

超高速インターフェース用コネクタの開発

環境・情報技術部門、精密・電子技術部門

平成21年度に環境・情報技術部門と精密・電子技術部門にて実施した特別研究「超高速インターフェース用コネクタの開発」において、インピーダンスの整合を考慮して設計した結果、市販品以上の性能を持つコネクタが開発できましたので報告します。

■ はじめに

情報機器間のインターフェースにおける高速化の流れは加速しており、数ギガbpsに及ぶ新しい通信規格が次々と提案されていますが、高速伝送を実現するためには、高周波的な考え方を取り入れた通信デバイスの設計が不可欠となります。そこで本研究では、USB3.0(伝送速度 5Gbps)用 Aタイプコネクタをモデルに、3次元電磁界解析を適用した設計を行い、コネクタを試作し伝送特性の評価を行いました。

■ 方法

50Ωベクトルネットワークアナライザ(Vector Network Analyzer : VNA)を用いてコネクタを正確に評価するためには、それらを実装するプリント配線板の損失、配線板上の伝送線路の特性インピーダンスが重要となります。試作では、まずプリント配線板に、高周波領域においても損失が低い材料を選定しました。そして、インピーダンスは、50Ωのシングル2本をペアにした差動線路が90Ωとなるよう、高周波回路シミュレータを用いて線路幅と線路間隔を決定して、評価用基板を試作しました。

USB3.0コネクタにおける差動伝送の評価には、2本のペア(差動線路)におけるMixed-Mode S-Parameterを用いました。当センターに設置されている2ポートのVNAでこの値を求めるため、2ポートによる測定を6回行い、式(1)により差動反射係数 S_{dd11} と差動伝送係数 S_{dd21} を算出しました。図1に測定基板の概要を示します。

$$\begin{aligned} S_{dd11} &= \frac{1}{2}(S_{11} - S_{13} - S_{31} + S_{33}) \\ S_{dd21} &= \frac{1}{2}(S_{21} - S_{23} - S_{41} + S_{43}) \end{aligned} \quad (1)$$

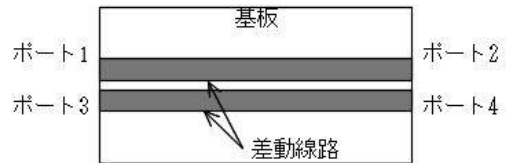
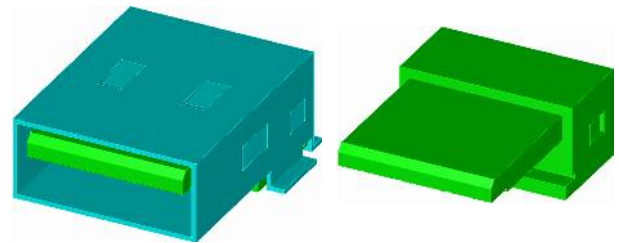
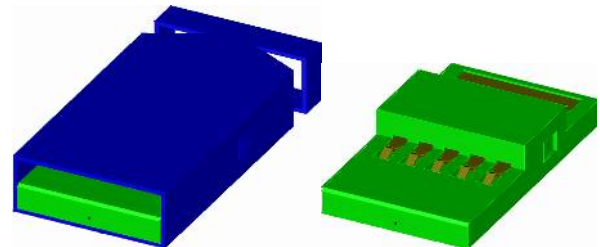


図1 測定基板の概要



レセプタクル: 金属筐体(左)と内部の誘電体(右)



プラグ: 金属筐体(左)と内部の誘電体(右)

図2 試作コネクタの3次元形状

■ コネクタの解析

設計、試作に際して3次元電磁界シミュレータを用いて、コネクタ内に発生する電流分布と電界分布を解析しました。材質に関しては、金属筐体と信号ピンにはリン青銅、誘電体には光硬化性樹脂(エポキシ系)を使用しました。図2に、解析及び試作に用いたコネクタの3次元形状を示します。

図3に、解析した試作コネクタの2.5GHzにおける電流分布の実効値を示します。左側2本が差動線路のペアであり差動励振しています。中央の信号線はドレイン(GND)、右側2本の差動線路の

ペアは送受信の対になるため、解析には用いていません。信号は差動線路だけでなく筐体やドレーンにも流れるため、それを考慮したインピーダンス設計が必要になります。

■ 試作品の改良

レセプタクルにプラグが挿入された際、金属筐体どうしが安定して接触できるようにレセプタクルの筐体にバネ性を持たせる加工が施されています。このために生じる筐体の間隙がどのように影響するか、解析を行いました。図4に解析モデルの概要を、図5に解析結果を示します。間隙を短絡する導体を張った場合と張らない場合について電流分布を計算した結果、導体を張らない場合は間隙により電流の流れが遮られるため、その境界に沿った回り込みが発生し、インピーダンスが上がることが分かります。一方の導体を張った方は電流分布のムラが少なく、インピーダンスが比較的均一に保たれています。

また図3より、内部導体では電流は主に側面に近いところを流れることが分かるのでプラグのピン構造として、USB3.0の規格通り中央のバネで接合するタイプのほか、側面2つのバネで接合するタイプも設計しました。図6にピン形状の相違による電流分布の解析結果を示します。USB3.0規格のピンでは、幅が細くなっている先端部分に電流分布が集中しているのに対し、新たに提案した形状のピンでは、先端部に集中することなく均一に保たれていることが分かりました。

■ 結果

USB3.0に対応した市販品と、USB3.0の規格によるピン形状の試作品、そして新たに提案したピン形状の試作品について、VNA評価した結果を図7に示します。提案したピン形状の試作品は、差動線路における伝送特性が最もよいことが分かります。

■ おわりに

信号線、GNDともに電流経路が阻害される部分の改善により、伝送帯域5GHzの超高速コネクタを開発することができました。この高周波における設計・解析・評価技術を製品開発にご活用ください。

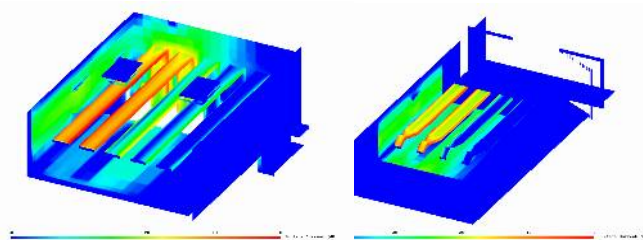


図3 試作コネクタの電流分布(2.5GHz)

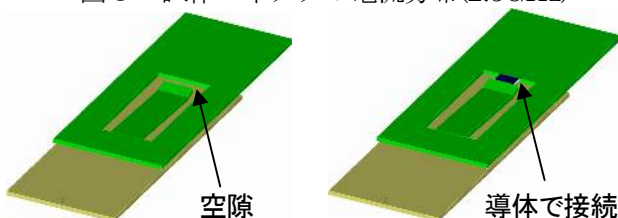


図4 解析のモデル (左:導体有、右:導体無)

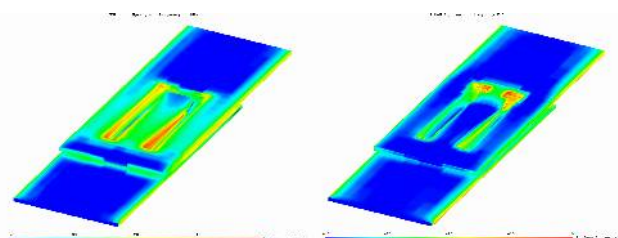


図5 導体の有無による解析結果の違い

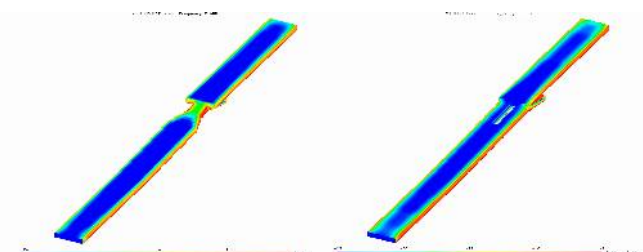


図6 ピン形状の解析 (上:規格、下:提案)

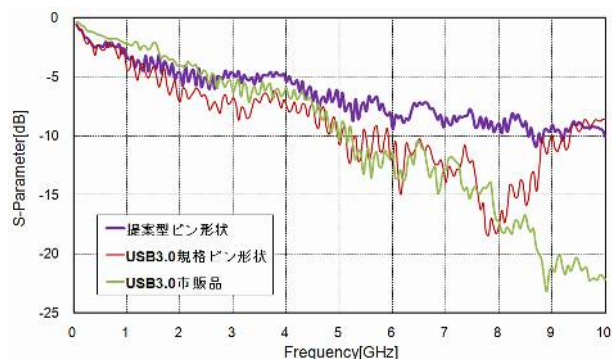


図7 VNAによる試作品の評価(Sdd21)

精密・電子技術部門 電子部 窪田昭真
 TEL 0266-23-4054、FAX 0266-23-9081
 E-mail: seimitsushiken@pref.nagano.lg.jp