

## サーミスターのその応用(その三)

内藤大三\* 江森五郎\*\*

## Thermistor and its Application (No. 3)

By Daizo Naito and Goro Emori  
Totsuka Works, Hitachi, Ltd.

## Abstract

In this article we have dealt the application of thermistor to the general purposes and to the communication service as Automatic Gain Control device for carrier telephony and switching circuit in telephone exchange.

Two types of Automatic Gain Control circuit are shown with their features as follows ;

One type has a character of reducing the variation of output level 4 db for the variation of input level of 50 db, and the other has a character of keeping output level almost constant for the variation of input level of 35~40 db.

Several examples applied to the telephone switching circuit utilizing the transient character or stationary character of thermistor are also shown.

## [I] 緒 言

サーミスターはその抵抗値が温度の上昇と共に著しく減少する特性を持つもので電気通信工業のみならず広く一般電気工業への応用が考えられる。

我が国に於てサーミスターが実用される様になつたのは極めて最近のことであつて、従つて実用している分野も未だあまり広くない様であるが、ここに簡単に利用し得る方面に就いて述べ、特に電気通信関係に於ては自動利得調整装置に利用されて実績をあげておるのでその一二の例を紹介すると共に、利用を計画しつつある電話交換機関係に就いて若干述べたいと思う。

[II] サーミスターの一般的応用<sup>1,2</sup>

サーミスターの如き半導体の電気抵抗は一般に極めて大なる負の温度係数を持ち、それに流れる電流とその端子電圧との関係が非直線的であることは前に述べられた如くである。この特殊な性質に着眼してその利用方法を考えれば応用の範囲は極めて広いものである。既に現在迄に種々の応用が考案されておるが之等の極めて一般的

なものを次に列挙して見よう。

## (イ) 温度の測定、温度の調節

抵抗値から逆に温度を測定し、抵抗変化により温度調節装置を制御することは極めて簡単に出来る。

## (ロ) 温度補償

正の温度係数を負の温度係数によつて消去することにより温度補償を行うものである。

## (ハ) 継電器の遅緩動作等

熱的慣性による抵抗変化の過渡時間を利用するもので例えば CR の時定数、銅環を用いる方法よりも簡単に大なる遅緩時間が得られる。

## (ニ) 自動開閉装置

バイメタルの代りとして温度変化により自動的に回路の開閉を行う。

## (ホ) 高周波電力測定

高周波に於ても純抵抗として動作するから、之に吸収した電力と抵抗の関係から簡単に測定出来る。

## (ヘ) 発振器の安定抵抗

発振器の饋還抵抗として、出力並に周波数安定に使用する等。

## (ト) 自動利得調整回路の可変素子として又は遠隔制

\* \*\* 日立製作所戸塚工場

御抵抗として回路制御を行う。

- (チ) 電流断続装置、超低周波発振器
- (リ) 自動電圧調整装置への応用

その他際限なく考えられると思うがこの程度に止める。

### [III] 電気通信機器への応用

各種の応用例に就いて一つ一つ具体的に述べることは限られた紙面では出来ないから、ここでは通信機器への応用例の一、二に就いて述べたいと思う。

#### (1) サーミスターを利用した自動利得調整装置

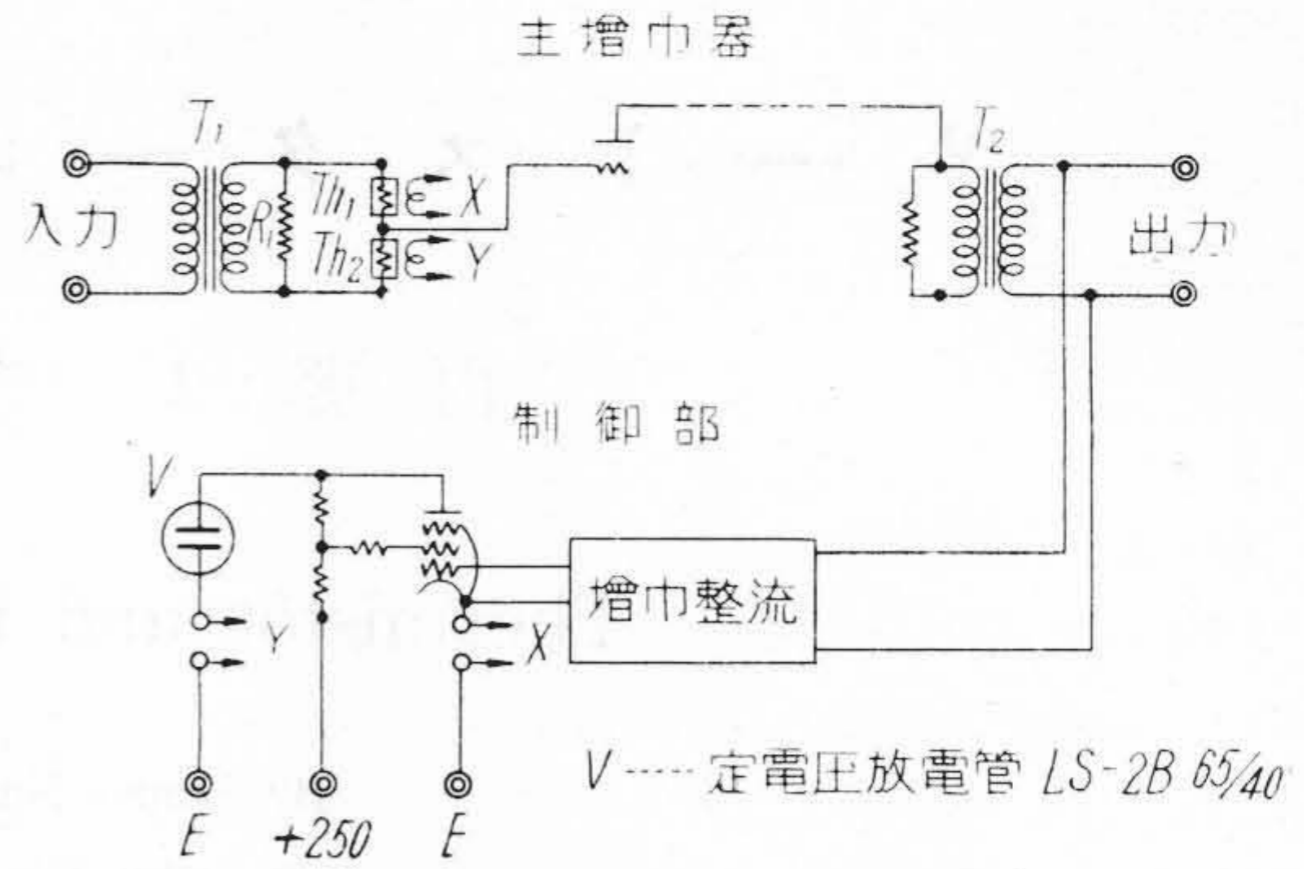
通信機器への応用の中で自動利得調整装置への応用は主要なものの一つである。自動利得調整の方法には電気機械的方法と純電気的方法であることは周知の如くであつて、電気機械的方法にはそれに特有の長所もあるが、サーミスターを用いる場合は主として純電気的方法に属するからここでは純電気的方法のみに就いて述べることにする。

純電気的方法とは、増巾器又は減衰器等を構成する素子の中の一部に可変素子を用い、この可変素子を入力レベルに関連させて電氣的に制御して出力レベルを略々一定値に保持する方法である。

従来この目的に使用された可変素子としては、真空管の内部抵抗及び増巾率の変化等が主なもので之等は何れも電氣的非直線特性を利用するものであるから所謂非直線歪の発生を避けることは出来ない。而してレベル調整率  $\gamma$  (出力レベル変化 db/入力レベル変化 db) は之等可変素子の電氣的非直線性の大きくなる程小さく出来る傾向にあるから  $\gamma$  を小さくして而も非直線歪の発生を一定値以下に限定するためには技術的に相当の困難を伴うものである。

然るにサーミスターは温度により抵抗値が変化する性質を利用するのであつて熱的慣性を有するから音声周波以上の高周波電流の一周期に対しては殆ど完全なる直線性素子として動作させることが出来るので非直線歪の発生は殆ど無視することが出来る。又雑音の発生も実用上殆ど問題にならない程度である。サーミスターの熱的慣性はその材質及び構造を変化することにより広範囲に任意に調整出来るもので熱的時定数は数ミリ秒から数分に及ぶものを作ることが出来且その寿命も極めて長い。以上述べた如く自動利得調整装置の可変素子としてサーミスターは理想に近く特性を持つものであるが、サーミスターは本来温度に敏感なものであるから周囲温度の変化に対する対策を十分考慮する必要がある。

サーミスターを用いた自動利得調整装置は各種の回路方式が考案されて実用されつつあるが比較的簡易な回路方式により従来の方法では容易に得られない良好な特性



第 1 図 A.G.C. 回路図 (A)

Fig. 1. Automatic Gain Control Circuit Diagram (A)

が得られる。第 1 図及び第 5 図はサーミスターを用いた自動利得調整回路の一例であつて、第 1 図に示すものは入力レベルの広範囲の変動に対して殆ど一定のレベル調整率 ( $\gamma \approx 0.08$ ) で動作する方式であり、第 5 図のものは入力レベル変動の一定範囲に対しては出力レベルは殆ど完全に一定値に保持出来る回路方式の一例である。

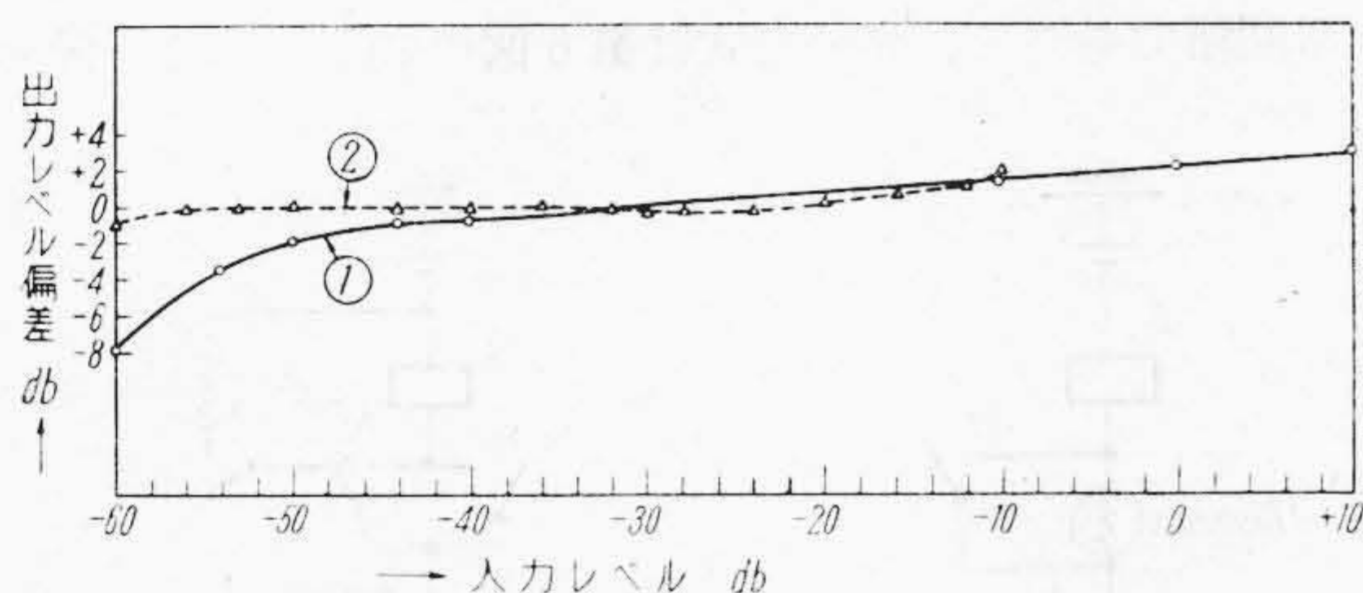
第 1 図の回路に於て  $Th_1, Th_2$  は特性の概略等しい傍熱型サーミスターであつて、図に示される様に二つのサーミスターを以て入力電圧分圧器を構成して居る。 $X \cdot Y$  は夫々  $Th_1 \cdot Th_2$  の加熱線輪で  $X \cdot Y$  に流れる加熱電流は例えば入力レベルが上昇したときは  $X$  の電流は減少するのに対して  $Y$  の電流は増加する様に差動的になつて居る。従つて入力レベルの上昇により  $Th_1$  の抵抗値は増加し  $Th_2$  の抵抗値は減少するので入力信号に対する分圧器の電圧減衰量は増加して入力レベルの上昇にも拘わらず増巾管の制御格子に与えられる信号電圧は略々一定値に保持される。入力レベルが低下したときは勿論この逆の動作により出力レベルも亦略々一定値となるものである。

サーミスターをこの様な接続方法で使用するとサーミスターの伸長率  $\alpha (\alpha = \Delta \log R / \Delta \log I_h \dots)$  但し  $R$  = サーミスター抵抗値、 $I_h$  = 加熱電流) が相加されるのでレベル調整率  $\gamma$  が小さくなるのみならず、周囲温度の影響による  $Th_1 \cdot Th_2$  の抵抗変化は大體同比率で同方向であるから分圧比は周囲温度により殆ど変化しない、従つて所謂温度補償を行う必要がないと云う特徴がある。

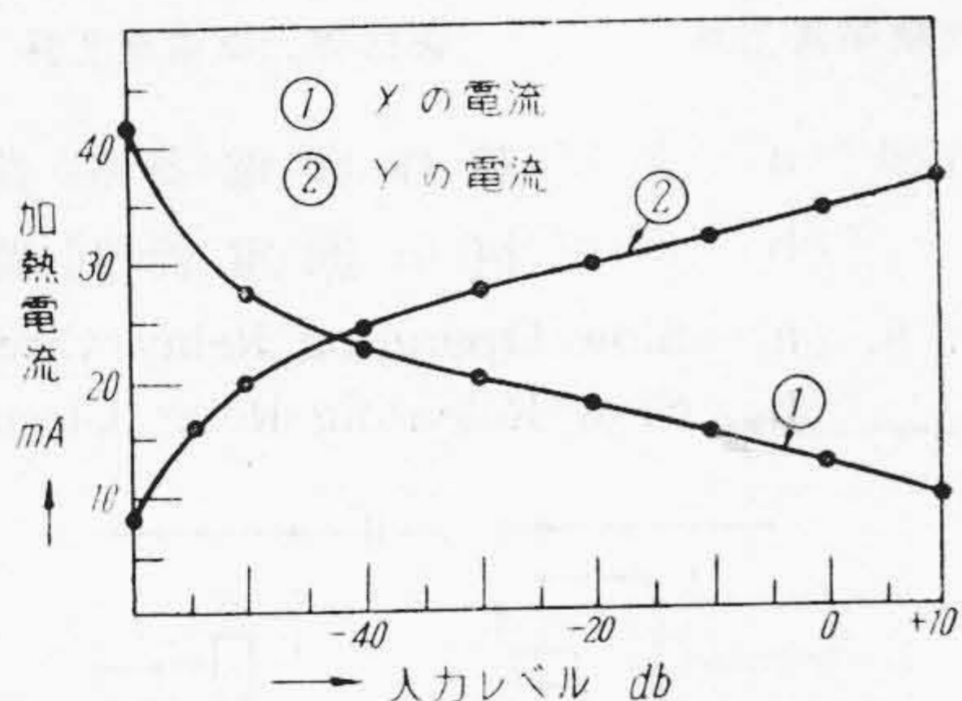
今  $Th_1 \cdot Th_2$  は特性の近似した次の如きもの即ち加熱電流を 5~35 mA に変化したときその抵抗値が 600 k $\Omega$  - 600  $\Omega$  に変化するものを使用したとすれば、この分圧器による電圧減衰量は約 0~60 db の変化をするものとなる従つてこの場合は少くとも入力レベルの変動範囲 60 db に対応出来る AGC 装置が得られることになる。こ

の方式では入力レベルの変化により入力インピーダンスが若干変動するが、之に対しては  $Th_1 \cdot Th_2$  の抵抗値の和が如何なる状態に於ても  $T_1$  の終端抵抗  $R_1$  の10倍以上になる様にして置けばインピーダンスの変化量は標準値の10%以下になるから実用上支障ないものと思われる。

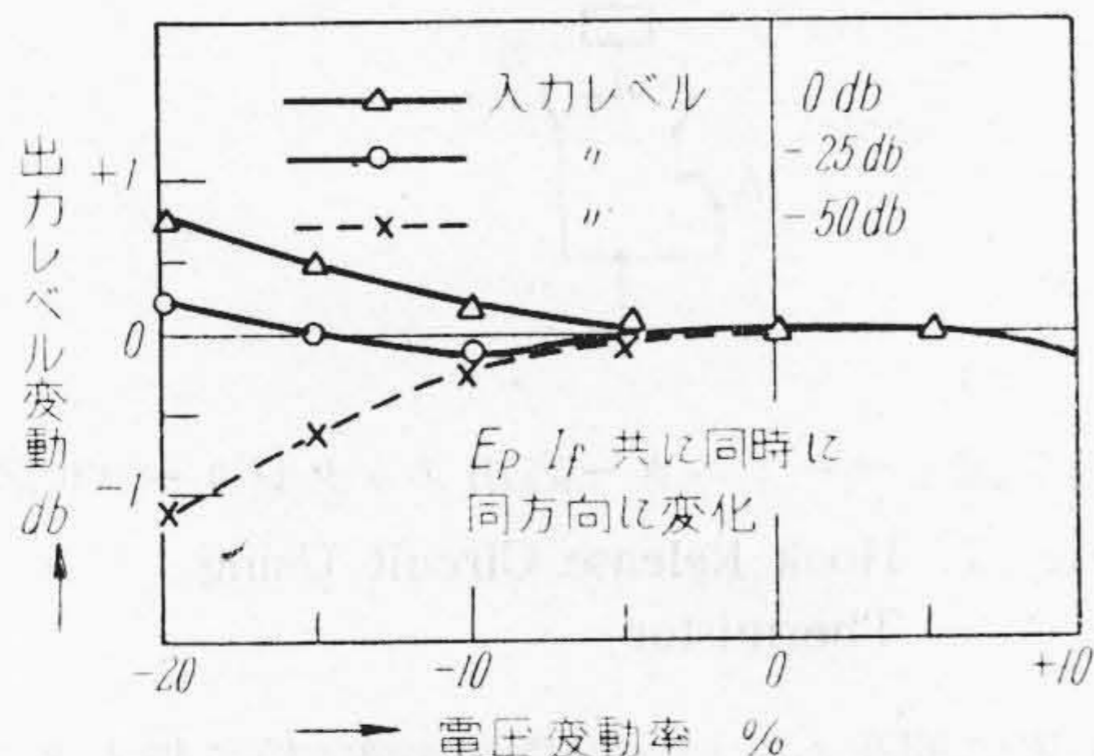
第2図の曲線①はこの回路のレベル調整特性の一例でこの特性は主増巾器の最大利得(サーミスター分圧器除去)を50dbとし出力レベル標準を0dbにしたときに得られたものである。レベル調整率  $\gamma$  は計算値0.09に対して実測値は0.08~0.085である。次に第3図は入力レベルの変化に対する加熱電流の変化を示すもので同図曲線①は  $X$  に、②は  $Y$  に流れる電流である。又電



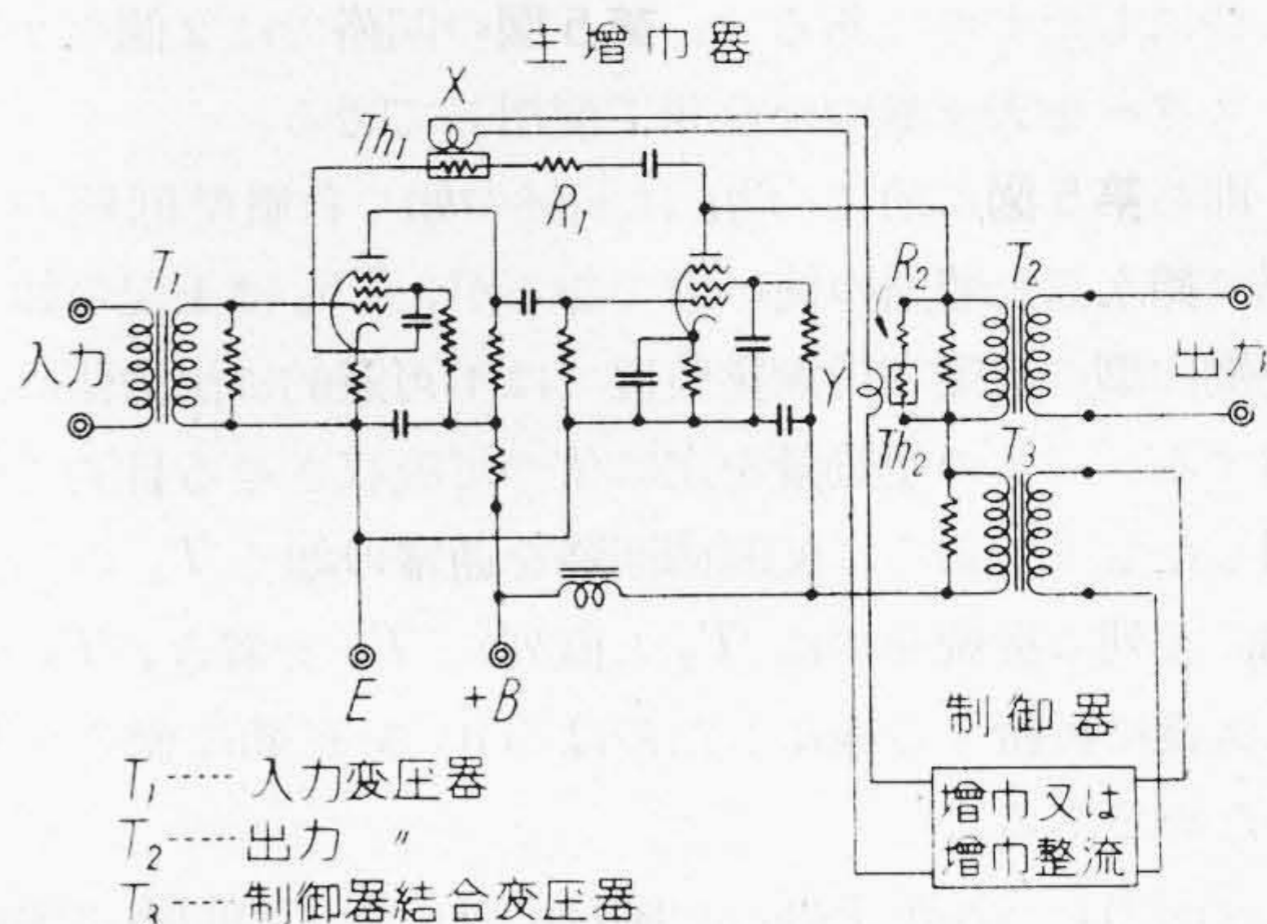
第2図 レベル調整特性  
Fig. 2. Automatic Gain Control Characteristic



第3図 入力レベルと加熱電流の関係  
Fig. 3. Relation between the Heater Current and the Input Level



第4図 電流電圧と出力レベル  
Fig. 4. Output Level of A.G.C. Plotted as a Function of Source Voltage



第5図 A.G.C. 回路図 (B).  
Fig. 5. Automatic Gain Control Circuit Diagram (B)

源電圧の変動に対する出力レベルの安定度は第4図の如く入力レベル如何に依つて多少異なつて居るが、電圧  $\pm 10\%$  の変化に対する出力レベルの変動は  $\pm 0.2\text{db}$  以下である。周囲温度変化による影響を室温  $20^\circ\text{C}$  のとき  $20^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$  迄変化して測定したが出力レベルの変動量は  $0.2\text{db}$  以下で、動作極めて安定であつた。

次に第5図の回路に就いて簡単に述べる。同図に於て  $Th_1 \cdot Th_2$  はサーミスター抵抗体で、 $X \cdot Y$  は夫々に対する加熱線輪である。この回路の利得制御は負饋還量の変化によつて行なわれるもので、 $Th_1$  及び  $R_1$  を含む電圧負饋還回路に於て  $Th_1$  の抵抗値を入力レベルに関連させて変化することに依つて出力レベルを大略一定値に保持することがこの回路の自働的利得制御の主体となつて居る。第1図及び第5図の如くサーミスターを制御する制御電力を主増巾器の出力側から供給する方式は一般に後働作型自働利得調整装置と云つて居るが、この型のレベル調整率  $\gamma$  (又は圧縮率) は(1)式から求められる。

$$\gamma = 1/(1 + \alpha \cdot \beta) \dots \dots \dots (1)$$

但し  $\alpha$  = サーミスター伸長率

$\beta$  = 制御回路伸長率

この式から  $\alpha \cdot \beta$  を大きくすれば  $\gamma$  を小さく出来ることは明瞭であるが、 $\alpha$  の値は通常  $3 \sim 6$  程度であり、 $\beta$  の値は制御回路に特殊な工夫をしない限り  $1$  に近い数である。今仮りに  $\alpha = 6, \beta = 1$  とすれば(1)式より  $\gamma = 0.14$  であつて、このときは入力レベルが  $10\text{db}$  変化すれば出力レベルは約  $1.4\text{db}$  変化する筈である。斯の如く後働作型の自働レベル調整装置に於ては  $\gamma$  の値に応じて入力側のレベル変動を出力側に於て圧縮することは出来るけれども出力側に於けるレベル変動量を零にすることは出来ない。

第1図の回路方式ではサーミスターを2個使用して  $\alpha$  が約2倍になる様にすることに依つて  $\gamma$  の値が小さくな

る様にしたものである。第 5 図の回路では 2 個のサーミスターを夫々異つた意味で使用して居る。

即ち第 5 図に於て  $Th_1$  は前述の如く負饋還回路の一部に挿入した普通の使い方であるが、 $Th_2$  は上記の如く後働作型の自働利得調整装置では不可避的に出力側に残留するレベルの変動量を之に依つて吸収させる目的で使用したものである。又制御回路を通常の如く  $T_2$  の二次側に並列に接続せずに  $T_2$  と直列に  $T_3$  を置き、 $T_3$  の二次側に接続する様にしたのは  $Th_2$  を有効に働かせるためである。

今入力レベルが上昇した場合に就いてこの回路の働作を述べると、入力レベルがある定常値から上昇した瞬間に於ては  $T_2$  及び  $T_3$  の出力共に直線的に増加する。 $T_3$  を通して制御器に供給される電圧が増加するに従つて  $Th_1 \cdot Th_2$  の加熱線輪  $X$  及び  $Y$  に流れる電流が増加して  $Th_1 \cdot Th_2$  共にその抵抗値が減少する。

$Th_1$  の抵抗値減少により主増巾器の負饋還量が増加するからその利得は低下して  $T_2$  及び  $T_3$  の出力共に大略一定値に復歸する。これは一般の後働作型回路の働作と同様であるが、この回路では  $Th_2$  の抵抗値が  $Th_1$  と同様に減少することにより  $T_2$  回路に与える並列損失が増加する。この並列損失の増加量を後働作型回路に於ける残留出力レベル変動量と等しくすれば  $T_2$  回路の出力レベルは入力レベルの上昇にも拘わらず、完全に一定値に保つことが出来る。

$Th_2$  の働作はこの様に  $T_2$  回路に与える並列損失を変化せしめることの他に、出力真空管の陽極負荷として、 $T_2$  と  $T_3$  は直列関係にあるから、 $Th_2$  の抵抗値の減少によつて  $T_3$  回路の出力は減少するが、 $T_3$  回路の出力即ち制御回路の入力は僅少ではあるが増加する。これは制御回路に対しては入力レベルの変化を拡大する様に働らくものであつて (1) 式の  $\beta$  の値を大きくすることである。

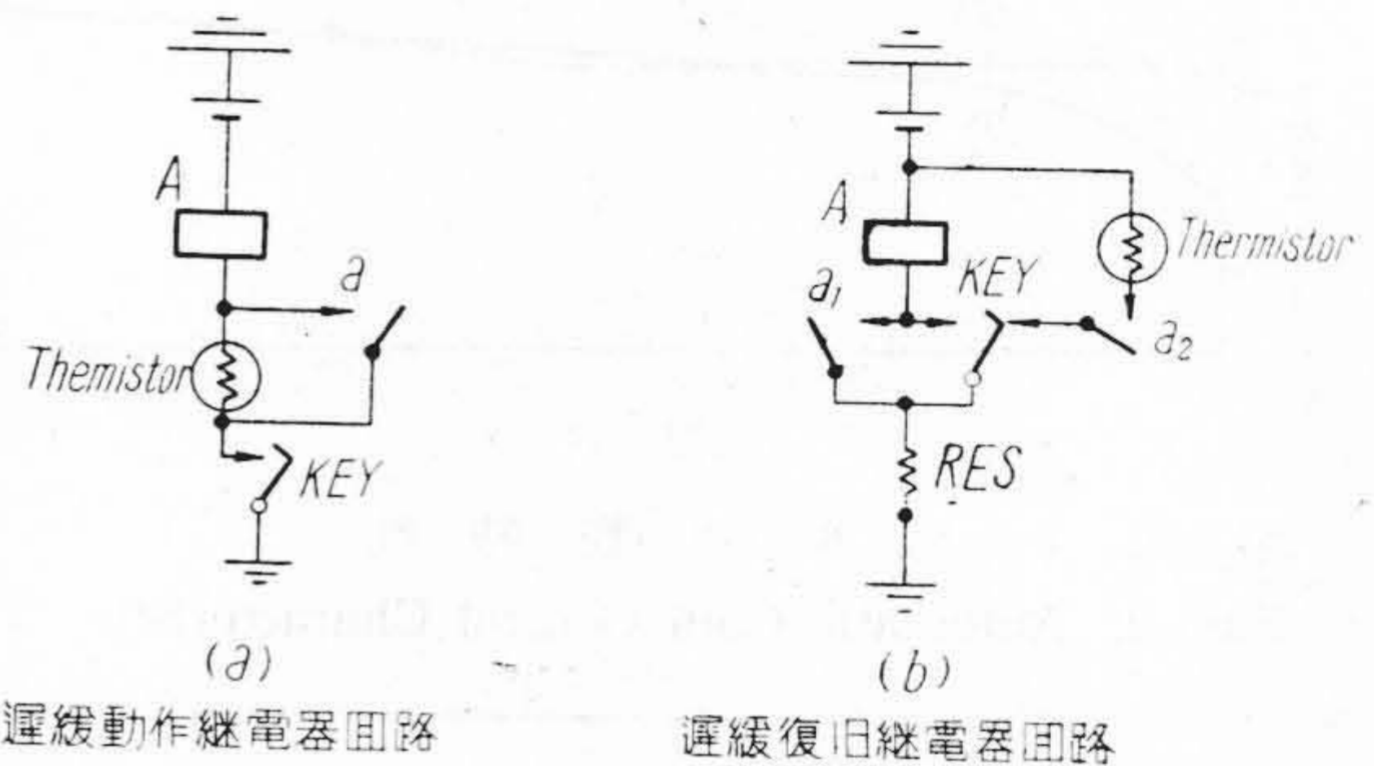
第 2 図の曲線②はこの回路によつて得られたレベル調整特性であつて、入力レベルが  $-55 \text{ db} \sim -15 \text{ db}$  の範囲に対して出力レベルを  $-10 \text{ db}$  一定に保つ様に調整した結果で、この範囲内に於ける出力レベルの偏差は  $\pm 0.3 \text{ db}$  程度である。入力レベルの如何なる範囲に対して、又出力レベルの標準値を如何なる値にするかは主増巾器及び制御器の最大利得を変化することによつて所望の値に決定出来る。この回路の電源圧に対する出力レベルの安定度は制御増巾器の電源電圧に対する利得の安定度に支配されるものであつて、第 1 図の回路の如く入力レベルによつて安定度が異なることはない。必要に応じて制御増巾器の負饋還量を増加すればそれだけ安定度を向上させることが出来る、この点は第 1 図の回路より単

純である。而し乍ら周囲温度変化の影響を受けることは第 1 図の回路に比較して多いから温度変化の甚しい場所に使用するときには温度補償を行う必要がある。

斯の如く入力レベルの変化にも拘わらず出力レベルを殆ど完全に一定値に保持することは第 5 図の如き方式に限らず全く別の回路方式に依つても亦可能である。既に二、三の回路に就いて実験を行つて居るので之等の損失等を比較して述べることも興味のあることと思うが、レベル調整特性に関しては大同小異であるからここでは省略する。

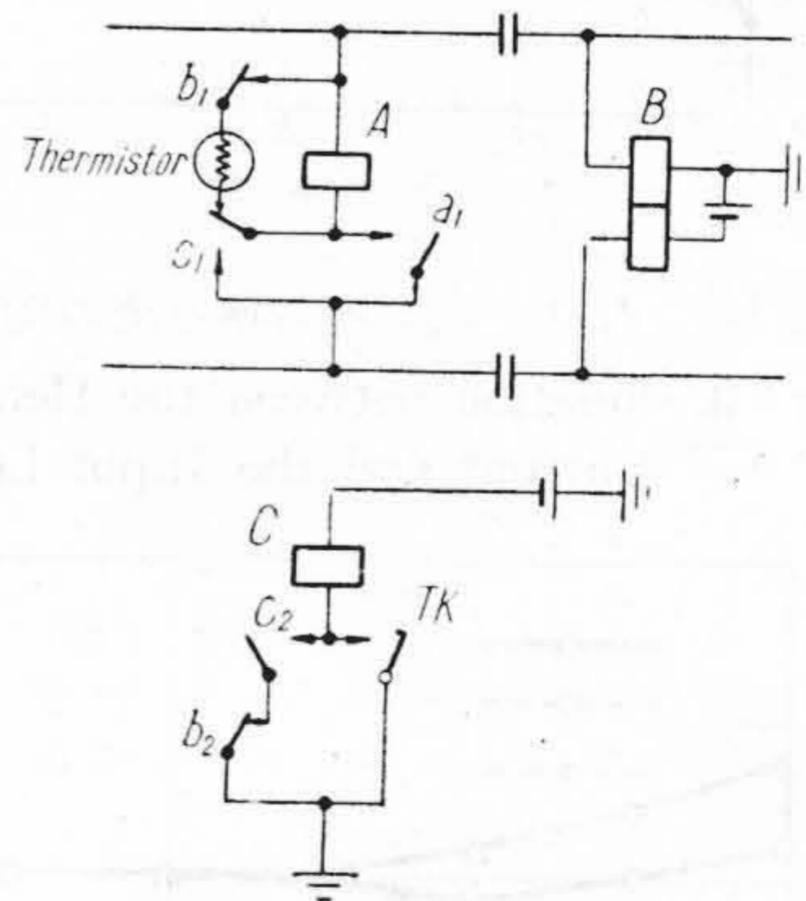
(2) 電話交換機への応用

先づ交換機回路で一番先に考えられるのは、サーミスターの過渡的特性を利用した遅緩働作及び遅緩復旧継電器回路であつて、其の方式は第 6 図の如くである。此の



第 6 図 (a) 遅緩動作継電器回路  
(b) 遅緩復旧継電器回路

Fig. 6. (a) Slow Operating Relay Circuit  
(b) Slow Releasing Relay Circuit

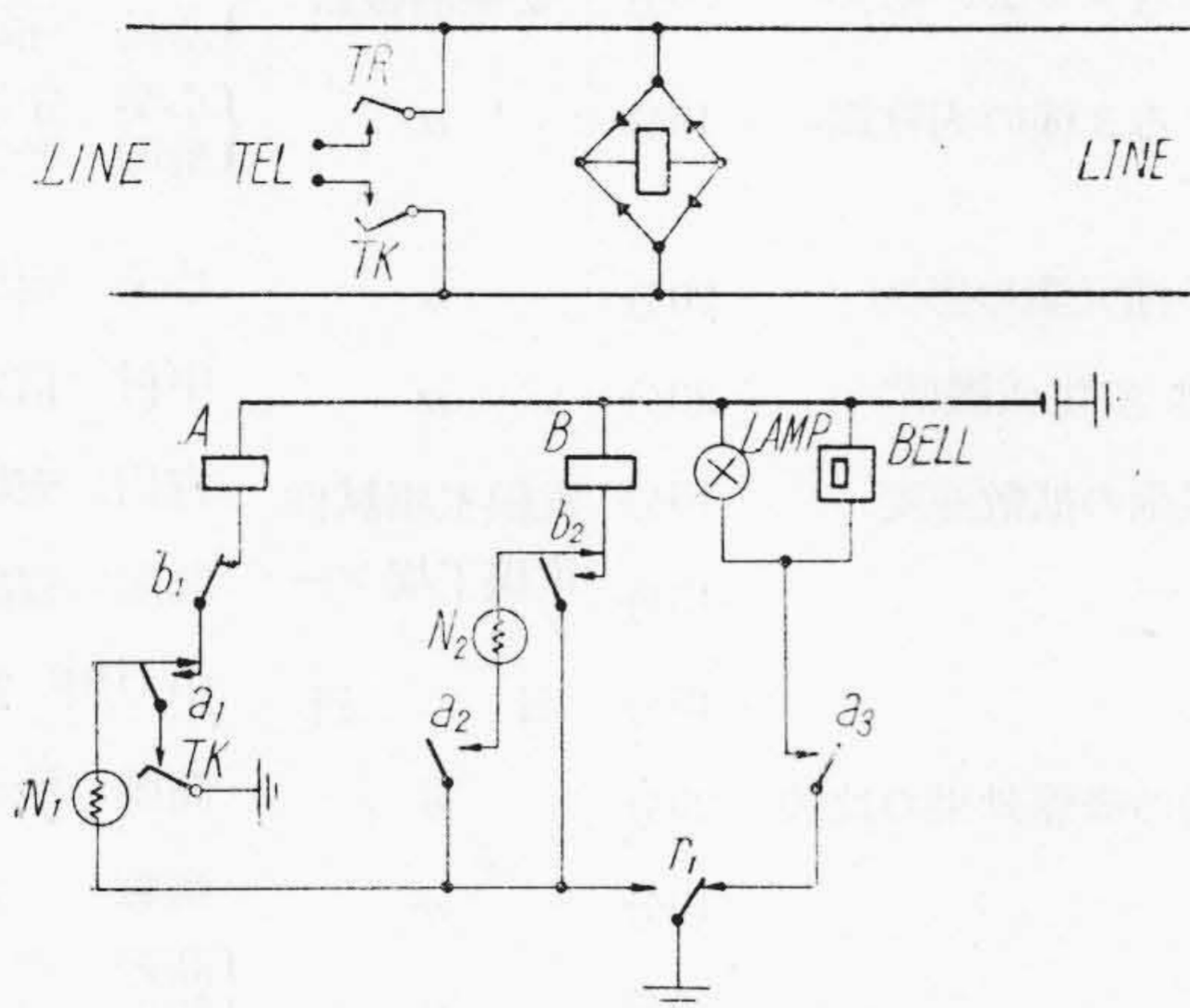


第 7 図 サーミスター応用フックリリース回路  
Fig. 7. Hook Release Circuit Using Thermistor

方式を更に押進めると、私設交換機に於て加入者が受話器を掛けた時、局より供給される電流をサーミスターに分流させ、開回路形成用継電器を緩かに復旧させ閉回路を開放せしめ、擬似インパルス等の如きものではサーミ

スターの有する過渡的特性により開回路が開放せぬ如くした第7図の様なフックリリース方式が得られる。

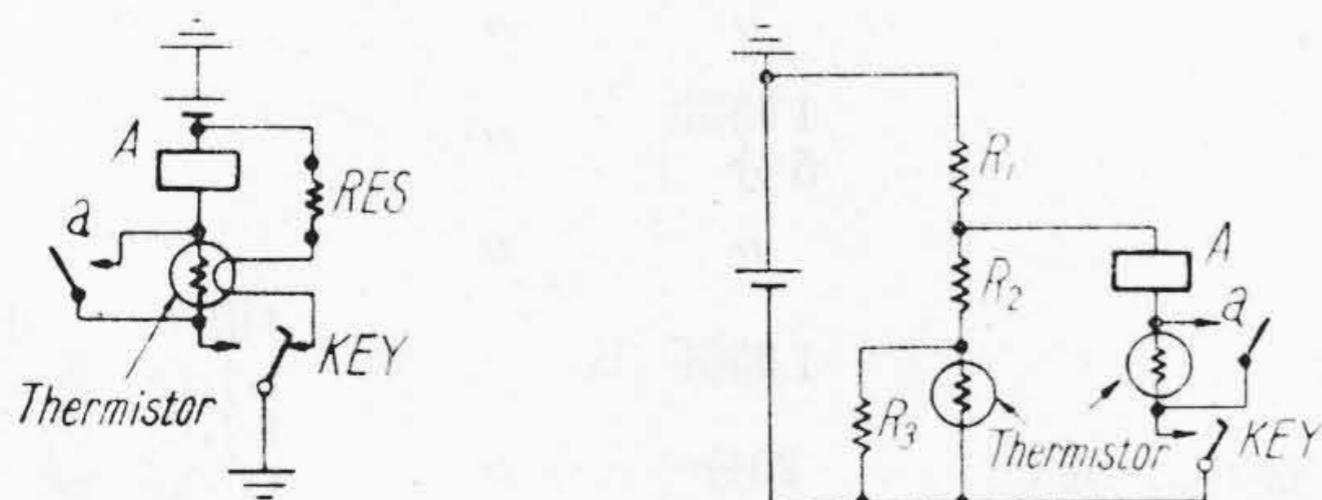
個別呼出電話及び多数共同加入電話方式の選別機にサーミスターを使用すると機械的調整の必要が無く便利である。此は各加入者に応じた長さの呼出信号を送つて希望する加入者のみを呼出し得る如くした方式である。其の選別機の回路の一例を第8図に示す。即ち選別機は局



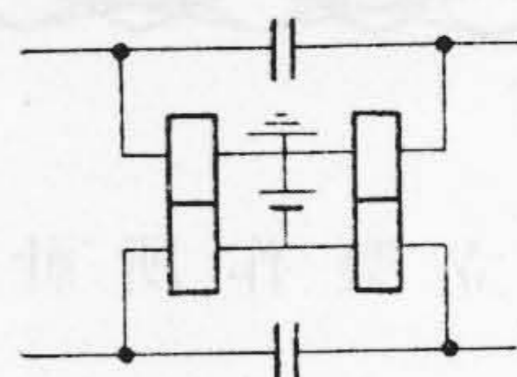
第8図 サーミスター応用個別電話機呼出方式  
Fig. 8. Individual Calling System Utilizing Thermistor

部電池  $E$  を具え其の電圧が夫々サーミスター  $N_1, N_2$  を通して継電器  $A, B$  にかかった時、 $A$  継電器は  $t_1$  時間で  $B$  継電器は  $t_2$  時間で動作する如くしてある。此の様にしてあると  $t_1$  乃至  $t_2$  時間の長さの信号が到着した時のみ選別機は動作し他の長さの信号では動作しない。

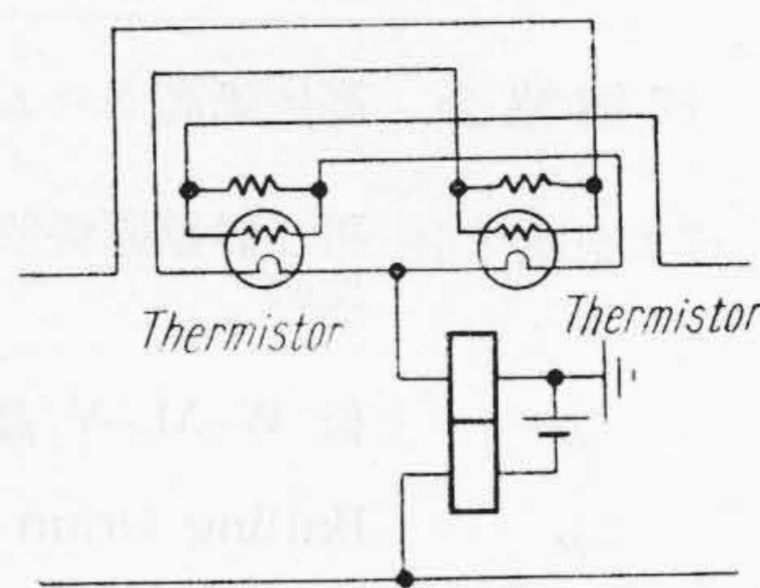
上述の様にサーミスターの過渡特性を利用すると機械的調整の必要が減つてよいのであるが、温度補償の必要が生ずる。此には第9図(a)に示す如く傍熱型として予熱する方法と、第9図(b)に示す如く更にサーミスターを使つて電源電圧を加減しておく方法がある。何れも相当な効果はあるが完全とは云い難い。尙第9図(b)は逆に定電圧装置としても用いられる。



第9図 サーミスターの温度補償回路  
Fig. 9. Compensation Circuit for Thermal Effect on Thermistor



(a)



(b)

第10図 サーミスター応用電流供給回路  
Fig. 10. Circuit for Current Supply to Transmitters Utilizing Thermistor

次に定常特性を利用したものとして交換機の通話用直流電流供給方式がある。此は従来のストーン式回路では電流供給損を予防するため、第10図(a)に示す様に二個の電流供給用線輪(継電器)を用いたが、第10図(b)に示す如くサーミスターを用いると他の機器を節約することが出来る。但し此のサーミスターのビードは相当な大きさを有する必要がある。

此の他各種の継電器回路に用いられんとして居るが其の詳細な特性及び性能については別の機会に譲りたいと思う。

[IV] 結 言

極めて簡単にサーミスターの一般的応用例を列挙し、通信機器関係への具体的応用例として自働利得調整回路の実験結果並びに交換機回路の一部に就いて述べたが、之に依つてサーミスター応用の効果の一端を知ることが出来るものと思う。

サーミスターを利用した電気回路は勿論、サーミスターそのものも目下開発途上にあるものであつて、今後サーミスターの特性が益々改善されると共に応用方面も急速に発展するものと期待される。

終りに、サーミスターは総て日立製作所中央研究所より供給されたものであつて、ここに感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

1. 牧野無線資料(東京電気)昭和16年6月
2. 電通工学大鑑 p-1030
3. 北原、高橋、黒川、山本 電通誌 昭23年5月
4. 出川、黒川、電通誌 昭25年4月

日立製作所社員社外講演一覽表 (I) 昭和 27 年 1 月  
昭和 27 年 2 月

受付日	講演日	主 催	演 題	時間	所 属	講演者名
1/8	3/下	鉄鋼協会	高炭素高クロム系ダイス鋼に於けるクロムの影響	20分	安来冶金研	{小柴 定雄 永島 祐雄
〃	〃	日本金属学会	再び砂鉄原料鉄の配合率を異にする3種の刃物鋼の比較	15分	〃	{小柴 定雄 菊田 光男
〃	〃	〃	低 W-M <sub>0</sub> -V 高速度鋼に於ける各種元素の影響	20分	〃	小柴 定雄
〃	〃	〃	Balling Drum 内に於ける Pellet の生成機構	20分	〃	中村 信夫
1/9	4/上	日本化学会	ポリ塩化ビニール混和物中の可塑剤の拡散速度	15分	電線工場試作	吉川 充雄
〃	〃	〃	エナメル線皮膜の導体の接着性	15分	電線工場ケー ブル	間瀬 喜好
〃	〃	〃	炭化珪素の電気的性質について	15分	日 研	中戸川 武
〃	〃	〃	劣化変圧器油に対する各種吸着剤の吸着効果の比較	20分	〃	高橋 治男
〃	〃	〃	ボイラー酸洗腐蝕抑制剤の研究	10分	〃	斎藤 弘
〃	〃	〃	フリフリルアルコールの縮合反応	15分	〃	{高野 憲三 鶴田 四郎
〃	〃	〃	高分子物質の濃厚溶液の粘度 (1 報)	15分	〃	中牟田昌治
〃	〃	〃	メチル珪素樹脂の熱硬化反応	15分	〃	{古賀 彌 鶴田 四郎
1/14	〃	金属学会	粉末の粒度分布とパツキング (充填性)	20分	茂原技術設	伊地山 昇
〃	〃	〃	タンゲステン粉末の粒度分布と燃焼体の密度	20分	〃	〃
〃	〃	〃	銑鉄の金属化学の研究 (3)	20分	中 研	{北川 公登 米田 則夫 柴田 則夫
〃	〃	〃	銑鉄の金属化学の研究 (4)	20分	中 研	{北川 公夫 柴田 則夫
〃	〃	日本化学会	珪酸エチルエステルの加水分解生成物について	20分	〃	高谷 通
〃	〃	〃	水電解槽の研究	20分	〃	{北川 公一郎 梶窪 一郎
〃	〃	〃	メッキ厚みの測定装置	20分	〃	{北川 公雄 西谷 邦雄
〃	〃	〃	タンニン酸水溶液の表面張力について	15分	〃	{中牟田 明徳 西谷 邦雄
〃	〃	〃	収着水の誘電的性質の研究 (4)	20分	〃	黒崎 重彦
1/18	11/14	国鉄技術講演	巻網にかかる衝撃値の実測	3 時間 30分	亀 有	石橋 重遠
〃	11/16	九州炭 鋳	〃	2 時間	〃	〃
〃	11/24	広島 鋳 山	〃	〃	〃	〃
〃	11/25	〃	炭鋳諸機械の管理	1 時間 5 分	〃	〃
〃	1/20	堅坑開鑿技	堅坑開鑿機械設備について	〃	〃	〃
〃	4/上	金属学会	鋼の Ar <sup>3</sup> 変態機構の磁気的研究	1 時間	日 研	{根本 正 小野 健二
〃	〃	鉄鋼協会	16-25-6 オーステナイト鋼の析出硬化について	20分	〃	{小川 浩三 小野 健二
1/22	〃	機械学会	人孔のある扁平鏡板の応力	15分	〃	大内田 久
1/30	〃	〃	薄板圧延用ロールの表面温度の変化並びに表面に発生する亀裂	25分	若松ロール課	河原 英磨