

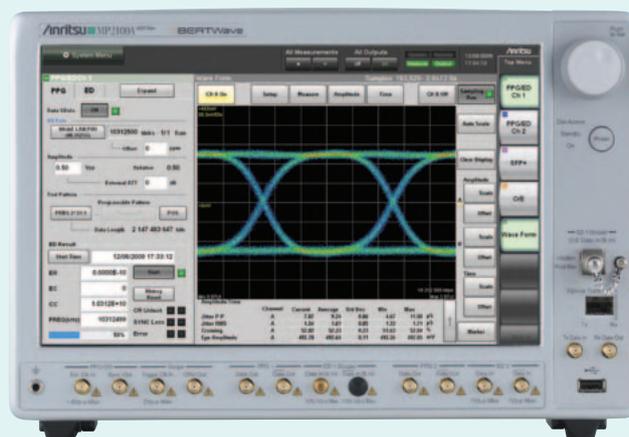
シグナルインテグリティ評価を 効率化する手法

— アイパターン解析器とビットエラーレート試験器の融合 —

目次

1. 光通信技術の動向
2. 光モジュールの動向
3. 光モジュールの評価
4. BERTWave MP2100Aシリーズとは
5. BERTWaveを使用した評価
 - 5-1. 光トランシーバ評価
 - 5-2. アクティブオプティカルケーブル(AOC)評価
6. おわりに

BERTWave



1. 光通信技術の動向

インターネットの普及と伝送容量の増大に伴い、伝送装置の需要が増加している。図1のように、2025年にはインターネット上で扱う情報量は、2006年の約200倍になると予想されており、今後も確実に成長し続ける市場と言えるだろう。

また、クラウドコンピューティングなどのサービスに牽引され、データセンタの需要も伸びている。データセンタで使用されるサーバの機器内、および機器間伝送の高速化を実現するため、電気伝送から光伝送へのシフト、つまり光インタコネクション技術の採用が進んでいる。

しかしながら、伝送装置やサーバの台数の増加により、新たな問題も発生している。それは消費電力の急増だ。米国では、データセンタの電力消費量が2000年からの6年間で倍増し、原子力発電所5基分に相当する消費電力量が増加している。また、図1のように2025年には、IT機器の消費電力は2006年の5倍になると予想されており、世界的にも大きな問題として認識されつつある。消費電力を抑制する技術として、高速化によるI/Oポート数の削減、ポート当たりの消費電力の削減が見込める光インタコネクション技術の利用が大きく期待されている。

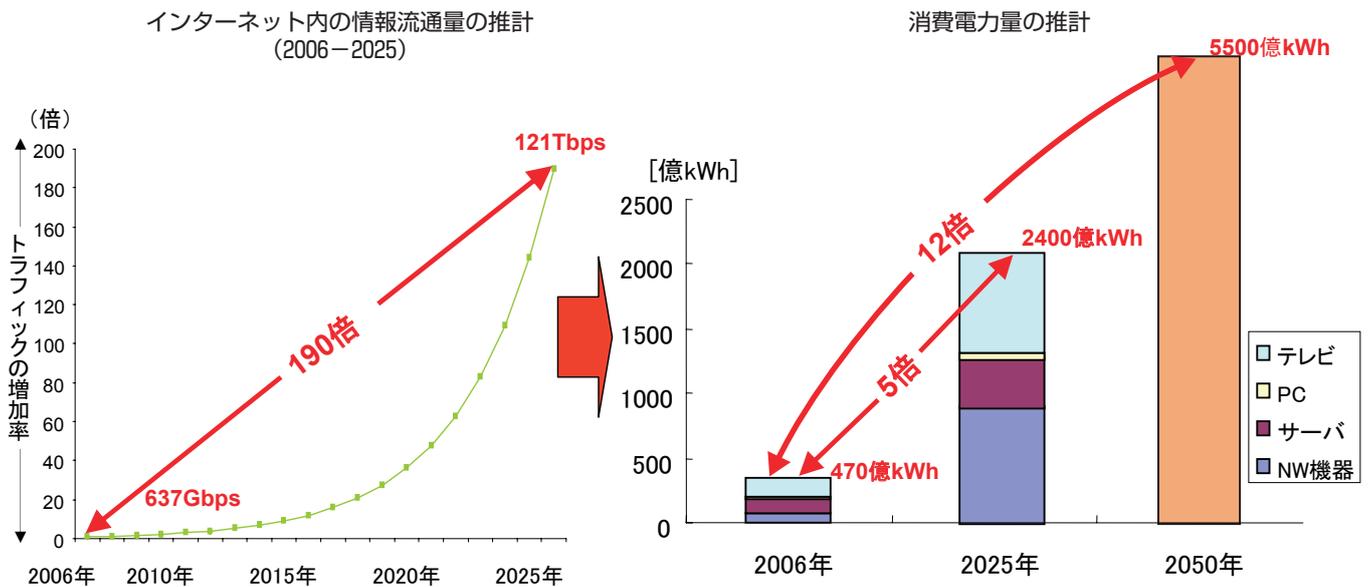
このように、光通信技術は、今後も成長の一途をたどり、それに使用される光モジュールの需要も同様に増加していくと思われる。

2. 光モジュールの動向

ここでは、光通信技術のキーデバイスである光モジュールの動向をみていく。

2000年に10Gbit/s用 300 pin トランスポンダのmulti-source agreement (MSA) が締結されて以降、SFP、XFP、SFP+、QSFPなど、さまざまなモジュールタイプが標準化されてきた。トランスポンダのような光モジュールを製造するベンダ側にとっては、市場が拡大され量産効果によるコストダウンが期待できる。一方、それらの光モジュールを採用する装置ベンダ側にとっては、同じ仕様の光モジュールがセカンドソースから入手できること、万が一の故障時にもモジュールを交換することによりダウンタイムの削減が可能となる。

このようにMSAを締結して光モジュールの仕様を統一することにより、市場での競争がより活発になっていったが、光モジュールの製造ベンダは、機能的優位性の確立(差別化)と安定供給(製品品質の確保)、そして価格メリット(低価格化)という、それぞれ相反する目的を実現しなければならない。この相反する目的を実現させるために、必要な評価を最小限の時間で実現することが重要である。



(出典: 経済産業省 グリーンITイニシアティブ)

図1 情報流通量と消費電力量の推計

3. 光モジュールの評価

光モジュールは、光信号を使い情報を伝達するための媒体であり、情報を誤りなく届けることが目的である。そして、以下の項目を確認することにより、目的の製品品質と成り得たかを定量的に判断できる。

- 伝送品質の確認
- 信号品質の確認

伝送品質の確認には、ビットエラーレート試験 (BER 試験) が最も有効である。パルスパターン発生器 (PPG) と誤り検出器 (ED) を組み合わせることにより、光モジュールが伝送する信号に1bitの誤りもないかをビットエラーレート (BER) で確認でき、情報を誤りなく伝送するための伝送品質が確認できる。

また、信号品質の確認には、アイパターン解析が最も有効である。アイパターン解析器を使い、伝送する信号の波形 (アイパターン) を解析することにより、製品ごとの品質のバラツキやマージンを確認でき、歩留まりの改善や試験の効率化が期待できる。

したがって、光モジュール評価には、PPGとEDの機能を持ったBER試験器とアイパターン解析器が必要であり、この評価の効率化と時間短縮がさらなる光モジュールの競争力強化につながる。

4. BERTWave MP2100Aシリーズとは

ここで光モジュール評価に適した測定器、BERTWave MP2100Aシリーズを紹介する。前述で説明したとおり、光モジュールの評価には、BER試験器とアイパターン解析器が必要となるが、このBERTWaveは、1台で両測定器の機能を実現している。また、細分化する顧客要求に柔軟に対応するため、BER試験器+アイパターン解析器、BER試験器のみ、アイパターン解析器のみという3種類のラインナップを用意している。

- MP2100A BERTWave: BER試験器+アイパターン解析器
- MP2101A BERTWave PE: BER試験器
- MP2102A BERTWave SS: アイパターン解析器



5. BERTWaveを使用した評価

BERTWaveを使用した光トランシーバとAOCの評価方法について紹介する。

5-1. 光トランシーバ評価

光トランシーバとは、電気-光変換を双方向で実施する光モジュールである。10Gbit/s帯の伝送では、XFP、SFP+などが主流であり、着脱式であることから拡張性や保守性に優れている。

競争の激しいXFP、SFP+などの光トランシーバの製造工程においては、効率良く短時間で試験を実施することが、コスト競争力を上げるために重要である。

ここで、BERTWaveを使った光トランシーバ製造評価について説明する。図2に評価構成を示す。

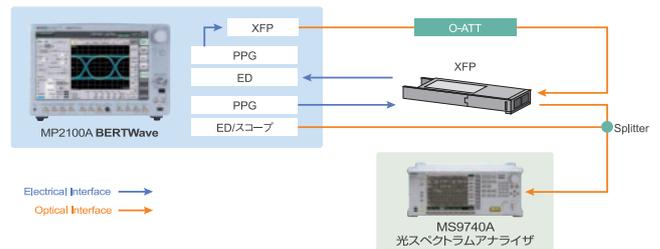


図2 光トランシーバの製造評価

BERTWaveは1台で、2台のBER試験器、1台のアイパターン解析器の機能を実現しているため、電気、光の両インタフェースを送受信同時に評価できる。よって、複数の測定器を準備する必要はなく、測定器と被測定物との切り替えも不要となる。

5-1-1. 消光比測定

消光比とは、図3のとおり光信号の1と0の比率であり、計算式は以下のとおりとなる。

$$\text{消光比} = 10 \log_{10} \{ (L_1 - L_D) / (L_0 - L_D) \} \text{ (dB)}$$

L_1 : 1レベル (mW), L_0 : 0レベル (mW), L_D : 光入力のないときのレベル (mW)

ここで上式の0レベル、1レベルは、以下の定義で表す。

0レベル: ビットインターバルの中央部分20%において最もレベルが低いヒストグラムの平均値

1レベル: ビットインターバルの中央部分20%において最もレベルが高いヒストグラムの平均値

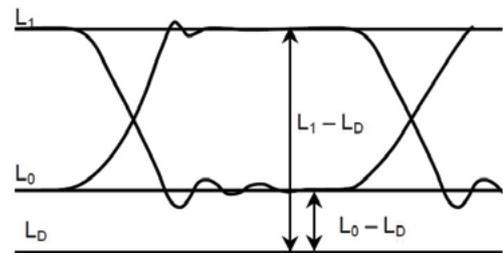


図3 消光比測定の定義

図4で、BERTWaveを使用した消光比測定方法を示す。メニューの試験項目「Time/Amplitude Test」から「Extinction Ratio (消光比)」を選択するだけで、消光比結果がリアルタイムに表示できる。

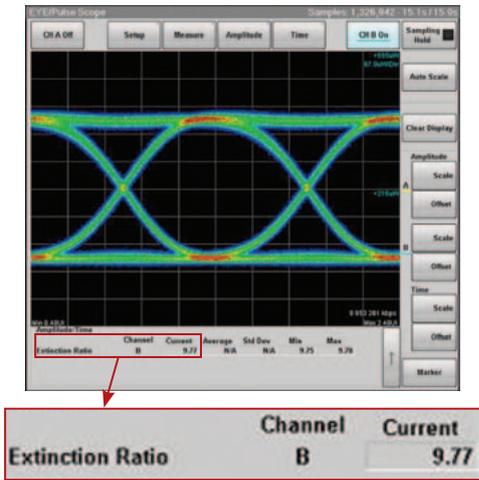


図4 MP2100Aの消光比測定

BERTWaveは、理論値に近い優れた周波数特性をもつベッセルフィルタを採用しており、高精度な消光比測定を実現し、消光比値の機器間のバラツキも±0.05dB (代表値)に抑えることができる。

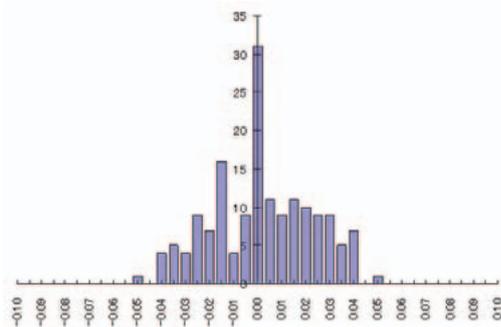
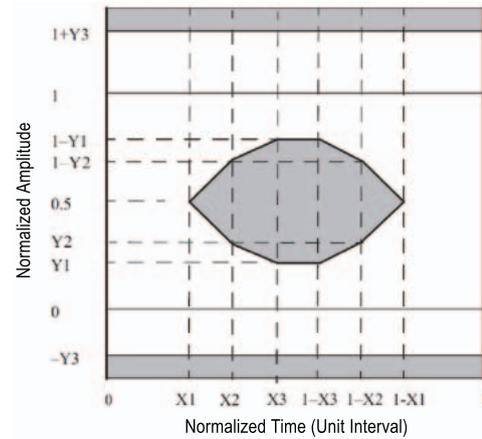


図5 MP2100A消光比測定のばらつき

(図5は、アンリツ製可変消光比トランスミッタ MU181620Aを基準として使用。各ビットレート、設定消光比における平均値を基準とした器差の代表値で、計162サンプルの正規化による統計値)

5-1-2. マスク試験、マスクマージン試験

各規格でアイパターン形状を規定するためのマスクが定義されている。一例として図6にIEEE802.3-2005で規定されている。10GBASE-S、L、Eのマスクのテンプレートを示す。



	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3
10GBASE-S						
10GBASE-L	0.25	0.40	0.45	0.25	0.28	0.40
10GBASE-E						

(出典：IEEE Std 802.3-2005)

図6 10GBASE-S、L、Eのマスク

マスク試験は、光トランシーバの光出力特性を評価するうえで、最も重要ながら簡単に実施できる有効的な試験項目である。出力した光信号をマスクテンプレート上に重ね合わせ、上段、下段、中央マスクのいずれにも波形が掛からない場合、マスクに適合となる。

さらに製品品質にマージンを持たせたい場合には、マスクマージン試験が有効である。図7のように規格で定義されたマスクにマージンを持たせて厳しくすることにより、製品の規格に対する性能マージンをもたせることができる。

BERTWaveは、入力された信号のマスクマージンの限界値を自動、かつほぼリアルタイムに見つけ出すことができるため、非常に有効で便利な機能を搭載している。

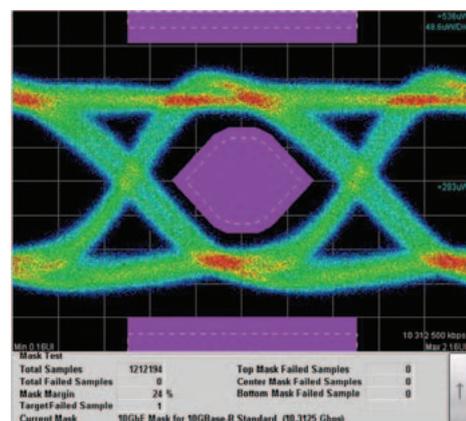


図7 マスクマージン試験 (24%のマージン付加)

5-1-3. 入力感度試験

消光比測定やマスク試験は、信号品質を確認するための試験であるが、最終的には情報が1ビットも誤りがなく伝送できるかという伝送品質を確認する必要がある。この確認には、入力感度試験が最も有効な手段であり、光入力信号のパワーを減衰させ、 1×10^{-12} 以下のBER測定結果を満たす最小入力パワーを確認することで実施できる(図8)。

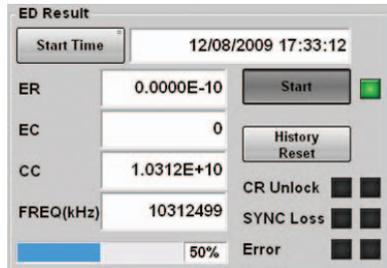


図8 BER測定画面

入力感度試験では、BER値を観測しながら光信号の最小入力パワー値を見つけ出す。この測定は、最も時間の要する試験のひとつであり、この時間を短縮することが光トランシーバの測定時間の短縮に最も有効である。

表1のとおり、10Gbit/sの伝送速度で 1×10^{-12} のBER結果を取得するためには、最短で100秒の時間が必要であり、これを短縮することはできない。よって、最小入力パワー値を見つけるための追い込み時間を短縮することが光トランシーバの測定時間の短縮につながる。

従来のリモートコマンドでアクセスするBER試験器の場合、一般的に100ms周期でBER値を問い合わせていたが、BERTWaveでは、10ms周期でBER値の問い合わせが可能である。10Gbit/sの信号を10ms周期でBER値を測定すると 1×10^{-8} のエラーレートとなるため、最小入力パワー値を追い込むには十分な量といえる。そのためBERTWaveは、10ms周期でBER値を問い合わせることで、この追い込み時間を1/10に短縮でき、入力感度試験の短縮に大きく貢献できる。

表1 ビット誤りを発生する平均時間間隔

Rate	ビットレート[Gbit/s]		
	1.25	2.50	10.00
1×10^{-4}	8μs	4μs	1μs
1×10^{-6}	800μs	400μs	100μs
1×10^{-8}	80ms	40ms	10ms
1×10^{-10}	8s	4s	1s
1×10^{-12}	800s	400s	100s

5-2. アクティブオプティカルケーブル(AOC)評価

冒頭でも説明したが、データセンタが急増するなか、それに使用されるサーバ機器も増加している。それらを配線するインタコネクとも電気から光へとシフトしており、最も期待されている技術がアクティブオプティカルケーブル(AOC)である。これは、ケーブルにて伝送する際、一度光に変換して伝送することが特長である。通常のメタルケーブルを使う感覚で使用することができ、高速化、伝送距離、省電力、ケーブルの取り回し、小型、軽量など、メタルケーブルに比べ多くの優れた特性をもっている。

ここで、BERTWaveを使ったAOC評価について説明する。図9に評価構成を示す。

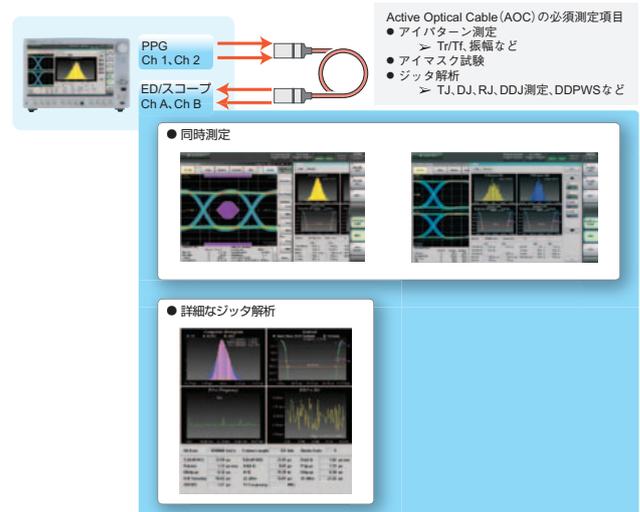


図9 AOCの評価

BERTWaveは1台で、2台のBER試験器、1台のアイパターン解析器の機能を実現しているため、AOCの両方向からBER試験とマスク試験などのアイパターン解析が実行できる。さらに、ジッタ解析ソフトウェアを使用することにより、AOCの評価において必要なジッタ解析が同時に実行できる。そのため複数の測定器を準備する必要はなく、BER試験、アイパターン測定、ジッタ解析がすべて同時に実行でき、効率のよい評価が行える。

5-2-1. クロストーク干渉

多レーン化、高密度化、高速化が進むAOCの内部回路では、クロストーク干渉が無視できず、シグナルインテグリティを確保するため、クロストーク干渉の抑制が重要になる。

BERTWaveは、PPGを2チャンネル備えた構成を実現できるため、それぞれをAggressor信号（影響を与える信号レーン）とVictim信号（影響を受けるレーン）とすることにより、AggressorレーンからVictimレーンへの影響をBER値やアイパターンとして確認でき、シグナルインテグリティの確保に大きく貢献できる（図10）。

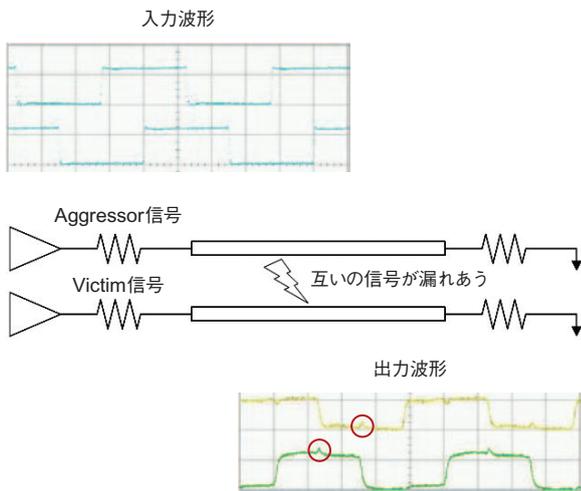


図10 クロストーク干渉

5-2-2. ジッタ解析

伝送速度の高速化と相反して低消費電力化、低価格化要求が強く、それに伴いジッタや波形の劣化が問題となっている。Data-com、コンピューティング分野のハイスピードシリアル伝送規格であるFibre ChannelやInfiniBand、10GbE、USB、PCI-eなどでは、ジッタをDJ、RJなどの性質ごとに分離するジッタ分離解析が求められる。

多くの通信システムは、その通信品質として 1×10^{-12} 以下のエラーレートであることが求められる。従って、ジッタ量も 1×10^{-12} 以下のエラーレートを保証できるビット数に対して規定値以下である必要がある。そこで、Fibre Channelのジッタ測定手法を検討するFibre Channel MJSQ (Methodologies for Jitter and Signal Quality Specification) のワーキンググループにおいて、短時間の測定によって得られた少量の測定サンプルから、BER: 1×10^{-12} 相当のジッタを予測する手法が考案された。それがDeterministic Jitter (DJ) とRandom Jitter (RJ) へのジッタ成分の分離解析である。

図11に示すとおり、アウトプットジッタ（ジッタ ジェネレーション）の解析には、TJ、DJ、RJを求めるLevel1解析と、さらに詳細にDJ成分を分離するLevel2解析がある。Level1解析には、アイマスク解析を同時に実行できるヒストグラムを用いた方法が測定の効率化に有効である。また、Level2解析には、Data Patternに同期してジッタを解析する方法により、DDJやDDPWSなどのより詳細なジッタ解析が可能となる。

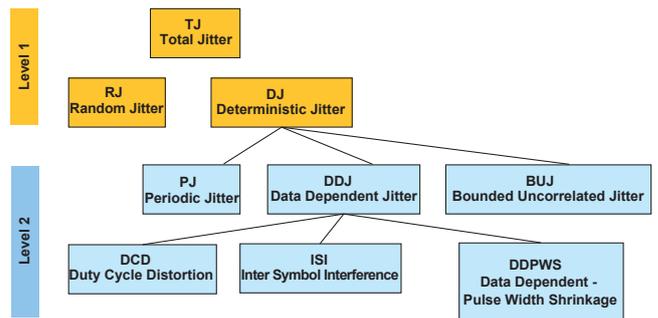


図11 ジッタの構成要素と解析レベル

6. おわりに

光モジュール市場の成長が進む中、ベンダ間の競争もまた厳しくなっていくと予想される。アンリツは、BERTWaveによる光モジュールの測定ソリューションを提供し、光モジュール市場のさらなる成長に貢献していく。



お見積り、ご注文、修理などは、下記までお問い合わせください。記載事項は、おことわりなしに変更することがあります。

アンリツ株式会社

<http://www.anritsu.com>

本社	〒243-8555 神奈川県厚木市恩名 5-1-1	TEL 046-223-1111
厚木	〒243-0016 神奈川県厚木市田村町 8-5	
	計測器営業本部	TEL 046-296-1202 FAX 046-296-1239
	計測器営業本部 営業推進部	TEL 046-296-1208 FAX 046-296-1248
	〒243-8555 神奈川県厚木市恩名 5-1-1	
	ネットワークス営業本部	TEL 046-296-1205 FAX 046-225-8357
新宿	〒160-0023 東京都新宿区西新宿 6-14-1	新宿グリーンタワービル
	計測器営業本部	TEL 03-5320-3560 FAX 03-5320-3561
	ネットワークス営業本部	TEL 03-5320-3552 FAX 03-5320-3570
	東京支店(官公庁担当)	TEL 03-5320-3559 FAX 03-5320-3562
仙台	〒980-6015 宮城県仙台市青葉区中央 4-6-1	住友生命仙台中央ビル
	計測器営業本部	TEL 022-266-6134 FAX 022-266-1529
	ネットワークス営業本部東北支店	TEL 022-266-6132 FAX 022-266-1529
大宮	〒330-0081 埼玉県さいたま市中央区新都心 4-1	FSKビル
	計測器営業本部	TEL 048-600-5651 FAX 048-601-3620
名古屋	〒450-0002 愛知県名古屋市中村区名駅 3-20-1	サンシャイン名駅ビル
	計測器営業本部	TEL 052-582-7283 FAX 052-569-1485
大阪	〒564-0063 大阪府吹田市江坂町 1-23-101	大同生命江坂ビル
	計測器営業本部	TEL 06-6338-2800 FAX 06-6338-8118
	ネットワークス営業本部関西支店	TEL 06-6338-2900 FAX 06-6338-3711
広島	〒732-0052 広島県広島市東区光町 1-10-19	日本生命光町ビル
	ネットワークス営業本部中国支店	TEL 082-263-8501 FAX 082-263-7306
福岡	〒812-0004 福岡県福岡市博多区榎田 1-8-28	ツインスクエア
	計測器営業本部	TEL 092-471-7656 FAX 092-471-7699
	ネットワークス営業本部九州支店	TEL 092-471-7655 FAX 092-471-7699

再生紙を使用しています。

計測器の使用法、その他については、下記までお問い合わせください。

計測サポートセンター

TEL: 0120-827-221、FAX: 0120-542-425
受付時間/9:00~12:00、13:00~17:00、月~金曜日(当社休業日を除く)
E-mail: MDVPOST@anritsu.com

● ご使用の前に取扱説明書をよくお読みのうえ、正しくお使いください。

1207



■本製品を国外に持ち出すときは、外国為替および外国貿易法の規定により、日本国政府の輸出許可または役務取引許可が必要となる場合があります。また、米国の輸出管理規則により、日本からの再輸出には米国商務省の許可が必要となる場合がありますので、必ず弊社の営業担当までご連絡ください。

■このカタログの記載内容は2013年3月13日現在のものです。

No. MP2100A-J-F-4-(1.00) 告知

ddcw/CDT