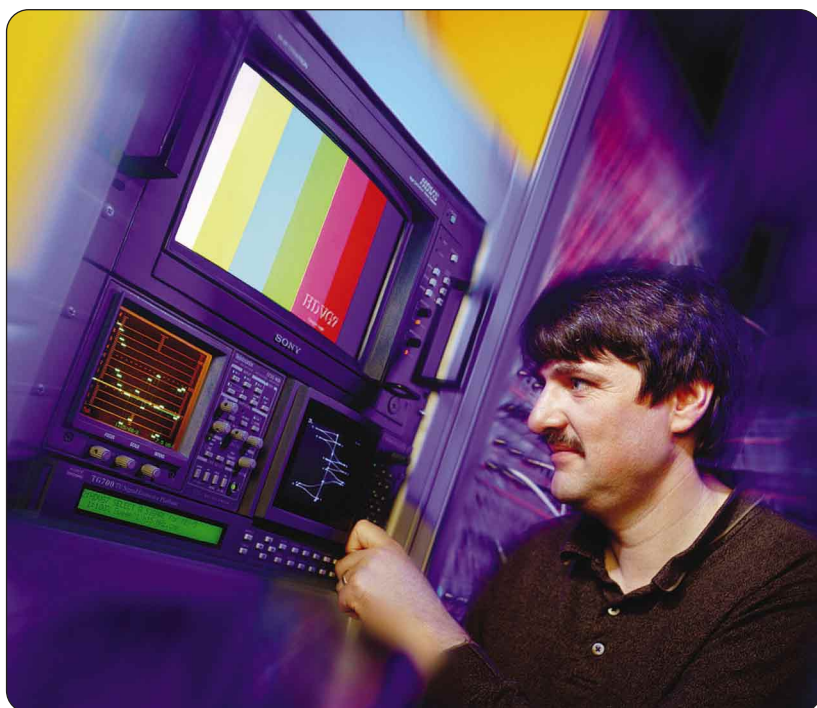


マルチスタンダード & マルチフォーマット対応の ビデオ・システムにおける タイミングと同期の調整方法



▶ フォーマットが混在する環境下でのオペレーション

ビデオ・システムを構築する場合、同期を調整することは、最も基本的で重要な手順の一つです。ビデオ映像やオーディオなどの情報を適切に制作し、伝送し、また取り出すためには、システム中のすべての装置は同期している必要があります。アナログとデジタルの各種スタンダードやフォーマットが混在する複雑な環境下では、混成フォーマットに対応した機器を同期調整したり、同期をメンテナンスするために多様な適応性が求められます。

ビデオ映像やオーディオなどの情報を適切に制作し、伝送し、また取り出すためには、システム中のすべての装置（カメラ、VTR、編集装置、スイッチャなど）は、同期している必要があります。マルチフォーマットに対応するビデオ・システムでは、適正に同期調整したり、同期をメンテナンスするためにシステム・タイミングを合わせる必要が、より重要かつ必要な課題になっています。アナログとデジタルの各種スタンダードや各種フォーマットが混在する複雑な環境下では、機器や設備をユーザ事情に合わせて同期調整するために、多様な適応性が求められます。マスタ同期信号発生器（SPG）の出力信号は、通常、システムを構成するすべての機器を同期させるために使用されており、これはゼネレータ・ロック、あるいはゲンロックと呼ばれています。一般的なスタジオやポスト・プロダクション設備においては、このような SPG は、マルチフォーマットとマルチスタンダードを実現するために、多様なタイミングと同期信号を配給する必要があります。

このアプリケーション・ノートは、2つのパートで構成されています。前半のパートでは、アナログとデジタル・システムの基本的なタイミング関係について記述しています。後半のパートでは、当社 TG700 型の応用例を紹介しています。TG700 型は多目的に使用できるため、これまでに提案されて

いる様々なアナログとデジタルが混在するシステムに対して、十分なタイミングと同期信号を供給することができます。TG700 型は、いろいろなモジュールを内蔵できるマルチフォーマット対応のテスト信号、同期信号のゼネレータ・プラットフォームで、アナログ、スタンダード・ディフィニション TV（SDTV）、シリアル・デジタル・インタフェース（SDI）、ハイ・ディフィニション TV（HDTV）などのマルチフォーマット環境をサポートすることができます。

▶ アナログとデジタル・システムの基本的なタイミング関係

アナログ・タイミングの理解

ビデオ・イメージを正確に再現する場合、カメラとTV受信機は、同じ時間に映像の同じ部分を走査（スキャン）するためにタイミングが同期していなければなりません（図1参照）。電子ビームを水平（走査線；ライン）と垂直（フィールド）に制御して映像を表示させるために、それぞれ独自の同期パルスが使用されています。

注：ビーム（beams）という用語は、このアプリケーション・ノートでは、（カラー）ピクチャ・モニタを表現するのに使用しています。（ただし、モノクロ・モニタでは、単一ビームを使用します）

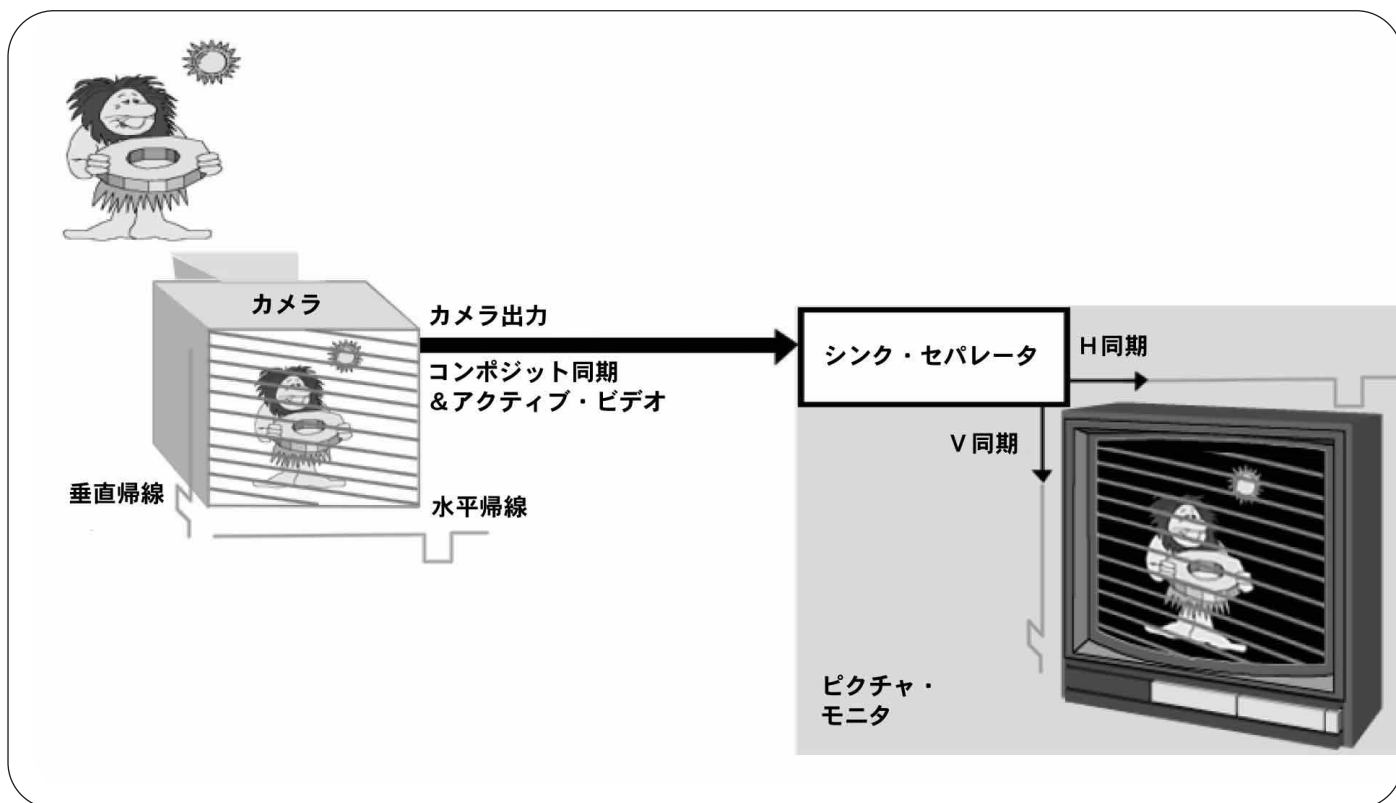
このビームは、水平ラインの左から右にスキャンされますが、それぞれのラインの終わりでは、映像の左端に戻さなければなりません。このプロセスは、**水平帰線（horizontal retrace）**と呼ばれています。水平同期パルスは、この水平帰線を制御しています。

映像を再現するために、スクリーンの上端から下端に向かって各ラインがスキャンされます。標準アナログ・システムでは、フル映像（2つの交互するフィールド）を構築するのに奇数と偶数のラインを組み合わせしており、このプロセスは**インタレース（interlace）**と呼ばれます。これに対し、よ

り高精細な映像システムの一部では、1フィールドを全ラインで構成する**プログレッシブ（progressive）**スキャンと呼ばれる走査方法が採用されています。ひとつのフィールドの最終ラインが、映像の下端に達した場合、ビームは、次のフィールドをスタートするために上端に戻ります。このプロセスは、**垂直帰線（vertical retrace）**と呼ばれます。垂直同期パルス信号が、この垂直帰線の始まりを告げます。

この垂直帰線に要する期間は、水平帰線期間より長い時間が必要なため、より長い垂直同期期間が必要で、その垂直同期パルス幅は、水平同期パルスに比べて広がっています。水平と垂直の帰線が行われている期間、電子ビームはオフになるため、スクリーンには何も表示されません。これは、それぞれ**水平/垂直ブランキング期間（Blanking Interval）**と呼ばれます。

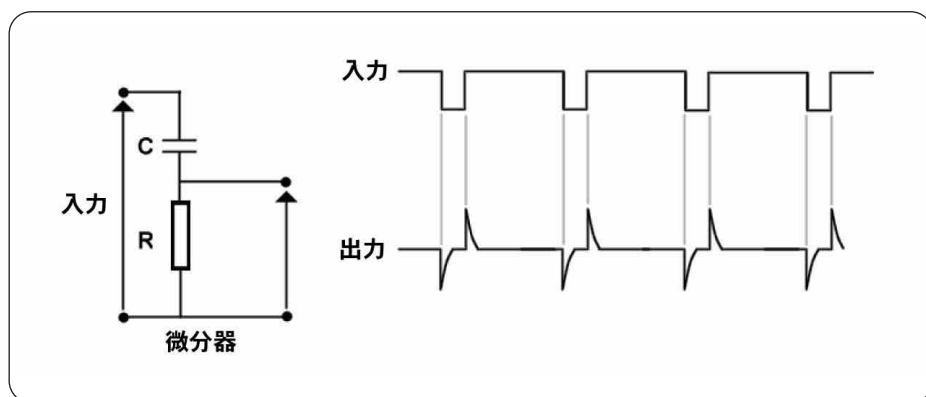
アナログ映像を伝送する場合は、水平と垂直の同期パルスを組み合わせてひとつの**コンポジット（複合）同期信号（Composite Sync Signal）**にしますが、これは受信機で簡単に抽出、分離できます。アナログTV信号が初めて開発された時代には、回路設計に関して当時の確立された技術に忠実であることが求められました。



▶ 図1 アナログ映像の同期プロセス

その結果、受信機内部で水平ドライブ信号を抽出するためのシンク・セパレータ（同期分離回路）には、簡単な微分回路が使用されました。この微分回路を使用することで、それぞれの水平（ライン）同期パルスの両端に鋭いスパイク・パルスが発生させます（図2参照）。次に、同期回路は負方向のスパイク成分を使用して、これにロックをかけます。この時、正方向のスパイク成分は無視します。水平ドライブ回路の変動を防ぐために、ライン同期パルスは、すべてフィールド期間内に発生します。

ブロード・パルス（broad pulse）として知られる幅広パルスにより、コンポジット信号の中で水平同期パルスと垂直同期を識別することができます。等価パルス（equalizing pulse）がブロード・パルスの前後に挿入されており、これにより奇数と偶数フィールド識別のために等価パルス・パターンが形成されています。図3に示すように、簡単な積分回路により、垂直パルスが抽出できます。

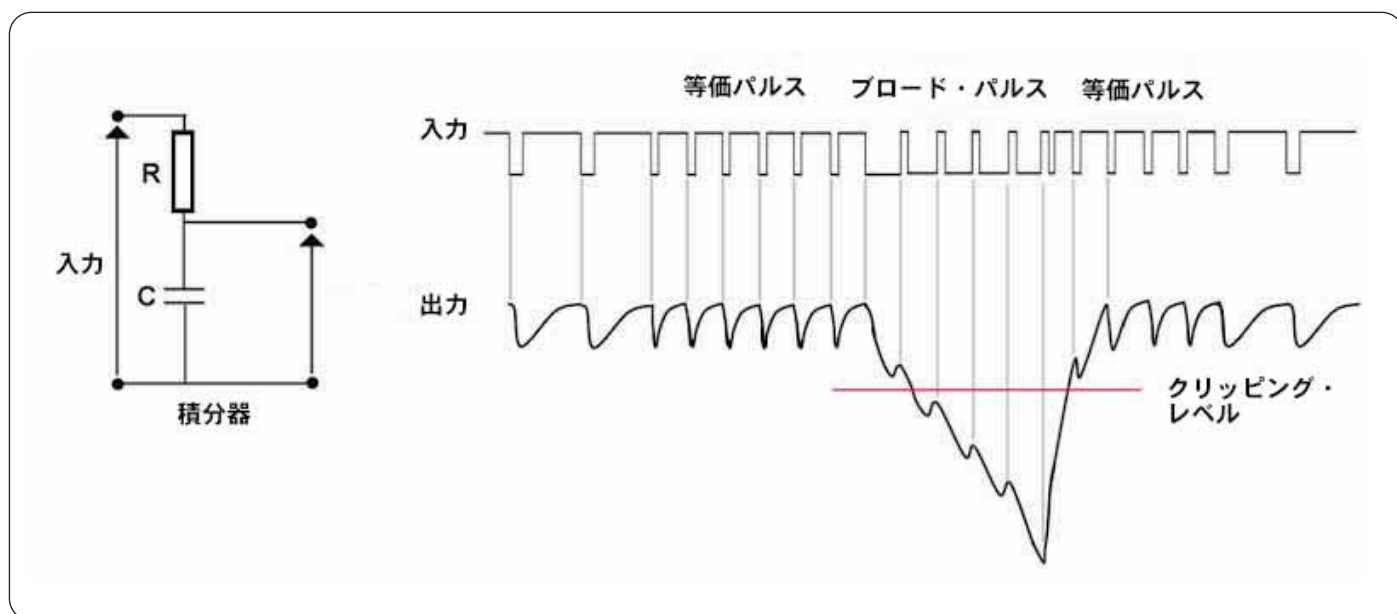


▶ 図2 簡単な微分回路でライン同期パルスを抽出

アナログ・タイミング・パラメータ

アナログ・ビデオ信号のタイミングに関して、リファレンスを同じにして画像品質を保証するためには、下記に示す3つの基本パラメータが、時間的に一致している必要があります。

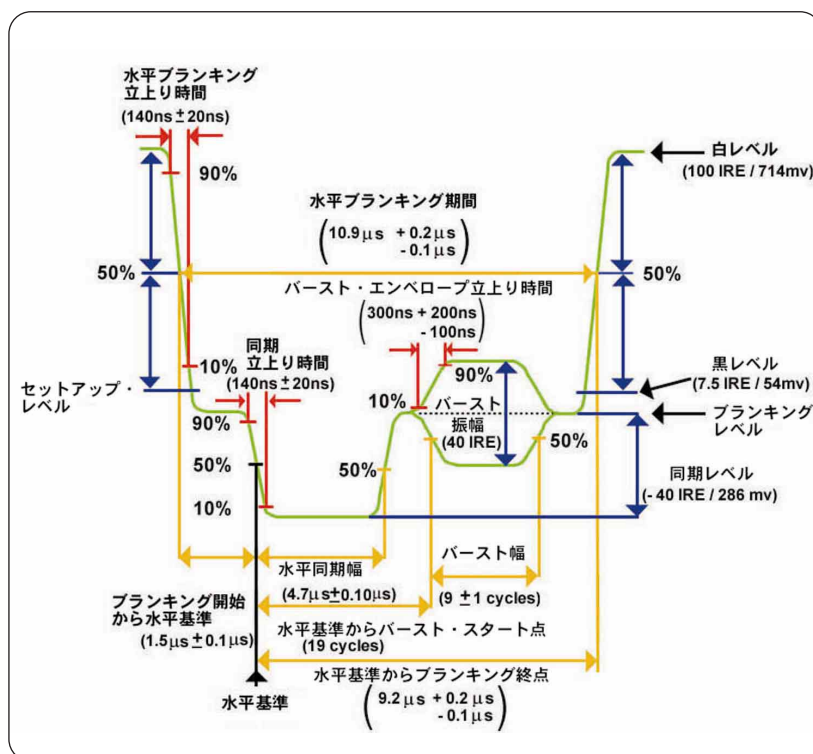
- ▶ 水平同期を規定するライン・タイミング
- ▶ 垂直同期を規定するフィールド・タイミング
- ▶ カラー同期を規定するサブキャリア（位相）



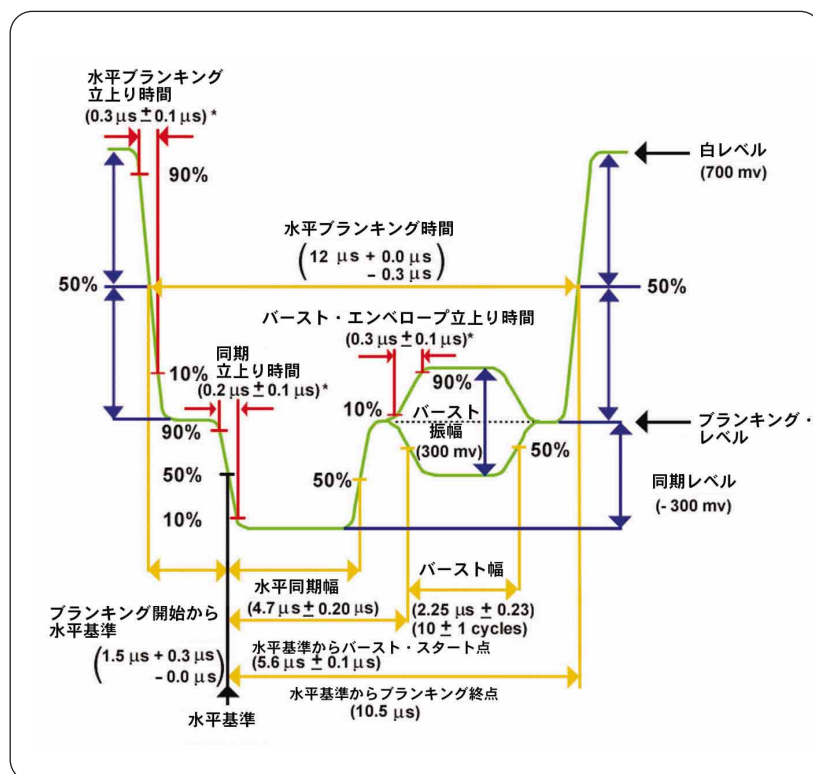
▶ 図3 簡単な積分回路で垂直同期パルスを抽出

水平同期を規定するライン・タイミング

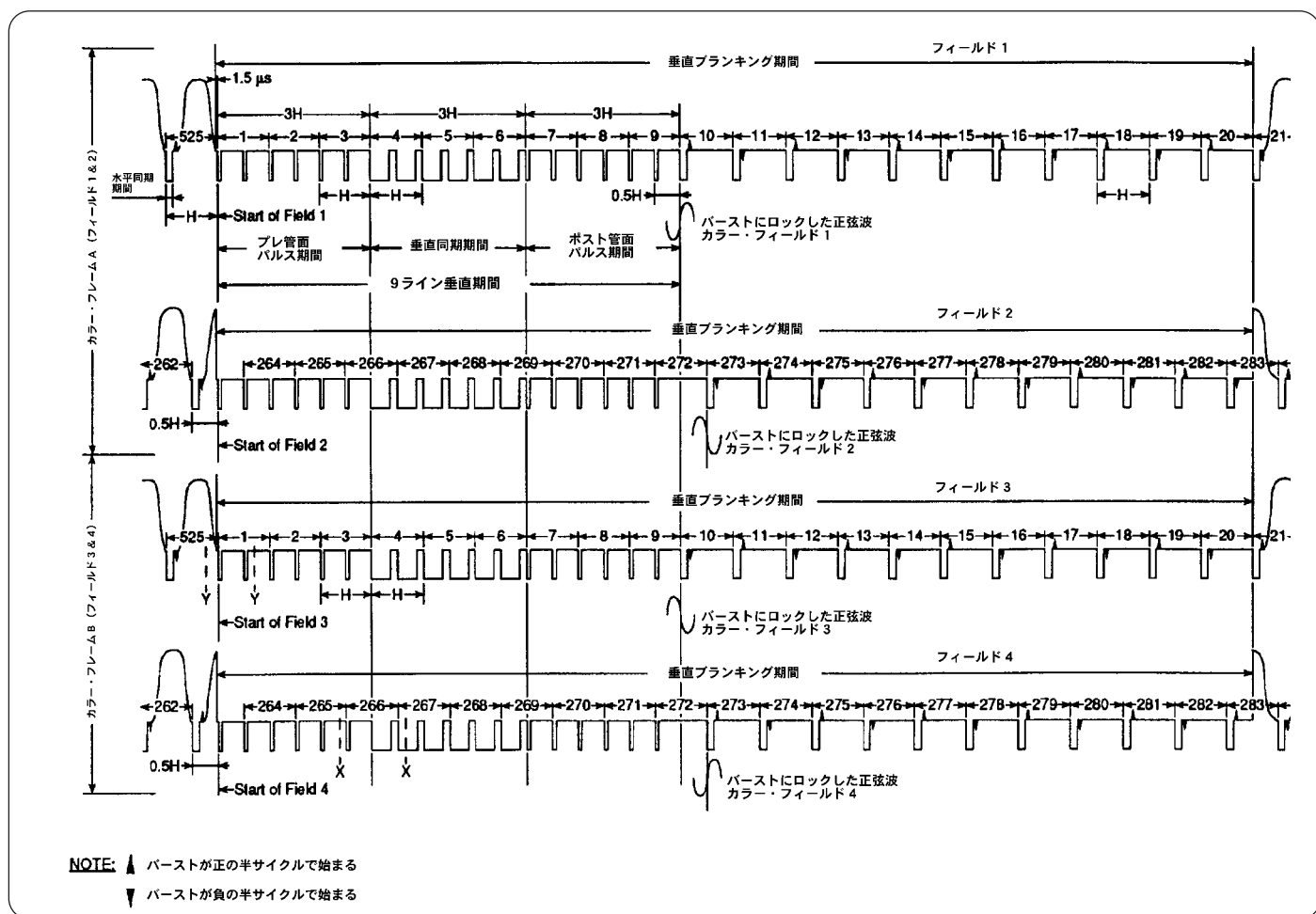
水平ブランキング期間 (horizontal blanking interval) は、水平同期信号、フロント・ポーチ、バック・ポーチで構成されており、ビデオの1ラインごとに現れます。水平フロント・ポーチは、ビデオ信号がゼロボルトに収束する時間を規定しており、これにより、ビデオ信号が同期抽出に影響するのを防いでいます。水平ブランキング期間は十分長いため、電子ビームはディスプレイの左端に戻って (フライバック; Flyback)、次のビデオ信号のスタート前には安定します。このフライバック期間の間、電子ビームのラインがディスプレイに現れないように消されています。図4と図5は、NTSCとPALの水平ブランキング期間の相対的なタイミングを示しています。それぞれの水平ブランキング期間のバック・ポーチには、カラー・バースト信号があります



▶ 図4 NTSCの水平ブランキング期間 (SMPTE170M)



▶ 図5 PALの水平ブランキング期間 (ITU-R BT.470-6)、PAL-Mシステムでは、立上り/立下り時間は、(0.25+0.05)マイクロ秒



▶ 図 6 NTSC 垂直ブラッキング期間

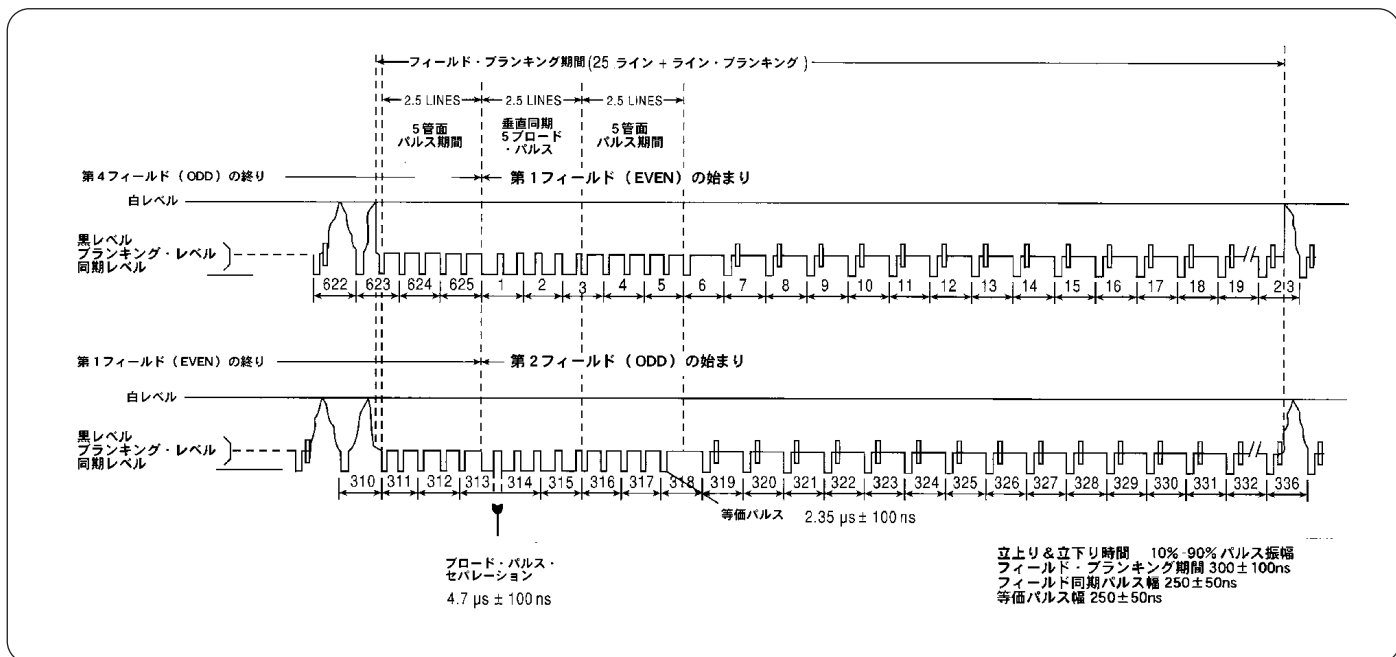
垂直同期を規定するフィールド・タイミング

垂直同期信号は、垂直ブラッキング期間の等価パルスとブロード・パルスから抽出されます。この垂直ブラッキング期間により、インタレース・システムでは、奇数と偶数フィールドを識別することができます。また、ピクチャ・モニタの電子ビームは、この長い垂直ブラッキング期間にスクリーンの上端に戻ります。この垂直ブラッキング期間は、アクティブ映像（領域）の終わりと次の映像の始まりを示しています。

カラー同期を規定するサブキャリア（位相）

映像のカラー情報を検出するために、サブキャリア・バースト信号が水平ブラッキング期間のバック・ポーチに追加されています。また、このバースト信号は、サブキャリア・タイミング調整にも使用されます。伝送、受信された信号が同

期する場合は、それらのサブキャリア・バースト信号の位相に一致することを意味します。カラー・バースト信号周波数は、NTSC では 3.579545MHz、PAL では 4.43361875MHz です。これらの周波数は、色信号と輝度信号の分離を加速させたり、モノクロ TV 信号との干渉を防止するために選定されました。図 6 は、交互に現れるフィールドで、NTSC の 4 フィールド・カラー・シーケンスを示しています。このカラー・サブキャリア（位相）は、NTSC では 4 フィールド後に垂直同期信号と同じ関係に戻ります。PAL の同期信号とサブキャリアの連続性のためには、水平同期とサブキャリア（位相）の関係から元のタイミングに戻るのに 8 フィールドかかります。



▶ 図7 PAL 垂直ブランキング期間

ビデオ信号が新たに加わる、映像が編集されて切り替わる、特殊効果装置に接続されるなどで、突然、他の映像に切り替わる場合、PALとNTSCの間で、垂直同期パターンの位相関係が重要になります。正確なフィールドとカラー・サブキャリア位相を識別する重要なプロセスは、サブキャリアと水平同期信号の位相関係（Subcarrier-to-Horizontal Phase; 通常、SCH位相）と呼ばれています。（SCH位相については、当社アプリケーション・ノート、20W-5613-2（NTSC）と20W-5614-1（PAL）を参照してください。）

アナログ・ビデオのゲンロック・リファレンス

多くの場合、装置のゲンロックにはブラック・バースト（black burst）信号が使用されます。水平、垂直の同期信号の他に、NTSCやPALカラー・サブキャリア（カラー・バースト）信号を含んでいるために、コンポジット信号と呼ばれます。ブラック・バーストという用語は、ビデオ信号のアク

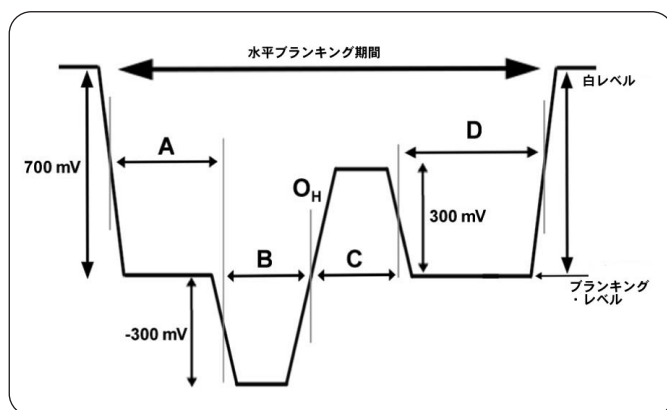
ティブ映像領域が、黒レベル（PALは0mV、NTSC（米国）は7.5IRE、NTSC（日本）は0IRE）から始まることに因んでいます。このブラック・バースト信号は、システム・タイミング調整に使用されます。同期（パルス）信号は、ゲンロックとドライブ信号、また、カラー・バースト信号は、カラー・フレーム参照用に使用されます。

同期信号発生器（SPG）をゲンロックするのに、連続の正弦波（CW）を使用することがあります。CW信号には、正弦波に整形したクロック信号が使用されます。通常は、1Mz、5Mz、10MHzが選択可能ですが、多くの場合、使用する機器に依存します。このような正弦波は、連続するクロックにすぎないため、水平と垂直のタイミング情報がありません。このため、CW信号がSPGからいったん除かれ、次に再接続された場合には、このSPG出力のタイミングは保証されません。

HDTV のアナログ水平同期タイミング

HDTV のアナログ水平同期タイミングに関しては、NTSC や PAL などのバイレベル（2 値；bi-level）同期信号に替わって、HD 独自のトライレベル（3 値；tri-level）同期信号が使用されます。一般的なトライレベル同期信号を図 8 に示します。同期の基準ポイントは、トライレベル同期信号部の半分の高さ、あるいは、立上り部のブランキング・レベルのポイントです。このトライレベル同期信号は、HDTV の帯域幅が増えているために速い立上り時間を示しており、その結果、より正確なタイミング調整が可能になっています。また、このような特徴によりジッタを低減したり、同期分離に効果があります。

表 1 では、HDTV の多様なフォーマットについて、適正なタイミングをリストにしています。



▶ 図 8 HD のトライレベル同期信号

表 1 HDTV 水平ブランキング

フォーマット	A (ピクセル)	B (ピクセル)	C (ピクセル)	D (ピクセル)	デジタル 水平ブランキング 期間 (ピクセル)	デジタル 水平ブランキング 期間 (μs)
1920x1080/60/1:1	44	44	44	148	280	1.886
1920x1080/59.94/1:1	44	44	44	148	280	1.887
1920x1080/50/1:1	484	44	44	148	720	4.848
1920x1080/60/2:1	44	44	44	148	280	3.771
1920x1080/59.94/2:1	44	44	44	148	280	3.775
1920x1080/50/2:1	484	44	44	148	720	9.697
1920x1080/30/1:1	44	44	44	148	280	3.771
1920x1080/29.97/1:1	44	44	44	148	280	3.775
1920x1080/25/1:1	484	44	44	148	720	9.697
1920x1080/24/1:1	594	44	44	148	830	11.178
1920x1080/23.98/1:1	594	44	44	148	830	11.190
1280/720/60/1:1	70	40	40	220	370	4.983
1280/720/59.94/1:1	70	40	40	220	370	4.988
1280/720/50/1:1	400	40	40	220	700	9.428
1280/720/30/1:1	1720	40	40	220	2020	27.205
1280/720/29.97/1:1	1720	40	40	220	2020	27.233
1280/720/25/1:1	2380	40	40	220	2680	36.094
1280/720/24/1:1	2545	40	40	220	2845	38.316
1280/720/23.98/1:1	2545	40	40	220	2845	38.355

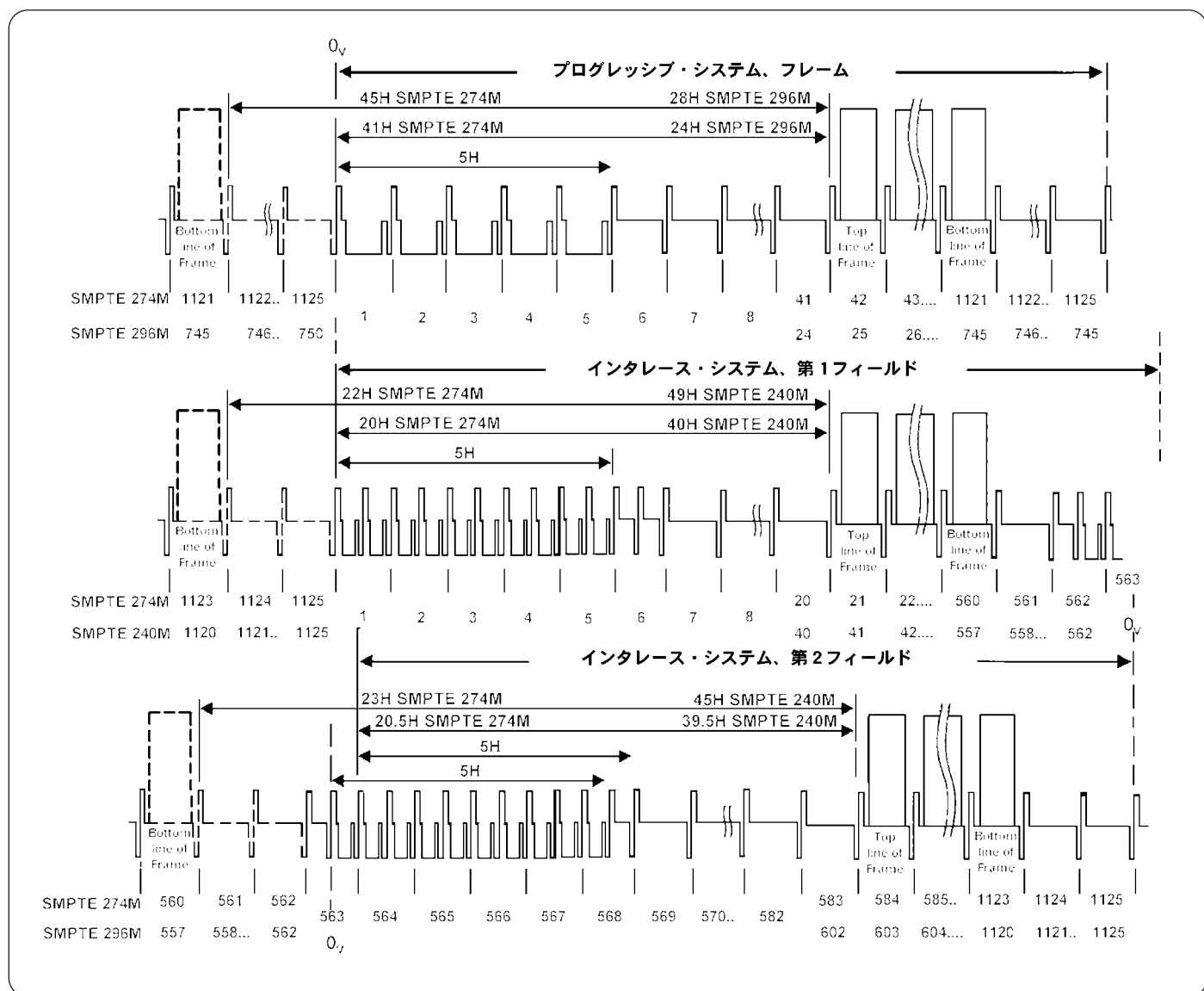
HDTV のアナログ垂直同期タイミング

アナログの垂直ブランキング期間は、HDTV の方が SDTV に比べて簡単になっています（図9参照）。しかし、インタレース方式やプログレッシブ方式などの異なる HDTV フォーマットが存在するため注意が必要です。

デジタル・ビデオとオーディオ信号のタイミング関係

デジタル・ビデオ信号には、アナログのような同期信号はありません。デジタル・システムにおける同期は、スタート・オブ・アクティブ・ビデオ（SAV）とエンド・オブ・アクティブ・ビデオ（EAV）を表す特定のユニーク・ワードを

使用することによって実現しています。それぞれのユニーク・ワードは、3FF のデータ・パケットに続いて 000、000 のスタートを表す値と、さらに XYZ のワード（これには、表2に示すように、フィールド情報（F ビット）、垂直ブランキング情報（V ビット）、および水平ブランキング情報（H ビット）が含まれています）で構成されています。このデータは、デジタル・ビデオ信号のタイミングを同期させるために使用されます。デジタル HDTV においては、輝度信号と色差信号でそれぞれ独立したユニーク・ワードが使用されます。それらはインタリーブされ、3FF(C)、3FF(Y)、000(C)、000(Y)、000(C)、000(Y)、XYZ(C)、XYZ(Y)の一連の構造を形成します。



▶ 図9 アナログ HD 信号の垂直ブランキング期間（SMPTE240M,274M,296M 参照）

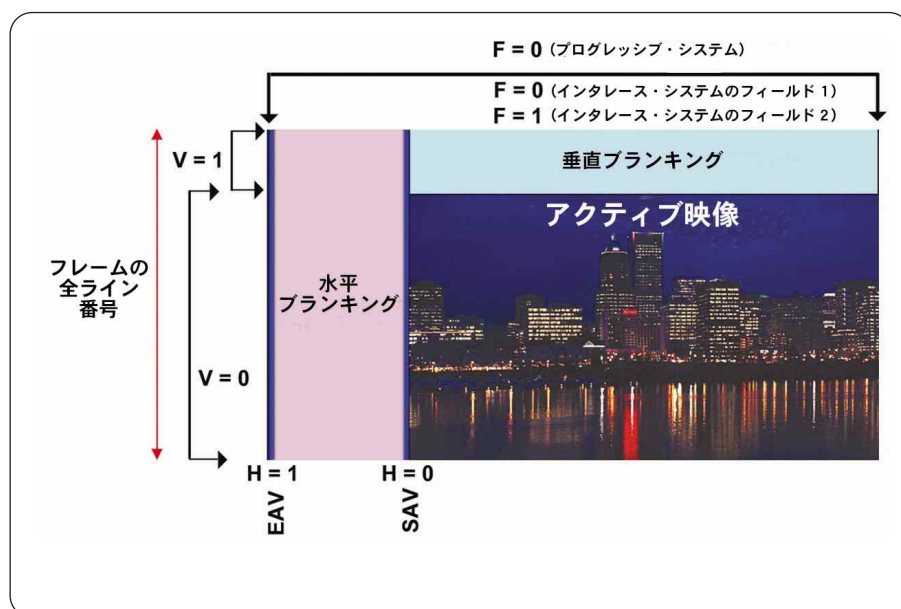
表 2 EAV/SAV の “XYZ” ワードの規定

Bit Number	9 (MSB)	8	7	6	5	4	3	2	1	0 (LSB)
Function	Fixed (1)	F	V	H	P3	P2	P1	P0	Fixed (0)	Fixed (0)

- ▶ Bit9: (固定ビット) — 1 に固定
- ▶ Bit8: (F ビット) — プログレス・スキャンでは常に 1 ; インタレース・スキャンでは、0 がフィールド 1、1 がフィールド 2 を示す
- ▶ Bit7: (V ビット) — 垂直ブランキング期間は 1 ; アクティブ映像ライン期間は 0
- ▶ Bit6: (H ビット) — EAV シーケンスは 1 ; SAV シーケンスは 0
- ▶ Bit5, 4, 3, 2 : (プロテクション・ビット) — F,V,H ビット中のデータを限定してエラー訂正
- ▶ Bit1,0 : (固定ビット) — 10 または 8 ビット・システムで同じ値にするために 0 に設定する

図 10 は、ビデオ信号の中で、どのように F ビット、V ビット、H ビットが使用されるかを示しています。垂直ラインのカウンタは、ビデオ信号のフィールド 1 のライン 1 からスタートします。

デジタル・システムにおいては、同様にオーディオ装置も設備に含まれています。多くの業務用のデジタル・オーディオ・システムは、AES/EBU 規格に準拠しており、48kHz のサンプル・レートが使用されています。装置間のデータ送受の不整合により、オーディオにクリック音を引き起こす恐れがあるクロック・レートの変動を除去するためには、デジタル・オーディオ機器が同期していることを確認することが重要です。そのため、デジタル・オーディオ・リファレンス信号が、すべてのデジタル・オーディオ機器に供給される必要があります。このリファレンス信号は、通常、AES/EBU 準拠の信号ですが、48kHz のワード・クロックが使用されることがあります。



▶ 図 10 V、F、H ビットが示すデジタル映像フレーム

▶ タイミングと同期のソリューション

アナログとデジタルが混在する環境下での TG700 型
の設定方法

当社 TG700 型 TV ゼネレータ・プラットフォームは、豊富なモジュールを組み合わせることにより、テスト信号と同期信号を同時出力するように設定できるため、運用環境の要求に基づいて、フォーマットが混在する機器をテストしたり、同期調整することができます。TG700 型は、最大 4 つのモジュールが同時に内蔵できます。

TG700 型は、アナログ・アプリケーション用に 3 種類のモジュールが用意されています。AGL7 型アナログ・ゲンロック・モジュールは、3 つの出力（NTSC/PAL、ブラック・バースト、トライレベル同期信号）から選択できます。外部のゲンロック・リファレンスとしては、NTSC/PAL/トライレベル同期信号が選択できます。また、CW 信号にもロックさせることができます。ATG7 型アナログ・テスト信号発生モジュールは、NTSC と PAL の信号を、4 つの独立したチャンネルに出力することができ、アナログ・テスト信号と ID テキスト付カラー・バー、また 2 つのブラック信号が同時に出力できます。すべての出力は、フルカラー・フレームにおよぶ、独立したタイミング調整機能を持っています。また、このブラック出力は、タイミング・パルス、サブキャリアを含むブラック・バースト信号です。BG7 型モジュールは、多くのブラック信号が必要な場合に、独立したタイミング調整機能を備えた、4 つのブラック・バースト信号、あるいはトライレベル同期信号を出力することができます。

他の 2 つのモジュール、AG7 型と DVG7 型は、共に SDTV 用デジタル・ビデオ出力とオーディオ出力機能を備えています。AG7 型は、AES/EBU サイレンスと 48kHz のワード・クロックを備えた、4 対の AES/EBU デジタル・オーディオ信号を出力することができます。AG7 型は、外部のビデオ・リファレンスに同期させたり、インターナルで動作させることができます。また、AES/EBU サイレンス出力は、他のデジタル・オーディオ機器のリファレンスとして供給することができます。DVG7 型は、デジタル・ビデオ機器にテスト信号を出力することができます。オプション BK 型を付けることにより、特定のデジタル機器に SDI ブラック信号を供給します。

HD 仕様のビデオ・システムには、トライレベル同期信号や HD-SDI 同期信号が必要です。BG7 型モジュールは、HDTV フォーマットに合わせて、その出力をトライレベル同期信号に設定することができます。また、AGL7 型は、3 番目の出力(Black3)にトライレベル同期信号を設定することができます。HDVG7 型モジュールは、HDTV 機器にテスト信号を

出力することができます。オプション BK 型は、特定のデジタル機器に HD-SDI ブラック信号を供給することができます。

複数のフレーム・リセットの使用方法

TG700 型は、自動的にフレーム・リセット選択が行えるため、同時に複数の信号フォーマットやフレーム・レートを同期して発生させることができます。TG700 型は、入力したビデオ信号の組み合わせにより、最適なフレーム・リセットを選択して、自動的に複数の周波数に切り替えるため、多様な信号フォーマットが選択された場合でも、最適なフレーム・ロックが実現できます。例えば、フレーム・リセット周波数は、NTSC と 1080i/59.94、1080/23.98sF が組み合わさった場合、2997Hz にセットされます。

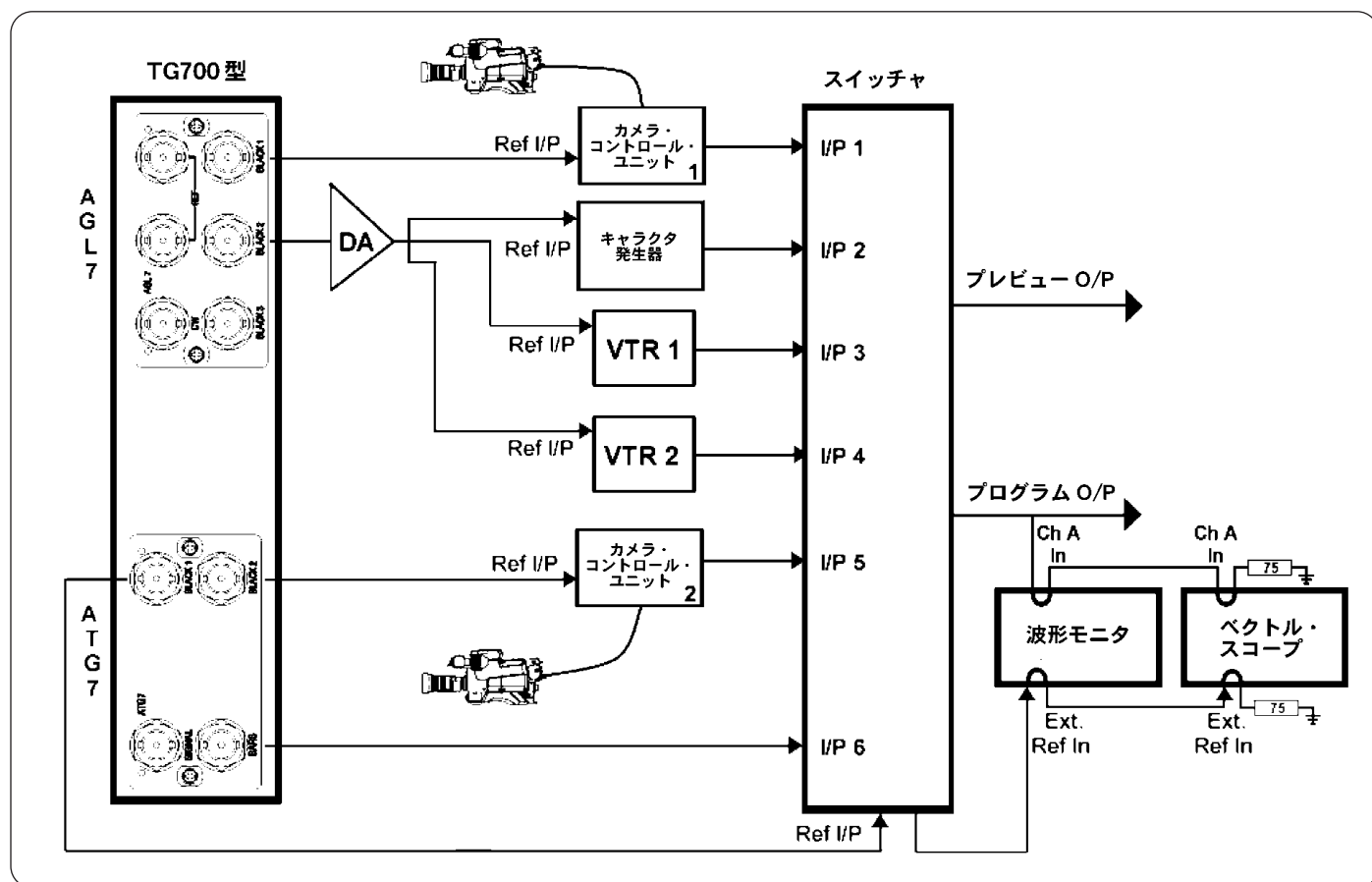
TG700 型には次の 3 つのフレーム・リセット機能があります。

- ▶ フレーム・リセット①：1 / 1.001 システム信号を独立してサポートしています。これは、NTSC と 74.25/1.001MHz クロックを使用する HDTV フォーマットに適応しています。
- ▶ フレーム・リセット②：整数で表示される信号システムと PAL ならびに 74.25MHz の HDTV フォーマットをサポートしています。
- ▶ フレーム・リセット③：フレーム・リセット②が他のシステムに使用されている場合に、1080/24p または /24sF をサポートします。

表 3 は、このフレーム・リセットがゼネレータ内部でどのように信号出力フォーマットに関わっているかを示しています。フレーム・リセット①は、1/1.001 の端数になるフィールド・レートに使用されます。フレーム・リセット②は、端数のないフィールド・レートに使用されます。フレーム・リセット③は、フレーム・リセット②が他の 50Hz システムに使用されているときに、24 p のサポートに使用されます。

表 3 HD スタンダードのフレーム・リセット・テーブル

HD フォーマット	アナログ	デジタル
フレーム・リセット 1	1080i/59.94, 720p/59.94	1035i/59.94, 1080i/59.94
	1080p/29.97, 23.98, 1080/23.98sF	1080p/23.98, 29.97, 1080sF/23.98, 720p/59.94
フレーム・リセット 2	1080i/60, 50, 1080p/30, 25, 24, 1080/24sF, 720/60	1035i/60, 1080i/50, 60, 1080p/24, 25, 30, 1080sF/24, 720p/60
フレーム・リセット 3	If Frame Reset 2 used for PAL and 24p is selected. 24p is assigned to Frame Reset 3.	



▶ 図 11 基本的なアナログ・ビデオ・システム

アナログ・システム・タイミングの測定と調整方法

複数のビデオ信号が接続される場合、それらの信号は互いにタイミングを合わせなければなりません。タイミングが合わないと映像が流れたり、ジャンプしたり、傷ついたり、あるいは不正確な色が発生します。TG700 型のような SPG からの正確なリファレンス信号が、適切に各装置に供給されてゲンロックされると、機器の出力はリファレンス信号のタイミングに一致することになります。

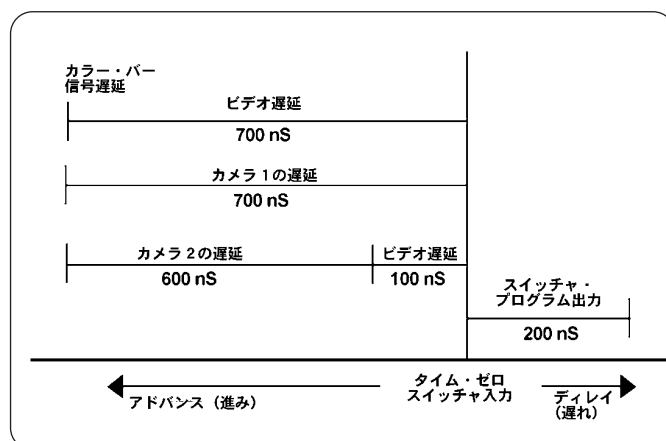
厳密にビデオ・システムを設計する場合は、設備のすべての信号間でタイミングの一致を保証する必要があります。ビデオ設備のシステム・タイミングを設計する場合、装置の処理に要する遅延時間と、装置間を接続するために必要なケーブル長によるプロパゲーション遅延時間を考慮しなければなりません。一般的に、30cm のケーブルを通過した場合のプロパゲーション遅延時間は、およそ 1.5ns（同様に、1 m 同軸ケーブルでは約 5ns）で、これは使用するケーブル・タイプに依存しており、特に長いケーブルを使用する場合は重要な要素です。

図 11 は、一般的なアナログ・ビデオの基本システムを示しています。まず、ケーブル長や装置の処理に要する遅延時間を検証し、それを補正するために必要なタイミング調整時間を知ることが重要です。この図に示すケースでは、ビデオ・テープ・レコーダ（VTR）は、タイムベース・コレクタ（TBC）を使用することで出力のタイミング調整が行えます。ここでは、キャラクタ発生器は、ソフト的に出力タイミングが調整できますが、カメラ・コントロール・ユニット（CCU）をシステム・タイミング調整するには、外部から遅延時間を調整する必要があります。

図 12 は、このシステムを通じて計算された遅延時間を示しています。最初のステップでは、システムの最も長い遅延時間を検証するために、装置個々のタイミングを記録します。この目的は、すべての信号を、このスイッチャに同じ時間に到着させることです。ここで**タイム・ゼロ** (Time Zero) を定義し、それぞれの遅延時間を調整します。この例では、結合された処理時間の遅延とケーブルによる遅延は、カメラ 1 の信号パスが最も大きいため、これを他の信号のタイミング基準として使用します。スイッチャ入力で遅延時間を合わせてタイミングを一致させるためには、それぞれの信号パスを適当に遅延させる必要があります。

このような遅延は、TG700 型のブラック出力をそれぞれタイミング調整することで、挿入することができます。この例では、独立したブラック出力をカメラ・コントロール・ユニットに供給し、遅延時間を適切に調整しています。キャラクター発生器と VTR は、それぞれタイミング調整機能を内蔵しているため、**分配増幅器** (Distribution Amplifier; DA) を使用して、TG700 型のリファレンス信号を供給しています。このようなシステムで DA を使用する場合、わずかな処理時間の遅延が発生することに注意する必要があります。装置が近接している場合は、そのリファレンス信号をループスルーさせることができます。個々の装置が内蔵しているタイミング調整機能を使用して、スイッチャの入力で同一のタイミングになるように調整します。スイッチャに供給するカラー・バー信号の入力タイミングは、TG700 型で調整することができます。

アナログ・システムのタイミング調整は、図 11 に示すように、スイッチャ出力に波形モニタとベクトルスコープを接続して行います。波形モニタとベクトルスコープは、共に外部リファレンスを選択することで、ブラックバースト・リファレンスに一致したタイミング表示が可能になります。ここで、標準的なアナログ信号は、50 %レベル間で測定することになります。そうでなければ、測定にエラーが発生する恐れがあります。次に、ブラックバースト・リファレンス信号がスイッチャ出力に出るようにスイッチャを操作します。これが、



▶ 図 12 スタジオ内のシステム・タイミング例

スイッチャ入力に供給される信号と比較するための、タイムゼロのリファレンス信号になります。

まず入力信号間の垂直同期タイミングを検証することからスタートします。波形モニタの A 入力を選択し、1 フィールド掃引モードを水平拡大して、垂直ブランキング期間が見えるように設定します。波形のフィールド 1 のライン 1 番目を波形表示スケールの大きなマークにあわせて表示させます。スイッチャに入力されるすべての信号は、タイムゼロのブラック・リファレンス信号と比較され、適正になるように垂直方向に調整します。

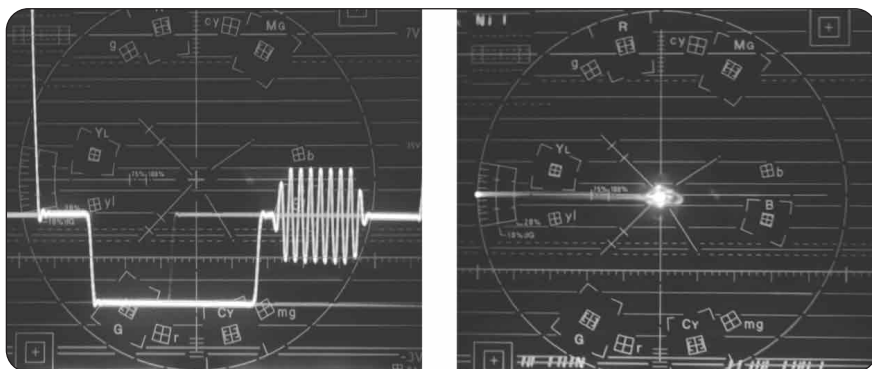
次のステップでは、信号の水平同期タイミングを調整します。ブラック信号をスイッチャ出力に設定し、波形表示の 1 ライン掃引モードを拡大して、水平同期パルスを表示させます。同期信号の立上り 50 %ポイントを大きなマークに合わせて表示させます。

カラー・サブキャリアの位相は、ベクトルスコープを使用して同様な手順で調整します。

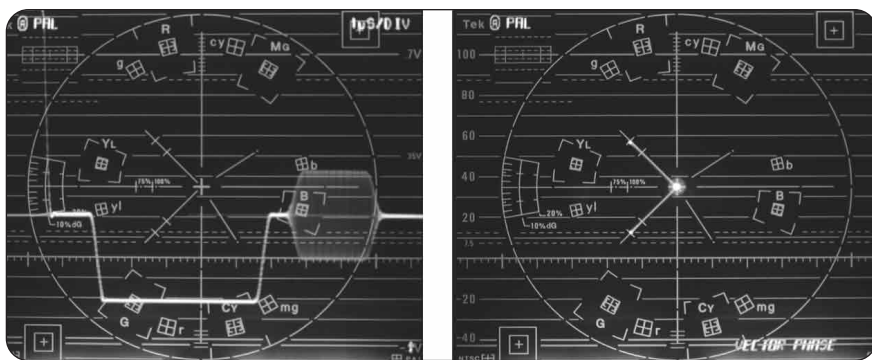
NTSC の場合、カラー・バースト信号を 9 時の位置に合わせて、図 13 に示すようにバースト振幅がコンパス・ローズの外周に合うまで拡大表示します。ここでは、まずブラック・リファレンスで適正に設定した後、スイッチャーに入力するすべての信号を調整します。PAL システムにおいても同様の手順が使用できますが、バーストの位相は図 14 に示すように、 $+135^\circ$ と $+225^\circ$ にラインごとに切り替わっています。この PAL のバースト信号は、拡大すると図 15 に示すように、コンパス・ローズの外周に 135° の角度で表示されます。このような V 軸の表示切り替えはベクトルスコープで選択できて、図 16 に示すように表示を簡素化することもできます。

このように、同期信号やバースト信号は、タイムゼロのリファレンス・タイミングと比較することができます。また、スイッチャーに入力される信号を選択すると、波形モニターとベクトルスコープの適正な位置に調整されていることが確認できます。ベクトルスコープに SCH 位相の測定機能があれば、リファレンス信号とスイッチャー入力信号間の位相差が測定できます。これは編集プロセスで特に重要で、信号が切り替わった場合、映像に水平シフトが発生する問題を防ぐことができます。これらの作業が終了すると、ビデオ・ソースのスムーズな切り替えが可能になり、映像が流れたり、水平ジャンプやカラー・フラッシュなどが発生しなくなり、きれいな編集が可能になります。

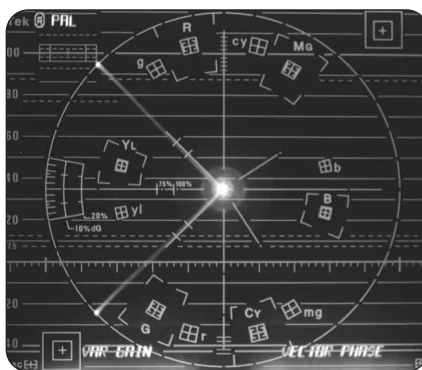
編集サイトやスタジオなどでは、コンポジット信号劣化を避けたり、信号品質を改善するために、コンポーネント・アナログ・ビデオ (CAV) が使用されます。この信号のタイミング・プロセスにおいては、水平と垂直は必要ですが、カラー・サブキャリヤの位相調整は必要無いことから、より簡単な手順になります。しかし、この CAV システムは、信号パスごとに 3 つのビデオ信号 (Y,Pb,Pr)、あるいは R,G,B について、適切なチャンネル間のタイミング調整が必要になります。



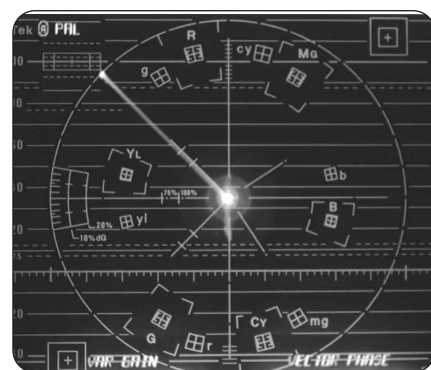
▶ 図 13 2H を拡大した NTSC 波形表示 (左側)、利得可変のベクトル表示 (右側)



▶ 図 14 2H を拡大して PAL 波形表示 (左側)、PAL ベクトル表示 (右側)



▶ 図 15 PAL ベクトルの拡大表示



▶ 図 16 PAL ベクトルの V 軸拡大表示

コンポーネント方式のシリアル・デジタル・インタフェース (SDI) は、同軸ケーブル 1 本でビデオ信号を伝送できるだけでなく、ビデオ品質を高く維持できる方法として知られています。しかし、マルチフォーマットが混在するシステムでは、タイミング調整のために、新しい課題とテクニックが必要になります。

デジタル・システムのタイミング計測&調整方法

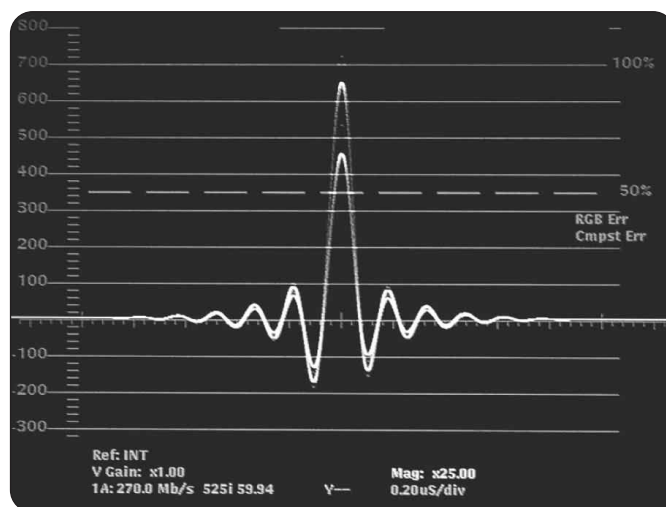
デジタル機器は、アナログ機器には無い様々な利点があります。その 1 つとして、タイミング調整が多少ラフに扱うことができます。通常、デジタル・スイッチャは、その入力の一部に自動タイミング調整機能を持っているため、装置によって異なりますが、遅延が 30 ~ 150ns の規定された範囲内であれば、タイミング・エラー補正が可能です。しかし、デジタル装置によっては、その処理時間による遅れが大きいため、垂直タイミング確認が必要になる点が注意事項として挙げられます。デジタル装置の中には、SDI ブラック信号をリファレンスとして使用しているものがありますが、今でもアナログ・ブラック・バースト信号が主力になっています。

2 つのデジタル信号のタイミング計測は、当社 WFM1125 型、WFM601 シリーズ、WFM700 シリーズのようなデジタル波形モニタを使用すれば、簡単な手順で測定できます。SDI 信号をチャンネル A とチャンネル B に接続し、波形モニタはブラック・バースト信号、あるいはトライレベル同期信号 (適切であれば) の外部リファレンスを参照します。ここで、すべての信号は適切に終端されていることが必要です。

波形モニタのコンフィグレーション・メニューで、「パス EAV&SAV」モードを選択すると、3FF、000、000、XYZ の値は、図 17 に示すような波形が表示されます。3FF から 000、000 から XYZ に変移するポイントで表示上にリンギングが発生しますが、これは、適正な SD と HD のフィルタを経由しているためです。この SAV と EAV パルスは、波形表示画面の大きな目盛位置に調整して、タイミング・リファレンスとして使用すると、他の SDI 信号と比較する場合に便利です。他の信号に切り替えたとき、これらの信号が同じ目盛位置に表示されることを確認します。

デジタル映像領域には、垂直同期パルスはありません。一般的なビデオ・システムは、F ビット、V ビット、H ビットの値に基づいて、映像位置を算出しています。したがって、垂直タイミングを計測するには、基準ポイントが規定される必要があります。簡単な方法として、アクティブ映像の最初のラインをリファレンスとして使用することができます。垂直ブラッキング期間のラインは、通常空白になっているからです。

垂直タイミングを計測するには、2 ライン掃引モードとライン選択を設定して、垂直期間の最後のラインとアクティブ映像の最初のラインを表示するように、フィールド 1 とライ



▶ 図 17 スタジオ内のシステム・タイミング例

ンを選択します。この設定は、1080 インタレース HDTV では 20 ライン、1080 プログレッシブ方式では 41 ライン、720 プログレッシブでは 25 ライン、525 インタレースでは 19 ライン、625 インタレースでは 22 ラインが適当です。必要に応じて、表示が適正になるまで信号源の垂直タイミングを調整します。

次に、チャンネル B を選択し、垂直期間の最後のラインとアクティブ映像の最初のラインが表示されていることを確認します。ここでは、必要に応じて垂直期間の位置をアクティブ映像の最初のラインになるように垂直タイミングを調整します。最後に、チャンネル A に戻して、拡大機能を ON にします。SAV パルスの振幅に注目します。両方のパルスの振幅が同一であれば、同じフィールドにあることを示します。同一でない場合、2 つの信号は異なるフィールドになっていますので、信号源を同じスタート・ポイントになるようにタイミング調整しなければなりません。

水平タイミングを計測するには、チャンネル A を選択して波形モニタを 1 ライン掃引に設定します。水平位置調整ノブで、SAV パルスを目盛マークに合わせるか、またはカーソル・モードを使用して SAV パルスにカーソルをセットします。チャンネルを切り替え、チャンネル B の信号とタイミングを比較します。そして、チャンネル A のタイミング位置に合うように微調整します。

デジタル・オーディオの同期方法

当社 TG700 型のオーディオ発生モジュール AG7 型は、テスト・トーン、あるいはサイレンスを発生できる 4 つの AES/EBU 出力を備えています。同様にサイレンスとワード・クロックを発生させることができます。AG7 型は、オーディオとビデオ機器を同期させるために、ビデオ・リファレンスに同期させることができます。

625/50 ライン・システムでは、25Hz ビデオ・フレームと、フレーム中の 1920 サンプルの 48kHz オーディオ間には、直接の相関があります。つまり、ビデオ・フレーム当たり 10 のオーディオ・インターフェース・フレームを正確に形成する AES/EBU デジタル・オーディオは、192 フレームになります。NTSC の場合は、フレーム・レートが 29.97Hz (30/1.001) であるため、フレーム当たりのサンプル数が整数になりません。したがって、5 つの NTSC フレームでオーディオ・サンプルは整数 (8008) になります。

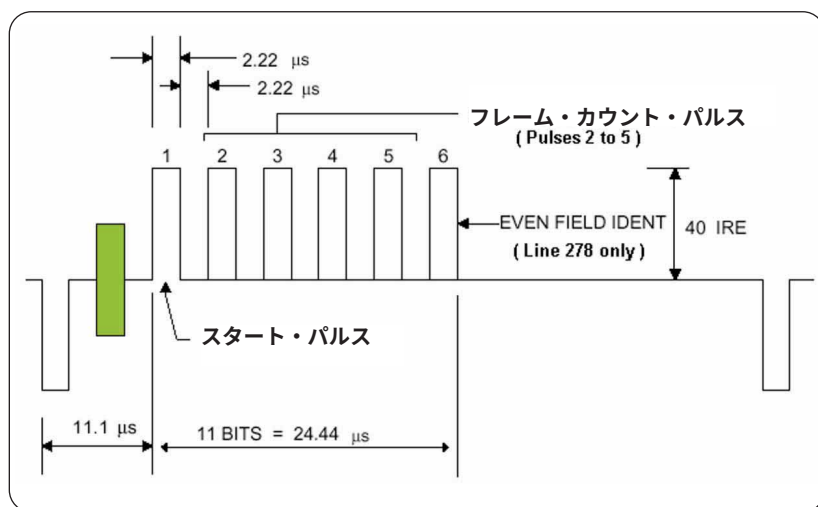
SMPTE318M で規定されているように、オプションの 10 フィールド ID 付シーケンスが、デジタル・オーディオと 59.94Hz のフィールド周波数の NTSC ブラックバースト・リファレンスを同期させることができます。このシーケンスは、また、マルチフォーマット環境において、23.976Hz(24/1.001)で運用される機器に同期させる場合にも使用できます。例えば、23.976Hz フレーム・レートの 1080 プログレッシブ・システムは、ダイレクトにフィルム・フレームをデジタル・ファイルに変換する方法として利用されています。

この 10 フィールド・タイミング・リファレンス信号は、図 18 に示すように、NTSC525/59.94Hz 信号のライン 15 とライン 278 に挿入されています。表 4 に規定されているように、最初のパルス (1) が、常に ID シーケンスの最初に付いています。パルス 2 から 6 は、10 フィールド・シーケンス・カウントを示しています。さらに、エンド・パルス (6) は、ライン 15 は 0 で、ライン 278 は 1 になっています。TG700 型は、AGL7 型アナログ・ゲンロック・モジュールを SMPTE318 にゲンロックさせることができ、さらにカラーバー (CB) オプション付の BG7 型ブラック・バースト信号出力で SMPTE318M リファレンス出力が可能になっています。

フォーマットが混在するハイブリッド設備のタイミング調整

分離されたアナログとデジタル・システムのタイミング調整に必要とされてきた基本的な考えは、マルチフォーマットの設備にも同様に使用できます。

プログラムの品質を保証するには、複数のフォーマット変換を、最小限にする必要があります。一般的に、フォーマット・アイランドが形成されることにより、別のエリアで編集



▶ 図 18 SMPTE318M のタイミング・リファレンス信号

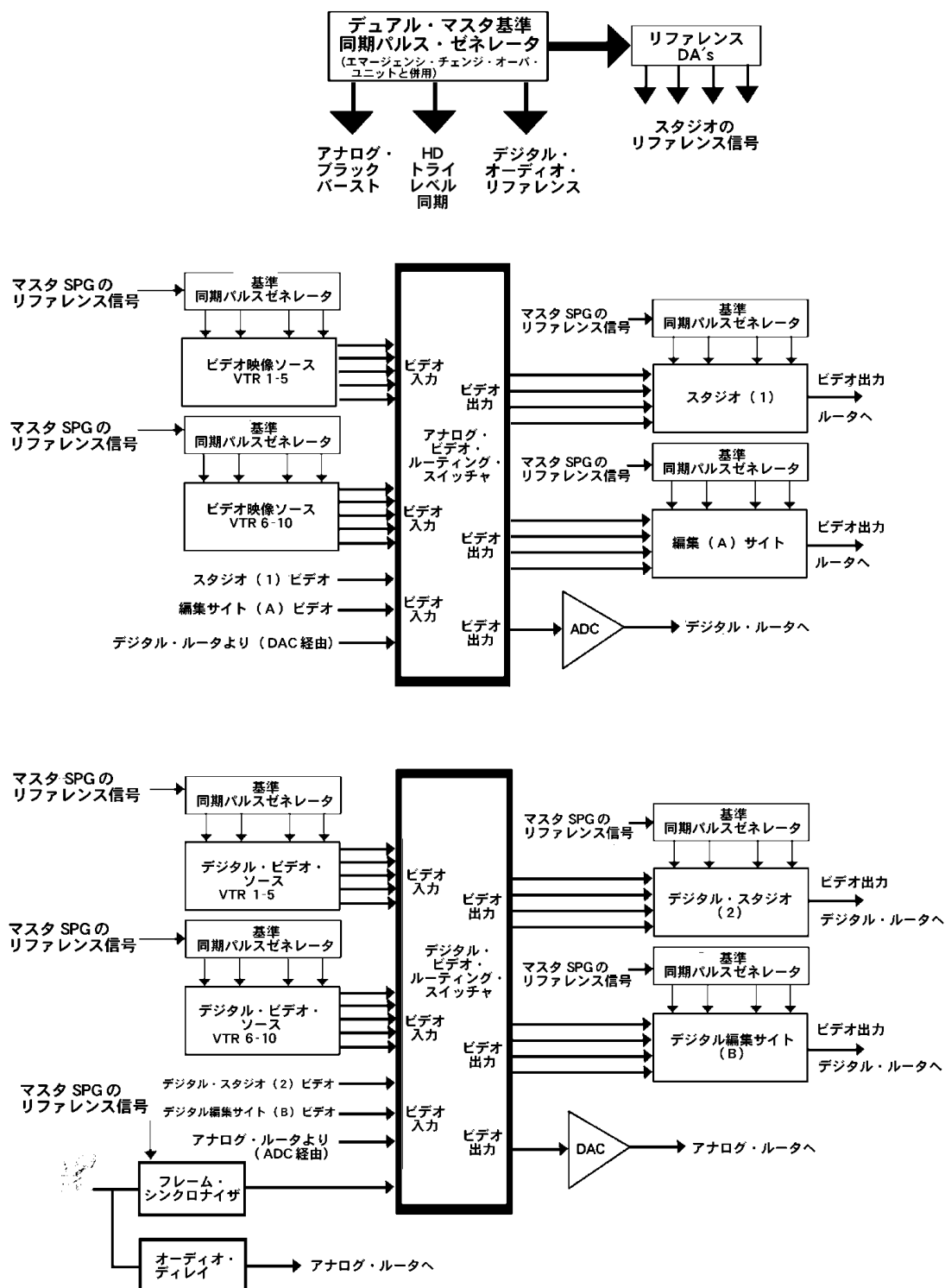
表 4 SMPTE318M の 10 フィールド・タイミング・シーケンス

10 フィールド・ シーケンス	パルス位置						ライン位置	
	1	2	3	4	5	6		
0	1	0	0	0	0	0	Line 15	Field 1
1	1	0	0	0	0	1	Line 278	Field 2
2	1	1	0	0	0	0	Line 15	Field 1
3	1	1	0	0	0	1	Line 278	Field 2
4	1	1	1	0	0	0	Line 15	Field 1
5	1	1	1	0	0	1	Line 278	Field 2
6	1	1	1	1	0	0	Line 15	Field 1
7	1	1	1	1	0	1	Line 278	Field 2
8	1	1	1	1	1	0	Line 15	Field 1
9	1	1	1	1	1	1	Line 278	Field 2

されても、同一フォーマット下では、信号品質を維持することができます。ハイブリッド設備において、フォーマット・アイランド間のタイミングや同期調整をするには、きわめて柔軟に対応できる機器が求められます。

図 19 は、一般的なマルチフォーマット混成システムの基本的な機器を、例を挙げて説明しています。

2 重のマスタ・シンク・リファレンス (SPG) システムは、設備全体の正確なタイム・リファレンスを供給するために、チェンジ・オーバ・ユニットに接続して使用されます。



▶ 図 19 マルチフォーマット混在システムの例

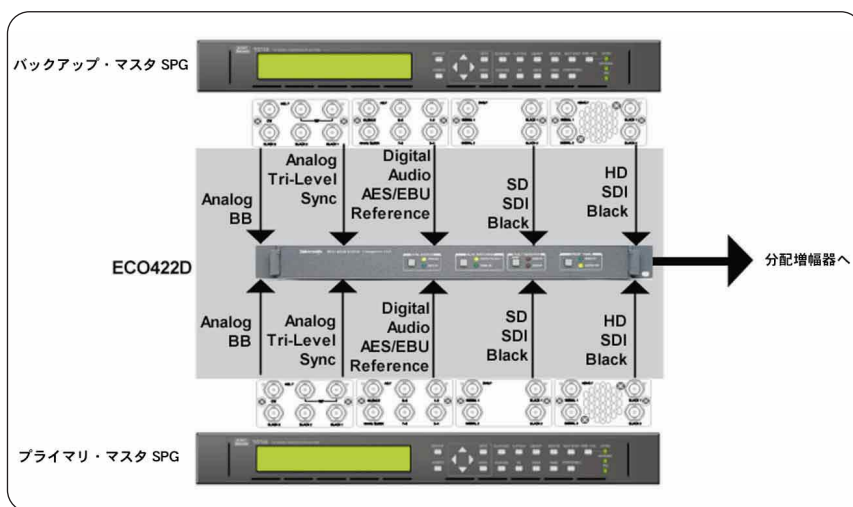
適正なアナログ、あるいはデジタル用の分配増幅器は、SPG の基準信号をシステム中に配給します。デジタル用の分配増幅器には、2つのタイプがあります。

- ▶ ファンアウト・タイプ：ループスルー入力と複数のノン・リクロック出力を備えている。
- ▶ イコライジング&リクロック・タイプ：長い同軸ケーブル（200m 程度）を通過したデジタル信号の等価とクロック・リカバリのための回路が追加されている。その出力信号は、完全に新しいデジタル信号としてリクロックされ、複数出力を備えている。

マスタ SPG のリファレンス出力は、スタジオや編集サイトのような特定の設備に分配され、そこではスレーブ SPG にゲンロックされます。スレーブ SPG はリファレンス信号を発生し、上述したように、それぞれのエリアでタイム・リファレンスとして使用されます。システムの多くは、まだアナログ・ブラック・バーストをリファレンスに使用していますが、図 19 に示すように、最新のデジタル装置は、デジタル・リファレンスを使用しています。デジタル・ブラック・リファレンス信号は、このようなアプリケーションに使用されています。

信号をアナログからデジタル、あるいはデジタルからアナログに変換する必要がある場合、アナログ・デジタル・コンバータ（ADC）または、デジタル・アナログ・コンバータ（DAC）は、信号をデジタル、あるいはアナログ・ルータに供給し、それらを同一のフォーマット・アイランドに分配します。

いくつかのケースでは、フレーム・シンクロナイザが、衛星素材のような外部ソースを同期させるために使用されます。このようなシステムでは、外部からの映像ソースのタイミング調整のために、リファレンス信号が使用されます。しかし、このような装置を使用すると、ビデオ信号伝送路に数フィールドの処理時間による遅れが発生します。このようなビデオ信号に比べて、音声の処理は簡単のため、映像ほどの大きな遅れは発生しません。そこで、映像遅延時間を補正するために、音声を遅延させます。また、この音声遅延は、リップ・シンク問題を解決するためだけでなく、その他のデジタル・システムでも、大きな映像処理遅れを補償するのに必要です。



▶ 図 20 エマージェンシ・チェンジ・オーバ・ユニットと 2 台の SPG

確実な同期システム構築

ビデオ・システム全体のタイミングを同期させることは、そのシステム性能を保証するための重要なオペレーションです。完全に同期したシステムを設計すれば、完璧なフォールト・トレランス（誤り耐性）を持つと共に、フレキシビリティに富む、強固なシステムが実現します。当社 ECO422D 型のような、エマージェンシ・チェンジ・オーバ（ECO）ユニットを使用すれば、アクティブ映像信号のエラー検出に基づいて自動的に同期信号ソースを切り替えるため、システムのサービスが損なわれることはありません。TG700 型は、もう 1 台の TG700 型と組み合わせることで、タイミング・システムを構成する機器の 1 つが故障した場合のバックアップが可能になります（図 20 参照）。ECO422D 型は、マスタ側の入力で同期信号のロスを検出すると、自動的にバックアップ側のスレーブ入力に切り替えることができます。ECO422D 型は、ユーザ設定可能な 11 チャンネルを備え、下記のフォーマットをサポートします。

- ・アナログ・ブラック・バースト（PAL または NTSC）
- ・HD トライレベル・シンク
- ・AES/EBU デジタル・オーディオ
- ・SD-SDI
- ・HD-SDI

システム全体のタイミング調整が完了した場合、マスタ SPG とスレーブ SPG の設定情報を保存しておくことが大切です。TG700 型は、このようなプロセスを支援するためのソフトウェアを備えています。

TGDuplicate ソフトは、1 台の TG700 型のファームウェアとソフトウェアの設定情報を、別の TG700 型に丸ごとコピーできるため、スレーブ SPG をマスタ SPG と完全 2 重化することが可能です。TGBackup ソフトは、TG700 型の設定情報を外部の PC にバックアップするために使用します。また、TGRestore ソフトを使用すれば、このバックアップ情報を他の TG700 型に再ロードすることができます。

また、信号損失問題を低減するためには、システムに無停電のパワー・サプライ (UPS) を組込む必要があります。UPS は、電圧サージやパワー・ロスによる、SPG 出力の設定情報の混乱やタイミング設定の不具合を防止できます。

おわりに

リファレンス信号としてブラック・バースト信号を使用する TV のタイミング調整は、アナログ・ビデオ・システムの重要なパートになっています。デジタル化や HDTV 化が進むにつれ、多様なアナログとデジタル・フォーマットのタイミング調整を同時に行う必要が出現しています。ビデオ制作関連機器の中には、HD トライレベル同期や (SD/HD) SDI ブラックのような、従来とは異なるリファレンス信号が必要なものがあります。さらに、アナログ・システムでは、タイミング調整が不要だったオーディオ変換プロセスで、デジタル機器と同期させるために、デジタル・オーディオ・リファレンスが必要になります。当社のアナログとデジタル計測器ファミリーを使用すれば、多様なビデオ・フォーマットや運用上の様々な問題に対処することができます。



- ▶ **TG700 型**
TV ゼネレータ・プラットフォーム
- ・マルチフォーマットのアナログとデジタルのテスト信号を発生
- ・拡張性に富むモジュール構造
- ・豊富なモジュールにより任意構成が可能



- ▶ **WFM700 シリーズ**
マルチ波形モニタ
- ・1 台で HD&SD-SDI に対応
- ・モジュールによる拡張性
- ・HD&SD のアイパターン表示とジッタ計測機能



- ▶ **1700 ファミリー**
波形モニタ & ベクトルスコープ
- ・NTSC、PAL に対応
- ・あらゆる場面で活躍する豊富なラインナップ
- ・最大 8ch または 2ch 入力に対応可能



- ▶ **WFM601 シリーズ**
SD-SDI 波形モニタ
- ・2 チャンネル入力
- ・SD アイパターン表示 & ジッタ計測機能
- ・広いアプリケーションに対応できる 3 つの製品ラインナップ

Tektronix

Enabling Innovation

日本テクトロニクス株式会社

東京都品川区北品川5-9-31 〒141-0001

●製品についてのご質問・ご相談は、お客様コールセンターまでお問合せください。

TEL 03-3448-3010 FAX 0120-046-011

電話受付時間/9:00~12:00・13:00~19:00 月曜~金曜 (休祝日を除く)

ホームページ <http://www.tektronix.co.jp/>
E-mail ccc.jp@tektronix.com