



## はじめに

このたびは、PBD2000 差動プローブ (Model 701923) をお買い上げいただきましてありがとうございます。

このユーザーズマニュアルは、PBD2000 差動プローブの機能、使用方法、仕様、取り扱い上の注意などについて説明したものです。ご使用前にこのマニュアルをお読みいただき、正しくお使いください。

お読みになったあとはご使用時にすぐにご覧になれるところに、大切に保存してください。ご使用中に取り扱いがわからなくなつたときなどにきっとお役に立ちます。

PBD2000 差動プローブ (Model 701923) のマニュアルとして、次のマニュアルがあります。

マニュアル名	マニュアル No.	備考
Model 701923 PBD2000 差動プローブ ユーザーズマニュアル	IM 701923-01	本書です。
Model 701923 PBD2000 Differential Probe	IM 701923-92	中国向け文書です。
Model 701923 PBD2000 Differential Probe	IM 701923-93Z2	韓国向け文書です。

マニュアル No. の「Z2」は言語コードです。

各国や地域の当社営業拠点の連絡先は、次のシートに記載されています。

ドキュメント No.	内容
PIM113-01Z2	国内海外の連絡先一覧

## 履歴

2005 年 11 月 初版発行

2008 年 6 月 2 版発行

2009 年 4 月 3 版発行

2015 年 11 月 4 版発行

2017 年 10 月 5 版発行

---

## 梱包内容を確認してください

万一、お届けした製品の間違いや品不足、または外観に異常が認められる場合には、お買い求め先にご連絡ください。

PBD2000 差動プローブ本体：1本

各種アタッチメント（形状については、2ページ参照）

- ・ストレートピン／アングルピン：各 8 本
  - ・スプリングタイプストレートピン／アングルピン：各 4 本
  - ・マイクロクリップ（赤・黒）：各 1 本
  - ・リード線（赤・黒）：各 1 本
  - ・L字ピン：2 本
- マニュアル：一式
- 携帯用ケース：1 個

## アクセサリ（別売）

標準アクセサリキット

**701915**

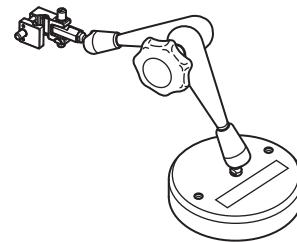
構成品

- ・ストレートピン／アングルピン：各 20 本
- ・スプリングタイプ  
ストレートピン／アングルピン：各 4 本
- ・マイクロクリップ（赤・黒）：各 1 本
- ・リード線（赤・黒）：各 1 本
- ・L字ピン：2 本
- ・ケース：1 個

プローブスタンド

**701919**

外観図



## 本機器を安全にご使用いただくために

本機器を正しく安全に使用していただくため、本機器の操作にあたっては次ページの安全注意事項を必ずお守りください。このマニュアルで指定していない方法で使用すると、本機器の機能が損なわれることがあります。なお、これらの注意に反したご使用により生じた障害については、YOKOGAWA は責任と保証を負いかねます。

## 本機器には、次のようなシンボルマークを使用しています。

 “取扱注意”(人体および機器を保護するために、ユーザーズマニュアルを参照する必要があることを示します。)

### ご使用にあたっての注意

本機器を安全にご使用いただくために、また機能を十分にご活用いただくために、下記の警告・注意事項をお守りください。



### 警 告

- 被測定回路にプローブを接続するときは感電に注意してください。
- 被測定回路に接続したまま測定器本体からプローブを外さないでください。
- 本プローブを濡らしたり、濡れた手で本プローブを使用しないでください。感電する恐れがあります。
- 被測定回路にプローブの入力端子を接続する前に、測定器本体が正しく接地されていて、プローブの出力コネクタがオシロスコープの入力コネクタに接続されていることを確認してください。
- 測定器本体の接地  
必ず測定器本体を保護接地してください。
- 非破壊入力電圧範囲の厳守  
入力と接地間に±25V(DC + ACpeak)を超える電圧を加えないでください。
- 湿気の多い場所での使用禁止  
感電を防ぐために、湿気の多い場所では使用しないでください。
- ガス中での使用禁止  
負傷や火災を防ぐため、可燃性、爆発性のガスまたは、蒸気のあるところでは使用しないでください。
- 露出した回路に注意  
負傷を防ぐため、電源が入っているときは、露出した接触部分や部品に触れないよう注意してください。



### 注 意

- プローブヘッド部は精密な組み立て加工がなされた部品です。急激な周囲温度の変化や、衝撃により損傷を受ける場合があります。取り扱いにご注意ください。

## 本機器を安全にご使用いただくために

---

- ・ケーブルをむやみにねじったり、引っ張ったりしないでください。ケーブル内の電線が切れ、故障の原因となります。
  - ・運搬および取扱いの際は振動、衝撃、静電気を避けてください。特に、落下などによる衝撃に注意してください。
  - ・直射日光や高温、多湿、結露させるような環境下での保存、使用は避けてください。変形、絶縁劣化を起こし、仕様を満足しなくなります。
  - ・使用前には、過酷な保存や輸送などによる故障がないかを、点検と動作確認をしてから使用してください。故障を確認した場合は、最寄りの代理店または営業所にご連絡ください。
  - ・本プローブは防水、防塵構造ではありません。ほこりの多い環境や水のかかる環境下で使用しないでください。
- 

## 使用環境の制限

使用環境に制限があります。ご注意ください。

---

### 注 意

本製品はクラス A(工業環境用)の製品です。家庭環境においては、無線妨害を生ずることがあり、その場合には使用者が適切な対策を講ずることが必要となることがあります。

---

---

## 各国や地域での販売について

### 廃電気電子機器指令



#### 廃電気電子機器指令

(この指令は EU 圏内のみで有効です。)

この製品は WEEE 指令マーキング要求に準拠します。このマークはこの電気電子製品を一般家庭廃棄物として廃棄してはならないことを示します。

#### 製品カテゴリ

WEEE 指令に示される製品タイプに準拠して、この製品は“監視及び制御装置”の製品として分類されます。

EU 圏内で製品を廃棄する場合は、お近くの横河ヨーロッパ・オフィスまでご連絡ください。家庭廃棄物では処分しないでください。

### EEA 内の認定代理人 (AR)

横河ヨーロッパ・オフィスは EEA 内で本製品の当社認定代理人 (AR) を務めます。横河ヨーロッパ・オフィスの住所については別紙のお問い合わせ先 (PIM 113-01Z2) をご覧ください。

---

このマニュアルでは、注記を以下のようなシンボルで区別しています。



本機器で使用しているシンボルマークで、人体への危険や機器の損傷の恐れがあることを示すとともに、その内容についてユーザーズマニュアルを参照する必要があることを示します。ユーザーズマニュアルでは、その参照ページに目印として、「警告」「注意」の用語と一緒に使用しています。

## 警 告

取り扱いを誤った場合に、使用者が死亡または重傷を負う危険があるときに、その危険を避けるための注意事項が記載されています。

## 注 意

取り扱いを誤った場合に、使用者が軽傷を負うか、または物的損害のみが発生する危険があるときに、それを避けるための注意事項が記載されています。

## *Note*

本機器を取り扱ううえで重要な情報が記載されています。

# 目次

---

はじめに .....	i
梱包内容を確認してください .....	ii
本機器を安全にご使用いただくために .....	iii
各国や地域での販売について .....	v
製品概要 .....	1
特長 .....	1
各部の名称 .....	2
使用上の注意 .....	3
使用方法 .....	4
製品仕様 .....	7
付録 ( プローピングについて ) .....	付 -1

---

## 製品概要

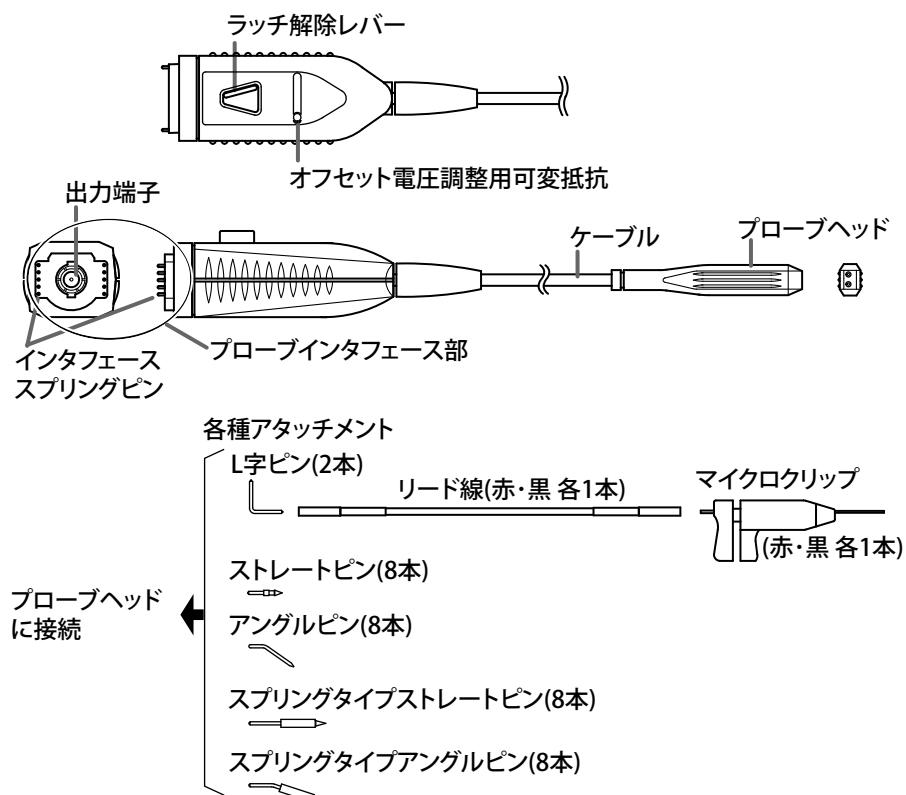
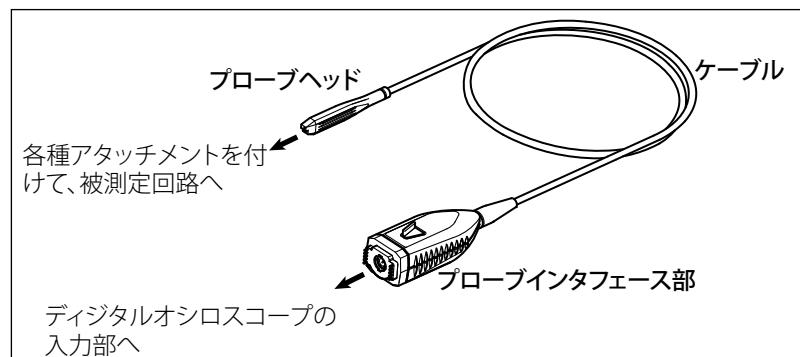
PBD2000 差動プローブは、横河専用プローブインターフェースを持つデジタルオシロスコープ\*(以降、プローブ IF 付きデジタルオシロスコープと略します)と組み合わせて使用する 2GHz 帯域の差動入力アクティブプローブです。プローブ IF 付きデジタルオシロスコープの BNC 入力端子に接続するだけでご使用いただけます。プローブの先端を測定対象に接触させることで、電圧波形を観測できます。

\* 横河専用プローブインターフェースに対応するデジタルオシロスコープの機種については、お買い求め先までお問い合わせください。

## 特長

- ・ 差動信号を直接観測可能
- ・ 同相信号除去能力
- ・ 広い周波数帯域 (DC ~ 2GHz)
- ・ プローブ IF 付きデジタルオシロスコープから本プローブへの電源供給可能
- ・ プローブ IF 付きデジタルオシロスコープで本プローブを自動認識可能
- ・ 測定対象と接触させるアタッチメントの付替えが可能
- ・ 小型 / 軽量

## 各部の名称



\* ( )内の本数はプローブ1本に付属される各種アタッチメントの本数です。

プローブインターフェース部  
デジタルオシロスコープの入力部に接続する部分です。

インターフェーススプリングピン  
プローブの出力端子を接続すると、オシロスコープ側のインターフェース基板にあるパッドに接触するようになっています。プローブの電源はこのインターフェース部から供給されます。また、このインターフェース部からオフセット電圧の供給や、プローブの自動認識もできます。

ケーブル  
プローブインターフェース部とプローブヘッドを接続します。

プローブヘッド  
各種アタッチメントを介して、測定対象に接続します。

ラッチ解除レバー  
プローブの出力端子をオシロスコープの入力部に接続したときのロックを解除するレバーです。

## アタッチメント

プローブの入力端子です。測定対象に応じて、付属のアタッチメントを選択してプローブヘッドに取り付けられます。

## 出力端子

出力端子は BNC コネクタです。オシロスコープの入力部 (BNC コネクタ) に接続します。

## オフセット電圧調整用可変抵抗

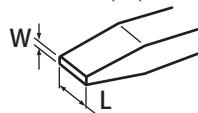
下記の適切なドライバを使って、オフセット電圧を調整します。

## 調整用ドライバ

調整に使うドライバは、調整溝の寸法に合ったものをお使いください。握り部分が大きなドライバや、ドライバ先端が極端に小さなドライバを使うと、調整部の回転止めや調整溝を破損する恐れがあります。

## 調整ドライバピット寸法 (参考値)

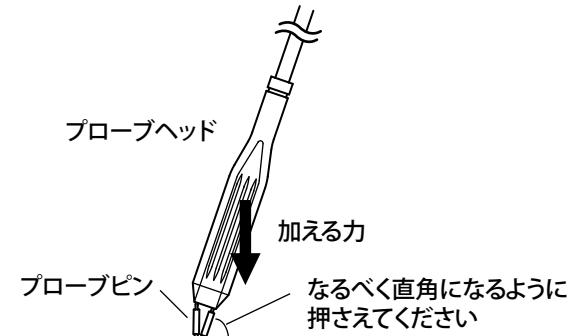
先端厚み (W) : 0.2 ~ 0.35mm、先端幅 (L) : 1.3 ~ 1.5mm、先端形状: -または+



## 使用上の注意

## 注 意

- プローブピンを被測定回路に接触させるときは、プローブヘッドに過大な力を加えないように注意してください。5N 以上 の力を加えると破損するおそれがあります。



- 汚れをとるときは柔らかい布を使用し、プローブを壊さないように注意してください。また、本機器を液体に浸したり、研磨剤入りの洗剤を使わないでください。ベンジンなど、揮発性の溶剤も使用しないでください。

- トランスや大電流路などの強磁界が発生しているものの近くや無線機などの強電界が発生しているものの近くでは使用しないでください。正確な測定ができない場合があります。
- プローブピンは、被測定回路に対してなるべく垂直になるように使用してください。
- プローブスタンド (形名 701919) の使用をおすすめします。プローブヘッドに過大な力がかかるのを防止できます。

## 使用方法

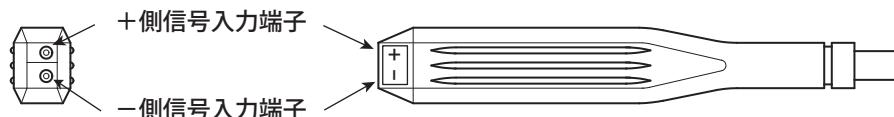
### 測定の準備

1. 本プローブとプローブ IF 付きディジタルオシロスコープをご用意ください。
2. 測定前に、プローブインターフェース部をオシロスコープ入力部に奥まで差し込み、BNC コネクタとインターフェースピンが確実に繋がっていることを確認してください。差し込んだときにカチッとラッチがかかる音があれば、ロックされた状態になっています。
3. 付属のアタッチメントをプローブヘッドの信号入力端子に取り付けます

### アタッチメントの取り扱い方

各種アタッチメントを測定対象に応じて付替え可能です。

下図のように、プローブヘッドの先端にアタッチメントの取付け穴があり、手で抜き差しできます。

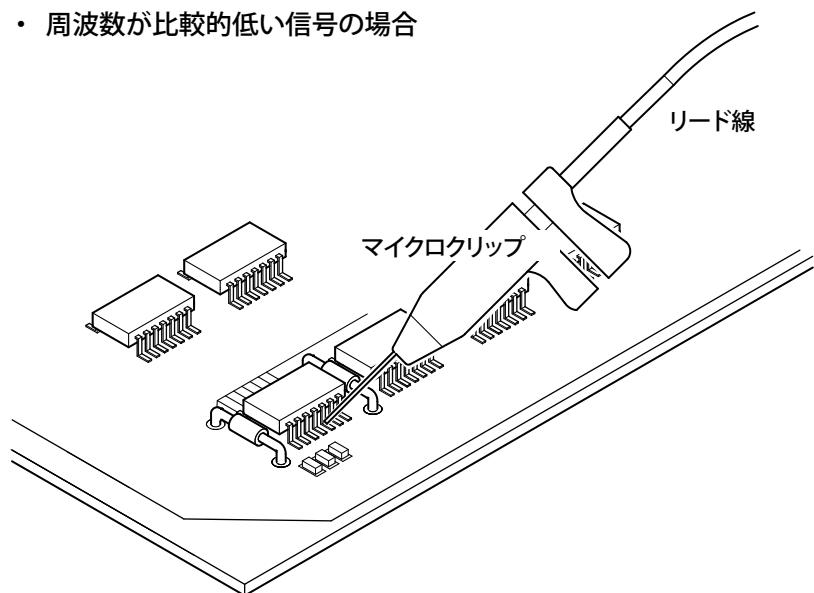


ピンにはストレートタイプとアングルタイプがあります。測定対象に応じて、付属のアタッチメントを選択してご使用ください。

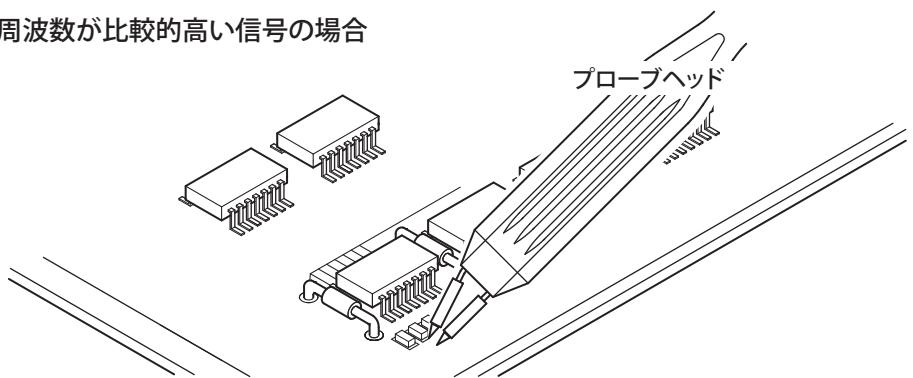
プローブの入力部はインピーダンスが高いため、プローブヘッドから測定対象までのインダクタンスが、周波数が高い信号成分の測定結果に大きい影響を与えます。特に 100MHz 以上の周波数成分が含まれる信号を測定するときは、測定対象とプローブヘッド (+側信号入力端子 / -側信号入力端子ともに) をできるだけ短いアタッチメントで接続することをおすすめします

## 使用例

- 周波数が比較的低い信号の場合



- 周波数が比較的高い信号の場合



測定対象に応じて、付属のアタッチメント(ストレートピン/  
アングルピン/スプリングタイプストレートピン/  
スプリングタイプアングルピン)を選択してご使用ください。

---

## ウォームアップ / オフセット調整

### ウォームアップ

プローブ接続直後は、本プローブの自己発熱の影響でオフセット電圧がドリフトします。通電後、約 30 分でほぼ安定した状態になります。プローブ接続後 30 分以上のウォームアップを行ってください。

### オフセット調整

ウォームアップ後も残るオフセット電圧（残留オフセット電圧）は、プローブ インタフェース部のオフセット電圧調整用可変抵抗を、適切な調整ドライバ（3 ページ参照）で回して調整できます。

---

### 注意

オフセット電圧を調整するときに、調整部を無理に回さないでください。  
調整部が破損する恐れがあります。

---

### *Note*

- ・ オフセット電圧は、周囲温度の影響でドリフトします。連続して測定をする場合は、周囲温度の変化にご注意ください。
  - ・ オフセット電圧調整用可変抵抗の調整は、残留オフセットの調整以外の目的で使用しないでください。意図的にオフセット値を変えるような目的で使用すると、本機器の性能が仕様を満たさないことがあります。
-

## 製品仕様

### 電気的仕様

(電気的仕様は、基準動作環境にて、30分のウォームアップ時間経過後の仕様です。)

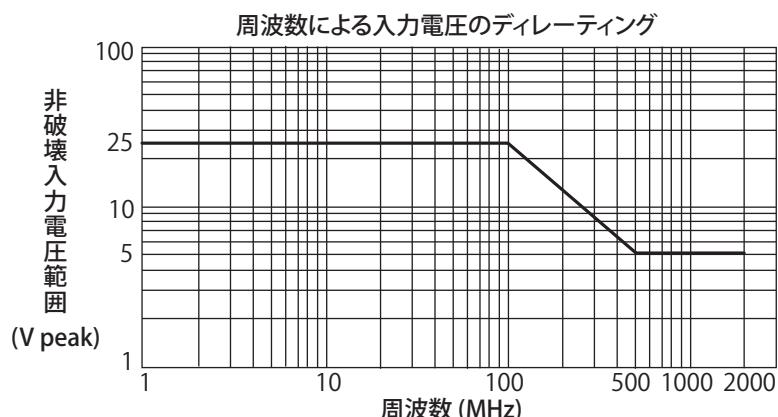
周波数帯域	DC ~ 2GHz( -3dB 以上)
減衰比と直流電圧確度 <sup>*1</sup>	10:1、差動入力電圧の±2%以内 (50Ω 負荷にて、オシロスコープの誤差を含まず)
入力容量	約 1.1pF( 対接地、Typical 値 <sup>*4</sup> )
入力抵抗	50kΩ ± 2%以内( 対接地 )
出力インピーダンス	約 50Ω(Typical 値 <sup>*4</sup> )
最大動作入力電圧範囲	± 7V
最大差動入力電圧範囲	± 5V
最大非破壊電圧 <sup>*2</sup>	± 25V(DC + ACpeak)
立ち上がり時間	175ps 以下( オシロスコープの特性を含まず、Typical 値 <sup>*4</sup> )
残留ノイズ	500μVrms 以下( プローブ出力において、Typical 値 <sup>*4</sup> )
残留オフセット <sup>*3</sup>	± 10 mV 以内( ADJUST 調整後 )
同相信号除去比	DC ~ 10MHz : - 35dB 以下 10MHz ~ 100MHz : - 20dB 以下 100MHz ~ 1GHz : - 12dB 以下

\*1 残留オフセット電圧を除く。

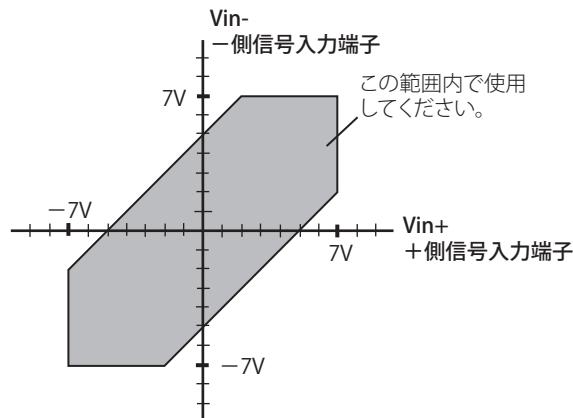
\*2 非破壊の最大入力電圧。プローブのダイナミックレンジではありません。

\*3 +側、-側の両信号入力端子に 0V 入力時

\*4 Typical 値は代表的または平均的な値です。厳密に保証するものではありません。



### 入力電圧範囲



## 一般仕様

電源電圧範囲および インターフェース	規定の電源電圧±5V±5%以内 (本プローブは専用の端子から電源供給されます。専用 端子を装備したデジタルオシロスコープに接続してご 利用ください。)
保存高度	3000m 以下
使用高度	2000m 以下
基準動作環境	温度範囲 23°C±5°C 湿度範囲 <sup>*5</sup> 55%±10% RH
動作環境	温度範囲 5°C~40°C 湿度範囲 <sup>*5</sup> 20~80% RH
保存環境	温度範囲 -20~60°C 湿度範囲 <sup>*5</sup> 20~80% RH
校正周期	1年
ウォームアップ時間	30分以上
全長	約1.2m
質量	約80g

\*5 結露しないこと。

## 適合規格

EMC エミッഷン	適合規格	EN61326-1 ClassA EN55011 ClassA, Group1 オーストラリア、ニュージーランドの EMC 規制 EN55011 ClassA, Group1
イミュニティ	適合規格	EN61326 Table2(工業立地用) イミュニティ試験環境における影響度  ノイズ増加 ≤2V <sup>*6</sup>

\*6 試験条件

周波数帯域制限 20MHz、DL9000 シリーズのデジタルオシロスコープの入力インピーダンスを 50Ω に設定し、プローブ先端の+、-両入力を 50Ω で接続(終端)した状態。

## 付録 ( プロービングについて )

デジタル家電をはじめとする様々な機器に組み込まれるデバイスや電子回路の高速化にともない、信号波形観測に使用されるオシロスコープやプローブも高速広帯域化しています。

測定対象の信号が高速化すると、それまでは問題にならなかったことが原因で正しい測定ができない場合があります。ここでは高速信号をプロービングするときの注意点をいくつか紹介します。

### 電圧プローブの種類

電圧プローブは電圧センサの一種で、測定対象の電圧や出力インピーダンス、周波数成分などに合わせて、最適なプローブを選択する必要があります。プローブの種類によって入力インピーダンス（抵抗値、容量値）や周波数帯域が大きく異なるため、より信頼性の高い測定をするためにそれぞれのプローブの性質を理解することが大切です。一般的な高周波回路の測定によく使用されるプローブには次の3つが挙げられます。

#### パッシブプローブ

減衰比 10:1 のパッシブプローブは、低価格、丈夫、高耐圧、低周波での高い入力インピーダンスにより、最も広く使われています。

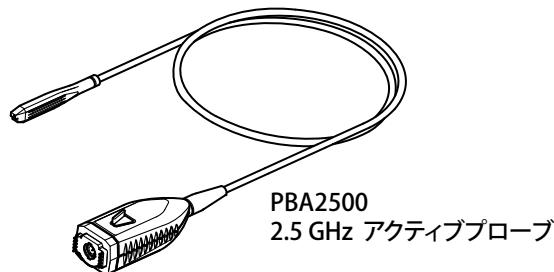
弊社の代表的な 10:1 パッシブプローブの入力インピーダンスは  $10M\Omega$  と約  $14pF$  の並列、入力耐圧は 600V と、直流から低周波にかけては高い入力インピーダンスを持っており、一般的な用途では使いやすいプローブです。一方、 $14pF$  の入力容量が高周波信号測定に与える影響が問題になることがあります。



### アクティブプローブ /FET プローブ

高周波信号の測定によく使われているのがアクティブプローブ /FET プローブです。

パッシブプローブと違い、プローブ先端に近いところにインピーダンス変換用のバッファアンプを置くことで、パッシブプローブよりも高い周波数帯域と、一桁小さい  $1\text{pF}$  前後の入力容量を実現しています。電源供給が必要で、耐電圧がパッシブプローブよりも低いため取り扱いには若干注意が必要ですが、信頼性・再現性の高い高周波信号波形の測定には大きな効果があります。

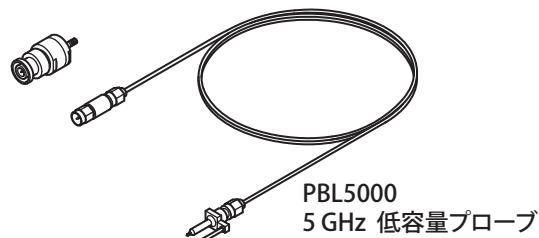


### 低容量プローブ(抵抗プローブ)

$50\Omega$  系入力の測定器には比較的古くから使われてきたプローブです。

プローブヘッドに内蔵されている高周波特性を考慮した特殊な  $450\Omega$  または  $950\Omega$  の抵抗体で  $50\Omega$  系同軸ケーブルを駆動しますが、入力容量が非常に小さいため今でも根強い人気があります。

入力抵抗が  $500\Omega$  または  $1\text{k}\Omega$  なので測定対象の信号源インピーダンスが高いと、直流バイアスや出力振幅に影響を与えることがあります、入力容量はアクティブプローブの半分から数分の一程度なので、クロックのエッジ等、高速ディジタル信号の波形品位測定等に最適です。



## 高速信号のプロービングにおける問題点

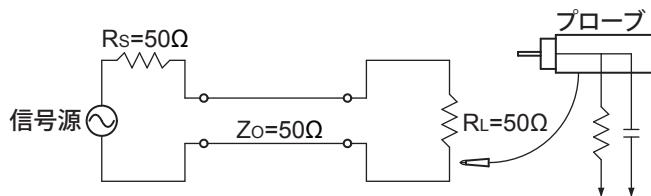
### 負荷効果

測定対象回路にプローブを接続すると、プローブの入力インピーダンスにより測定対象に何らかの影響を与えます。これを負荷効果と呼びます。

特に 100MHz 以上の周波数成分を観測すると、信号源インピーダンスとプローブの負荷容量で形成されるローパスフィルタの影響が顕著に現れる場合があります。

50Ω 系の回路を例を以下に示します。この例では、負荷 ( 終端 ) で信号波形を観測する場合、等価信号源インピーダンスは  $25\Omega$  ( $50\Omega$  の並列) に見え、ここにプローブの入力容量が付加されると、プローブの入力ポイントにおけるカットオフ周波数は  $f_c = 1/2 \pi RC$  となります。入力容量  $14\text{pF}$  のパッシブプローブを使うと  $f_c = 455\text{MHz}$  ですが、入力容量  $0.9\text{pF}$  のアクティブプローブを使えば  $f_c = 7\text{GHz}$  となります。

出力インピーダンスが高い回路を測定する場合は負荷効果がさらに顕著に現れますので、入力容量の小さいアクティブプローブ / FET プローブのご使用をお勧めします。



### インダクタンスによる共振

測定対象とプローブは何らかのピンあるいはワイヤーを使って接続しますが、ある長さのピンやワイヤーがあると必ずインダクタンスが存在し、プローブの入力容量と共振を起こします。この共振周波数がオシロスコープの周波数帯域外にあれば波形観測に支障ありませんが、インダクタンスや容量が大きいと、測定対象の信号波形には本来無いピーキングやリングが観測されることがあります。

接続時のインダクタンスを  $10\text{nH}$  (1 ~ 2cm 程度の長さ) として前述の 3 種類のプローブについて共振周波数を比較してみると表 1 のようになります。意外に共振周波数が低いことがわかります。このインダクタンスはプローブの入力側だけでなく、グラウンド接続のインダクタンスも影響しますので注意が必要です。

	PB500 パッシブプローブ	PBA シリーズ アクティブプローブ	PBL5000 低容量プローブ
入力インピーダンス	約 $12.5\text{pF}$	約 $0.9\text{pF}$	約 $0.25\text{pF}$ 、約 $0.4\text{pF}$
共振周波数 ( $L=10\text{nH}$ のとき)	$450\text{MHz}$	$1.68\text{GHz}$	$3.18\text{GHz}$ 、 $2.52\text{GHz}$

### ケーブルの特性変化

プローブ先端からオシロスコープに信号を伝送するために同軸ケーブルが使用されます。プローブには、実使用での取り回しの良さを考慮して柔軟性と高周波特性を両立したケーブルが選定されていますが、それでも小さい曲率で曲げると誘電体がつぶれ、その部分の特性インピーダンスが変化し、ケーブルの通過/反射特性が悪化して観測波形の高周波成分に影響します。

高周波の波形観測において再現性が悪い原因の一つがこれなので、ケーブルをなるべく曲げないようにし、取り回しを一定にすることで測定の再現性を良くすることができます。

### プローブの性能をフルに活かすプロービング

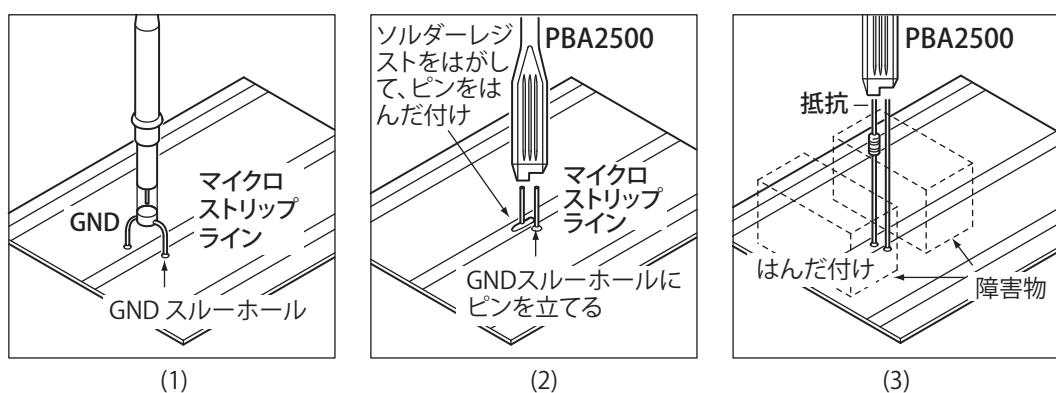
プローブを使った波形観測における最大の障害はインダクタンスによる共振で、まずはこの共振を抑えることが大切です。

簡易的に信号を確認する場合(ブラウジング)、プローブの入力ピン及びグラウンド用リードはなるべく短いものを使用します。信頼性の高い波形観測が必要な場合は、あらかじめプリント基板にプローブを接続するためのスルーホールを用意しておき、プローブの信号入力ピンをパターンなどに直接接続します(1、2)。グラウンドはインダクタンスを減らすために、なるべく太めの銅線や銅板を加工してプローブに接続します。

最短で接続できない場合は、信号入力に  $50 \sim 100\Omega$  程度の抵抗を入れて共振をダンピングする方法があります(3)。この場合、抵抗により測定できる周波数帯域は下がりますが、共振によるピーキング、リンギングを抑えた測定対象本来の波形に近づけることができます。

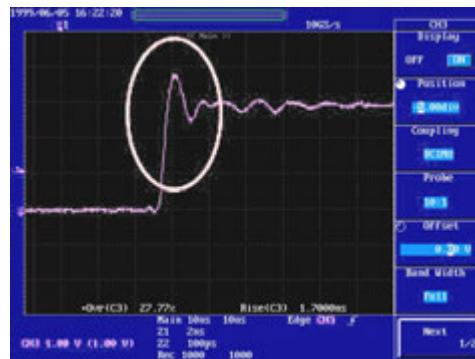
特に立ち上がり付近の高周波信号成分は、前述のとおりケーブルの取り回しに影響されるので、次ページの「ケーブルの取り回しの工夫」のように作業台にテープで固定するなど、取り回しが変わらないようにして、観測波形の再現性を良くすることができます。

### プロービングの方法

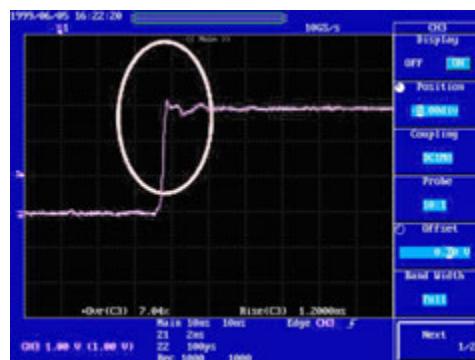


### リングインの波形比較

インダクタンスが大きくてリングインが見えてしまう場合



インダクタンスを小さくしてリングインを抑えた場合



### ケーブルの取り回しの工夫

