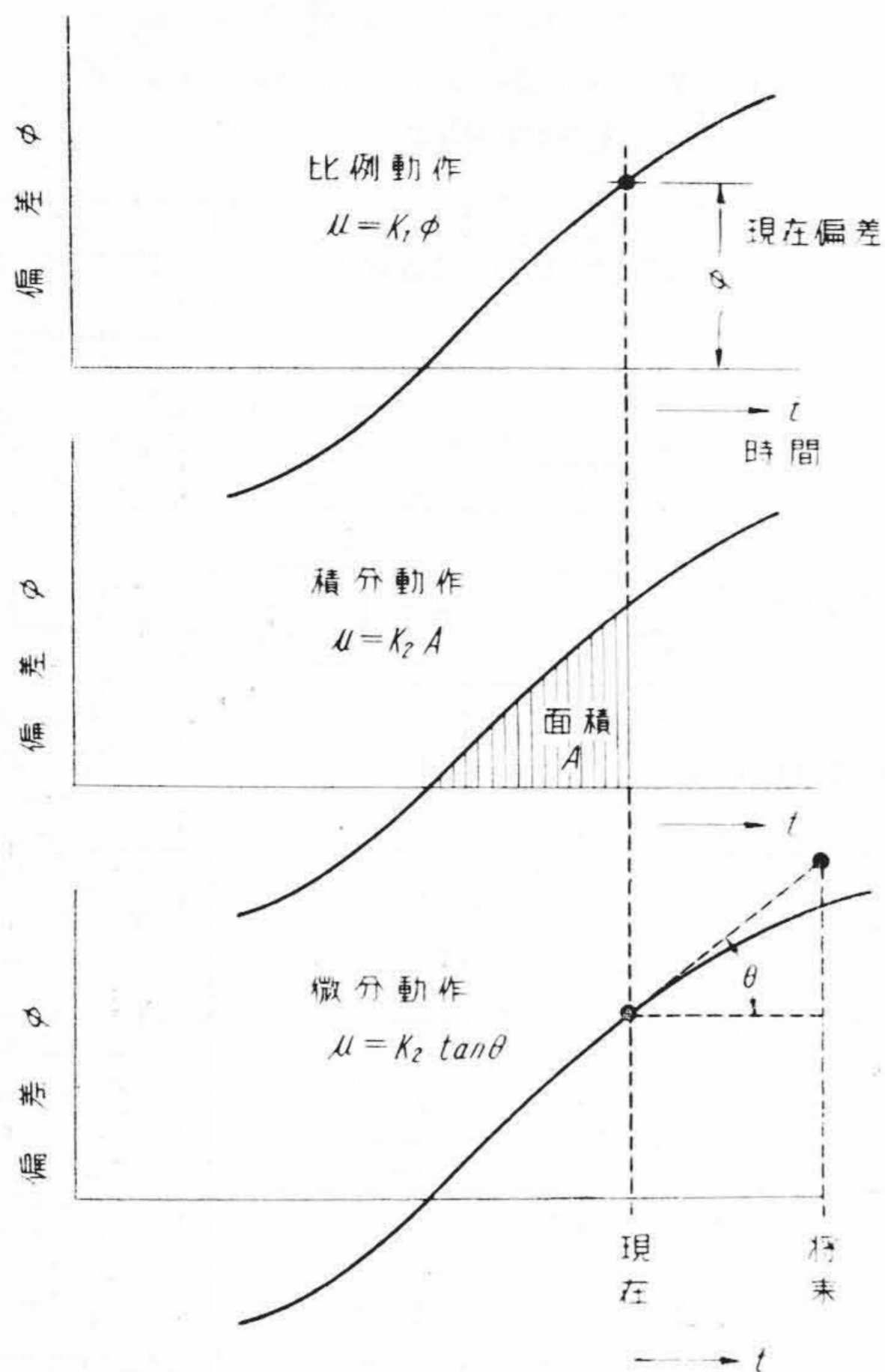
(iii) 微分動作は偏差の増減率により操作量が定るものであるから, 近き将来に生ずる偏差を予測した動作を行うものといえることができる。

したがって比例動作と積分動作を組合わせた調節計は過去の経過と現状を判断して制御を行うものであり, 比例-積分-微分動作を組合わせたものでは過去の経過と現状とかつまた将来に生ずる偏差をも予測して制御を行うものである。

これらの基本動作と一般に用いられる組合せ動作の時間的経過を纏めれば第2表に示す通りである。

(5) 制御装置の補助エネルギー

自動制御装置の中には例えば減圧弁のように操作部を



第4図 比例，積分，微分動作の説明図
Fig.4. Schematic Diagram of Proportional, Automatic Reset and Rate Controller

動かすに必要なエネルギーが制御対象から検出部を通じてえられる，いわゆる自力制御と呼ばれるものもあるが精密な制御動作を行い，また広い応用範囲を持つためには外部から補助エネルギーを与える他力制御が一般的である。このエネルギー源の方式としては圧縮空気作動，電気式，電子管式，油圧または水圧式のものなどがある。工業プロセスでは空気作動式と電気式のもの最も簡易であつて，また応用の範囲が広く，特に空気作動式ものは化学工業にて禁律である誘爆に対して最も安全性が大きく，また制御動作において積分，微分などの時間要素を含んだものも僅少な体積とニードル弁のごとき簡単な絞り機構によつて任意なものがえられるので工業プロセスでは最大の需要がある。

電気式のものにあつては最近のトランジスタ，磁気増幅器の進歩により自動制御の方面でも新しい分野が開けてきている。特に磁気増幅器は恒久的な装置として将来に期待されるものが多い。

(6) 調節計の測定機構

制御量としては温度，圧力，流量，液面などであるが，これらの測定機構は工業計器として用いられる方式がそのまま採用される。

調節計として測定機構の回転力は大きいことが望ましい。押付枠式といはれる温度調整器に見られる on-off 動作のものでは測定機構には可動線論型計器が用いられ，また空気作動式のものには補助エネルギーが圧縮空気により与えられるが偏差の検出部分に多少のエネルギーが必要となつて来るので，可動線論型のごとき繊弱な回転力のものはいられない。したがつて空気作動式温度調整器では回転力の大きい膨脹型温度計が実用されることが多い。最近発達顕著な電子管式温度計はこの点においても問題を解決することができた⁽³⁾。

流量，液面などの測定機構には誘導型原理のものが用いられ，圧力の測定機構には測定範囲によりブルドン管，ベローズなどが使用される。

つぎに検出端については指示，記録計の場合よりも時間遅れは重要視される。先に述べた通り検出のおくれはむだ時間の増加となり，制御経過を不安定とする。温度計のサーコイルは構造上から時間遅れが少なくないので，製作に当つても種々考慮が払われているが，さらに装置への配置に当つても時間遅れに対して十分な考慮が必要である。

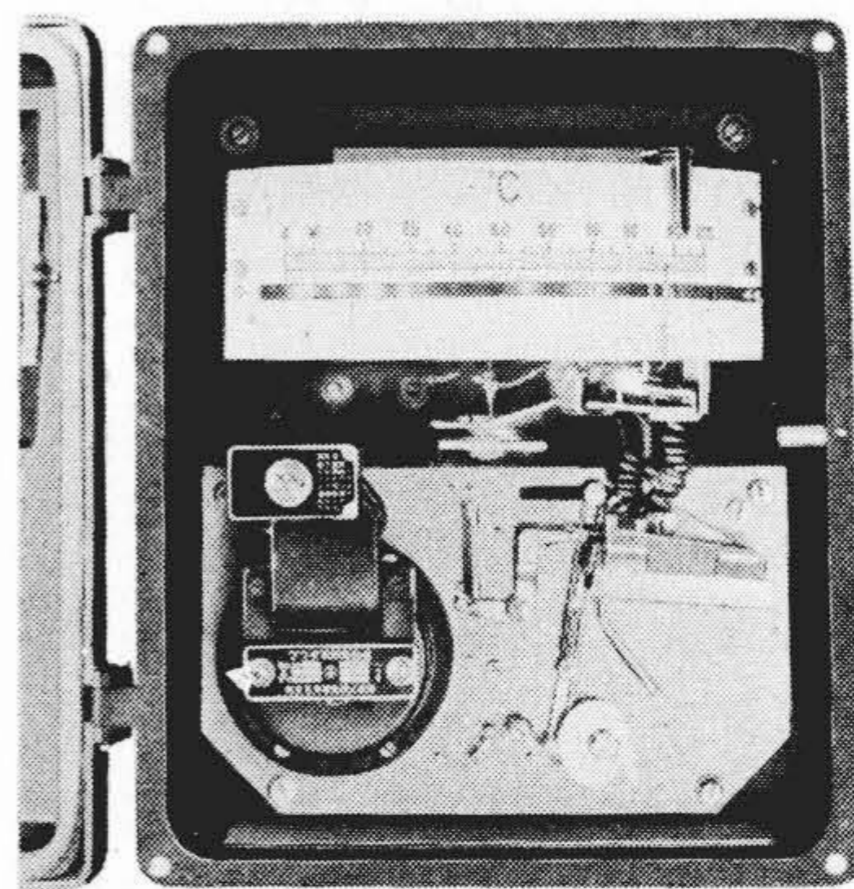
自動制御の目的が品質の管理にあたることが多く，最近の理化学測定技術の進歩により pH 測定，その他の分析技術が確立し，一方これらの測定結果を電子管計器によつて表現し，プロセス自動制御の本質が達成されるようになってきている。

〔III〕 調節計の機構と特性

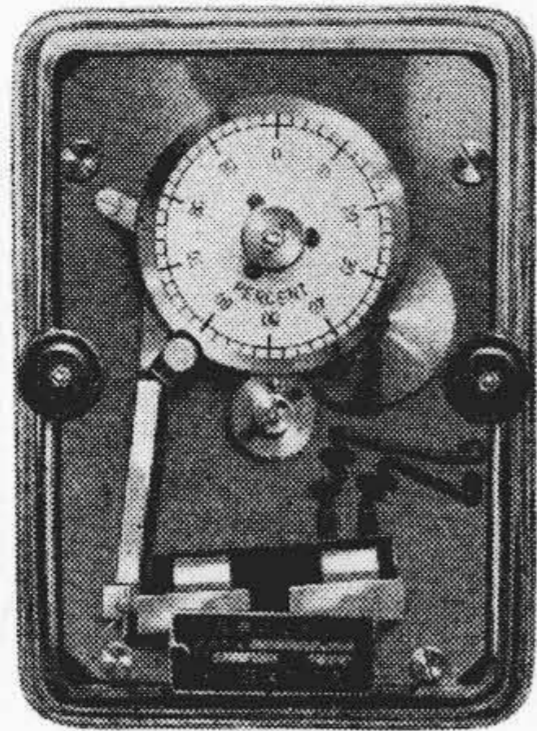
プロセスの自動制御に用いられる調節計の二三について，調節部の機構と特性について述べる。

(1) DT型自動温度調整器

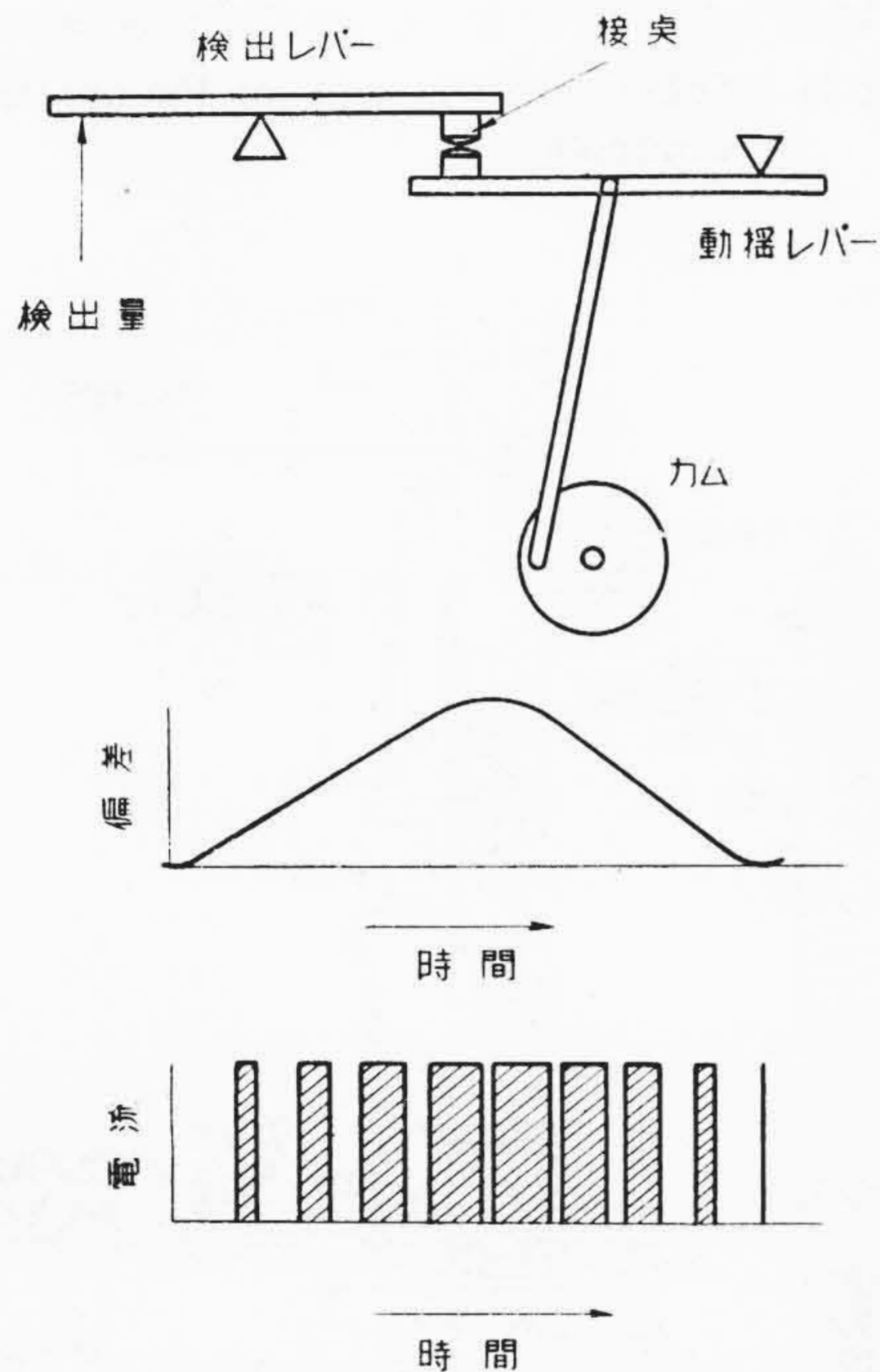
位置動作の代表的なもので，本器の構造は第5図に示すごとく内蔵せる小型同期電動機によつて動作する押付枠により一定時間毎に指針の位置を検知し，目標値との



第5図 DT型温度調整器
Fig.5. Type DT Temperature Controller



第6図 MB型乱調防止装置
Fig.6. Type MB Antihunting Device

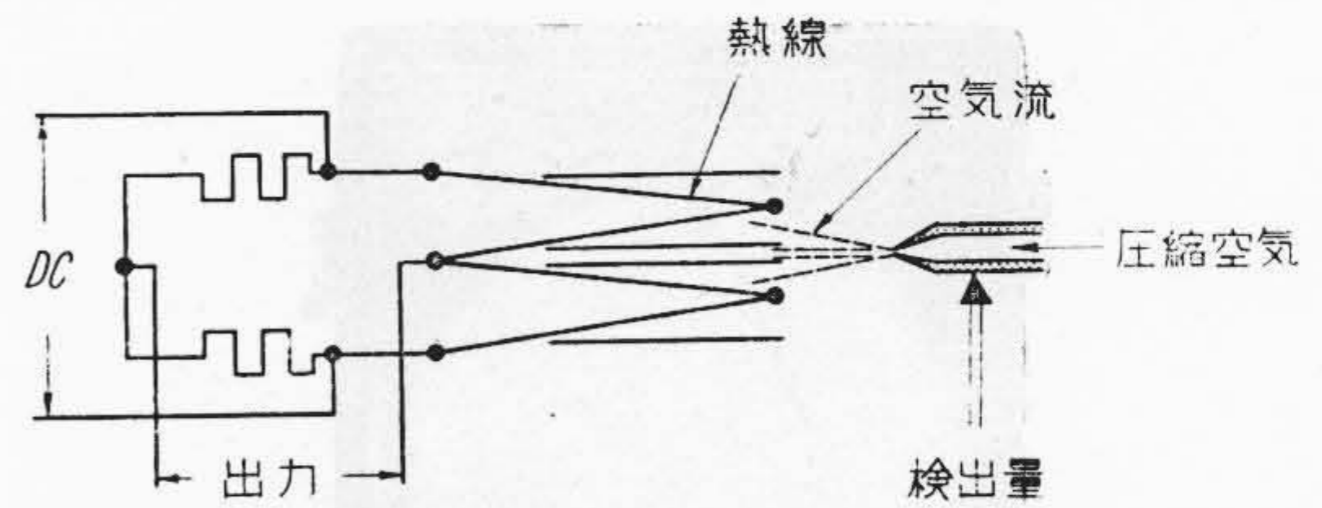


第7図 RCM型調整器検出部説明図
Fig.7. Schematic Diagram of Type RCM Regulator

差によつて水銀スイッチを開閉する。この水銀スイッチによつて電気炉では電熱回路を開閉し、重油炉またはガス炉などでは電動弁または電磁弁を操作して温度を一定に保つものである。

本器には三位置動作を行うものもあり、温度の変化に応じて電熱回路を順次に入れるなどの用途に用いられる。

また本器の特殊なものとして二段制御を行う場合もある。これは動作すき間のある調節であつて、用途によつてある一定の温度範囲に保てばよいような場合、例えば水銀整流器の冷却水温を $35\sim 45^{\circ}\text{C}$ に保てばよいというような場合に用いられる。この用途にすき間のない二位



第8図 熱線型検出部説明図
Fig.8. Schematic Diagram of Hot Wire Type Detector

置動作を使えば動作頻度が増して無益となるので、動作すき間を故意に大きくして有効な動作を行う。このためには特殊の機構を用いず、操作の水銀スイッチの動作に連動して測温回路へ抵抗を挿入または短絡することによつて行う。

標準のものの動作すき間はほとんど0と考えられるが、押付棒の動作が間歇的であるので、この周期と装置の反応速度によつて制御結果は異つて来る。元来この方式の制御結果は目標値を中心とした波状曲線であるのでこの振幅は変る。MB型乱調防止装置は調整器の制御回路に直列に入つた水銀スイッチの断続の割合と周期を任意に変更して、反応速度を変え、制御結果を良好にすることができる。

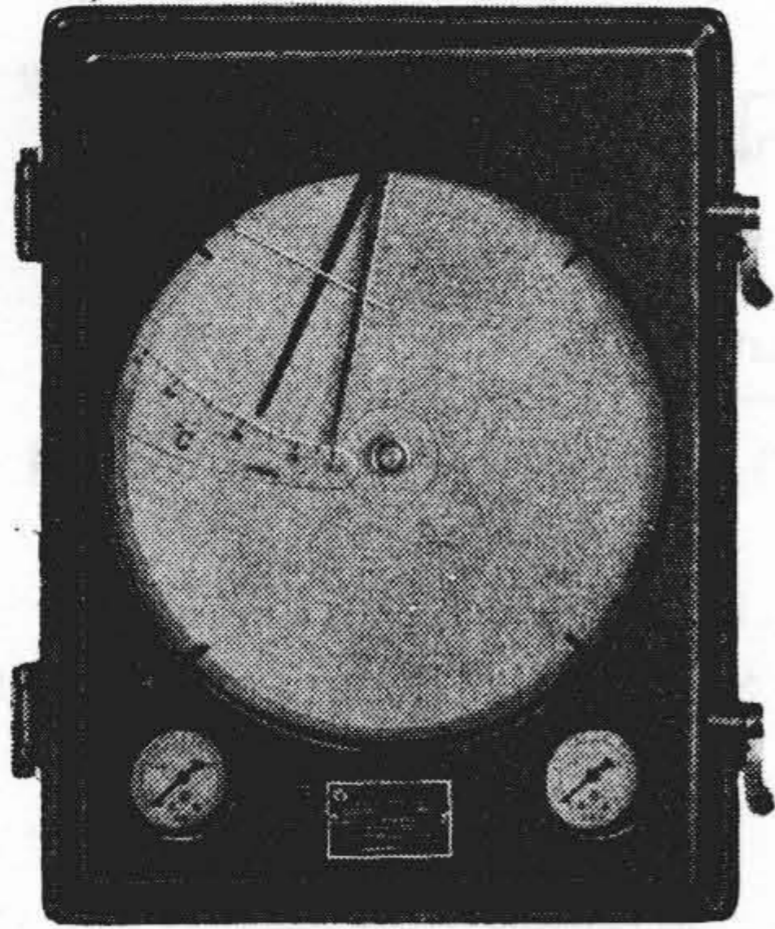
この調整器は抵抗温度計、パイロメータを測定機構として、反応速度の遅い大容量の電気炉の温度調整の場合には満足な結果がえられる。

(2) A.C.C. 用調整器⁽⁴⁾

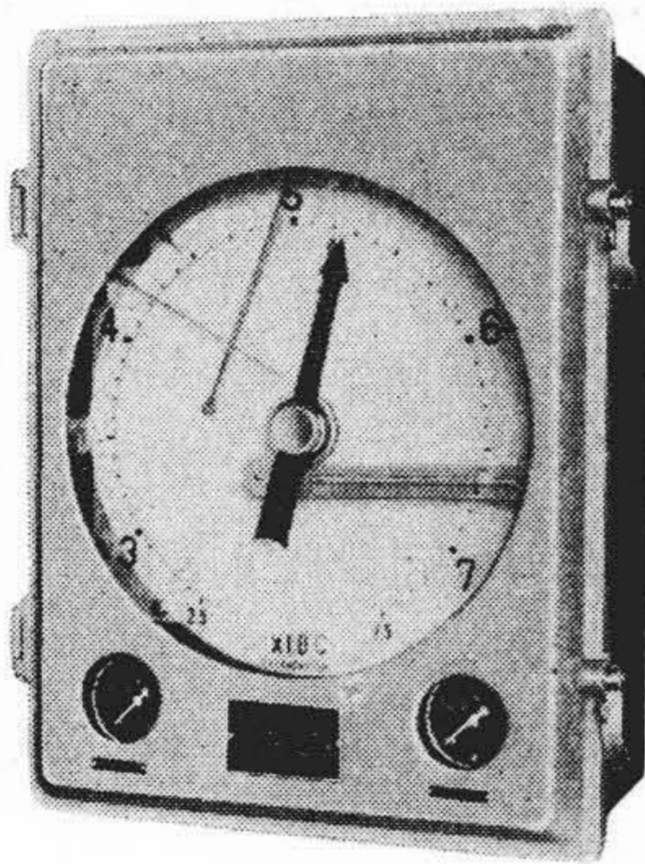
汽罐の自動燃焼制御装置(A.C.C.)に用いられるRCM型主調整器に採用された調節機構は速度動作を行うものである。

その機構の原理は第7図に示すごときのもので、検出レバーと小型電動機によつて駆動される回転カムにより上下動する動揺レバーとより構成される。本例にあつては汽罐の負荷を代表するヘッダー圧力降下、炉内通風量を代表する炉内の差などの検出量は検出レバーに導かれ、目標値との偏差に応じて第7図に示すごとき接点の閉路時間が異なつてくる。接点の閉路時間を操作量と見ると比例位置動作であるが、この操作端には制御電動機が使用されるから総合の結果としては速度動作となつてゐる。

A.C.C. 調整器は最近の改良によつて無接点熱線型検出部が案出されている。その構造は第8図に示すごときのもので、熱線と空気流とによつて偏差を電気的出力として取り出し、これを磁気増幅器によつて増幅して操作量とする方式がとられている。電気的制御機構としての欠点である接点を除いた方式で、今後応用範囲の広いもの



第9図 日立空気作動式調整器
Fig. 9. Hitachi Pneumatic Controller



第10図 日立空気作動式調整器
(電子管式)
Fig. 10. Hitachi Pneumatic Controller
(Electronic Type)

である。

(3) 空気作動式調整器

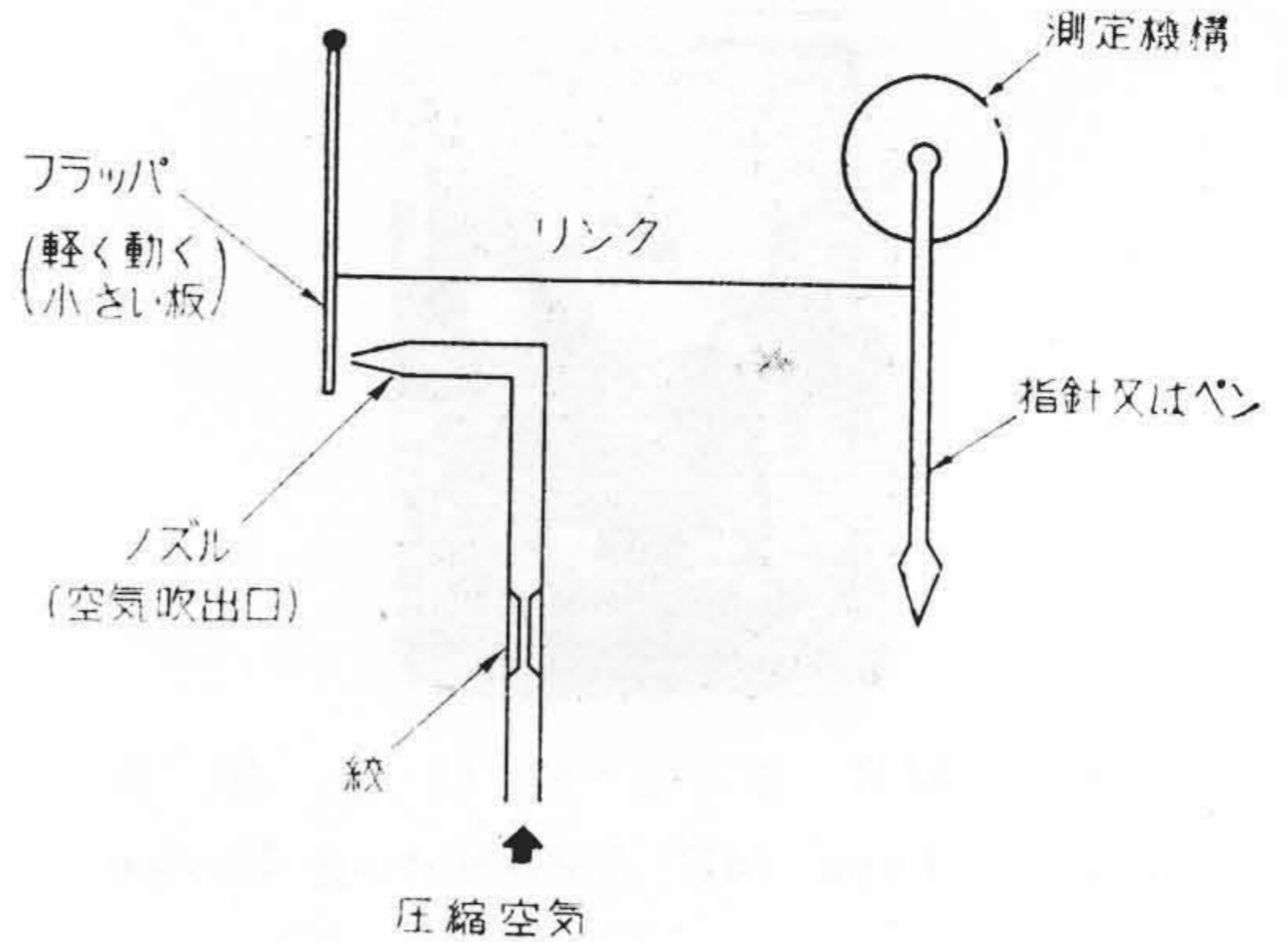
石油工業において著しい発達をした空気作動調節計は耐爆の点で他の方式よりすぐれた特長を持ち、構造も簡単で、制御動作も任意のものがえられるので各種の用途に広く用いられてきている。

(A) 原理

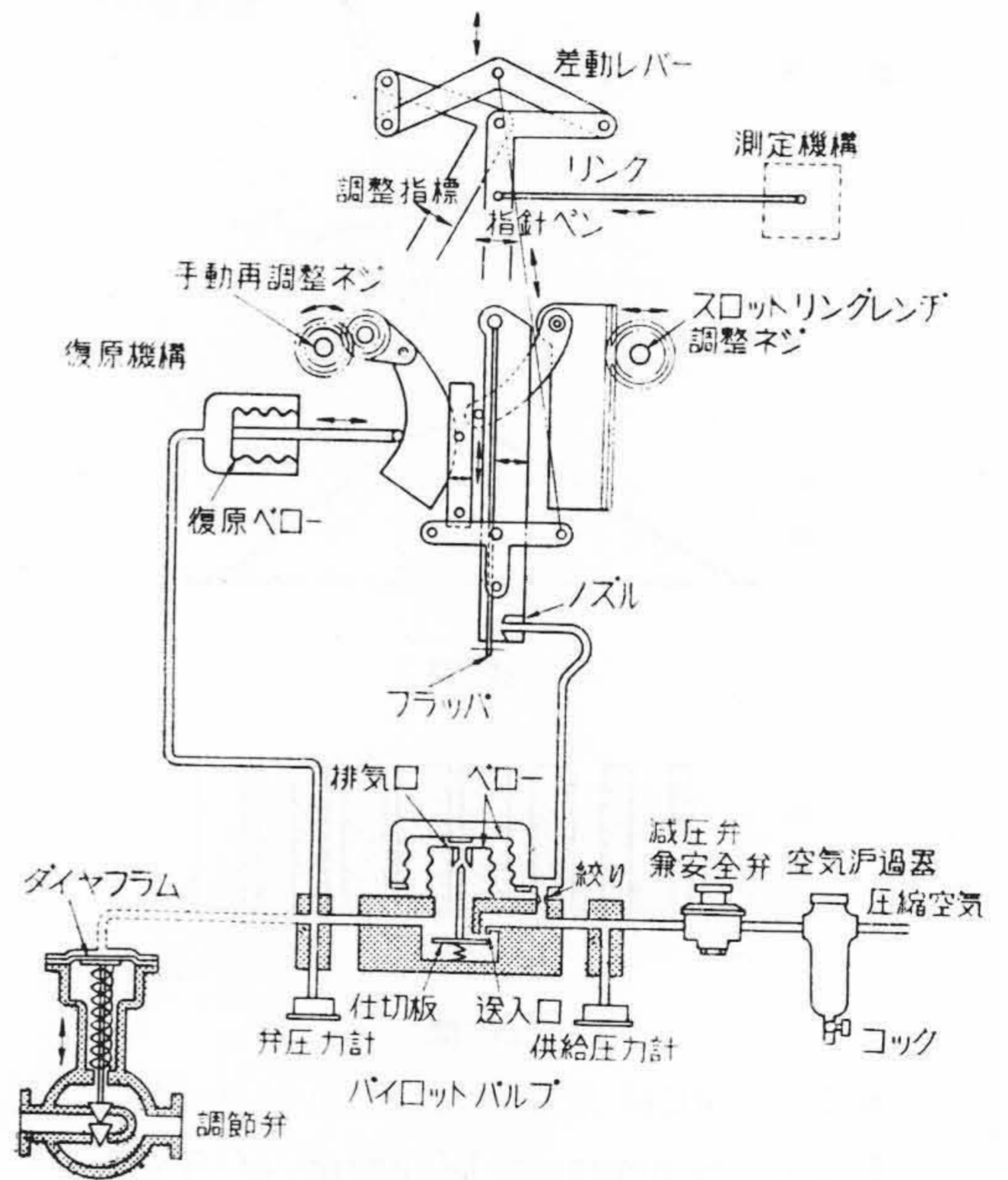
主要部は絞りをへて送られる圧縮空気を小さい孔から常に放出しているノズルと目標値との偏差に応じて動きつつノズルのふたとなるフラップと呼ばれる軽い板とから構成されている。

制御量が目標値より大または小となるにしたがつて、フラップとノズルの間隙は変化してノズルよりの空気の放出量が変わり、絞りの後の背圧が変化する。この背圧を原理的には空気作動式調節弁に導いて操作量を変えて自動制御を行う方式である。

第11図に示す原理図では以上の動作はきわめて僅かなノズルとフラップとの間隙で背圧が大きく変化するのを制御動作に応じてそれぞれの機構が追加される。



第11図 空気作動式調節計原理図
Fig. 11. Schematic Diagram of Pneumatic Controller

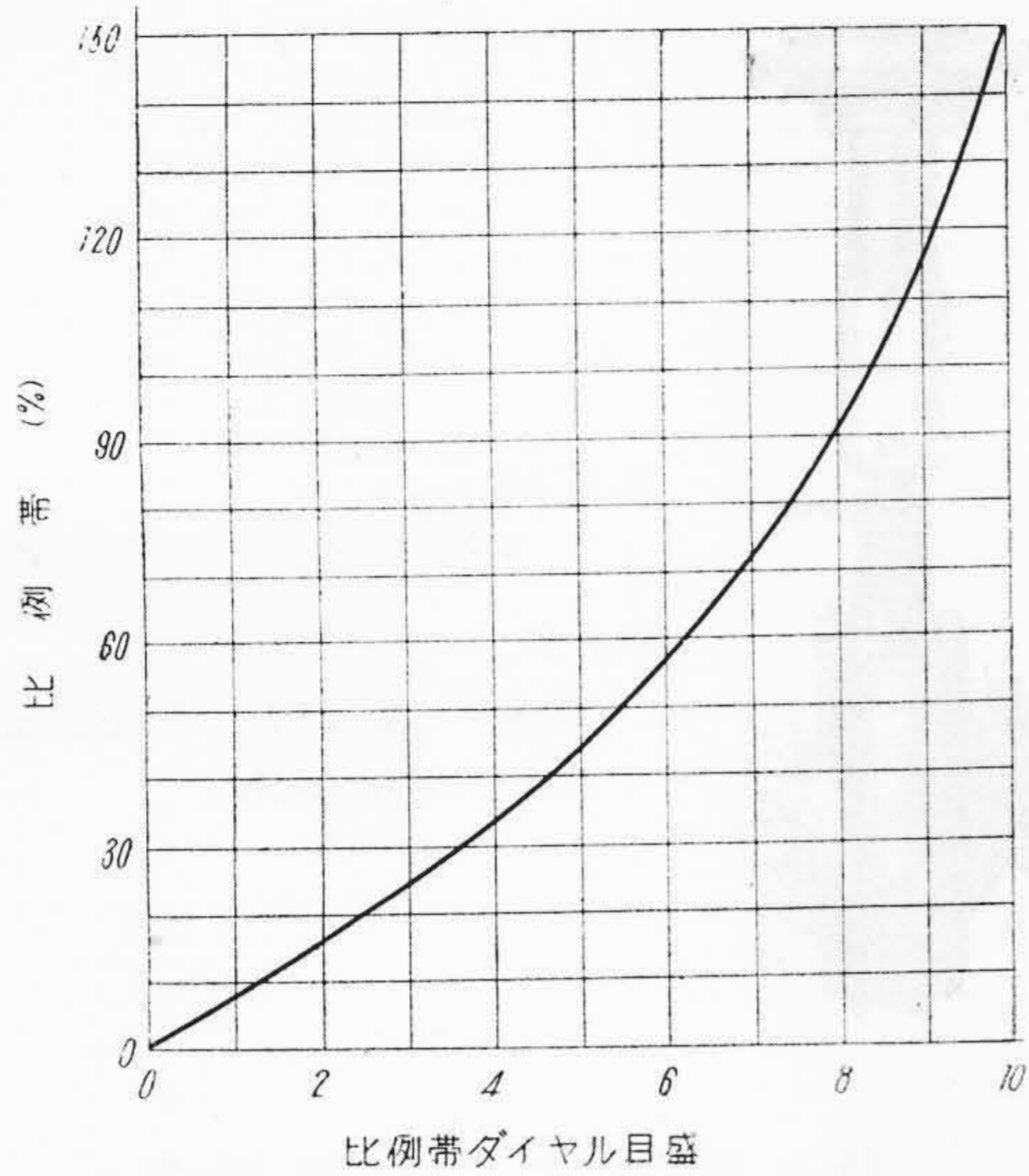


第12図 空気作動式調節計原理図
(比例位置動作)
Fig. 12. Schematic Diagram of Pneumatic Controller
(Proportional Type)

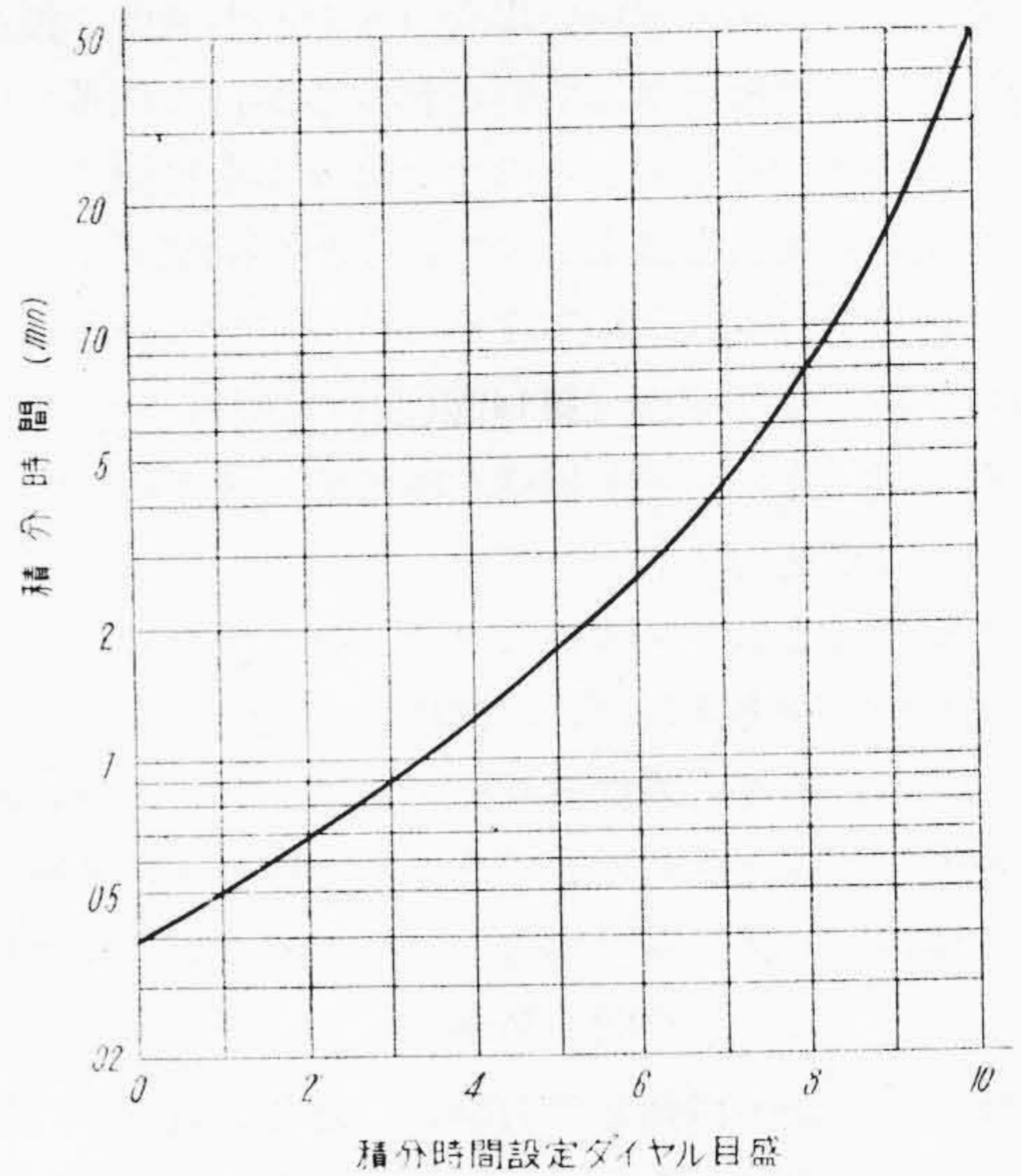
(B) パイロットバルブ

原理図に示す機構では絞りのため十分な空気量がえられないので、背圧を増幅する装置として使用される。第12図に示すごとくノズルの背圧をベローズに受けフラップと同様の作用をする仕切り板を動かして調節弁へ導かれる空気圧力を加減する。送入口、排気口はノズルの孔より大きいので、空気の入出速度が大きくなり調節弁の動作を速やかにすることができる。

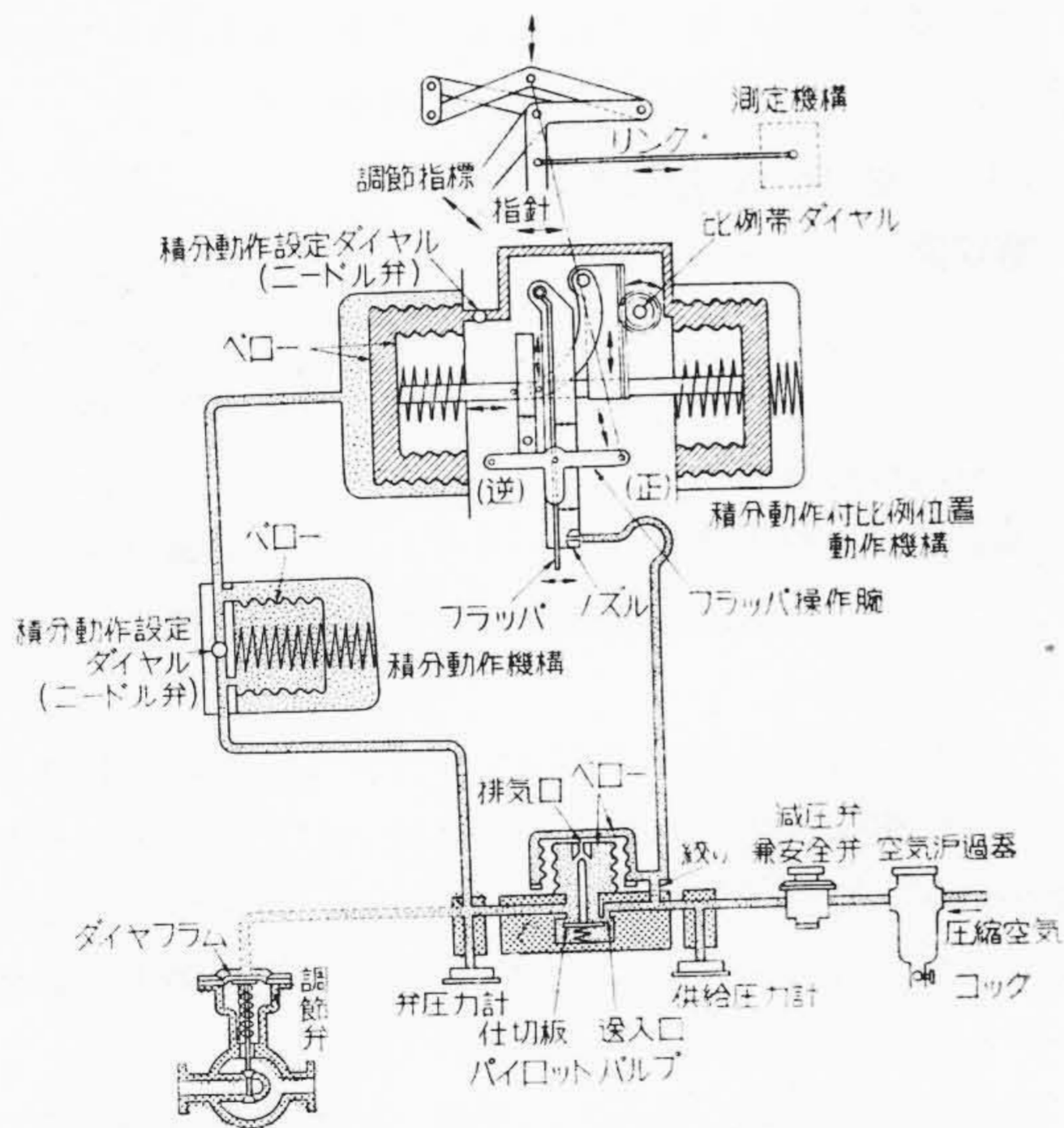
(C) 比例動作 (第12図)



第13図 比例帯特性曲線
Fig.13. Characteristic Curve of Proportional Band



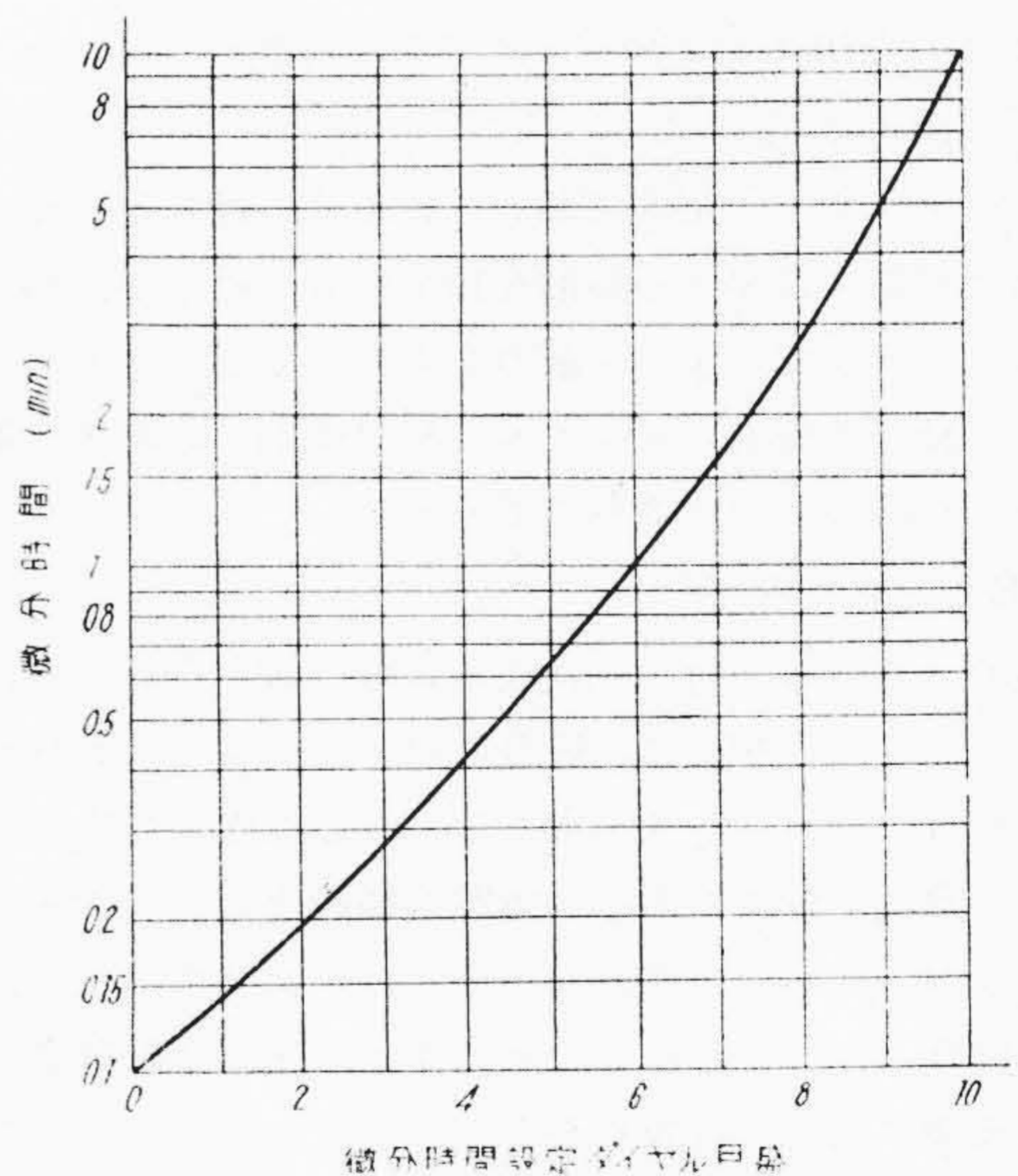
第15図 積分時間特性曲線
Fig.15. Characteristic Curve of Reset Time



第14図 空気作動式調節計原理図
(比例+積分+微分動作)
Fig.14. Schematic Diagram of Pneumatic Controller (Proportional+Reset+Rate Type)

フラップとノズルだけの機構では調節弁への空気圧は鋭敏に変化し、二位置動作となるので、二次空気により動作する復原ベローによつてフラップの位置を戻し、比例位置動作を行う構造となつている。

二次圧力 100% の変化に対応する偏差の最大目盛に対する百分率を比例帯と呼ばれるが、この比例帯は比例帯



第16図 微分時間特性曲線
Fig.16. Characteristic Curve of Rate Time

ダイヤルを調整することによつてフラップの戻りの割合を連続的に変えて適当な値にすることができる。比例帯ダイヤルと比例帯の関係を第13図に示す。

比例位置動作による制御経過は比較的安定な結果がえられるが、操作量の変化は目標値よりの偏差によるものであるから、負荷変動などのあつた場合には残留偏差(オフセット)を生ずることは止むをえない。負荷変動の大

きい場合でも比例帯が狭い場合（すなわち感度の鋭敏な場合）にはオフセットは許容されうるが、比例帯の広い場合には好ましくない。このオフセットを打消すには引戻しの位置を変えればよいので、手動再調整ダイヤルによって容易に行うことができるようになっている。

(D) 積分動作機構 (第14図(前頁参照))

比例位置動作の引戻し機構を時間的に変えることによつて積分動作を行う。

偏差が急に生じてノズルとフラップが接近して二次圧が上つた場合を考えれば、二次圧は左側のペローズの外側に伝えられるが、右側ペローズにはペローズ内の液が絞りを通じて伝えられるのでほとんど伸びず、最初の状態は左側ペローズのみの場合と同じであるから比例動作を行うこととなる。時間の経過とともにペローズ内の液は左側より右側へ移動して引戻しの割合が減少し、長い時間の後には引戻しを行なわなかつた場合と同一の状態となる。これは調節計の感度が鋭敏になつたことを意味する。すなわち調節計の構造をこのようにすると変化の最初の状態ではある比例帯を持つ比例動作をするが、長い時間のあとでは比例帯はきわめて小さくなる。すなわち変化の当初はオフセットはでるが時間がたつとオフセットは消える。

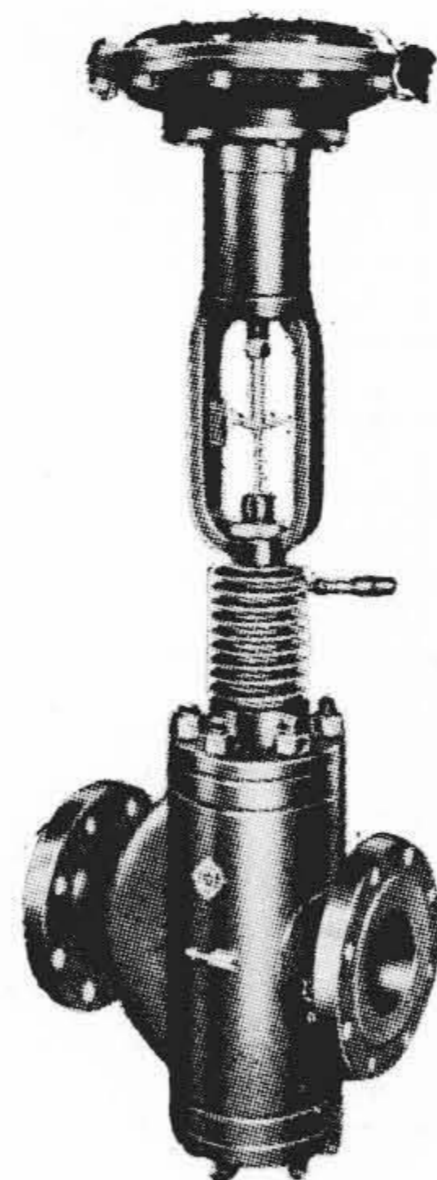
インディシャル応答において、最初の操作量に相当する値だけ増すに要する時間を積分時間と呼ぶが、積分時間はニードル弁によつて絞りを定めることにより調整できる。積分時間設定ダイヤルと積分時間との関係は第15図(前頁参照)に示す通りである。

(E) 微分動作

復原ペローズへ行く二次圧の系統へ絞りを設ければ、偏差が生じた当初には、絞りのために引戻しの動作が妨げられ、復原ペローズは働かない。したがつて当初はきわめて感度が鋭敏であるが時間が経過すると二次圧がそのまま復原ペローズにかゝるので、比例動作となり、感度は鈍感となつてくる。この二次圧の変化は制御量の変化が緩慢な場合には絞りがあつてもないものと変わらないが、変化が急激な場合にはこの絞りが作用するので感度が上つて微分動作となり、変化の割合に応じて操作量が変わることとなる。

実際の構造では復原ペローズに行く空気を全部絞らず、二次圧の約 10% だけを積分機構のペローズを介して通し、残りの 90% は絞りを通じて伝達する。

インディシャル応答において当初の二次圧が最終値の約 63% に達する時間を微分時間と呼ぶ。微分時間設定ダイヤルと微分時間との関係を第16図(前頁参照)に示した。



第 17 図

X-VPL 型 空 気 作 動 調 節 弁

Fig. 17.

Type X-VPL Pneumatic
Controller Valve

[IV] 調 節 計 の 附 属 器 具

調節計の操作部として用いられるものには電気式のものでは開閉器、操作電動機などであり、空気作動式調節計にあつては弁やダンパなどである。前者については他の制御装置に広く用いられるものであるからこゝでは省略し、後者の二三のものについて説明する。

(1) 空 気 作 動 調 節 弁

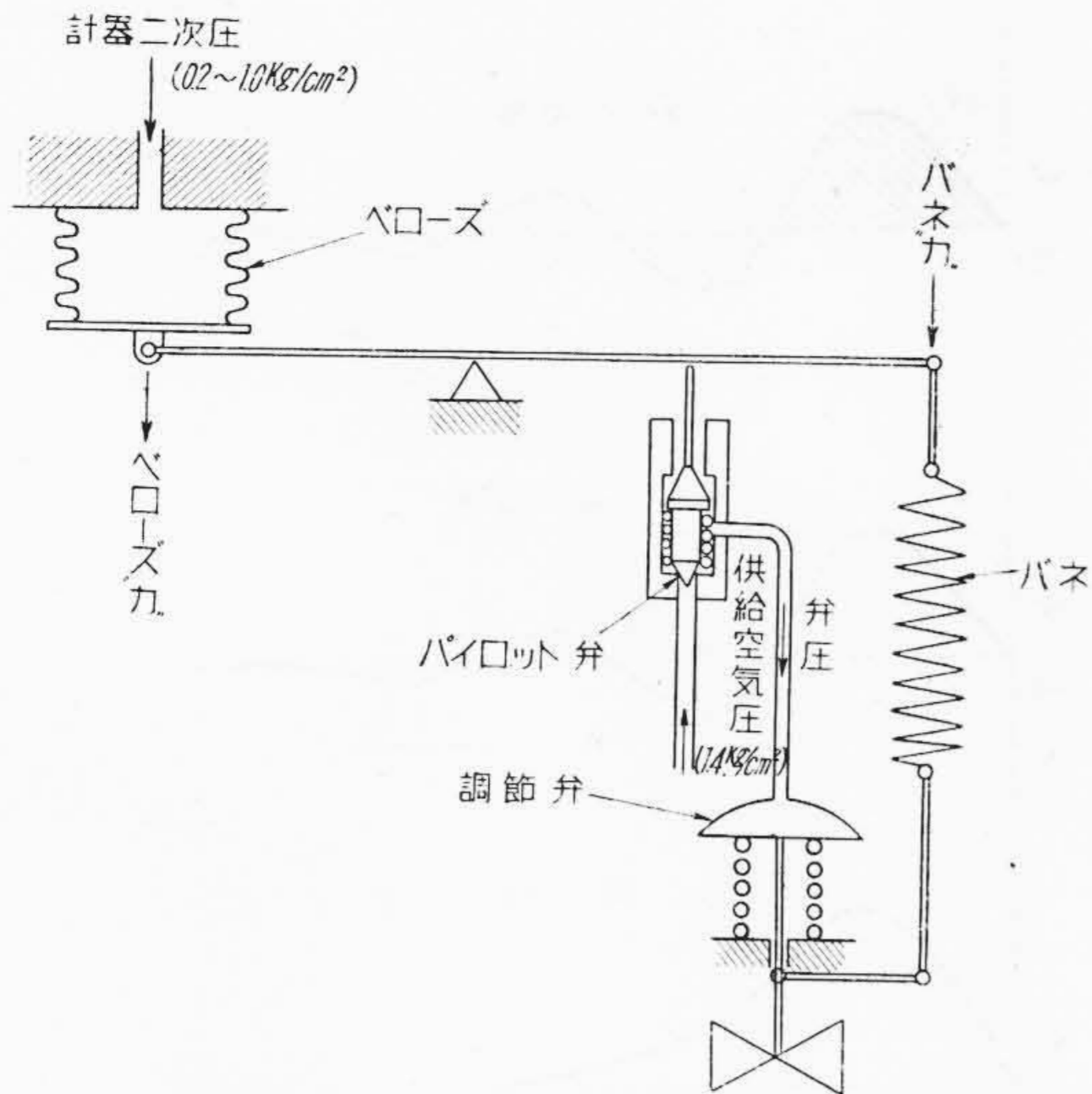
第17図は調節弁の外観で、頂部に二次空気圧（調節計から送られてくる空気の圧力）を受けるダイヤフラムがあつて、このダイヤフラムを下から弁棒とともに押し上げているばねを有する弁で、二次圧が大きくなるとばねを圧縮し、弁棒を下降させる。すなわち弁の開度はダイヤフラムにかゝる二次空気圧によつて変化する構造になっている。

この弁は流体の圧力によつてスラストを受け、特性が変わるので複座が用いられるが流体圧力の小さい場合や弁径が小さい場合には単座も用いられる。複座ではある程度の漏洩は許容されねばならないから、完全閉止の必要がある時には単座の方がよい場合もある。

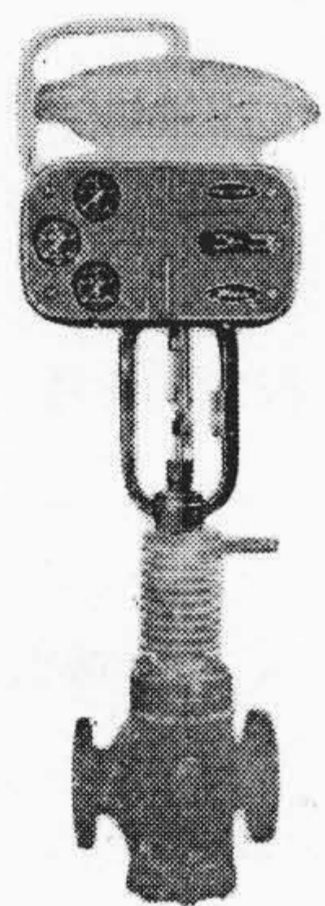
流体の温度が高い場合には弁棒への潤滑剤の固まるのを防ぐために空冷鱗を用いる、弁の形状には種々なものがあるがパラボラ形のものも広く用いられている。

弁の材質は腐蝕性のない一般の流体では弁および弁座のみ不銹鋼とし、弁の他は鋳鉄や鋳鋼とするが、腐蝕性流体の場合には浸液部を不銹鋼製としている。

調節弁には加圧時に閉じる正作動のものと、開度を増す逆作動のものがある。この選択は圧縮空気系統の事故すなわち空気圧が無くなつた場合の調節弁の動作（開または閉）が装置の保安上いずれが適するかによつて決定される。なお調節弁の正逆の決定によつて調節計の正逆も関連して定まる。



第18図 X-VP型バルブポジショナ原理説明図
Fig.18. Schematic Diagram of Type X-VP Valve-Positioner



第19図
X-VP型バルブポジショナ
Fig.19.
Type X-VP Valve Positioner

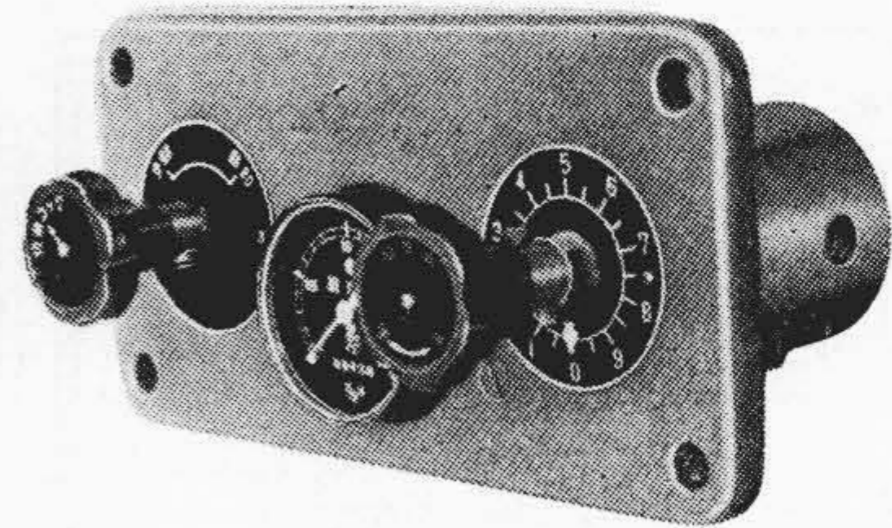
ダンパや蝶形弁のごとき回転角が操作量となるものには、上記の空気作動部分と同じ構造のものが用いられる。

(2) バルブポジショナ

調節弁は摩擦によつて2~5%のヒステリシスをもつものが普通である。バルブポジショナはこのヒステリシスを打消すために調節弁につける補償装置である。

調節計よりの二次圧をベローズに受けるとベローズは伸び、パイロットバルブを操作して調節弁のダイヤフラムへ空気圧が供給される。この関係で弁の静止する位置はベローズが受けた調節計の二次圧による力と弁の開度に比例したバネの力とが平衡した点であつて、いかにすれば二次圧と弁の開度とは比例した関係となり、弁棒などから生ずるヒステリシスの影響を除くことができる。

また一方ベローズの容積はダイヤフラムのそれと比べて小さいからバルブポジショナを付けることによつて、



第20図 X-SCV型手動自動切換弁
Fig.20. Type X-SCV Change Over Valve for Manual and Automatic Control

弁の応答が早くなるという利点がある。

本器は調節弁に取り付けられ、弁の寸法に応じて任意の弁の行程に調整できる調整部があり、点検時には直接調節計の二次圧で調節弁を操作できる切換コックを内蔵している。

(3) 手動自動切換え装置

電気回路の制御装置は切換スイッチ、操作鈕などによつて自動、手動の切換えが容易に行なはれるが、空気作動式調節計でも同様に行うために本装置が使用される。

本器は空気系統の切換へ弁と減圧弁を一体としたもので、手動操作時には調節弁へは減圧弁二次圧が加わつて調節計の二次圧は遮断され、自動操作時には調節計の二次圧が調節弁に加えられる。本装置は手動操作可能とするとともに自動より手動へ、または手動より自動への切換えの際に装置への外乱を与えることなく円滑に行うことができる。

[V] 調節計の応用

(1) 調節計の適用例

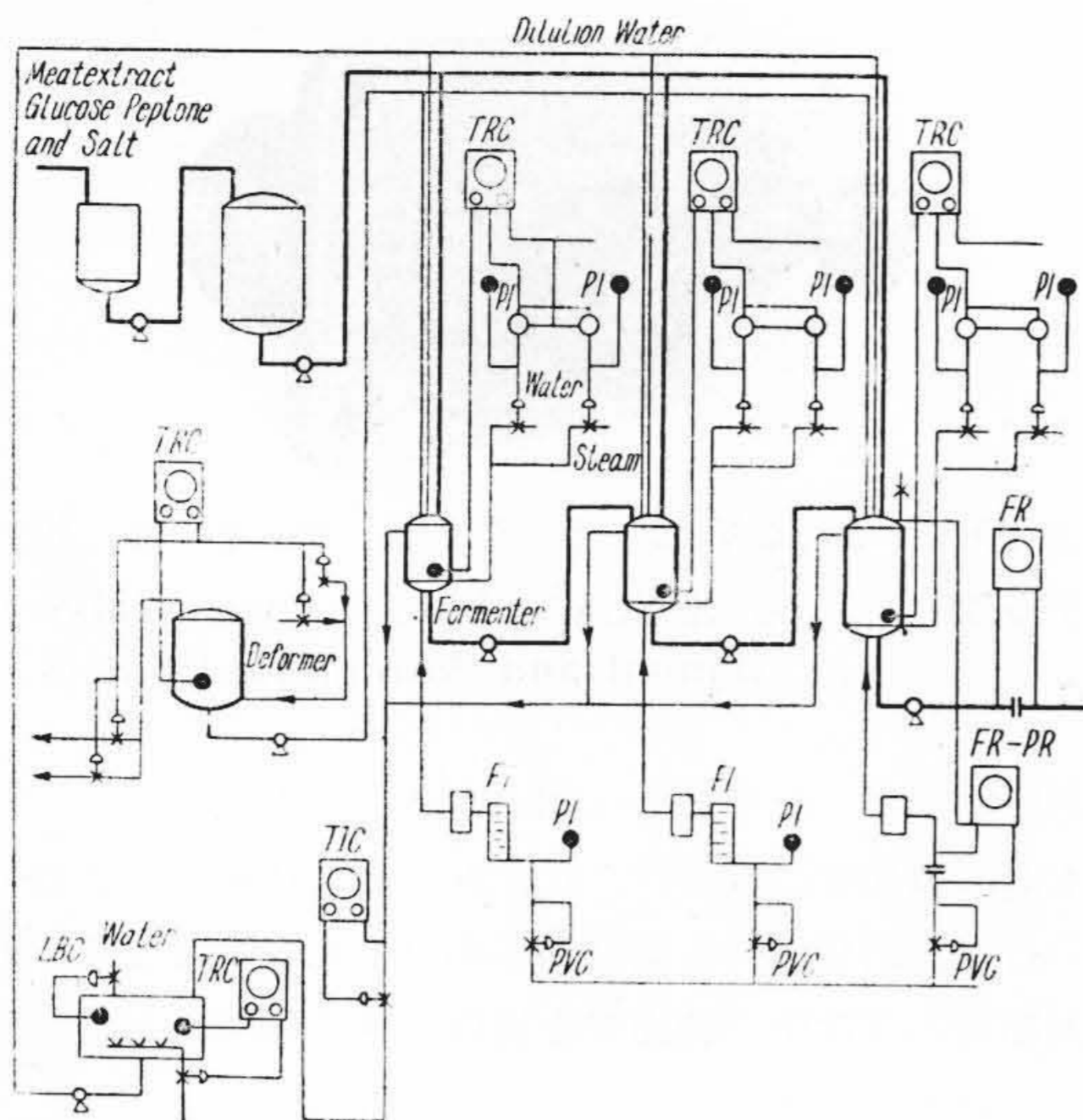
DT型温度調整器は各種の加熱炉に用いられているが新しい応用分野として、小型回転機の製造工程における線輪の電流乾燥装置に応用されて好結果をえている。

汽罐自動燃焼制御装置用調整器として先に述べた熱線方式のものは試作器が東京電力日立火力発電所において実用運転に入り、好成績をえている。

空気作動式調整器は戦前より燃料工業に用いられていたが⁽⁵⁾、戦後は化学工業の新しい分野よりの要求が多くなつてきている。

化学工業の連続式装置では温度、圧力、流量、液面などの調節計は欠くことのできぬものとなつてきているが、その代表的な例は精溜塔の自動制御である。これは燃料工業では新しいことではないが、最近の化学繊維、アルコールなどの諸工業の蒸溜、回収装置用として納入されている。

Batch装置への応用としてはペニシリン、ストレプト



(注) 雑誌 Fermentation に掲載のものの一部で、これと同様のものを国内の装置へ納入している。

第21図 培養槽の自動制御例

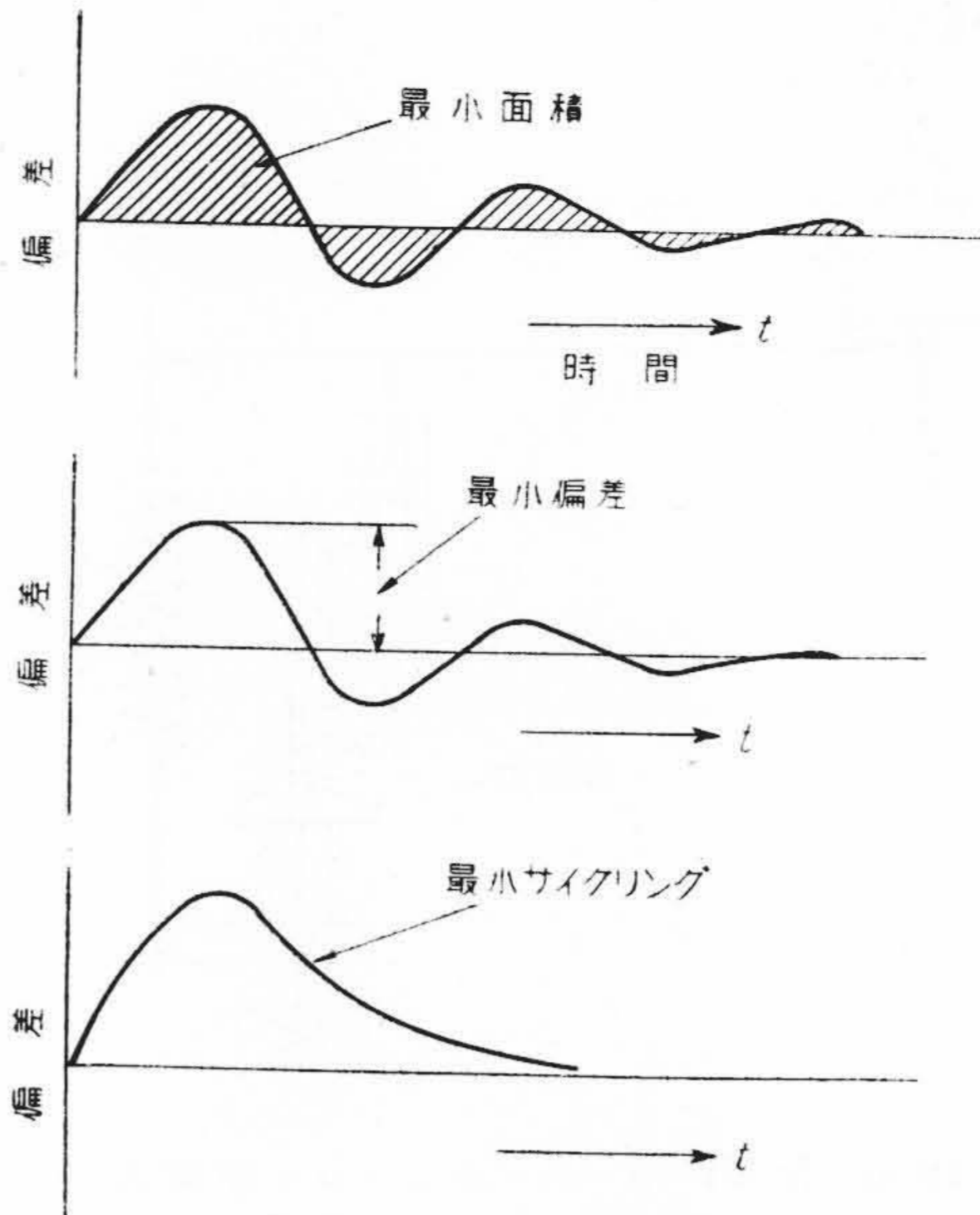
Fig.21. Example of Automatic Control of Fermenter (From Magazine "Fermentation")

マイシンなどの抗菌性物質の製造装置への応用が目ざましい。これらの装置は適量の酸素(空気)の補給を必要とするので温度、流量、圧力の調節計が用いられている。このプロセスは微量の Seed より製品化までには規模が拡大して行くので、各段階の制御対象は同一であるが調節計の方式はそれぞれに適合したものが必要であつて、また精製過程も他の工業には見られない無菌操作を必要とするので、特別の考慮が払われる。この系統は国内のものについては発表を差し控えるが、外国の例は第21図の通りである。

化学繊維工業の各種重合装置も Batch 装置として温度調節計の応用も多い。

空気作動式調節計はプロセス制御のみならず水力機械、空気機械へも応用されている。高圧給水ポンプは吐出量がある限度以下となるとジュール熱により内部の水が過熱される。この過熱を防止するために空気作動式流量調節計を用いて軽負荷時には最小限の放流を行う方式を用いて好結果をえている。プースタ圧縮機はガラス加工工業では燃料ガス圧、酸素または圧縮空気圧の確保のために多く用いられているが、これに設けられている自力式の圧力調整器は不完全なもので、ガス圧の確保は品質管理の上から重要な問題となつてゐる。空気作動式圧力調節計を用いてプースタ側路に設けた調節弁を操作し、ガス圧の確保に好成績をえている。

最近の新設火力発電所、変電所の発電機、同期調相機



第22図 制御の良さを示す基準の種類

Fig.22. Criteria for Stability of Control

には水素冷却装置が多く用いられるようになってきている。この水素の純度、圧力の保持のために自動制御が行なわれているが、この方式は厳密にこれらの値を一定に保持する必要がないので、on-off 式の二段制御を用い、設備の恒久化も狙つて好評をえている⁽⁶⁾。

(2) 調節計適用

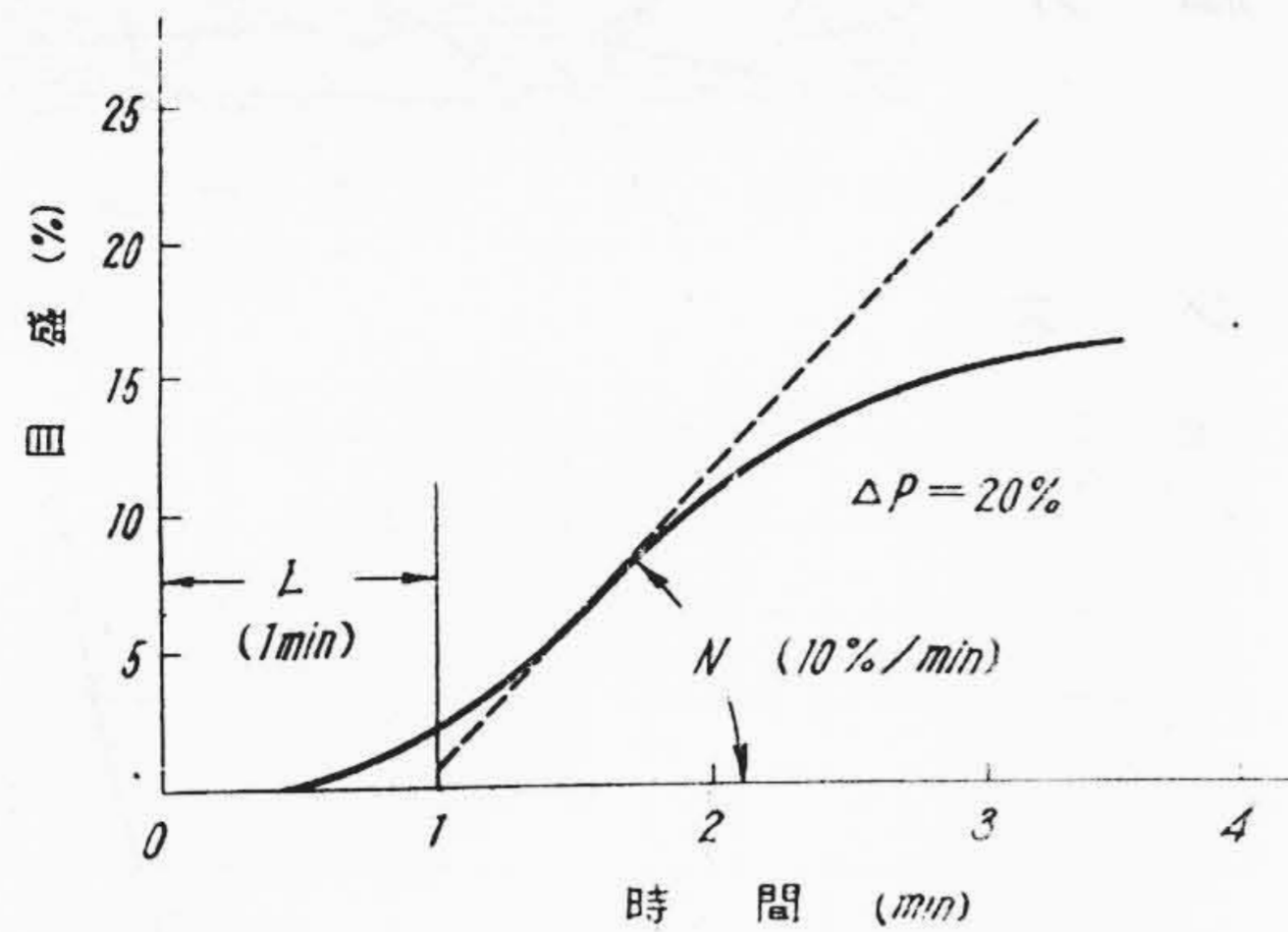
調節計の応用範囲は広いものがあるので、その選択の基準として種々考慮されねばならない。

自動制御の目的はプロセスの作業条件を最適とし、製品の品質を均一にすることを主目的とする。それには製品の品質を代表する制御量を確め、さらに調節計の動作方式を装置の安定な運転と制御結果の要求する範囲によつて決定さるべきである。

制御経過の良さを示す基準として第22図に示すごとく⁽²⁾、偏差の最小面積(例:食品の焼成)、最小偏差(例:石油の熱分解)、最小サイクリング(例:連続化学装置)などがある。これによつて比例位置動作のものはオフセットを生ずることは避けることができないが、制御経過の安定性の上ではすぐれているので、プロセスの要求によつてはもつとも適している場合もある。

一般的にいつて調節計の動作方式の選択の基準として、反応速度、むだ時間、負荷変動について注目すれば第3表の通りとなる。

また精溜塔のごとき温度、圧力、流量、液面などが相関連して制御されるプロセスでは相互干渉のないように調節計を配置すべきであつて、調節計の動作方式も均衡



第23図 プロセス応答の近似曲線 (Ziegler-Nichols)

Fig. 23. Approximation of Process Reaction Curve (From Ziegler-Nichols)

のとれるように選択すべきである⁽⁵⁾。

調節計が用いられる工業プロセスでは高温、高湿、振動、塵埃など多くの悪条件がある。これらは計益の設置に当つてできうるかぎり避けるべきで、悪条件の重なる装置では独立した計器室を設ける必要がある場合も多い。なお設置後にあつては定期的な点検と保守も必要なことである。

かくして調節計が選択され、適当に設置されて、プロセスに合致した運転を行うためには調節計の諸動作の設定値を適当に選定する必要がある。元来制御経過の解析は高次の微分方程式を解くことで、これは実際の用途には適さない。ボーデ線図により直観的にプロセスと調節計との組合せ特性を理解する方法があきらかにされているが、これにより現場において調節計の設定の判断は容易になつた⁽⁷⁾。

制御経過の偏差を最小面積とする方法は高橋氏、Ziegler-Nichols により求められている。⁽¹⁾⁽²⁾ その条件は第23図のごとき操作量 ΔP の変化を与えたインディシャル応答にて、むだ時間 L (min) と反応率 N (%/min) を求め、これより比例帯 s 、リセット率 r (積分時間の逆数 1/min) および微分時間 q (min) を第4表のごとく選定する。

[VI] 結 言

工業プロセスに用いられる調節計の二三について基本的な動作、機構、特性、応用について述べた。

調節計が十分な機能を発揮して自動制御の結果を満足

第3表 調節計動作の選定基準
Table 3. Standard for Application of Automatic Controller

調節計の動作	反応速度	むだ時間	負荷変動
位置動作	遅	小	小
比 例	遅または中	小または中	小
比 例-積 分	任意	小または中	遅
比 例-積 分-微 分	任意	任意	任意

第4表 調節計整定の基準
Table 4. Standard for Setting of Automatic Controller

整定動作 動作方式	s 比 例 帯 (%)	r リセット率 (1/min)	q 微分時間 (min)
比 例	$\frac{100 NL}{\Delta P}$	—	—
比 例-積 分	$\frac{110 NL}{\Delta P}$	$\frac{0.3}{L}$	—
比 例-積 分-微 分	$\frac{83 NL}{\Delta P}$	$\frac{0.5}{L}$	$0.5 L$

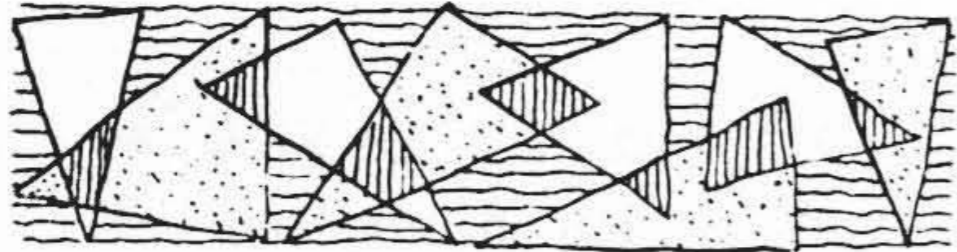
なものとなしうるか否かは、調節計とプロセスとの適合にあることはいうまでもない。これにはプロセスの特性と調節計の動作を理解して適切な応用を図ることで、需要家と計器メーカーの緊密な連絡に期待する外はない。

また各種産業の最近の進歩は目ざましいものがあり、自動制御の面でも新たな要求が増しつゝある。

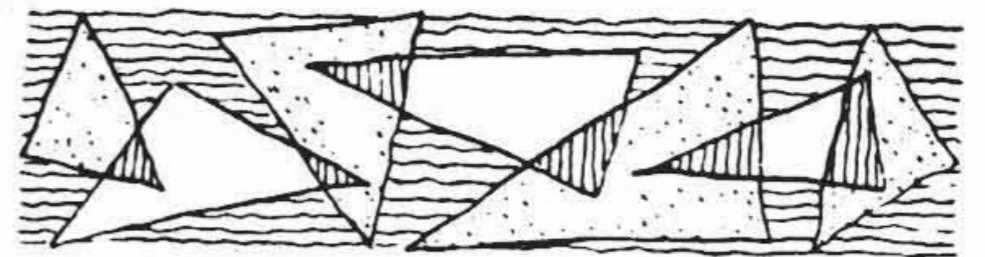
計器製造に携る者として需要家の御指導により、調節計の改良、新しい要求に対する開発に努力し、わが国産業の発達に微力を尽したいと思う。

参 考 文 献

- (1) 高橋安人：自動制御 昭和24年
- (2) Donald P. Eckman: Principle of Industrial Process Control. 1951
- (3) 河井：日立評論 特集号別冊3号, p. 125~130
- (4) 泉, 北川：日立評論 特集号別冊4号, p. 87
- (5) 田村：日立評論 26, 2 p. 81~82 (昭18-2)
- (6) 島田, 岩淵, 佐藤：日立評論 35, 4 p. 55~60 (昭28-4)
- (7) 北川：日立評論 35, 11 p. 89~95 (昭28-11)



特許の紹介



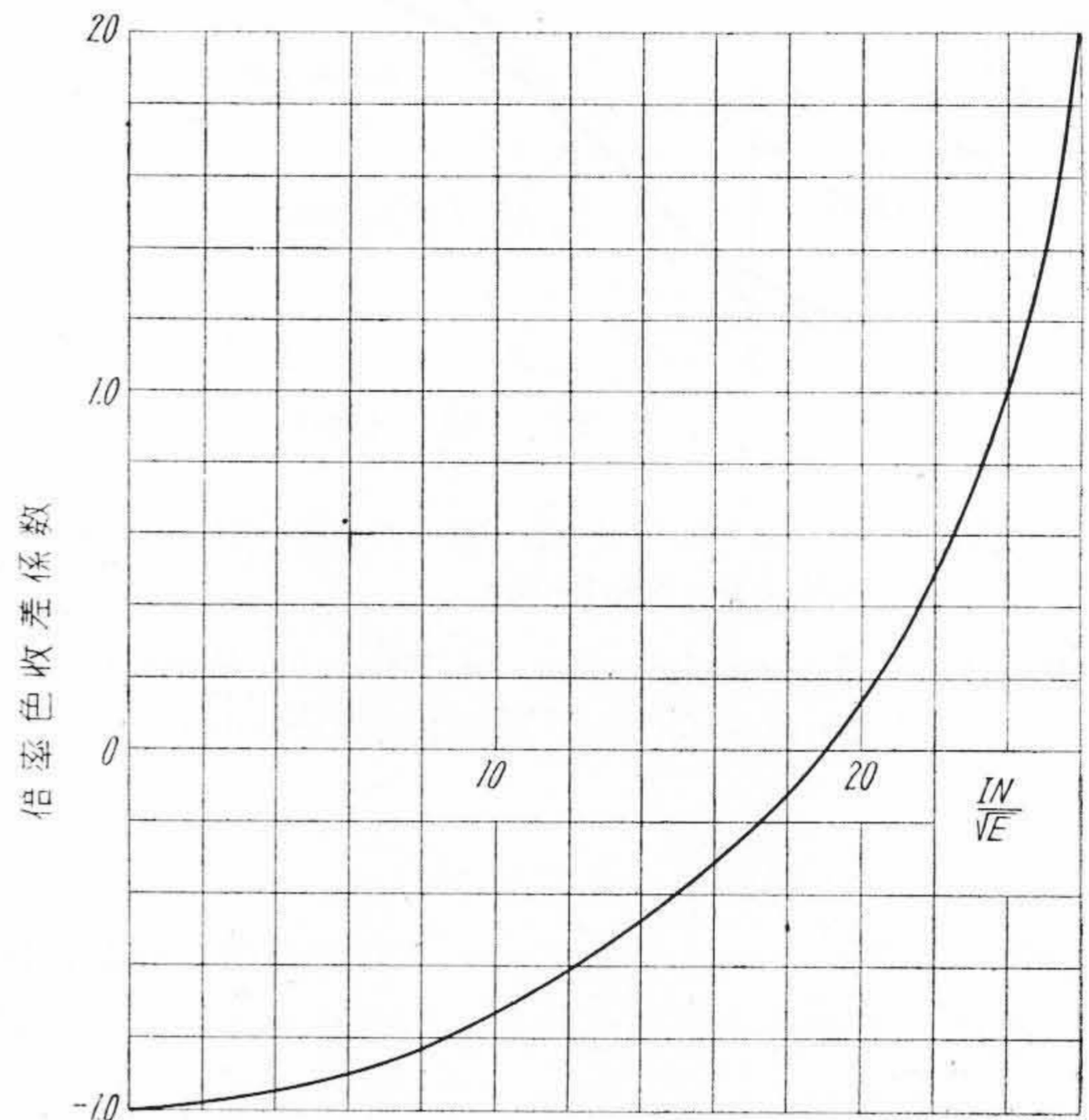
特許第 214309 号

片桐 信二郎・只野 文哉

電子レンズ

電子顕微鏡において電子線の速度の変動のために生ずる色収差を除去するためには電源電圧を極度に安定化する必要上電源装置が非常に大きくなる不利を伴なう。色収差量を電圧変動量の函数として表わすときの係数値を零にすることができるならば、電圧変動のいかんにかかわらず色収差を除去しうるわけであるが、従来磁気対物レンズの倍率色収差係数がレンズの強さなどの変化に応じてどのような変化をするかということが内外専門家の研究の結果によつても未だ明確でなかつたため、完全な色消条件を求めることができなかつた。しかるにこの発明の発明者らは磁気対物レンズの倍率色収差係数について実験的および理論的研究を綿密に行なつた結果、この場合の係数値 C_{0v} はレンズ磁極の励磁アンペアターンを IN 、電子線の速度を E (ボルト) とするときレンズ磁極の構造寸法のいかんにかかわらず IN/\sqrt{E} に対して常に図に示すような一定の変化をすることを発見した。すなわち磁気対物レンズの色収差係数は IN/\sqrt{E} の値を 19 の附近に選ぶときほとんど零となることを知り、これによつて電源電圧の変動にかかわらず色消条件をうることに成功したのである。

(原田)



特許第 204091 号

只野 文哉・片桐 信二郎

複合電子レンズ

本頁上欄に記載した特許第 214309 号の発明により電子顕微鏡の磁気対物レンズの倍率色収差係数はレンズ磁極の励磁アンペアターンを IN 、電子線の速度を E (ボルト) とするとき IN/\sqrt{E} の値を 19 の附近に選べば、磁極構造のいかんにかかわらず零となり、対物レンズの色消し条件をうるに到つたのであるが、実際の電子顕微鏡では対物レンズとともにこれに組合わされる投射レンズとの総合的な色消し条件を考えなければならず、かつ回転色収差も同時に除去されなければならない。ところがたとえば投射レンズの倍率色収差係数を対物レンズの倍率色収差係数と等値異符号になるように両レンズの IN/\sqrt{E} を選んで倍率色収差を除去しえたとしてもこれらの IN/\sqrt{E} における両レンズの回転色収差係数が等値 (勿論像回転方向を互いに反対にする) となるとは限らないから従来一般的な総合色消し条件がえられなかつたのである。

この発明の発明者らは投射レンズの倍率色収差係数の性質について種々研究の結果その IN/\sqrt{E} の変化に対応する曲線はレンズ磁極の極間隔 h と磁極片の孔径 d との比 h/d の値に応じて異なり係数値が零となる点の IN/\sqrt{E} の値も h/d の値に応じて変化することを確認した。この結果を利用してこの発明では、たとえば対物レンズの IN/\sqrt{E} を 19 に選んでその倍率色収差係数を零とした場合 (特許第 214304 号参照) 投射レンズの回転色収差係数を対物レンズの $IN/\sqrt{E}=19$ における回転色収差係数と回転方向反対かつ等値になるように投射レンズの IN/\sqrt{E} を選び、この IN/\sqrt{E} における投射レンズの倍率色収差係数が零となるようにその磁極の h/d を選ぶことにより両レンズの総合的な倍率色収差および回転色収差を電源電圧に無関係に消去することに成功したのである。

(原田)



品質管理を誇る



日立テレビブラウン管

21吋, 17吋, 14吋, 12吋, 10吋, 7吋, 普及新型(280 AB₄, HB₄)

日立真空管 日立製作所