ダイレクトカラープロセスによる カラー VTR について

NHK 施設局 演奏設備部 渋谷 直見
NHK 技術現業局 整備部 弓手 康史

1. ま え が き

VTR の技術的進歩をかえりみると、初期における 4 ヘッド形 VTR では、音は別として、画については何とか見られる程度の画像を、調整に苦労しながら記録再生できるという程度のものであったと記憶しているが、今や放送設備には不可欠なものとなりつつあることは、テレビ番組の半数以上が、いったんはビデオテープに収録されている事実からも痛感され、誠に今昔の感にたえない。

初期の VTR に要求された技術的な改善事項は数々あったように思うが、主なものは次の四つで、SN 比、波形ひずみなどを含む画質の問題、ビデオヘッドとテープの相対速度変動で生ずるタイムベースエラーの問題、機械電気各系の安定度の問題、テープ編集の問題である。タイムベースエラーとは再生信号の時間軸変動を意味し、NTSC カラー信号の再生、基準同期との結合などの必要から、その除去のために各社各様の開発が試みられた。そしてここで紹介する Ampex 社のダイレクトカラープロセス (Direct Color Process) の完成は、この問題をほとんど最終的に解決したものと思われる。

NTSC カラー信号再生のプロセスとして従来、Ampex

社のデコード・エンコード方式、RCA のダブルヘテロダイン方式、本邦では NHK 技術研究所の線順次合成信号 (LSC 信号) に変換する方式が著名であった。前二者は再生カラーバースト信号で再生色度信号を処理してタイムエラーを相殺させる方式であり、プロセスに若干の差はあるが根本的には同じものである。後者は NTSC 信号をいったん LSC 信号にするもので、LSC 信号が NTSC 信号に比較し伝送系のタイムベースエラーならびに D.G., D.P. 特性の影響をきわめて受けにくい特徴を利用したものである。

次に、同期結合のためには再生信号のタイムエラー除去の根本対策が必要である。Ampex 社ではまず、インターシンク (Inter-Sync Television Signal Synchronizer) と称する回転ビデオヘッドの位相と速度とを外部からの基準同期信号に同期結合させるサーボ装置を開発した。従来のドラムサーボ方式では、基準同期信号の位相に対する再生信号のそれは、V 位相 (垂直同期位相) に対してはある関係をもつけれども、H 位相 (水平同期位相) に対しては全く無関係であり、タイムエラーは長時間のドリフトで約 $15 \mu \text{sec p-p}$ 、1 秒以内のジッターは約 $3 \mu \text{sec p-p}$ といわれているが、このインターシンク装置を使うことにより V 位相、H 位相ともに基準同期信号に結合できて、H 位相のドリフトは $1 \mu \text{sec p-p}$ 以内、ジッターは $0.5 \mu \text{sec p-p}$ 以内に収めることができるので、同一基準同期信号により駆動された他の VTR あるいはカメラなどからの映像信号とミックスすることができる。

一方、インターシンク装置では、いかにヘッドドラムの回転を制御しても、ビデオテープのひずみやビデオヘッドドラムの位置、配置などの幾何構造的誤差などによって生ずる再生画像のひずみは補正できず、また、インターシンクにより改善されたジッター量は画柄によってはまだ眼につく値であるので、Ampex 社ではさらにこの残存タイムエラーに対し再生された映像信号の通路に

筆者紹介

しほや なおみ 昭和 28 年、九州大学工学部電気工学科卒、同年 NHK 勤務、宮崎放送局、福岡放送局を経て、現在、施設局演奏設備部に録画送信設備の開発・建設に従事。正会員

ゆんで やすふみ 昭和 29 年、群馬大学工学部電気科卒業後、NHK に入局、郡山放送局にて中波の放送に携わり、34 年技術現業局整備課に移り、映像機器の保守改善に従事、38 年 6 月施設局演奏設備部に移り、現在、録画整備の仕事に従事している。正会員

"Description of AMPEX Direct Color Process, and practical use in NHK" by Naomi Shibuya and Yasufumi Yunde (NHK, Tokyo)

電圧制御の可変遅延回路をおき、それを再生同期信号のタイムエラー電圧で制御する方式のアムテック (AMT-EC-Ampex Time Element Compensator) を開発した。この装置をインターシンクと組み合わせて使用することにより、すべてのタイムベースエラーを $0.05 \mu\text{sec p-p}$ 以内に収めることができ、画像の揺れ具合からみて、テレビカメラにより直接撮像された画と全く区別のない程度の安定した画像を得ることが可能となった。

しかし、なお残存する $0.05 \mu\text{sec p-p}$ のタイムエラーは、これを NTSC 搬送色度信号の 3.58 Mc 副搬送波の位相に換算すると約 64° p-p に相等し、カラー信号再生にはさらにエラーを 1 桁少なくする必要がある。このためにカラーテック (Colortec) と称する装置が開発された。これもアムテックと同様可変遅延回路を再生搬送色度信号のタイムエラー電圧で制御するやり方で、アムテックと連続に接続して使用され、最終的にエラーを $0.005 \mu\text{sec p-p}$ 、副搬送波の位相で 6.4° p-p にまで追い込むことができるようになった。

インターシンク、アムテックおよびカラーテックを用いたカラープロセスが従来のそれと異なる点は、上記のように再生された NTSC 信号を輝度信号と搬送色度信号とに分離する複雑なプロセスをふまず、複合信号の形でタイムエラーを補正する点で、Ampex 社はこの方式をダイレクトカラープロセスと称している。したがってこの方式の利点は、

- (1) 外部の同期信号および副搬送波信号に結合した NTSC 信号を再生でき、他の NTSC カラー信号とミックスすることができる。
- (2) プロセス途上で受ける波形ひずみが従来のプロセスに比較して少ない。
- (3) 操作が簡単である。

写真 1 カラーテックの外観

ことなどをあげることができる。

なお、RCA においても最近インターシンク、アムテックおよびカラーテックに相当して同様な方式でピックスロック (Pixlock)、モノクロ ATC およびカラー ATC と名付けて完成している。ただし、ヘッドにエアベアリングを使用しているので、ピックスロックで同期結合した場合のジッターは $0.1 \mu\text{sec p-p}$ 以下で、ほとんど画像の揺れがわからない。

2. ダイレクトカラープロセスについて

以上、4ヘッド形 VTR のタイムベースエラー除去の問題について、Ampex 社のダイレクトカラープロセス方式に至るまでを展望してきたが、ここでは図 1 に示す本方式の系統図にもとづいて概説する。図においてテープ〇〇信号、基準〇〇信号などというのが記入してあるが、前者はテープ再生信号より分離したタイムエラーを含む信号のことであり、後者は基準となるべき位相をもつ信号で、外部から供給される基準複合同期信号あるいは基準副搬送波信号より作られる。また、ドラムの回転

図 1 ダイレクトカラープロセス方式系統図

を制御するにせよ、可変 DL (電圧制御の可変遅延回路) の遅延時間を制御するにせよ、その制御信号はこのテープ信号と基準信号との位相比較により得た位相誤差信号である。

まず、インターシンクでは、基準 V 信号に対するテープ V 信号の位相誤差で、基準 V 同期より作られたドラムモータ駆動用の 240 c/s を位相変調し、次に、基準 H 信号に対するテープ H 信号の位相誤差でさらに位相変調して、ドラムの回転位相角を決定する。したがって、再生信号の V および H の位相は基準同期信号のそれぞれの位相に合致する。実際には位相比較過程上の両信号の遅延関係などを補正する必要があるため、V 再生位相調整および H 再生位相調整により、基準位相に対しテープ再生位相をそれぞれ若干移動させることができる。このようにしてテープ再生平均位相は基準位相に合致させられるが、主としてドラムの回転部分の固有振動数で定まる周期の回転角速度むらにより、記録時にはテープのトラック上に波長むらを伴って記録され、再生時にはその波長むらと、新たな回転むらによって生じた周期むらが相加わって再生信号のタイムエラーとなる。240 c/s ディスクリミネータはこのドラムの回転むらを検出する回路で、得られた回転速度エラー信号を前記の 240 c/s 位相変調器に加えることによって回転むらをダンプリ、タイムエラーを軽減している。このように、インターシンクはヘッドドラムに関して、V 位相制御、H 位相制御および回転速度制御の三つのサーボループをつかさどる動作をしその結果再生信号のタイムエラーは前記のように $1 \mu \text{sec p-p}$ 以内に収めさせることができる。これを幾何学的量で表わせば、ドラムの回転角度で実に 0.087° p-p 以内、テープのトラック上の長さで $37.7 \mu \text{p-p}$ 以内の微小偏差に相当する。また、インターシンクはヘッドがテープのトラック上の記録信号をまちがいに読み取るためのテープ走行速度制御、すなわちキャプスタンサーボをつかさどる機能をも有している。

次に、アムテックではインターシンクで制御されて再生された信号のタイムエラーを、純電子的に処理している。復調器よりアムテックに入る映像信号は固定遅延回路 (DL) と可変 DL、“A” と “B”、およびイコライザを通過して行くが、この可変 DL を通過するときその信号の各 H ごとフロントポーチの位置を時間的に伸縮させて、毎 H 同期信号の前縁位相を描える方法でエラーを補正している。可変 DL は “A” と “B” 合わせて $3 \mu \text{sec}$ の遅延時間があり、電圧で制御できる量はその $\pm 20\%$ 、すなわち $1.2 \mu \text{sec p-p}$ である。制御信号は次のようにして作られる。まず、サンプリングパルスの方は、入力再生信号の前縁を含む H 同期信号を取り出し、 $2 \mu \text{sec}$ 幅の

パルスに成形したものである。入力 (VTR) 再生信号についてみると、幾何構造的誤差に対しては、フロントポーチスイッチングのためフロントポーチ期間のみに、回転むらなどの相対速度変動に対しては映像、同期の区別なく一様に分布してタイムエラーが存在するが、タイミングの検出個所として H 同期の前縁位相を選んでいるのである。このパルスはサンプリングパルスとして使われるほか、テープ H 信号としてインターシンクへ送られる。

次に、カラーテックより送られた遅延基準 H パルスを基準 H 信号とし、H 位相アドバンサで位相を進ませた位置 (位相関係については次節で述べる) で基準 H のこぎり波を作り、そのスロープの電位を前に作ったサンプリングパルスで抜き出して H 位相エラー信号を作っている。テープ信号の位相にリニアなエラー信号の電位を得るためには、このこぎり波のスロープがリニアでなければならないが、さらにこの電位で可変 DL を制御したときその遅延量をテープ H 信号の位相に正確に対応させる必要があるため、可変 DL 制御信号には適当なガンマ補正を施した H 位相エラー信号が使われる。またこの信号は 1 H 期間保持されて、次の前縁までの期間その電位で定まる遅延量を持続する。遅延制御を H のフロントポーチの期間に集中させるために固定 DL を挿入したり、可変 DL を “A” と “B” に分けたりしてタイミングを調整している。また、可変 DL の遅延量を変えることにより、そのシャ断周波数が移動して映像信号のひずみ具合が変化するので、電圧可変のイコライザにエラー信号を与えて補償している。

以上のように、アムテックの制御方式は後述のカラーテックもそうであるがオープンループであるから、残存エラーの大きさはそのループを構成する基準のこぎり波の直線性、H 比較回路およびガンマ補正を含む可変 DL 回路の応動特性などの精度により決定される。公称性能では $1 \mu \text{sec p-p}$ 以内の入力に対し残存エラーは $0.05 \mu \text{sec p-p}$ 以内である。

アムテックを出た再生信号は、次にカラーテックにはいる。映像信号の流れる通路はアムテックの構成と同じように固定 DL、可変 DL、およびイコライザであるが、可変 DL を制御する信号が基準 3.58 Mc 位相に対するテープ再生バースト信号の 3.58 Mc 位相のエラー信号であるところが前と異なる。この 3.58 Mc 位相エラー信号は、くわしくは次節で述べるが、概略次のようにして作られる。まず再生信号よりカラーバースト信号を取り出し、そこに含まれる 3.58 Mc の 1 サイクルおきに一つの幅のせまいパルスを作り、これをサンプリングパルスとする。つまり、取り出されたバーストの中に 3.58 Mc が 8 サイクルあったとすると、4 発のサンプリング

図 2 ダイレクトカラープロセス方式の再生時の H 位相関係

パルスができることになる。

次に、外部からの基準 3.58 Mc 信号は、位相シフターを通して、2 サイクルで一つのすばらしくリニアな基準のこぎり波を作るのに使われる。このこぎり波のスロープの電位を前に作ったサンプリングパルスで抜き出して、次のサンプリングパルス群がくる 1H 期間を保持し、これを位相エラー信号とする。実際にはアムテックと同じように、位相エラーと補正量が同量になるよう位相エラー信号に適切なガンマ補正を施して可変 DL の制御信号とする。補正のタイミングは固定 DL により H 同期の期間に行なわれる。残存エラーの大きさは、アムテックと同様制御ループを構成する回路の精度で決定され、公称 $0.005 \mu\text{sec p-p}$ 以内である。

基準のこぎり波のスロープは 3.58 Mc の 2 周期に近いので、テープバースト位相エラーの 360° にわたって単調に変化するリニアな位相エラー信号が得られる。位相エラーが 360° を越えると、越えた分は再び 0 から出発してその位相に相対するエラー信号を生ずる。すなわち、 $360n + \varphi$ ($n=0, 1, 2, \dots$) の位相エラーに対するエラー信号は φ の位相エラーに対するエラー信号と同電位である。したがって、この信号で制御された可変 DL の遅延量変化は、3.58 Mc 成分に対しては連続的であるが、伝送波形に対してはのこぎり波状に不連続となる。

カラーテックには、再生信号が 64 p-p 幅の帯状に分布する位相エラーを伴って入ってくるが、この帯幅が 360° の枠内におちればよいが、この枠を越えておちたとすると、カラーテック出力信号には 360° p-p の、時間になおすと約 280 nsec p-p の H ライン単位の時間軸の不

連続を生じ、画像では縦線にギザギザが現われるから、理想的状態として位相エラーの分布の中心が 3.58 Mc 位相比較の動作範囲の中心に常にあることが必要である。基準 H 同期位相変調器はこの目的で設けられたもので、3.58 Mc 位相エラー信号の平均値で基準 H 同期位相を変調し、その出力を基準 H 信号として、アムテックおよびインターシンクにフィードバックして、テープ再生位相を制御するサーボループを形成する。この制御により、H 同期とバーストとの位相関係のまちまちな原信号の記録テープを再生する場合、そのスタート時またはスプライス点通過時に、あるいは、異種信号切替点通過時に急速にエラー帯幅中心を位相比較動作中心に引きもどし、安定なカラー信号が再生されるのである。

3. ダイレクトカラープロセス方式 VTR の再生位相関係

次に、再生時の H 位相関係について簡単に説明したいと思う。図 2 はこの関係を表わす位相図であるが、図 1 と対照しながら、まず基準同期①は外部から供給された基準となるべき信号であるから、VTR 再生映像出力③は普通①と同位相であることが要求される。そのためにはヘッドのテープ読み取り位相がアムテック、カラーテック、およびプロセスの遅延合計 $8.8 \mu\text{sec}$ に復調器およびその他 FM 系統での若干の遅延をプラスしただけ先行することを要する。④は復調器映像出力、すなわちアムテック入力位相であり、インターシンクによる位相制御のなお残存するタイムエラーを伴っている。アムテックではこの前縁を含む $2 \mu\text{sec}$ 幅のテープ H 信号を作り、そのままテープ H 比較パルス⑤として使用するとともにインターシンクに送り、テープ H 比較パルス⑧を作るのに使用される。

次に、前にもどって、基準同期①はカラーテックの基準 H 同期位相変調器を通り、ここで 3.58 Mc 位相エラー信号により位相変調を受け、遅延基準 H パルス②となる。このパルスはアムテックとインターシンクとに送られ、それぞれの基準 H 信号として使用される。アムテックではこの基準 H 信号②より $5 \mu\text{sec}$ 幅の基準 H パルス⑥を作るが、⑥の中心が⑤の中心に合致するよう基準 H 位相アドバンサにて位相を先行させる。その量は $12.8 \mu\text{sec}$ となる。図 2 には示していないが、⑥の基準 H パルスで降下時間が $5 \mu\text{sec}$ の基準のこぎり波を作り、これをテープ H 比較パルス⑤にてサンプリングを行ない、H 位相エラー信号を取り出す。インターシンクでは基準 H パルス②とテープ H 信号⑤とより、それぞれ基準 H のこぎり波⑦とテープ H 比較パルス⑧を作る。⑧は H 位相シフタにより⑦のこぎり波の中央にくるよう調整される。その量

図 3 カラーテックのブロックダイヤグラム

は $16.8 \mu\text{sec}$ である。

以上のことがらを逆にいうならば、インターシンクのH再生位相調整器により⑧を⑤より $16.8 \mu\text{sec}$ おくらせるように調整し、アムテックの基準H位相調整器により⑥を②より $12.8 \mu\text{sec}$ 進ませるように調整すれば、VTRの再生映像出力③は基準同期①の位相と同じタイミングになる。実際には、外部同期をかけた映像モニタと、アムテックのH位相エラー表示メータの指示とを見ながら調整される。

4. カラーテックの構成と動作

カラーテックは図1に示したダイレクトカープロセッシング構成上の立役者といっても過言ではない。もっと目を近づけてみるならば、そのブロックダイヤグラムは図3のようになる。一見して感じることは、位相比較器へはいる信号が実におびただしい手数をふんでいることと、付属的機能をもつ部分の多いことである。まず、映像主系統から説明すると、映像信号遅延制御部の構成動作は、前節で説明したとおりであり、可変DLはアムテックと同様で図5に示すような可変容量シリコンダイオードを素子として構成されたラダー形低域ろ波器である。遅延時間 T_d 、シリコンダイオードの容量 C 、制御電圧 V 、および位相エラー電圧 E の間には、図6のような関係があって、 T_d と V は非線形であるから E と T_d の関係を直線的にするには、 V と E の間に図の第三象限に示したようなガンマ補正が必要である。 α は0.5、 β は普通のダイオードの場合0.5に近いから、 γ は4に近い値となる。可変DLの遅延中心値は $1 \mu\text{sec}$ で制御電圧が約 2.5 V p-p 変化したとき、 $\pm 180^\circ$ に相当する遅延変化が得られる。

図 4 カラーテック 3.58 Mc 副搬送波信号位相関係

次に、基準のこぎり波発生部では、基準 3.58 Mc 信号より周期がその2倍のこぎり波を形成し、その信号は位相比較の基準となる。カラー再生信号を他のソースとミックスする場合、副搬送波の位相を互に合わせるための位相シフタを通った基準 3.58 Mc 信号はクロスオーバーデテクタ(R)に送られる。ここで 3.58 Mc の正弦波はパルス状信号となり、一部は 70 nsec 遅延させてバイナリカウンタをトリガーし、一部はそのカウンタの方形波出力とともに AND ゲート(R)に加えられる。ここでパルスは一つおきにゲートされて、約 560 nsec 周期のパルスとなり、これで基準のこぎり波を作る。図4に示す模式的波形図の波形①～⑤にこの間を示す。基準のこぎり波は前節に記したように、その直線性がカラーテックの性能を左右するので、ブートストラップ回路が使用されている。

次に、サンプリングパルス発生部は、テープバースト信号よりサンプリングパルスを作る部分で、まず、入力映像信号よりバースト信号のみを抜き出し、前の場合と

図 5 可変遅延回路の構成

T_d : 遅延時間, C : 可変容量シリコンダイオードの静電容量,
 V : 制御電圧, E : 位相エラー電圧,

図 6 位相エラー電圧と制御電圧の関係

同じくクロスオーバーデテクタ (T) によりバースト信号に含まれる 3.58 Mc 波の数だけパルスを作り、そのパルスとバーストゲートパルスおよび基準のこぎり波発生部のバイナリデバイダ出力の方形波とを、AND ゲート (T_1) に加えて一つおきのパルスを取り出す。波形図の⑥⑦③'⑧にその様子を示したが、図では⑦のパルスの奇数番目が③'の正の中央にある場合を示してあり、したがって、この場合⑧は⑦の奇数目がゲートされているが、③'は正確に 360° の幅をもっているので、テープ再生位相が変化して⑦が図の位置よりずれて $\pm 180^\circ$ 以上になったとき、今度は偶数番目がゲートされることになる。たとえば、⑦が図の状態より $+$ の方向へ 180° 移動して奇数番目のパルスが③'のふちにかかってまさに消えかかるとき、偶数番目のパルスが $-$ の方向からゲート圏へさしかかってくるのである。ゲートされたパルスは次に単発マルチをトリガーし、約 200 nsec 幅の方形波を作り、これと前のクロスオーバーデテクタ (T) からのパルスの 70 nsec 遅延させたものとを AND ゲート (T_2) に加え、一つおきにゲートされたその出力パルスはサンプリングパルスとして位相比較回路へ送られる。この関係を波形⑧⑨⑩⑪で示す。

上記の単発マルチは 500 nsec 以上の繰り返し周期を

もち不確実なパルスに対しては応動しないようになっていいるものと思われる。波形図ではサンプリングパルス群⑪が基準のこぎり波⑤の中央をサンプルしているように描いてあり、実際にこの状態が動作中心点となる。基準のこぎり波のスロープはこの点を中心にして $\pm 360^\circ$ 近く伸びているが、AND ゲート (T_1) の動作により、サンプリングが行なわれる範囲は $\pm 180^\circ$ にかぎられる。

$360n + \phi$ の位相に対する基準のこぎり波の電位は、 ϕ に対する電位と同一であることは前にも述べたが、上記の動作説明で明らかになったであろう。このようにして取り出されたサンプリングパルスの位相に対応する電位は、次のサンプリングが行なわれるまでの 1H 期間静電容量にそれを蓄えて保持し、位相エラー信号となるが、このこぎり波の電位を正確かつ高速に取り出すことがやはりカラーテックの性能上要求されるので、図 7 に示すようなサンプリング回路が使われている。

次に、バースト信号検出部は、入力映像信号にカラーバースト信号があるかないかを検出し、あるときは K_1 を動作させる。 K_1 は位相比較器からの位相エラー信号を遅延制御系統へ送ったり切ったりするのに使われ、モノクローム信号の場合はカラーテックはゲイン 1 の単なる映像増幅器となる。 K_1 はまた入力信号表示ランプを切り替えるのに使われる。また、この検出信号はバースト信号発生部の出力をスイッチし、この出力信号は次に続くプロセサにて新たに付加されるバースト信号となる。そのバースト信号の信号源として基準 3.58 Mc を、あるいは遅延制御された映像信号のもとと付加されていたバーストを用いるかを手動切換スイッチにより選択する。

次に、ノンスタンダード検出部では、再生されたカラー映像信号がスタンダードカラーであるかノンスタンダードであるかを検出し、ノンスタンダードのとき K_2 を動作させる。 NTSC カラー信号はそのライン周波数と色度搬送周波数が 2 : 455 でインターリーブの関係にあるのが本来だが、その関係がくずれている信号をノン

図 7 3.58 Mc 位相比較回路

タンダードとする。

たとえば従来の Ampex 方式や RCA 方式で再生された NTSC 信号は、輝度信号がタイムエラーをもっている。長期間平均では上記の関係が成り立っているようなものの、短期間では破れた状態にあるから、この方式でデビングしたテープを再生したときは検出部はノンスタンダードと判定する。

このような信号はH同期信号の位相とカラーバースト信号の 3.58 Mc位相との間に静止した関係がなく、主としてジッターの量と周期に従って動揺しているから、アムテックでH同期位相についてのタイムエラーを補正しても、搬送色度信号の位相のエラーはその中心がジッターに従って動揺する 64° p-p 幅の帯となる。これを忠実に補正するには前節で説明したように、エラー帯の中心を基準のこぎり波の中心に引きもどす制御の速度と範囲を、速く広くすることがスタンダードカラー再生の場合よりも強く要求される。このような機能をもたせるために、 K_2 は基準H位相変調部の動作の切り替えを行なうが、これについては後述する。

また、 K_2 は入力信号表示ランプの切り替えも行なう。ノンスタンダード信号の検出方法は次のごとく巧妙である。バーストゲートパルスでスタートストップ制御された 7.16 Mc ($3.58 \text{ Mc} \times 2$) の自動発振器出力信号と、テープバースト信号とを位相比較してバーストの位相変動成分を検出し、ドラム回転むらによるジッターのような比較的低周期成分のみをろ波し、それを整流して得た DC で K_2 を動作させている。

次に、基準H位相変調部は、これまでにたびたび説明したように、基準のこぎり波のサンプリング中心点を、ひいては可変 DL の動作中心点を確保するために再生位相を制御する基準H信号を作るところである。この基準H信号は図8の原理図に示すように、基準同期④よりH周期の梯形波⑤を作り、セラソイド位相変調のようにそのスロープ $\overline{CB}$ を 3.58 Mc 位相エラー信号の電位でクリップして、切られた点Aより $2 \mu\text{sec}$ 幅のパルス⑥を成形して作られるが、前述のように入力信号がスタンダー

図8 基準H位相変調原理図

ドカラーの場合とノンスタンダードの場合とで、変調度と変調速度、すなわち再生位相制御のループゲイン特性を切り替えている。この説明には前にカラーテックのオペレーションモードについて説明した方がよいと思う。オペレーションモードとは文字どおり装置に、ある機能をもたせた状態のことであるが、モードは実際には六つあり、セレクトで切り替えられるけれど、主要なモードは CTL. OFF, H. PHASED, UNPHASED の三つである。

第一の CTL. OFF は、可変 DL の制御を停止させてしまうモードで、収録およびモノクロームの再生のときに選ばれる。この場合、カラーテックはゲイン1の増幅器にすぎない。

第二の H. PHASED は再生H位相を基準同期位相に合致させる必要のあるときに使われる。このモードでは前述のバースト信号検出部の動作により、入力信号がモノクロームかカラーかによってその機能が自動的に切り替わる。

第三の UNPHASED は再生H位相を問題にしないとき使われる。このモードではバースト信号検出部およびノンスタンダード検出部の動作により、入力信号がモノクロームかスタンダードカラーかノンスタンダードかによって、その機能が自動的に切り替わるようになっている。

図2に示した位相関係は、実はH. PHASED の場合であった。再生位相制御のループゲインは可能な限り大きい方が安定にカラー信号が得られるが、再生H位相がきめられてしまうので基準H同期位相変調度をむやみに大きくできないことは、図8の位相変調原理からも解せられる。したがって、このモードでは、もし再生信号がノンスタンダードであったならば、安定なカラーを得ることは保証できない。これに対して UNPHASED の場合はループゲインを可能な限り大きくすることができて、ノンスタンダード信号も安定に再現できる。この場合の位相変調度は図8の梯形波⑤のスロープを1H期間近く伸ばすことができ、3.58 Mc 位相エラー 10° 当たり約 $1 \mu\text{sec}$ であり、これは H. PHASED のときの約 20 倍である。位相変調部出力、すなわち遅延H基準パルスの基準同期からの遅れは、位相エラー零のとき、H. PHASED モードで $2.5 \mu\text{sec}$ UNPHASED で約 $30 \mu\text{sec}$ となっている。また、ノンスタンダードのときは制御速度を速くするべく K_{2-1} により変調信号の時定数を小さくしている。

次に、位相変調動作点引きもどし部（変てこな名称だが他に適切な言葉がみつからない）は、基準H位相変調部の変調動作点を常にリニアな範囲においておくよう

(a) スイープ信号伝送特性

(b) $\sin^2$ 波 T パルス伝送特性

写真 2 カラーテック単体の特性

(a) E-E 系

(b) テープ系

写真 3 $\sin^2$ 波 T パルス伝送試験波形

に変調部に働きかける、いわば変調部の補助的役割を果たす部分である。そうして、この回路は H. PHASED モードでカラー信号再生のときだけ活きるように電源電圧が供給されるようになっている。図 8 の位相変調原理図をもう一度参照しながらその動作を推測すると、今この図では、梯形波 ⑥ のクリップレベルはスロープ CB の中点 A にある状態を示してあり、このとき位相エラーは零に相当するものとする。実際にはこの点を中心にして 64° p-p 幅の位相エラーがあり、そのエラー信号をある時定数で平滑した平均電位をクリップレベルとしているのである。

しかし、この点は再生位相制御が行なわれて収れんする一つの定常点であるが、A 点より ± 280 nsec へだたった点 B' および C' も、また ± 560 nsec へだたった点 B'' および C'' も、さらに、 $\pm 280 \times n$ nsec へだたった点 B⁽ⁿ⁾ および C⁽ⁿ⁾ も同様の意味で定常点となりうるわけである。そうして、おのおの定常点を中心に ± 140 nsec ($\pm 180^\circ$) の範囲が、その点の制御勢力を及ぼしうる範囲である。いま、一つの信号源の記録テープを再生したとき、再生位相制御が A 点の圏内で行われていたとする。次に、ある瞬間に別の信号源に移って、あるいはスプライス点を通して、 $\pm 180^\circ$ を越える位相エラーが現われたとすると、再生位相制御は B' あるいは C' 圏へ移

行してしまうだろう。これを幾度か繰り返すうちに運悪く A 点よりだんだん速ざり、スロープの端の方へ行ってしまった場合、これを一举に A 点に引きもどそうとするのがこの引きもどし部の役目である。回路の動作は位相エラー信号が正あるいは負に、あるレベルである時間経過したとき、ある時間だけ K_3 を動作させ、基準 H 位相変調部に加わる位相エラー信号のわりに、強制的に位相エラー零に相当する電位を与え、梯形波スロープの中央点にもってゆくことを試みるのである。もし、1 回の試みで引きもどしができなければ、何回でもこの動作を繰り返す。

最後に、電源部は AC 117 V 電源より安定化した $+12$ V および -12 V の電源を各部へ供給する。+ と - の電源の供給により各部回路の構成はきわめて合理的になっている。

5. ダイレクトカラープロセスの 実用試験結果

まず、カラーテック単体の映像諸特性の中から主要なものをあげると、DG は 1% 以下、DP は位相エラー零付近で 2° 、全遅延制御域で 4° 以内、ビデオ帯域スイープ信号と正弦自乗波信号伝送特性は写真 2 にみられるとおりである。次に、この方式によるカラー VTR の総

合特性は、変調器出力を直接復調器に入れてヘッド系をバイパスした場合 (E-E 系) で、DG は 5% 以下、DP は 6° 以内、テープを通した場合 (テープ系) では、ヘッド、テープの特性に大いに関係して変化するが、良いと称されるヘッド使用のとき DG は 30% 程度、DP は 20° 程度である。E-E 系とテープ系の正弦自乗波伝送特性の一例を写真 3 に示す。テープ系ではポスト側の波形がくずれる傾向があるが、ヘッドおよびその使用条件をもう少し吟味すれば、写真の波形よりも幾分よくなる。次にカラーバー信号の E-E 系とテープ系の伝送特性を写真 4 に示した。テープ系ではヘッド個有の特性はもちろんのこと、記録電流、ペネ

トレーション、イコライゼーションなど使用条件によりいちじるしく変わるから、VTR の映像特性はほとんどテープ、ヘッド系で左右されるといってよい。

スプライス編集テープ再生の場合は、うまくスプライスされていても若干の H 位相の不連続は免かれず、またスプライステープの厚みによるヘッドの機械的負荷変動のために位相エラーが発生し、画面に垂直線状のショックを生ずるが、ほとんど瞬間で回復する。ただし、従来のインターシンクでは H エラーが 2H 以上になると、V の調相に切り替わり、回復に 1 秒ないし数秒間かかるから、スプライステープに対してはこの切り替えをやめて H 調相のみで使用した方がよい。また、インターシンクのジッター調整は、単独使用の場合その最小限まで追い

(a) E-E 系

(b) テープ系

写真 4 カラーバー信号のベクトルスコープ特性

込む危険をおかすことがあるが、この方式で使用する場合はむしろ安定な動作状態を求める方がよい。

なお、スタジオのインサートを行なわず単独再生の場合には、UNPHASE モードを選んだ方が、前述の理由のとおり安定なカラー画像が得られる。

(昭和 38 年 10 月 14 日受付)

【参 考 文 献】

- 1) AMPEX: COLORTEC Instruction Manual, June (1962)
- 2) AMPEX: AMTEC Instruction Manual, Aug. (1961)
- 3) 稲津稔: 線順次方式を利用したカラーテレビ信号の磁気録画, N H K 技術研究誌, 13, May (1961)
- 4) 高橋清: 最近の VTR 技術の傾向, 放送技術誌, 15, 1 (1962)
- 5) 荒井潔 他: アムテックを利用した VTR の動作試験結果, テレビ誌, 17, 3 (1963)
- 6) AUBREY, HARRIS: Time-Base Errors and Their Correction in Magnetic Television Recorders, J. SMPTE. 70 July (1961)

今月の表紙

NEC テレビジョンテープレコーダ TTS-1 型

NEC テレビジョンテープレコーダは、早くから放送局で大活躍していますが、最近では、一般の会社や病院、稽古場などで活躍するようになりました。テレビカメラには NEC-ITV を、また映した画像は、この NEC テレビジョンテープレコーダに記録しておけば、あとでゆっくり“動く記録”が見られます。もちろん家庭でご覧になっている放送局の番組も、アダプターをつければそのままかんたんに録画ができ、野球もドラマも後でゆっくりお楽しみになれます。

— 日本電気株式会社提供 —