

長い伝送路の故障診断や
特性インピーダンスの簡易測定に役立つ

シンプルなTDR測定アダプタの製作

漆谷 正義
Masayoshi Urushidani

伝送路全体の状態を手元で測る

壁の中に敷設された長い配線とか、屋外アンテナに接続した同軸ケーブルの状態を、壁の中に敷設したまま、また屋根やタワーに登らずに、手元で調べるにはどうしたらよいでしょうか？

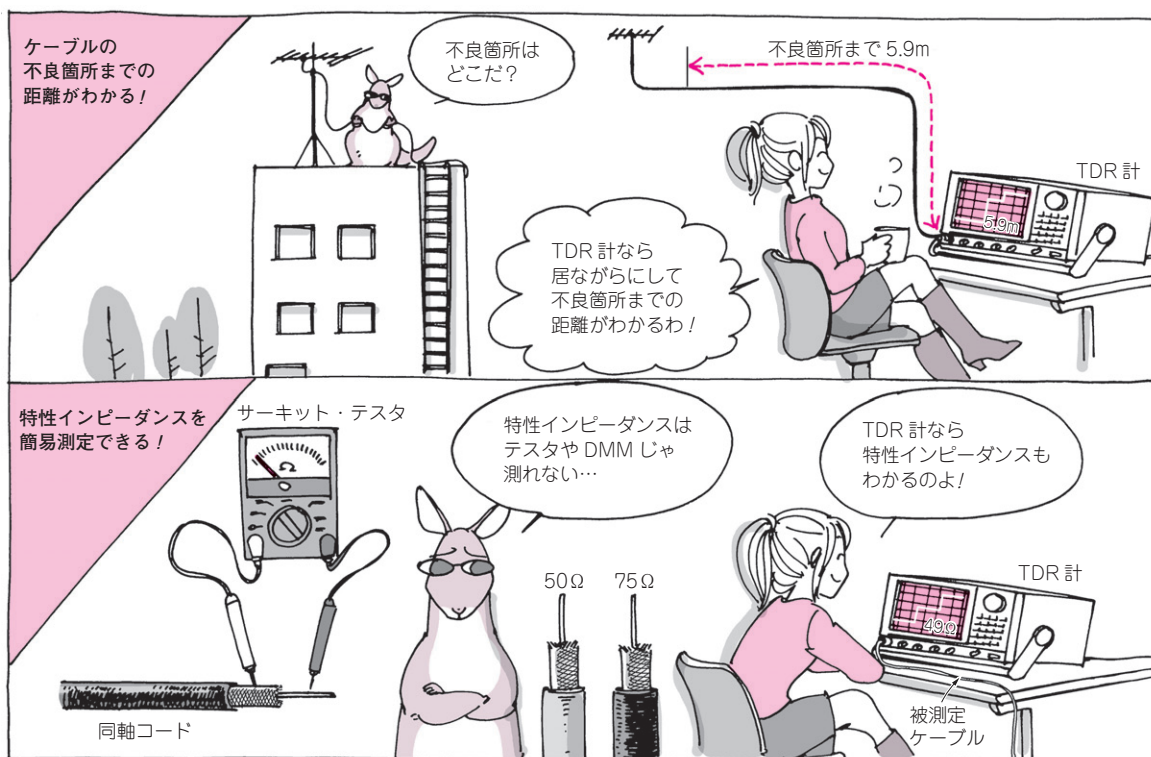
■ TDR計を使うと何ができるか？

このようなときに、時間領域反射測定器(Time-Domain Reflectometer, 略してTDR計)が役に立ちます。写真1のような簡単な矩形波発生源(TDR測定アダプタ)を製作して、オシロスコープと組み合わせる

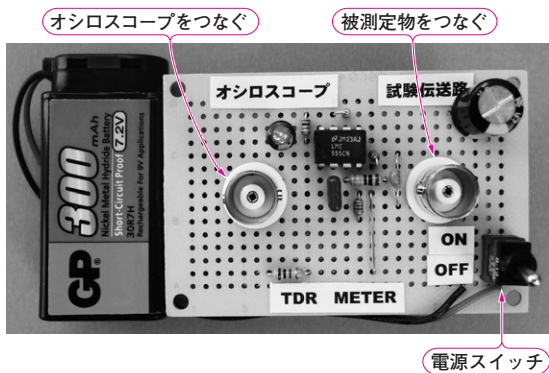
ことで、伝送路を調べるのに打って付けの測定器ができあがります。市販のTDR計は数万～数十万円と高価ですが、ここで紹介するものは、ほんの数時間で製作できて、費用も千円以下で済みます。使用するオシロスコープも、帯域20～100 MHzの廉価なもので構いません。

TDR計を使うと、接触不良や断線が生じているときに、ケーブル端から何mの位置に不良があるかを調べたり、ケーブルの長さを調べたりすることができます。

また、配線や同軸ケーブルなどの伝送路の特性インピーダンスを簡易的に調べることができます。



〈イラスト〉TDR計でできること



〈写真1〉製作したTDR測定アダプタ

■ TDRは伝送路の反射を測定するもの

TDR計は、伝送路でのインピーダンスの「乱れ」つまり、線路の開放、短絡、よじれなどを検出するための測定器です。最近ではプリント基板の特性インピーダンスの測定にも応用されています。

その原理は、パルス信号を伝送路に加えて、その反射波を測定することで、線路のインピーダンスを知るといものです。一般に、反射は線路におけるインピーダンスの不整合部分(上記の乱れ)で発生します。したがって、観測結果の縦軸はインピーダンス、横軸は時間軸となります。

簡易TDR計の構成と表示波形

ここで紹介する簡易型のTDR計は、TDR測定アダプタ(矩形波発生器)とオシロスコープで構成されます。矩形波発生器は、パルス列を伝送線に送り込み、オシロスコープは、元の波形と反射波形の合成波形を観測します。そして、観測波形から、伝送線途上のインピーダンス変化の原因と変化点の位置を知ることができます。図1に、表示される応答波形とその等価回路を示します。

このようなインピーダンスの変化部分からの反射波は、元の波形の大きさと、その変化部分の反射係数 ρ によって決まります。なお、この図では各種損失は無視しています。

■ インピーダンス変化箇所の位置を計算する

図1のインピーダンス変化箇所すなわち負荷までの距離は、次のようにして求めることができます。この変化箇所との往復時間 t はオシロスコープの読みから測定できます。この時間 t を読み取り、これに電磁波の速度を掛けます。線路中の電磁波の速度は真空中よりも遅く、線路の材質から決まる波長短縮率 F_v を掛

終 端	応答波形	等価回路
A 開放		
B 短絡		
C $R > Z_0$		
D $R < Z_0$		
E 直列リアクタンス (誘導性)		
F 直列リアクタンス (容量性)		
G 並列リアクタンス (誘導性)		
H 並列リアクタンス (容量性)		

〈図1〉矩形波に対する応答波形と等価回路

けたものになります。波長短縮率はVelocity Factorとも呼ばれ、0~1.0の範囲で材質によって決まる値です。

経路は往復ですから、この結果を2で割ります。したがって、信号源からインピーダンス変化箇所までの距離 L は次式で表されます。

$$L = \frac{cF_v t}{2} = \frac{299.8 \times 10^6 \times F_v t}{2} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 L : 距離 [m], c : 光速 (2.998×10^8) [m/s], F_v : 線路の波長短縮率(速度係数), t : 遅延時間[s]

■ 回路はタイマICとトランジスタ 各1個だけ

TDR測定アダプタの回路は、図2のように定番のCMOSタイマICと、ドライブ用トランジスタが各々1個だけという簡単な構成です。