

VM6000型によるHD/SDアナログ・コンポーネント・ビデオ信号のジッタ／ワンダ測定

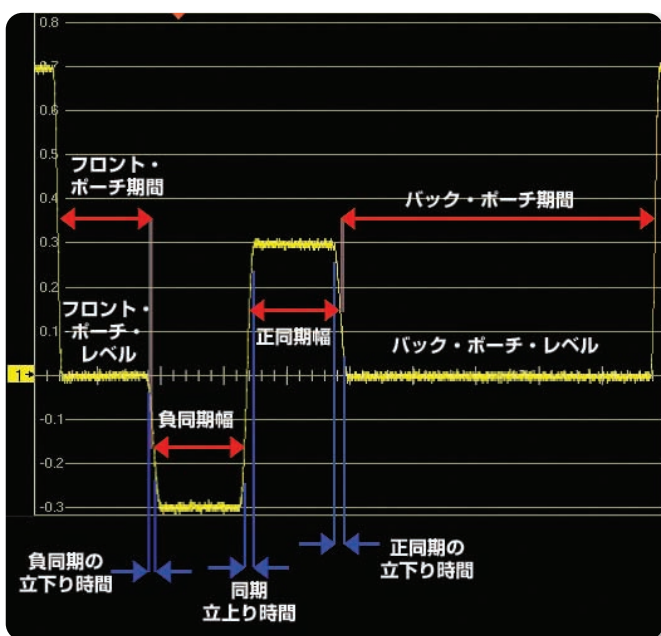


HD/SDアナログ・コンポーネント・ビデオ信号のジッタ／ワンダ測定と同期信号管理

高品質なビデオ・コンテンツを適正に作成、処理、送信、再生するには、信号パス全体に渡って各装置間を高い信頼性で同期させる必要があります。

通常のビデオ・コンテンツは、保存されて編集加工され、またデジタル領域で各種拡張処理される場合がありますが、最初はカメラ・レンズへのアナログ信号入力として取り込まれ、最終的にディスプレイ上でアナログ光として表示されます。これらのビデオ・コンテンツを歪みなく再生するには、最終的な表示に至るまでの信号処理装置間での正確な同期を確立するためのタイミング管理が重要になります。タイミングが理想的かどうかは、「ジッタ」と「ワンダ」で評価できます。

ビデオ信号は、各種映像処理、番組編集、送信プロセスなどにより、カメラ撮影からTV受信装置までの経路で遅延が発生します。また、多くの場合、映像コンテンツは一旦録画された後で、放送スケジュールに従って送出されますが、その際には各種装置（自身）の同期信号情報を含むことになります。通常の放送システムでは、信号経路で発生するジッタやワンダをある程度許容できるように設計されていますが、これらはビデオ信号の品質を悪化させ、各種問題を発生させる原因になります。



▶ 図1：HD映像の3値（トライレベル）同期信号

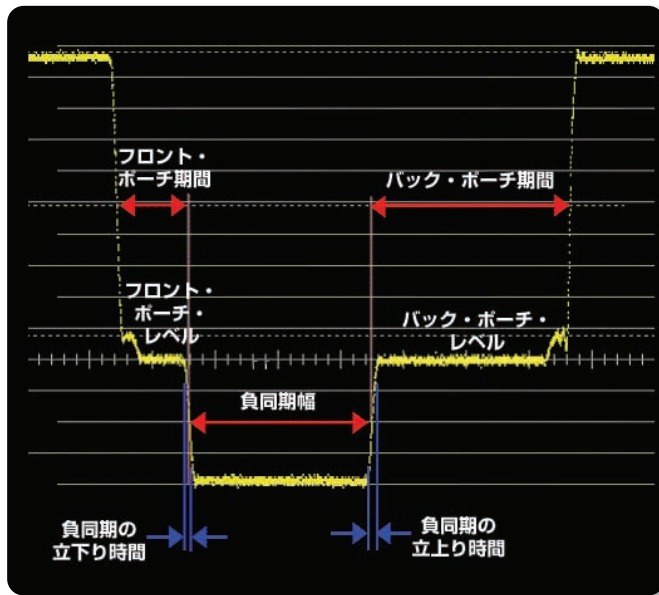
過大なジッタ成分が有る場合は、HDまたはSD映像のディスプレイ上で、目に見える程度の映像揺れや、レインボー・カラー（ノイズ）の発生として認識されることがあります。一般的なビデオ装置やシステムは、システム設計の限界に達しない限り、ワンダ成分を許容できる設計になっています。このようなワンダ成分に関しては、ビデオ・ディスプレイなどの表示装置ではファースト同期処理を行うのでほとんど影響がありませんが、コンポジット映像のビデオ・レコーダでは、同期レートのワンダ成分が原因で小さい位相誤差を発生し、それが記録時のカラー位相エラーになる可能性があります。コンポーネント・ビデオの場合も、ダウンストリーム・ビデオ機器の周波数ロック・レンジを超えるワンダ成分を防ぐ必要があります。ジッタまたはワンダのいずれかが発生すると、アナログまたはデジタル領域において、信号を適正に処理できなくなり、高品質な映像信号を伝送できなくなる恐れがあります。

各種ビデオ同期信号

アナログ・テレビ映像のコンテンツは、ディスプレイの左端からのビデオ・ラインの開始位置を定義する水平同期パルスと下方向にスイープするためのビデオ開始位置を定義する垂直同期パターンの2次元で同期されています。ある同期信号が発生して、次の同期信号が発生するまでの間は、フリーラン状態になります。通常、次の同期タイミングには新しい同期信号が発生するように設計されています。

アナログHDおよびSD水平同期信号は、それらの平均電圧レベルが期待する信号レベルになる唯一の映像信号という意味ではユニークな信号といえます。たとえば、HD映像信号の基準となる水平タイミング（図1）は、負のビデオ信号（負の同期）の最大値から正の同期信号の最大電圧へ高速に遷移する（中央部の）同期信号の立上り部分の中間点に位置します。この3値同期信号の3番目の電圧レベルは、バック・ポーチ・レベルになります。バック・ポーチにより、ビデオ信号全体の電圧基準が得られ、基準レベルを下回る電圧はどれも、負の同期成分の一部とみなされます。

HD映像信号の3値同期形式では、負方向の同期パルスは、高速な立上り時間の基準タイミング・エッジを予想するための指標といえます。



▶ 図2：SD映像の2値（バイレベル）同期信号



▶ 図4：VM6000型によるHD垂直同期信号の測定例

SD映像の水平同期信号（図2）も同様で、負方向のパルスが同期信号になります。水平タイミング基準は、負の同期パルスのリーディング・エッジ（同期立下り部）の50%位置に相当します。

VM6000型では、このような水平ブランキング期間（図3）で時間と電圧の両方を自動的に測定した上に、このアプリケーション・ノートで説明しているジッタ成分とワンド成分の自動測定機能が追加されています。



▶ 図3：VM6000型によるHD水平同期信号の測定例

垂直同期信号は、一連の水平同期信号列中に定期的に発生するパターンです。この垂直同期情報は、水平同期レートの1～2倍のエネルギーが含まれており平均同期レベルの変化として従来の受信機でも容易に識別できますが、現在ではデジタル方式によって正確に検出されています。この信号は映像信号の最上位（トップ）部として識別されて、VM6000型でもこの測定機能が追加されています（図4）。

ビデオ信号を扱う装置の動作は、処理するか表示するかに関らず、セルフ・クロッキングによりビデオのタイミングと完全に同期しなければなりません。ビデオ信号は電気信号なので、各種装置により様々な影響を受けます。例えば、ビデオ・テープ・レコーダの場合は機械的な各種要因でもタイミングの不安定性を引き起こすことがあります。処理デバイスや表示デバイスでも、ある程度のジッタ成分やワンド成分が発生しますが、通常その影響は大きくありません。

ジッタとワンダ

ジッタとは、被測定映像に含まれる同期信号成分の到着時間エラーを理想的なタイミングと比較して測定します。セルフ・クロッキング装置の同期信号を外部リファレンス信号にロックさせる際に、このジッタが相対的なタイミングの整合性を表します。ビデオ信号はリファレンス同期信号にロックしますが、両者間には時間的に変動する問題が発生すると考えられます。これがジッタで、通常はナノ秒 (ns) のオーダーで測定されます。チェーン接続されたシステムの最終ステップ、すなわち、ビデオ表示デバイスでは、リファレンス同期信号を基準としているため、映像情報はその同期信号で規定されたディスプレイ上の位置に表示されることになります。

放送用ビデオ信号におけるジッタは通常、約20Hz～数kHzの範囲で発生するのが一般的です。ジッタの振幅と周波数が小さければ小さいほど、次の段階で同期を取ることが簡単になります。このようなジッタの特徴が判明したとしても、デジタル領域では、信号をリ・クロックできる場合とできない場合があります。

ジッタはクロックやサンプリングの不安定性が原因で発生する場合があります。また、クロック・リカバリで使用されるフェイズ・ロック・ループにより、ジッタが増大する可能性があります。また、ジッタは、テープやディスクなど機械的な要素を含む記録・再生プロセスで発生したり、増幅される場合もあります。

ワンダとは、継続的に発生するドリフト成分で、通常は最高でも10～20Hzまでの低いレートで変動するタイミング誤差と定義されています。このような低い周波数のワンダ成分は、高い周波数で動作しているビデオ同期信号と容易に区別できます。放送用途でも民生用途でもビデオ信号は、表示デバイスで許容される範囲内の周波数で同期して動作します。ワンダへの対応としては、周波数オフセット量が業界標準仕様の範囲内に収まっていることを確認した上で、ディスプレイや映像を伝送する間のすべての処理段階で同期の整合性を維持するように周波数ドリフト・レートをコントロールしなければなりません。

当然ですが、ジッタとワンダは、映像信号の水平と垂直の両コンポーネントに対して発生します。通常タイミング誤差のレートは、垂直ビデオ・レートよりもはるかに高いため、水平同期ジッタとワンダをコントロールすることで、長期に及ぶ各種問題も解決します。映像信号フォーマットが業界の標準フォーマット規格に適合している場合は、水平同期信号のジッタとワンダを測定するだけで十分です。

水平同期のジッタとワンダの発生期間

水平同期ジッタ測定では、高い周波数成分（ジッタ）と低い周波数成分（ワンダ）のタイミングの不安定度が測定できます。VM6000型自動ビデオ測定セット（図5）では、ピークが発生する確率（Probability）に基づいた必要期間に渡って、正および負の最大ピークジッタを測定したり、ジッタのピーク振幅に対する発生確率（Probability）を表示できます。ユーザは、カット・オフ周波数を指定したハイパス・フィルタにより低周波数のワンダ成分などを除去することが出来ます。

ジッタ測定では、長期間に渡る平均水平同期タイミングと個々の同期信号のタイミング差を測定して、実効値 (ns) および+／－ピーク (ns) を得ています。ユーザは、ジッタ測定用ハイパス・フィルタのカット・オフ周波数を選択して、目的に沿った周波数成分を持つジッタ成分を測定できます。

ワンダ測定では、各種パラメータに基づいて周波数ドリフト・レート (ppm／秒) と、平均値または基準となる標準規格に基づいて周波数オフセット (ppm) を測定します。また、ワンダ測定用ローパス・フィルタのカット・オフ周波数を指定して、ワンダ成分とジッタ成分を分離することが出来ます。このワンダ測定用ロー・パス・フィルタの帯域幅を設定することにより、ワンダ測定から高い周波数のジッタ成分を除去します。ジッタ測定では、ハイパス・フィルタのカットオフ周波数を設定して、ジッタ測定結果から低周波数のワンダ成分が除去されます。

ジッタとワンダのカット・オフ周波数の設定レンジは、信号を取り込むレコード長に応じて拡大されます。たとえば、レコード長を40Mのサンプル／チャンネルから200Mのサンプル／チャンネルに増やすと、ジッタ測定用ハイパス・フィルタのカット・オフ周波数選択範囲の下限が10Hzから2Hzに広がり、ワンダ測定用ローパス・フィルタの設定は範囲の下限が0.25Hzから0.05Hzに広がります。



▶ 図5：VM6000型による水平同期信号のジッタ／ワンダ測定例

放送波（RF）の分野では、通常周波数オフセットは、キャリア周波数の誤差を示し、周波数ドリフトは、低い周波数のキャリア変動を示します。また、残留FMIは、やや高速な周波数変動を、位相ノイズは、極小の周波数変動（高速または低速）を表します。

ビデオ・システム内部のタイミングに関しては、残留FMと位相ノイズを総称してジッタと呼び、周波数ドリフトの代わりにワンダという用語を使用します。

ビデオ業界では一般に下記用語が使用されます。

- ▶ 静的な周波数誤差を表す「周波数オフセット（ppm）」
- ▶ 低速な変動成分（ワンダ）のスピードを表す「周波数ドリフト・レート（ppm／秒）」
- ▶ 位相ノイズの大きさを表す「ジッタ（ns）」

ジッタとワンダは、なぜ別々に測定するのでしょうか？ これらは、周波数変動の2つの異なる側面を表しています。ジッタの場合はその大きさが重要になります。ワンダの場合はその変動速度が重要になります。また、リカバリ回路は、静的および低速ワンダの両方には追従できますが、（全ての）ジッタに対しては追従できないことを理解しておくことが重要です。実際、ジッタの大部分はリカバリ・クロックから除去されますが、ビデオ信号自体に残留する場合があります。このようなジッタ成分をコントロールして、できる限り小さくする必要があり、結果的にワンダ成分と別々に測定することになります。



▶ 図6：VM6000型による水平同期信号のジッタ測定例

VM6000型による水平同期信号のジッタ／ワンダ測定

VM6000型の自動信号品質測定機能を使用すれば、製品開発やトラブルシューティングなど測定の目的に応じて、水平同期ジッタ／ワンダ測定を個別に行ったり、全自動で測定することができます。用途にあわせた評価を行うために簡単にカスタマイズできます。

VM6000型は映像信号フォーマットを自動検出することが出来ます。図5は1080i60（または59.94）の例を示しています。この結果表示画面は、単独で水平同期信号ジッタ測定が終了した場合に自動的に表示されます。また別の測定を選択した場合は、Results_tabメニューの中に表示されます。

Configuration>Reference & Limits tabのEnable Relative Result DisplayとEnable Limit Testingにチェックを入れることにより、これらの結果とユーザ定義可能なリファレンス・ファイルとの比較ができます。

入力メニューでPeak（ns）の欄に1nsを入力した場合は、そのジッタ・ピーク値の発生確率（Probability）でレポート対象となるジッタ値が測定できます。ピーク値が、ここで指定された値に達したジッタを測定の対象とします。言換えると、発生確率（Probability）を指定して、その発生確率を持つジッタ成分のピーク値(正／負)を測定できます。

VM6000型によるHD/SDアナログ・コンポーネント・ビデオ信号のジッタ／ワンダ測定

▶ アプリケーション・ノート

Measured	Relative	Reference	Limits
☒ min ☐ max			
RMS Jitter (ns)			50.0
Accumulated Time (ms)			1.0E9
			Pos Peak Neg Peak
Jitter (ns)			150.0 0.0
Probability			1.0 1.0
			Min Max
Freq Offset (ppm)			0.0 30.0
Freq Drift Rate (ppm/s)			0.0 200.0

▶ 図7：ジッタ測定のLimits例

Measured	Relative	Reference	Limits
RMS Jitter (ns)			0.0
Accumulated Time (ms)			0.0
			Pos Peak Neg Peak
Jitter (ns)			0.0 0.0
Probability			0.0027 0.0027
			Min Max
Freq Offset (ppm)			0.0 0.0
Freq Drift Rate (ppm/s)			0.0 0.0

▶ 図8：ジッタ測定のReference例

Measured	Relative	Reference	Limits
RMS Jitter (ns)			0.17
Accumulated Time (ms)			200.0
			Pos Peak Neg Peak
Jitter (ns)			1.0 -1.0
Probability			-0.0027 -0.0027
			Min Max
Freq Offset (ppm)			-3.08 2.38
Freq Drift Rate (ppm/s)			-24.99 25.31

▶ 図9：ジッタのRelative測定例

この例は、ジッタとワンダを分離する周波数を設定しています。ハイパス・フィルタのカット・オフ周波数が10Hzに選択され、ジッタ測定に対して10Hzの急峻なスロープを持つハイパス・フィルタを適用し、10Hzより高い成分を持つジッタが測定されます。一般に、ジッタ成分のスペクトルは広帯域に分布しており、測定フィルタのカットオフ周波数の設定が、ジッタ測定結果に大きく影響することはありません。

またこの例では、ワンダ測定からジッタ成分を除去するために、1Hzのローパス・フィルタが選択されています。

RMSジッタの測定結果は測定時間と一緒に表示されます。この時間は測定するライン数によって決まります。

アプリケーション・ウィンドウの左側には、測定対象のビデオ・ライン数として、1350ラインのデフォルト値が表示されてい

ます。このフォーマットでは、複数のフルフィールドにまたがって測定されることを示しています。この値は、測定対象の持つ特性に応じて、10ライン～150万ラインの範囲で設定できます。Average boxには、測定結果を平均化処理する回数を入力します。

Configuration>Measurementsタブで測定項目を選択し、Run ボタンをクリックすると水平同期信号ジッタ／ワンダの測定が実行されます。

測定結果は、Measuredタブ（図6）の中に表示されます。この信号の場合は、ジッタ値は、200msの測定期間で0.17ns_{rms}と測定されました。ジッタは、測定時間内では+／- 1nsに達していないため、指定されたピーク値に達する確率が極めて低い結果となっています。このケースでは、Peak (ns) をさらに小さい値に設定して、発生確率をさらに検証したいと考えるはずです。

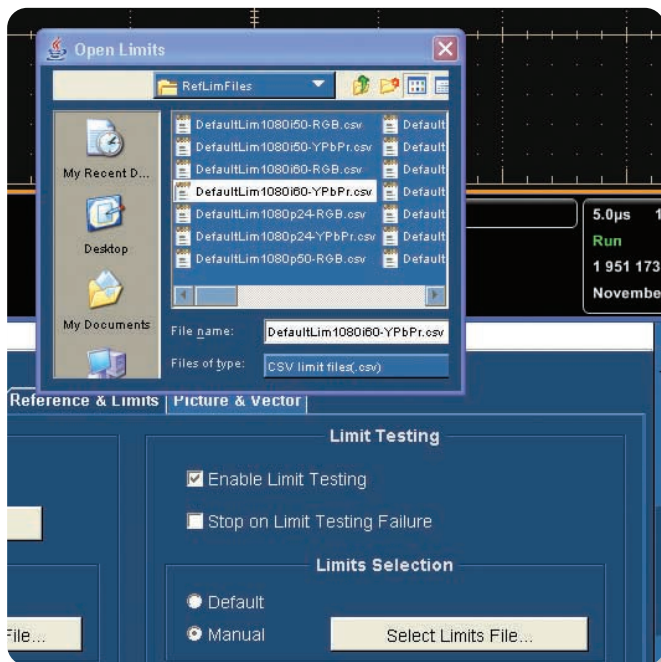
測定を実行すると、Limits、Relative、Referenceの3つのタブが使用可能になります。

Limitsタブ（図7）には、このフォーマット用の（最大／最小）リミット値が示されています。これらの値は必要に応じて変更することが出来ます。Configuration>Reference & LimitsのLimit Testingを有効にすると表示されます。

測定値がリミット値の範囲内にある場合は、MeasuredとRelativeの値が緑色で表示されます。

Referenceタブ（図8）には、ユーザの理想（或いは、期待）値が表示されています。この値を基準として測定値と比較して、Relativeタブに結果が作成されます。

Relativeタブ（図9）には、基準となる理想値からの測定値の偏差が表示され、差異を素早く確認できます。



▶ 図10：リミット・ファイルの手動選択

Reference & Limitsタブから手動でアクセスするには、Enable Limit TestingをチェックしManualを選択します。Select Limits Fileをクリックすると、RefLimFilesと他のユーザ情報を含んだユーザ・ディレクトリが表示されます。CSV Limit Files（.csv）のファイル・タイプを選択して、使用可能なファイルを選んでください。

リファレンス・ファイルとリミット・ファイルはいずれも、同じユーザ・ディレクトリにあり、リファレンス・ファイルは、Reference & Limits表示の左側にあるRelative Result Displayボックスからも同様に呼び出すことができます。またRelative Result表示を使用して、測定結果を保存し、後の測定での基準値として使用することができます。

リファレンス・ファイルおよびリミット・ファイル

VM6000型には、各コンポーネント・ビデオ・フォーマット用のデフォルトのリファレンス・ファイルとリミット・ファイルが用意されており、測定の対象、目的、条件に応じて変更できます。フォーマットを選択すると、デフォルトにより、対応するファイルが自動的に決定されますが、Configuration>Reference & Limits>Limits（または>Reference）を選択することで、ユーザが作成したファイルを手動でロードすることができます。ファイルの内容を表示／変更するには、Manual、Select Limits File（またはSelect Reference File）の選択操作により、RefLimFiles ディレクトリへ移動し、目的のファイルを指定します。ファイル・タイプ.csvを選択すればリミットまたはリファレンス・ファイルが表示されます。内容の変更を行う場合は、あとで参照できるようにデフォルト・ファイルを保存し、オリジナル・ファイルのコピーを変更してください。オリジナルのファイル名を変えなければ、変更したファイルがデフォルト・ファイルになります。新しい名前で保存した場合は、そのファイルに手動でアクセスできます。

まとめ

標準および高解像度コンポーネント・アナログ・ビデオにおけるジッタとワンドの測定、評価、文書化は、製品の開発および生産時の品質管理を効果的に行なうために必要不可欠です。

当社のVM6000型ビデオ・アナライザは、製品の開発および製造工程において高い時間効率を実現できる包括的な自動測定装置です。この自動測定項目の一部として、ジッタとワンドを評価するための測定機能が用意されています。

水平同期信号ジッタ／ワンドの自動測定機能を備えたVM6000型を使用することで、開発、検証、生産に要する時間を短縮できると同時に、品質の維持管理を容易に行うことが出来ます。

Tektronix お問い合わせ先：

アメリカ	1 (800) 426-2200
イタリア	+39 (02) 25086 1
インド	(91) 80-22275577
イギリスおよびアイルランド	+44 (0) 1344 392400
オーストリア	+41 52 675 3777
オランダ	090 02 021797
カナダ	1 (800) 661-5625
スイス	+41 52 675 3777
スウェーデン	020 08 80371
スペイン	(+34) 901 988 054
大韓民国	82 (2) 528-5299
台湾	886 (2) 2722-9622
中央ヨーロッパおよびギリシャ	+41 52 675 3777
中華人民共和国	86 (10) 6235 1230
中東アジア／北アフリカ	+41 52 675 3777
中東ヨーロッパ／ウクライナおよびバルト海諸国	+41 52 675 3777
デンマーク	+45 80 88 1401
ドイツ	+49 (221) 94 77 400
東南アジア諸国／オーストラリア	(65) 6356 3900
南アフリカ	+27 11 254 8360
日本	81 (3) 6714-3010
ノルウェー	800 16098
バルカン半島／イスラエル／アフリカ南部諸国およびISE諸国	+41 52 675 3777
フィンランド	+41 52 675 3777
ブラジルおよび南米	(11) 4066-9400
フランス	+33 (0) 1 69 86 81 81
ベルギー	07 81 60166
ポーランド	+41 52 675 3777
ポルトガル	80 08 12370
香港	(852) 2585-6688
メキシコ、中米およびカリブ海諸国	52 (55) 5424700
ルクセンブルグ	+44 (0) 1344 392400
ロシアおよびCIS諸国	+7 (495) 7484900
その他の地域からのお問い合わせ	1 (503) 627-7111
Updated 15 September 2006	

詳細について

当社は、最先端テクノロジーに携わるエンジニアのために、資料を用意しています。当社ホームページ(www.tektronix.co.jp)またはwww.tektronix.comをご参照ください。



TEKTRONIXおよびTEKは、Tektronix, Inc.の登録商標です。記載された商品名はすべて各社の商標あるいは登録商標です。

04/07 EA/WOW

25Z-20447-0

Tektronix

Enabling Innovation

日本テクトロニクス株式会社

東京都港区港南2-15-2 品川インターシティB棟6階 〒108-6106
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い合わせください。

TEL 03-6714-3010 FAX 0120-046-011

電話受付時間／9:00～12:00・13:00～18:00 月曜～金曜（休祝日は除く）

当社ホームページをご覧ください。 www.tektronix.co.jp
お客様コールセンター ccc.jp@tektronix.com

●記載内容は予告なく変更することがありますので、あらかじめご了承ください。

2007年4月発行 © Tektronix