



## 第5章 最大入力電圧や負荷効果などを理解し正しく測ろう！

# 測定プローブの実用知識

渡辺 勝彦  
Katsuhiko Watanabe

プローブは、オシロスコープを使った測定に欠かせません。正しく測定するには適切なプローブを使う必要があります。不適切なプローブを使ったり、適切なプローブでも間違った使い方をすると、実際の信号と異なる波形を観測してしまいます。

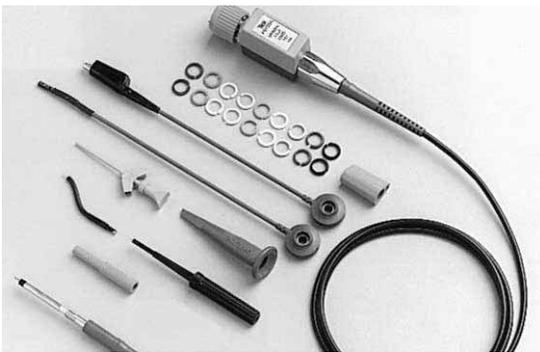
間違った使い方は測定結果に誤りが生じるばかりでなく、プローブを接続した回路に悪影響を及ぼし、誤動作を引き起こす原因になります。

ここでは、オシロスコープで正しい電圧を測るために必須の知識であるプローブの特性について説明します。

### プローブの種類

#### ● 受動プローブ

外観を写真1に示します。コンデンサや抵抗などの受動素子だけで構成されており、電源を必要としません。入力容量は11～14 pF程度です。一般のオシロスコープに付属しているプローブはこのタイプです。



〈写真1〉受動プローブ P6139A [日本テクトロニクス㈱]

#### ● 能動プローブ

外観を写真2に示します。FETプローブが代表例です。受動素子とFETで構成されており、電源が必要です。FETプローブの入力容量は1 pF程度です。

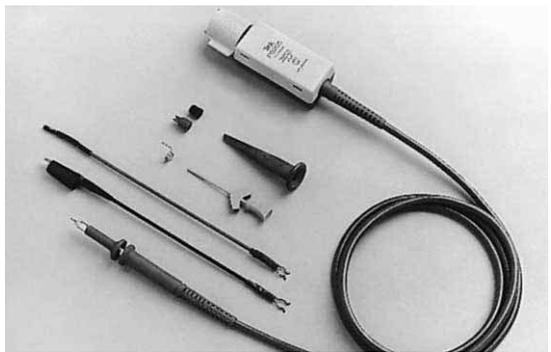
### プローブの波形立ち上がり時間

すべてのプローブは、ほかの電子回路のように周波数帯域をもっています。例えば、100 MHzの周波数帯域を備えたプローブは、100 MHzで振幅応答が3 dB低下します。

#### ■ 受動プローブの波形立ち上がり時間

プローブの周波数帯域はオシロスコープの周波数帯域と同じか、それ以上でなければいけません。オシロスコープより低い周波数帯域のプローブを使うと、そのオシロスコープの性能を十分に発揮できません。

図1は垂直軸の周波数帯域が400 MHzのオシロスコープと3種類のプローブで、同じパルスの立ち上が

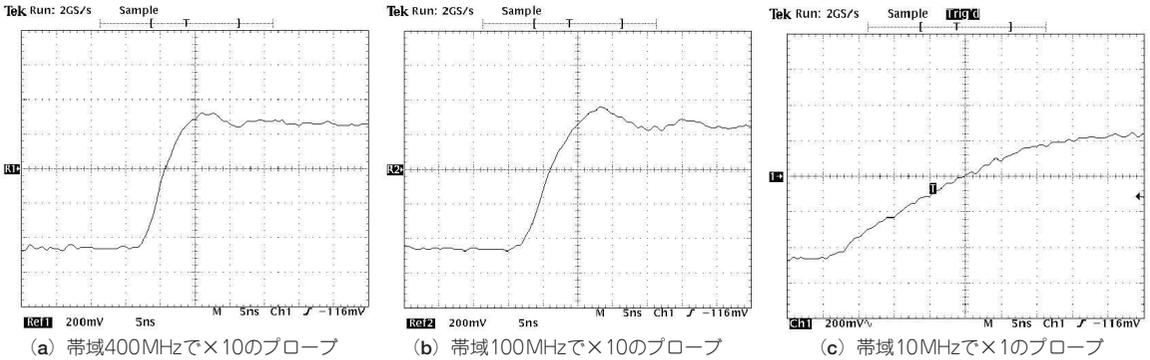


〈写真2〉能動プローブ P6205 [日本テクトロニクス㈱]

### Keywords

能動プローブ、受動プローブ、帯域幅、入力抵抗、最大入力電圧、負荷効果、出力インピーダンス、入力容量、グラウンド・リード、ECBプローブ・チップ・アダプタ、リングング、プローブの補正、FETプローブ。

〈図1〉帯域幅が400 MHzのオシロスコープとプローブを組み合わせたとときの立ち上がり時間(いずれも200 mV/div., 5 ns/div.)



り時間を測定した結果です。使用したプローブはいずれも入力抵抗が10 MΩ，入力容量が14.1 pFです。

▶周波数帯域が400 MHzの×10プローブ

図1(a)に示します。パルスの立ち上がり時間は4.63 nsでした。

▶周波数帯域が100MHzの×10プローブ

図1(b)に示します。パルスの立ち上がり時間は5.97 nsになりました。前に測定した4.63 nsと比較すると30%近く増加しています。帯域幅が低いプローブを使うと、観測されるパルスの立ち上がり時間は遅くなります。

▶周波数帯域が10 MHzの×1プローブ

図1(c)に示します。パルスの立ち上がり時間は27 nsになりました。

## ■ 能動プローブの 波形立ち上がり時間を求める

オシロスコープの垂直軸の周波数帯域から、表示波形の立ち上がり時間を算出する式を使います。

▶オシロスコープの波形立ち上がり時間

立ち上がり時間  $t_s$  [s]は次式で求められます。  

$$t_s = 0.35/f_s \dots\dots\dots (1)$$
 ただし、 $f_s$ ：オシロスコープの垂直軸の周波数帯域 [Hz]

▶能動プローブの波形立ち上がり時間

立ち上がり時間  $t_p$  [s]は次式で求められます。  

$$t_p = 0.35/f_p \dots\dots\dots (2)$$
 ただし、 $f_p$ ：能動プローブの周波数帯域 [Hz]

▶オシロスコープと能動プローブを組み合わせたとときの立ち上がり時間

立ち上がり時間  $t_{system}$  [s]は次式になります。  

$$t_{system} = \sqrt{t_p^2 + t_s^2} \dots\dots\dots (3)$$

## プローブの最大入力電圧

すべてのプローブは、安全のため最大入力電圧

(DC + ピーク AC)を規定しています。受動プローブの最大入力電圧は、数百Vから数千Vに及ぶことがあります。能動プローブの最大入力電圧は数十Vの範囲です。

測定する電圧と使うプローブの最大入力電圧は必ず確認しましょう。プローブやオシロスコープの損傷はもちろん、人体に危険をもたらすおそれがあります。

プローブの最大入力電圧は周波数が高くなると低下します。代表的な×10受動プローブの最大入力電圧は500 V(DC + ピーク AC)ですが、図2に示すように20 MHzの信号を測定する際は100 V以下(DC + ピーク AC)になります。測定の際は信号の最大電圧だけでなく、周波数も確認してください。

## 負荷効果がプローブに与える影響

プローブの等価回路は入力抵抗と入力容量の並列回路になります。図3のように信号源にプローブを接続すると、信号源の負荷が変わります。これをプローブの負荷効果といいます。

