

# H-6

## USB2.0インタフェースの評価手法



脇本 雄太

**Tektronix**<sup>®</sup>

**KEITHLEY**  
A Tektronix Company

# USB2.0の概要



## USBの歴史

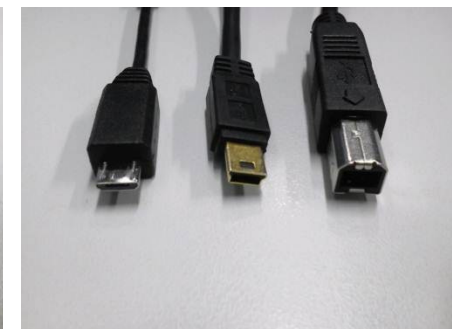
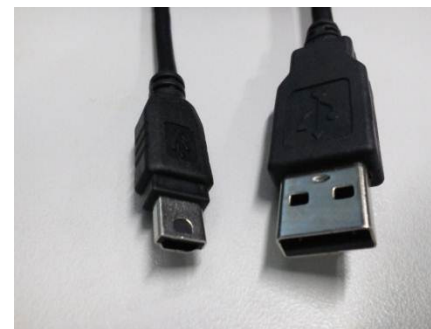
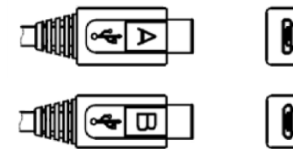
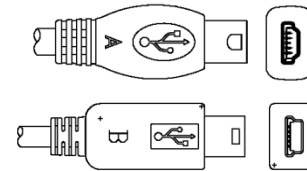
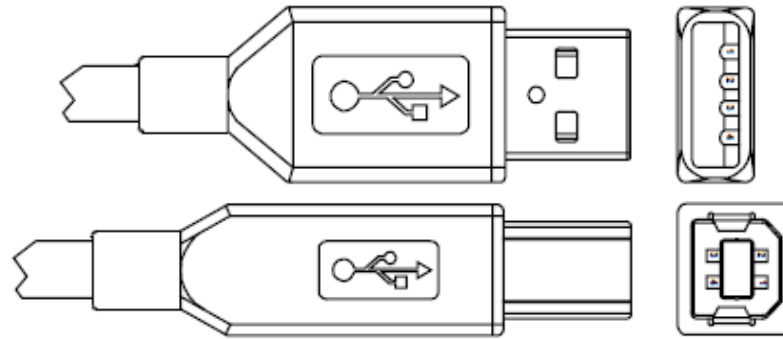
- 1995年: Intelによって仕様公開
- 1996年1月: USB-IFによってUSB1.0規格を発表
  - Compaq Computer、Digital、IBM、Intel、Microsoft、NEC
- 1998年9月: 電氣的仕様をより詳細に規格化しUSB1.1へ
- 2000年4月: USB2.0規格を発表
  - Hewlett-Packard、Lucent Technologies、Philipsが新たに参加
- 2001年12月: On-The-Go Supplement Revision1.0を発表
- 2008年11月: USB3.0仕様公開
  
- PCと周辺機器を接続する標準的なインタフェースの1つ
- 現在ではほとんどのPCに標準で装備
- PC用途に限らずデジタル・コンシューマ分野にも広がる

## USB2.0とは

- Universal Serial Bus Revision2.0
- USB1.1にHi-Speedモードを追加
  - Low-Speed (LS) : 1.5Mbps
  - Full-Speed (FS) : 12Mbps
  - High-Speed (HS) : 480Mbps (USB2.0で新規に追加)
- USB1.1と後方互換性を確保
- USB2.0機器とUSB1.1機器の混在が可能

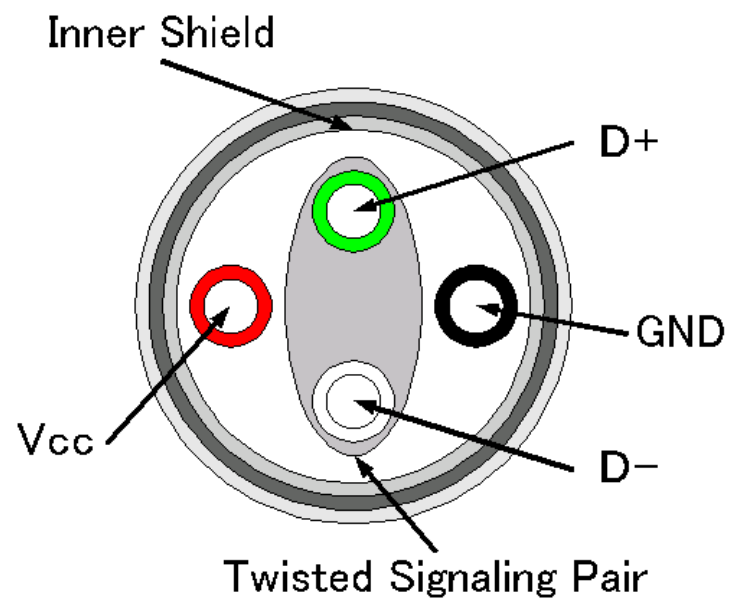
# USBコネクタ

- Standard Connector
  - 標準的なコネクタ
- Mini Connector
  - 小型コネクタ
  - 薄型機器、携帯端末
- Micro Connector
  - ミニ・コネクタよりさらに薄く
  - 小型携帯端末



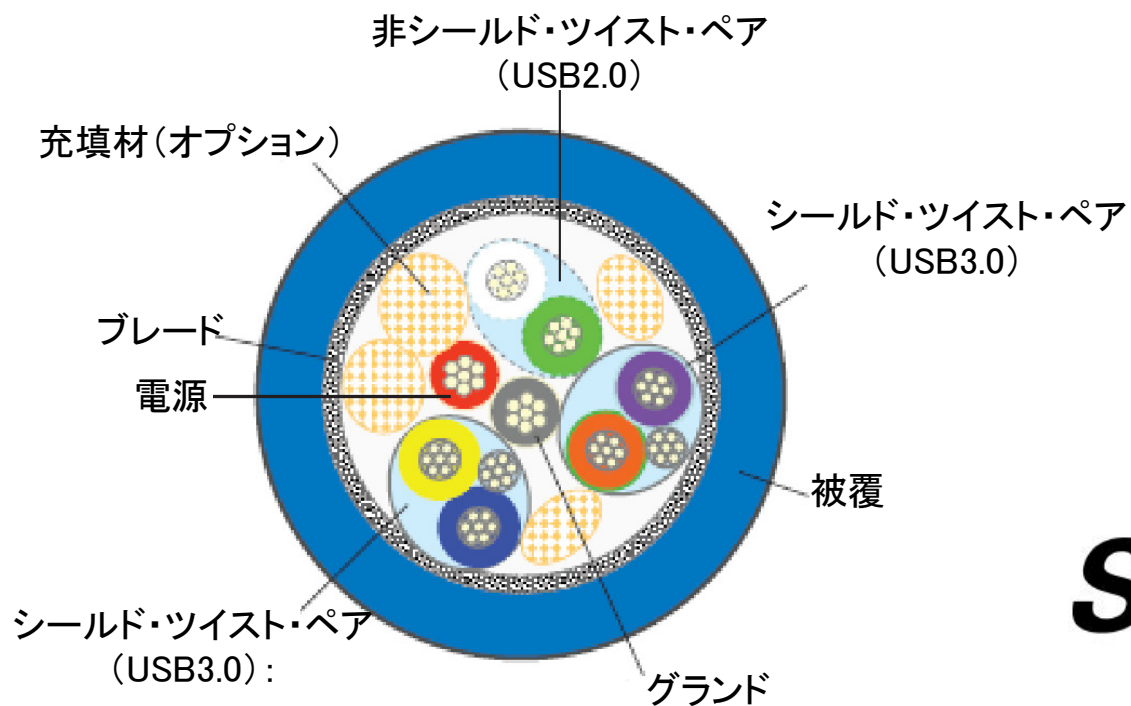
## USB2.0標準ケーブル

- USB1.1から仕様変更なし
- 信号線 28AWG、ツイスト・ペア
- 電源線 20-28AWG
- シールド線
- 最長5m (26ns)
- LSケーブルにシールドを推奨



## 参考: USB3.0ケーブル

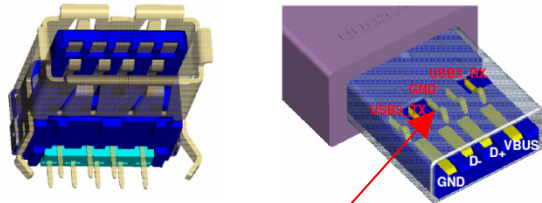
- SuperSpeedは1本のケーブルにてUSB2.0と3.0のリンク



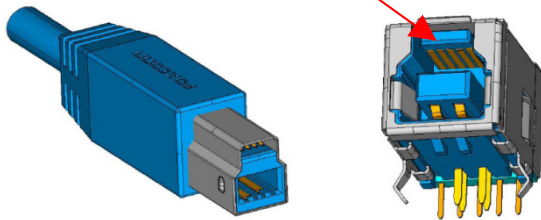
USB-IF Webより引用:  
Cables and Connectors, Yun Ling, Nov.17-18, 2008, SuperSpeed USB Developer Conference, San Jose, California  
[http://www.usb.org/developers/presentations/pres1108/SuperSpeed\\_USB\\_DevCon\\_Cable\\_and\\_Connector\\_Ling.pdf](http://www.usb.org/developers/presentations/pres1108/SuperSpeed_USB_DevCon_Cable_and_Connector_Ling.pdf)

# 参考: USB3.0コネクタ

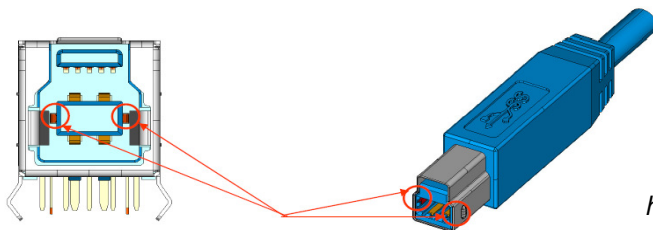
- Standard-A



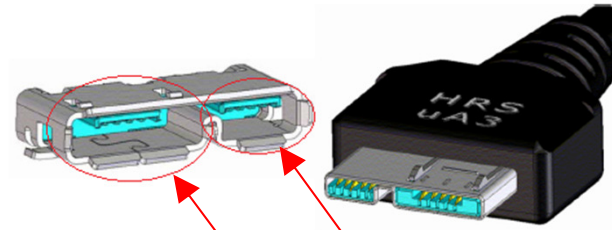
- Standard B



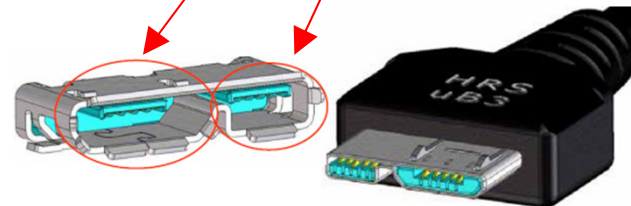
- Powered B



- Micro A / AB



- Micro B



USB3.0の5ピンを追加

USB2.0部

USB3.0部

USB-IF Webより引用:  
Cables and Connectors, Yun Ling, Nov.17-18, 2008, SuperSpeed USB Developer  
Conference, San Jose, California  
[http://www.usb.org/developers/presentations/pres1108/SuperSpeed\\_USB\\_DevCon\\_Cable\\_and\\_Connector\\_Ling.pdf](http://www.usb.org/developers/presentations/pres1108/SuperSpeed_USB_DevCon_Cable_and_Connector_Ling.pdf)



## USBロゴ

- 認定はUSB-IF (Implementers Forum)にて行われる
  - Compliance Test (認証試験)に合格
  - Integrators List
- 規格に準拠していることの証明
  - Certified Logo



## USBコンプライアンス・テスト

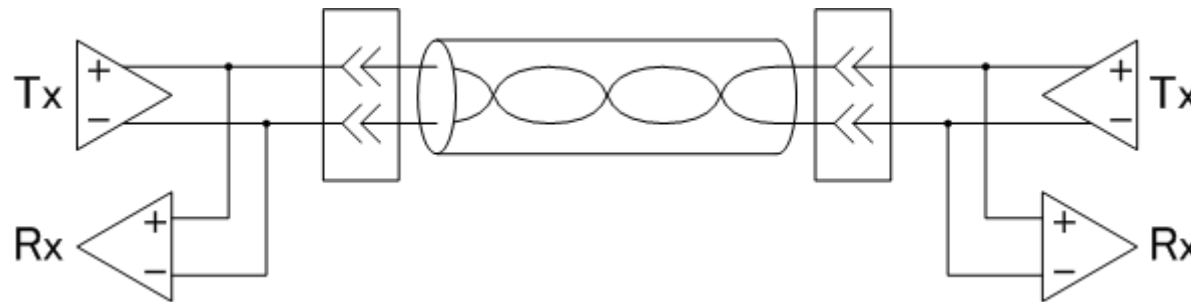
- ロゴ・ライセンス取得の為にUSB-IFが定めたテスト
  - 製品やパッケージにUSBロゴを使用する場合は必ず合格しなければならない
- ロゴ認証を取得するには
  - セルフテスト不可
  - Test Lab
    - アリオン株式会社 <http://www.allion.co.jp>
    - 株式会社エクスカル <http://www.xxcal.co.jp/>

# USB2.0物理層の評価



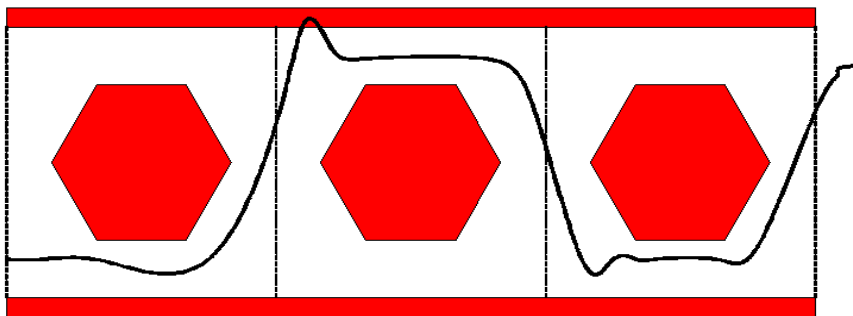
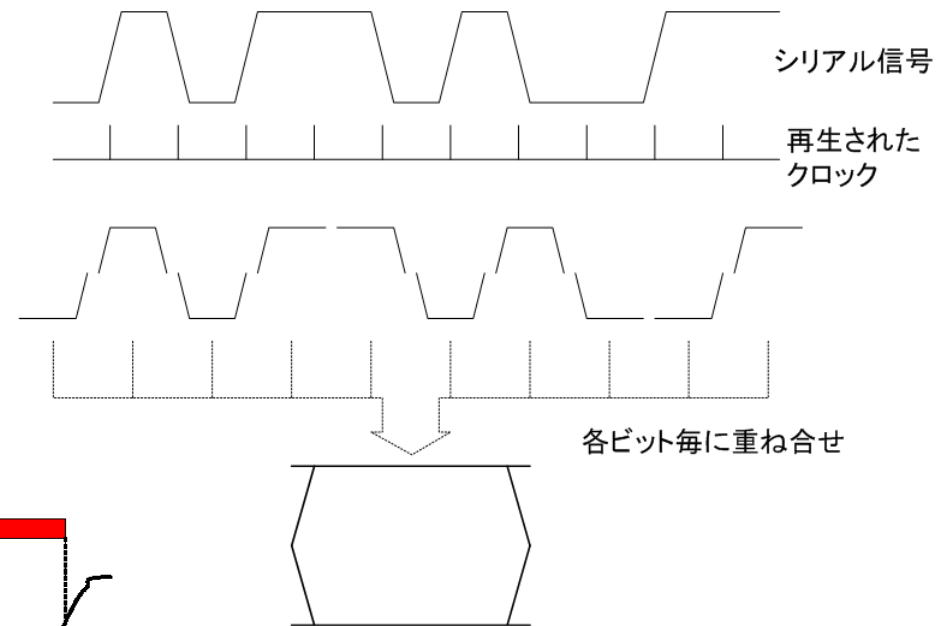
## USB2.0 (High Speed) 物理層

- 信号線は4線
  - 差動データライン2線 (D+, D-)、Vbus、GND
- 差動半二重伝送
- DC結合
- NRZI (Non Return to Zero Invert) エンコード
  - データ1の場合は信号レベルを反転、データ0の場合は継続
  - ビット・スタッフィング

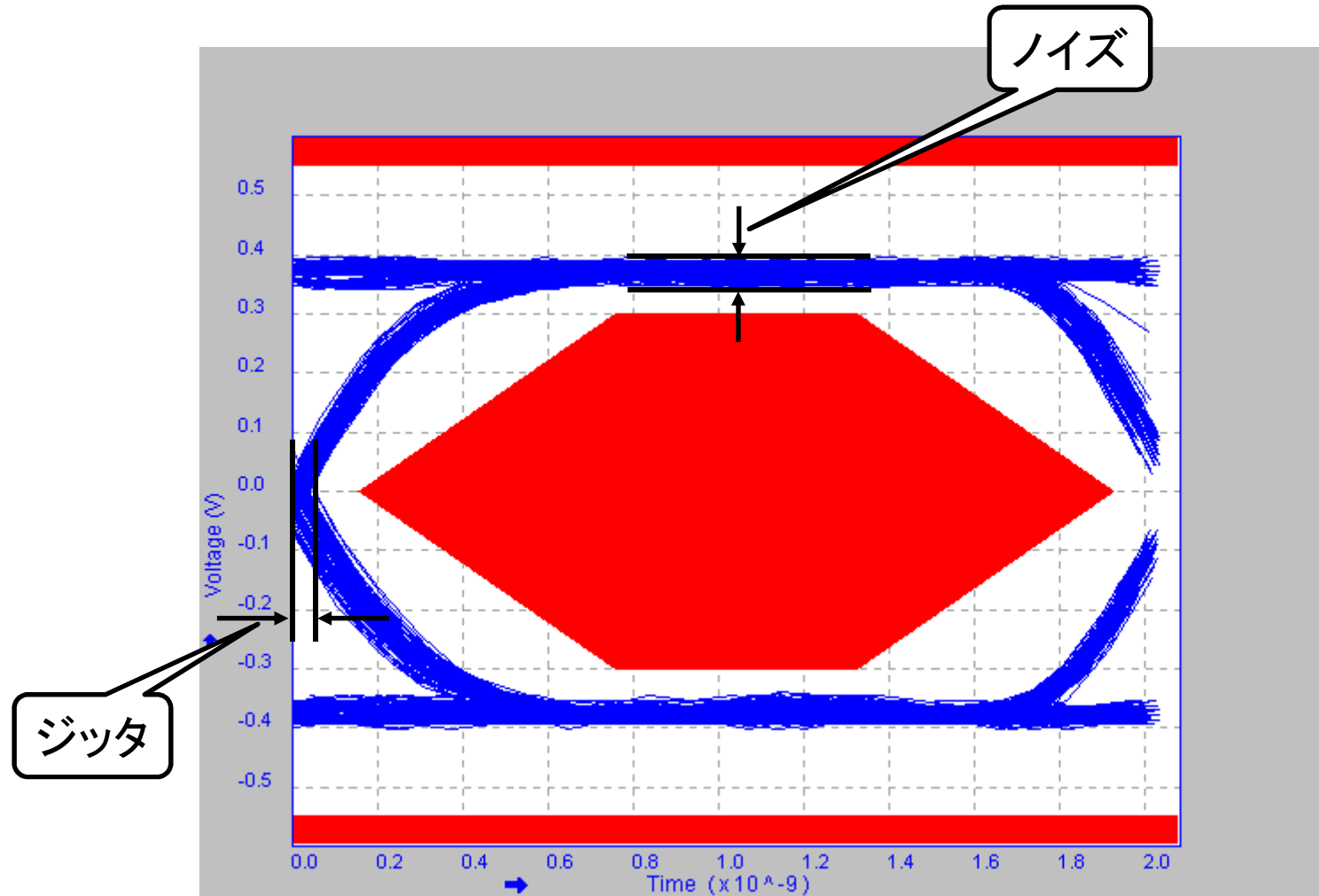


# アイ・ダイアグラム測定

- デジタル・データ通信の信号品質評価
- ノイズ、ジッタ
- テンプレートの適用

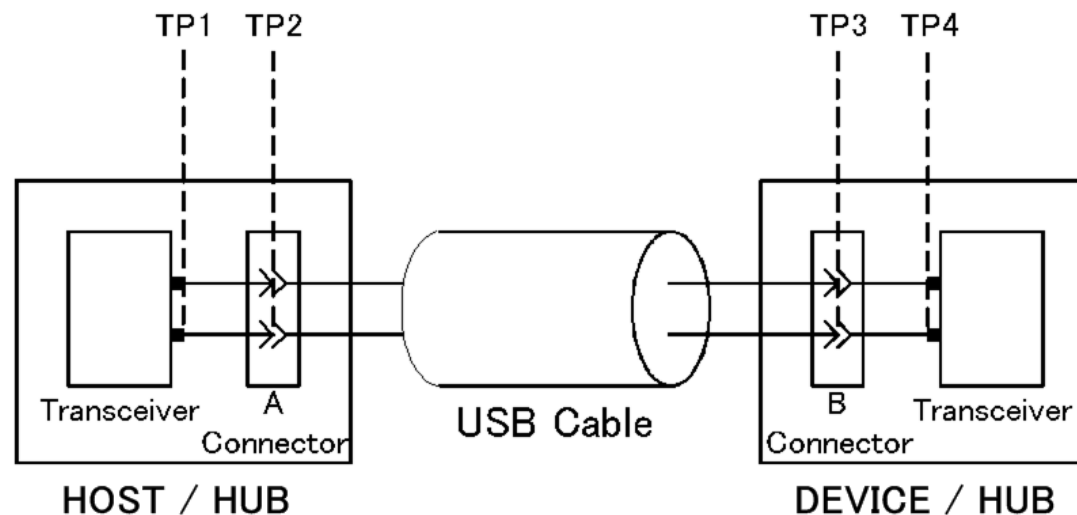


# アイ・ダイアグラム測定例



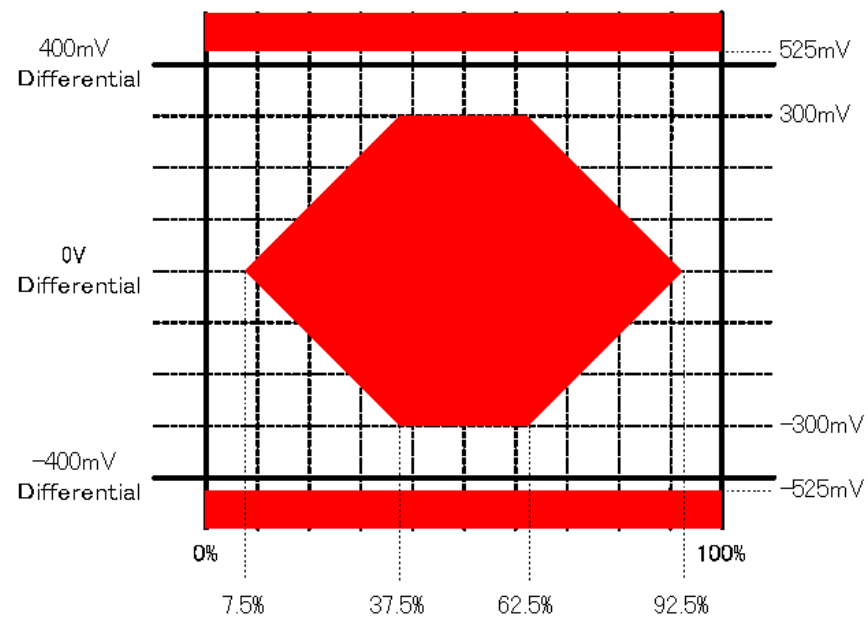
## 測定ポイント

- アイ・ダイアグラムの評価は測定ポイントが重要
  - 近端と遠端で波形が変わる
- USBコンプライアンスでは基本は近端で測定
  - HostおよびHubのDownstream Port はTP2
  - DeviceおよびHubのUpstream PortはTP3
  - ケーブル付のDeviceおよびHubのUpstream PortはTP2

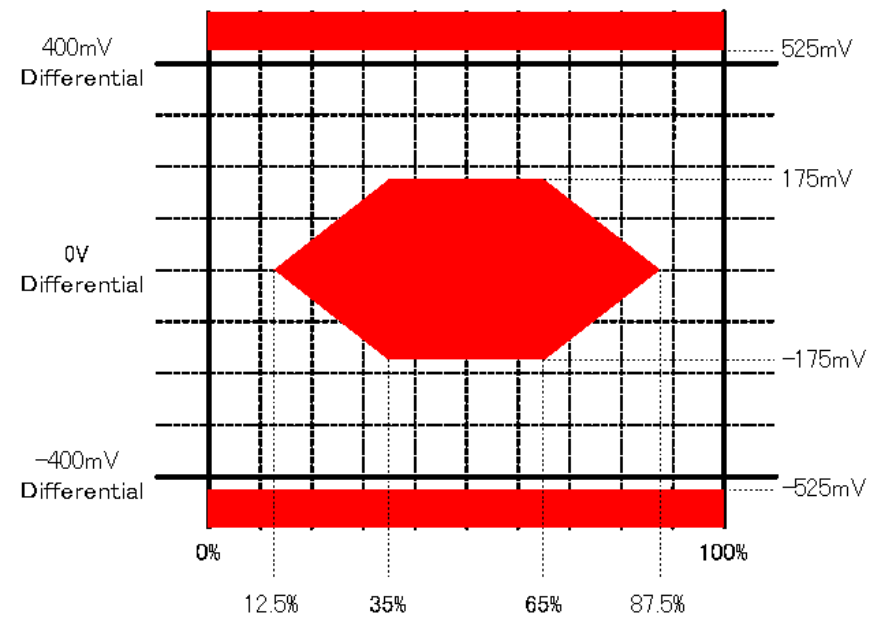


# テンプレート

## Template1



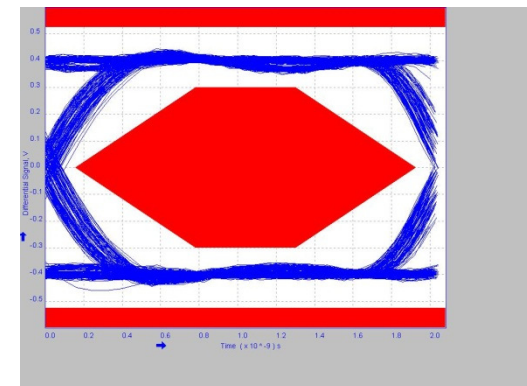
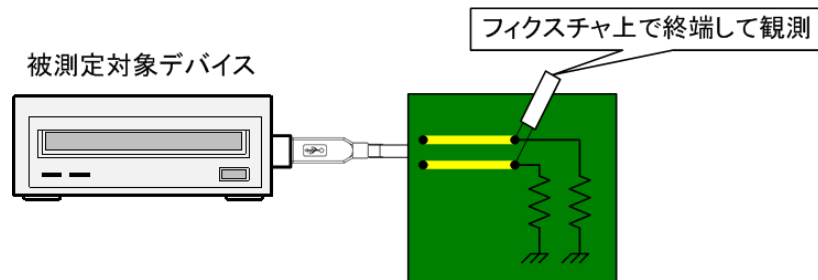
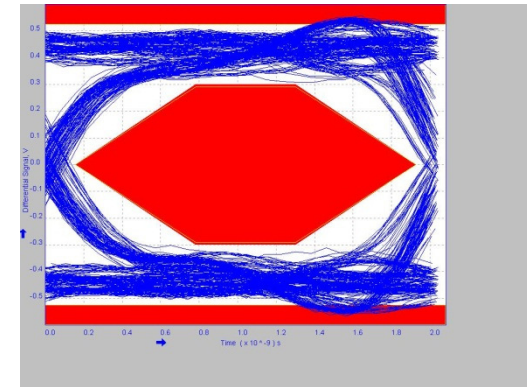
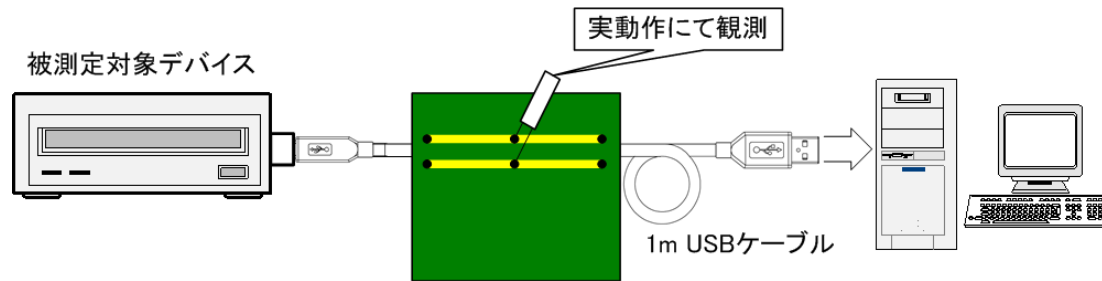
## Template2





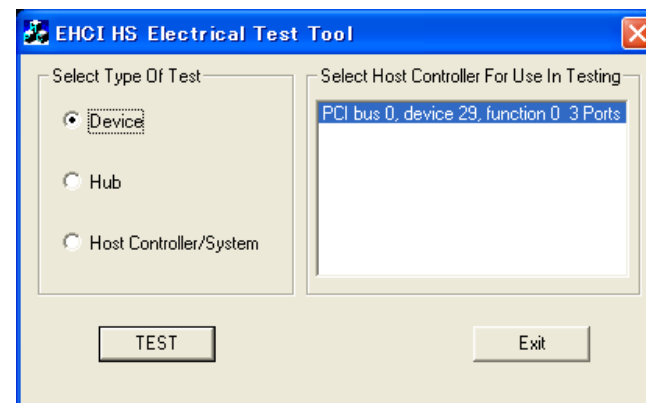
# 波形品質評価は理想終端で

- 反射の影響を少なく



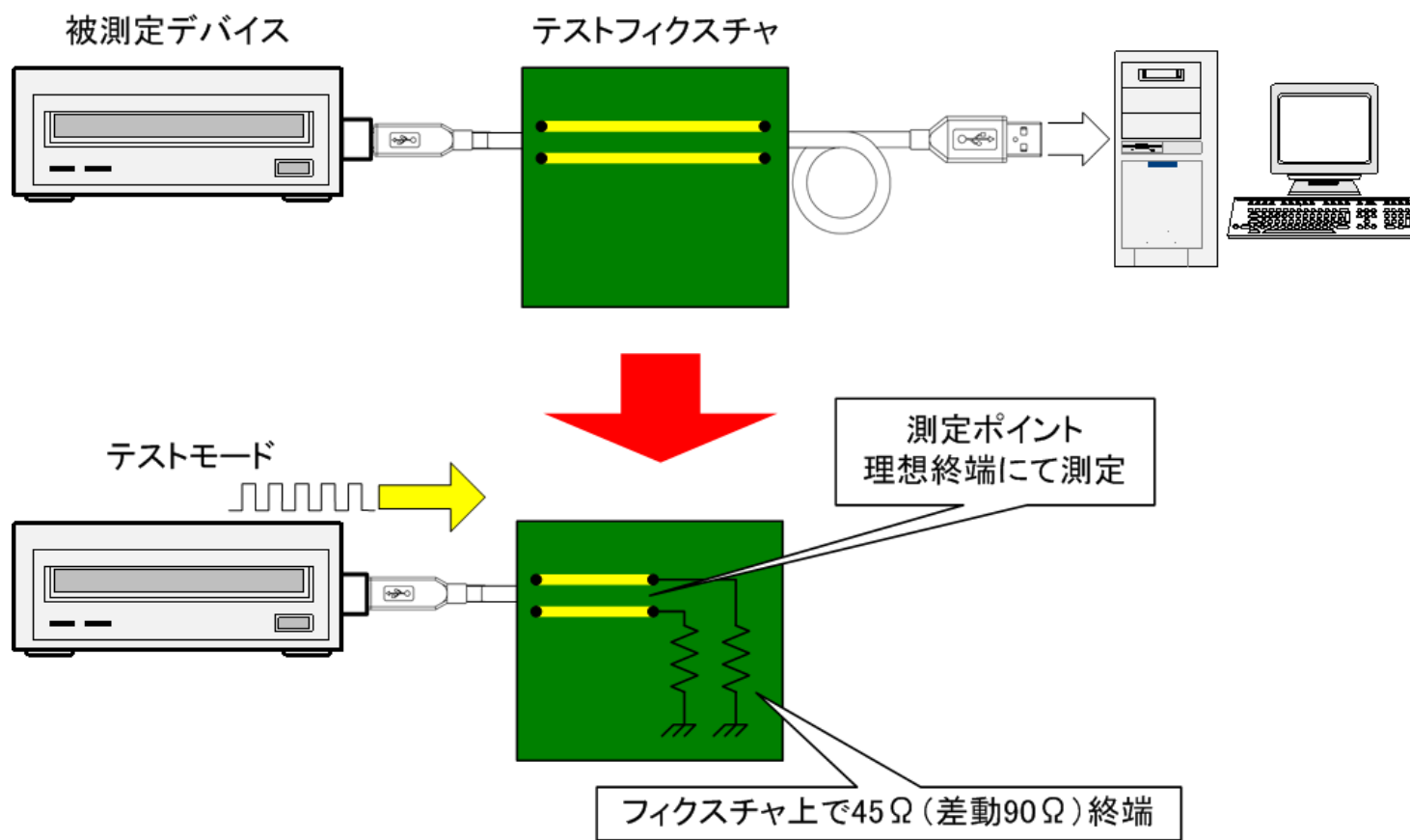
## テストモードのサポート

- USB2.0規格で定められたテストの為のモード
  - Test Packet
  - Test J , Test K , Test SE0\_NAK
  - Test Force Enable
- テストモードに設定するには
  - Device , Hub
    - USB-IFよりソフトウェアを提供
      - HS Electrical Test Tool
      - <http://www.usb.org/developers/tools/>
  - Host
    - OSがWindowsの場合
      - HS Electrical Test Toolにて可能
    - OSが非Windowsの場合
      - 各ベンダー様にてTest Modeに設定する必要有



## 物理層の信号品質評価

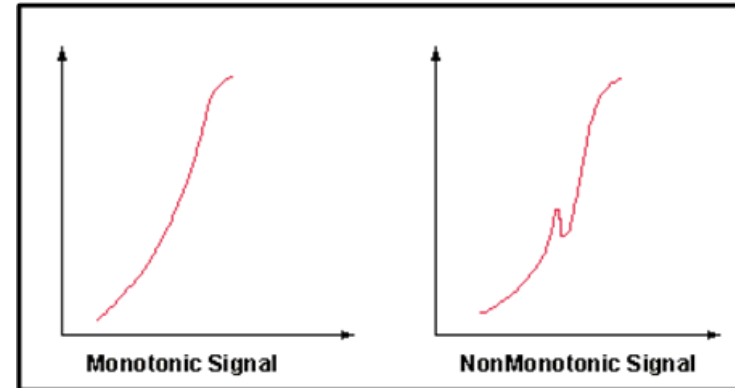
- PCを使用して被測定デバイスをTest Packetモードに設定
- 信号観測時はフィクスチャ上で理想終端



## その他の信号品質評価

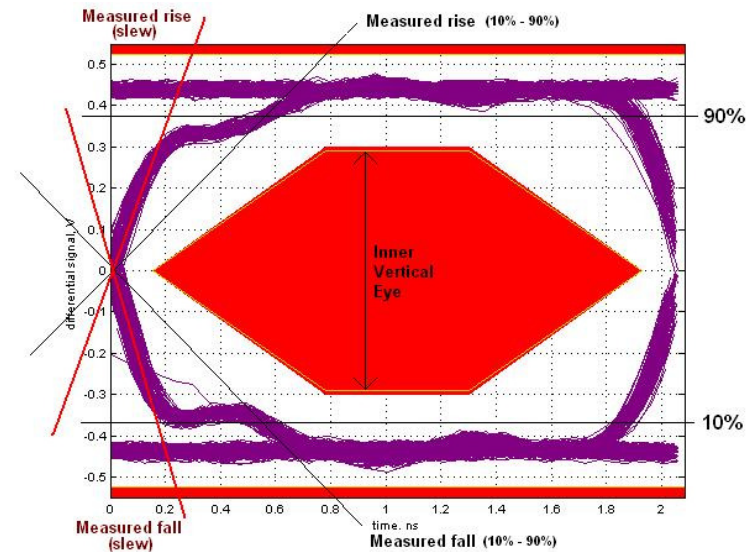
### ■ Monotonic Transition

- データが変化する時は単調的に推移すること
  - インピーダンス不整合
  - 差動間スキュー



### ■ Rise / Fall Time

- 10%-90%にて500ps以上
  - 速すぎてはいけない
  - コンプライアンス・テストではスルーレートで測定



USB-IF Webより引用:

<http://compliance.usb.org/index.asp?UpdateFile=Electrical&Format=Standard#7>

## USB2.0のルーティング・ガイド・ライン

- スタブやグランド・プレーンの切れた部分の横断、差動信号ラインの非等間隔配線を禁止
- 反射、インピーダンスの変化を抑制

**Routing Guidelines**

- ▶ Control trace widths to obtain target impedance
  - Ask your board vendor what they can achieve
  - As always, cost is a consideration
- ▶ Maintain strict trace spacing control
- ▶ Minimize routing path
- ▶ Minimize stubs

15k $\Omega$

D-

D+

15k $\Omega$

Correct way to connect to resistors

June 12, 2002

7

**Routing Guidelines**

**Common Routing Mistakes**

- ▶ Routing over plane splits
- ▶ Creating stubs with test points
- ▶ Routing too close to edge of PCB
- ▶ Violating trace spacing guidelines

Ground or power plane

Don't cross plane splits

Proper routing technique maintains spacing guidelines

tp

June 12, 2002

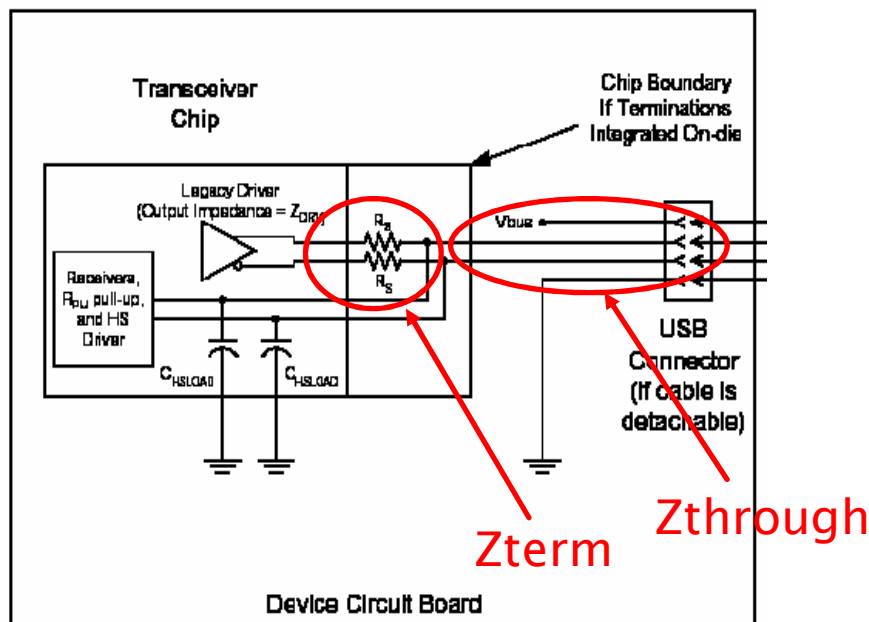
9

USB-IF Webより引用:  
Platform Design Considerations, Jim Choate  
[http://www.usb.org/developers/presentations/pres0602/jim\\_choate\\_pdc.pdf](http://www.usb.org/developers/presentations/pres0602/jim_choate_pdc.pdf)

# USB機器インピーダンス

Hi-speed デバイス / ホスト測定仕様

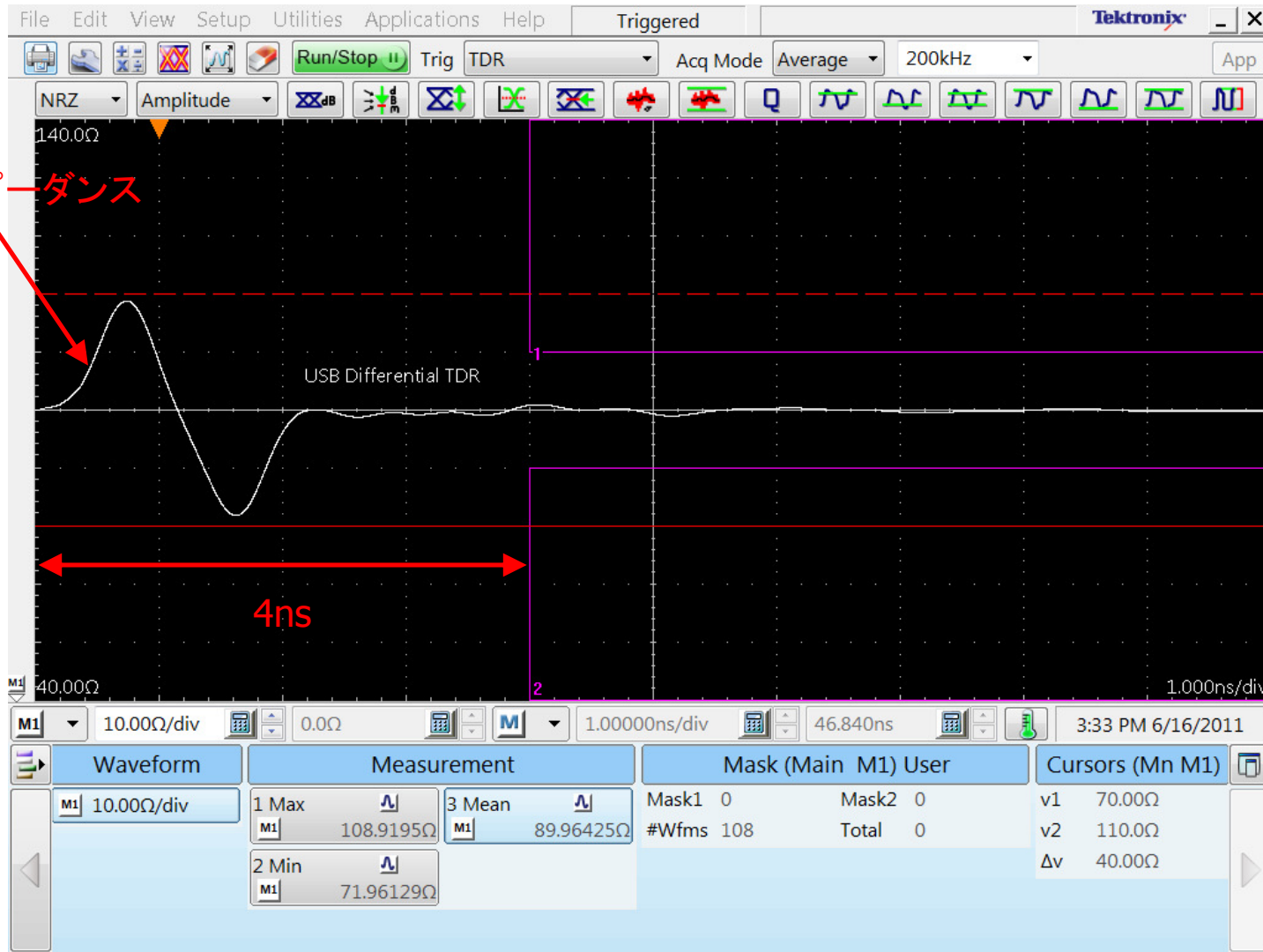
測定項目	スペック	備考
終端インピーダンス $Z_{term}$	$90\Omega \pm 10\Omega$	Tr = 400psで測定
スルー・インピーダンス $Z_{through}$	$90\Omega \pm 20\Omega$	Tr = 400psで測定





# TDRによるUSB機器測定例

差動インピーダンス



# Tektronixのソリューションのご紹介





# USB2.0の評価に最適なオシロスコープ DPO/MSO5000シリーズ

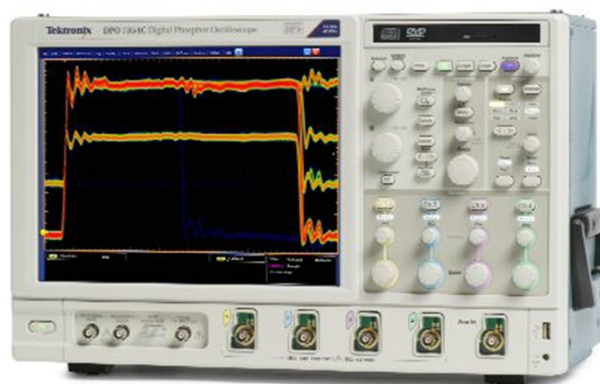
	DPO5204型 MSO5204型	DPO5104型 MSO5104型	DPO5054型 MSO5054型	DPO5034型 MSO5034型
周波数帯域	2GHz	1GHz	500MHz	350MHz
最高リアルタイム サンプルレート	10GS/s(1/2使用時) 5GS/s(3/4ch使用時)		5GS/s	
レコード長(標準)	25M(1/2ch使用時) 12.5M(3/4ch使用時)		12.5M	
レコード長 (最大オプション)	250M(1/2ch使用時) 125M(3/4ch使用時)		125M	



※USB2.0 High Speedの信号を観測するには2GHz以上の周波数帯域が必要

# USB2.0の評価に最適なオシロスコープ DPO7000Cシリーズ

	DPO7354C型	DPO7254C型	DPO7104C型	DPO7054C型
周波数帯域	3.5GHz	2.5GHz	1GHz	500MHz
最高リアルタイム サンプルレート	40GS/s(1ch使用時) 20GS/s(2ch使用時) 10GS/s(3/4ch時)		20GS/s(1ch使用時) 10GS/s(2ch使用時) 5GS/s(3/4ch時)	
レコード長(標準)	50M(1ch使用時) 25M(2ch時) 12.5M(3/4ch時)			
レコード長 (最大オプション)	500M(1ch使用時) 250M(2ch時) 125M(3/4ch時)		200M(1ch使用時) 100M(2ch時) 50M(3/4ch時)	

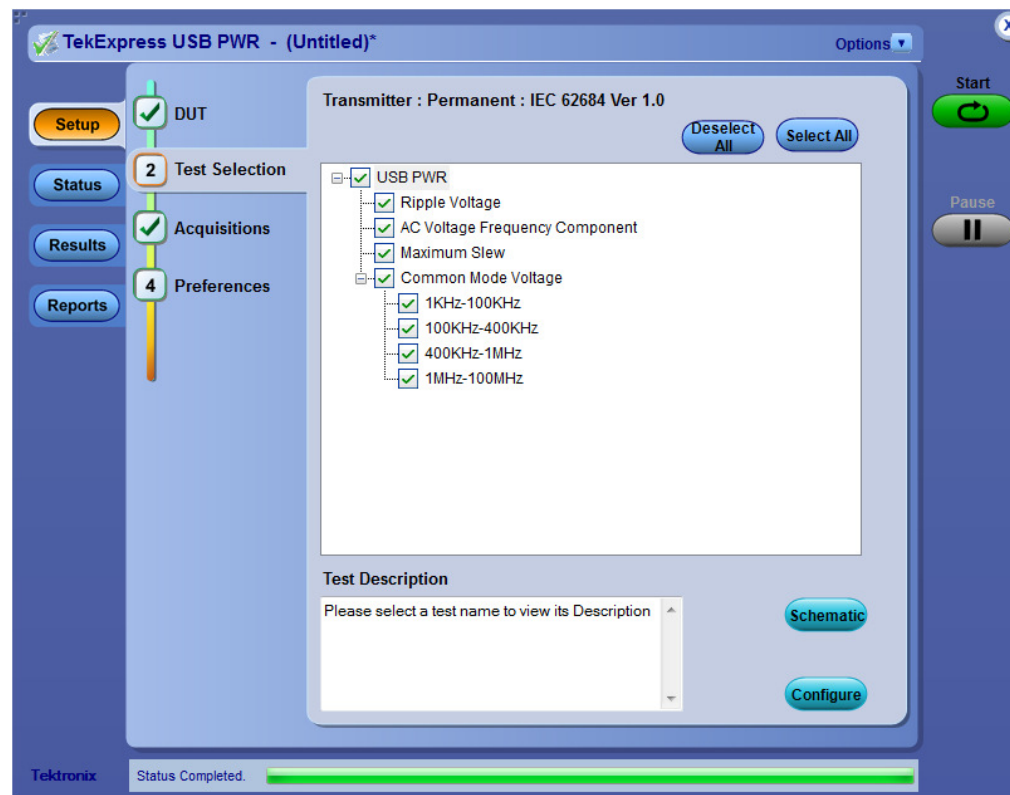


※USB2.0 High Speedの信号を観測するには2GHz以上の周波数帯域が必要



# IEC62684コンプライアンス・テストに対応

- TekExpress USB PWR
  - リップル
  - コモンモード電圧



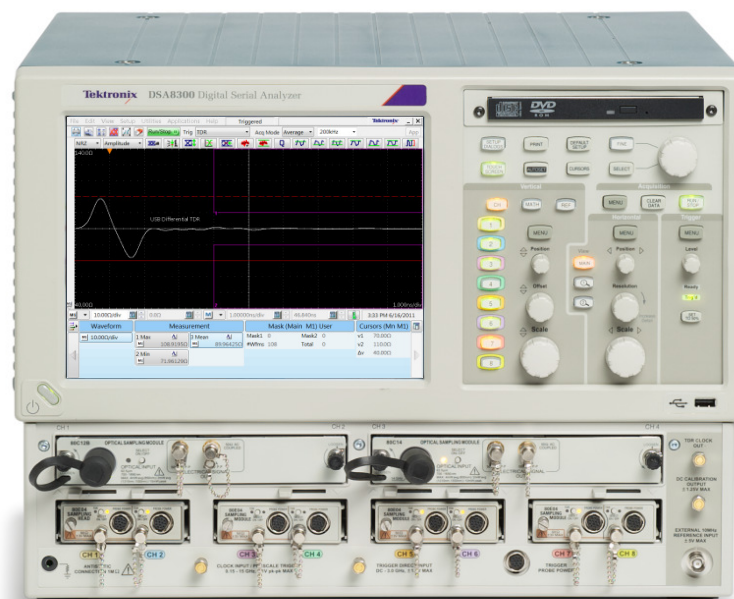
## USBの評価に最適なプローブ

- P6248型 / TDP1500型 差動プローブ
  - 周波数帯域: 1.5GHz
  - 高いCMRR: 60dB@1MHz、30dB@1GHz
  - 差動電圧信号を直接オシロスコープで観測
- P6245型 / TAP1500型 FETプローブ
  - 周波数帯域: 1.5GHz
  - 低容量: 1pF以下
- TCP202型 / TCP0030型 電流プローブ
  - 周波数帯域: 50MHz(TCP202型)  
120MHz(TCP0030型)
  - 電流値を直接オシロスコープで観測



## USB検証に最適な測定器：TDR測定器

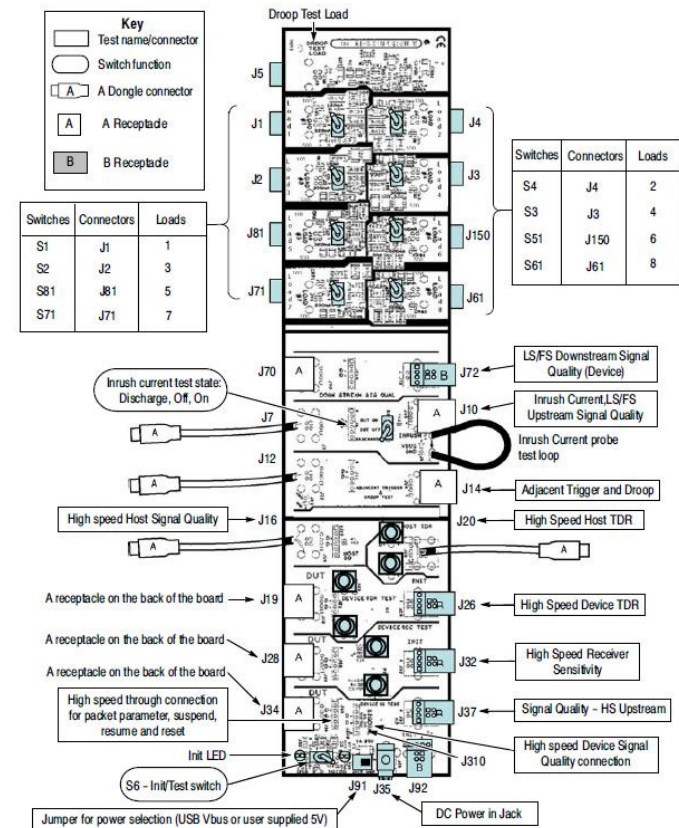
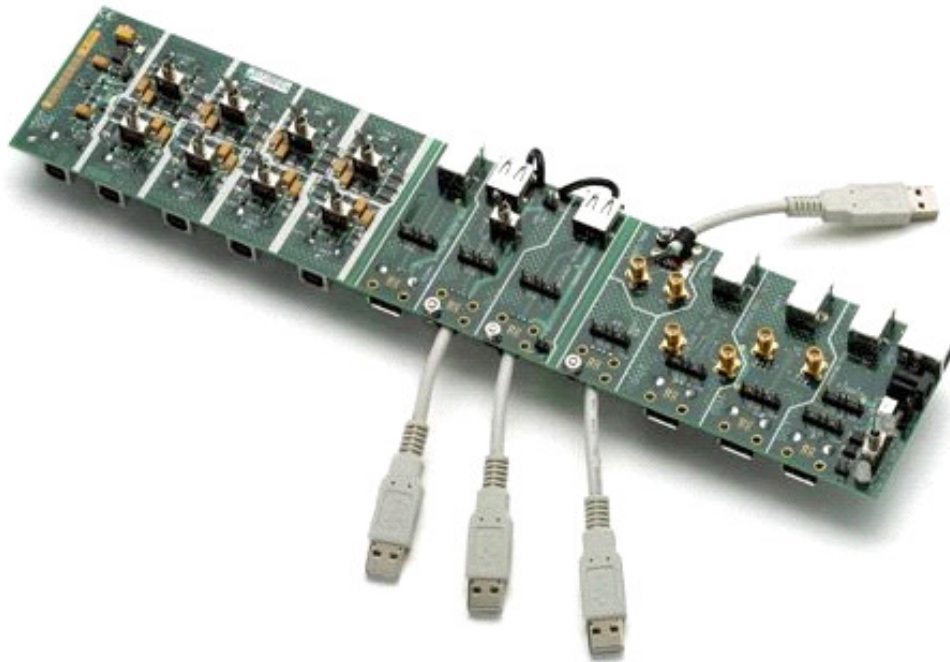
- DSA8300型デジタル・シリアル・アナライザ
- 80E04型電気サンプリング／TDRモジュール
- インピーダンス不整合による信号反射の影響





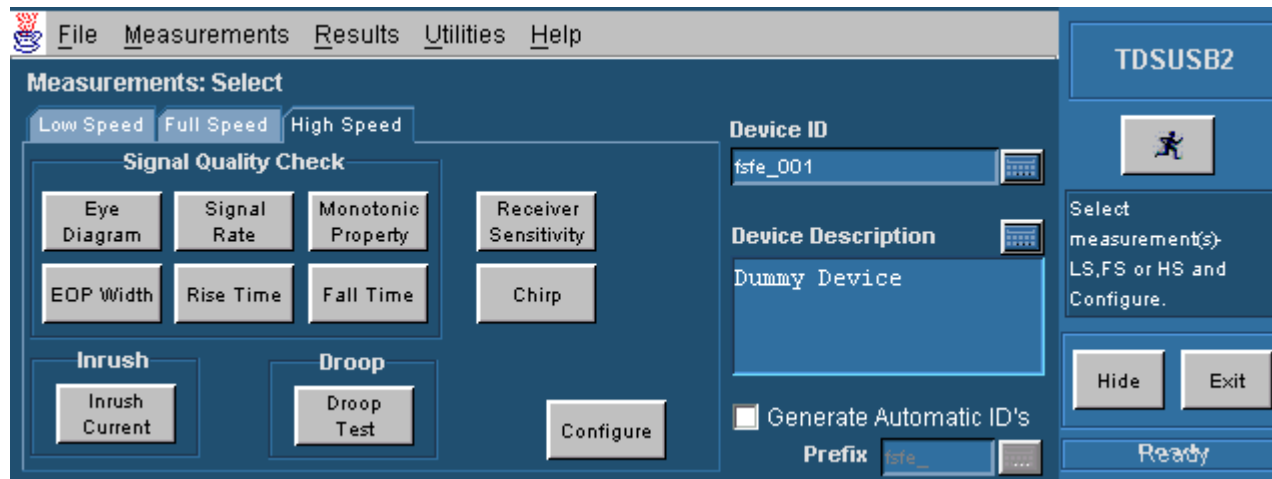
# USBテスト・フィクスチャ

- 信号のプロービング
- すべての転送レート(LS、FS、HS)に対応
- Host、Hub、Device測定に対応



# TDSUSB2コンプライアンス・テスト・ソフトウェア

- コンプライアンス・テストの自動化
  - DPO7000C、DPO/DSA/MSO70000C及びMSO/DPO5000シリーズに対応
  - ボタン一つで自動測定
- USB-IFのTest Procedureに完全準拠





## まとめ

- コンプライアンス・テスト
  - USB-IFが定めたテスト
  - 規格に準拠していることの証明
- 物理層の評価
  - Txは理想終端にて観測
    - テストモードをサポート
    - テスト・フィクスチャを使用
- インピーダンスの変化は最低限に
  - TDR測定器で確認



本テキストの無断複製・転載を禁じます。テクトロニクス/ケースレーインストルメンツ  
Copyright © Tektronix, Keithley Instruments. All rights reserved.

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

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

