4. テレビジョン画像の評価技術

—ビデオアナライザによる計測—

平 間 裕 治[†]

1. ま え が き

テレビ伝送系の評価は、種々の評価用テスト信号と、波形モニタ、ベクトルスコープなどを用いて行ってきた。これらの機器による評価は、長年にわたり行われ現在に至っている。近年、こうした測定を簡単に行えるようにした専用計測器として、ビデオアナライザが開発されている。ビデオアナライザは、AD変換した信号データをマイクロプロセッサにより演算処理し測定結果を求めるものがほとんどである。

初期のものでは、測定可能な信号の種類、項目、測定結果の再現性、機器の操作性などで不満が多く見られた。ここでは、こうした欠点を解消しつつある最近のビデオアナライザについて紹介する。

2. ビデオアナライザの概要

図1はビデオアナライザのブロック図例²⁾で、被測定信号はアナログ入力部、アナログプロセスを経て10ビットADコンバータによりデジタル化される。デジタル化された波形データは、32ビットマイクロプロセッサにより処理され、測定結果は640×480ピクセルのラスタスキャングラフィックスにより表示される。測定項目は、CCIR REC.567, RS-250 C, NTC-7など、テレビジョン中継回線に関する測定をはじめ、FCC, RS-170 Aなど放送局用のもの、クロミナンスノイズ測定、ジッタ測定などVTR用のものなど、多岐にわたっている。個々の測定はいずれも毎秒10~50回以上の測定が可能で、平均処理を行っても充分な測定速度を持っている。

これら計測ファームウェアは当初1.5 MByteのROMに搭載されていたが、その後、テレテキスト測

定、アナログコンポーネント信号測定、オーディオ測定などのファームウェアが、オプションで追加できるようになったため、最近のものでは4 MByteまで拡張されている。

ビデオアナライザ、例えばテクトロニクス製のものでは、リアルタイムOSを搭載し、ファームウェアはC言語で記述しているが、重要な部分はアセンブラ言語により記述され、高速測定と違和感のない操作性の実現を図っている。

3. ハードウェアの概要

3.1 アナログ入力部

(1) 入 力

入力にはA, B, C 3系統ありRGB信号やY, R-Y, B-Y信号などアナログコンポーネント信号の測定に対応できるようになっている。それぞれの入力にはクランプ回路を持ち、応答速度、クランプ位置、クランプ幅を変えられるようにしてある。同期分離回路はA, B, C各入力または外部同期入力のいずれかを、測定モードに応じ選択できるよう設計されている。

(2) フィルタ

フィルタは、AD変換器の直前に配置されているローパスフィルタと、アナログプロセス回路の前にある各種測定用のフィルタとがある。ローパスフィルタは、サブキャリアの4倍の周波数でAD変換する際、発生する折返しを防ぐためのもので、NTSC, PAL兼用に設計したものでは、約8 MHzでカットオフするものを用いている。NTSC測定時には、このPAL用フィルタに直列に別のフィルタを挿入し、NTSC用ローパスフィルタを得る構成になっている。これらのフィルタは、PALでは6 MHz, NTSCでは5 MHzで±0.1 dB以内になるよう厳密に調整されている。

一方、測定に使用するフィルタには、クロミンスフィルタ、微分フィルタ、低周波、S/N測定用のロー

[†] ソニー・テクトロニクス株式会社

“An Evaluation Technique of Television Picture, Measurement Methods of the Video Analyzer” by Yuji Hirama (Sony/Tektronix Corp., Tokyo)

図 1 ブロックダイヤグラム

パスフィルタなどが用意されている。また、測定の際には、これらのアナログフィルタのほかファームウェアによるデジタルフィルタを併用し測定精度の向上を図っている。

(3) アナログプロセス回路

アナログプロセス回路 (図 2) は、10 ビット AD コンバータの精度を最大限に活かすための回路で、1 水平ライン内で自由にゲインとオフセットを変化させることができるダイナミックゲインアンプ、ダイナミックオフセットアンプ、ディザオフセットアンプにより構成されている。これらの回路は、通常の波形表示モードでは動作していないが、測定モードにおいては、フルスケールに近い信号が AD コンバータに供給されるよう動作する。ゲインとオフセットの値は、いったん通常の値で信号のサンプリングを行い、その波形データから AD コンバータのレンジ内に収まるゲイン、オフセットの最適値を決定している。

3.2 マイクロプロセッサ周辺

文献 2) のテクトロニクス製ビデオアナライザでは、多種多様の測定を高速で実行させるため、大規模なデジタル処理系を持っている。CPU には、32 ビットプロセッサ 68020 とフローティングポイントプロセッサ 68881 を使い、4 MByte の ROM に格納されたファームウェアは、3 MByte のメインメモリー上で実行する構成になっている。また、設定条件の記憶用として、256 kByte の不揮発性メモリーを持っている。グラフィックスメモリーは 640×480 ピクセルのビットプレーン 2 枚を持ち、60 Hz ノンインタレース、ピクセルスピード約 25 MHz のディスプレイを得ている。

ユーザインタフェースは、前面パネル上のハードキー、スクロールノブ、タッチパネルがあり、これらはユーザインタフェース専用の 68008 によりコントロールされ、それぞれの入力 は 68020 への割り込みで、共

図 2 アナログプロセス回路

用メモリ領域を使用し転送される。タッチパネルはアナログ静電型で、パネルに触れた時の静電容量変化を利用し位置検出を行っている。この種のタッチパネルは分解能が高く、検出回路のアナログ出力を8ビットADコンバータによりデジタル化し、68008で処理している。

高分解能タッチパネルの採用により、ほとんどの機器操作をタッチパネルを利用したソフトキーにより行うことにした。パネル上のハードキーは機能面で簡略化され、1つのキーには、入力チャンネル、メインメニューの選択など、それぞれ1つの機能だけを割り当てている。これにより、多くの多機能計測器にありがちな、ハードキーによる複雑な操作を回避している。

4. 計測ファームウェアの概要

4.1 波形、ベクトル、ピクチャ表示モード

例えば、テクトロニクス製ビデオアナライザ(写真1)では、前面パネル最上部には、機器操作の基本となる動作モードの選択キーが並んでいる。これらは、メニュー構造上では最上位に相当し、WAVEFORM、VECTOR、PICTURE、MEASURE、AUTOの5モードがある。それらの中で、WAVEFORM、VECTOR、PICTUREは、AD変換し取り込んだビ

写真 1 ビデオアナライザ(ソニー・テクトロニクス製)

デオ信号を、従来の測定器のイメージで表示する機能である。これにより1台で、波形モニタやベクトルスコープを必要としない測定環境を実現している。

(1) 波形モニタモード

波形モニタに相当するこのモードは、VM 700 A型電源投入時に自動選択されるもので、最初に1ラインのビデオ信号が表示される。波形の拡大、縮小、移動、表示ラインの選択などはタッチパネルとスクロールノブによって行い、追従性の高い軽快な操作性を得ている。

波形の表示は、4倍サブキャリアでサンプリングした10ビットデータを、水平方向の拡大率に応じ波形補間し行っている。補間計算は非常に高速で、1ライン以内の水平拡大表示では、毎秒30波形以上の表示速度を持っている。したがって、VITS波形の監視などでは完全なリアルタイム表示が得られるようになっている。目盛はmV、IRE、 μ sが、表示波形のフィールド番号、ライン番号、APLなどの補助情報とともに得られ、波形とは独立して輝度を設定できるようにしてある。

波形モニタモードでは、メニューにより、外部同期、内部同期の選択、入力カップリング、クランプ位置、速度、幅の設定などが可能で、通常の波形モニタ同様の設定が行える。また、デジタル式のため波形平均が可能で、単にノイズ除去のための平均加算だけでなく、フレーム間の加減算によるルミネランス成分、クロミネランス成分のみの抽出、およびその両者の平均加算も行え、従来のアナログ式波形モニタにできなかった波形表示を可能にしている。

なお、表示振幅は補間計算を行っているため、サブキャリア周波数以上の高い周波数では約1.5%程度の振幅“あばれ”が現れる。これを防ぐため多少リアルタイム性の劣る高精度表示モードが用意されているほか、標準的テスト信号波形の測定には、後述する測定モードおよび自動モードがあり、波形モニタモードに

比べ高精度の結果が、短時間に得られる。

(2) ベクトルスコープモード

ベクトルスコープモードは、取込んだ波形データからクロミナンス成分をデジタルフィルタで分離し、直交復調計算処理を行いベクトルスコープ表示を得ている。復調は1ラインすべてにわたり行われ、波形のトランジションも正確に表示される。なお、目盛はカラーバー信号のセットアップ、飽和度に合わせて適当なものを選択できるようになっている。

(3) ピクチャモード

ピクチャモードは、2枚のビットプレーンを使用して擬似的に画像を表示するモードで、他のモードで表示、測定などを行っているラインは1本の輝線で表される。この輝線は、スクロールノブを回すことにより移動するので、他のモードにおける表示、計測のためのライン選択を容易にしている。

なお、このモードは2ビットのビットプレーンによるグラフィック表示で4階調の輝度表現しか持っていないので、あくまでも参考程度の画像表示である。

4.2 自動測定

前述のテクトロニクス製ビデオアナライザでは、大別して2種類の測定モードを持っている。グラフィック表示を有効に使用し機器の調整、検査などに便利な測定モードと、一度に多項目の測定を行う自動モードがある(表1参照)。

(1) 測定モード

測定モードは、測定結果の数値表現が主体であったかつてのビデオ信号自動計測器のイメージを大きく変えた。各測定は高精度かつ高速に処理され、ほとんどのものは毎秒数十回以上測定実行される。測定結果はグラフィック表示され、オペレータは測定の状態を、手にとるよう把握できるようになった。

測定範囲は広く、大きなジッタを持つ家庭用VTRから、高性能のスタジオ機器まで対応するよう設計さ

れている。また、各測定ソフトウェアは高精度、高速測定、オペレータのわかりやすい表示を基本に吟味されている。なお、多くの測定には1ラインのみで行うモードと、ブロックモードと呼ばれる1フィールド当たり数本から32本までの波形を取込んでから行うものがある。

(2) 自動モード

自動モードは、主としてテレビ伝送系の測定を対象にしたもので、VITSによる中継回線や送信機の自動測定に適している。測定は多項目を一挙に行い、測定結果はオペレータが設定した2段階のリミット値と比較することができる。測定結果がリミット値を越える異常を検出した時は、外部に自動的にその結果を出力できる。また、あらかじめ指定した時刻に指定した項目の自動測定を行い、その結果を出力することもでき、無人監視も可能にしている。

なお、自動モード、測定モードともに、数分ごとに入力回路先端を校正用12ビットD/Aコンバータに自動的に切替え、アナログ回路の自動校正を行い精度維持を図っている。

5. 代表的測定の紹介

5.1 NTSC, PAL用の一般測定

(1) マルチバースト信号の測定

周波数特性の評価によく使用されるマルチバースト信号は、自動測定では注意すべき点がいくつかある。例えば、モアレやノイズが重畳した信号、各バーストパケットにリンギングが発生している場合などがそれにあたる。

最近のビデオアナライザは、これらの妨害があっても正確な測定が行えるよう、各バースト波形の中心部のみを使用しリンギングによる影響を無視している。また、各パケットの振幅は、サイン波による最小2乗近似法を用い、モアレやノイズによる影響を去除き、

表1 自動モード、測定モードの比較

モード	自 動	測 定
テスト信号	NTC-7, CCIR, FCCなどの限定された信号	一般的テスト信号
測定対象	主に VITS の重畳した伝送系の測定	広範囲
自動測定	外部コンピュータなしで、自動測定、無人監視可能	有人測定のための自動測定
比較測定	オペレータ指定の許容値との比較測定	オペレータ指定の許容値との比較測定および高精度化のための差測定
結果表示	一度に多項目の測定結果を数値表示	測定項目ごとに数値表示とグラフィック表示
サンプリング	入力に同期した4倍サブキャリア	入力に非同期の約4倍サブキャリア
平均処理	おもな測定項目は32回波形平均後測定演算	測定演算結果を256回までの任意回数で平均

高精度かつ再現性の高い測定を可能にしている。

(2) DG, DP 測定

一般に、DG, DP 測定は、FCC, NTC-7 コンポジット信号のほか、変調 5 ステップ、10 ステップ、ランプ信号など、被測定物にあわせて多くのテスト信号が使用されている。測定には、最初にこれらのテスト信号波形を自動認定し、測定点の位置や数などを適切なものに設定した後、測定実行する。このため、オペレータはテスト信号の種類を意識することなく測定開始できる。また、グラフィック表示された波形上で、測定点を任意に設定することも可能で、意識的に信号レベルの高い部分を無視して測定したり、自動認定できない信号を測定することができる。

なお、より高精度の測定を実現するため、比較測定を行い、あらかじめ信号発生器の DG, DP を測定し、そのエラー値をリファレンスとして使用することにより、簡単に 0.1% 以下の精度を実現できるよう工夫されている。

(3) タイミング測定

図 3 は、H タイミングの測定例で、必要なタイミングは波形とともにグラフィック表示される。そのほか、SCH 位相、V タイミング、H ジッタなどの測定なども同様に行える。

(4) ノイズ測定

ノイズ測定では、入力部にある専用のアンプで最大感度を上げ、 -80 dB 以下のノイズレベルまで測定できるようにしてある。図 4 は測定例で、 S/N だけでなく、スペクトラム観測ができるため、ノイズに含まれる混変調や洩れ込みなどの影響が簡単に観測できる。また、図 4 のノイズ測定のほか VTR などが必要

なクロミナンスノイズの測定も行える。ノイズ測定用のフィルタ類は、ディジタルフィルタで構成されているため、機器間によるばらつきの少ない測定を実現している。

(5) その他

NTSC, PAL 用に設計されたファームウェアには、他にカラーバー、K ファクタ、YC ディレイ、群遅延特性など 20 項目以上におよぶ測定に対応している。

5.2 アナログコンポーネント信号測定

ビデオアナライザ²⁾では、入力を 3 チャンネル装備しアナログコンポーネント信号測定にも対応できる。各入力には Y, R-Y, B-Y 信号を入力し、カラーバー、マルチバースト、K ファクタ、チャンネル間ゲイン、タイミングエラーなどの測定が行える。測定結果は 3 チャンネル同時に得られるため、コンポーネントであっても NTSC, PAL 同様、短時間で測定できる。

5.3 テレテキスト信号測定

図 5 はテレテキスト信号のタイミング測定例で、他にヒストグラム表示、ジッタ測定、アイ開口率表示などが得られる。また、PAL ではサウンドインシンクの測定ができる。

5.4 オーディオ測定

先に述べたビデオアナライザでは、オーディオ測定用ハードウェアおよびファームウェアの追加により、2 チャンネルのオーディオ測定器としても使用できる。オーディオ測定では周波数特性、周波数対ひずみ率、周波数対チャンネル間位相差などの測定がグラフ表示で得られる他、リアルタイムでスペアナ表示も得られる。

図 3 H タイミング測定

図 4 ノイズ測定

Channel A System Default 27-Sep-91 19:15:38
 Teletext Timing Wfm --> Teletext
 Field=1 Line=15

図 5 テレテキストタイミング測定

また、オーディオシグナルゼネレータを使用することにより全自動測定が可能で、2チャンネルの周波数特性、ひずみ率、S/N、チャンネル間レベル差、位相差、クロストークなどが短時間に計測できる。この自動測定はビデオ信号の測定中でも同時実行することができ、テレビ伝送路のオーディオ、ビデオ特性評価を1台で短時間に行える。

6. む す び

テレビ伝送系の評価を高精度に行える最近のビデオアナライザについて、その機能および測定例について紹介した。今後もさらに測定領域の拡大が図られ、一層洗練されるであろう。

最後に、本稿執筆にあたり、助言を頂戴したテクトロニクス社ビデオアナライザ開発スタッフの小西智夫君に謝意を表する。

(1991年10月7日受付)

〔参 考 文 献〕

- 1) J. Lewis.: "A New Era in Television Test and Measurement", SMPTE. J, 97, 11, pp. 894-900 (Nov. 1988)
- 2) ソニー・テクトロニクス編: "VM 700型を利用した信号計測", テレビジョン機器アプリケーション・ノート (May 1989)

ひらま ゆうじ
平間 裕治 昭和49年、千代田テレビ電子学校放送技術科卒業。同年、ソニー・テクトロニクス(株)に入社。現在、テレビジョン計測機器部プロダクト・マーケティング・マネージャ。