解 説

フレームシンクロナイザー

日本電気株式会社 加 納 顕 一・今 井 哲 夫
 稲 葉 雅 男・杉 本 篤 実
 東京放送株式会社 伊 藤 豊・井 上 勇 三
 清 水 孝 雄

異種同期系映像信号間で、ミキシング、ワイプ、スーパー等を行うには同期結合させることが必要である。この目的のためゲンロック手段やカラー多元同期システムが用いられてきたが、系統構成、運行上に多々問題があった。そこで、これらの問題点を解決すべく非同期系信号を同期系に変換する同期変換装置“フレームシンクロナイザー”を開発した。本装置は、到来映像信号を符号化処理する A/D, D/A コンバーターと、符号化映像信号を 1 フレーム分記憶するディジタルメモリーより構成されている。

1. ま え が き

現在、放送システムを複雑にしている原因のひとつに、映像信号相互間の H と V の位相とカラーバースト位相の、同期と非同期の混在があげられる。

非同期系を同期系として取り扱うため、局外よりの非同期系入力信号に対してはゲンロックの手段や多元同期^{1)~6)}が用いられ、局内の非同期系信号に対してはゲンロックで処理しているのが現状である。

しかし、これらの手段は種々の問題点を含んでいる。まずゲンロックシステムに伴う問題点をあげると、

- (1) ゲンロックの原理からして、時間軸上では非同期系 1 系統に対してしか同期結合することができない。
- (2) ゲンロック操作が複雑で、誤操作を誘発しやすい⁷⁾。
- (3) ゲンロックの引き込み期間中 (H スリップや V スリップ)、ローカル信号が乱れる。したがって VTR の場合、特に問題になり、録画のときゲンロックの引き込み期間中の信号が入力されると、テープ上の録画パターンに乱れが生ずる。これが再生時にはサーボ系の擾乱を引き起こし、同期乱れやローリングの原因になる⁷⁾⁸⁾。
- (4) ネットワーク間で、ゲンロック系の閉ループ形

成の危険性がある⁸⁾。

- (5) 制作や運行サブスイッチャー系統は、非同期系の映像信号の場合にミキシング、スーパーやワイプができないよう保護対策が必要であり、フェーダーの接点や同期・非同期の検知との連動による論理回路など、かなり複雑化している。

以上のような問題点の解決のため、現状の放送システムでは同期信号系統の増大をまねいており、さらにはこれら複数系統の中から各サブ、VTR、テレシネの各ブロックへの割り当てや分配に当っては、それらの映像信号の送出スイッチャーとの連動回路もからみあって、かなり同期信号系統が複雑化している。

ゲンロック手段の改善策として多元同期方式がいくつか開発されている。その代表例は高安定度発振器を用いた独立同期方式であり、通常ルビジウム原子発振器 (周波数安定度 2×10^{-11}) を、リモート局、ローカル局にもち、両局間の偏差を、①AVDL* や、②誤差信号伝送、あるいは③両手段の併用、で修正する方式である。

しかしながら、①の方式では数時間ごとに手動調整が必要である。一方②、③の方式では誤差信号伝送用の電話回線を別途構成せねばならず、さらには衛星中継やヘリコプター中継等では無線回線を構成するとしても、もはや非現実的なものになり、いずれにしても日本全国すべての地点からの映像信号をこれらの方式で同期結合することは現実問題として不可能である。

これらの問題点をすべて一挙に解決すべく同期変換装

*“Frame Synchronizer” by Kenichi Kano, Tetsuo Imai, Masao Inaba, Atsumi Sugimoto (Nippon Electric Co., Ltd., Tokyo), Yutaka Itoh, Yuzoh Inoue and Takao Shimizu (Tokyo Broadcasting System Inc., Tokyo)

* AVDL: Automatic Video Delay Line

写真1 フレームシンクロナイザー外観

置“フレームシンクロナイザー”を開発した。本装置は、高速 A/D, D/A コンバーターと大容量 IC メモリーを土台とした最近のデジタル技術を最大限に活用したものである⁹⁾。写真1に本装置の外観を示す。

2. 設計の基本概念

フレームシンクロナイザーの開発に当り、従来考えられてきた同期信号系統におけるすべての問題を解決することを目標にし、次のような設計条件を設定した。

- (1) 各局間には、映像信号の受け渡し以外は何のつながりもなく、オープンループであること。
- (2) 何のプリセットもなしに、HとVの位相とカラーサブキャリヤ位相が自動的に同期結合すること。
- (3) 既設の同期信号発生器が使用可能なこと。
- (4) 奇数・偶数フィールド間の入れ替りがないこと。
- (5) 非同期信号へのカット切替え等の不連続な入力信号でも、出力信号には異常なく瞬時に動作可能なこと。
- (6) ゲンロックの引き込み期間中の入力信号に対しても同期結合が可能なこと。
- (7) 放送用機器として十分な画質が得られること。

これらの条件を満足させるためには、従来のリモートまたはローカル局で同期信号発生器をロックさせる方式ではなく、到来映像信号に何らかの処理を施して、映像信号自身がローカル局の信号源にロックする方式、すなわち方式変換型でなければならない。そして、ディジタ

ル技術のテレビシステムへの導入もいまや実用可能であると判断し、到来映像信号をPCM化してデジタルメモリーに記憶し、しかる後にローカル局の同期信号のタイミングで読出し映像信号にもどす方式を採用した。

PCM化に当っては、画質の条件を満足させるためには、SN比 50 dB 以上¹⁰⁾¹¹⁾、伝送帯域 4.2 MHz 以上必要と判断し、メモリー容量との関係も考慮してカラーサブキャリヤ (3.58 MHz) の3倍のサンプリング周波数と、8ビット A/D, D/A コンバーターを採用した。

メモリー容量としては、1フィールドも考えられるが、リモート信号とローカル信号のフィールドが一致しない場合には、奇数・偶数フィールドが入れ替る現象が起き、したがってVブランキングの幅は $H/2$ だけ広がって電波法に抵触するし、さらには、ネットワーク間の制御信号や VITS 信号の入れ替りが生じ、特にネットワーク間制御信号の入れ替りは誤動作を誘発する。これらの理由から、本装置は1フレームメモリー容量を採用した。

入力信号条件の、カット切替えやゲンロック引き込み期間中の信号の他に、入力映像信号のカラーサブキャリヤ周波数や水平同期信号周波数に大幅なずれがあっても、また SN 比の悪い信号に対しても安定に動作するよう、いくつかの工夫をしている。

3. 装置の概要

フレームシンクロナイザーの原理は次のとおりである。

入力映像信号に完全に同期した標準化パルスを発生し、これにより映像信号を標準化し量子化する。標準化され量子化された映像信号の各画素の PCM データは、1フレーム分の容量を持ち、しかも基準となるゼロ番地が入力映像信号のフレーム単位で常に同じ位置になるように決められたメモリーに、逐次書込まれて記憶される。ここで書込むということは、すでに記憶されていたデータを新しいデータに置き換えることを意味する。

次に、いったんメモリーされたデータを、基準の同期より作ったクロックパルスで読出して復号し、入力信号の同期とは無関係な、基準同期に結合した映像信号に変換する。すなわち、画像を記憶するメモリーを中心に、そのメモリー上での書込みと読出しの動作を、おたがいに独立して行わせることによって同期変換するデジタル式映像位相変換装置である。

本装置の系統図を図1に示す。入力映像信号は、遮断周波数 5.2 MHz の低域濾波器 (LPF) を経て、A/D コンバーターへ送られる。標準化を行う場合には、入力信号が標準化周波数の $1/2$ より高い周波数成分をもってい

図1 フレームシンクロナイザーの系統図

ると、復号のさい帯域内折り返し雑音が発生するため、A/Dコンバーターの前にLPFの挿入が必要である。

A/Dコンバーターは、入力信号のバースト信号に同期したカラーサブキャリヤの3倍の10.7MHzで標本化し、逐次比較帰還型A/D変換器により8ビットの自然2進並列コードに符号化する。

一方、入力映像信号は、バーストゲート回路、同期分離回路にも供給される。バーストゲート回路でぬき出されたバースト信号は、バースト制御発振器(BCO)の発振位相を制御し、その出力は位相が入力信号のバーストにロックした連続波になる。このBCO出力は書込クロック発生器に入り、3通倍され10.7MHzの標本化パルス、書込クロックパルスとして、A/Dコンバーター、書込アドレス発生器に供給される。このように本装置の書込み側で使用するクロック周波数を、入力バーストの3倍でかつ位相をロックさせた理由は、整数倍関係によりデータの処理上便利であることと、量子化ノイズに起因するビート雑音を防止するためである。

同期分離回路より得られた水平同期信号は、位相変調器へ送られ、位相変調されて書込クリアパルス発生器へ供給される。書込クリアパルスは、PCMデータをメモリに書込むときに必要な、アドレスの基準点であるゼロ番地のタイミングを決定するものであり、具体的には書込アドレス発生器内のアドレスカウンタをフレームごとにゼロにクリアする役を持つ。

なお、入力信号が白黒信号の場合も考慮して、その場合には分離した水平同期信号にロックした3.58MHz、10.7MHzが発生するようにしてあり、入力信号のバーストの有無を検出して切りかえている。

書込アドレス発生器は、メモリ上のあらかじめ定め

られた番地へPCMデータを配置するためのもので、書込クロックパルスで動作するアドレスカウンタと周辺回路より構成され、カウンタの出力をアドレスとして使用する。

このようにして、メモリ上に書込まれたPCMデータは入力映像信号のフレームに対応しており、しかも各画素はあらかじめ決められた位置にしか入らない。したがって映像のHとVの位相とカラー位相は常に固定されて記憶されている。

一方、読取り側は、書込み側に比較していく分簡略化されているが、基本的にはほぼ同じ構成である。

基準のカラーサブキャリヤ信号はフェーズシフターにより、また基準の同期信号は同期信号再生器により、それぞれ位相制御され、読取クロック発生器、読取クリアパルス発生器へ供給される。そして読取クロックパルスおよび読取クリアパルスは読取アドレス発生器を制御する。ここで、書込み側と多少異なる点は、読取クリアパルスの実効周期を2フレームごととし、書込み側にある位相変調器を省略している。このため、基準同期信号が切替えられたときの応答は遅くなるが、放送中に切替えをすることはないので問題ない。

読取られたPCMデータは、D/Aコンバーターによりアナログ信号に復号され、LPFを経て映像信号に復元される。そして最後にプロセス増幅器で、帰線消去信号、バースト信号ならびに同期信号を基準のものと入れ換えて、本装置の出力となる。

以上が動作の概要であるが、設計上ユニークと思われるいくつかの回路について、若干詳細に説明を加える。

3.1 Odd/Even コントロール

NTSC信号の1フレーム当りのカラーサブキャリヤ

サイクル数は 119,437.5 であり、0.5 サイクルの端数があり、デジタル処理がむずかしくなる。このため本装置内では端数を処理して 1 フレームの長さをカラーサブキャリヤのサイクルで、

119,437 (奇数フレーム、以下 Odd と略記)

119,438 (偶数フレーム、以下 Even と略記)

の 2 種に分け、交互に繰り返すことによってカラーサブキャリヤの連続性を得ている。ここで、どのフレームを Odd にするか Even にするかはまったく自由であるが、Odd/Even の動作は、書込み側と読取り側で一致させる必要があるので、書込み側を基準にして各フレームの初めに、デジタルフレームフラグを映像データと時分割で挿入して、読取り側で検出して、そのフレームが Odd か Even かを判定して書込み側と連動させるようにしている。

このように、2 フレーム周期でフレームごとにメモリーされるデータの量がカラーサブキャリヤの 1 サイクル分ずつ違うので、ゼロ番地の位相も Odd と Even で 140 ns 異なる。この関係がくずれると、画面の水平ジッターとなって現われる。

3.2 位相変調器 (ϕ MOD)

アドレスカウンタを常に安定にクリアするためには、書込クロックパルスと書込クリアパルスとの間にはある一定の位相関係が要求される。

ところが、カラーテレビ信号規格には同期信号とカラーサブキャリヤ信号間の位相関係の規格がなく、また同期信号位相規格にも幅があるため、カメラごとあるいはスタジオサブごとに、その出力の同期とカラーバースト間の位相関係は一般的に異なっている。したがって、ただ単に同期信号より作ったクリアパルスでは、クリアが不確実になり、たとえば 1 クロックずれた点をクリアしたりする可能性がある。このようなクリアミスは、画面

の水平ジッターとなって現われる。

これらのクリアミスをなくし書込クロックパルスと書込クリアパルスの位相が常に望ましい位相関係になるようにするのが位相変調器である。図 2 にその系統図を示す。

サブキャリヤと MOD H パルスを位相検出器で比較して得られた位相誤差信号を ϕ MOD に戻すことにより入力水平同期信号は最大 ± 140 ns の変調をうけ、サブキャリヤと MOD H パルスの位相関係は一定に保たれる。いうまでもなく、水平同期とサブキャリヤは NTSC 信号においては $455/2$ なる周波数関係があるため、両者間の位相は 1 ラインごとに 140 ns ずれており、したがって ϕ MOD の出力は、1 ラインおきに 140 ns 遅延させて、常にサブキャリヤと同相になるようにラインフリップフロップパルスで制御している。この MOD H パルスが、書込クリア発生器で 1 フレーム当たり 1 パルスだけゲートされて、書込クリアパルスとなる。

ここで、位相変調の帰還ループを考えてみると、被サンプル周波数は 3.58 MHz であり、サンプル周波数は 15.75 kHz なので、ループの安定点が 3.58 MHz の 1 サイクル (279 ns) ごとに存在する。これをさけるため位相変調量をセンサーで監視して、その量が ± 140 ns 以上になった場合は、位相誤差信号を一時零電圧にクランプして、新しく位相変調をやり直し、正しい位相に引き戻すようにしている。

3.3 書込禁止制御回路

この回路の機能は、入力信号が他の非同期系映像信号にカット切替えされた場合に出力映像信号が乱れないように制御するものである。カット切替え検出は、過去の経過から次の入力信号の水平・垂直同期信号の位相を予測することで行い、予測が合っていれば正常信号と見なして書込みを継続させるが、予測と合わない場合はその

図 2 位相変調器 (ϕ MOD) の系統図

図 3 書込禁止制御回路 (WIC) の動作説明図

- (a) 入力映像が非同期系信号間でカット切替された状態
 (b) WIC がいない場合の出力映像
 (c) WIC がある場合の出力映像

時点を検知して、次のフレームの初めまでの間メモリーへの書込みを停止するよう制御する回路である。

しかし、入力信号がゲンロック引き込み中の、いわゆるHスリップ、Vスリップ期間中の位相は正常位相とみなすように設計してある。

図 3 は、カット切替時の本回路の動作状態を示す。

いま、入力映像信号が、図 3 (a) のように“ A ”画面から“ B ”画面へラスタ位相の異なる信号に切り替えられた場合、これをそのままメモリーに書込み、基準同期で読取れば、図 3 (b) の出力が現われる。この状態は、書込アドレスに対するクリアが“ A ”画面の正常な点で行われた後、“ A ”画面の途中でカット切替えされ、データだけがラスタ位相の異なる“ B ”画面のそれに切り替わり、ラスタ位相が修正されずに“ B ”画面の信号が 1 フィールド分メモリーされたことを示し、その結果、乱れた出力画面になっている。

これを防止するため本装置では、図 3 (c) に示すように、カット切替えが起った瞬間に書込みを停止させ“ B ”画面のフレームの初めまで待ち、“ B ”画面に係わる書込クリアパルスを得てメモリーアドレスをゼロ番地に戻してから書込みを再開するようにしている。

これにより、カット切替えの起こったフレーム内では、図のように、点線 (カット切替え点) より上 (時間軸上入ではカット切替え以前) の部分は、そのリアルタイムのフレームの信号、点線より下 (カット切替え後であり、書込み停止部分) では、1 フレーム前のメモリー内に残

っていたデータが読取られるので、あたかも H と V の位相が一致した画面として読出されることになる。そして次の“ B ”画面の信号は、フレームの初めから書込まれているので、H と V の位相が正確に規制された出力となる。このように、書込禁止制御回路により、出力上ではあたかも同期系信号間を切替えたかのようになる。

3.4 1 フレームデジタルメモリー

本装置の心臓部は、1 フレームデジタルメモリーである。このメモリーシステムは、書込側、読取側のクロック、アドレスがそれぞれ周波数、位相に関して、何らの制約条件なしに、しかも書込みと読取りが同時にできる非同期型メモリーシステムであり、テレビ信号が容易に取扱えるようテレビ用として特に開発された。

メモリーは書込アドレスおよび読取アドレスで制御されるが、一般に書込クロックと読取クロックの周波数が異なるので、メモリー内で追越しが起る。書込クロックよりも読取クロックの周波数が高い場合には、同一番地の書込みと読取りの時間差がだんだんなくなり、やがて新しいデータが書込まれる前に、読取りをすることが起る。すなわち、同じデータを 2 度読むことが起る。入力映像信号とローカル側のサブキャリヤの周波数の差が 10 Hz の場合には、3 時間 20 分に一度の確率で追越しがある。この追越しがあったときには出力画面は 140 ns だけ水平方向に移動する。

書込周波数が高い場合には、読取られる前に新しいデータが書込まれる。すなわち、1 フレーム分のデータは

表 1 定格および性能

映 像 入 力	VS または VBS 1.0 V (p-p) 高インピーダンス		
基準同期入力	ブラックバースト信号 0.3 V (p-p) または ワンラインシンク (SY+SC) 1V (p-p) 負極性 または {複合同期信号 4 V (p-p)/1 V (p-p) 負極性 {サブキャリヤ 2 V (p-p)/1 V (p-p) いずれも高インピーダンス		
映 像 入 力	VBS 1.0 V (p-p) VB 0.7 V (p-p)	75Ω 75Ω	3出力 (2出力はシンク OFF 可) 1出力
再生同期出力	4 V (p-p)	75Ω	1 出力
周波数特性	60 Hz~4.2 MHz 6 ~ 20 MHz	±0.2 dB 以内 -45 dB 以下	
矩形波特性	オーバーシュート*1 水平サグ スミア 垂直サグ	2% 以下 1% 以下 1% 以下 1% 以下	
直 線 性*2	D G D P	1.5% 以下 1.0% 以下	
入 出 力 間 クロストーク	-60 dB 以下 /4 MHz		
S N 比	量子化雑音 ハムノイズ	50 dB 60 dB	p-p/rms p-p/p-p
使 用	連 続		
動作周囲温度	0°~+40°C		
使 用 電 源	単相交流 100 V/115 V/200 V/230 V 50/60 Hz		
消 費 電 力	約 1 kVA		

*1 入力信号の立上り時間 100 ns, 周波数 15 kHz および 250 kHz の対称矩形波で測定。

*2 入力映像信号のサブキャリヤにロックしないサンプリングロックを A/D コンバーターに与えて測定。

読取られることなく捨てられる。やはり追越し時には 140 ns の横ずれが起る。また、これらの追越し時には動きの不連続(動きのジャンプまたは動きの静止)が生ずるが、一瞬のことであり問題にはならない。

本装置は、映像信号のみでなく、水平・垂直同期信号、バースト信号と、VITS およびネットワーク間の制御信号などもすべてメモリーに記憶している。したがって、1 フレーム分の映像信号を記憶するために必要なメモリー容量は $455/2 \times 525 \times 3 = 358,312.5 \text{ W}$ (1 W は 8 ビット) であるが、このメモリーは 8 kW×8 ビットのメモリーカード 48 枚で構成して、384 kW, 3.072 メガビットの容量となっている。メモリーカードには、64 個の n チャンネル MOS タイプの 1k RAM μ PD 404 (NEC 製) と 1 W の書込および読取バッファレジスタがある。 μ PD 404 はダイナミック型のメモリーデバイスであるため、リフレッシュを必要とするが、テレビ用のメモリーの場合にはアドレスがフレーム周期で循環するので、MOS チップのアドレスとシステムアドレスの組合せを適当にすることにより、リフレッシュのための回路部品をなくした。

メモリーカードの他に、タイミングパルス発生回路、バッファレジスタ群が組み込まれている 10 枚のコントロールカードおよび 2 枚の書込アドレス、読取アドレス発生回路のカードが幅 480 mm×奥行 320 mm×高さ 300 mm の棚 2 段に実装されている。

4. 性 能

本装置の規格表を表 1 に示す。

5. 運 用 結 果

図 4 に、フレームシンクロナイザーを用いたシステム構成の一例を示す。図のようにすべてのリモート信号源および他スタジオ信号源の非同期系信号が、何の制約条件もなしに同期信号に変換でき、これによりゲンロック操作がなくなり、局内同期信号系が 1 系統ですむといった数々のメリットが生まれる。

写真 2 は、TBS にて本年元旦の「奥様 8 時半です」の番組に本装置を使用して放送されたひとコマであり、東京と北海道、名古屋、大阪、九州の各地の様子が、5 つ割りの画面に構成されている。このときは、ほぼ図 4 と同じシステム構成で使用され、各地からの非同期系入力信号がスタジオカメラ系と同等の取扱いで番組制作を行うことができた。また正月 3 日には、福島からの映像信号におけるカット切替え信号に対して、書込禁止制御回路の威力が遺憾なく発揮された。さらに、揺れる船上からのカメラ信号が、FPU のアンテナ対向ずれにより

断になったときも、書込禁止により断となる直前の画面を静止画として出して映像断の事故を救った。

昨年、米国 ABC が、インディ 500 マイルレースにおいて、飛行船からの映像信号を本装置で受け、地上のカメラの信号との合成画面を作り放送した。一昨年まではブラックバースト信号伝送方式で同期結合を行い、飛行船の動きによる位相の変化を手動で追尾していたが、それに比し人件費、機材費が軽減され、番組制作上の制

写真 2 フレームシンクロナイザーを使用して合成された 5 つ割り画面

図4 フレームシンクロナイザーを用いたシステム構成の一例

限が改善された。

米国 NBC においてはミュンヘンからの衛星中継番組に使用し、ドップラー効果による周波数ずれに起因する問題を解決し、大陸間の画面合成を行った。

6. む す び

本装置は、従来の多元同期方式での問題点に、さらに局内でのゲンロックに関する問題点を含め、ほぼ理想像ともいえる解決策を与えるものであると確信する。

フレームないしはフィールド容量のメモリの映像情報処理の応用例としては、テレビ方式変換、電子ズーム、帯域圧縮、静止画伝送等々があり、その将来の多目的利用にも期待できる。

今後に残された課題としては、装置(特にメモリー部)の小型化、低廉化、低消費電力化がある。しかし電子計算機の発展に伴うメモリーデバイスの長足の進歩に期待でき、本装置がシステム全体におよぼす経済性を考慮するならば、充分実用化が可能であろう。

終りに、本装置の開発に際し、適切な御助言をいただいた東京放送 高垣技術局長をはじめ技術現業局、技術局の関係各位、ならびに日本電気 集積回路事業部、伝

送機事業部の関係各位に深く感謝する。

(昭和50年3月5日受付)

〔参 考 文 献〕

- 1) D. N. Gregory, J. L. Bliss, I. D. B. Millar and C. J. Allen: Color Picture Synchronization by the Nat-lock System, J. SMPTE, **78**, Aug. (1969) 611-614
- 2) R. J. Butler: Remote Color Genlock, J. SMPTE, **78**, Aug. (1969) 615-618
- 3) H. Schmid: Synchronization of Remote Program Sources for Color TV Broadcasting, J. SMPTE, **78**, Aug. (1969) 619-620
- 4) F. Davidoff: The CBS Automatic Color Wire-Lock System, J. SMPTE, **78**, Aug. (1969) 621-625
- 5) 豊崎: 札幌プレオリンピックにおけるカラー多元同期システム, テレビ学会伝送回路研資, 29-3 (昭 46)
- 6) 森泉ほか: カラー多元同期システム, テレビ学会伝送回路研資, 29-4 (昭 46)
- 7) 井上ほか: 多元同期ならびに Genlock に関する一考察, 第 10 回民放技術報告会 (昭 48) 18
- 8) R. J. Butler: Color Video Switching System, RCA Product Engineering, Apr. (1968)
- 9) 清水ほか: フレームシンクロナイザ, 第 10 回民放技術報告会 (昭 48) 19
- 10) 伊藤: カラーテレビ伝送系のシステムデザイン, テレビ誌, **22**, 2 (1968)
- 11) A. A. Goldberg: PCM Encoded NTSC Color Television Subjective Tests, J. SMPTE, **82**, Aug. (1973) 649-654