

# 機器内高速配線材の選び方

Ver. 2.3 Feb. 2020

素材からのカスタム要求にも柔軟に対応させていただきます。

問い合わせ先: [iipt@info.sei.co.jp](mailto:iipt@info.sei.co.jp)

# 機器内配線の仕様要求

機器内配線では、固定配線と可動配線の2種類に大別されます。

## 小型・モバイル機器

### 機構要求

- ・高密度実装、短距離、薄肉、細径
- ・複雑な形状が可能な事

**FPCが適しています**



### 電気共通要求

- ・損失よりも細径化優先
- ・RF回路へのノイズ廻り込み懸念  
(近傍電磁界による自家中毒症状等)

### 機構要求

- ・高実装密度
- ・捻回、屈曲、摺動等の各機械信頼性

**FPCや極細同軸が適しています**



## 据置機器

### 機構要求

- ・材料比率の高い配線材の低コスト化
- ・スペースに余裕がある為、ハンドリングが容易

**FFCや同軸線が適しています**



### 電気共通要求

- ・低損失要求による太径化
- ・周波数に対して配線が長くアンテナ化懸念
- ・差動伝送でのスキュー重視 ・筐体での遮蔽含めた耐EMI性能

### 機構要求

- ・屈曲、摺動による薄肉化と電気性能とのトレードオフ

**FFCや同軸電線が適しています**



### その他事項

- ・UL(難燃性)
- ・環境負荷物質 (RoHS, ハロゲンフリー)
- ・防水性能
- ・耐熱性
- ・耐薬品性
- ・ウスカ
- ・マイグレーション etc.

### その他配線用途

- ・各種光複合インターフェース
- ・多芯集合ケーブル
- ・自動車分野
- ・電池用リード etc.



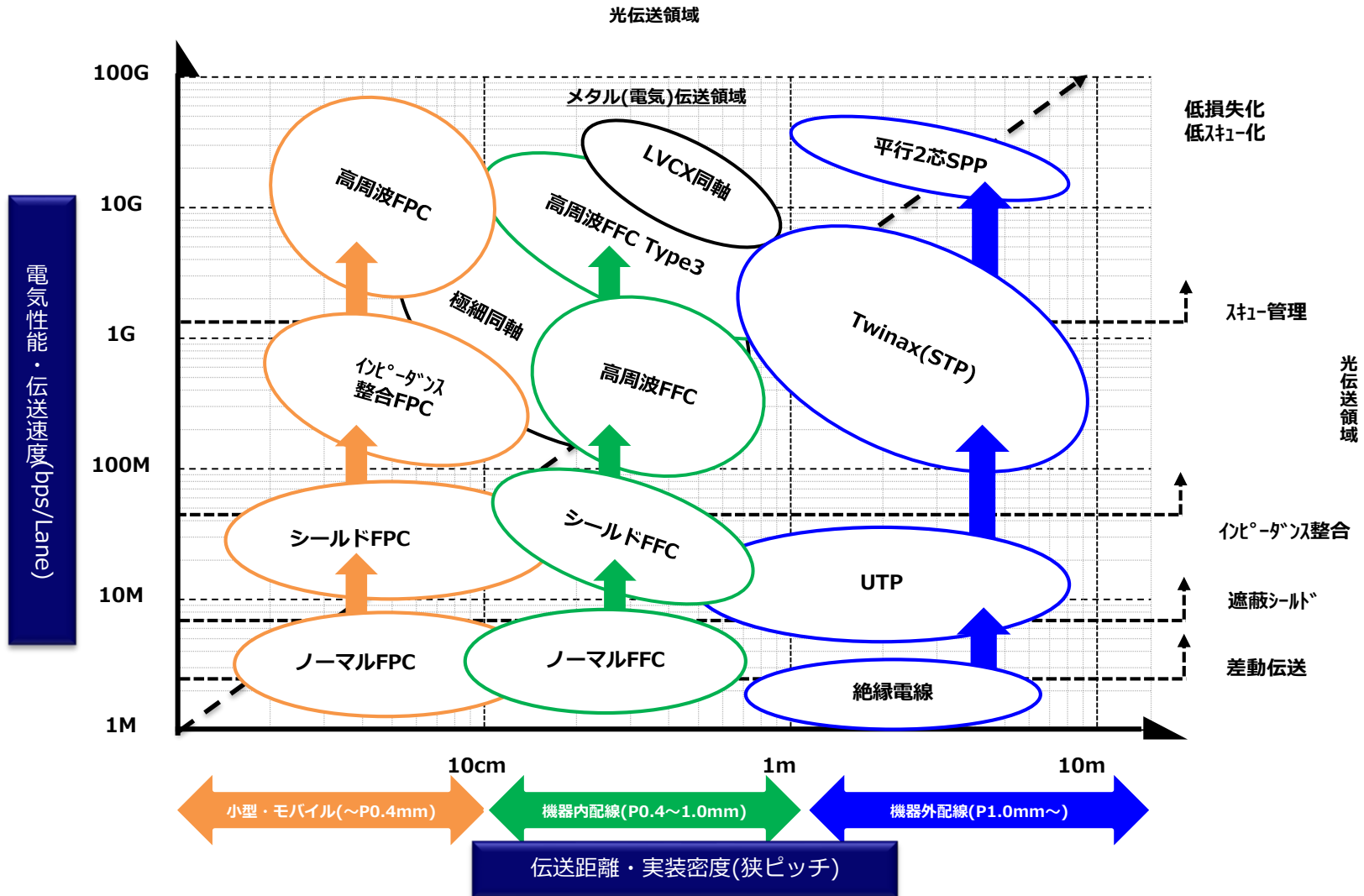
固定部

可動部

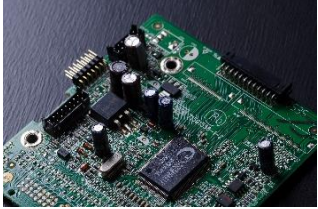


別途  
個別  
資料

# 電気性能 vs. 適正配線長

この図では、総合的な高周波性能を目安に振り分けています。



# 配線材の比較

基板・配線材		硬質基板 (PPE)	FPC (フッ素)	FFC(Type3)	MFCX(36AWG)
外観					
省スペース (線材厚/径)		T > 0.1mm	T > 0.045mm	両面 T > 0.54mm 片面 T > 0.24mm	D > 0.81mm
製造上の長さ制約		1000mm	<550mm	<1600mm	なし
誘電率		3.6	2.2~	2.3	2.1
減衰 特性 (dB/ 0.1m)	10GHz	2.6	0.9	0.8	1.2
	20GHz	5.0	1.5	1.3	-
	80GHz	7.9	3.1	-	-
柔軟性		×	○	○	○
レイアウト自由度		○	○	△	○
回路設計の自由度		分岐可能な回路配線	分岐可能な回路配線	1対1配線のみ	分岐可能な回路配線
回路層構造		単層/多層	単層/多層	単層	多芯
部品搭載		表面実装可	表面実装可	不可	不可

# FPC製品概要

FPCは薄板回路基板としての優れた特徴がありますが、この資料では配線材としての特徴に絞って説明しています。

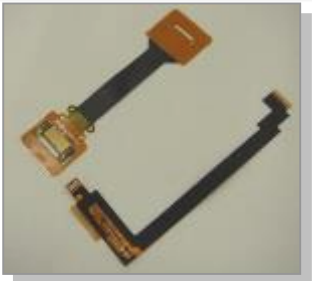
## FPC (Flexible Printed Circuits)



- PWB(硬質基板)と比較し、ポリイミド基材の特徴を生かし、薄肉、柔軟、高密度実装や可動部に向きます。
- 本来回路基板である為、多層化が可能で、また各電子部品(特に表面実装)の実装が可能です。
- スルーホールを通してピン配置の入替えが可能です。
- エッチングによる配線構築の為、任意の形状が可能です。
- 初期投資に各フィルム、FPC外形の打抜き金型等の費用が発生します。

メイン回路基板部分と配線材部分がシームレスに一体化可能な事は非常に大きなメリットです。また、FFCと比較して摺動性能に優れます。

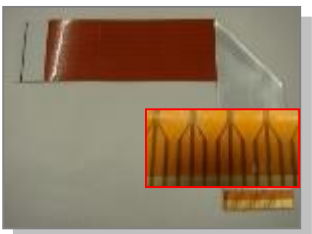
## シールド付 FPC



- シールド材としては、任意の範囲・形状に印刷可能な銀ペーストタイプが多用されます。その為、配線部分だけで無く回路部分を含めて自由にシールドする事が可能です。
- 基材上のGND用銅箔はシールドとしての機能も果たします。

筐体金属板に貼り付ける事で、遮蔽板としての効果を狙った手法も多用されます。

## インピーダンス整合 FPC



- (マイクロ)ストリップラインとしてインピーダンス整合された伝送線路により優れた信号品質を維持します。
- インピーダンス制御が必要な配線についての情報に基づき、材料選定、回路について提案が可能です。
- 高周波性能を上げる為に、基材に低誘電率材料が利用される場合もあります。  
(ただし、柔軟性やコストに劣ります)

屈曲性能を維持したままインピーダンス整合を優先させると導体サイズが細化する傾向があります。(端末部でコネクタのピッチ幅へ調整し広げられます。)

# FFC製品概要

## スミカード® 標準タイプFFC (Flexible Flat Cable)



- 平角形状の同一導体を一定の間隔で横に並べられた配線材です。
- 0.3mm以下と薄くフレキシブルかつ軽量で機器の小型・軽量化に対応しています。
- 導体間ピッチ0.5, 1.0, 1.25mmを標準として取り揃えています。
- 高い屈曲・摺動性能を保持します。
- 端子のめっきは、錫めっき, ウィスカ対策錫めっき, 金めっきをラインナップしています。
- 端子のめっき種類によって、半田濡れ性や高周波帯の電気特性が異なる場合があります。

FPCと比較して、初期投資金型費用及び製品コストが非常に安価です。  
形状の自在性、耐熱性の面で制約がありますので、FPC代替の用途では注意が必要です。

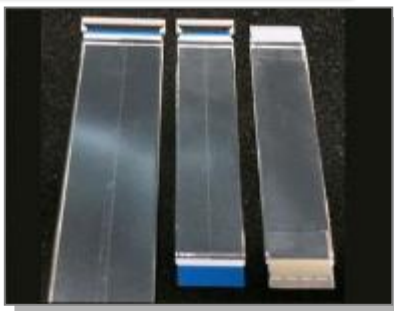
## シールド スミカード®



- EMI等のノイズの影響を抑制する為に、シールドの付加されたFFCです。
- 導体間ピッチ0.5, 1.0, 1.25mmを標準として用意しています。
- 薄手シールドの採用により高屈曲性能をそのまま維持しており、可動部への使用も可能です。
- シールドは特定の導体に接続され、コネクタ上の信号用端子を通してGNDに接続されます。

遮蔽性能は、採用するシールド材に依存します。  
一般に、特性インピーダンスが低めであり高速な信号では劣化が生じます。

## 高周波対応 スミカード



- シールドスミカードのノイズ耐性とインピーダンス整合を両立しています。
- 信号用端子とシールドとの間の距離を調整してインピーダンス整合を実現しています。
- シールドを信号用端子と独立してGNDに接続します。複数の専用コネクタが入手可能です。
- シールドスミカード用の薄手シールドと厚手のALPETシールドをラインナップしています。
- 導体間ピッチ0.5mmを標準として用意しています。
- 端子のめっき種類によって、高周波帯の電気特性が異なる場合があります。

導体形状に制限がある為、インピーダンス整合を優先すると全体の厚みが増加します。  
その為、屈曲性能が犠牲になり、場合によっては固定配線用となります。



# 同軸ケーブル製品概要

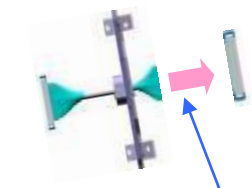
## MFCX® (Micro Flex Coaxial Cable : 極細同軸)

- AWG40～46まで幅広いラインナップを用意しています。
- 同軸構造により、高い高周波性能と機械性能を同時に満たす優れた製品です。
- 撚線導体と横巻きシールドにより高い屈曲・捻回性能を発揮します。
- 配線材では、あらゆる面で最も高性能ですが、高コストでもあります。



ケーブル外径	
AWG40	0.35mm
AWG42	0.26～0.31mm
AWG44	0.22～0.26mm
AWG46	0.22mm

バラ線を後からテープやスリーブで結束する為、非常にバンドル自由度が高いのが特徴です。



ピンジの先通し、後からコネクタの接続



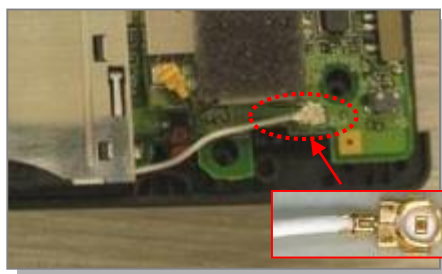
二股以上への分割化

屈曲性能を活かし 摺動機構への適用

- 両端でのピン配置の入替え
- 異なる電線のハイブリット化
- 複数ハーネスの、再バンドル化
- 銅箔糸、金属スリーブによる多重シールド化 etc.

## LVCX® (Low VSWR Coaxial Cable)

- 現在0.25DS～0.8DSまでを標準としてラインナップしています。
- 低VSWRと低減衰量を実現しています。
- 編組、横巻(二重)シールドにより優れたEMI特性を確保しています。
- 横巻シールドタイプは、優れた屈曲性能も発揮します。
- モバイル機器のRF(アンテナ)ケーブルとしての実績が豊富です。  
(専用のRF同軸コネクタが使用されます)



携帯ゲーム機器



ノートPC

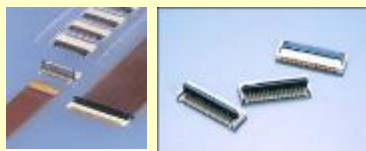
※太径のTwinaxは、多芯用に多くの種類を製品化しております。詳細はお問い合わせ下さい。

# コネクタの選択

コネクタは、平角導体用と丸導体用の2種類に大別されます。

## FPC/FFCワンピース・コネクタ

### 機構的特徴



- ・導体に直接コンタクトを接触させる構造。
- ・プラグ側のコネクタが不要で、レセ側のコネクタも単純構造で済む事が多く、コストメリットが高い。
- ・コネクタ外径を抑える事が可能で、高密度実装に向いている。
- ・ZIF/Non-ZIF構造が主流。

### 電気的特徴



- ・コンタクト長が短い為、伝送性能に優れる。
- ・シールドは、信号用端子に接続。
- ・高速信号用にシールド用GNDターミナルが独立しているタイプも存在。

## ツーピース・コネクタ

### 機構的特徴



- ・適切な形状に構造設計されたコンタクト同士が嵌合する為、接触信頼性が高く振動にも強い。
- ・配線材はプラグコネクタに半田や圧接接続される。

### 電気的特徴



- ・コネクタ全体を金属シェルで囲い、EMI耐性を上げる事が容易。
- ・配線材のシールドは独立した金属シェルに接続される為、GNDとしてリターンパスに優れる。

## FPC/FFC用ツーピース・コネクタ



- ・嵌合力を高める為にツーピースでありながら平角導体に直接接触させるタイプ。
- ・伝送性能が向上し、金属シェルによりEMI耐性も向上。

## レセ共通ツーピース・コネクタ



- ・共通のレセコネクタに対し、プラグ側の構造を変える事で、様々なタイプの配線材が嵌合可能なタイプ。その為、基板側の仕様変更が必要無いメリットがある。

## その他端末仕様

### ボードtoボード・コネクタ



- ・FPCは、一般的なボードtoボード・コネクタを使用出来る為、選択肢が非常に広がる。

### 中継基板



- ・丸導体をFPC/FFC用コネクタへ接続するには、基板で中継。FPCや薄いリジット基板を使用。

### ダイレクト・ターミネオン



- ・コネクタを使用せずに配線材を基板へ直接実装する方が、機械的、電氣的、コスト的に最も優れる。
- 半田接続やACF等様々な方法がある。

(注)掲載しているコネクタは一例です。メーカー各社様の製品に偏りが生じないように配慮させていただきました。



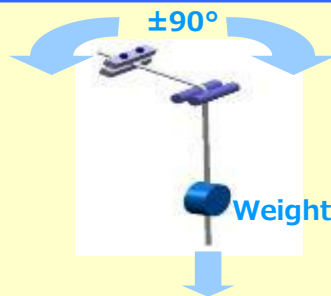
# 機械性能評価試験

可動部に使用される配線材は耐疲労や寿命性能が要求され、試験方法は次の3つが基本となります。

## 屈曲試験 (Bending Test)

- ・曲げの耐久試験。
- ・曲げ径と回転角度、速度、重りの重量によりその寿命が変わる。

耐久試験の基本項目になります。



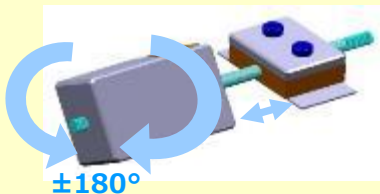
電線の屈曲試験



FFCの屈曲試験

## 捻回試験 (Twisting Test)

- ・電線のねじり耐久試験で、ねじり部分の長さと同転角度・速度により寿命が変わる。



極細同軸の捻回試験

構造的に捻回が可能なのは丸電線タイプです。  
極細同軸は、10万回以上の寿命をクリアします。

## 摺動試験 (Sliding Test)

- ・こすり耐久試験。
- ・厚み(曲げ径)と、摺動距離、速度により寿命が変わる。



FPCの摺動試験



FFCの摺動試験



構造的に摺動が可能なのは、FPCやFFC等のフラットタイプです。

## その他の試験

- ・上の3つを組み合わせた複合試験
- ・ハーネスアッセンブリ状態での試験 (振動、衝撃等)
- ・実機を模擬した試験
- ・温湿度、熱衝撃等、各環境試験との複合 etc.

多くの試験方法に柔軟に対応させていただいております。

## 携帯電話実機を模擬した各試験例



オープン&クローズ試験



オープン&ターン試験



スライド試験

# 高周波性能評価試験

## TDR測定



特性インピーダンス

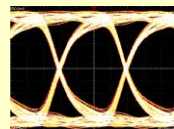
タイム・ドメイン・リフレクトリにより時間領域における様々な伝送パラメータを測定。

- ・特性インピーダンス
- ・差動インピーダンス
- ・コモンモードインピーダンス
- ・クロストーク
- ・ペア間/ペア内スキュー
- ・ステップ通過応答(TDT)

## EYEパターン測定

パルス・ジェネレータによりデジタル信号を作成し、疑似ランダムなパターンを入力する事でEYEパターンを測定。

(Max. ~12.5Gbps)



EYEパターン

## プロービング技術



測定風景

高周波測定に必要な基板治具の設計ノウハウを有しており高精度な測定が可能。

RFウェハー・プローブを利用した微細なプロービングにも対応可能。

## 近傍電磁界測定

近傍磁界測定はIEC規格(MP法)に準拠。

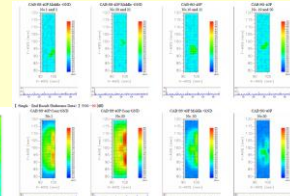
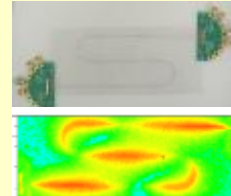
MP法は本来、回路の電源ライン近傍を高解像度の磁界プローブを非接触で走査することで、その高調波電流を検出し、ノイズ源やその大きさを測定する方法。各配線材やハーネスアッセンブリ品ではシールド材を流れるコモンモード電流を検出する事でノイズレベルを評価し、遠方界でのピーク値を推測する。(Max. ~10GHz)



測定風景

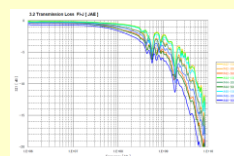


極細同軸シールド上の定在波



コネクタ遮蔽性能比較

## VNA測定



挿入損失

4Portベクトル・ネットワーク・アナライザを使用して、周波数領域における様々な高周波性能を測定。(Max. ~20GHz)

- ・反射損失
- ・挿入損失
- ・電圧定在波比
- ・アイソレーション
- ・コモンモード変換
- ・ミックスモードSパラメータ
- ・位相差/スキュー

## 銅筒管による遮蔽性能測定

銅筒管を外部アースに見立て各遮蔽性能を測定。

- ・表面伝達インピーダンス測定
- IECやMIL規格等に準拠し、特に太物の同軸ケーブルの測定に適している。
- 外部同軸回路に印加した電圧と被測定ケーブル間に誘起された電圧の比を求める事で遮蔽性能を評価。(Max. ~数百MHz)
- ・クロストーク法
- ・その他

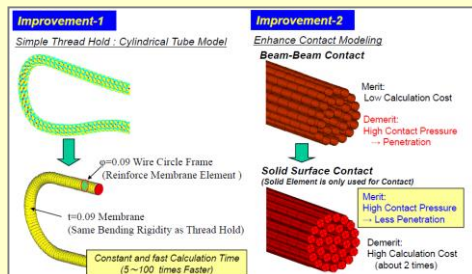
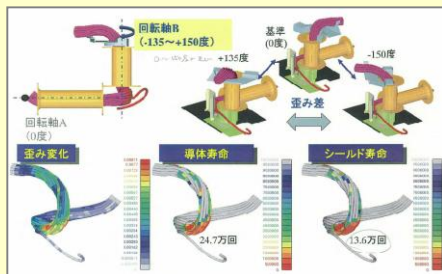


測定風景

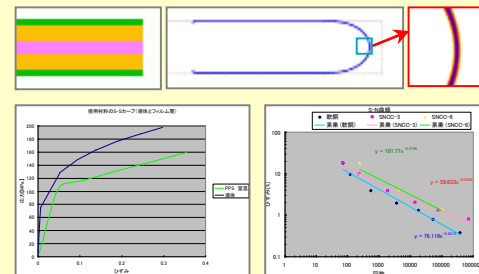
# 各種シミュレーション・解析

## 機械性能シミュレーション

### 極細同軸の捻回疲労予測例



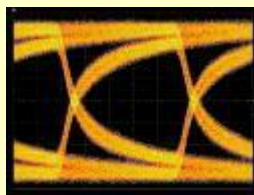
### FPCの摺動寿命予測例



・各配線材の捻回・屈曲・摺動性能を事前にシミュレーションで予測し、材料の選定や構造の最適化を行っています。

## 高周波性能シミュレーション

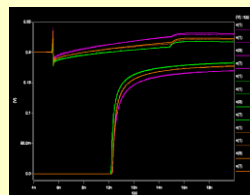
### 回路シミュレータによる伝送特性予測



実測値  
(500Mbps)



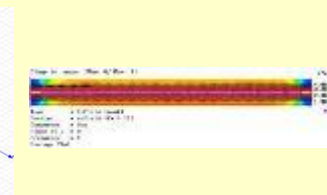
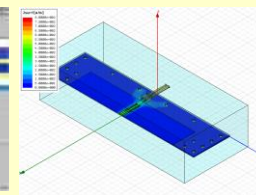
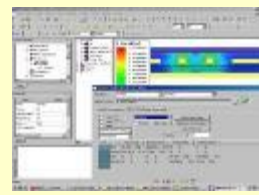
シミュレーション値  
(H-Spice)



TDR/TDTベースによる  
回路モデルの抽出

- ・配線材及びハーネス製品の伝送パラメータを測定し専用ソフトウェアにより高度な解析を実施。
- ・実測から回路モデル用の値を抽出し信号挙動の予測。

### 電磁界シミュレータによる計算・分析



FPCのインピーダンス計算 帰還電流分布 同軸ケーブルからの漏洩電界

- ・3次元電磁界シミュレータは、複雑な立体構造の解析に有用。
- ・インピーダンスの計算等、製品設計に役立っています。
- ・帰還電流分布や放射ノイズの可視化により、測定のみでは難しい原因の特定やEMI予測に役立っています。

解析ソフトや数値計算により諸性能の事前予測と分析を行い、製品開発に役立っています。



# 住友電工

## Connect with Innovation

住友電工の配線材は、素材からのカスタム要求にも柔軟に対応させていただきます。

問い合わせ先: [iipt@info.sei.co.jp](mailto:iipt@info.sei.co.jp)

<https://sei.co.jp/>

SUMITOMO  
ELECTRIC  
GROUP