

# Gbps 時代に突入した USB3.0 のコネクタとケーブル 高速&高品質を保つためのポイント

ホシデン(株)  
研究開発部 第二研究室 近藤 快人

USB3.0 のコネクタとケーブルは、USB2.0 時代とは全く別の物です。ケーブルは高速信号の伝送路であり、単なる電線ではありません。またコネクタは高周波回路であり、単なる接続部品ではありません。USB2.0 時代とは具体的にどう違うのかを概観します。

## ● USB3.0 コネクタ&ケーブルのスペック概要

USB3.0 コネクタのバリエーションは、スタンダード A と B、そしてマイクロ A と B の 2 サイズ × 2 種類 (= 4 種類) が設定されています(図 1)。A タイプがホスト機器側、B タイプがデバイス機器側、スタンダードサイズが PC や比較的大型の周辺機器向け、マイクロサイズが携帯電話や小型の周辺機器用という様にそれぞれ使い分けられます。

USB3.0 コネクタの端子配列は USB2.0 コネクタをベースとして、5Gbps の Super Speed 差動信号ライン 2 対 (4 端子) と信号の GND (1 端子) の計 5 端子が追加された格好になっており、USB2.0 の D+/- と電源 & 電源 GND と合わせて 9 端子のコネクタとなっています(マイクロ USB2.0 は A/B 認識用の端子 1 本を含め 5 端子なので、マイクロ USB3.0 では計 10 端子となる)。

USB3.0 のレセプタクルは後方互換性に優れ、上記 4 種類全てについて既存の USB2.0 各種プラグを挿入する事が可能な形状となっています。また、スタンダード A に関しては USB2.0 と USB3.0 で開口部の形状が全く同じであるため、USB2.0 のレセプタクルに、USB3.0 のプラグを挿入出来るようになっています。また USB3.0 同士の組合せでなければ USB2.0 としてしか動作しません。

ケーブルには Super Speed 信号用に SDP (Shielded

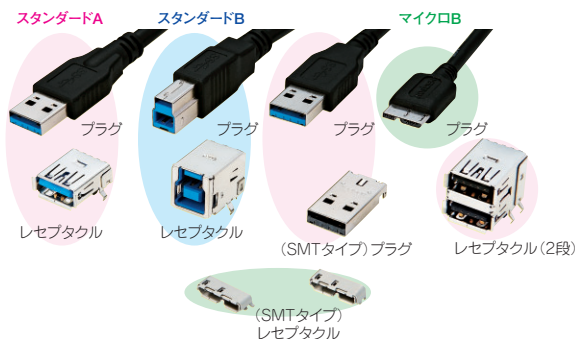


図 1 USB3.0 のコネクタとケーブル

Differential Pair) が 2 対追加されています。そのため USB2.0 ケーブルに比べてかなり太く・硬くなっています。

## ● Gbps 対応に向けての課題(ケーブル編)

USB2.0 (480Mbps) 用ケーブルの場合、誘電損失による減衰やケーブル内の部分的な特性インピーダンス不連続の影響はほとんど無視できました。規定のゲージ(芯線サイズ)のケーブルを使い、ケーブルのインピーダンスが、その伝送経路のインピーダンスと大きな差異がなければ問題なく信号が伝送できていました。

ところが、5Gbps という高速信号となると、上記の誘電損失やケーブル内の局所的な特性インピーダンスのバラつき度合の要因で、ケーブルを通過する信号波形に大きく影響してきます。さらに、高周波につきもののクロストークや EMI 等、ノイズへの配慮も必要となってきます。そのため USB3.0 のプラグやケーブルには厳しい伝送

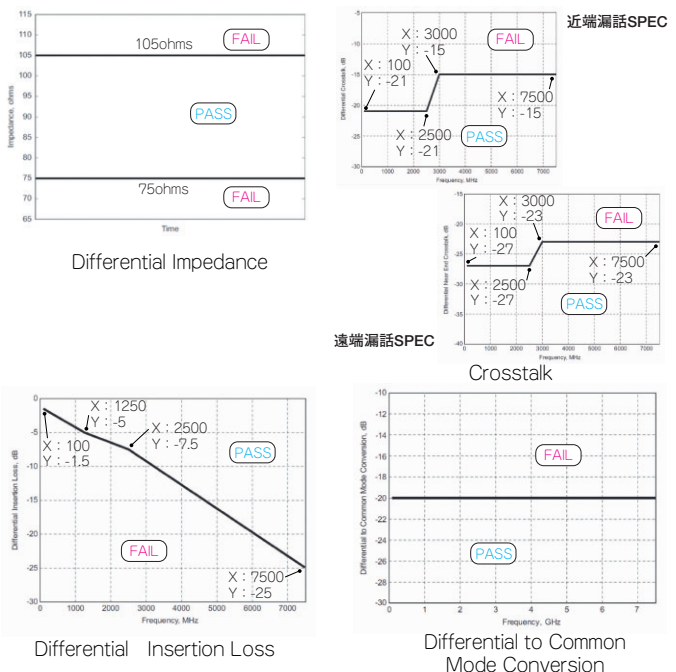


図 2 USB3.0 コネクタおよびケーブルに求められる伝送特性スペック

特性が規定されています(図2)。これらの特性を満足させるために、信号線の誘電体材料選定から、ツイスト方法、シールド方法などケーブル作製工程全てにおいて、高周波特性に配慮しなければならないところが難しい点です。

上記のように、高周波の考え方をベースにして作られたUSB3.0用ケーブルは、もはや高速信号の‘伝送路’であって、他の低速な電気信号を送るだけの‘電線’としてのケーブルとは全くの別物と考えなければなりません。

### ● bps 対応に向けての課題(コネクタ編)

USB2.0の480Mbps程度の信号速度であれば‘コネクタ’という短い距離(数十mm)の特性が実際の信号波形に影響する事はほとんどないため、コネクタ部の伝送特性まで規定する必要がありませんでした。

ところがUSB3.0になって5Gbpsまで帯域が引き上げられますと、このわずかに数十mmの伝送路(コネクタ)の影響が通過する信号品質に顕著に現れてきます。しかし一方では、コネクタ内部の伝送路・つまりコンタクト及びその周辺の誘電層やGND環境が、三次元的に複雑な構造をしているため、基板やケーブル内部に比べてインピーダンス・マッチングを取り難い(=良好なSパラメータを確保し難い)という問題があります。コネクタという複雑な形状をした伝送路の特性をいかに確保するかが、USB3.0コネクタの高性能化にとっての課題と言えます。コネクタ内部の特性をコントロールするためには、高い高速伝送路評価解析技術が必要となります。USB3.0のコネクタは、単なる接続部品ではなく、重要な高周波回路部品の一つとして考えるべきです(図3)。

### ● ケーブルやコネクタの

#### 伝送特性不具合が引き起こす問題

減衰(Insertion Loss)や反射(Return Loss ≡ Impedance mismatching)が大きいUSB3.0用ケーブル・コネクタを使用すると、特に信号中の高周波成分を鈍らせ、信号波形(受信側のアイパターン)を劣化させます。その結果、Bit Error Rateが悪化し、USB3.0としての実効データ転送速度が落ちてしまいます。より一層特性が悪くなると、ホスト機器とデバイス機器間でUSB3.0として相互認識できなくなり、今度はUSB2.0レーンを使ってデータ転送を行うようになり、せっかくUSB3.0対応機器を使用しているにも関わらず、USB2.0の時と比べてデータ転送速度が上がらないという事になります。もしこれが市場で頻発すると、高速伝送を特徴とするUSB3.0規格の信頼性を低下させてしまいます。

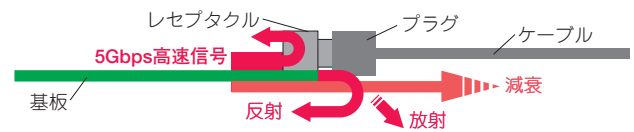


図3 USB3.0コネクタ部での信号の振る舞い

また、クロストーク(漏話)特性が悪い(クロストークが大きい)場合、特定のレシーバーへ向けて発信した信号が、意図しない別のレーンに漏話して、狙いと違うレシーバーに大きなノイズが入り込む事になるので、最悪の場合機器が誤動作を起こしてしまいます。

ケーブルやコネクタの伝送特性の影響だけでも、上記のような重大な問題を引き起こす可能性があります。

### ● USB3.0コネクタ&ケーブルの高性能化のポイント

構造的に単純にUSB3.0の形を作っただけでは、5Gbpsという高速信号を効率よく伝送するコネクタはできません。USB3.0用のコネクタとして満足のいく特性を確保するためには、伝送路(端子形状&端子周辺環境)をUSBの特性インピーダンスである差動90Ωに出来るだけ近づけるよう特殊なチューニングを施す必要があります。コネクタだけでなく、基板パターンの引き回し方法においても、差動結合ラインにしつつ、レーン間の距離を出来るだけ広くとるようにし、インピーダンスやクロストークに配慮すべきです。またレセプタクルでは、コネクタ本体と基板パターンとのインピーダンス・マッチングのとり方も非常に重要なポイントとなります。特に、スタンダードAとBではDip端子が一般的となっており、実装部分のマッチングをとるのが難しい点です。スルーホール部分では、穴径やGNDビアの打ち方、内層のGNDの逃げ方などを色々工夫して、基板に垂直な方向(非常に短い距離)のインピーダンスにも注意を払う必要があります。

高性能ケーブルを作るためには、理論的・経験的に、最適な芯線サイズや誘電体材料を選定する事が基本となります。さらに、安定してその高性能を維持するためには、差動ペアの束ね方や束ねる時に芯線にかかるテンションに至るまで、高速信号線にかかわる全ての工程を細かく制御する事が大切です。

### ● まとめ

これまで述べてきたように、USB3.0規格にとってコネクタとケーブルの伝送特性は非常に重要です。一般的な低速信号用の単なる接続部品としてのコネクタやケーブルとは全く違うという認識を持ち、伝送特性を重視し、部品の選定を行う必要があります。