

### 3. IIS-TM 3 型受信装置の信号弁別器

大井 克彦・高橋 健一

#### 1. まえがき

昭和 31 年 12 月初旬おこなわれたカップ 128 J-T 4 号機の飛しょう実験において急に TM-3 型テレメータ送信機を搭載することになった。したがって IGY 本観測を目標として設計試作をおこなってきた IIS-TM 3 型受信装置は一部未完成であったが、実用化試験をかねて信号弁別器および電源部のみを現地に運び実験に参加した。受信機、記録装置、その他の装置は生産技術研究所のものを使用し、適当に組み合わせて試験をおこなった。部分的ではあるが一応の成果が得られたので、ここに報告する次第である。

以下に IIS-TM 3 型受信装置の構成概要および今回実験に使用した信号弁別器について説明する。

#### 2. 受信装置の設計方針

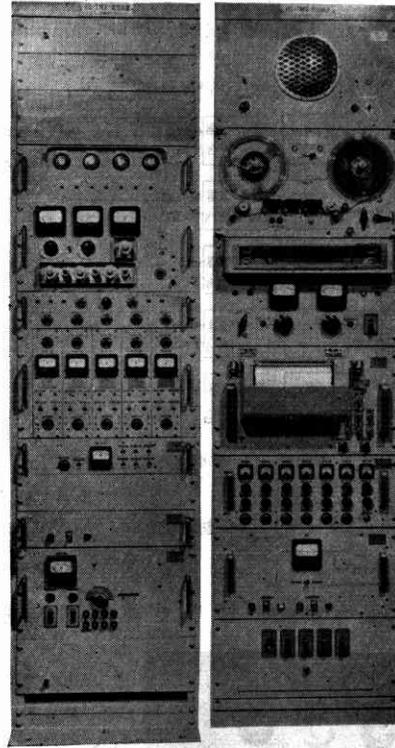
カップ 128 S のために設計された IIS-TM 3 型受信および記録装置の計画の主なものをあげると、下記のとおりである。

- (1) 受信場における測定ならびに調整の操作を容易にするため、受信から記録までの空中線を除いた全装置を 2 台のラックに装架した。
- (2) 送受信間の距離が至近距離から 100 km 以上にもおよび、また送信機の制約された小出力を受信可能ならしめるため、受信機の受信感度を増し、AGC およびリミターの効果を十分に発揮させ、あわせて S/N 比の改善を計った。
- (3) 信号弁別器の回路構成を簡単にして、テープレコーダ再生時のテープ速度変化、またはワウおよびフラッタなどによる信号周波数変動に起因する出力誤差を補正する回路を付加した。
- (4) 10 kc 水晶発振器を基準として、記録用時刻マークおよび、テープ速度補正用の標準信号発生器を設けた。
- (5) 記録装置のペン書き記録器はパネル型として特に設計し、テープ記録器は性能の良いとされている放送用アナウンスマシンの機構および回路をさらに改善して製作した。

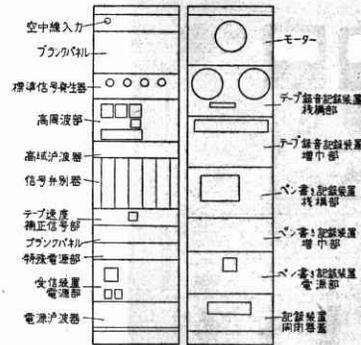
#### 3. IIS-TM 3 型受信装置の概要

第 1 図の写真にあるように全装置は幅 52 cm、高さ 200 cm のラック 2 基に装架されており、向かって左が受信装置の自立架、右が記録装置の箱型架である。ラックの上の各パネルの配置は第 2 図のようにになっている。

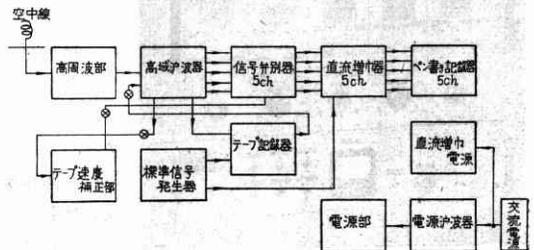
装置の接続は第 3 図の系統図にじめす通りである。電波は空中線より受信機高周波部に入り、ここで増幅検波



第 1 図



第 2 図



第 3 図 IIS-TM 3 受信装置系統図

されて 5ch の FM 副搬送波の混合したビデオ出力がとりだされる。高域濾波器は副搬送波帯域以下のハムおよびその他の雑音を除いて、後段のテープ記録器、信号弁別器への影響を抑えるための装置であり、このパネルにおいて混合波のまま各 ch の信号弁別器に分岐出力を出し、また、テープ速度補正用の 10 kc 標準信号を混合波にさらに混合して、テープ記録器出力とし

ている。

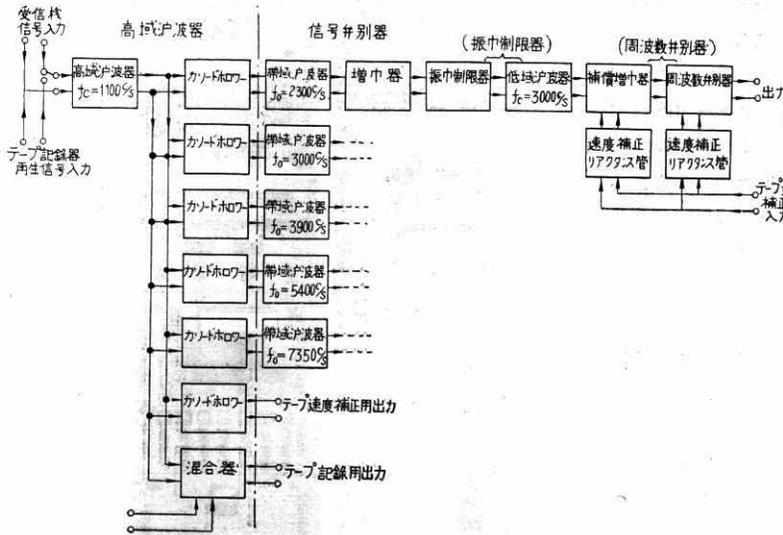
信号弁別器は各 ch の副搬送波を抽出して測定信号出力に変換する。5 ch の各測定信号出力はそれぞれ直流増幅器を経て、ペン書き記録器でグラフ紙に記録される。標準信号発生器は 10 kc 水晶制御発振器をもとにして、デカトロンおよびマルチバイブレータ回路で周波数を 10 分の 1 ずつ、4 段に通降して、10 kc の正弦波

波器を含む回路の系統は第 4 図のとおりで、高域濾波器部の出力はカソード・ホロウで取り出し、混合副搬送波が各チャンネルの信号弁別器に入る。信号弁別器は、帯域濾波器、増幅器、振幅制限器、周波数弁別器および、速度補正リアクタンス管よりなり、別の定電圧電源から各チャンネルに必要な電力が供給される。

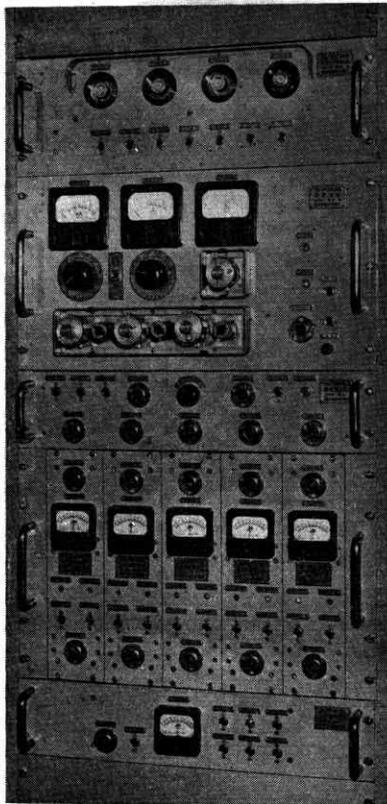
混合副搬送波は帯域濾波器により各チャンネルの副搬送波に分離され増幅器に入る。増幅された信号は振幅制限回路を経て低域濾波器で高調波成分が除去される。高調波を除いたこの信号は一定の振幅を持ったそれぞれのチャンネルの副搬送波信号であって、これは次に補償増幅器を通して CR 型信号弁別器に与えられ、その周波数に比例した直流出力電圧がえられる。この出力は最後のカソード・ホロウから CR の低域濾波器を通して、副搬送波周波数成分を除去した後ペン書き記録器に加えられる。

速度補正リアクタンス管は、テープ録音記録の再生時にテープ速度補正信号を受けて、補償増幅器および、信号弁別器の特性を自動的に調整し、録音、再生間のテープ速度変化による出力電圧の誤差を訂正する作用をする。

第 5 図の写真の下部が信号弁別器 5 チャンネルのパネル、第 6 図はその 1 チャンネルのユニットの側面の写真である。ユニットの上段に濾波器および振幅制限器、下段に周波数弁別器の各部が組み立てられている。



第 4 図 信号弁別器回路系統図



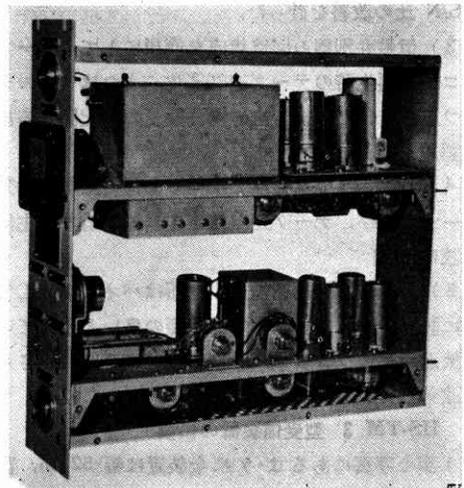
第 5 図

および矩形波、1 kc、100 c/s、10 c/s、1c/s の各パルス波の出力をとりだすことができる。

これらの出力はテープ速度補正、および記録用タイムマークに使う。電源部はすべて電圧安定回路を使用している。装置は各パネル前面においてコードで接続し、測定および調整をおこなうことができる。

4. 回路構成の概要

信号弁別器と前置高域濾



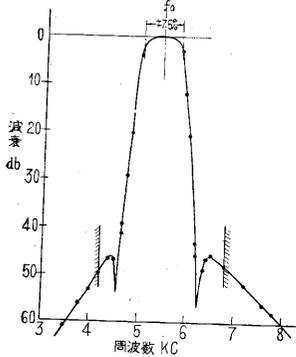
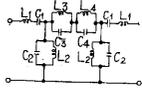
第 6 図

5. 回路および動作の説明

5・1 帯域濾波器

カソード・ホロウ出力側に接続されるもので、特性イ

インピーダンス  $Z_0=10\text{ k}\Omega$  の LC 型である。隣接チャンネルの帯域周波数に対する減衰は 40 db 以上、チャンネル帯域内での偏差は 6 db 以下であることが必要であり、



第 7 図 帯域濾波器特性

またユニットの小型化などを考えて、 $m=0.8$  および  $m=1$  の 2 回路を  $\pi$  型に接続した。

第 7 図は一例として ch 4 の特性をしめす。第 1 表は各チャンネル濾波器的隣接チャンネル帯域に対する減衰および帯域内の偏差のデータである。データが高い周波数で良くなる傾向があるのは、L 素子を同一の小型フェライト・コアに巻いたため、周波数によって若

干 Q が変化した結果である。

第 1 表 帯域濾波器的隣接チャンネルに対する減衰および帯域内の偏差

	ch 1	ch 2	ch 3	ch 4	ch 5
$f_0$ (c/s)	2300	3000	3900	5400	7350
隣接帯域上限 (db)	—	-43	-46	-50	-56
隣接帯域下限 (db)	-44	-42	-48	-48	-51
偏差 (db)	5	4	3.5	3	2.5

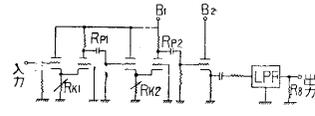
5.2 増幅器

増幅器入力電圧は受信機出力、濾波器帯域内偏差と損失および回路損失などから計算し約 0.3 V 以上になる。テープ記録再生の時も基準出力を調整して同じ値にできる。一方、振幅制限器の入力は 1 V 以上必要であるから増幅器が必要である。電流饋還をかけて利得約 20 db としたものをを用いている。

5.3 振幅制限器

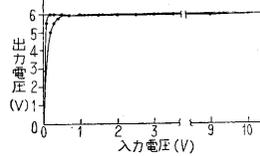
信号弁別器が十分な確度を持つために周波数弁別器の入力信号電圧は、必要な信号帯域内において、常時一定のレベルを保つ正弦波でなければならない。信号弁別器の入力信号は、主搬送波に対する周波数偏移、混合の割合、および録音、再生の切換えなどによって、そのレベルは一定しない。また帯域濾波器を通る時、その周波数特性は帯域内で平坦ではない。このように各 ch の入力信号の振幅はいろいろの原因により変動するので、復調に当っては、振幅制限とそれにともなって生じた波形の高調波成分を除き一定振幅の基本波のみを取り出すことが必要である。

この場合、入力レベルの変化に対して、出力の基本波成分のレベルを一定ならしめるためには、偶数高調波成分を最小にするよう、対称に振幅制限をおこなわなければならない。第 8 図はここに使用した振幅



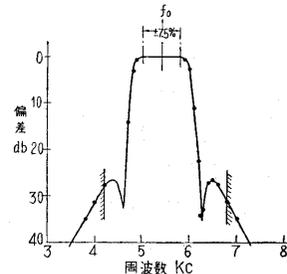
第 8 図 振幅制限器回路

制限回路で、対称な振幅制限を 2 回おこなって、カソード・ホロワを介して低域濾波器に接続する。真空管は双三極管を使い、始めの三極管のグリッドのカット・オフ



第 9 図 振幅制限特性

によって波形の一侧を切り、後の三極管のカット・オフの点で+側を切る。振幅制限の出力波形を対称にするために  $R_k$  を調節してバイアスを決める。したがって出力波形は対称の矩形波となる。第 9 図はこの回路の振幅特性の一例で、出力電圧は基本波成分についてしめた。第 10 図は ch 5,

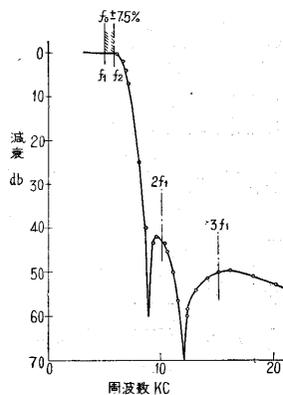
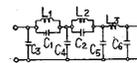


第 10 図 帯域濾波器—振幅制限器特性

信号弁別器の入力を 1 V とした場合の周波数特性で第 7 図に対応する。

終段の低域濾波器においては信号帯域内での損失および、出力偏差は極力少ないことと、信号の第 3 高調波以上の周波数の減衰が十分えられることが必要な条件である。

本装置に使用したものは第 2 高調波以上に減衰を求めたため、信号帯域の上限周波数付近にわずかな偏差が生じたものもある。



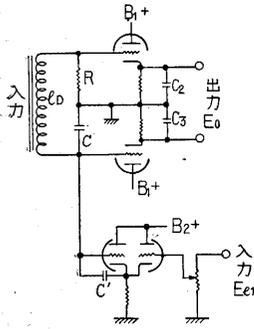
第 11 図 低域濾波器特性

回路は  $Z_0=10\text{ k}\Omega$   $m=1$ ,  $m=0.6$ ,  $m=0.8$ , 各一回路ずつを組み合わせた  $\pi$  型の濾波器である。

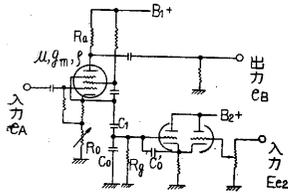
各チャンネルの帯域内偏差は 0.2 db 以下、第 2 高調波以上の信号に対する減衰は 40 db 以上である。第 11 図に ch 4 の濾波器的特性を一例としてしめた。

5.4 周波数弁別回路

信号周波数に対する出力の直線性と、テープ記録再生の場合のテープ速度誤差を補正することを含めて種々検討の末、以下に述べるような回路を使用することにした。回路は前段において厳密に振幅制限された一定振幅の正弦波を入力とし、その信号の瞬時周波数に比例した出力電圧をうるために、CR型弁別回路と特性補償増幅器とを組み合わせ、その各々の部分に、テープの速度誤差信号を入力として速度補正作用をするQの高いリアクタンス管回路が付属している。弁別器はCRの電圧分割回路と双三極管による平衡型陰極整流回路からなり、



第12図 弁別器回路



第13図 補償増幅器回路

$$E_0 \propto \frac{R - \frac{1}{\omega C}}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}} e_D$$

ここに  $R = 1/\omega_0 C$  とすれば

$$E_0 \propto \frac{1 - \frac{\omega}{\omega_0}}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}} e_D \dots\dots\dots (1)$$

となる。

(1) 式の分子は入力周波数に関し直線的变化をするが、分母は非直線变化の原因となる。

次に第13図において、増幅器の出力  $|e_B|$  は

$$|e_B| = \frac{\mu R_a}{R_a + (\mu + 1)Z_k + \rho} \cdot e_A \dots\dots\dots (2)$$

$$Z_k = \frac{R_0}{1 + j\omega C_0 R_0}$$

$$\therefore |e_B| = \left| \frac{g_m R_a (1 + j\omega C_0 R_0)}{g_m R_0 + \left(1 + \frac{R_a}{\rho}\right) \cdot j\omega C_0 R_0} \right| e_A \dots\dots\dots (3)$$

$$g_m R_0 \gg \left(1 + \frac{R_a}{\rho}\right) \cdot \omega C_0 R_0 \text{ であれば}$$

カソード・ホロウおよび、変成器を通して増幅器から入力が与えられる。増幅器は高  $g_m$  管 6AH6 を使用しカソードの CR 回路に周波数特性を持たせている。両方の CR 回路の C の辺には、固定蓄電器とともに Q の高い可変容量リアクタンス管 6J6 が並列に接続してある。

第12図および第13図の部分回路図について動作原理を説明する。第12図のCR回路に与える電圧を  $e_D$  とすると、整流出力電圧  $E_0$  は、

$$|e_B| \approx \frac{R_a}{R_0} |1 + j\omega C_0 R_0| e_A = \frac{R_a}{R_0} \sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2} \cdot e_A \dots\dots\dots (4)$$

ただし  $R_0 = \frac{1}{\omega_0 C_0}$

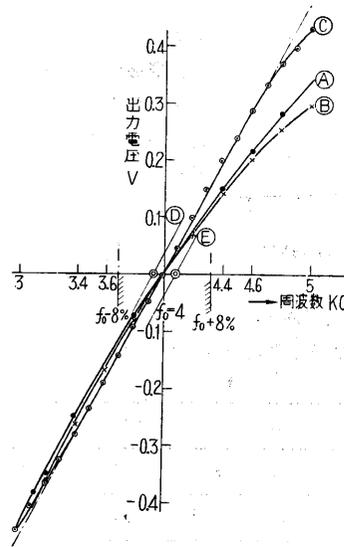
$C_0$ …カソード回路のバイパス容量

$R_0$ …カソード抵抗

$e_B \propto e_D$  であるから、(1), (4) 式より

$$E \propto \left(R - \frac{1}{\omega C}\right) e_A = R \left(1 - \frac{\omega}{\omega_0}\right) e_A \dots\dots\dots (5)$$

となり、直線的弁別特性がえられることとなる。補償増幅管に高  $g_m$  の 6AH6 を使ってこれを実現している。

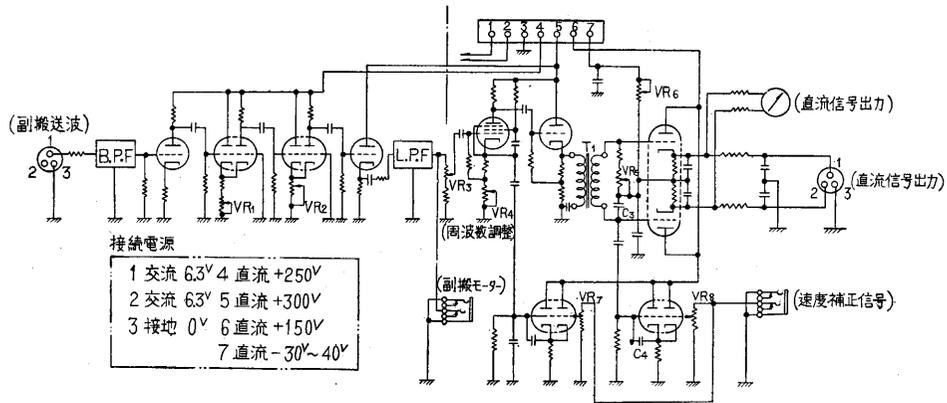


第14図 周波数弁別器特性

第14図の特性は、この回路を使った特性の一例で、Aは計算値、Bは補償増幅器のない時の弁別器のみのデータ、Cは所定の補償増幅器を使用した時の総合データをプロットした曲線である。C曲線に沿った鎖線は比較のための直線である。Dは6J6可変リアクタンス管2回路にテープ速度補正信号の代りとして、3V電池を+

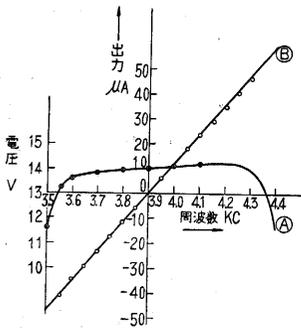
または-の極性で与えた時、弁別特性曲線が平行移動する基点の周波数をしめす。C曲線によれば、中心周波数(4kc)の $\pm 15\%$ 程度まで直線性が保たれている。

本装置の信号弁別器1チャンネル分の総合回路を第15図にしめす。その前半は信号増幅器および振幅制限器、後半は補償増幅器および周波数弁別器の回路を形成する。可変抵抗器  $VR_1, VR_2$  は振幅制限動作の対称性を、 $VR_3$  は特性補償増幅器入力電圧を、 $VR_4$  は出力の直線性を維持するための周波数特性を、 $VR_5$  は弁別器出力の中心周波数に対する零点をそれぞれ微動調整するためのものである。 $VR_6$  は出力端子に現われる固定直流出力を零におくため、中心周波数  $f_0$  で出力端子とアース端子間の直流電位差を零に調整する。これは後の直流増幅器のバイアスに関係してくるからであり、また  $VR_6$  の値は極力小さくするように、あらかじめ弁別器の負電源を調整しておく必要がある。 $VR_7, VR_8$  は、テープ速度補正作用がうまくおこなわれるように  $C_1, C_2$ , および  $C_3, C_4$  の割合をきめた後、補正信号入力に対するリアクタンス管の動作範囲を微調するためである。 $VR_9$  および  $VR_{10}$  のほかは筐体内にあって調整後一応固定し、常時は使用しない。 $VR_4, VR_5$  は  $f_0$  の変化または  $f_0$  に対する弁別器のドリフトが生じた時、



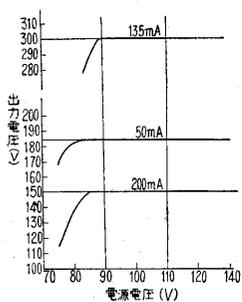
第 15 図

必要に応じて調整するために半固定としてパネル前面で操作する。弁別器の入力変成器の周波数特性は特に、チャンネル帯域内で平坦なものを使用している。ほかの特性回路素子も安定なものを使用し、特に蓄電池は絶縁抵抗値の高いシルバードマイカ、またはスチロフレックス・コンデンサを使っている。



第16図 ch 3 信号弁別器特性

第 16 図は本装置の代表例として ch 3 ユニットの特性をしめす。Ⓐは弁別器入力信号の周波数特性、Ⓑは弁別器の出力特性である。電源は受信装置のほかの部分と共通に使用されるが、すべて定電圧回路から供給する。各電圧は正常動作負荷において入力交流電圧 90V~110V の範囲で直流の偏差 0.1% 以下、交流 6.3V の偏差は 1% 以下である。



第17図 電源部定電圧特性

第 17 図は定電圧電源回路の特性をしめす。装置は電源

を接続してから 30 分後に安定し測定状態になる。

### 6. テープ録音記録の再生

飛しょうと同時に測定する場合には、2章の「装置の概要」で説明した通り、信号弁別器出力をペン書き記録器に記録しながら、一方で副搬送波 5 チャンネルの混合波にさらに 10 kc の標準信号を混合して、テープ録音する。この記録は飛しょうの後で、さらに詳細にデータを検討するために、テープから再生してもう一度信号弁

別器を通して記録を作るか、あるいはほかの方法で再生をおこなうために使われる。再生に信号弁別器を使う場合は、第 3 図の系統図のうちⓧ印の接続によりテープ速度補正部を付加し、高域濾波器部の入力を受信機高周波部からテープ録音記録の再生に切り換える。そのほかは直接記録の場合と同様の接続で録音の再生ができる。

### 7. テープ速度補正部

再生信号波を入力として、信号弁別器と同様に帯域濾波器、振幅制限器を通し、特殊な弁別回路によってテープの瞬時の速度に比例した出力をうる。この出力はテープ記録の時に録音された 10 kc 標準信号周波数の再生出力が標準の 10 kc より周波数が高いか低いかによって正または負の出力となる。この出力は信号弁別器のリアクタンス管の入力として回路の特性を変え、最初テープに記録した時のチャンネル周波数に比例した出力が信号弁別器から得られる。

### 8. あとがき

今回の飛しょう実験において、CR 回路方式を用いた信号弁別器が、データの再生に十分な性能を有することがわかった。さらに試作送信機の性能を検討する上に、貴重な参考データを提供することができた。今回は受信装置全体として試作が完了していないため、他の部分、特にテープ記録の再生に当たってのテープの速度補正を含めた総合試験ができなかったが、全装置の試作もほぼ完了に近づいているので、次回の実験では完全な試験のデータを報告したいと考えている。

終りに本装置の試作および実験に終始ご指導、ご協力をいただいた生研の高木教授、野村助教授、猪瀬助教授、黒川助手を始め生研の方々、当研究所の仲丸室長、ならびにご協力下さった東京計器の二宮氏、日沖氏、に謝意を表する次第である。(1957. 3. 14)

### 文 献

- (1) 生産研究 1956 年 2 月
- (2) Electronics 1953 年 1 月 pp. 108
- (3) " 1949 年 1 月 pp. 118