

プローブ (Probe) の原理

2014. 4. 4

オシロスコープ(OSC)は、主に電圧波形観測に用い、  
図 1 に示すプローブと呼ばれる専用の接続線を用いる。



図 1 OSC 用プローブ

図 2 に等価回路を示す。

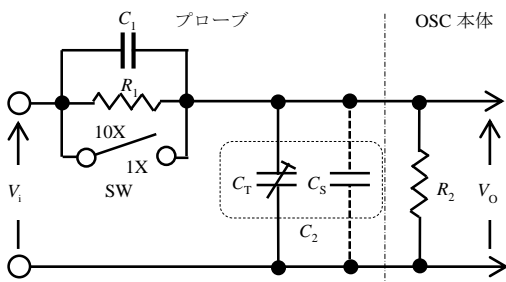


図 2 プローブの等価回路

表 1 に記号と名称を示す。

表 1 等価回路の記号と名称	
記 号	名 称
$V_i$	被測定電圧
$V_o$	OSC 入力電圧
$R_1, R_2$	減衰抵抗
$C_1, C_2$	位相補償容量 ただし、 $C_2 = C_T + C_S$
SW	減衰比切替スイッチ

$C_T$  は半固定型の変容量とし、 $C_S$  は接続ケーブルと  
OSC の漂遊容量や入力容量などを表し、 $C_T$  と  $C_S$  の並  
列容量をまとめて  $C_2$  とする。  
各回路定数を表 1 に示す。値はいずれも代表値を示す。

表 2 プローブの回路定数

抵抗	抵抗値[MΩ]	容量	容量値[pF]
$R_1$	9	$C_1$	16
$R_2$	1	$C_T$	60~100
		$C_S$	65

SW は減衰比切替用であり、以下に 10X の時の原理を  
示す。 $R_1, C_1$  の並列インピーダンスを  $Z_1$  とし、 $R_2$ 、  
 $C_2$  の並列インピーダンスを  $Z_2$  として  $V_o$  の式を求める。

$$\begin{aligned} Z_1 &= \frac{R_1}{1+j\omega C_1 R_1}, \quad Z_2 = \frac{R_2}{1+j\omega C_2 R_2} \\ V_o &= \frac{Z_2}{Z_1+Z_2} V_i \\ &= \frac{R_2}{(1+j\omega C_2 R_2)R_1+R_2} V_i \end{aligned} \quad (1)$$

$j$  は虚数 ( $\sqrt{-1}$ )、 $\omega$  は信号源( $V_i$ )の角周波数とする。  
ここで、特に  $R_1 C_1 = R_2 C_2$  の時は(2)式が成立する。

$$V_o = V_i \frac{R_2}{R_1+R_2} \quad (2)$$

通常  $R_1, R_2$  は正の実数であり、 $V_o$  は  $\omega$  の関数でなく  
なる。したがって  $V_o$  と  $V_i$  の位相差は零となり、 $V_o$  は  
 $V_i$  の周波数に関係なく比例的に変化する。それ故に  $V_i$   
を忠実に観測できる。これは波形観測器として最も必  
要な要素である。大多数の OSC の入力インピーダ  
ンスは  $1M\Omega$  だが、10X 減衰設定とした場合  $10M\Omega$  へと  
増大する。入力インピーダンスは大きい程、被測定物  
への影響は少ない。この意味で理想へと近づく。  
ただし、OSC への入力電圧は 10 分の 1 に減衰してし  
まい不利である。

1X の場合は位相補償機能は無効となり入力容量は  
およそ 95pF、直流抵抗は  $1M\Omega$  となる。また OSC の  
帯域周波数は 10 分の 1 となるなど、観測器としては  
不利な方向へ向かう。

実験データを解析する場合、これらの事情を心得て  
おくと良い。しかし、先進理工学科の磁気ヒステリシ  
ス特性データ解析において、プローブの電氣的な入力  
特性を考慮する吟味は少ない。

容量補正には矩形波を用いる。矩形波は多くの高調  
波成分を含んでおり、綺麗な矩形波が表示された時に  
 $R_1 C_1 = R_2 C_2 = \tau$  が成立している。 $\tau$  は時定数と呼ばれ、  
時間の次元を持つ。