

## ディスプレイ・インタフェース規格動向と 最新測定ソリューション

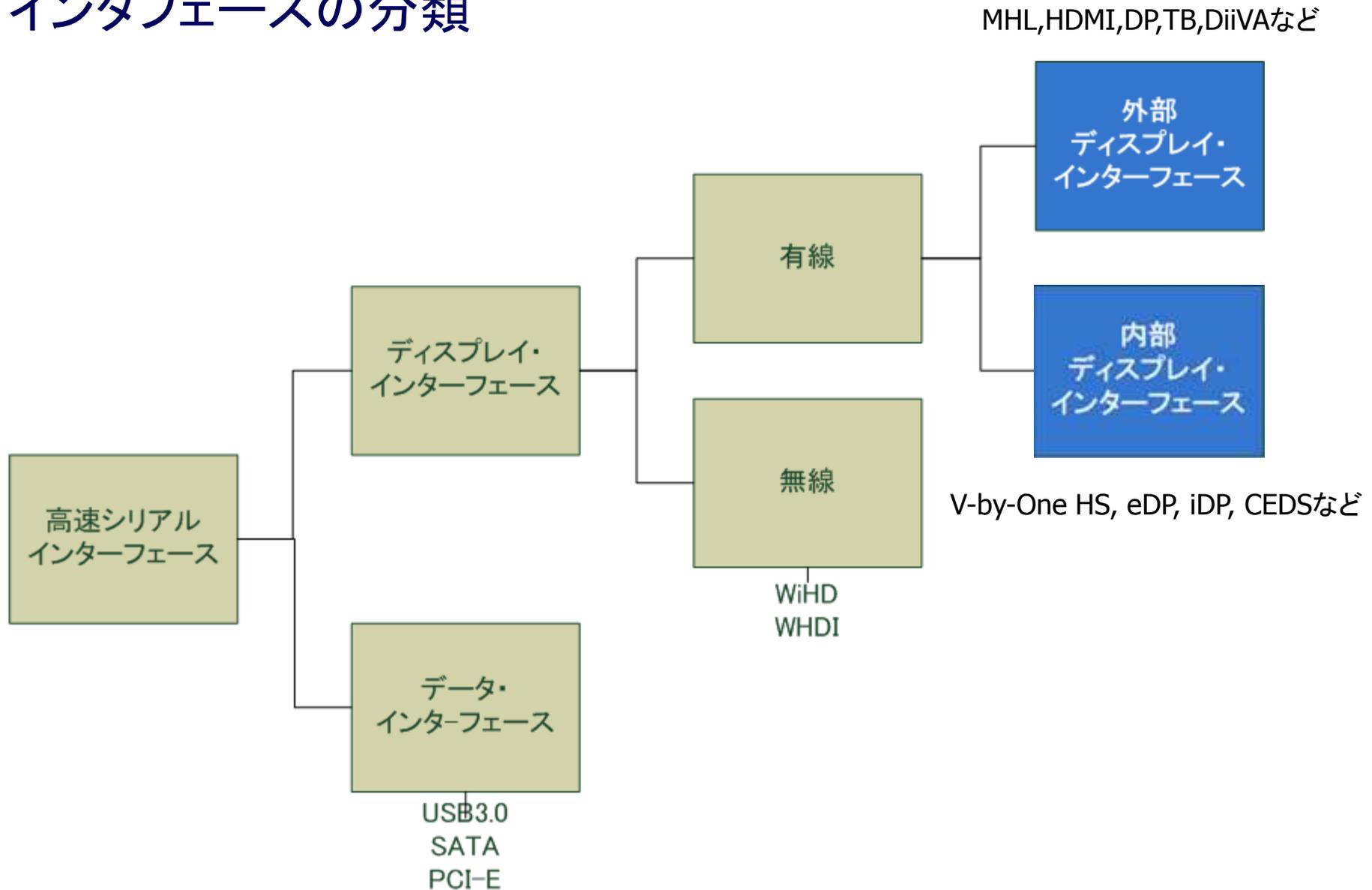


テクトロニクス

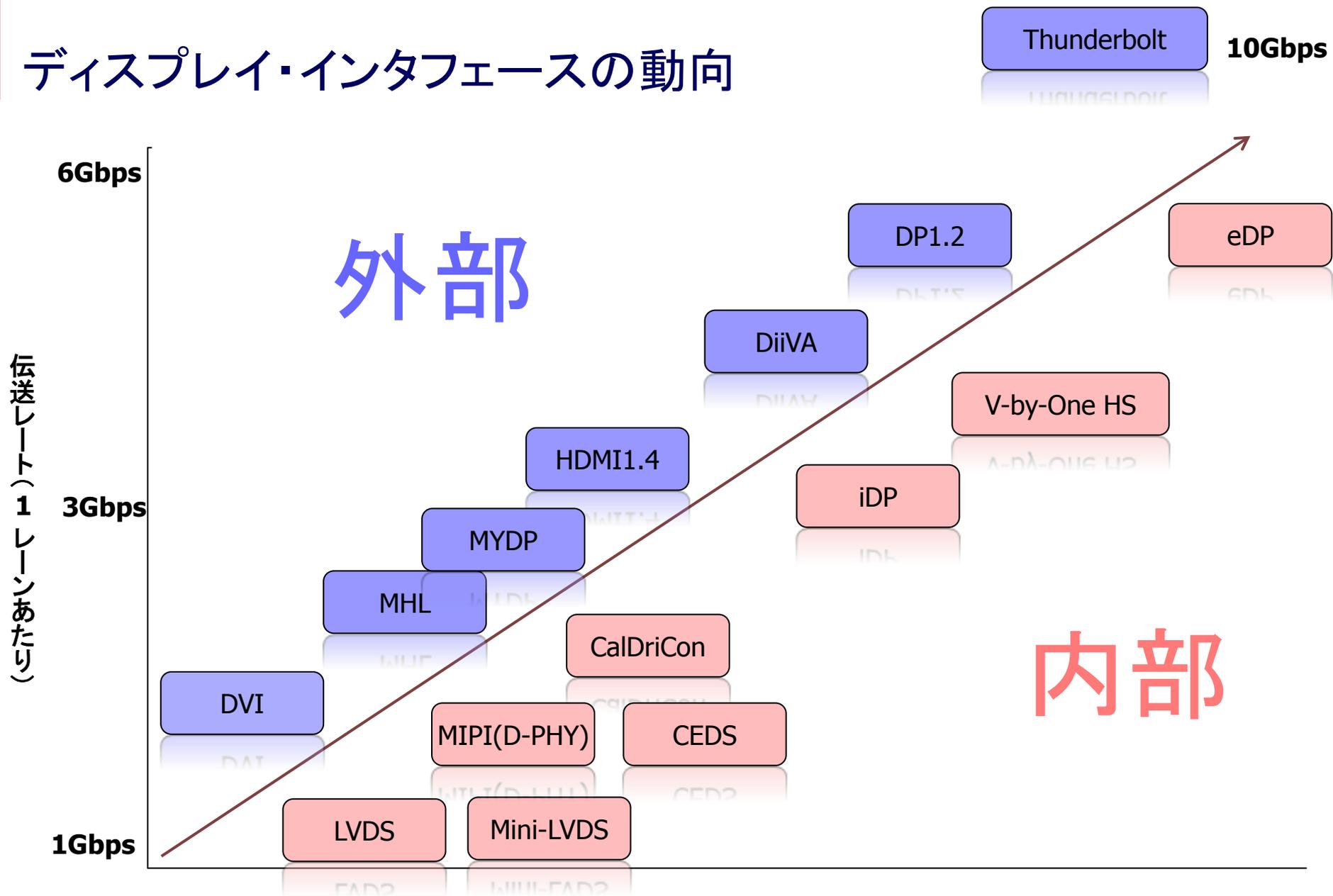
Display Interfaceチーム 杉山 敏男

[www.tektronix.com/ja](http://www.tektronix.com/ja)

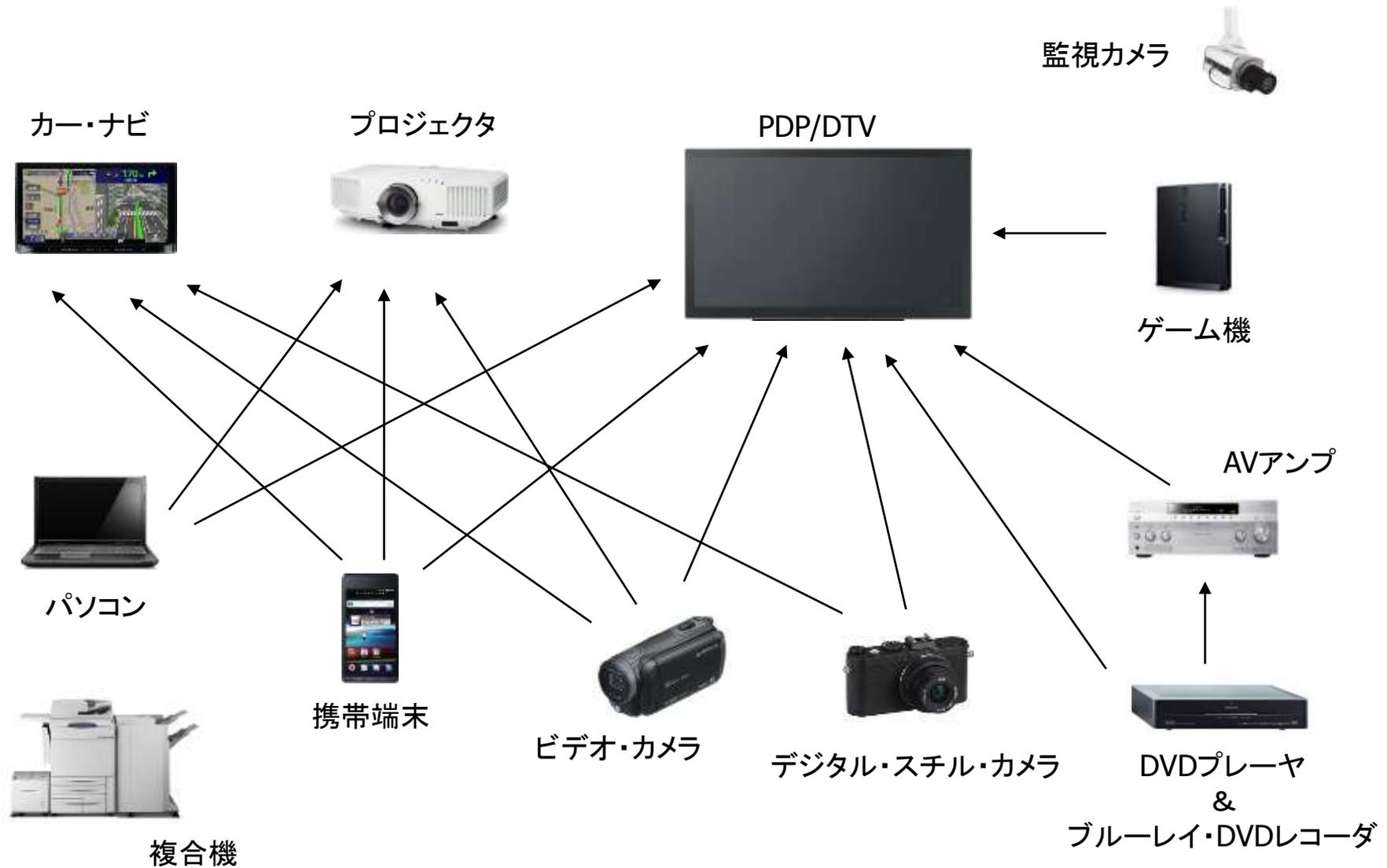
# インタフェースの分類



# ディスプレイ・インタフェースの動向



# マーケット



# 市場の要求

- 4K2Kのデータを送りたい
- デジタル・ハイビジョン映像を、そのまま高画質で伝送したい
- 音声もデジタル伝送したい
- きれいに1本にまとめたい
- 簡単に操作したい
- スキュー問題を解決したい
- 配線数、コネクタ数を減らしコストを削減したい
- EMIを低減したい

# 外部ディスプレイ・インタフェース規格の比較



# 規格の比較(1) - ドキュメント

	HDMI	DiiVA	DisplayPort	Thunderbolt
仕様書	Ver 1.4b	Ver 1.1a	Ver 1.2	Rev 0.X
CTS	Ver 1.4b	Ver 1.1a	Ver 1.2	Rev 0.X
プロモータ	HDMI Consortium (7C)	DiiVA Consortium (12社)	VESA	Intel
HP	 <a href="http://www.hdmi.org/">http://www.hdmi.org/</a>	 <a href="http://www.diiVA.org/">http://www.diiVA.org/</a>	 <a href="http://www.displayport.org/">http://www.displayport.org/</a>	 <a href="https://thunderbolttechnology.net/">https://thunderbolttechnology.net/</a>

今後は



**HDMI FORUM**

<http://www.hdmiforum.org/>

## 規格の比較(2) - ドキュメント

	MYDP	MHL
仕様書	Draft	Ver1.2
CTS	-	Ver1.2
プロモータ	VESA	MHL Consortium (5C)
HP	 <a href="http://www.displayport.org/">http://www.displayport.org/</a>	 <a href="http://www.mhlconsortium.org/home.aspx">http://www.mhlconsortium.org/home.aspx</a>

## 規格の比較(3) - 機能

	HDMI	DiiVA	DisplayPort	Thunderbolt
データ伝送速度	3.4Gbps	4.5Gbps	5.4Gbps	10.3125Gbps
信号線の数	3対	3対(可変)	1, 2, 4対(可変)	4対(上り2、下り2)
双方向用伝送速度	HEAC: 100Mbps CEC:1Mbps	2.13Gbps	1Mbps(FAUXでは675Mbps)	10.3125Gbps
双方向用信号線の数	2対(CEC, HEAC)	1対	1対	2対
携帯機器向けコネクタサポート	Type C, Type D	規定なし	ミニ・コネクタ	対応
車載機器向けコネクタサポート	Type E	規定なし	規定なし	規定なし
4k2kサポート	対応	対応	対応	対応

## 規格の比較(4) - 機能

	MYDP	MHL
データ伝送速度	5.4Gbps (HBR2モード時)	2.97Gbps (Packed Pixelモード時)
信号線の数	1対	1対
双方向用 伝送速度	1Mbps(FAUX では675Mbps)	1Mbps
双方向用 信号線の数	1対(AUX)	1(CBUS)
携帯機器向け コネクタサポート	コネクタ規定なし (ただしマイクロ USB対応可能)	コネクタ規定なし (ただしマイクロ USB対応可能)
車載機器向け コネクタサポート	規定なし	規定なし
4k2kサポート	未対応	未対応

# コンプライアンス・テストの全般的な特徴

- テスト仕様書（Compliance Test Spec.）策定
  - テスト手順と推奨計測器の明記
  - 再現性のあるテストを実現
- テスト・センタ（Authorized Test Center）開設
  - 基準となるテスト環境を提供
  - コンプライアンス・テストを実践
- セルフ・テスト（自己認証）を許容
  - 一定の技術レベルが認められれば自社内でテスト実施可能
  - テスト・センタの規模を抑制
- デバイス・クラス
  - ソース、シンク、ケーブル、ドングル

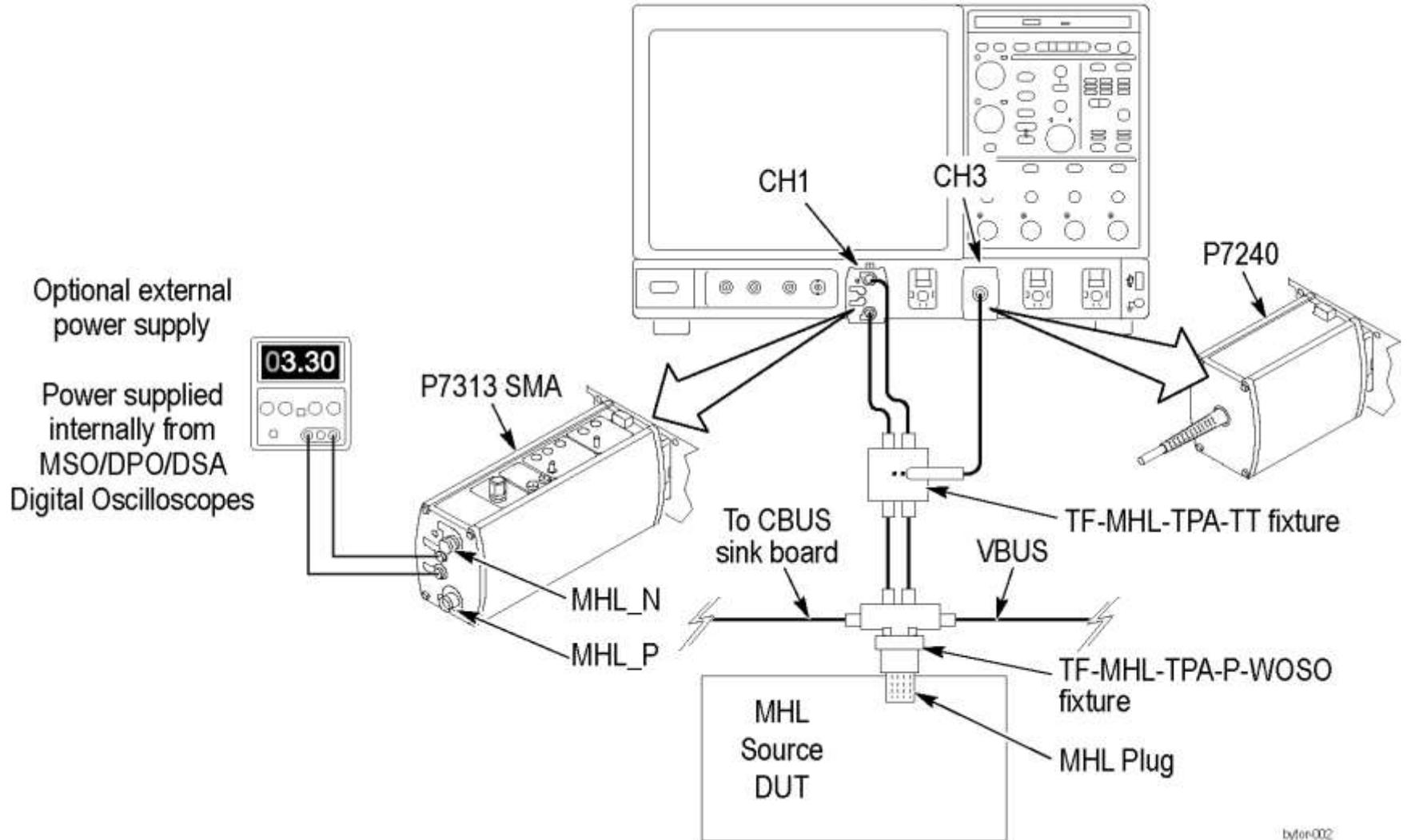


テクトロニクス®の計測器がATCに採用されています



# 一般的なソース・テスト構成

MSO/DPO/DSA70000 Series Digital Oscilloscope

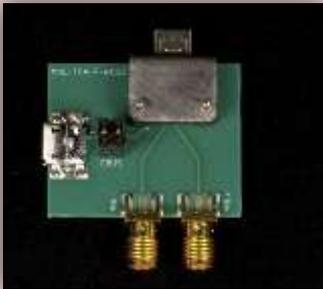


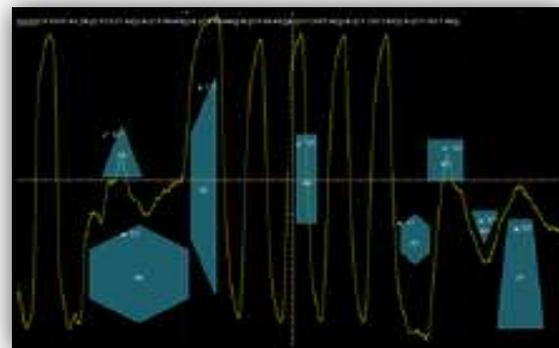
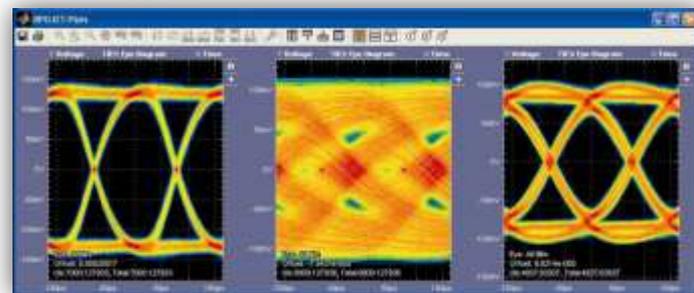
byfor-002

# 推奨機器リスト(ソース)

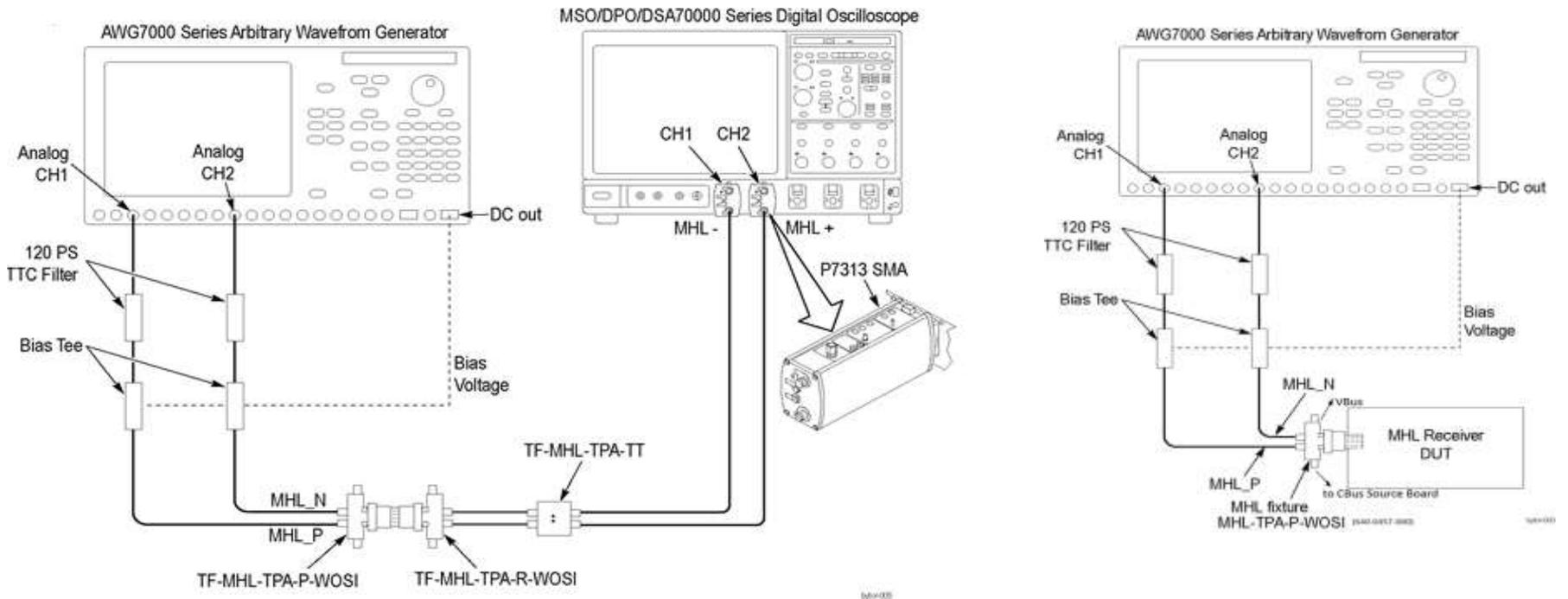
	HDMI	DiiVA	DisplayPort	Thunderbolt
オシロスコープ	DSA70804C	DSA71254C	DSA71254C	DSA71604C
プローブ	P7313SMA		-	-
ソフトウェア (PHY)	TDSHT3	TekExpress DiiVA	TekExpress DP12	DPOJET
ソフトウェア (Protocol)	TEK-PGY- HDMI-PA-S	-	-	-
フィクスチャ	専用	専用	専用	専用
				

# 推奨機器リスト(ソース)

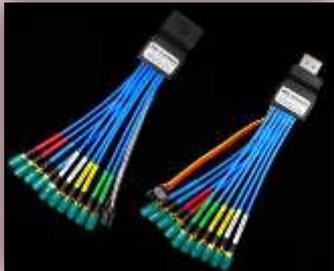
	MYDP	MHL
オシロスコープ	DSA71254C	DSA70804C
プローブ	-	P7313SMA
ソフトウェア (PHY)	DPOJET	TekExpress MHD
ソフトウェア (Protocol)	-	TEK-PGY- MHL-PA-S
フィクスチャ	準備予定	専用 



# 一般的なシンク・テスト構成

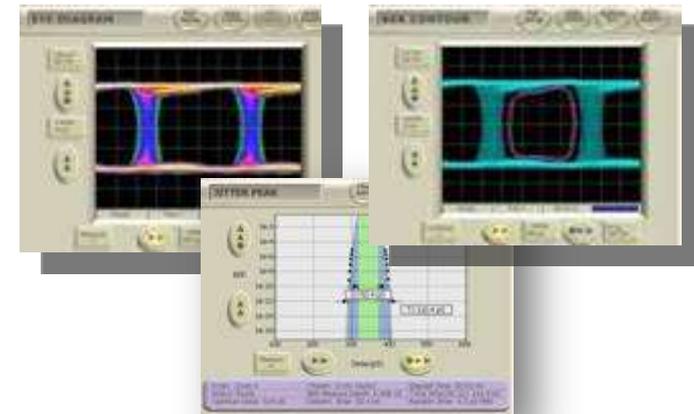


# 推奨機器リスト(シンク)

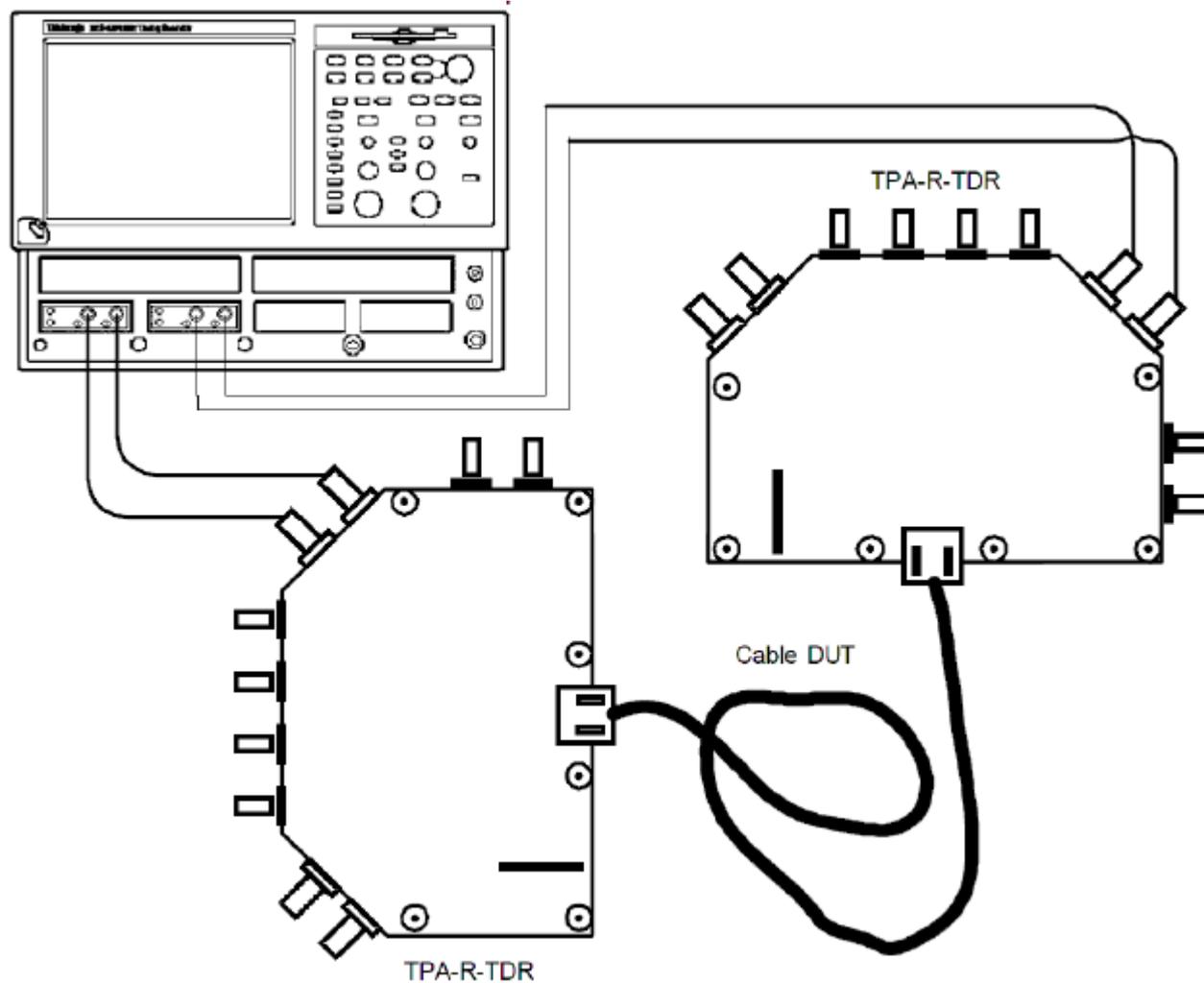
	HDMI	DiiVA	DisplayPort	Thunderbolt
信号発生器	DTG5334 または AWG7122C x2	AWG7122C	AWG7122C または BSA125CPG- STR	BSA125CPG- STR
オシロ	DSA70804C	DSA71254C	DSA71254C	DSA71604C
プローブ	P7313SMA		-	
ソフトウェア	TDSHT3, TDSHT3 DDS	TekExpress DiiVA	TekExpress DP Sink(1.1a)	DPOJET
フィクスチャ	専用 	専用 	専用 	専用 

# 推奨機器リスト(シンク)

	MYDP	MHL
信号発生器	AWG7122C または BERTScope	AWG7122C
オシロ	DSA71254C	DSA70804C
プローブ	-	P7313SMA and P7240
ソフトウェア	DPOJET	TekExpress MHD
フィクスチャ	準備予定	専用 



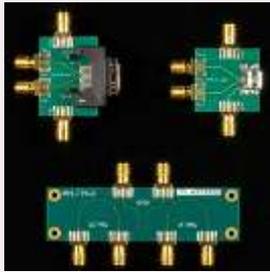
# 一般的なケーブル・テスト構成

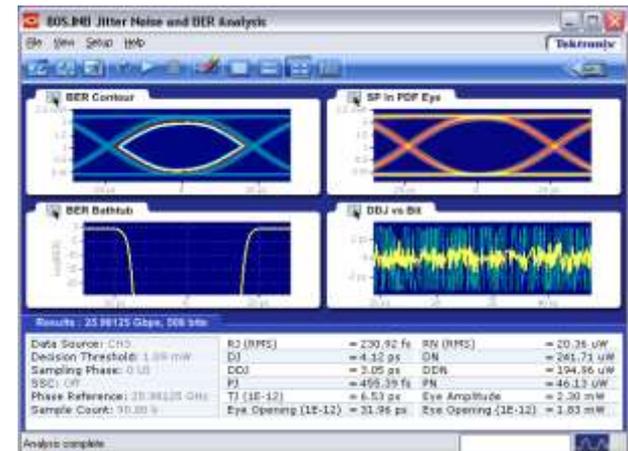
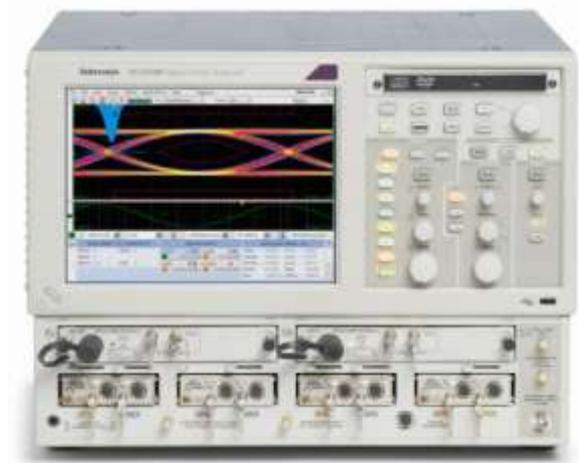


# 推奨機器リスト(ケーブル)

	HDMI	DiiVA	DisplayPort	Thunderbolt
TDR	DSA8300 I-Connect			
信号発生器	DTG5334 または AWG7122C	-	-	BSA125CPG- STR
オシロ	DSA70804C	-	-	DSA71604C
プローブ	P7313SMA	-	-	-
ソフトウェア	TDSHT3	-	-	DPOJET
フィクスチャ	専用 	専用 	専用 	専用 

# 推奨機器リスト(ケーブル)

	MYDP	MHL
TDR	DSA8300 I-Connect	
信号発生器	-	-
オシロ	-	-
プローブ	-	-
ソフトウェア	-	-
フィクスチャ	準備予定	専用 



# 内部ディスプレイ・インタフェース



## 規格比較(1)

	eDP	iDP	LVDS	V-by-One HS
データ伝送速度	5.4Gbps or 2.7Gbps or 1.62Gbps	3.24Gbps	1.04Gbps	4.0Gbps
クロックのあり /なし	Embedded Clock	Embedded Clock	Separate Clock	Embedded Clock
符号化	8B/10B	8B/10B	なし	8B/10B
カップリング	AC	AC	DC	AC
著作権保護	あり	なし	なし	なし
プロモータ	VESA	VESA	-	THine

## 規格比較(2)

	CalDriCon	Mini-LVDS	CEDS	MIPI(D-PHY)
データ伝送速度	2Gbps	1Gbps	1.6Gbps	1.5Gbps
クロックのあり/なし	Separate Clock	Separate Clock	Embedded Clock	Separate Clock
符号化	8B10B	なし	8B10B	なし
カップリング	AC	DC	AC	DC
著作権保護	なし	なし	なし	なし
プロモータ	THine	-	Silicon Works	MIPI Alliance

## 推奨機器リスト(1)

	eDP	iDP	LVDS	V-by-One HS
オシロスコープ	DSA71254C	DSA71254C	DPO7254C/ 7354C DSA7404C	DSA71254C
プローブ	P7313SMA	P7513/P7513	TDP3500/P75 00シリーズ	P7513
フィクスチャー	専用	専用	規定なし	規定なし
ソフトウェア	DPOJET	DPOJET	LVDS Analysis Tool + DPOJET	V-by-One HS Analysis Tool + DPOJET

## 推奨機器リスト(2)

	CalDriCon	Mini-LVDS	CEDS	MIPI(D-PHY)
オシロスコープ	DSA70604C	DPO7254C/ 7354C DSA70404C	DSA70404C	DPO7354/DS A70404C
プローブ	P7506	TDP3500	P7504	TDP3500/P73 40A
フィクスチャー	規定なし	規定なし	規定なし	規定なし
ソフトウェア	DPOJET	LVDS Analysis Tool + DPOJET	DPOJET	TekExpress D- PHYTX /D-PHY Essential

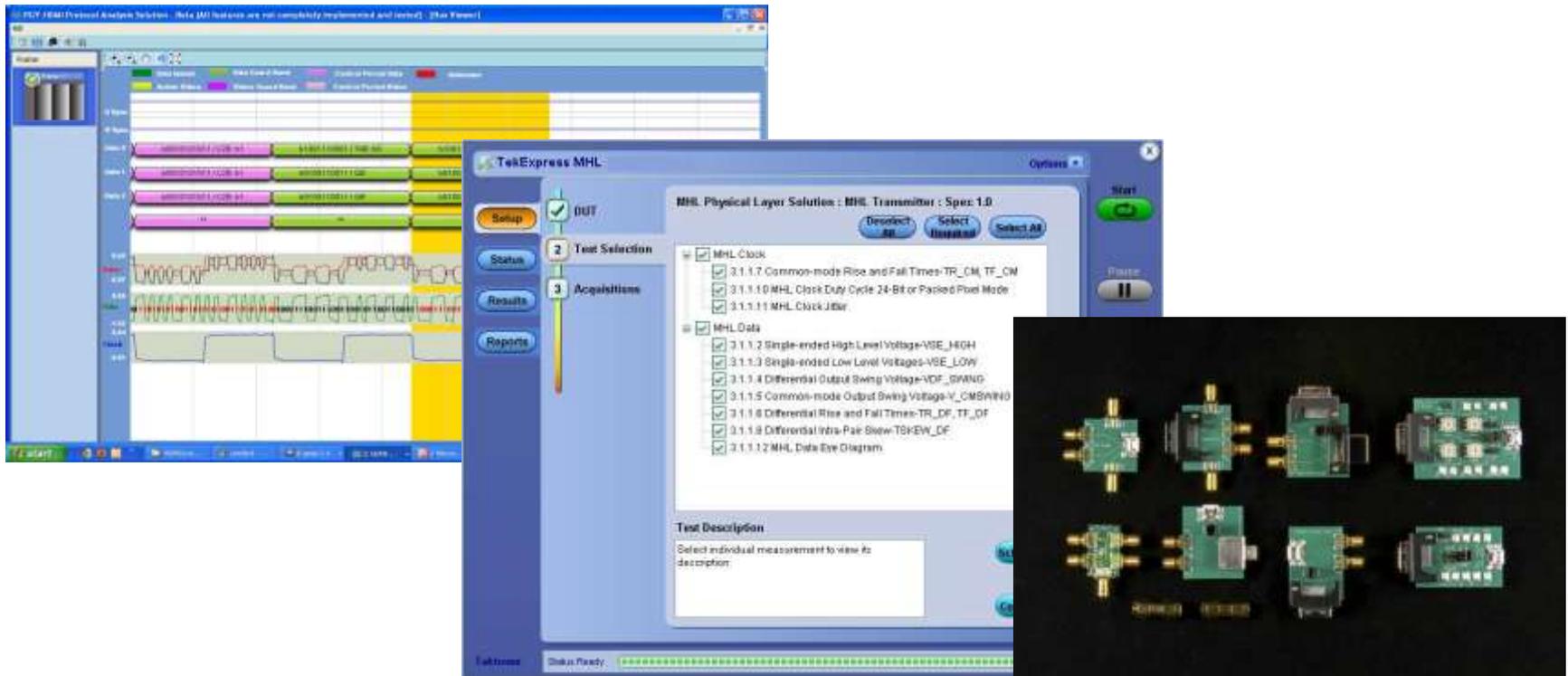
# 当社製品紹介(外部ディスプレイ・インタフェース)



# MHL

## ■ 特徴

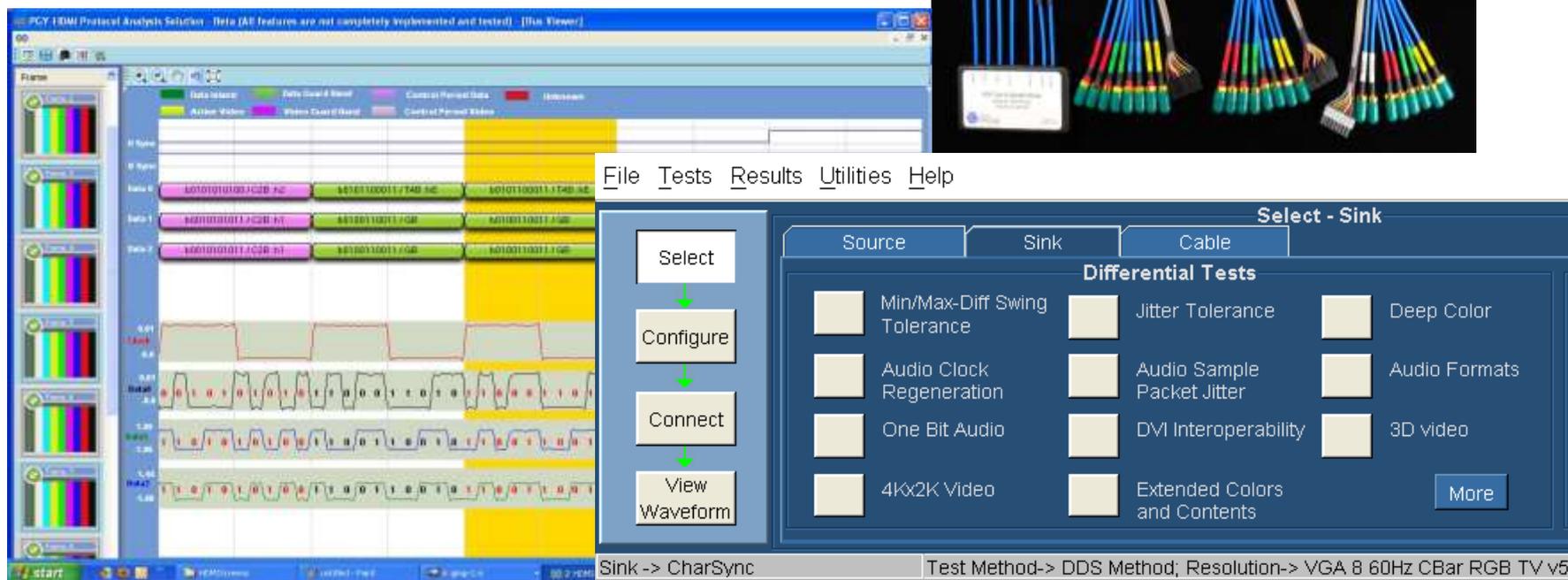
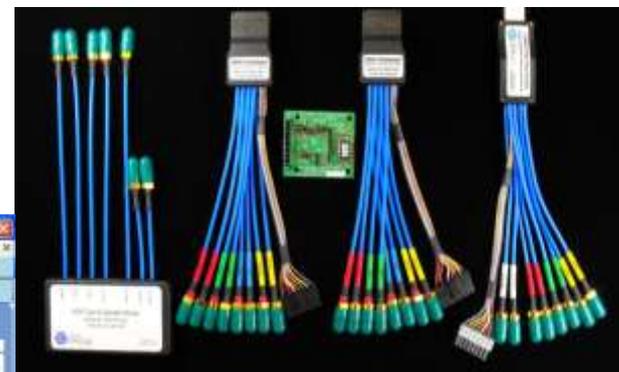
- オシロスコープによるプロトコル解析
- AWGダイレクトシンセシス出力によりケーブル・エミュレータ不要
- TekExpress MHLによる自動測定



# HDMI

## ■ 特徴

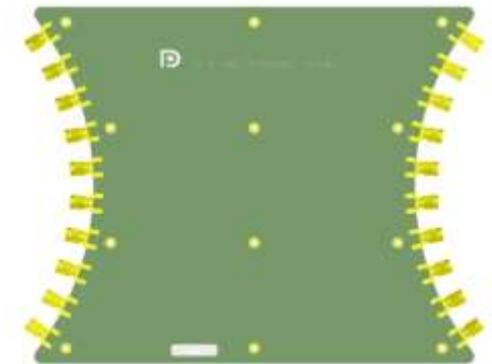
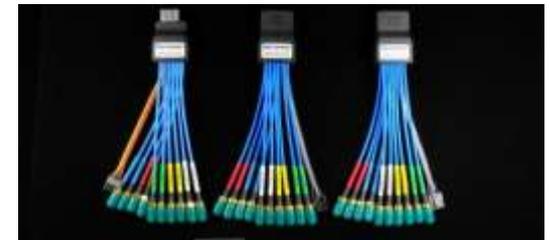
- オシロスコープによるプロトコル解析
- 4CH同時測定
- 4k2k, 3Dサポート
- New Test Fixture



# DisplayPort

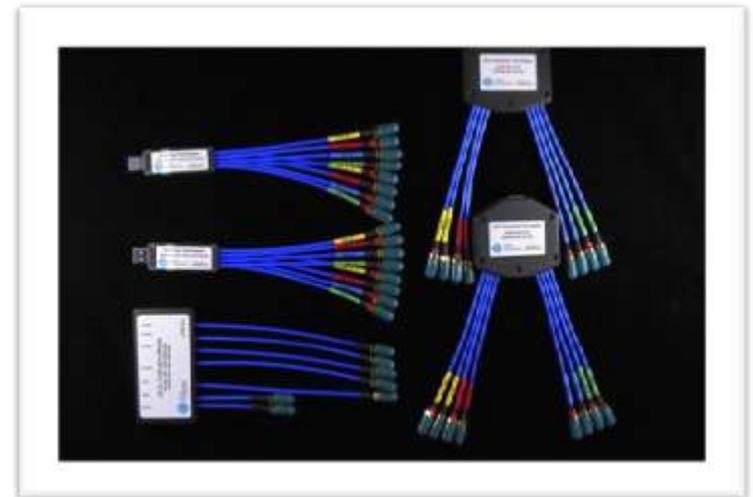
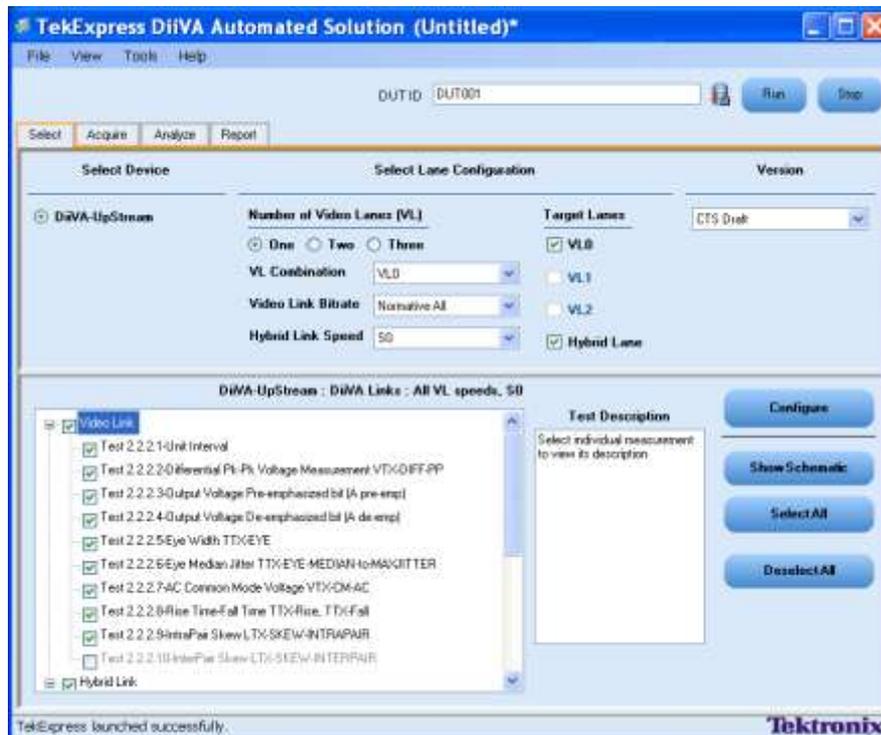
## ■ 特徴

- コンプライアンス・テスト・ソフトウェア + Keithley RF-Switchによる全自動化測定
- DP1.2用CICボード
- 自社製DP-AUX



## ■ 特徴

- 唯一のコンプライアンス・テストソリューションとしてATCに採用
- TekExpress DiiVAによるVideo Lane、Hybrid Lane自動測定
- 耐久性、操作性に優れたTest Fixture



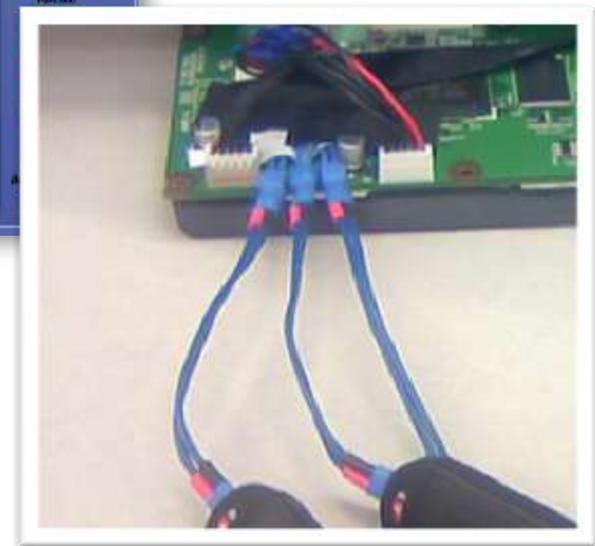
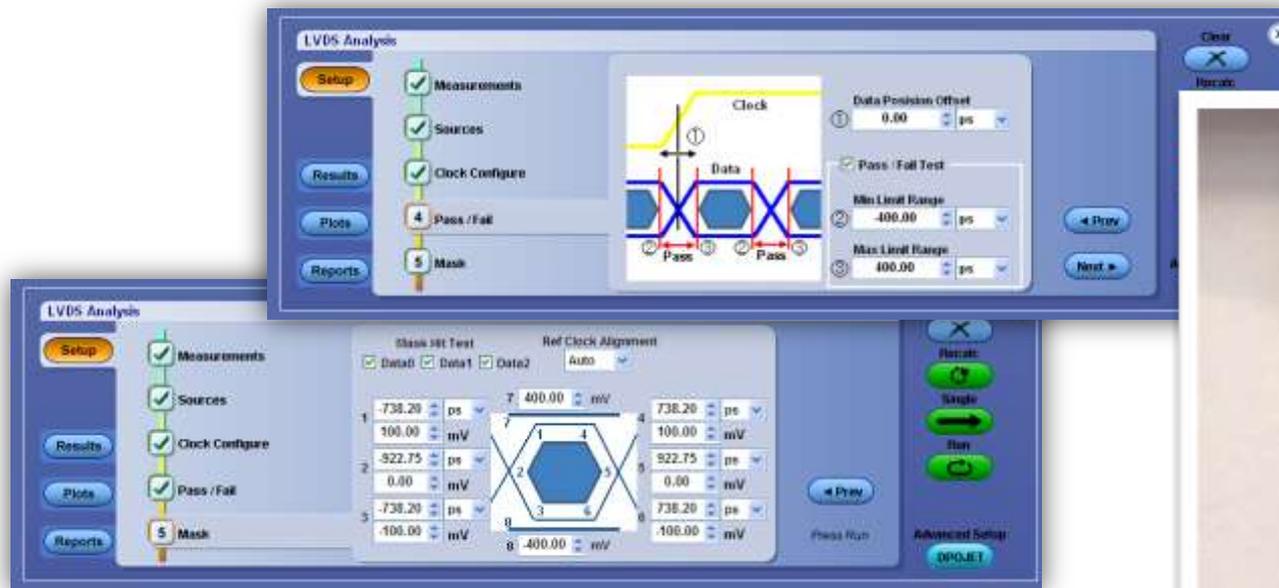
# 当社製品紹介(内部ディスプレイ・インタフェース)



# LVDS/Mini-LVDS自動測定ツール

## ■ 特徴

- 最大4Lane (Clock 1 Lane、Data 3 Lane) の同時解析により評価時間を短縮
- タイミング測定 of 複雑な設定 (ゲート設定) も不要
- Jitter and Eye Analysis (DPOJET) と連携し解析が用意



# V-by-One HS自動測定ツール

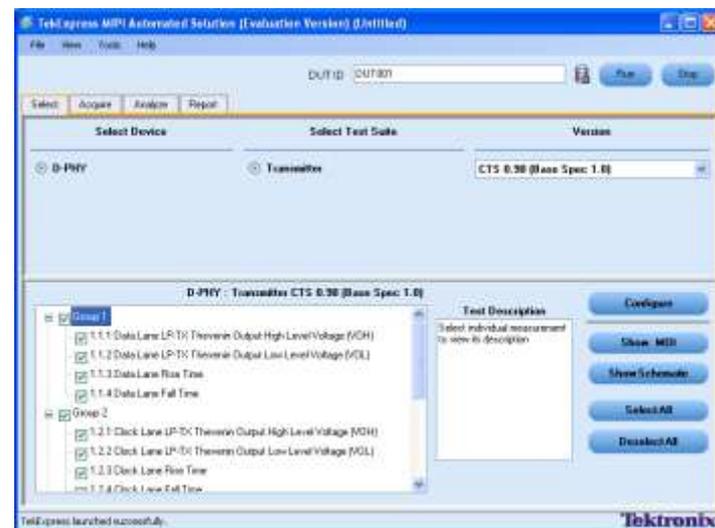
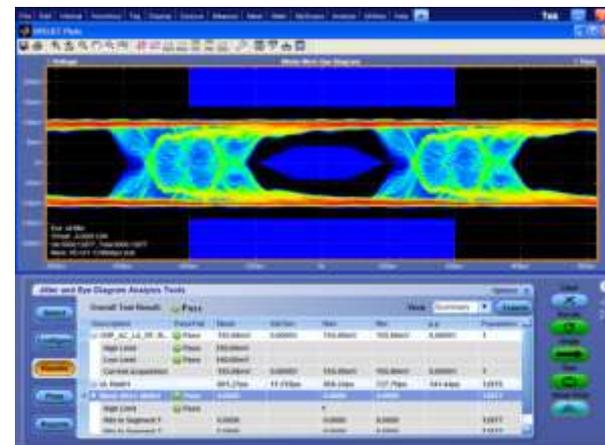
## ■ 特徴

- 同時に最大4つの異なるEQを適用してEye Diagramを解析できる唯一のソリューション
- 日本語のユーザ・マニュアル付き
- Jitter and Eye Analysis(DPOJET)と連携し解析が用意



# MIPI D-PHY自動測定ツール

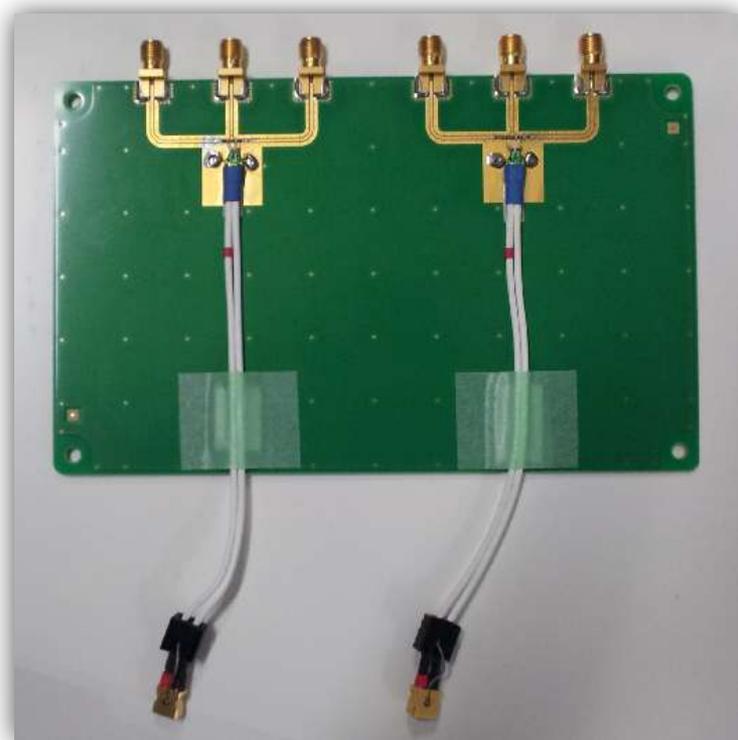
- Opt.D-PHYTXの特徴
  - D-PHY規格適合性を全自動測定
- TEKEXP D-PHYTXの特徴
  - カーソル設定、測定範囲指定も含め全自動
  - D-PHY規格 (v1.0)に準拠
  - UNH Conformance Test Suiteに準拠
  - ツリー構造による測定項目、測定グループ選択
  - カスタム・リミット/リミット値の編集
  - テスト・レポート
  - 測定部分の波形イメージ
  - Pass/Fail サマリ(マージンの詳細付)



# その他、テスト・フィクスチャ

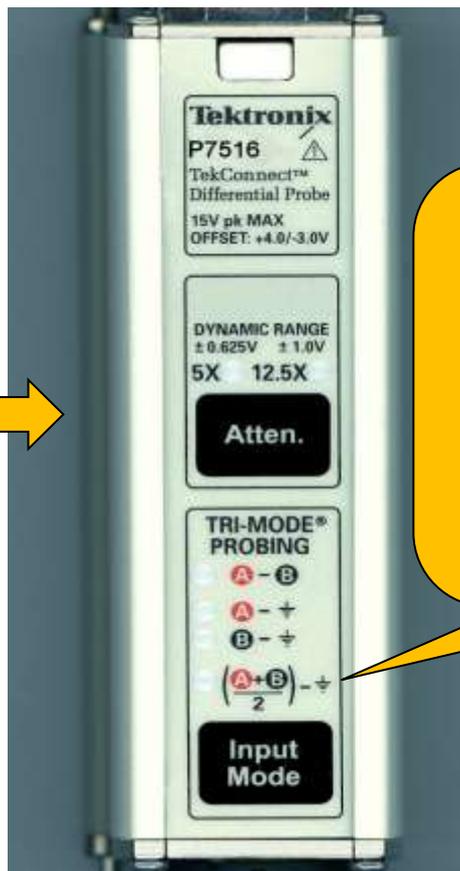


eDP用



汎用P75XX用

# プローブ



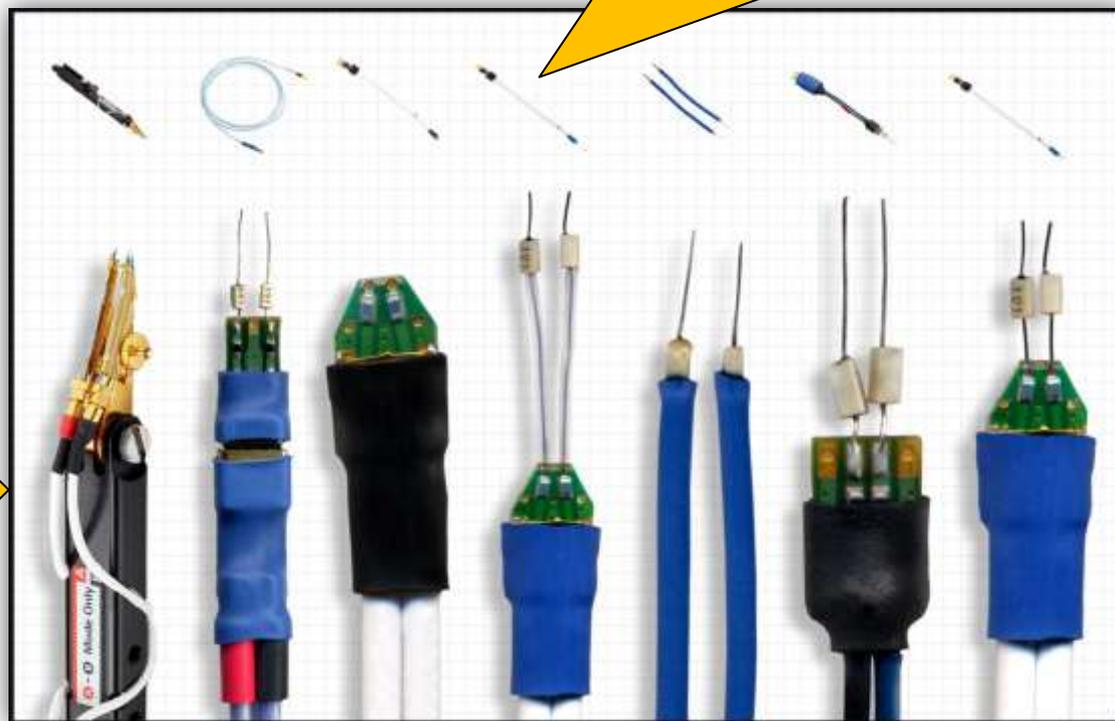
P7500シリーズ差動プローブ  
独自の機能により、プローブ  
の接続ポイントをつなぎ変え  
ることなく、  
1. 差動測定、  
2. シングルエンド測定、  
3. コモン・モード  
測定を行うことができます。

便利なサイト: プローブ、アクセサリ・セレクションツール  
<http://www.tek.com/Measurement/programs/advisor/>

# プローブ・アクセサリ



充実したアクセサリから用途に合わせ最適のプローブ・チップ  
をお選び頂けます。



# シリアル・インタフェース規格参照測定の傾向



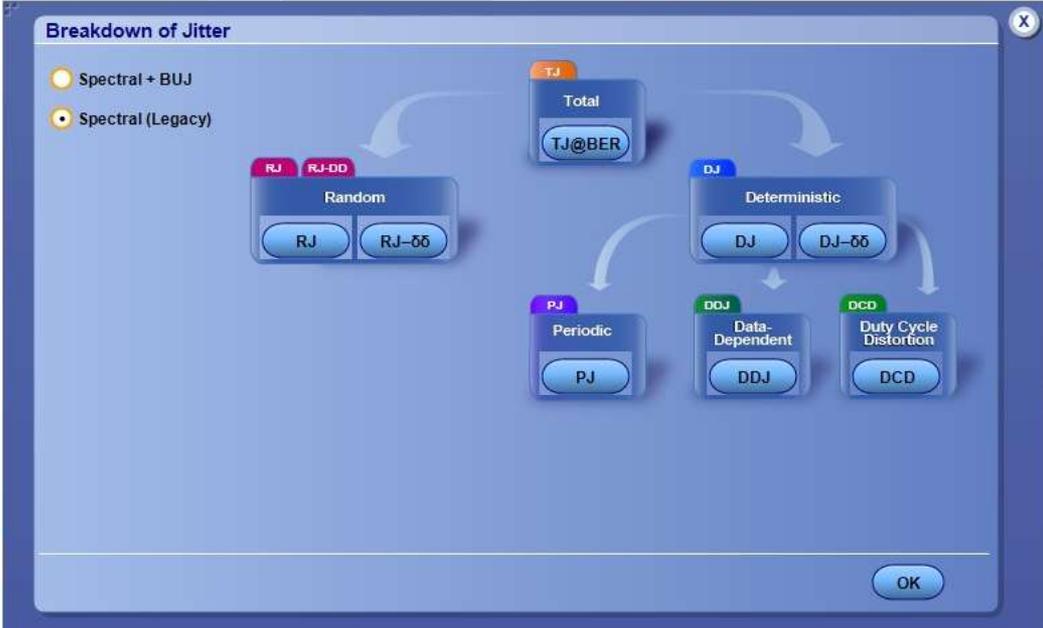
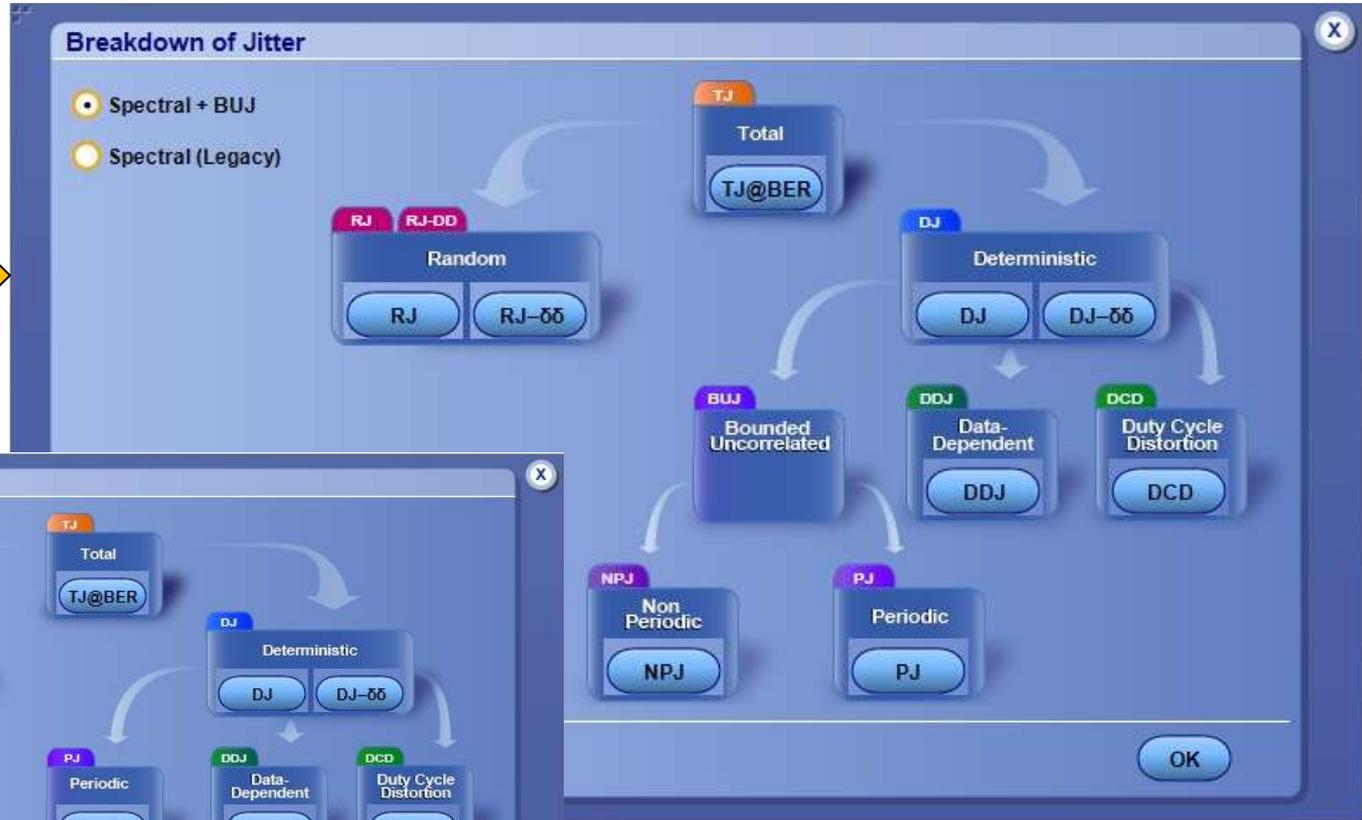
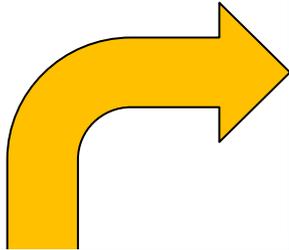
## 測定の傾向

データ・レート	~1Gbps	5Gbps	10Gbps~
ジッタ	P-P(TIE)	Dj、Rj、Tj@BER	Dj、Rj、Tj@BER、BUJ※
アイ	アイ高さ 幅	アイ幅@BER	アイ高さ@BER
イコライザ		ディエンファシス	ディエンファシス+ プリシュート、 レシーバ・イコライザ
測定点	近端、遠端	近端で捕捉し、チャンネル+レシーバ・イコライザ・シミュレーションにより遠端レシーバ内波形を再現	
接続方法	プローブ	ケーブル直結	
備考	ジッタに対するRjがまだ小さい	Rjが顕在化	クロストーク、ノイズが顕在化(イコライザの併用、受信端レベルの減少)

※BUJ: Bounded Uncorrelated Jitter、有界非相関ジッタ

# 今後のジッタ解析

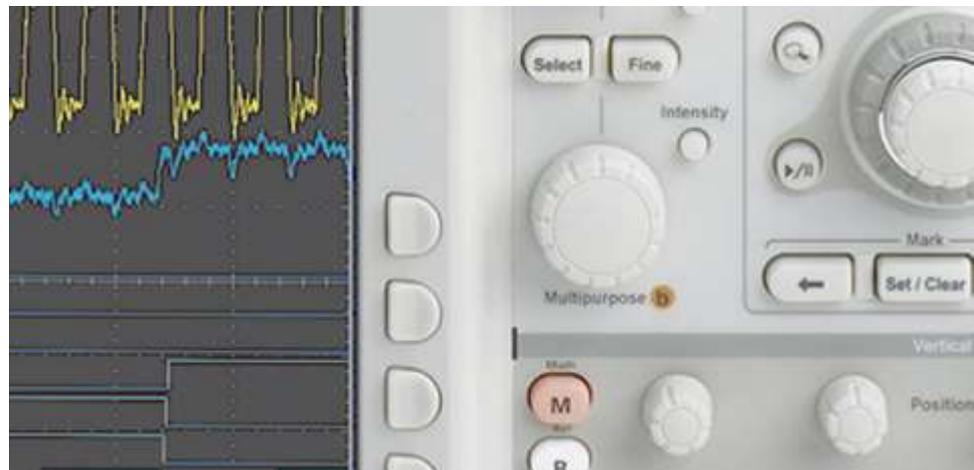
## ■ 次期DPOJET



# まとめ

- テクトロニクスは、外部と内部の両ディスプレイ・インタフェースの測定、解析ソリューションを提供していることをお伝えさせて頂きました。
- 外部ディスプレイ・インタフェース
  - 物理層、プロトコル層をサポートしていることをお伝えさせて頂きました
  - AWG、BEETScopeの汎用性の高さをお伝えさせて頂きました
  - テスト・センターではテクトロニクスの計測器が広く採用されていることをお伝えさせて頂きました
- 内部ディスプレイ・インタフェース
  - 自動測定ツールを国内でサポート。お客様のご要求に柔軟に対応できることをお伝えさせて頂きました
  - 柔軟なプロービング・ソリューションがご提供可能なことをお伝えさせて頂きました
  - デバイス・ベンダーと密に測定ソリューションを開発させて頂いていることをお伝えさせて頂きました

# ありがとうございました。



本テキストの無断複製・転載を禁じますテクトロニクス社 Copyright Tektronix

 **Twitter** [@tektronix\\_jp](https://twitter.com/tektronix_jp)  
 **Facebook** <http://www.facebook.com/tektronix.jp>

## 参考資料

## 当社製品紹介(オシロスコープ、ジェネレータ)



# 任意波形ジェネレータ AWG7000C シリーズ

- 様々な規格に柔軟に対応できるハードウェア・アーキテクチャ

- 画像系

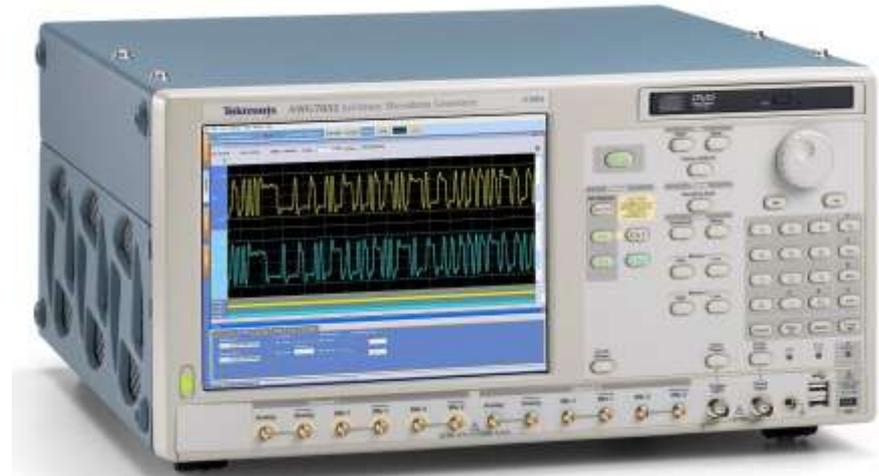
- MHL
- HDMI
- DiiVA
- DisplayPort
- Panel LVDS

- コンピューター・インターフェース

- Serial ATA
- PCI Express
- USB3.0

- 無線通信

- WiHD
- UWB
- レーダー



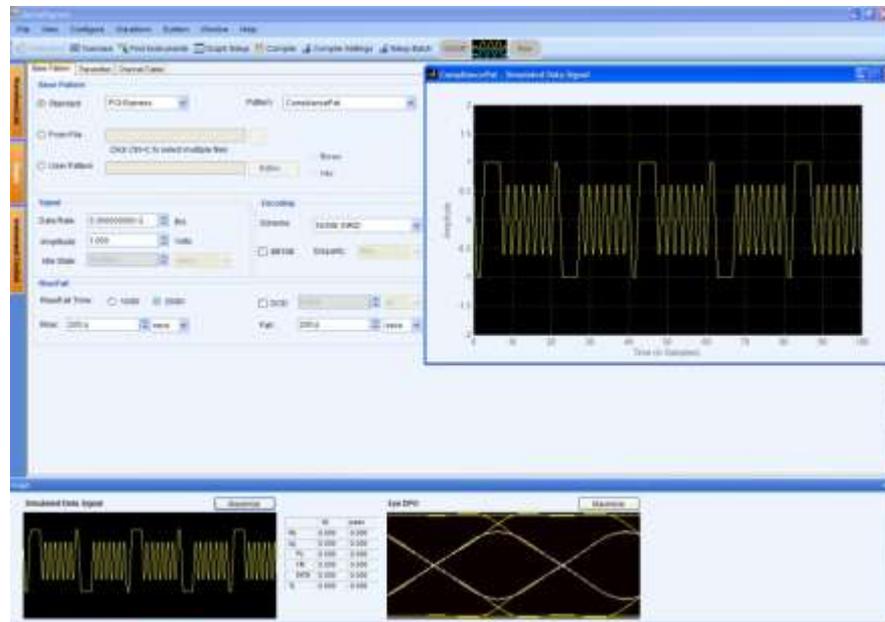
- 最高サンプリング・レート
  - 12GS/s @ 2 チャンネル
  - 24GS/s @ 1 チャンネル
- 出力帯域幅7.5GHz
  - 立ち上がり時間から計算された周波数帯域 (-3dB)
- 2チャンネルの任意波形出力
- 4チャンネルのレベル可変マーカ出力
- 最大64Mワードのメモリ長

# ダイレクト・シンセシス波形作成ソフトウェア SerialXpress®

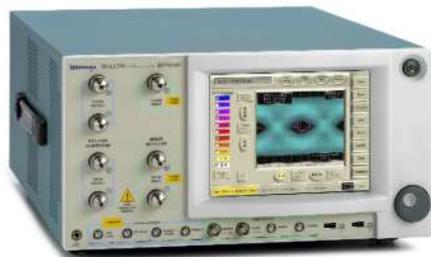
- ▶ ジッタ波形ファイルの作成ツール
- ▶ AWG上もしくは、外部PCで動作可能
- ▶ Windowsインタフェース対応で簡単操作
- ▶ コンパイルした波形データを直接AWGに送信可能
- ▶ 既知のデータパターンがライブラリとして用意され、簡単に呼び出し利用可能

ダイレクト  
・シンセシ  
スのメリッ  
ト

- ▶ 20GS/sのAWGによる、アナログ・トランスミッタ・ラインの効果を直接合成
- ▶ 他の信号発生器からジッタやノイズが付加されることを排除
- ▶ プリエンファシス信号を生成する際に複数チャネルによる信号合成などが不要
- ▶ ISIや他のシステム異常を伝送経路に人為的に組み込む機能拡張  
\*Inter Symbolic Interface (シンボル間干渉)
- ▶ 容易な機器構成やセット・アップ (テストが1台で可能！)



# BERTScopeファミリ



- ビット・エラー・レート・テスト  
／パターン・ジェネレータ  
BSA Cシリーズ  
BSA CPGシリーズ
- BERTとスコープ・ライクな  
アイ・ダイアグラム測定
  - レシーバ・ジッタ耐性テ  
スト

- 26G
- 17.5G
- 12.5G
- 8.5G



- クロック・リカバリ
- オシロスコープ、サン  
プリング・オシロスコー  
プ、BERT用スタンドア  
ローン・クロック・リカ  
バリ・ユニット
  - ジッタ測定

- 28.6G
- 17.5G
- 12.5G



- ディエンファシス
- パターン・ジェネレータ  
にディエンファシス、プ  
リシユートをアドオン

- 12.5G



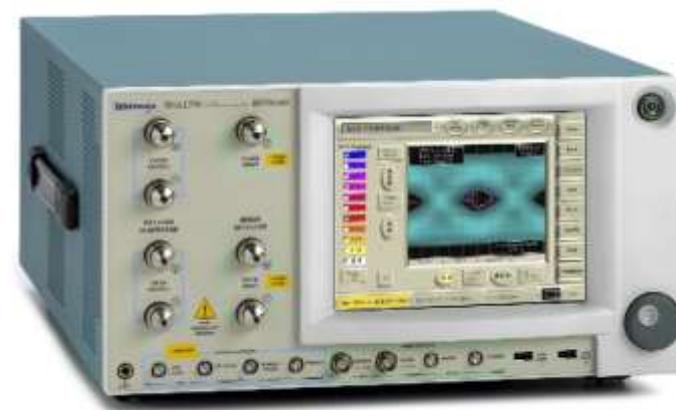
- BitAlyzer
- 基本的なBERTとスコ  
ープ・ライクなアイ・ダ  
イアグラム測定

- 1.5G/1.6G

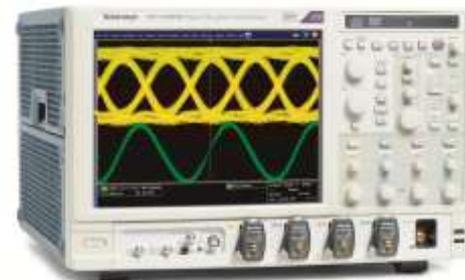
# BSA Cシリーズ ビット・エラー・レート・アナライザ

## BSA CPGシリーズ パターン・ジェネレータ

- 最高26Gbpsのパターン生成、高速BER／ジッタ測定、エラー解析
- ストレス生成機能
- BERTScopeツールキット
  - 標準テスト・スイート
    - アイ・ダイアグラム、マスク・テスト
  - ジッタ・トレランス・コンプライアンス・テンプレート・テストとマージン・テスト
  - 物理レイヤ・テスト・ソフトウェア・スイート
    - ジッタ・ピーク、BER輪郭、Qファクタ解析
  - ジッタ分離(ジッタ・マップ)
- 当社特許のError Location Analysis機能
  - エラー／データ相関など
- その他
  - ストレス・ライブ・データ
  - エラー訂正符号化エミュレーション
  - シンボル・フィルタリング



# DSA7000Dシリーズ *New!* デジタル・シリアル・アナライザ

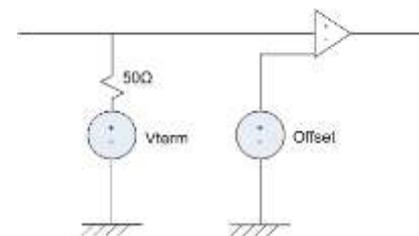


## ■ 「最高の波形特性」と「強力な解析能力」

型名	DSA7334D型	DSA72504D型
最高周波数帯域	33GHz	25GHz
2ch(RT)、4ch(ET、アンダー・サンプリング)		
4ch(RT)	23GHz	
立上り時間(20%-80%)	9ps	12ps
最高サンプル・レート	50GS/s@4チャンネル、100GS/s@2チャンネル	
最大記録長	250Mポイント@4チャンネル	
垂直軸ノイズ (フルスケールに対するp-p)	0.58%	
フラットネス	±0.5dB(最高周波数帯域の半分まで)	
ジッタ・ノイズ・フロア(rms)	250fs	
デルタ時間測定確度(rms)	347fs	330fs
垂直軸感度	6.25mV/div~120mV/div (62.5mV~1.2Vフルスケール)	
オフセット・レンジ 終端電圧レンジ	+3.4~-3.4V	



IBM社SiGe 8HP BiCMOSプロセスによる新設計のフロントエンドにより、33GHzで必要とされる垂直ノイズとジッタ・ノイズ・フロアの低減化を実現



終端電圧機能によりバイアス Tee、DCブロックを併用することなく、DCバイアス回路を直結可能

# DSA70000Cシリーズ デジタル・シリアル・アナライザ



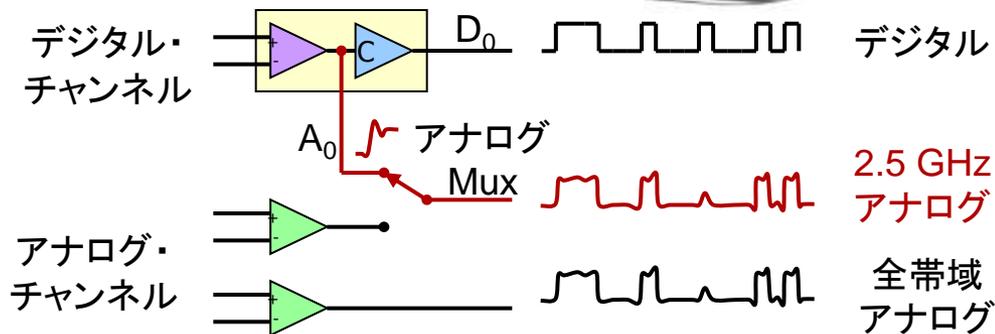
## ■ 「最高の波形特性」と「強力な解析能力」

型名	DSA72004C型	DSA71604C型	DSA71254C型	DSA70804C型	DSA70604C型	DSA70404C型
最高周波数帯域	20GHz	16GHz	12.5GHz	8GHz	6GHz	4GHz
最高サンプル・レート	50GS/s@4チャンネル、100GS/s@2チャンネル			25GS/s@4チャンネル		
最大レコード長	250Mポイント@4チャンネル			100Mポイント@4チャンネル		
垂直軸ノイズ(フルスケールに対するp-p)	0.77%	0.43%	0.38%	0.35%	0.32%	0.28%
フラットネス	±0.5dB(最高周波数帯域の半分まで)					
ジッタ・ノイズ・フロア(rms)	290fs	270fs		300fs		340fs
デルタ時間測定確度(rms)	1.43ps	1.15ps	1.23ps	1.24ps	1.33ps	1.48ps
DSA70000D/C、MSO70000Cシリーズ共通						
主な機能(標準)	<ul style="list-style-type: none"> <li>サーチ &amp; マーク、コミュニケーション・マスク・テスト、ジッタ/アイ・ダイアグラム解析、6.25Gbpsコミュニケーション・トリガ、シリアル・パターン・トリガ/ <b>プロトコル・デコード&amp;サーチ</b></li> </ul>					
主な機能(オプション)	<ul style="list-style-type: none"> <li>フレーム &amp; ビット・エラー・ディテクタ    <b>ビジュアル・トリガ</b></li> <li>I<sup>2</sup>C、SPI、RS-232/422/485/UART、MIPI D-PHY、USB2.0デコード &amp; トリガ</li> <li>DDR解析、シリアル・データ・リンク解析、パワー解析、ベクトル・シグナル解析、UWB解析</li> <li>周波数帯域のアップグレード</li> </ul>					
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>毎秒30万波形取込みレート</li> <li>DSP特性補正、DSP帯域拡張(DSA72004C型)</li> <li>周波数帯域選択機能、ArbFilter機能</li> </ul>					

# MSO70000Cシリーズ – 業界唯一 高性能ミックスド・シグナル・オシロスコープ



- 業界唯一 :MSO唯一のiCapture
  - 1回のプローブ接続でアナログとデジタルの信号の取込み
- 任意のデジタル・チャンネルとアナログ・チャンネルをすばやく切り替え
  - 同時に観測可能
- 汎用1GHzパッシブ・プローブと2.5GHzアクティブ差動プローブを用意



iCapture概念図

型名	MSO72004C型	MSO71604C型	MSO71254C型	MSO70804C型	MSO70604C型	MSO70404C型
周波数帯域	20 GHz	16 GHz	12.5 GHz	8 GHz	6 GHz	4 GHz
アナログ・チャンネル	4			4		
デジタル・チャンネル	16			16		
サンプル・レート(アナログ)	50GS/s@4チャンネル、100GS/s@2チャンネル			25 GS/s@4チャンネル		
サンプル・レート(デジタル)	12.5 GS/s					
レコード長 (全チャンネル)	250 M ポイント			125 M ポイント		
バス・トリガ/デコード(オプション)	パラレル、I <sup>2</sup> C、SPI、RS-232/422/485/UART、MIPI D-PHY、USB2.0デコード & トリガ					
iCapture®	○			○		
ロジック・クオリファイ・トリガ	○			○		
DSAパッケージ・オプション	DSAU			DSAH		

# ジッタ/アイ・ダイアグラム解析ソフトウェア

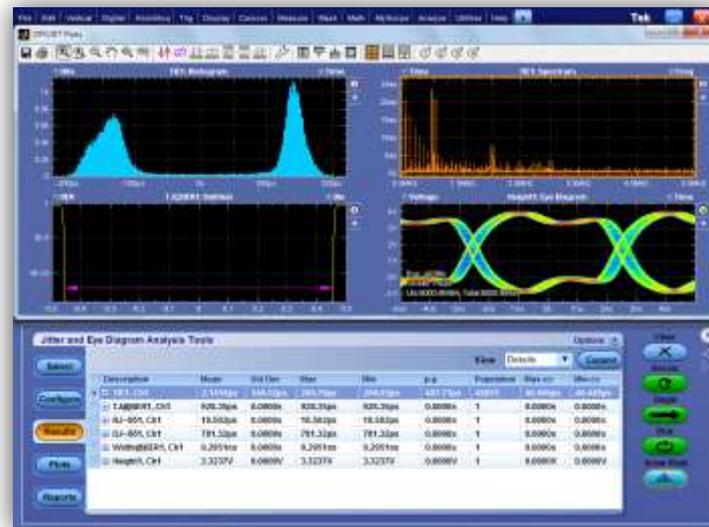
## ■ 特 長

- クロック、データ信号のジッタおよびタイミング解析
- リアルタイム・アイ・ダイアグラム (RT-Eye™) 解析
- 選択可能なハイ・パス、ロー・パスの測定フィルタ
- ジッタ観測と解析のための9種類のプロット: アイ・ダイアグラム、CDFバスタブ、スペクトラム、ヒストグラム、トレンド、位相ノイズ、伝達関数
- さまざまな規格をサポートするライブラリによるパス/フェイルおよびマスク・テスト、さらにユーザ定義のリミット/マスク・ファイルによるカスタム・テスト構成と新規または策定中の規格に対応



## ■ 測定項目

- 周期/周波数測定
- 時間測定
- 振幅測定
- アイ・ダイアグラム測定
- ジッタ測定
- リミット・テスト、マスク・テスト



# ビジュアル・トリガ *New!*

- 特定の信号をすばやく検出

- ディスプレイに領域設定: 最大8領域。形状は四角、三角、台形、六角形
- 領域を通過するしないを設定、それぞれの領域に各チャンネル設定可能
- 複数の領域の論理 (AND/OR/XOR) を設定可能
- 対象波形の非表示可能

