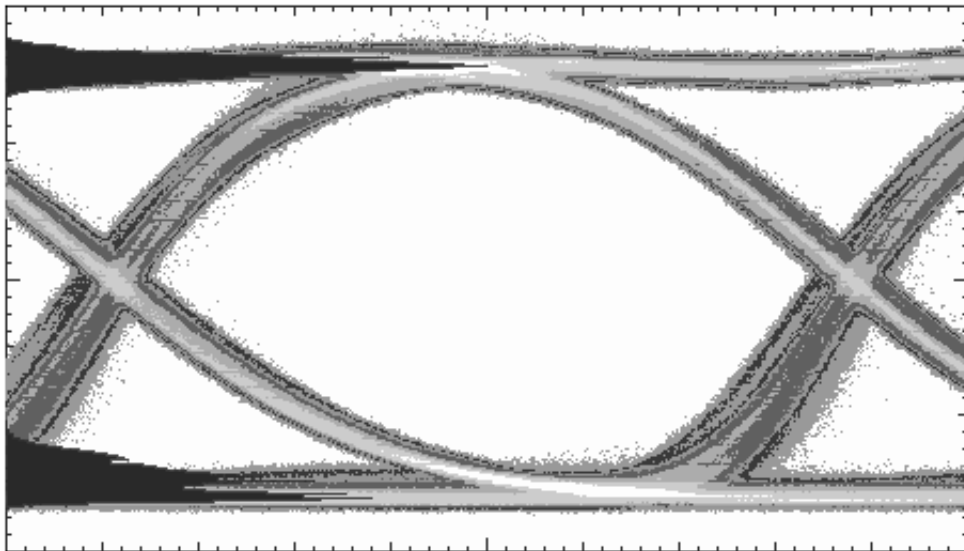
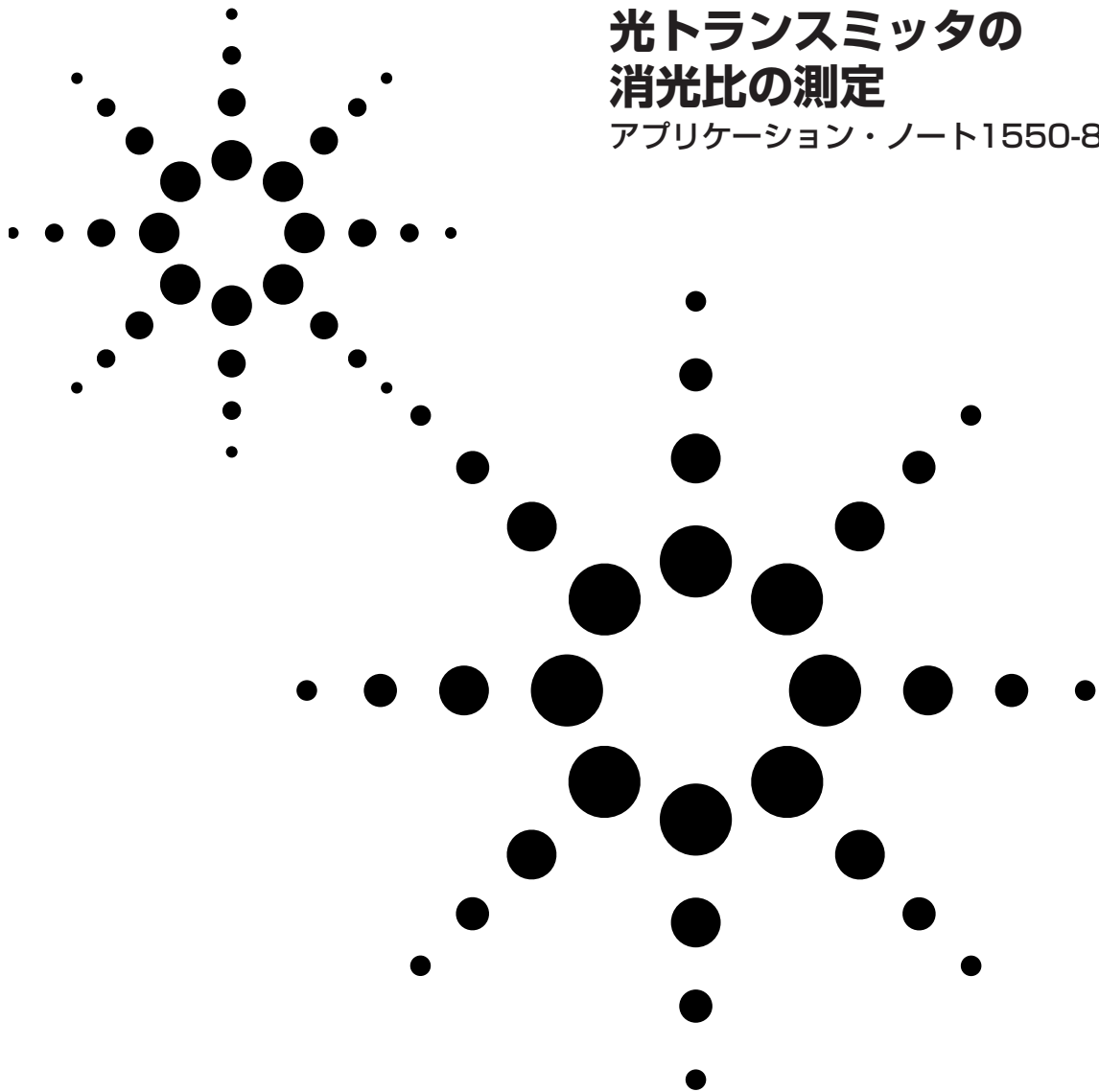


# 光トランスミッタの 消光比の測定

アプリケーション・ノート1550-8



**Agilent Technologies**  
Innovating the HP Way

## はじめに

高速デジタル通信システムで使用する光トランスミッタは、通常はある特定の組み合わせの性能レベルを維持する必要があります。そのパラメータの1つである消光比は、最適なバイアス条件と、レーザ・トランスミッタ・パワーをどの程度効率よく変調信号パワーに変換できるかを示すものです。消光比は、業界標準で仕様が定義され、テスト方法についての大まかな記述もありますが、正確で再現性のある測定は困難とされてきました。

本アプリケーション・ノートでは、測定の目的、消光比の測定に使用するプロセス、最善の測定結果を得るための方法について説明します。本ノートは、4つのセクションから構成されています(ただちに測定を開始する場合には、セクション4からお読みください)。

1. 消光比とは何か、なぜ消光比を測定するのか - 3～5ページ
2. 消光比測定のプロセス - 6～9ページ
3. 消光比測定の確度と再現性 - 10～18ページ
4. Agilent 83480Aまたは86100Aデジタル・コミュニケーション・アナライザを使用して、消光比を測定する際の詳細な手順 - 19～28ページ

## 1.消光比とは何か、なぜ消光比を測定するのか

デジタル通信用光トランスミッタの性能表現に使用される消光比は、ロジック・レベル‘1’を伝達するのに必要なエネルギー(パワー)と、ロジック・レベル‘0’を伝達するのに必要なパワーとの比です。グラフィカルな記述として、図1で示すようなアイ・ダイアグラム(アイ・パターン波形)をよく使用します。



図1.消光比の定義

消光比はアイ・ダイアグラムから求めることができ、リニア比、デシベル、パーセンテージなどで定義されます。

$$\text{消光比} = \frac{\text{‘1’ のパワー・レベル}}{\text{‘0’ のパワー・レベル}}$$

$$\text{消光比(dB)} = 10 \log_{10} \frac{\text{‘1’ のパワー・レベル}}{\text{‘0’ のパワー・レベル}}$$

$$\text{消光比\%} = \frac{\text{‘1’ のパワー・レベル}}{\text{‘0’ のパワー・レベル}} \times 100$$

これにより、‘1’のパワー・レベルが $1000 \mu\text{W}$ 、‘0’のパワー・レベルが $50 \mu\text{W}$ の場合、それぞれの定義による消光比は、20、13dB、5%となります。

### トランスミッタの消光比がシステム性能に与える影響

通信システム全体の動作が正常であるかどうかを確認するために最も役立つパラメータは、付号誤り率(BER)です。正しく設計されたデジタル通信システムの場合、トランスミッタ・パワーが十分に大きく、システム損失(ファイバによる減衰)が十分に小さければ、事実上エラー・フリーの通信を実現できます。高価な増幅器や中継器をできるだけ使用しないようにするには、トランスミッタとレシーバの距離を可能な限り長くするのが理想的です。しかし、伝送距離を伸ばしすぎると、信号レベルが低下して、レシーバに到達した信号でノイズ成分が多くなるため、システムBERが悪化します。一方、トランスミッタの消光比も伝送システムの距離に影響します。図2は、BER/パワー・ペナルティを消光比の関数として表したものです。たとえば、消光比が8.2dBの場合、消光比が13dBの場合に比べて、同じBERを実現するために約1dBの余分なパワーが必要です。つまり、平均パワーが0dBmで消光比が13dBの信号は、平均パワーが1dBmで消光比が8.2dBの信号と同じBERを実現します。同様に、消光比が5dBに下がると、8.2dBの場合に比べて、同じBERレベルを維持するために1.5dBの余分なパワーが必要です。

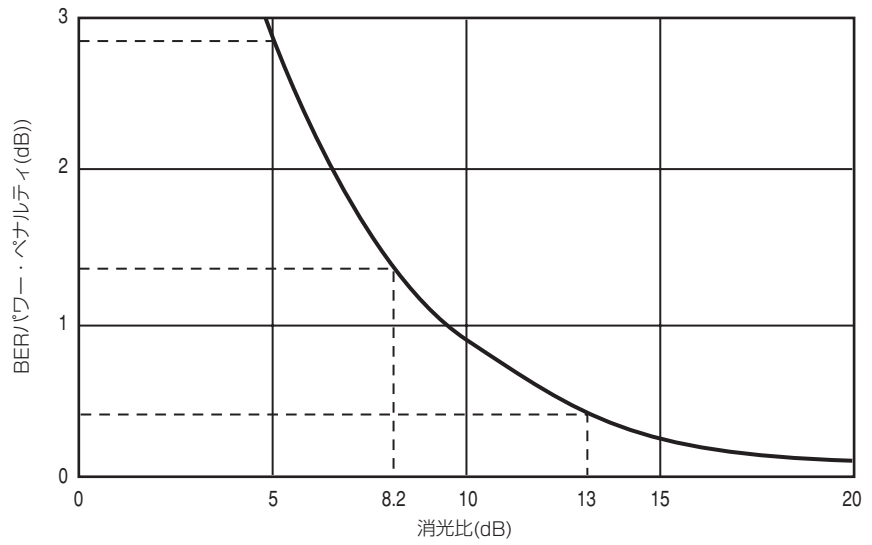


図2. BERパワー・ペナルティと消光比との関係

### 消光比によるトランスミッタ性能の表現

優れたビット・エラー・レート(BER)性能を実現するには、ロジックレベル‘1’を伝送するのに必要なパワー・レベルと、ロジックレベル‘0’を伝送するのに必要なパワー・レベルとが十分に離れていて区別できる必要があります。これら2つのパワー・レベルの差は、伝送信号の変調パワーを表します。変調パワーが大きいほど、システム・レシーバが正しい信号レベルを求めるのが容易になります。

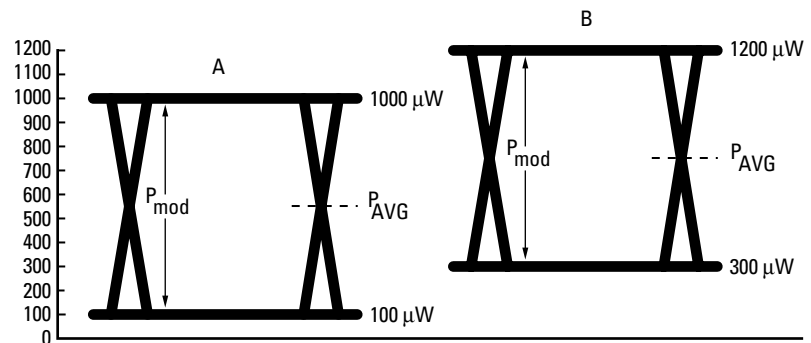


図3. 平均パワー、変調パワー、消光比の間の関係

図3の2つのアイ・ダイアグラムをご覧ください。どちらの信号も、変調パワー(高レベルと低レベルの差)は $900\mu\text{W}$ です。信号のノイズ・レベルが等しい場合は、トランスミッタAとトランスミッタBで実現されるBERは同じであると思われます。それでは、どちらのトランスミッタが優れているのでしょうか。トランスミッタAの平均パワーは $550\mu\text{W}$ 、トランスミッタBの平均パワーは $750\mu\text{W}$ です。トランスミッタBでは、トランスミッタAと同程度の性能を実現するために $200\mu\text{W}$ の余分なパワーが必要です。

ロジックレベル '0' の伝送時に、光トランスミッタをオフ(出力パワー0)にできれば理想的です。しかし、直接変調レーザのパワーが発光しきい値に近づくか、しきい値を下回ると、トランスミッタの波長シフト(チャープ)と波形ひずみ(オーバーシュートおよびリングング)のために、システムBER性能が低下します。このため、図3のトランスミッタAもBも、レーザが発光しきい値より下で動作しないようにバイアスを上げて変調をしています。トランスミッタAはロジックレベル '0' の伝送に $100\mu\text{W}$ を、トランスミッタBは $300\mu\text{W}$ を使用しています。どちらにしてもパワーが必要ですが、ロジックレベル '0' の伝送に $300\mu\text{W}$ を使用するのは、レーザ・パワーの効率的な使い方とは言えません。

変調パワーは '1' と '0' のパワー・レベルの差を示しますが、これによってレーザ・パワーの使用効率を測ることはできません。効率性を評価するには、'1' と '0' のパワー・レベルの比である消光比を使用します。トランスミッタAの消光比は $1000/100$ で10となり、トランスミッタBの消光比は $1200/300$ で4となります。極限では、消光比は無限大となります。この場合、有効レーザ・パワーがすべて変調パワーに変換されます(ただし、このためには '0' を伝送する際にレーザをオフにする必要があるため、上記のようにBERが悪化します)。高速直接変調レーザでは、8~20 (9~13dB)の消光比が一般的です。

図3の例では、トランスミッタAの消光比は10、10dB、10%、トランスミッタBの消光比は4、6dB、25%です。

## 2.消光比測定のプロセス

消光比の最低要件と、消光比を測定する方法については、以下のような業界標準があります。

**ITU G.957:** この文書は、SDH(Synchronous Digital Hierarchy)トランスミッタの物理的要件を定義しています。アプリケーションに応じて、8.2dB～10dBの最低消光比が定められています。

**Bellcore GR-253-CORE:** SONET(Synchronous Optical Network)システムの要件を定義します。SDHトランスミッタと同様、8.2dB～10dBの最低消光比が定められています。

**IEEE 802.3Z:** ギガビットEthernetトランスミッタの要件を定義します。TIA/EIA-526-4Aのテスト方法を使用して、9dBを超える消光比が規定されています。

**ANSI X3.230-1994/X3.297-1997:** Fibre Channelトランスミッタの要件を定義します。TIA/EIA OFSTP-4Aのテスト方法を使用して、9dBを超える消光比が規定されています。

**TIA/EIA(Telecommunications Industries of America/Electronics Industries of America) 526-4A (OFSTP- 4A):** この文書には、消光比を含むデジタル通信のアイ・ダイアグラムを測定する手順が記述されています。

通常、消光比の測定は、デジタル・オシロスコープを使用して、アイ・ダイアグラムに対して実行します。OFSTP-4Aを参考にしながら、アイ・ダイアグラム消光比測定のレーザのブロック図を図4に示します。テスト・システムの重要な構成機器は、光レーザとデジタル・オシロスコープです。光レーザは、フォトダイオードの後ろに4次のベッセル・トムソン・ローパス・フィルタがついた構成です。フォトダイオード/フィルタの組み合わせの周波数応答特性は、SONET/SDHのテストに対してそれぞれ厳密に規定されています。図5にこれを示します。この仕様では、オシロスコープが周波数応答特性のロール・オフに寄与しないと仮定しています。

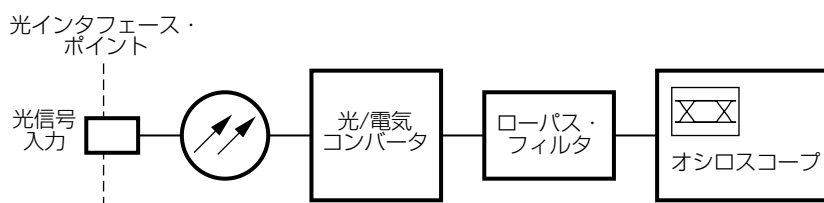


図4.消光比測定用テスト・システム

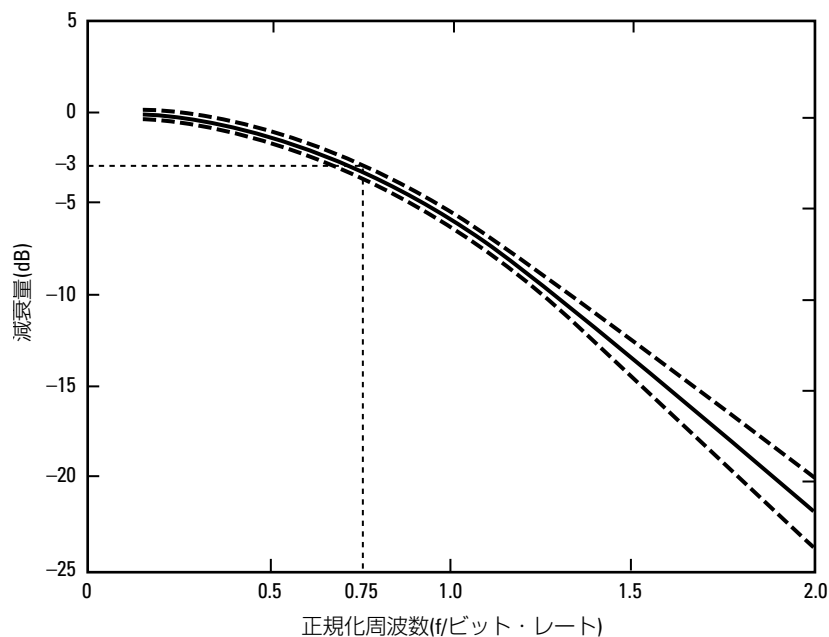


図5.フィルタ付き光レーザの周波数応答特性の標準規格

周波数応答特性をこのように仕様化することによって、光トランスミッタの特性を評価するための一貫した測定方法を実現できます。たとえば、帯域幅がきわめて広いシステムで観察した波形は、帯域幅が狭い(フィルタ付きの)システムで観察したものとは異なることが予想されます。図6を参照してください。このことは、許容される波形の形状を定義するために使用するアイ・ダイアグラム・マスク・テストでは無視できない問題です。また、帯域幅の狭い(フィルタ付きの)レーザの動作は、実際の伝送システムで一般的に用いられるレーザの動作と似ています。システム・レーザには、一般に、与えられたデータ・レートで正確に動作するのに必要な最低限の帯域幅しかないからです。消光比測定は、フィルタ付きのレーザを使っても使わなくても可能です。実際に、消光比測定を含むSDH適合試験とSONET適合試験は、通常フィルタされた帯域幅で実行されます。これは、フィルタが統合された効果を持ち、ディジション回路に与えられる信号をシミュレートできるからです。

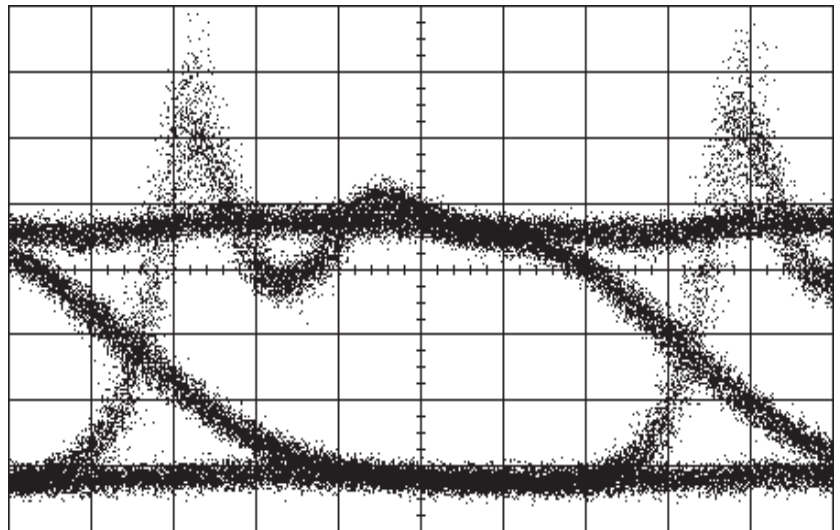
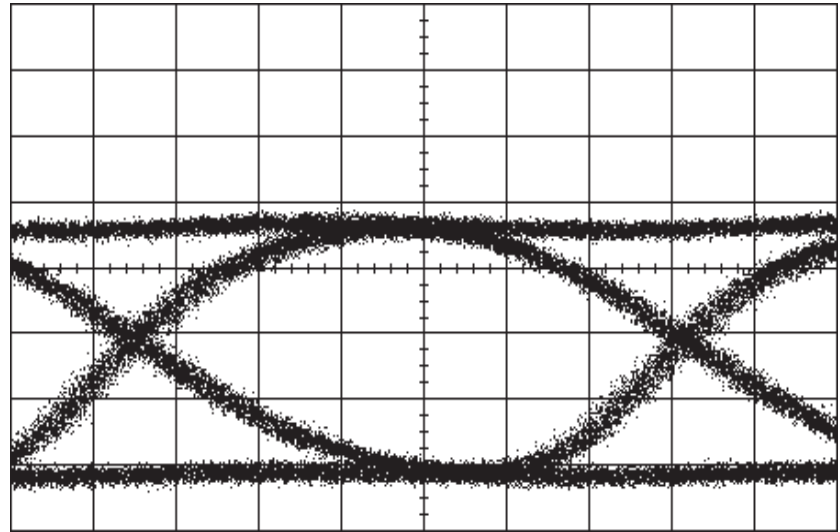


図6.フィルタされた帯域幅とフィルタされない帯域幅で測定された波形

消光比測定は、アイ・ダイアグラムの統計的解析をすることによって行われます。OFSTP-4Aでは、ロジックレベル '1' 信号の平均値とロジックレベル '0' 信号の平均値は、アイの中心領域で求めることが推奨されています。すでに述べたように、これら2つの値の比から消光比が得られます。



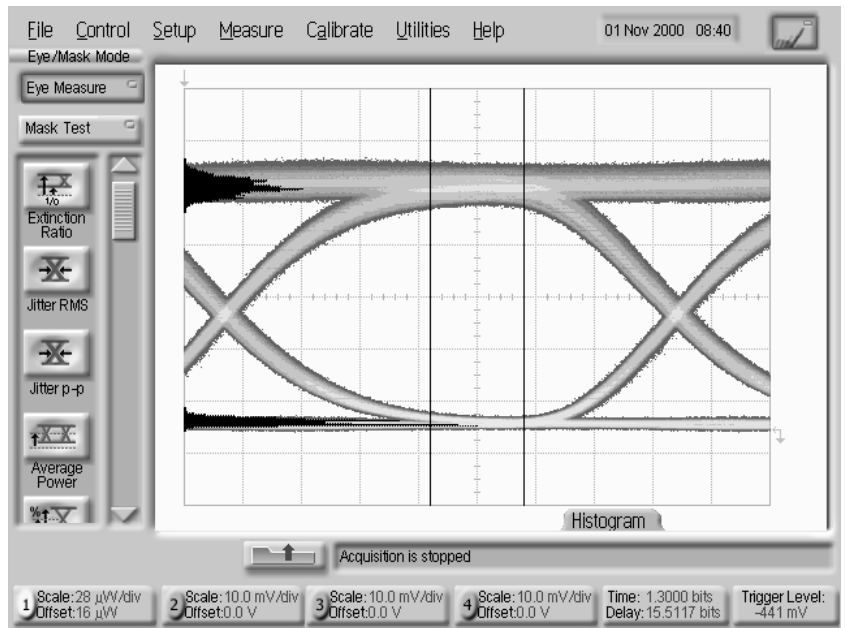


図7.ヒストグラムによる消光比の定義

‘1’ と ‘0’ のレベルを求めるには、ヒストグラム解析を使用します。図7は、アイ・ダイアグラムの中心部20%に対して、垂直軸方向のヒストグラムを作成したところです。予想されるように、ヒストグラムは双方型になります。この20%の時間ウィンドウの中では、大部分の波形はロジックレベル1かロジックレベル0のいずれか一方に存在しています。前述のようにそれぞれの平均値を求めるために、2つのヒストグラムを半分で上下に分割します。その上で、それぞれのヒストグラムの平均値を求めます。理論的には、これだけの情報で消光比を求めることができるはずですが、実際の測定には、不確かさや不正確さの原因となるさまざまな要素があります。

### 3.消光比測定の確度と再現性

消光比の測定に悪影響を与える要素はいくつかあります。このような要素は以下のように分類できます。

- 測定器から発生するオフセット/スプリアス信号
- 測定器に起因する波形の歪み
- 測定器による波形の振幅測定の精度

測定に対する悪影響を最小限に抑えるため、以下の手法が用いられます。

- エラーに強いヒストグラム解析の測定アルゴリズムを使用します。
- 波形歪みの原因を理解して、波形忠実度の高い測定器を使用します。
- 測定器の測定限界を理解して、可能な限りその範囲内で使用します。

#### オフセット

フォトダイオード・レーザは、光が入力されていなくても0以外の出力電圧を生成することがあります。この原因としては、フォトダイオードの暗電流や、フォトダイオードの後段にある電子増幅器から生成される電圧が考えられます。また、フォトダイオードの後段のオシロスコープによって、オフセット電圧が生成されることもあります。図8の単純なアイ・ダイアグラムを参照してください。図左側の光信号は、‘1’レベルが1mW、‘0’レベルが50 $\mu$ Wなので、消光比は20、13dB、5%です。この信号を、光/電気変換利得が500V/Wで、オフセット電圧が10mVのレーザに通すと、オシロスコープにどのような波形が表示されるのでしょうか。

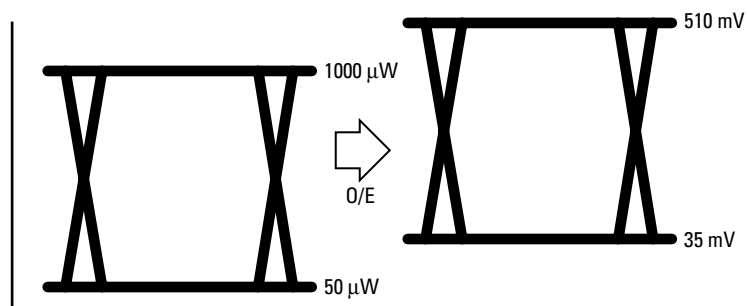


図8.オフセットが測定確度に与える影響

レーザ出力において、‘1’レベルは理想値の500mVから510mVにシフトされます。‘0’レベルは、理想値の25mVから35mVにシフトされます。このため、見かけの消光比は14.6、11.6dB、6.9%になります。オフセットを補正しない場合、測定エラーは次のようになります。

$$\text{測定エラー} = ((20-14.6)/20)*100 = 27\%$$

より消光比が高いトランスミッタの測定では、オフセット・エラーが真の‘0’レベルに近づくか、そのレベルを超えることさえあるため、測定エラーはさらに大きくなります。上記の例では、オフセット・エラーを除去しない場合、真の消光比が無限大であっても、測定可能な消光比の最大値(‘1’レベルが500mVで一定の場合)は510/10つまり51(17dB、2%)となります。また、負のオフセットがある場合は、消光比の測定結果が真の値よりもはるかに大きくなる場合があります。

オフセットから生じるもう1つの問題は、オフセットの変動です。この場合、消光比測定の結果は、変動し不正確になります。

### オフセットに起因する測定エラーの低減

Agilent 83480A デジタル・コミュニケーション・アナライザと Agilent 86100A デジタル・コミュニケーション・アナライザには、オフセットに起因する消光比の測定エラーを容易に減らす機能が装備されています。Agilent 83480Aでは、このプロセスは「暗校正」と呼ばれます。Agilent 86100Aでは、このプロセスは「消光比校正」と呼ばれます。この手順は、どちらの測定器を使っても基本的には変わりません。まず、測定器内部の光レシーバに光がまったく入らないようにします。この状態で、測定器はレシーバに入力がないときの残留信号を測定します。消光比測定の際に、測定器はこのオフセット量を計算から除去します。

Agilent 83480AとAgilent 86100Aには、内部オフセット信号を低減して安定させることができる統合型光レシーバが搭載されています。外部光レシーバを使用する場合にも、レシーバを接続した電気チャネルに対して消光比校正を実行できます。校正を実行する場合は、外部レシーバが接続され、アクティブであることを確認する必要があります。これにより、外部レシーバが生成するオフセットを正確に分類できます。

### 測定器の周波数応答特性の影響

測定システム(フォトダイオードO/Eコンバータ、増幅器、フィルタ、測定用オシロスコープなど)の周波数応答特性は、波形歪みを引き起こすことがあるため、結果的には消光比の測定結果に悪影響を与えます。

TIA/EIA OFSTP-4Aは、レシーバ(フィルタを含む)の周波数応答を、図5に示した破線の許容範囲に収めることを推奨しています。許容範囲はきわめて狭く、実際には達成が困難な場合があります。ところが、この許容範囲に近い周波数応答を持つレシーバを使っても、消光比測定に大きなエラーが生じることがあるのです。

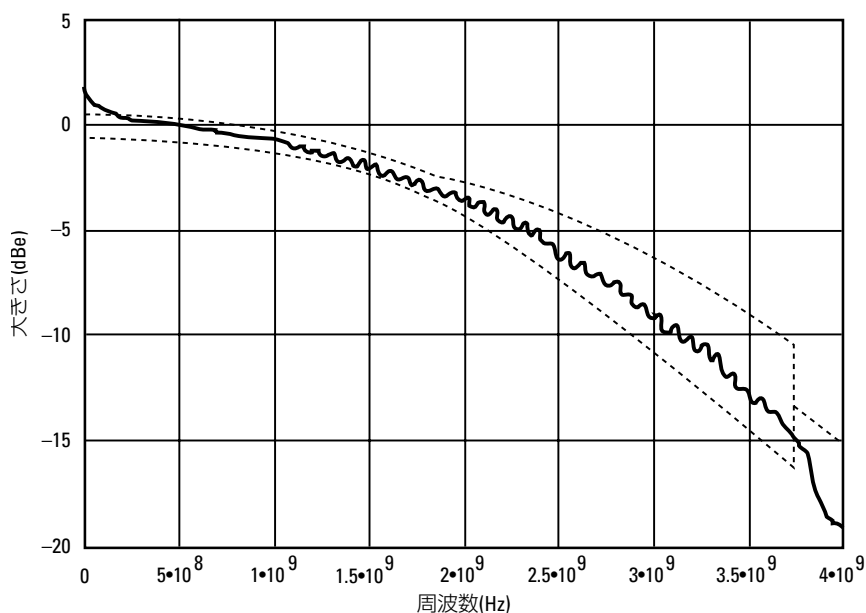


図9.消光比の測定エラーを引き起こすレーザの周波数応答特性

図9に示すような周波数応答特性を持つレーザを考えてみます。このレーザは、SDH/SONETの基準レーザの仕様要求をほぼ満たしているため、消光比の適合試験に使用できるように思えるかもしれませんが、周波数応答はおおむね良好ですが、きわめて低い周波数レンジで、およそ1dBもの急激な上昇が見られます。この応答により、データ信号のきわめて低い周波数の信号成分は、それより上の周波数成分に比べて余分に増幅されます。低周波利得の増大は、高速広帯域O/Eレーザで使用するGaAs増幅器や、フォトダイオードに入射する光のカップリング軸ずれに広く見られる現象です。

図9のような周波数応答を持つ測定システムに、図10のような信号波形を通した場合、低周波成分がそれ以外の成分に対して増幅されるため、歪みが発生します。消光比がおよそ10dBのトランスミッタは、5.48dBと測定されています。これが消光比の測定値に与える影響を調べるもっとも簡単な方法は、低周波成分を単にDCまたは平均パワーとして分類し、高周波成分をAC変調または信号の情報を持つ要素として分類することです。

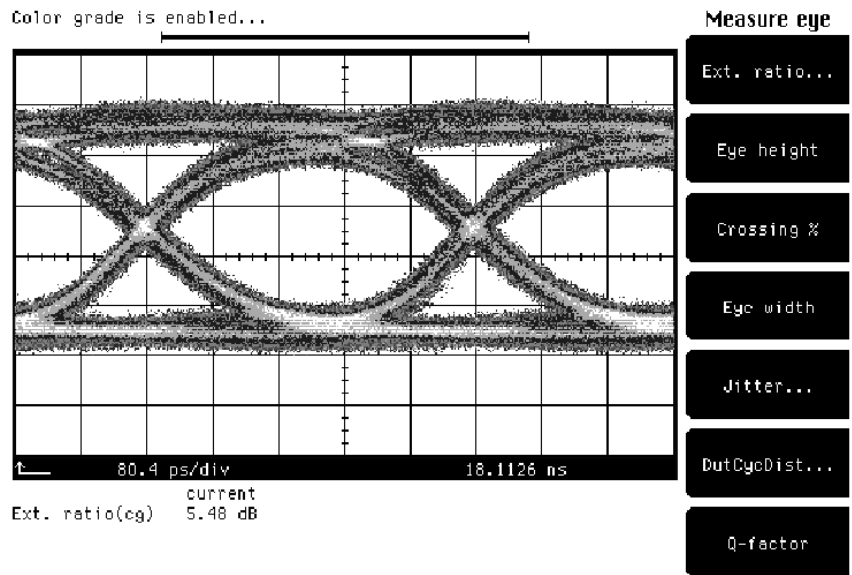


図10.不完全な周波数応答に起因する波形歪み

このような不完全な周波数応答による影響は、無入力時のオフセットによるものと似ています(図8を参照)。真の消光比が大きくなると、測定エラーによる影響も増大します。しかし、無入力時のオフセットのように、レーザの不完全な周波数応答を簡単に修正する方法はありません。これは、測定対象の信号に固有の周波数成分によって、必要な補正が異なるためです。

不完全な周波数応答によるエラーを抑える最善の方法は、この影響を最大限に抑えるように設計された測定システムを使用することです\*。増幅器付きレーザで測定を行う場合には、注意が必要です。消光比測定を正確に行うには、増幅器なしのレーザや注意深く設計された増幅器が適しています。

Agilent 83481A、83482A、83485A、83485B、83486A、83487A、86101A、86103A、86105A、86106A、86109Aなどの各モジュールの消光比測定で使用されているレーザは、良好な周波数応答を示すように設計されており、きわめて正確な消光比測定が可能です。Agilent 83485Aの周波数応答の例を図11に示します。

\* シングル・ビット・レートでの周波数応答エラーを、付録1に示す手法で除去できる特殊なケースもあります。

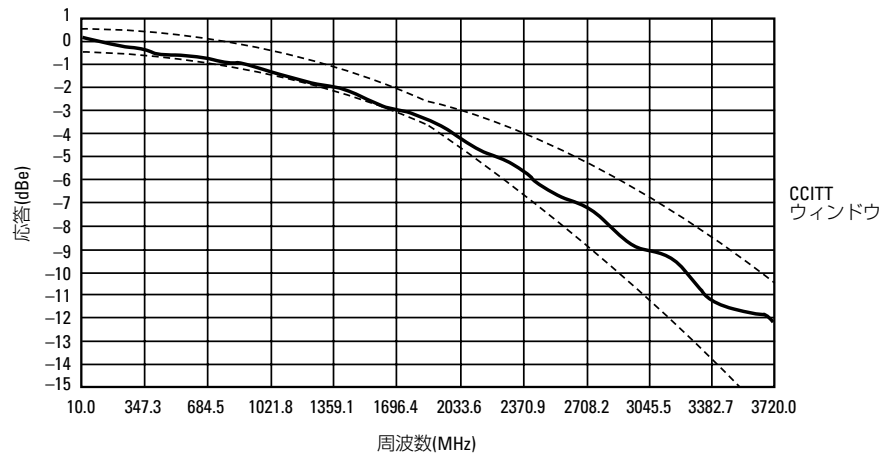


図 11. Agilent 83485A光レーザーの周波数応答特性

### 消光比測定のアプローチ

Agilent 83480Aによる自動消光比測定のプロセスは、以下の要素で構成されています。

1. 暗校正により、内部オフセットの影響を除去します。
2. 測定器を無限残光モードにします(これは、サンプル数と時間や振幅を対応させる、3次元のデータベースです。表示にはカラー・グラデーションが使用され、画面ピクセルのカラーがその位置でのサンプル数を表します)。
3. アイ・ダイアグラムのヒストグラム解析を行い、「1」レベルと「0」レベルを求めます。
4. 消光比を計算して、結果を出力します。

消光比を測定するためのアプローチには、繰り返し改良が加えられてきました。Agilent 83480が登場した1994年当時では、ヒストグラム解析で使用するアイ・ダイアグラムの領域に関する強力なコンセンサスは業界には存在していませんでした。アイ・ダイアグラムのフル・ビットを対象に測定すべきだと言う人もいましたし、中心部20%からのデータのみを使用すべきだと言う人もいました。できるかぎり柔軟に測定できるようにするため、測定器は、ユーザが望む任意のアイ・ダイアグラム領域を測定できるようにデザインされています。

幅広い領域を解析する場合で、アイ・ダイアグラムの立ち上がりや立ち下がり部分がこの領域に含まれてしまい、これらが実際の「1」レベルや「0」レベルの一部と見なされていなくても、測定に影響を与える可能性があります。アイ・ダイアグラムのエッジ部分の立ち上がりや立ち下がりのデータがヒストグラムに含まれている場合、「0」レベルは実際よりも大きめに測定され、実際よりも「1」レベルは小さめに測定されることがあります。そのため、初期のアプローチは、エッジ部分の立ち上がりや立ち下がりをデータを切り離すようにデザインされていました。

このような消光比測定アルゴリズムの機能により、ビットパターン依存性のあるアイ・ダイアグラムにおいて問題が引き起こされる可能性があります。たとえば‘1’レベルの次に連続して‘1’レベルがくる場合、その‘1’レベルは‘0’レベルから‘1’レベルになった‘1’レベルより高いレベルになることがあります。この場合、アイ・ダイアグラムは2つの‘1’レベルを表示します。したがって‘1’レベルのヒストグラムも2つに分かれます。アナライザに対し、これは、アイ・ダイアグラムのフル・ビットのデータ(立ち上がりや立ち下りのエッジ部分からのデータの影響を受ける)を使用する際に、‘1’レベルのヒストグラムも類似したものになります。ヒストグラム全体の平均を実際に検出する必要がある場合でも、アナライザは、2つの山のヒストグラムの1つの山のいずれかに「ロック」することがあります。これは、アイ・ダイアグラムの中心部のみが解析される場合にも生じる可能性があります。どちらの山も優勢でない場合、アナライザは片方の山をロックしたり、もう一方の山をロックしたりします。この結果、消光比の値も影響を受けます(マーカを使用しても同様にその位置をジャンプします)。

1994年以来、業界では、アイ・ダイアグラムの中心領域に対して消光比を測定すべきであるという見解が主流になりました。そのため、消光比の測定アルゴリズムは、このような見解に沿って調整されてきました。新しいアルゴリズムでは、単に測定境界の内側にあるデータ全体の平均を検出します(通常は、アイ・ダイアグラムの中心部20%)。このアルゴリズムは、立ち上がりや立ち下りのエッジ部分のデータがあっても影響を受けません。このような変更には2つの利点があります。第1に、パターンに依存するアイ・ダイアグラムの2つの山による、測定値の「変動」から影響を受けることがなくなります。第2に、測定結果を迅速に得ることができ、非常に優れた再現性と安定性を実現できます。改良された測定アルゴリズムは、Agilent 83480Aのファームウェア・バージョン7.0とAgilent 86100のすべてのバージョンに装備されています。

測定アルゴリズムに関わりなく、以下の事項を考慮する必要があります。

- 測定に対するノイズの影響があるか。
- 正確に測定できる最小信号レベルはどの程度か。
- アイ・ダイアグラムのどの部分を解析するか。
- ヒストグラムを作成するためにどの程度のデータがあれば十分か。

### 測定器のノイズと小信号の測定

測定器のノイズも、消光比の測定エラーを引き起こす原因となります。ただし、測定にはヒストグラムが用いられるため、ノイズ・レベルが測定対象の信号の大きさに近い場合でも、信頼性の高い測定が可能です。たとえば、Agilent 83480AにAgilent 83485A光レシーバ・プラグインを組み合わせた場合、またはAgilent 86100AにAgilent 86105Aを組み合わせた場合のRMSノイズ・レベルは、代表値で $8\mu\text{W}$  (-21dBm)です。このノイズ・レベルが‘1’と‘0’の方のレベルにかかるため、合計のRMSレベルは $16\mu\text{W}$ になります。

平均パワー・レベルが $40\ \mu\text{W}$  (-14dBm)を下回り、消光比が10程度のトランスミッタを測定する場合、アイ・ダイアグラムの「目」は狭まりますが、それでも正確な測定が可能です。

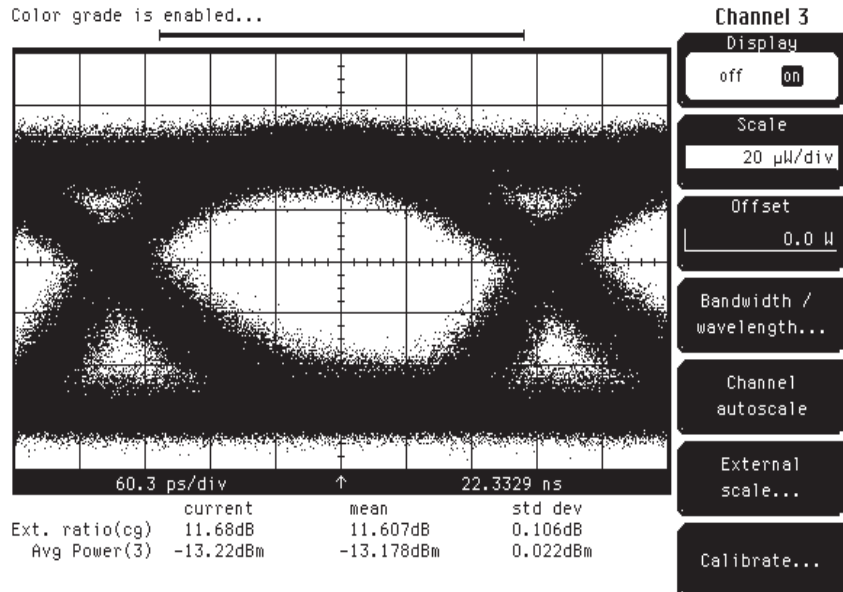


図12.S/N比が低い場合の消光比測定

測定器の自動ヒストグラム機能を使用することにより、消光比計算の元になる平均‘1’レベルと‘0’レベルを簡単に求めることができます。図12の例では、アイの高さ(‘1’レベルと‘0’レベルの差)とRMSノイズの比は10に近い値です。RMSノイズは $16\ \mu\text{W}$  ( $8\ \mu\text{W}$ の2倍)、信号パワーは約 $100\ \mu\text{W}$  (消光比が10より大きい場合は平均パワーの約2倍)であるからです。この比が5を大きく下回ると、消光比測定アルゴリズムが最終的に機能しなくなります。これは、アイ・ダイアグラムの各成分を識別して、ヒストグラムの位置を決定するのが不可能になるためです。

Agilent 83480Aと86100Aには、使用可能な多数のレシーバ・プラグインがあり、それぞれに異なるノイズ特性があります。Agilent 83481A、83486A、83487A、86101A、86103Aの代表的RMSノイズ・レベルは $1.5\ \mu\text{W}$ 未満であり、最低 $10\ \mu\text{W}$  (平均-20dBm)の信号に対する消光比測定が可能です。Agilent 83485Bおよび86106AのRMSノイズ・レベルは代表値で $15\ \mu\text{W}$ 未満であり、最低 $100\ \mu\text{W}$  (-10dBm)の信号に対する消光比測定が可能です。消光比測定はS/N比が低くても可能ですが、アイ・ダイアグラムのマスク・テストでは、12以上のS/N比が必要です。たとえば、Agilent 83480AとAgilent 83485A (‘1’レベルと‘0’レベルの両方でRMSノイズ $8\ \mu\text{W}$ )を使用してマスク・テストを行う場合、信号パワーは $200\ \mu\text{W}$  (平均パワーが $100\ \mu\text{W}$ 、-10dBm)を超える必要があります。



## 測定対象となるアイの部分の決定

OFSTP-4では、消光比データを抽出するヒストグラムに、信号の1ビット周期全体、すなわち1個の完全な「目」を含めることを推奨していました。この方法の利点の1つは、ヒストグラム・ウィンドウの配置が簡略化されることです。ウィンドウの水平方向の幅が1ビット周期なら、水平軸方向のウィンドウの配置は自明です。Agilent 83480Aと86100Aでは、ビット周期の任意の部分からヒストグラムを作成できます。たとえば、Agilent 83480Aと86100Aは、デフォルトではアイの中心部20%を測定します。

アイの中心部20%を使用することには、2つの理由があります。第1に、OFSTP-4Aの最新改訂版では、消光比測定にこの部分を用いることを規定しています。第2に、フィルタ後のアイの中で、フィルタ前のアイ波形の真の平均‘1’と‘0’パワーを反映するのがこの部分です。中心部20%以外の部分を測定する場合、Agilent 83480Aでは、DEFINE MEAS、Color Grade、Eye windowメニューでこのパラメータを変更します。Agilent 86100Aでは、Measure、Config Measure、Eye Boundary設定でこのパラメータを変更します。

## 十分なデータベースの収集

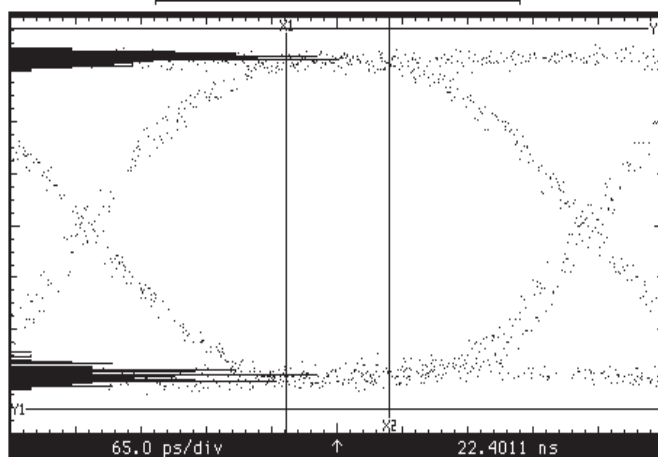
サンプリングやヒストグラム分析に基づく測定は、サンプル数が多いほど正確な結果になります。Agilent 83480Aの7.0以前のファームウェア・バージョンでは、測定結果が得られるたびに値は変動しますが、表示される波形の数が増えるにつれて(カラー・グレード・モード)、値は最終値に収束していきます。

図13は、垂直軸ヒストグラムの一般的な形状を、1個の波形を収集した場合と、50個の波形を収集した場合について示したものです。1個の波形の場合はヒストグラムが粗いのに対して、50個の波形の場合はきわめてなめらかで、サンプル空間が十分に満たされていることが分かります。

Agilent 83480A (ファームウェア・バージョン7.0以降)と86100は、最低1個のピクセルに15回以上ヒットするまで、消光比の測定結果がレポートされないように設計されています。このデータ密度に到達するには、20以上の波形を収集する必要があります。Agilent 83480Aでは、DEFINE MEAS、Color Grade、# Hitsを使用して、このパラメータを変更することができます。Agilent 86100では、このパラメータを変更するにはリモート・コマンドを使用する必要があります。

消光比の測定アルゴリズムが改良されるにつれて、少数の波形に関して正確で安定した測定結果を得られるようになりました。これは、# Hitsパラメータを減らし、最初に収集した少数の波形を多数の波形収集結果と比較して、レポートされた測定の安定性を観察すると分かります。一般的に、少数のサンプルで収集されたヒストグラムでも、‘1’レベルと‘0’レベルの平均を正確に査定することができます。

Histogram is enabled...



histogram  
scale 3 hits/div offset 0 hits  
mean 551.7340  $\mu$ W median 215.2823  $\mu$ W  $\mu \pm 1\sigma$  56.9%  
std dev 394.039  $\mu$ W hits 216 hits  $\mu \pm 2\sigma$  100%  
p-p 852.39  $\mu$ W peak 16 hits  $\mu \pm 3\sigma$  100%

Hist window

Scale source

channel 1

X1 Position

22.3505 ns

Y1 Position

73.5  $\mu$ W

X2 Position

22.4527 ns

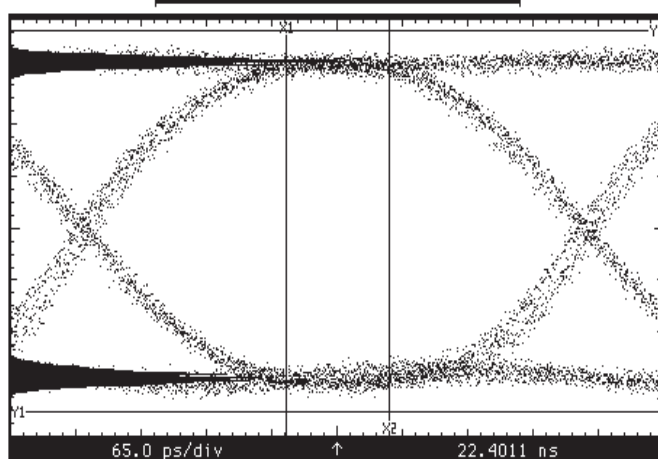
Y2 Position

1.0248 mW

Default window

Done

Histogram is enabled...



histogram  
scale 1.775 khits/div offset 0 hits  
mean 548.3361  $\mu$ W median 207.1254  $\mu$ W  $\mu \pm 1\sigma$  52.7%  
std dev 391.280  $\mu$ W hits 130.4 khits  $\mu \pm 2\sigma$  100%  
p-p 893.18  $\mu$ W peak 8.876 khits  $\mu \pm 3\sigma$  100%

Hist window

Scale source

channel 1

X1 Position

22.3505 ns

Y1 Position

73.5  $\mu$ W

X2 Position

22.4527 ns

Y2 Position

1.0248 mW

Default window

Done

図13. サンプル数が小さい場合と大きい場合の消光比ヒストグラム

## 4. Agilent 83480A または86100A デジタル・コミュニケーション・アナライザに よる消光比の測定手順

このセクションでは、Agilent 83480Aまたは86100Aデジタル・コミュニケーション・アナライザを使用して、消光比を測定するための詳細な手順について説明します。ここに示すガイドラインに沿って実行することにより、最善の測定結果を得ることができます。

### 測定器を既知の状態に設定

測定手順を既知の状態から開始するため、SETUP (83480のみ)およびDefault Setupソフトキーを押して、測定器をデフォルトのセットアップ状態に設定します。測定器の設定をカスタマイズしている場合は、これによってデフォルトの状態に戻ってしまうため、注意してください。デフォルト・セットアップは消光比測定に必須というわけではありませんが、特殊な設定が原因で生じる測定の失敗を防ぐ効果があります。

### 信号を測定器に表示

Agilent 83480Aや86100Aなどの超広帯域“等価時間”デジタル・サンプリング・オシロスコープには、タイミング基準として外部トリガが必要です。最善のトリガ信号は、データと同期したクロック信号です。たとえば、2.5Gb/sの波形を測定する場合、最善のトリガ信号は、測定信号の生成に用いられる2.5GHzのクロック信号です。このタイミング信号は、レーザを変調したデータを生成するために使用したパターン・ジェネレータから取ることもでき、またデータから抽出したクロック信号を使うこともできます。実際のデータ・レートの整数分の1のサブレート・クロック信号を使用することもできます(4分の1または10分の1クロック、2488.32Mb/s波形に対しては622.08または248.832MHz)。トリガ信号は、データ波形に対して位相ロックされているか、位相コヒーレントである必要があります。測定はすべてトリガ・イベントを基準として行われるため、トリガ信号とデータ間の位相が不安定であれば、測定器に表示される波形も不安定になります。

一般に、トリガとデータの相対的な不安定性(ジッタ)があまり大きくなければ、消光比測定への影響はありません。これは、測定が信号の振幅に対して行われるからです。これに対して、マスク・テストはジッタの影響を強く受けます。

光波形を測定する場合は、光レシーバに対して高品質の接続を行う必要があります。接続品質が低いことにより、振幅の変動が生じ、測定に悪影響を与えます。測定器前面の光入力コネクタのファイバ・フェルルールと、パッチ・コードの光コネクタのファイバ・フェルルールをクリーニングして、機械的条件を良好にする必要があります。接続したら、測定器を消光比測定用に設定します。

消光比測定では、1つのチャンネルだけをアクティブにする必要があります。Channel SETUPキー(Agilent 8348Xプラグイン・モジュールの入力コネクタの上にあるキー)を選択して、測定に使用するチャンネル以外のすべてのチャンネルをオフにします。Agilent 86100Aでは、"EYE/MASK"モードにて消光比を測定します。このモードをアクティブにするには、測定器ディスプレイの右側にあるEye/Maskボタンを押します。このモードを選択すると、測定器は無限残光モードにされた1つの入力チャンネル以外のすべての入力チャンネルを自動的にオフにします。

### フィルタの有無

消光比測定は、フィルタされた帯域幅に対してもフィルタされない帯域幅に対しても実行できます(ただし、フィルタなしの測定はOFSTP-4Aというテスト方式には適合しません)。Agilent 83480Aでフィルタ構成を設定するには、Channel SETUPキー、Bandwidth/Wavelengthソフトキー、Filter (OnまたはOff)を押します。Agilent 86100Aでフィルタをアクティブにするには、Setupダイアログを選択して、該当するチャンネルを選択するか、表示目盛りの下にある該当するチャンネルボタンを押します。プラグイン・モジュールの中には、2種類のデータ・レートに対応するため2つのフィルタがあります。フィルタをオンにする場合は、正しいフィルタが選択されていることをご確認ください。

### 垂直スケールと水平スケールの設定

測定は、アイ・ダイアグラム全体が測定器のディスプレイに表示された状態で行います。そのため、垂直スケールと水平スケールを調整される必要があります。Agilent 86100Aでは、簡単にオートスケールキーを押すことにより調整できます。Agilent 83480Aにもオートスケール機能がありますが、アイ・ダイアグラムを最適表示するようにデザインされているわけではありません。以下の手順で、アイ・ダイアグラムを表示します。

プラグインで、測定対象のチャンネルに対してCHANNEL SETUPキーを押します。Channel Autoscaleソフトキーを押します。これにより、タイムベース設定を変更せずに垂直スケールリングが実行されます。次にTimebaseキーを押して、Time/Bit periodキーをBit period (ビット周期)に設定します。Bit Rateキーを信号のデータ・レート(2488Mb/s STM-16/OC-48など)に設定するには、ノブや矢印キーで組み込みの標準レートをスクロールするか、テンキーを使用してデータ・レートを入力します。Bit Periodを1ビットと2ビットの間の値に設定します。その後、Positionの値を調整して、アイ・ダイアグラムを画面中央に表示します。

### カラー・グレード・データベースの使用

消光比は、アイ・ダイアグラムのヒストグラムを解析することによって測定します。86100Aでは、ヒストグラムのデータベースとは無限残光画面にあるデータのことです。これは、測定器をEye/maskモードにすると自動的にアクティブになります。83480Aでは、ヒストグラムの元となるデータベースはカラー・グレード・データベースです。このため、測定器をカラー・グレード表示モードにする必要があります。DISPLAYキーを押し、Color Gradeソフトキーを押すと、このモードをオンにすることができます。Color Gradeがオンになると、ただちにデータベースがデータの蓄積を開始します。ただし、83480Aと86100Aでは、測定器の設定(垂直/水平スケールリングなど)を変更すると、データベースが初期化され、初めから蓄積し直されます。

## 消光比測定の前準備

### Agilent 83480A

消光比測定は、Meas Eyeメニュー(測定器ディスプレイの下のAcquisitionキーのシフト機能)で確認されます。消光比測定を選択すると、消光比メニューが表示されます。まず結果の出力フォーマットを、リニア比、デシベル、パーセンテージの中から選択します。

### Agilent 86100A

消光比測定は、Eye/Maskモードをアクティブにすると(ディスプレイの右側のキーを使用)、ディスプレイの左側にある自動アイ測定のいずれかで使用できます。“extinction ratio(消光比)”測定キーを押すと、ディスプレイに表示されているアイ・ダイアグラムを使用して、消光比がレポートされます。86100Aは、デフォルトでは消光比をデシベル単位でレポートします。結果の出力をリニア比かパーセンテージに変更するには、Measurement Resultsタブ(レポートされている消光比値の右側)にある"Setup and Info"を押します。それから、"Extinction Ratio"と"Configuration"を押します。これで、消光比のフォーマットを変更できます。

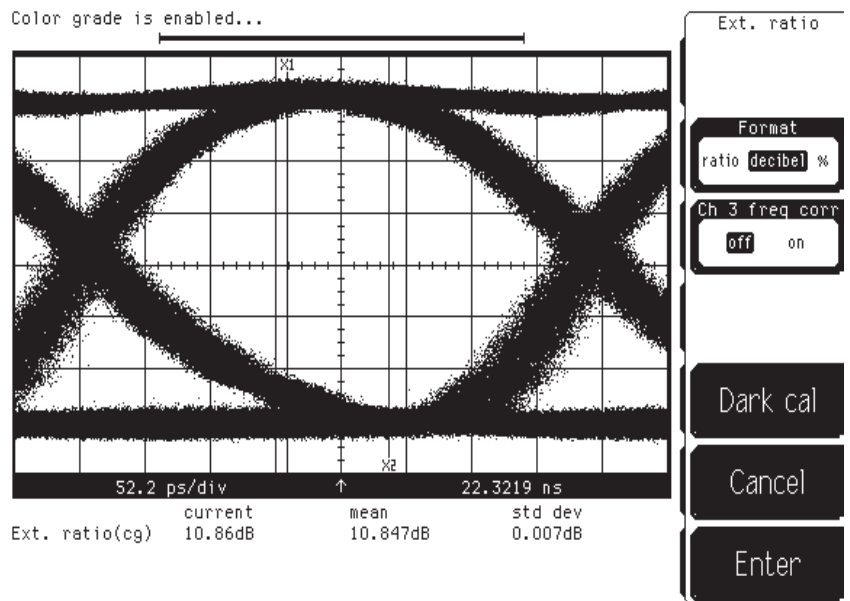


図14a. 83480Aの消光比メニュー

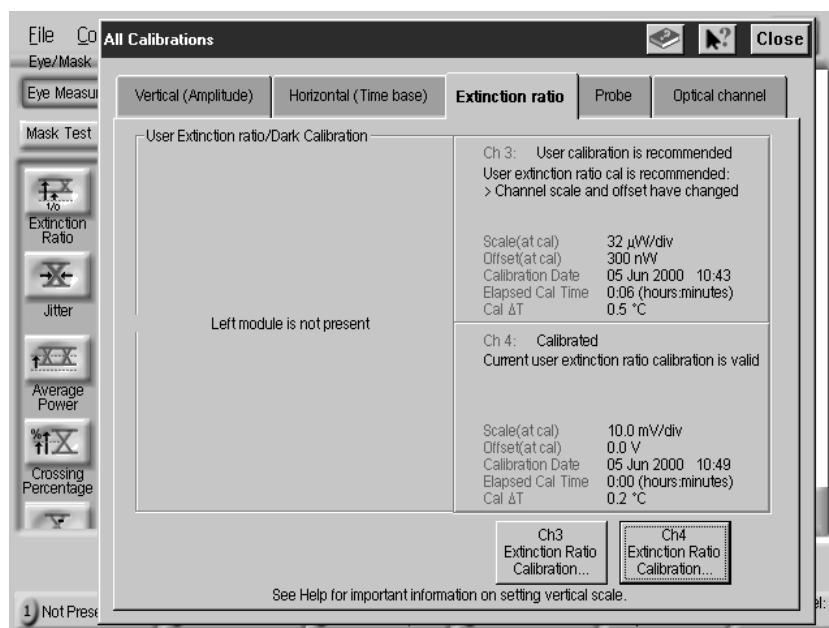


図14b. 86100Aの消光比較正メニュー

次に、内部オフセット(内蔵光チャンネルまたは外部O/Eコンバータと電気チャンネルによるもの)を測定結果から除去するため、消光比較正(暗校正)を実行する前に、垂直スケールとオフセットについての説明が必要です。Agilent 83480Aと86100Aは、デジタル・オシロスコープです。測定された信号レベルは、デジタル化されたレベルに変換されます。最高の確度でデジタル化するには、垂直スケールとオフセットを調整して、アイ・ダイアグラムが測定器のディスプレイ全体に表示されるようにする必要があります。一方、消光比較正(暗校正)で暗信号レベル(信号入力がないときの測定器の信号レベル)を測定する場合は、暗信号レベルを測定器のディスプレイに表示できるように、垂直スケールとオフセットを調整する必要があります。

これらの条件をともに満たすため、初めに垂直スケールとオフセットを調整して、アイの下端とディスプレイの下端との間に垂直軸目盛りの約2分の1の間隔を空けながら、できるだけ大きくアイを表示します。矢印キーやノブでは50/100/200...の垂直スケールしか設定できないので、 $80 \mu\text{W/div}$ などの中間の値を入力するには、テンキーを使用する必要があります。光源からの入力をなくすため、光源の電源をオフにするか、接続を外します。画面に暗信号レベルが表示されていることを確認します。暗信号レベルは、画面下端近くに平坦な水平線として表示されているはずですが、暗信号レベルが表示されない場合や、アイ・ダイアグラムが無限残光表示されているために見えにくい場合には、垂直スケールとオフセットを調整して見えるようにします。その後、もう一度垂直スケールを調整して、光源をオフにしても暗信号レベルを表示でき、さらにアイ・ダイアグラムが最大に表示されるようにします。図15を参照してください。

暗信号レベル(アイ・ダイアグラムと同時に見えないのが普通)

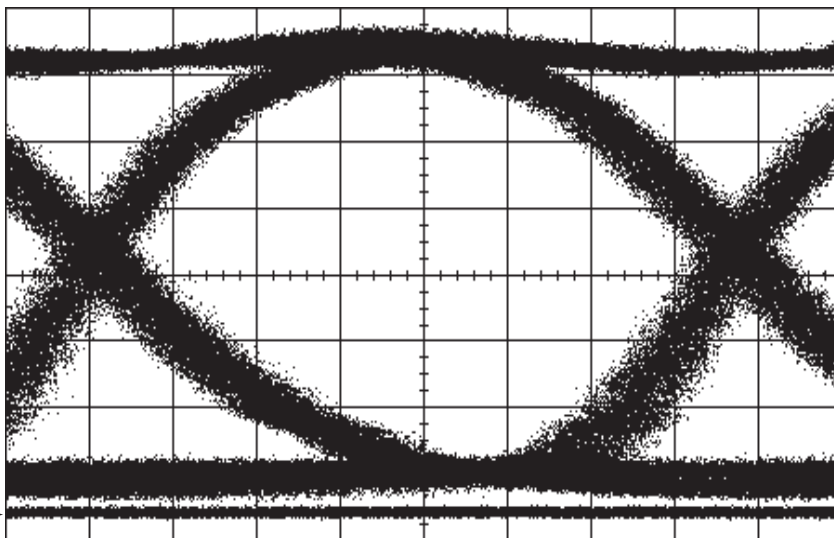


図15.暗信号レベルとできるだけ大きいアイ・ダイアグラムを表示した最適な垂直スケール

垂直スケールを調整してアイ・ダイアグラムの表示サイズを最大にしなければ、消光比を正確に測定できないわけではありません。できるだけ高い測定確度を得るための推奨事項です。垂直表示目盛り3個程度の小さいアイ・ダイアグラムを使用して、有効で正確な結果を得ることもできます。

### 消光比校正(暗校正)の実行

#### Agilent 86100Aの消光比校正

Agilent 86100Aは、有効な消光比校正を行わなくても消光比値をレポートします。しかし、最高の確度を得るためには、消光比校正を実行する必要があります。一度実行した消光比校正は、測定器の温度変化が $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以内の場合や、校正の実行後10時間以内であれば有効です。そのため、校正は測定器のウォームアップがすんでから実行する必要があります。ウォームアップ時間は1時間程度です。また校正は、測定を行う垂直スケール設定で実行する必要があります。複数の主要なスケール設定でスケール設定を変更する場合は、新しく消光比を校正することをお勧めします(たとえば、校正実行時のスケールが $200\mu\text{W/div}$ の場合、この校正に適したスケール設定は $100\mu\text{W/div}$ から $500\mu\text{W/div}$ の間です)。

消光比校正を実行するには、ディスプレイの上部にある校正プルダウンメニューを選択します。このメニューを選択すると、測定器で利用可能なすべての校正を含むページが表示されます。消光比のタブを選択します。ディスプレイには、図16aのようなウィンドウが表示されます。

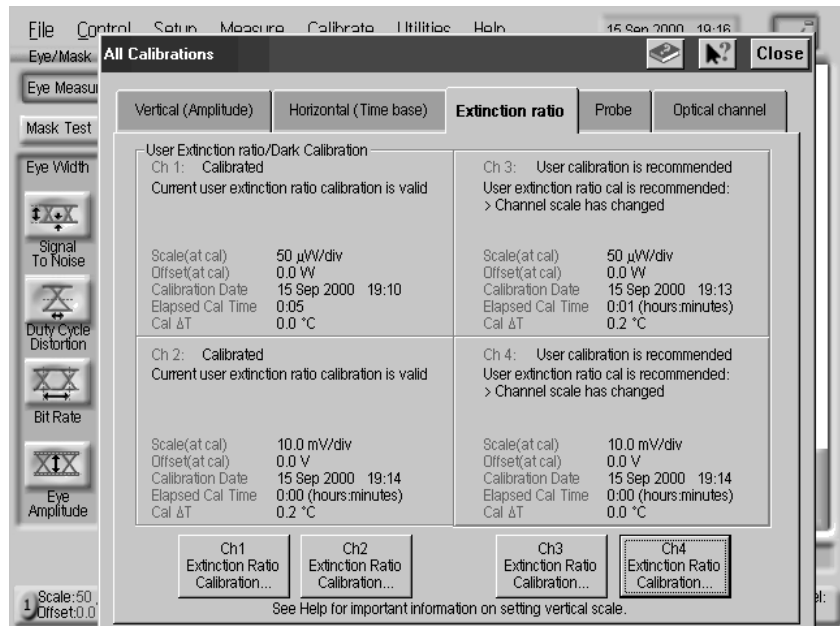


図16a.86100Aのプラグイン・チャンネルの校正状態ウィンドウページ

消光比の校正ページには、校正が必要かどうかおよびその理由、現行の校正が実行されている条件が示されています。校正を実行するには、“Ch X Extinction Ratio Calibration” ボタンを選択します。

ある特定chに校正を実行すると、測定器に入力される信号を除去するように指示されます。特にコア径が大きいレーザを使う場合は、周囲光が校正に悪影響を与えることがあるため、レーザに光が入らないように遮断する必要があります。外部光レーザを使用する場合は、そのレーザを測定器のチャンネルに接続して、アクティブな状態にする必要があります。

プラグイン・モジュールで正しく垂直校正が実行されていない場合、消光比校正は自動的に垂直校正を起動します。これには、1~2分かかります。垂直校正が実行されているか、正しい垂直校正がすでに存在している場合は、消光比校正が実行されます。これは、2秒もかからずに実行されます(消光比校正を実行するのに1~2分かかる場合もあれば、1~2秒かかる場合もあるのはこのためです)。

#### Agilent 83480Aの消光比校正

消光比計算から内部オフセット信号を除去するには、暗校正が必要です。暗校正を正しく実行しなければ、消光比測定の結果が出力されません。暗校正を実行した後に測定器の電源をオフにすると、暗校正は無効になります。また、測定器の周囲の温度が5℃以上増減した場合にも、暗校正は無効になります。



暗校正を実行するには、MEAS EYE/Extinction Ratio/Dark Calの順にキーを押します。Dark Calキーを押すと、測定器からプラグインに対する信号接続をすべて切り離すように指示されます。これは、測定器に光信号パワーが入らないようにして、内部オフセットの影響だけを測定するためです。外部レシーバを使用する場合、レシーバとAgilent 83480Aの両方に起因するオフセットが測定されます。Agilent 83486A/7Aなどのコア径が大きいレシーバを使用する場合は、周囲光が校正に悪影響を与えることがあります。このため、レシーバの入力に光が入らないように遮断する必要があります。

最高の確度を得るためには、測定器のウォームアップがすんだ後に暗校正を実行します。ウォームアップ時間は1時間程度です。プラグイン校正も、確度の向上に役立ちます。プラグイン校正は、UTILITY/Calibrate/Calibrate Plug-inの順にキーを押すと、簡単に実行できます。(プラグイン校正を行う必要があるのは、測定器の周囲温度が前回のプラグイン校正時よりも5℃以上増減したときと、メインフレームからプラグイン・モジュールを取り外したときです。温度のステータスを調べるには、測定チャンネル入力の近くにあるSETUP CHANNELを選択し、Calibrate/Cal Statusソフトキーを選択して、Cal Statusを“ON”にします。図16bを参照してください。この例では、プラグイン校正時(メインフレーム校正時ではなく)からの温度変化は0℃です。プラグイン校正を実行しても、暗校正は必要です。)

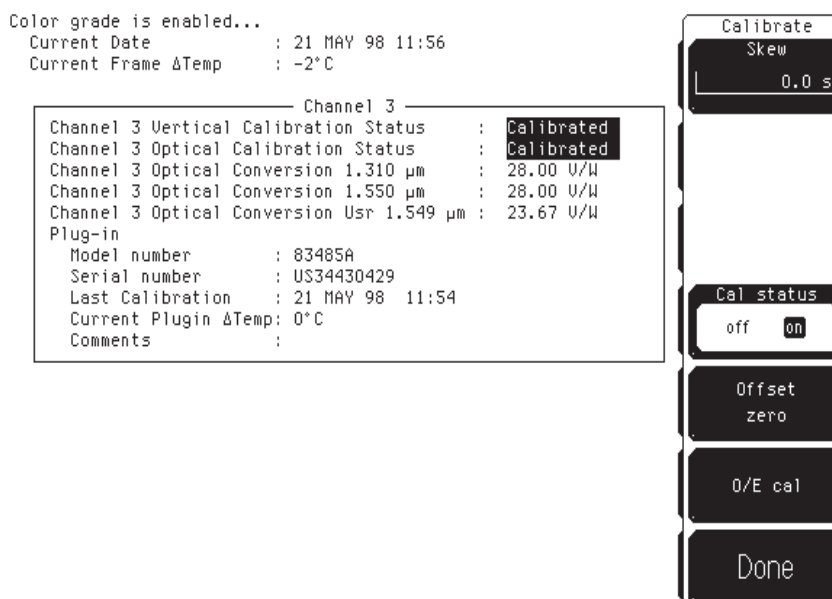


図16b.83480Aのプラグイン・モジュールの校正ステータス

内蔵光チャンネルの暗校正を初めて実行すると、2つの手順が行われます。最初に、O/Eオフセット校正が実行されます。このプロセスでは、プラグイン・モジュールの部分的な垂直校正が実行され、内部光レシーバとその後の電子回路から発生する内部オフセットが最小化されます。次に、オフセット調整後の実際の暗信号レベルが測定されます。この手順には、約35秒ほどかかります。2度目の暗校正では、O/Eオフセット校正は不要であり、暗信号レベル測定だけが行われます。この場合、暗校正プロセスは2秒もしないうちに実行されます。なお、最高の確度を得るためには、消光比測定を実行するときと同じ垂直スケールやオフセット値で暗校正を実行する必要があります。信号レベルが変化した場合(パワーが小さい別のトランスミッタをテストする場合など)、新しい被測定レーザに合わせて垂直スケールリングを調整してから、暗校正を再実行します。暗校正を再実行しなくても、測定結果は有効で正確です。暗校正の再実行は、最高の確度を得る場合にのみ行います。

暗校正が終了すると、レーザを再接続するように指示されます。レーザを再接続する前に測定器がデータを収集している可能性があるため、データベースをクリアーにして、アクティブなレーザ信号からのデータだけが含まれるようにする必要があります。こうするには、レーザ信号が安定した後に、CLEAR DISPLAYを押します。最後に、Extinction RatioメニューでDONEを押すと、測定結果が出力されます。

### 消光比校正で生じる一般的な問題

校正では、オフセット信号は除去または“ゼロ・アウト”されないことを覚えておく必要があります。校正で行われるのは、オフセット信号を数量化して、測定校正から数学的に除去できる状態にすることだけです。

前のセクション(17ページ)で説明したように、Agilent 83480Aでは、消光比測定の計算を始めるのに必要な最小“ヒット”またはサンプル数をユーザが設定できます。たとえば、最小ヒット数を15に設定すると、少なくとも1個の表示ピクセルが最低15回ヒットした後に消光比の計算と表示が始まります。これにより、データベースが十分大きくなってから結果を出力させることができます。この制限値はユーザ定義可能であり、DEFINE MEAS/Color grade/ #Hitsで調整できます。デフォルト値は1です。この設定では、ただちに(最初のカラー・グレード波形が表示されるのと同時に)測定結果が表示されます。#Hitの制限値を小さい値に設定すると、データベースが小さい初期段階では測定値の変動がみられる場合があります。しかし、データが収集されるにつれ、消光比の測定値は急速に最終値へと収束するはずで

Agilent 86100Aでは、#hitsはGPIBコントロールによってのみ制御可能です。デフォルト値は15ヒットです。通常の信号の信号分布によっては、#hitsを15以下に設定しても安定した再現性のある測定を実現できる場合があります。この結果、波形が少なくなるため、測定時間の短縮にもなります。

被測定レーザがアクティブにチューニングされている場合、以前のチューニング・レベルや動作条件で収集されたデータが現在の測定値に影響しないように、定期的にデータベースを初期化する必要があります。データベースを初期化するには、CLEAR DISPLAYを実行します。

## 結果の確度

Agilent 83480Aで測定した消光比の確度は、消光比の実際のレベルによって決まります。消光比レベルが高くなると、測定器のダイナミック・レンジによって確度が制限されます。この場合、測定器は非常に高いレベルと非常に低いレベルを同時に測定しなければならないからです。この種のAgilent 83480Aの垂直軸確度は、“DC確度”つまり特定の信号レベルを測定する際の確度で表されます。たとえば、Agilent 83485Aプラグインを使用する場合、DC確度は測定レベルの $\pm 25 \mu\text{W}$   $\pm 2\%$ です。消光比が10dB(10:1)の場合、すなわちロジックレベル‘1’が $1000 \mu\text{W}$ 、ロジックレベル‘0’が $100 \mu\text{W}$ の場合、測定値の両極端は(オフセットを無視すると)、次のとおりになります。

$$(1000 \cdot 1.02 + 25) / (100 \cdot 0.98 - 25) = 14.32 \text{ (11.6dB)}$$

$$(1000 \cdot 0.98 - 25) / (100 \cdot 1.02 + 25) = 7.52 \text{ (8.8dB)}$$

同様の解析を16dB (40:1)の消光比に対して行うと、 $1000 \mu\text{W}$ の‘1’レベルと $25 \mu\text{W}$ の‘0’レベルに対する測定の不確かさは、以下のとおりになります。

$$(1000 \cdot 1.02 + 25) / (25 \cdot 0.98 - 25) = (\text{無限大})$$

$$(1000 \cdot 0.98 - 25) / (25 \cdot 1.02 + 25) = 18.9 \text{ (12.8dB)}$$

上記の解析では、オフセットを無視しました。しかし、どのオフセットとともに測定されたかということは、最終結果にも影響を及ぼします。消光比を測定するには、暗校正で求めた内部オフセットを、アイ・ダイアグラムのロジックレベル‘1’やロジックレベル‘0’から減算します。ロジックレベル‘0’が非常に小さい場合(消光比が大きい場合)、オフセットを除去するには、非常に小さい値同士で減算を行う必要があります。すでに述べたように、ロジックレベル‘0’と暗信号レベルは、ロジックレベル‘1’と同じ垂直スケール設定で測定されるため、小信号をデジタル化する際の確度は多少下がってしまいます(量子化エラーの影響を受けやすくなります)。このため、消光比測定値を左右するオフセット調整済みのロジックレベル‘0’値には、大きな測定不確かさが内含されている可能性があります。

上記の解析結果から、消光比測定は信頼できないという印象を受けるかもしれません。しかし、実際の測定結果は、最悪の場合を想定した解析結果よりもはるかに良いものです。これにはヒストグラムが大きな役割を果たします。ヒストグラムには、量子化エラーが及ぼす影響の一部を相殺する効果があるため、測定確度を向上させる役割を果たします。測定確度を現実的に評価するために、Agilent 83480Aや86100Aのさまざまな構成について、測定値と実際の性能を比較したものを次の表に示します。

表1. Agilent 83480Aによる消光比測定の確度

	実際の消光比(dB)		
	8~11	11~14	14~16
<b>プラグイン・モジュール</b>	<b>測定エラー</b>		
Agilent 83485A			
Agilent 86105A			
Agilent 86106A	-0.6~0	-1.5~0	-2~0
Agilent 83481A			
Agilent 83486A			
Agilent 83487A	-0.4~0	-1.2~0	-2~0
Agilent 86101A			
Agilent 86103A			

注記: カラー・グラデーション・データベースで、50個の波形、2<sup>17</sup>-1個のPRBSデータを使った測定結果。アイ・ダイアグラムの中心部20%に対して測定。アイ・ダイアグラムは、垂直軸目盛り6個程度にスケール。水平スケールは、約1.3ビット周期に設定。フィルタされた帯域幅で測定を実施(データ・レートに応じてSDH/SONETフィルタリングかギガビットEthernetフィルタリング)。プラグイン垂直校正と消光比暗校正は実行済み。Agilent 83485Aプラグイン・モジュールに対しては、平均パワー・レベル-4dBm~-14dBm。Agilent 83481A、83486A、83487Aプラグイン・モジュールに対しては、平均パワー・レベル-10dBm~-18dBm。波形が特殊で、良い形状の垂直ヒストグラムが得られない場合、不確かさの値は異なる可能性があります。このような結果は、測定器の仕様ではなく、予測される測定性能レベルを示すものです。

### 測定可能な消光比のレベル

理論的には消光比は無限大になり得ますが、すでに述べた測定の不確かさのために、非常に大きな消光比を正確に測定することは実際には困難です。データ・レートや測定器の構成に応じて、表1から測定レンジと確度の両方の目安を知ることができます。

Agilent 83480Aには、消光比測定レンジを拡大するための手法が搭載されています。これについては付録1で説明します。この手法は、Agilent 86100Aでは使用できません。

## 付録1:消光比測定 レンジの拡大

消光比が可変のトランスミッタをAgilent 83480Aで測定し、消光比を徐々に大きくしていく場合、ある点で表示される測定値が最大値に達して、実際の消光比を大きくしてもそれ以上は上がりません。Agilent 83480Aの場合、この測定限界を求めることができれば、ユーザの調整により有効測定領域を広げることができます。このためには、消光比が可変で、非常に大きい消光比を実現できるレーザ光源が必要です。次のような手順に従って行います。

1. 本アプリケーション・ノートの説明に従って、消光比測定に必要な準備をします。測定結果のフォーマットとしては、リニアやdBではなく%を選択します。
2. 10%のレンジの消光比から始めて、消光比の%値を体系的に下げっていきます(消光比が大きくなると、%で表した値は小さくなります)。レーザを調整するたびに、CLEAR DISPLAYを選択してデータベースを初期化します。
3. ある点で、表示される消光比のパーセンテージがそれ以上変化しなくなります。これは、測定器の測定限界に達したか、レーザの調整限界に達したかのいずれかです。直接変調レーザの場合、このいずれかを区別するには、平均パワーを測定する方法があります(Shift/More Meas(テンキー)/Avg Power)。平均パワーが変化しても消光比が変化しない場合は、測定限界に達したものと思われます。調整によって波形が変化するかどうかを調べる方法もあります。
4. 測定器の測定限界を求めることができたなら、この値を記録します。値は1~4%程度で、測定器の構成と測定するデータ・レートによって決まります。
5. 消光比メニュー(MEAS EYE/Extinction ratio)に、“Ch ‘x’ freq corr”というキーがあります。このキーを選択し、テンキーを使用して、手順4で求めたパーセンテージ値を入力します。たとえば、測定限界が1.5%の場合は、テンキーで1、‘.’、5、Enterを押します。

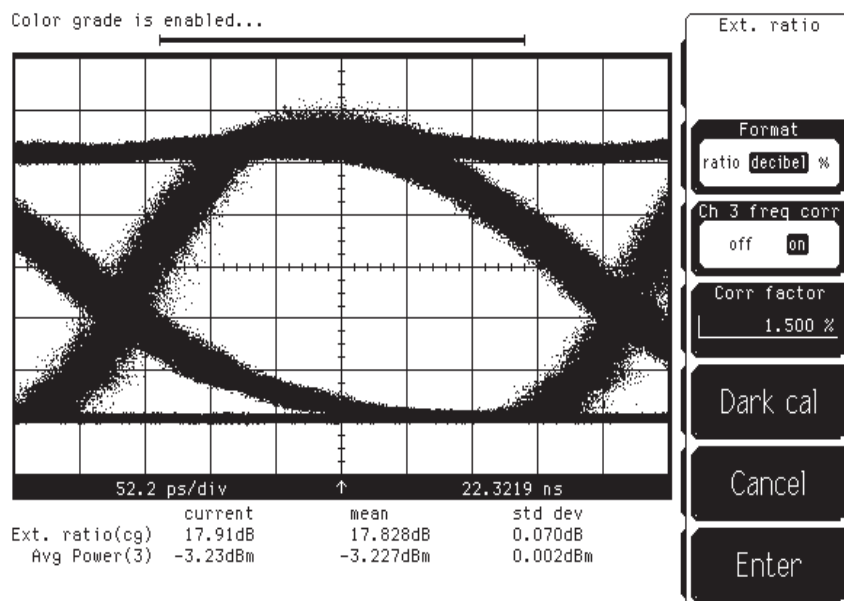


図17.周波数補正メニュー

それ以降の消光比測定では、測定器の測定フロアを考慮してオフセットが補正されます。必要であれば、フォーマットをリニアやdBに戻して、この補正を利用することもできます。この補正係数が有効なのは、係数を測定したときと同じ条件のときに限られます。つまり、データの周波数成分は一定でなければなりません。PRBSデータ・シーケンスを使用する場合、パターン長とデータ・レートを一定にする必要があります。この手順の裏付けとなる理論の詳細については、次の文書をご参照ください: “Accurate Optical Extinction Ratio Measurements”, IEEE Photonics Technology Letter, Vol.6, No.11, November 1994, P.O. Andersson and K. Akermark。



## Agilent Technologiesの測定サポート、サービス、支援

Agilent Technologiesは、お客様が抱えるリスクや問題を最小に抑えながら、お客様が受け取る Value（価値）が最大となることを常に目指しています。当社では、お客様が試験・測定機能の恩恵を確実に受け、必要なサポートを得られるように努めています。ご使用のアプリケーションに適した当社製品を選択し、それらを正しく適用することができるように、充実したサポートおよびサービスのリソースを提供しています。販売されるすべての測定器やシステムは保証の対象となっています。製品の販売完了後も最低5年間は、修理等のサポートがご利用いただけます。当社では、全体のサポートポリシーとして、「約束」と「利益」という2つのコンセプトを基本としています。

### 約束

「約束」とは、Agilentの試験・測定機器が、評判どおりの性能と機能を備えていることを意味します。新しい測定器を選定される際には、その製品情報を提供いたします。これには、実際の性能仕様書はもちろん経験豊富なエンジニアによる実用的なアドバイスも含まれます。当社の測定器をご利用になるときは、ご要望に応じて測定器が適切に動作していることを確認し、製品の操作のお手伝いをし、基本的な測定の支援をします。また、数多くのセルフ・ヘルプのツールをご利用いただけます。

### 利益

「利益」とは、Agilentの専門スタッフによる広範囲に渡る一歩進んだ測定サービスを、お客様に固有のテクニカル・ニーズもしくはビジネス・ニーズに合わせてご購入いただけることを意味しています。問題を効率よく解決し、お客様の競争力を向上するために、当社の様々なプロフェッショナル・エンジニアリング・サービスをご用命下さい。定期校正、付加価値をつけるアップグレード、保証期間外の修理、お客様サイトにおける教育やトレーニング、さらにシステムの設計やインテグレーション、プロジェクト管理に至るサービスを提供しています。世界各国にいる経験を積んだ当社エンジニアや技術者が、お客様の生産性を最大とし、当社測定器に対する投資効果を最善とし、さらに信頼のある測定精度を製品寿命に渡って確保するためのお手伝いをしています。

### ホームページ

[www.agilent.com/comms/lightwave](http://www.agilent.com/comms/lightwave)

アジレント・テクノロジー株式会社

本社 〒192-8510 東京都八王子市高倉町9-1

計測  
お客様窓口

受付時間 9:00~17:00  
(土・日・祭日を除く)  
※FAXは24時間受け付け

TEL ☎0120-421-345  
(0426-56-7832)

FAX ☎0120-421-678  
(0426-56-7840)

E-mail: [mac\\_support@agilent.com](mailto:mac_support@agilent.com)

電子計測ホームページ

<http://www.agilent.co.jp/find/tm>

- 記載事項は変更になる場合があります。  
ご発注の際はご確認ください。

5966-4316J

010103301-NMC