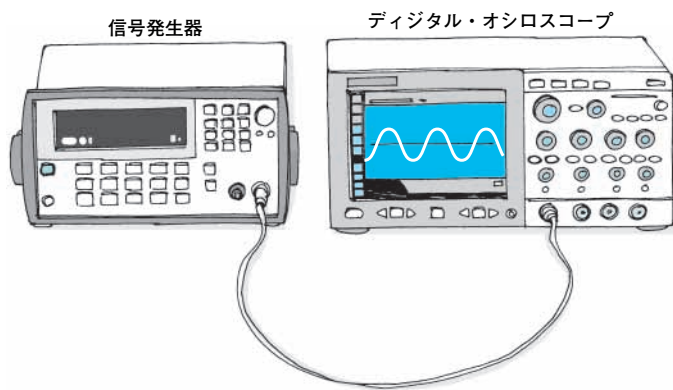


## 誤差の原因や測定限界



先輩：「どうした？測定器におかしいところでもあるのか？」

A君：「はい。この信号発生器、壊れているみたいなんです。信号発生器を矩形波モードに設定したのに、オシロスコープで観ると正弦波になっているんです」

先輩：「矩形波がひずんでこんな形になっているようだな。振幅もずいぶん減衰している」

A君：「オシロスコープの帯域は十分広いですし、接続ケーブルも50Ωタイプを使いましたから、測定系の周波数特性は問題ないはずですよ。トラ技SPECIALを参考にしたんだけどなあ」

先輩：「ところで、その50Ωケーブルはどこから持ってきたの？」

A君：「イーサネット・ケーブルが置いてあった棚からです」

先輩：「高周波ケーブルの棚にあるものに代えてみてくれるかな」

A君：「あれ？矩形波になりました。なんでだろう？」

先輩：「コネクタ部の接触不良だよ。まず気づいたのは、インピーダンス・マッチングが正しく取られていないこと。接続用コネクタのインピーダンスは75Ωだし、オシロスコープの入力インピーダンスも1MΩになっている。ただこの程度のことです。こんなにははずまないから、接触不良を疑ってみたわけだよ。ネットワーク系の配線材料は痛みが激しいし、コネクタの寸法も微妙に違うんだ。高周

波の実験に使うのは止めたほうが無難だよ」

\*

測定に使うケーブルやコネクタだけでなく、測定器の中身も皆さんが開発した電子回路と同じ電子部品ですから、開発した電子回路を正しく評価するためには、測定系の理解が必要です。測定中は「自分は目の前にある回路の本当の動作波形を観測できているのだろうか？」と常に問題意識をもつことが、測定技術を磨くうえでとても重要です。

本章では、もう少しデジタル・オシロスコープの理解を深めます。電子回路の設計技術は、測定技術といっしょに磨かれていくのです。

# 7.1

## オシロスコープの入力インピーダンスやプローブのグラウンド・リードが影響する ターゲットの信号を変化させる要因のいろいろ

1

### オシロスコープは本当の信号レベルより小さく表示する

被測定回路の出力インピーダンスとプローブの先からオシロスコープ側を見たときの、測定器側の入力インピーダンスの関係を理解することはとても重要です。

図1に示すのは、プローブを使わずにオシロスコープとある測定回路を接続したときのインピーダンスの関係です。 $R_{out}$ は被測定回路の出力インピーダンス、 $V_{out}$ は被測定電圧、 $R_{in}$ はオシロスコープの入力インピーダンスです。

オシロスコープの入力電圧  $V_{in}$  は、

$$V_{in} = \frac{V_{out} R_{in}}{R_{out} + R_{in}}$$

$$= \frac{V_{out}}{1 + R_{out}/R_{in}} \quad \dots\dots (7.1)$$

になります。 $R_{in} \gg R_{out}$  のときは、

$$V_{in} \approx V_{out}$$

になります。オシロスコープの入力インピーダンス  $R_{in}$  は  $1\text{M}\Omega$  ですから、測定精度を1%以下にしたい場合は、被測定回路の出力インピーダンス ( $R_{out}$ ) は、 $R_{out} = 1\text{M}\Omega / 100 = 10\text{k}\Omega$  から  $10\text{k}\Omega$  以下である必要があります。

図2は、プローブを使ってオシロスコープと測定回路を接続したときの、インピーダンスの関係を表しています。プローブを使うことで、被測定回路からオシロスコープ(プローブ)側を見たときの入力インピーダンスは  $10\text{M}\Omega$  と約10倍に高まる

図1 オシロスコープと被測定回路を直結したときのインピーダンスの関係

被測定回路の出力インピーダンス。プローブを使わずに測定精度を1%以下にするには、 $10\text{k}\Omega$  以下であることが必要。高周波を観測するときは  $50\Omega$  がよい

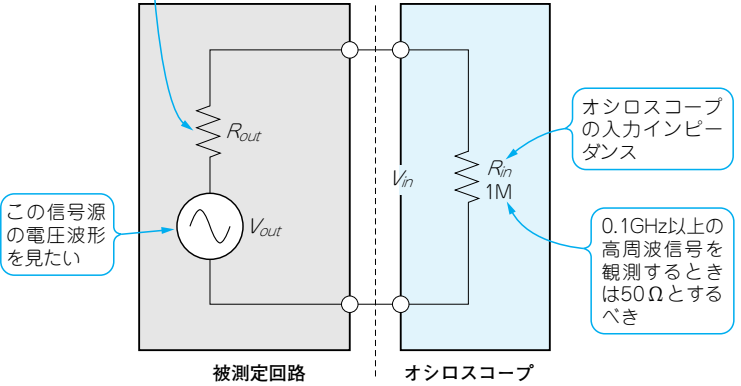
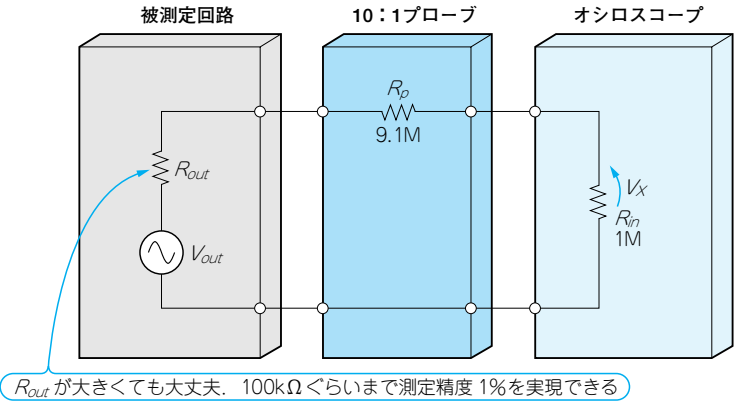


図2 プローブを挿入すると測定回路側のインピーダンスが上がって測定誤差が減る



ため、前述の測定誤差が小さくなります。

高周波信号を観測するとき、オシロスコープの入力インピーダンスを  $50 \sim 75\Omega$  に設定し、さらに  $R_{in} = R_{out}$  (図1) の状態にする必要があります。

このとき式(7.1)は、

$$V_{in} = \frac{V_{out} R_{in}}{R_{out} + R_{in}} = \frac{V_{out}}{2}$$

となり、オシロスコープのディスプレイに映し出される波形の

レベルは、被測定回路の出力電圧の1/2になります。振幅を読むときは、2倍に換算する必要があります。

FETプローブは、出力インピーダンスが  $50\Omega$  ですから、オシロスコープに映し出される波形の振幅はプローブ出力の1/2です。しかし、FETプローブには増幅器が内蔵されており、入力電圧を2倍に増幅するため換算は不要です。