



写真 1 評価基板の外観

Fig 1 の SPICE モデルを使ったシミュレーション結果と測定結果を Fig 2, Fig 3 に示します。これを見ると入力部の TDR 波形がほぼ一致しています。同軸ジャンパーケーブルのピンと基板の接続部の反射は、SMA コネクタの接続部の反射より若干大きい程度です。出力部の反射は測定結果と比べると若干大きくなっています。これは、シミュレーション結果の立ち上がり波形が、実測よりも早いために起こっている現象です。

このモデルでは同軸ジャンパーケーブル部に “Lossy Transmission Line” モデルをして使用しています。シミュレーション結果の TDT 波形の立ち上がり (T_r) は 75pS ですが、実測値は 136pS になっています。これは “Lossy Transmission Line” モデルが表皮効果を考慮していないため、モデルの限界であると考えられます。ケーブルの長さを変えた場合のライズタイム測定結果を 4 ページ目に示します。

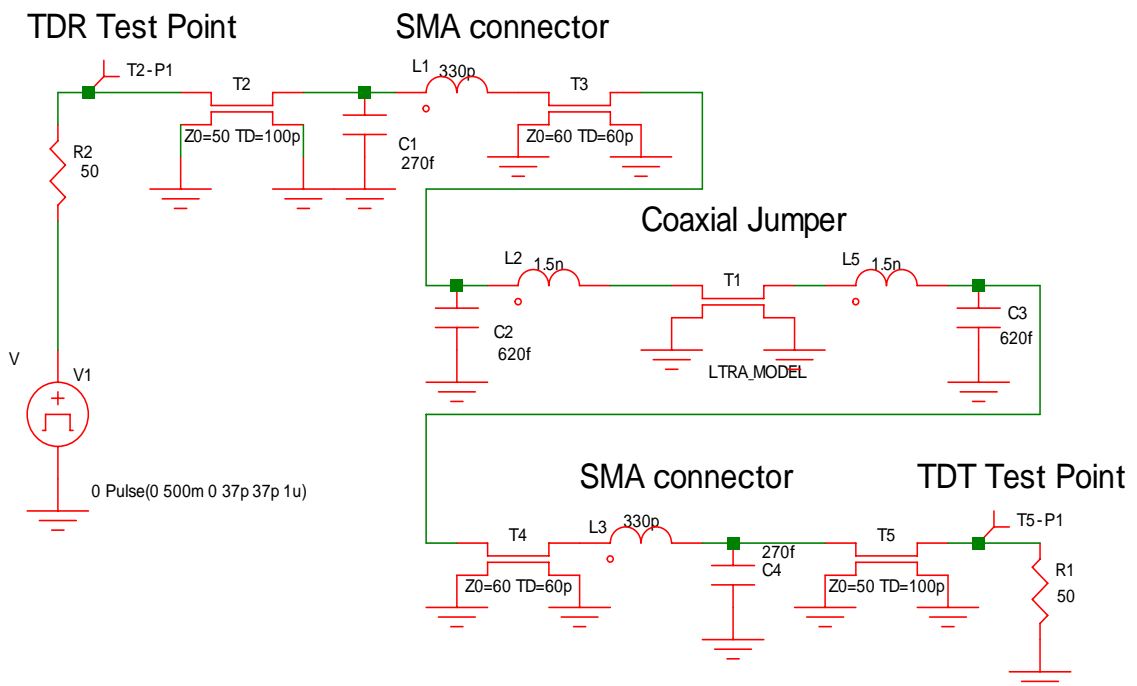


Fig 1 Coaxial Jumper Cable SPICE MODEL

TDR/TDR 測定結果

測定装置 : TEKTRONIX 11801B / SD-24 Digital Sampling Oscilloscope

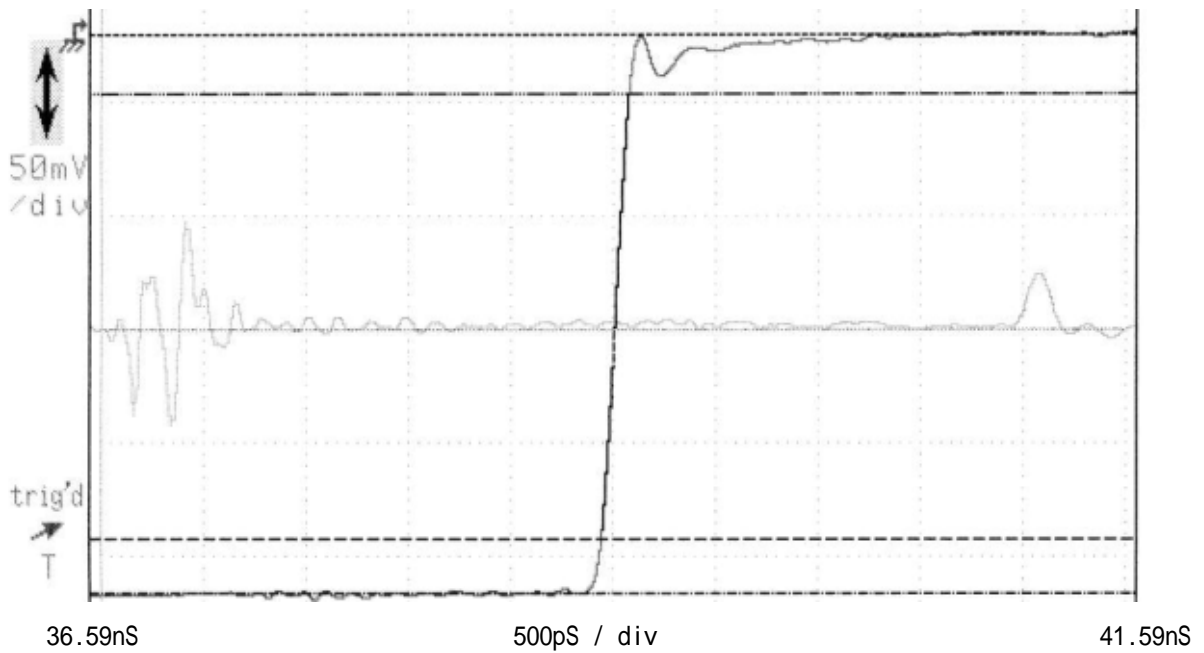


Fig 2 TDR/TDR Test data AWG#28 Coax Jumper L=500mm Tr=136pS

シミュレーション結果

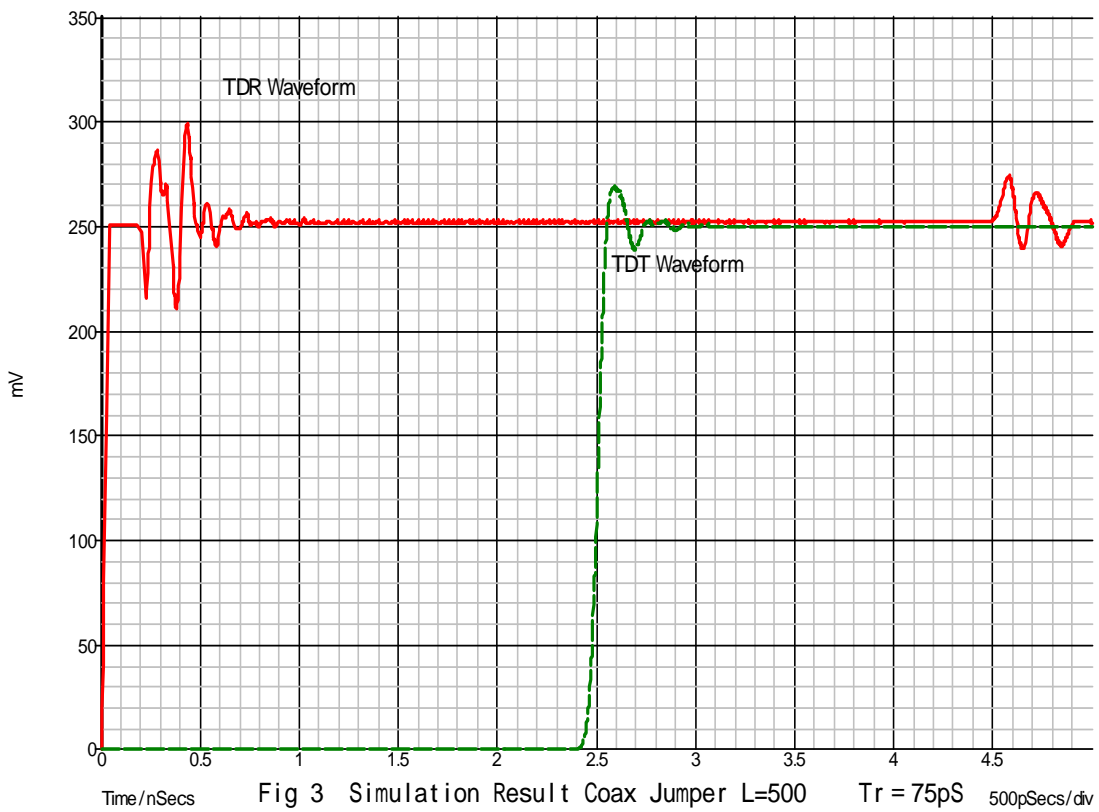


Fig 3 Simulation Result Coax Jumper L=500 Tr = 75pS 500pSecs/div

作成モデルを使って、入力波形の立ち上がり時間を変えた場合の応答をシミュレーションした結果を Fig 4 に示します。

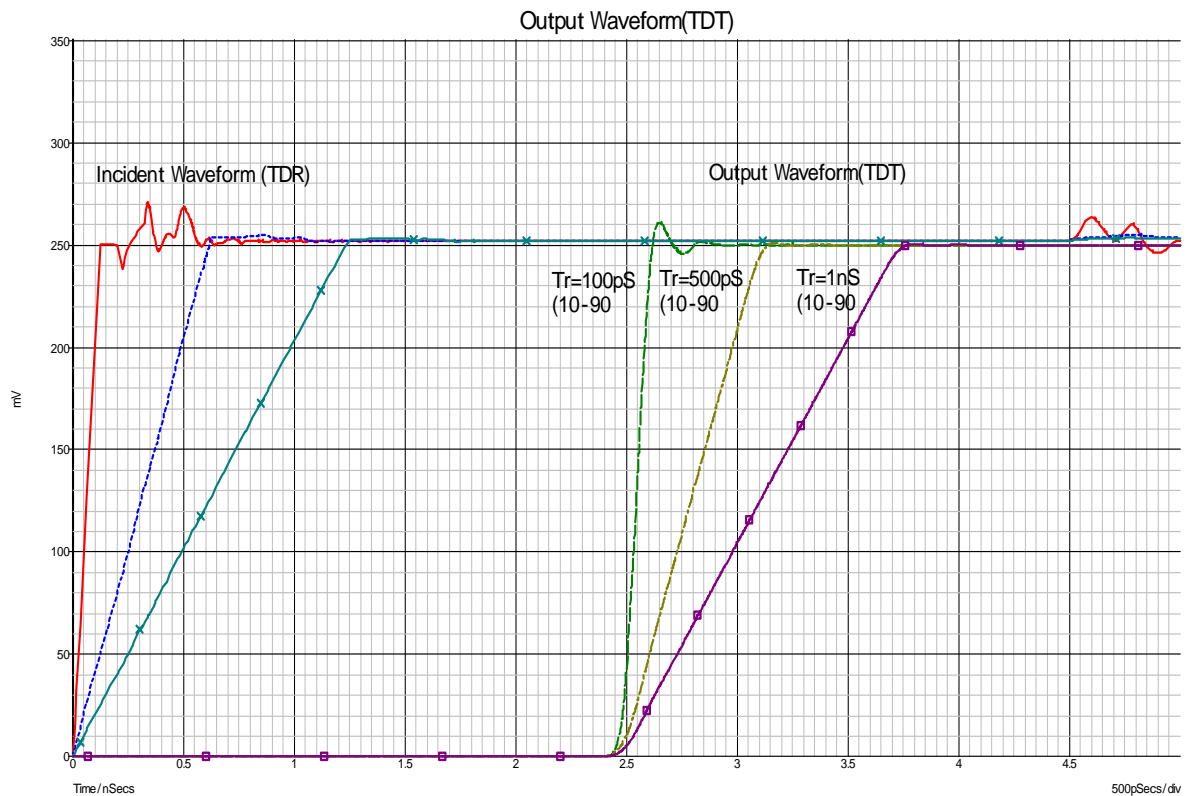


Fig 4 入力波形の立ち上がりを変化させた場合の応答

スパイスモデル回路のファイル

```
* C:\My Documents\spice data\Coax Jumper\Coaxial_Jumper.sxsch
*#SIMETRIX
O$T1 L2_N 0 T1_P2 0 LTRA$T1
.MODEL LTRA$T1 LTRA R=0.25 C=8.2e-011 L=2.1e-007 LEN=0.5 REL=1 ABS=1
T2 R2_P 0 T2_P2 0 Z0=50 TD=100p
T3 T3_P1 0 T3_P2 0 Z0=60 TD=60p
T4 L5_N 0 L3_P 0 Z0=60 TD=60p
T5 L3_N 0 T5_P2 0 Z0=50 TD=100p
V1 R2_N 0 0 Pulse(0 500m 0 37p 37p 1u)
L1 T2_P2 T3_P1 330p
L2 T3_P2 L2_N 1.5n
L3 L3_P L3_N 330p
L5 T1_P2 L5_N 1.5n
.graph T5_P2 curveLabel="T5-P1" nowarn=true ylog=auto
.graph R2_P curveLabel="T2-P1" nowarn=true ylog=auto
C4 L3_N 0 270f
C2 T3_P2 0 620f
C3 L5_N 0 620f
C1 T2_P2 0 270f
R1 T5_P2 0 50
R2 R2_P R2_N 50

.TRAN 5n
```

線長を変えたケーブルのライズタイム測定

Fig 5 に 4, 7, 8, 10 インチのケーブルと 500mm、1m のケーブルについて TDT 測定による立ち上がり時間を測定した 1 つの画面に重ねあわせて表示しました。測定系の立ち上がり時間は、あらかじめ SMA-SMA 変換コネクタを接続した状態で測定して 30pS でした。

ケーブルの立ち上がり時間 = ((測定値) **2 - (30e-12) **2)として計算しました。

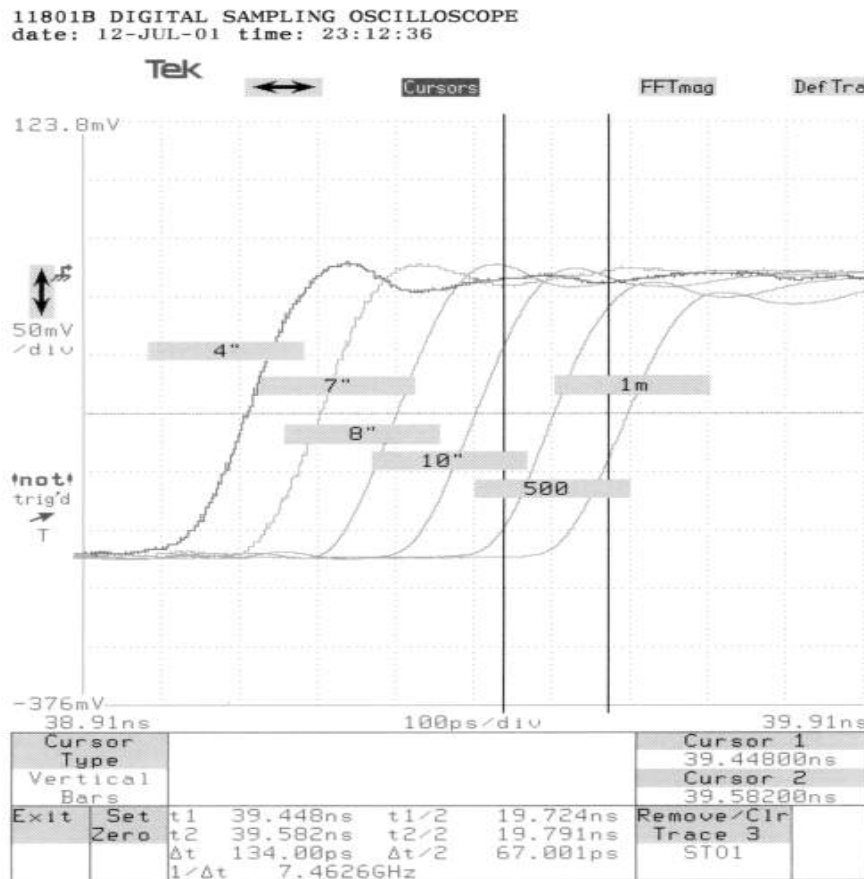


Fig 5 AWG#28 同軸ジャンパケーブルライズタイム (Tr) 測定

測定結果とケーブルのライズタイム計算 (計測系の Tr=30pS)

ケーブル長	ライズタイム (測定値)	ケーブルのライズタイム (計算値)	帯域幅 (F3dB)
4 "	126pS	122.5pS	2.76GHz
7 "	124pS	120.4pS	2.81GHz
8 "	124pS	120.4pS	2.81GHz
10 "	130pS	126.6pS	2.67GHz
500mm	134pS	130.0pS	2.60GHz
1m	150pS	147.0pS	2.25GHz

以上