

第4回 3G-SDI アイ測定・ジッタ測定

今回は、物理層を視覚的に検証するアイダイアグラム(アイパターン)を用いた実際の測定と、通信品質に大きな影響を与えるジッタ測定について説明します。

アイダイアグラム測定

アイダイアグラムはデータを転送するアナログ信号をオシロスコープ表示したものです。アイダイアグラムを作成するために、計測器は規準クロック信号を使って等価時間サンプリングを行います。この規準クロックは波形モニタ内でデータ信号から再生されます。等価時間サンプルされたデータを重ね書きさせることでアイダイアグラムが構築されます。

アイダイアグラムを用いることで、信号振幅、オーバershoot、立上り/立下り時間の測定が可能で、クロック・リカバリ帯域幅が適正に設定されれば、ジッタ量の測定も可能です。

SMPTE 規格(259M、292M、424M および RP184)には、これらのパラメータ仕様と送信端での振幅が定義されています。送信端の測定では、ノイズや周波数のロールオフの影響を少なくするため、できるだけ短い良質なケーブルを使用します。また偏ったストレスを発生しない信号を使用します。通常カラーバー信号がテストに用いられます。



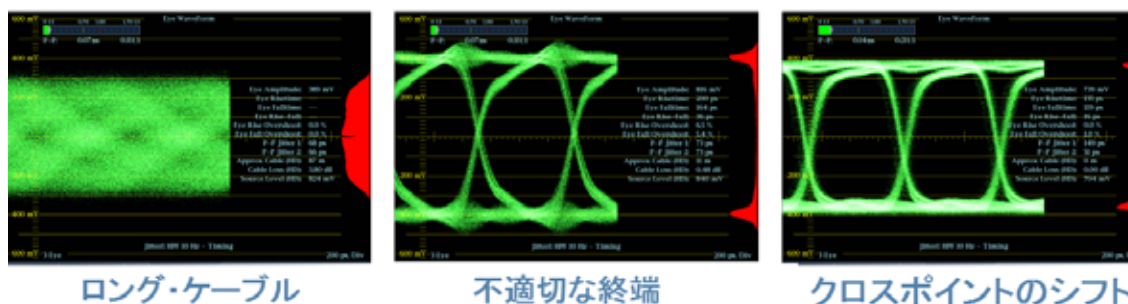
アイダイアグラム測定

手動でダイアグラムの測定を行う場合は、測定用のカーソルを用います。振幅を測定する場合は、カーソルの位置をアイの High(トップ)と Low(ボトム)にセットし振幅電圧値を読み取りますが、このとき振幅のヒストグラム表示があるとトップとボトムを簡単に決定できます。

立上り/立下り時間を測定する場合は、振幅を測定カーソルの読み取り値をパーセント表示にし、Lowを0%、Highを100%に設定します。次に、振幅カーソルを20%と80%に動かし、アイ波形との交点を決定し、時間測定カーソルにより立上り/立下り時間を読み取ります。

このカーソルによる測定は、機種により操作方法が若干こととなります。また人間の目でカーソルを操作

するため、測定者による計測値の違いが発生する可能性があります。そのため、この測定は波形モニタに装備された自動測定機能を使用されることをお勧めします。テクトロニクスの WFM8300 型オプション PHY はアイダイアグラムの自動測定機能により、再現性の高い測定が可能です。また測定値に対しリミットを設定しエラー・警告表示を行えます。



アイダイアグラム波形例

上のアイパターンは典型的なアイ波形を示しています。長いケーブルを使用した左の例ではケーブル損失のため振幅の現象が見られます。またケーブルの持つ周波数特性のため立上り/立下り時間が延び、結果としてアイ開口を減少させています。

不適切な終端を行うと中央の例のようにオーバシュートを発生する場合があります。この場合は、信号源側の機器にアイソレートされていない出力が2つあり、片側が未接続で終端されていない状態です。これは未接続の出力を適切に終端することで解決しました。

右の例は、立上り時間と立下り時間が異なるために、アイの交点が 50%レベル点からシフトしています。交点のレベルシフトは AC 結合で接続した場合、ノイズマージンの減少につながります。

良好なアイパターンのために

アイパターンを良好に保つために物理層の適切な管理が必要です。まず設置時には次のことを留意する必要があります。

- 1) 3G-SDI に対応した良質のケーブルを推奨された長さで使用する。
- 2) 3G-SDI に対応した高性能の BNC コネクタ、終端抵抗を使用する。
- 3) ケーブルの許容曲げ半径を守る(ケーブルにテンションがかかった場合の曲率の変化を考慮する)。
- 4) 複数のケーブルを束ねた場合、重量がケーブルにストレスをかけるので、ストレスがかからないようにケーブルを束ねる。
- 5) ケーブルを束ねる際はケーブル形状をゆがめない様に、ケーブルが少し動く程度に束ねる。
- 6) フックやケーブル・タイを使用する場合、特定の波長の反射波が発生しないように不当間隔で使用する。

ケーブルの品質、設置方法は波形品質に大きく影響し、低品質のケーブルや不適切な設置はシステ

ムの安定した運用を妨げます。特に 3G-SDI は高い周波数の信号を取り扱うため、十分注意を払う必要があります。放送設備では各種の BNC ケーブルが混在して使用されています。SD-SDI で問題なく使用できたケーブルでも、3G-SDI に流用した際に問題が発生する可能性がありますので、必ず対応ケーブルを使用してください。

運用時には、EDH(SD) や CRC(HD、3G)により監視を行います。これは波形モニタのビデオ・セッション表示でモニタできます。1~2 分ごとにエラーが発生するような状況では、デジタル・クリフに近づいていると考えられ、すぐに対応する必要があります。このとき物理層測定機能が原因究明、対策の確認に役立ちます。

ジッタ測定

SDI 信号のトランジェント間の時間間隔が、理想的な時間間隔からずれることをタイム・インターバル・エラー (TIE) と呼ばれ、これは通常ジッタといわれます。このジッタはアイ開口を狭め、マージンの減少を招くだけでなく、受信機内での規準クロックにも影響します。

SMPTE RP184 では、出力機器の出力端における 2 種のジッタ・タイプが規定されています。

タイミング・ジッタ(10Hz)		
SD	HD	3Gbps
0.2UI 740ps	1.0UI 673.4ps @1.485Gbps 674ps @1.4835Gbps	2.0UI 673.4ps @ 2.97Gbps 674ps @2.967Gbps

アライメント・ジッタ		
SD	HD	3Gbps
0.2UI 740ps @1kHz	0.2UI 135ps @100kHz	0.3UI 101ps @100kHz 推奨 0.2UI 67.3ps @100kHz

タイミング・ジッタ:

ある規定周波数以上のレートで発生するトランジション位置の変移(通常 10Hz 以上)、これ以下の周波数で発生する変化はワンドと呼ばれます。

許容されるタイミング・ジッタは SD では 0.2UI(740ps)、HD では 1.0UI(673.4ps あるいは 674ps)、3G では 2.0UI(673.4ps あるいは 674ps)です。

アライメント・ジッタ:

受信信号から生成されたクロックに対するトランジション位置の変移で、SD では 1kHz、HD/3G では 100kHz 以上の成分を持つジッタです。

許容されるアライメント・ジッタは SD および HD では 0.2UI、3G では 0.3UI となっています。ただし 3G の場合は 0.2UI が推奨されています。



ジッタ波形表示例

波形モニターでジッタを測定する場合は、ジッタ波形表示により行われます。この表示はジッタの量がバーグラフで表示されるだけでなく、時間方向の変動も観測できます。またフィルタの切り替えが可能のため、ジッタの発生原因やトラブル原因の特定に役立ちます。時間軸を 2 フィールド・スイープに設定すれば、フィールド・レートとジッタの関連が観測でき、またフィルタを切り替えることにより PLL への影響の大きい高い周波数成分を持つジッタについて観測することができます。WFM8300 では FlexVu 表示機能により、たとえば画面 1, 2 にフィルタ 1、画面 3, 4 にフィルタ 2 といった比較が容易にできるため、より簡単にジッタの状況を把握することができます。

今回は、ストレス・テストと測定機材について説明します。