

計測セミナーのご紹介

■ オシロスコープ&プローブの使いこなし

- 適切な性能を持つオシロスコープの選定法
- オシロスコープを使いこなすための3つキーポイントについて学びます
 - 適切な電圧軸の設定／適切なサンプル・レートとレコード長設定／トリガの使いこなし

■ 再現性の高い波形計測を実現するためのキーはプロービング

- 回路の動作に影響を与える「負荷効果」を理解する
- 標準プローブである「10×プローブ」の原理&使いこなしをマスター
- 高周波信号の取り込みに欠かせないアクティブ・プローブ、電流プローブの基礎と使いこなし
- 波形観測に影響を与えるノイズに対する考察と対処法
- 測定に便利なプローブの製作

■ ご希望により以下の内容を追加可能

- 基本計測器であるデジタル・マルチメータ基本操作、誤った使い方の例を開設
- パワーエレクトロニクスにおけるスイッチング波形観測の障害と評価方法提案
- 信号を「減衰」、「反射」のある「波」として扱う必要のあるギガビット高速デジタル信号の導入に向けての基礎知識と計測・評価機材と項目を解説

オシロスコープ&プローブの使いこなし

適切なオシロスコープを選び、適切に使う

- オシロスコープができる事、できない事、限界と可能性
- 適切な性能のオシロスコープの選定
 - 最低限必要な性能と余裕を持った性能 ~ 信号と周波数帯域の関係
- 適切な設定とは
 - 適切な電圧軸設定
 - 適切なサンプル・レートの決め方とレコード長
 - デモ スイッチング電源のノイズ測定を例に
- ピンポイントでトリガをかける
- メモリを有効利用できるディレイ機能
- 波形解析の効率化のツール
 - ピーク検出とアベレージ
 - デモ スイッチング電源のノイズ測定を例に
- 波形パラメータの自動測定と適切な使い方

プローブを使いこなす

- 波形測定のキーはプロービング
 - プローブの役目と種類
 - 波形が変わる ~ プローブの負荷効果
 - パッシブ・プローブの原理
- プローブの使いこなし
 - デモ プローブ・アクセサリの考察
 - アクティブ電圧プローブ
- AC電源のグラウンドとは？
- 電流プローブの正しい選択と使い方
 - 微小電流波形の計測方法
- プローブが拾うノイズ
- スペシャル・プローブの製作
 - 低周波用1:1プローブの製作
 - 電源高周波専用1:1プローブの製作
 - 近接磁界プローブの製作

オシロスコープでは多くの原因で予期せぬ誤差が生じる

■ オシロスコープの誤差

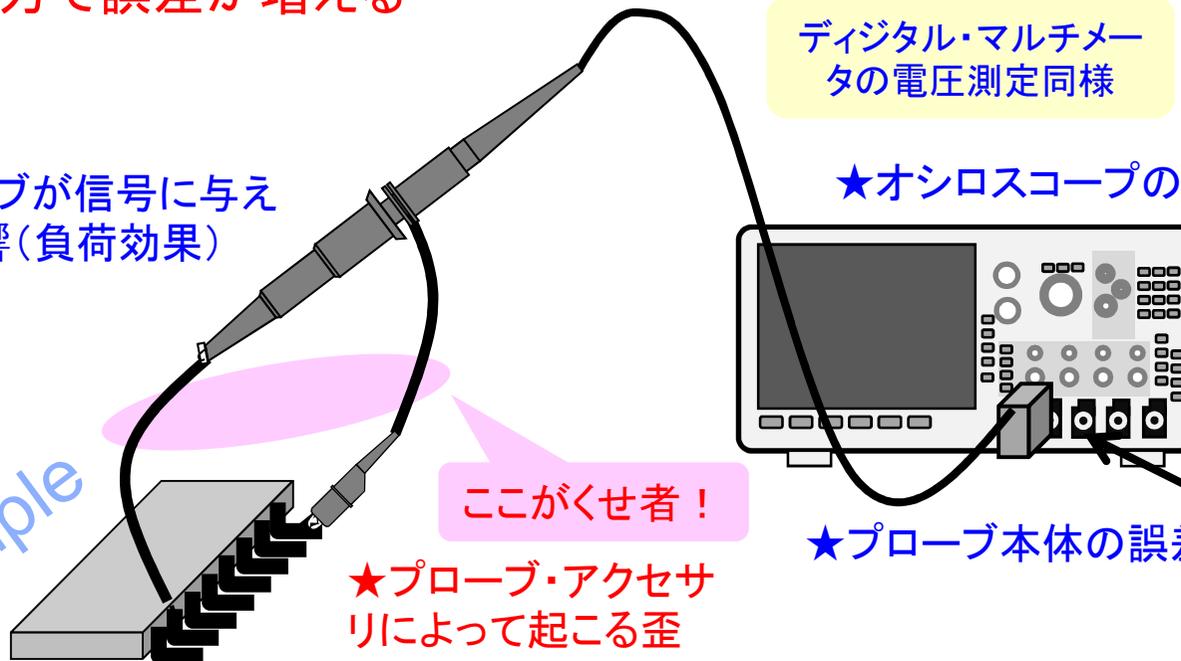
- 時間軸確度は内部の基準クロックに依存(多くはあまり考慮しないが良い)
- 電圧軸確度は直流で規定(1~2%)
- 周波数特性の平坦さは保証されていない場合が多い

■ プローブの誤差~適切なプローブを選ぶ

- 周波数帯域(条件が決まっている)
- プローブが信号に与える影響(**負荷効果**)

■ 使い方で誤差が増える

★プローブが信号に与える影響(負荷効果)



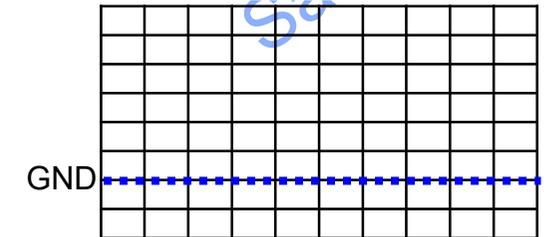
デジタル・マルチメータの電圧測定同様

★オシロスコープの誤差

★プローブ本体の誤差

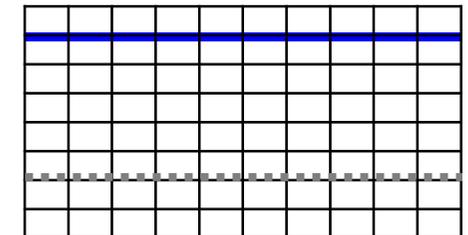
★プローブの補正調整

電圧確度の校正



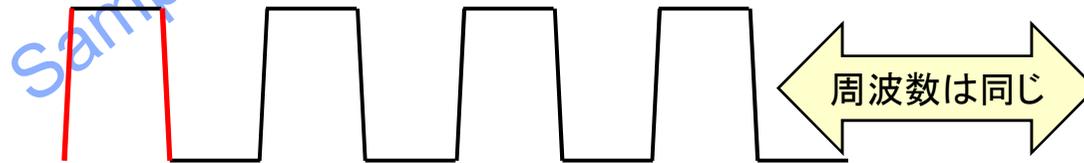
1V/divの設定の場合

5Vの直流を入力



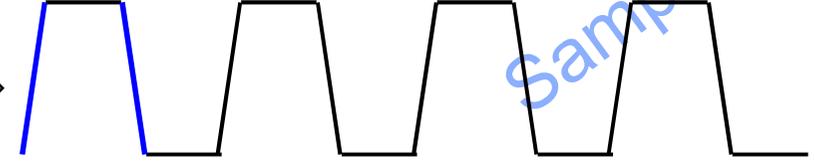
信号の形状と計測器の周波数帯域

■ 立上りが急峻な波形



– 高次の高調波成分が多い

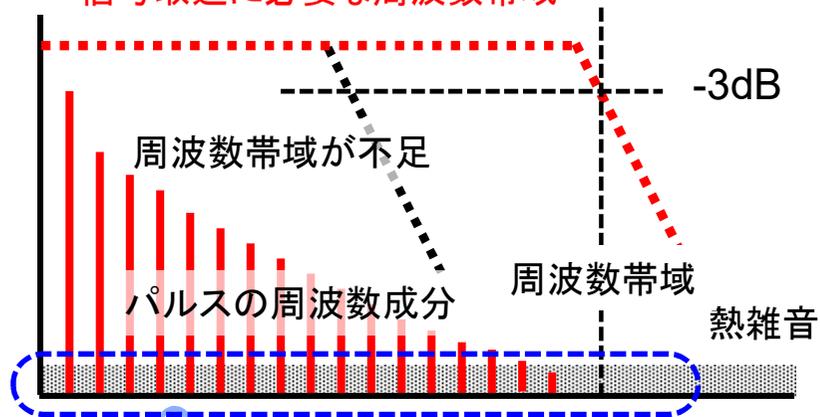
■ 立上りが鈍った波形



– 高次の周波数成分は少ない

信号成分のみであればスペクトラムをカバーできる周波数帯域で良い

信号取込に必要な周波数帯域

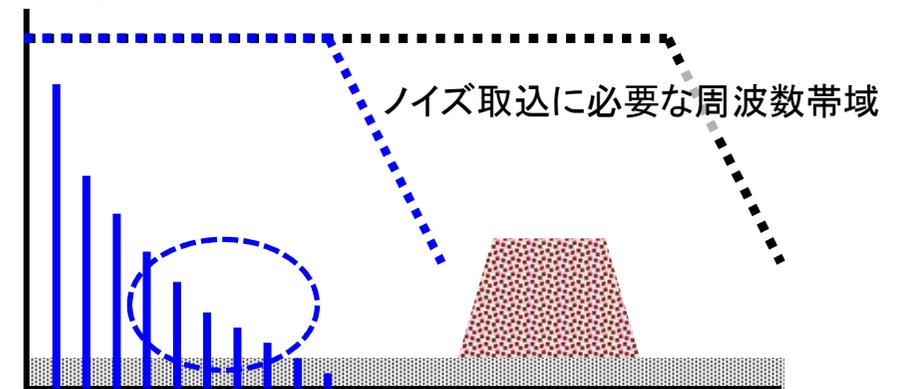


同時に雑音も多く取り込んでしまう

$$\text{熱雑音 } V_n = \sqrt{4k_B T R \Delta f}$$

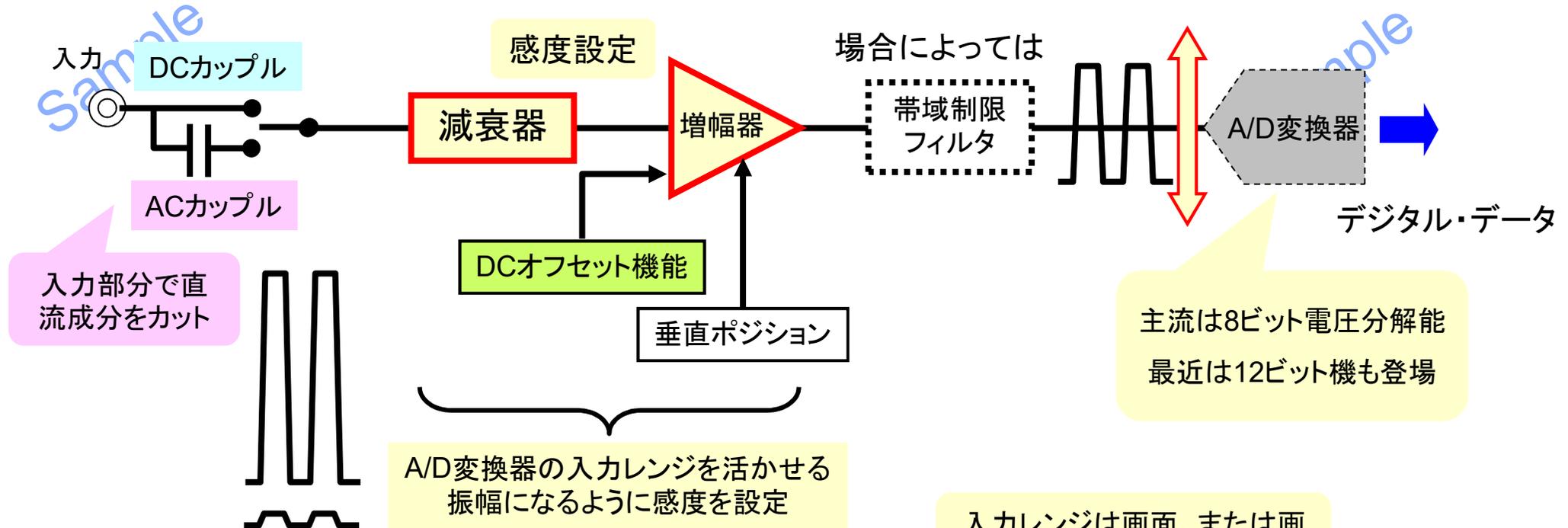
ノイズを観測するにはより広帯域が必要なケースもある

信号取込に必要な周波数帯域

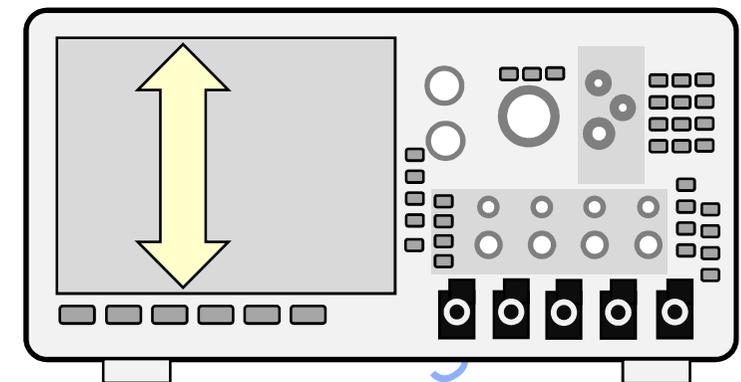


突発のノイズ

入力信号のアナログ処理

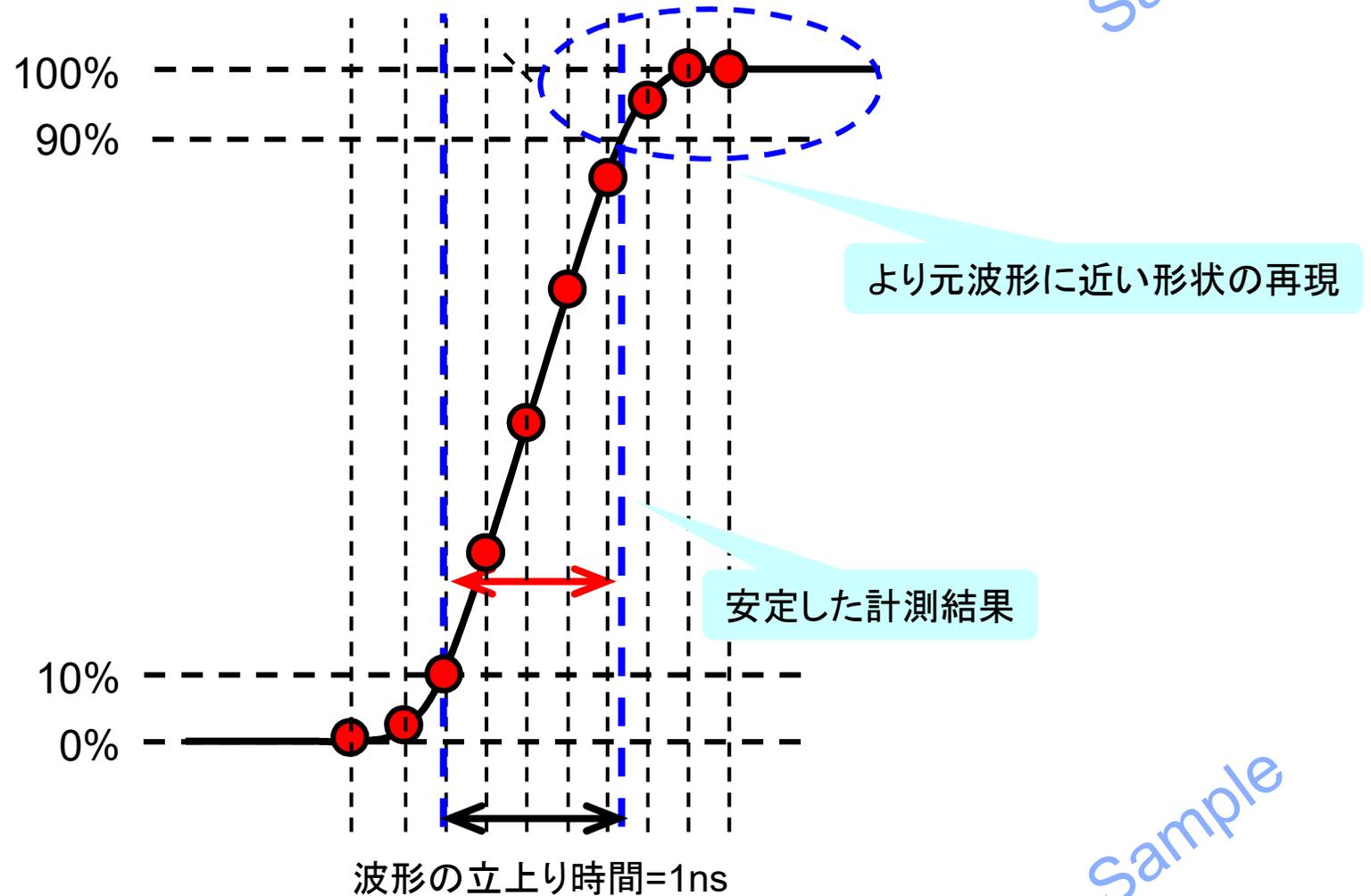


- A/D変換器の入力レンジに収まるように
- DC成分を取り除く機能
 - 入力部でのACカップリングによるDC成分除去
 - DCオフセットによるDC成分キャンセル
- 不要な高周波成分を取り除く帯域制限フィルタ



立上りエッジとサンプル・レートの関係 -3

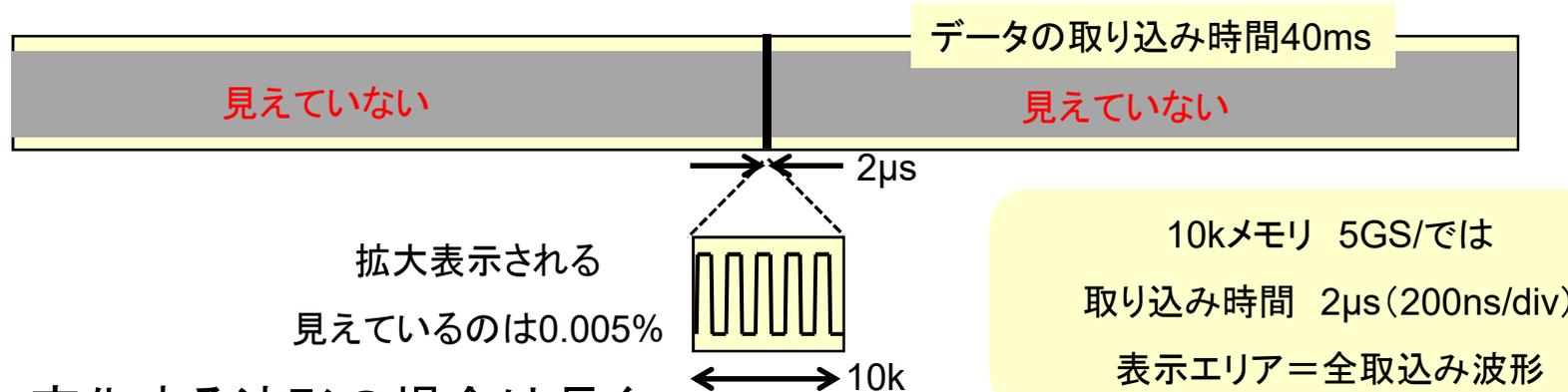
- エッジ部に数ポイントのサンプルが必要



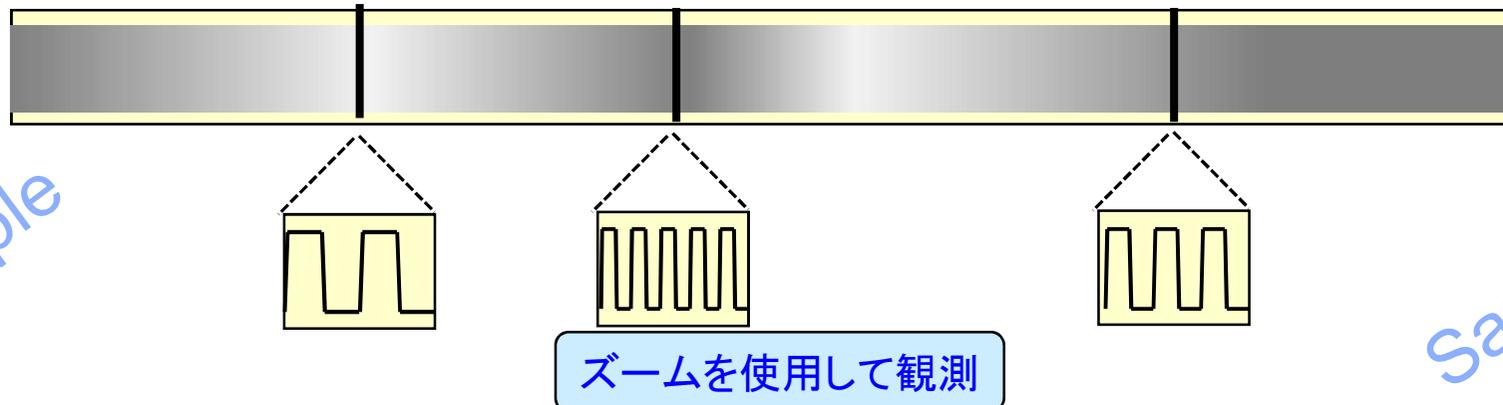
レコード長の使い分け

■ 単純な波形の場合は短く

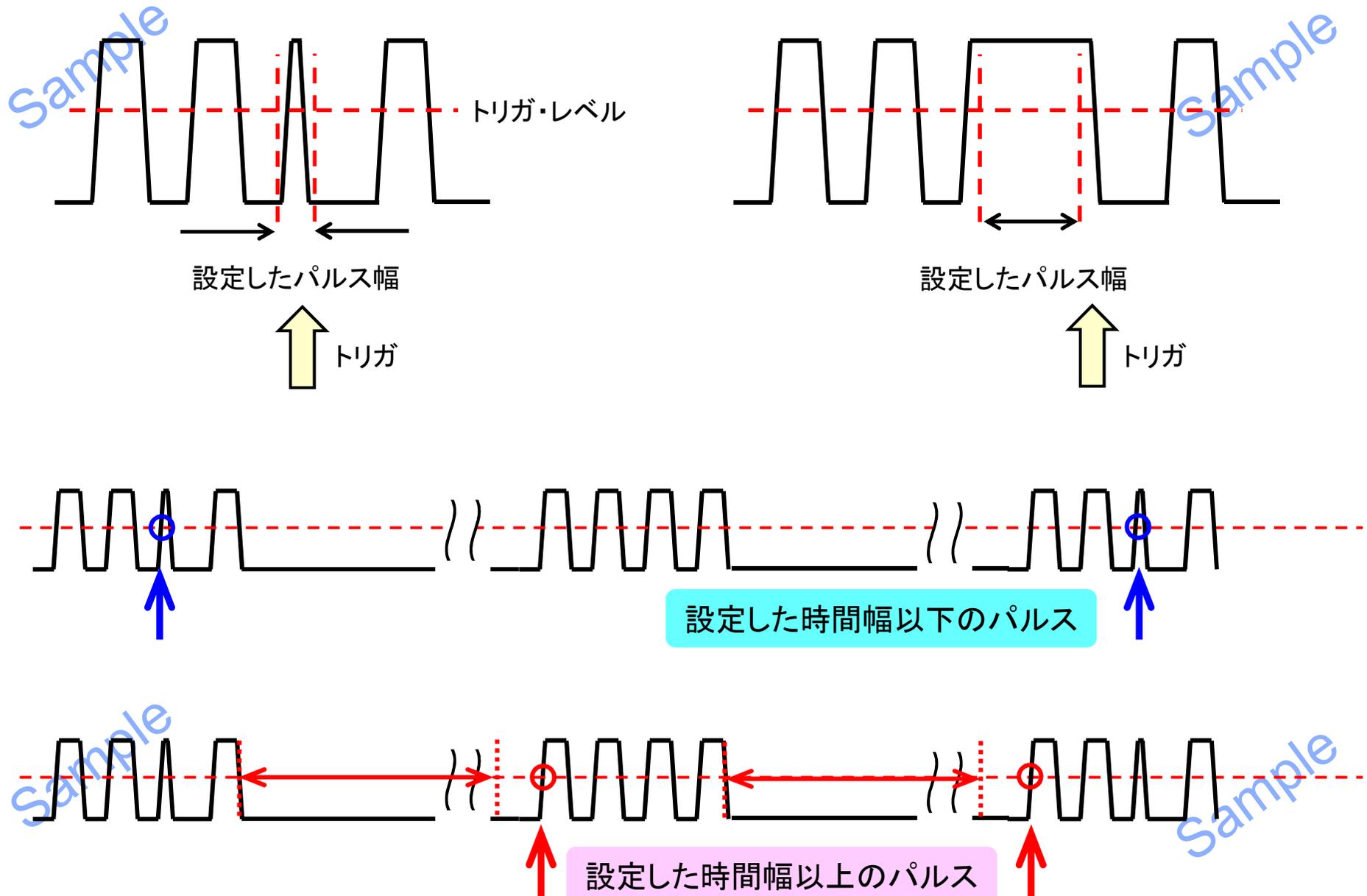
- 最高サンプル5GS/s、最長レコード20Mのオシロスコープの場合
- 最長20Mメモリ&5GS/sでの取り込み時間は40ms(4ms/div)
- 2.5MHzクロック(周期400ns)確認のため、時間軸を200ns/div(表示時間幅2 μ s)



■ 複雑に変化する波形の場合は長く

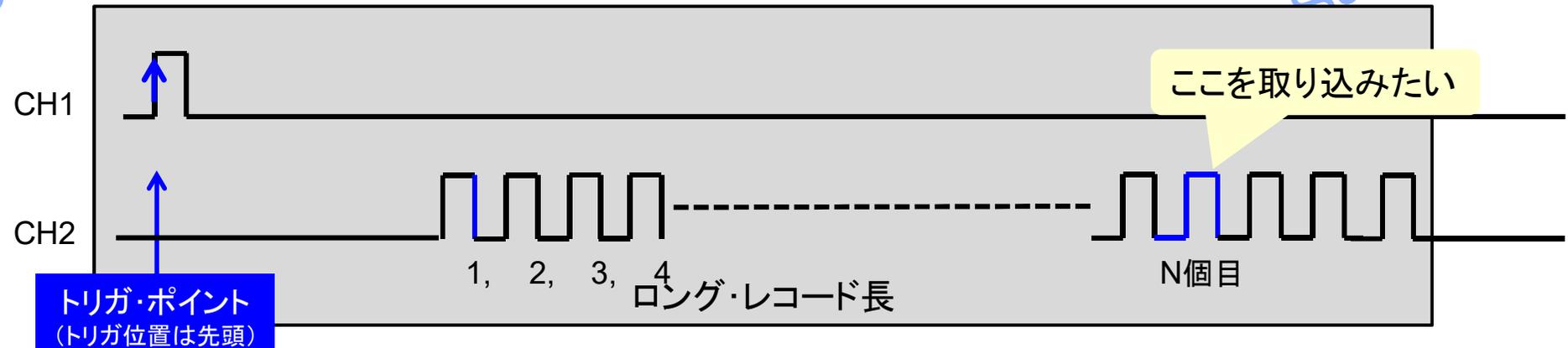


拡張トリガの例 ~パルス幅トリガ

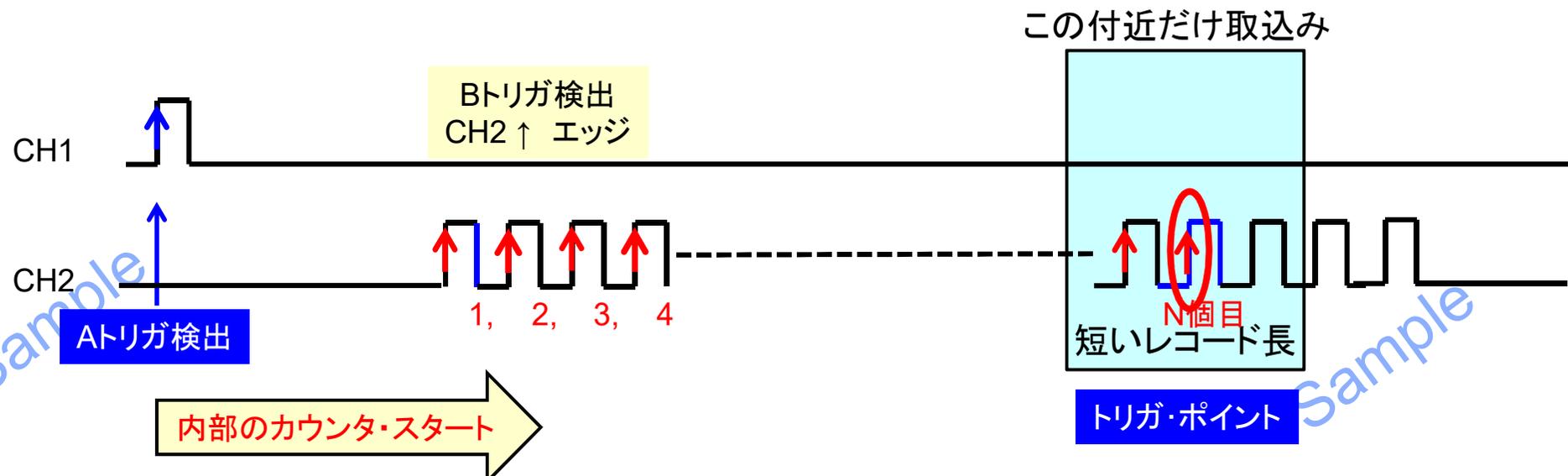


メモリの有効利用法 ～イベント遅延

- あるポイント以降のパルス数をカウントし、遅れた箇所を取り込みたい
 - ロング・レコード&目視カウント

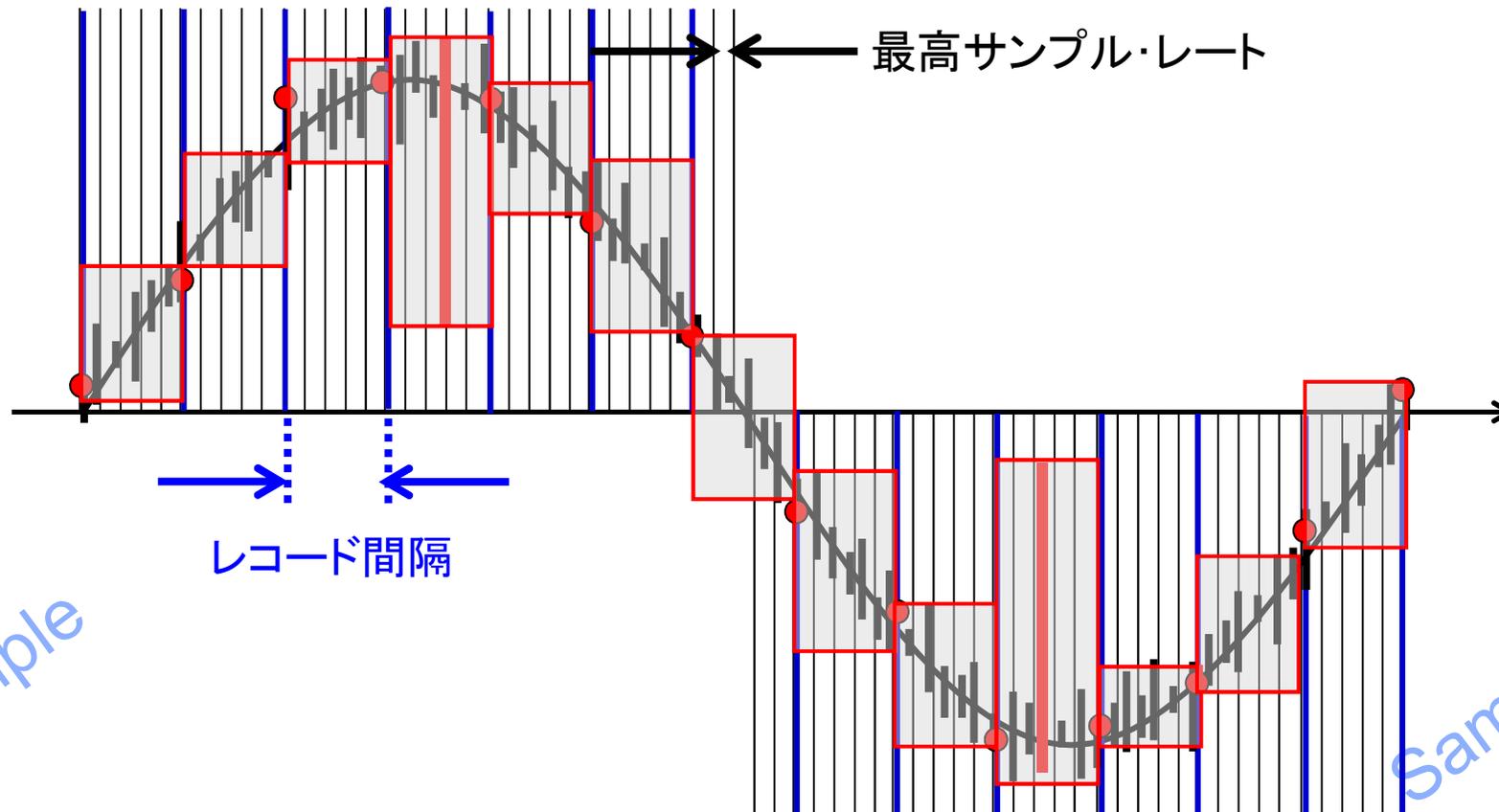


- イベント遅延の活用



サンプル間のピークを記録する

- ピーク・ディテクト／エンベロープ
- 最高サンプル・レートで取込み、レコード間隔に置くMax/Minを記録
- 時間軸設定に依らずノイズやエンベロープを表示できる
- 波形データとして使えない



実効値計算のアルゴリズム

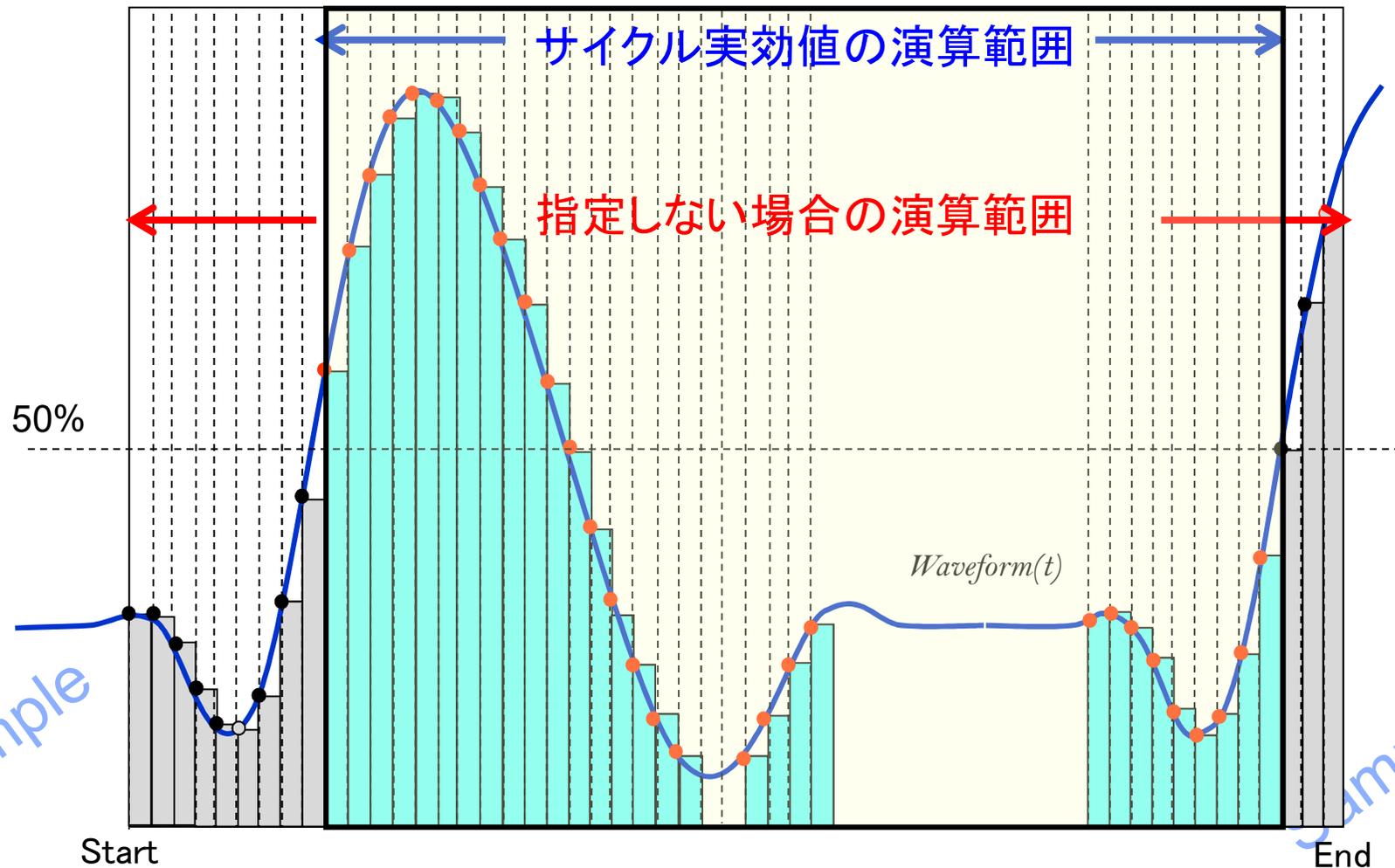
■ 積分は区分求積法

■ 実効値

$$R = \sqrt{\frac{\int_{Start}^{End} (f(t))^2 dt}{(n-1) \times \frac{1}{n}}}$$

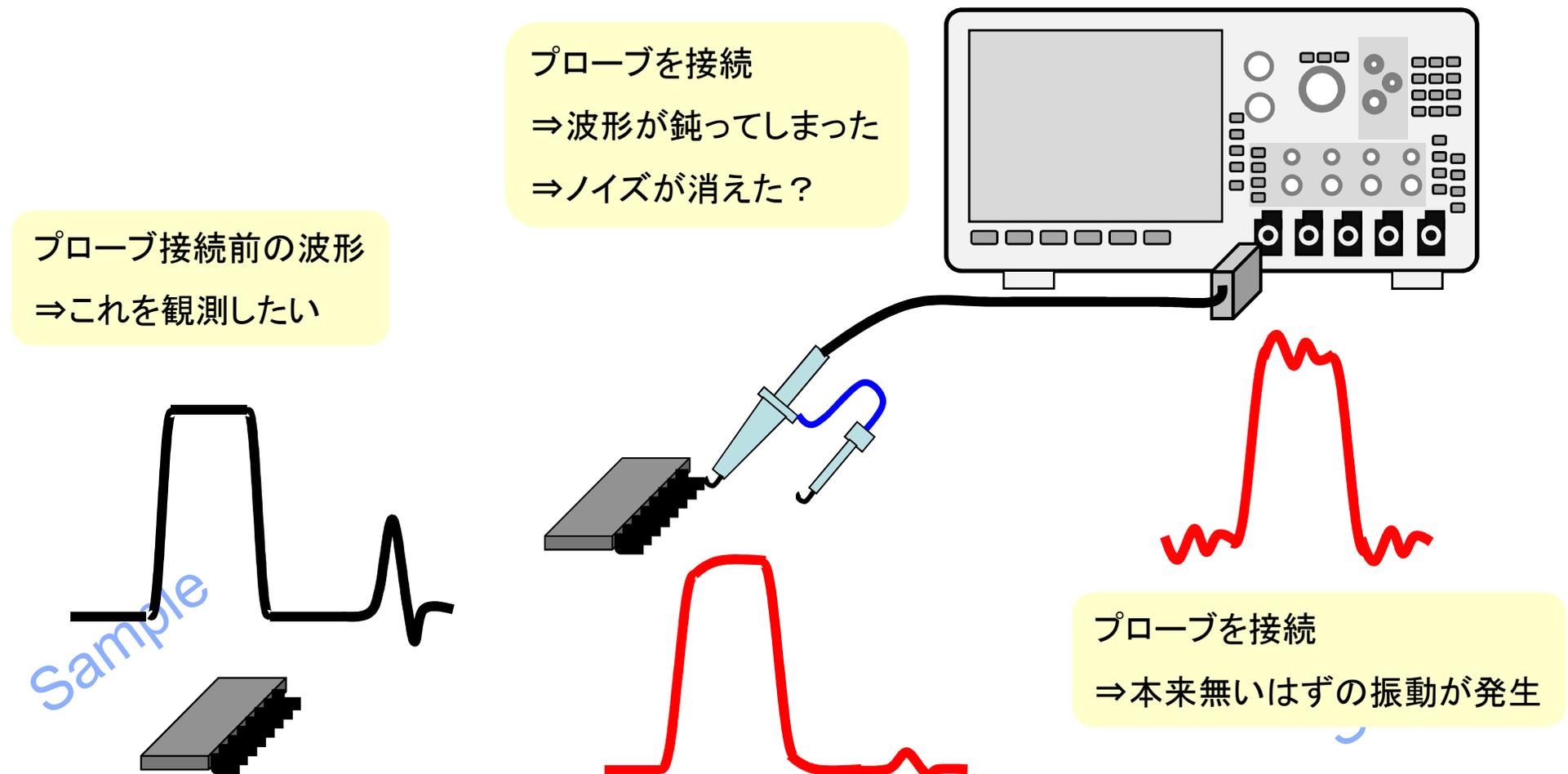
サイクル実効値

$$R = \sqrt{\frac{\int_{StartCycle}^{EndCycle} (f(t))^2 dt}{(n-1) \times \frac{1}{n}}}$$



プローブの問題点

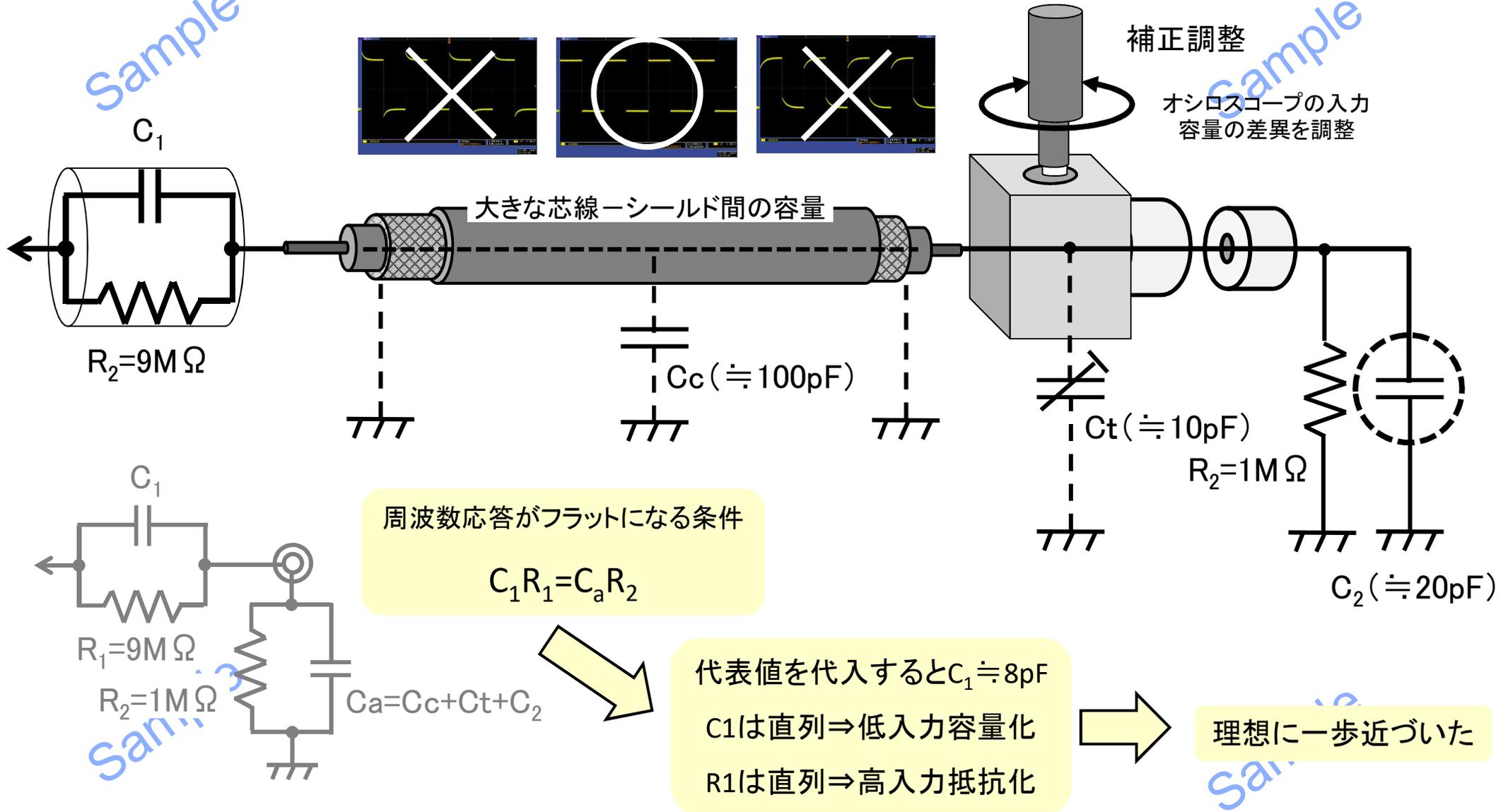
- プローブで歪んでは波形計測が成り立たない
 - 信号にできるだけ影響を与えない ⇒適切なプローブ選択
 - 信号をできるだけ歪ませない ⇒適切な使用



10:1 プロブの原理

■ 使用前に調整が必須

補償調整をしないで使ってはいけません



高周波信号用アクティブ・プローブ(差動入力)

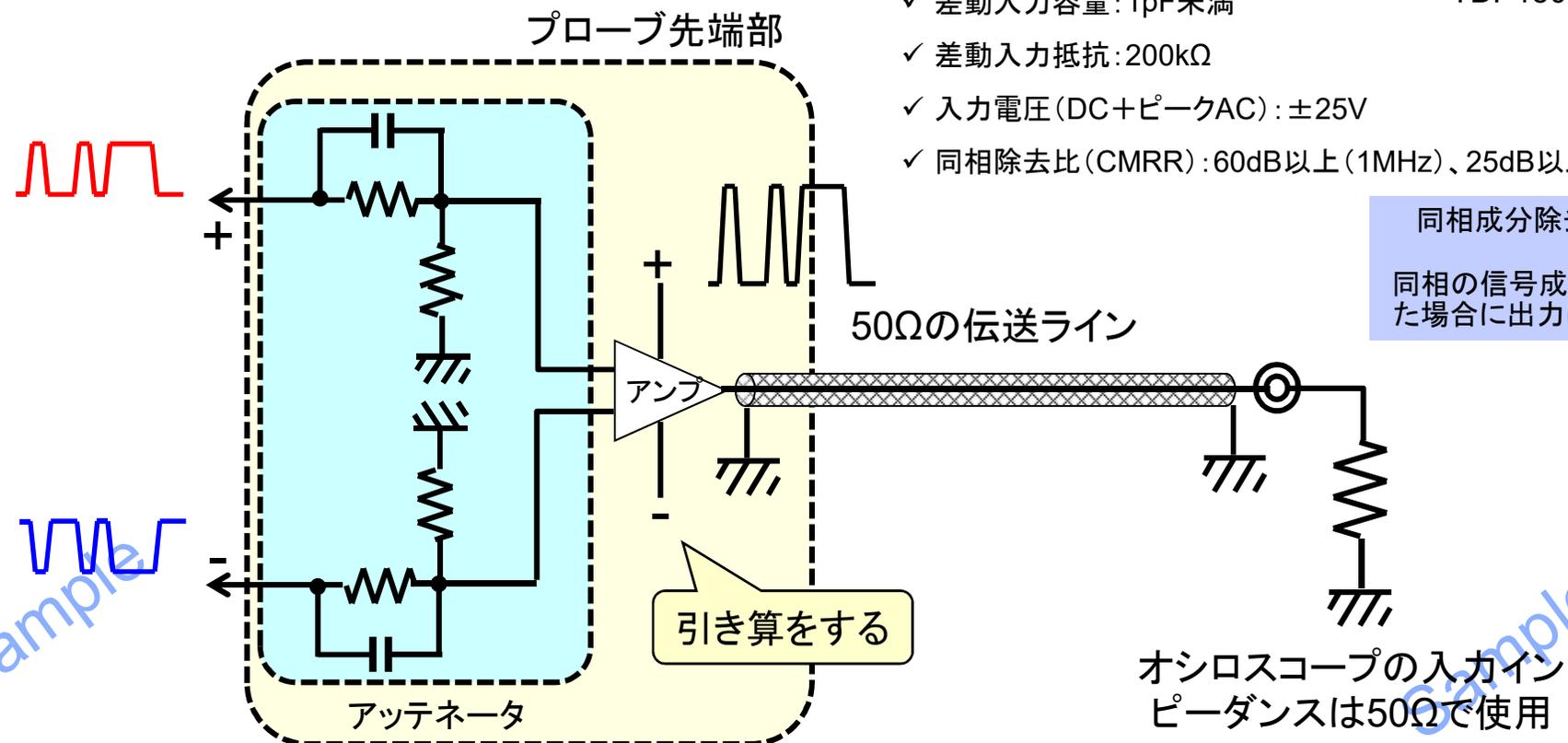
■ 特徴

- 低い入力容量と広い周波数帯域
- 同相ノイズの軽減
- シングル・プローブとしてもコモンモードノイズに有利



テクトロニクス のHPより
TDP1500

- ✓ プローブ周波数帯域: 1.5GHz
- ✓ 差動入力容量: 1pF未満
- ✓ 差動入力抵抗: 200k Ω
- ✓ 入力電圧(DC+ピークAC): $\pm 25V$
- ✓ 同相除去比(CMRR): 60dB以上(1MHz)、25dB以上(1GHz)



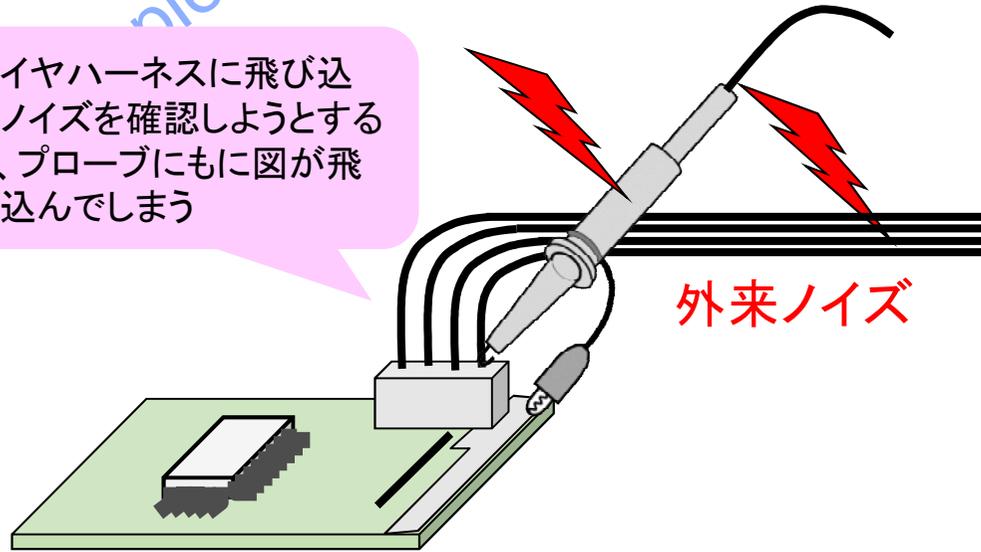
同相成分除去比: CMRR
同相の信号成分が入力された場合に出力に現れる割合

オシロスコープの入カイン
ピーダンスは50 Ω で使用

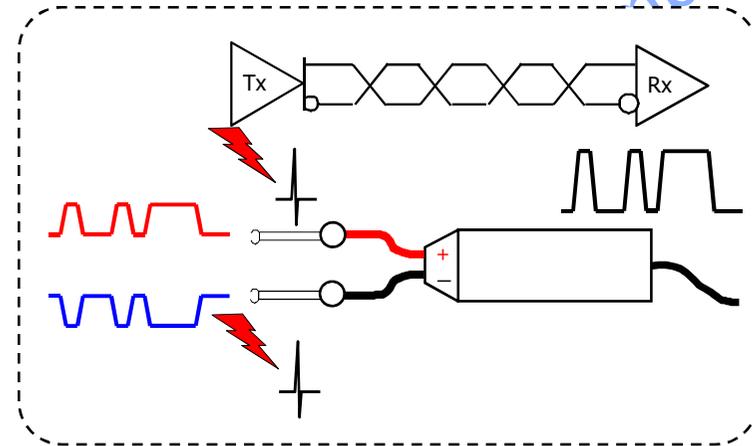
差動プローブによるシングル信号測定

■ 通常のプローブによるシングル・エンド信号測定

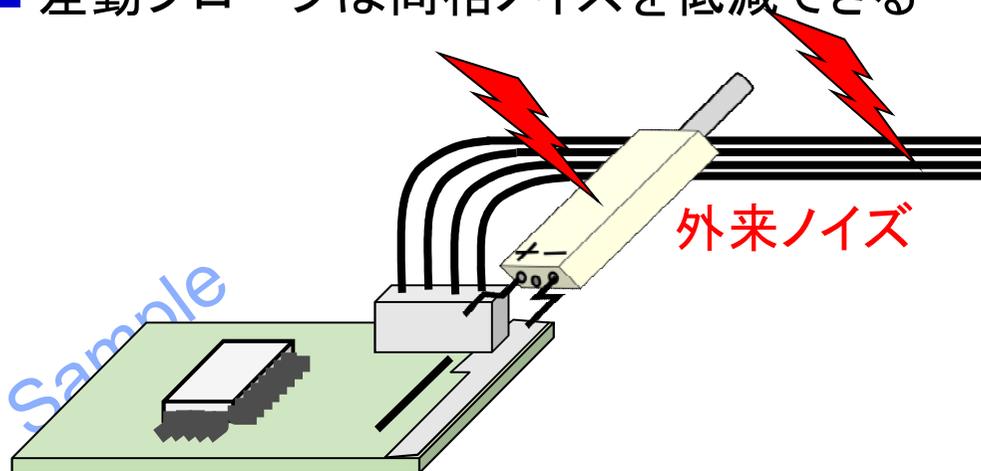
ワイヤハーネスに飛び込むノイズを確認しようとすると、プローブにもに図が飛び込んでしまう



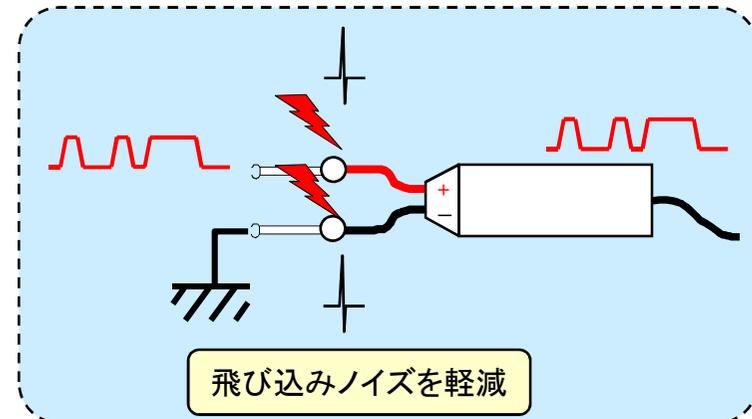
差動プローブの本来の使い方



■ 差動プローブは同相ノイズを低減できる

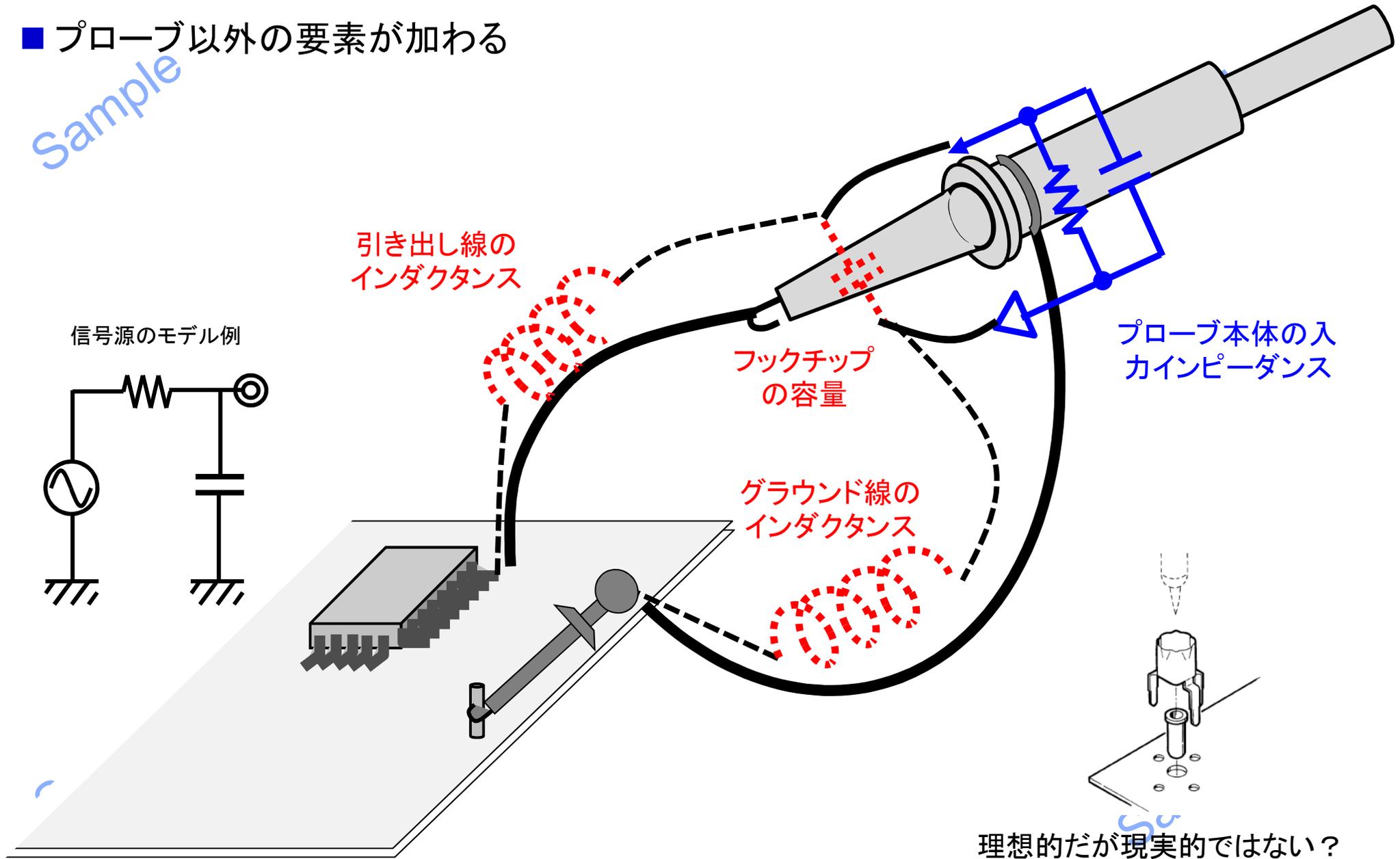


差動プローブをシングル入力を使う



自由にならないプロービング・ポイントの実際

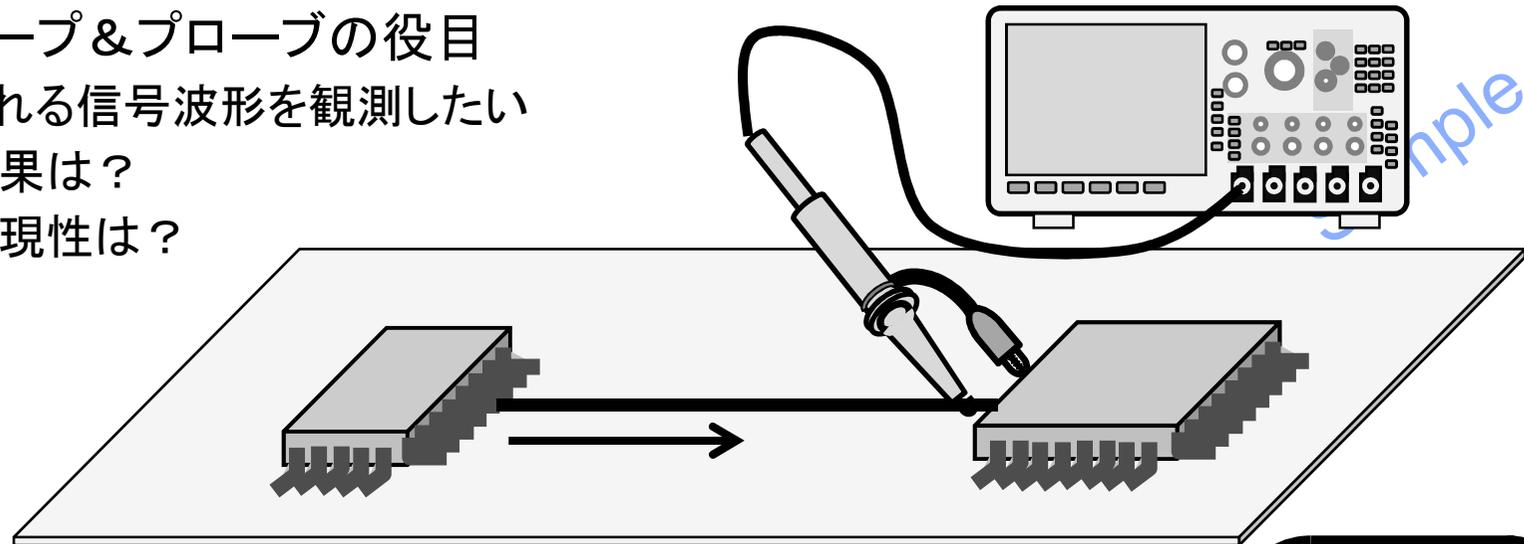
■ プローブ以外の要素が加わる



プローブの影響と信号再現性の検証

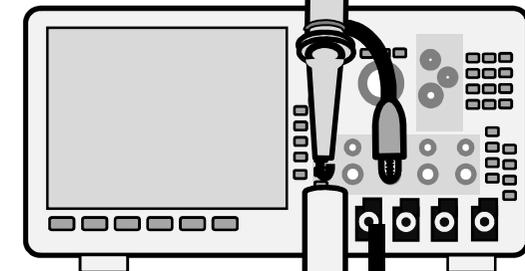
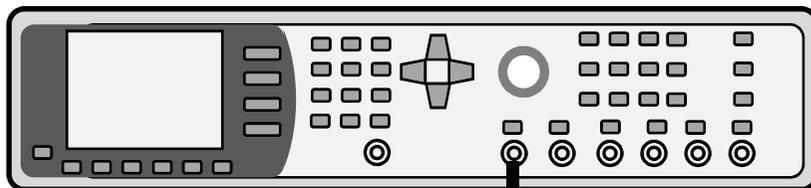
■ オシロスコープ&プローブの役目

- 伝送される信号波形を観測したい
- 負荷効果は？
- 信号再現性は？



- CH1で負荷効果を確認 送信部
- CH2で信号再現性を確認

CH1=CH2?



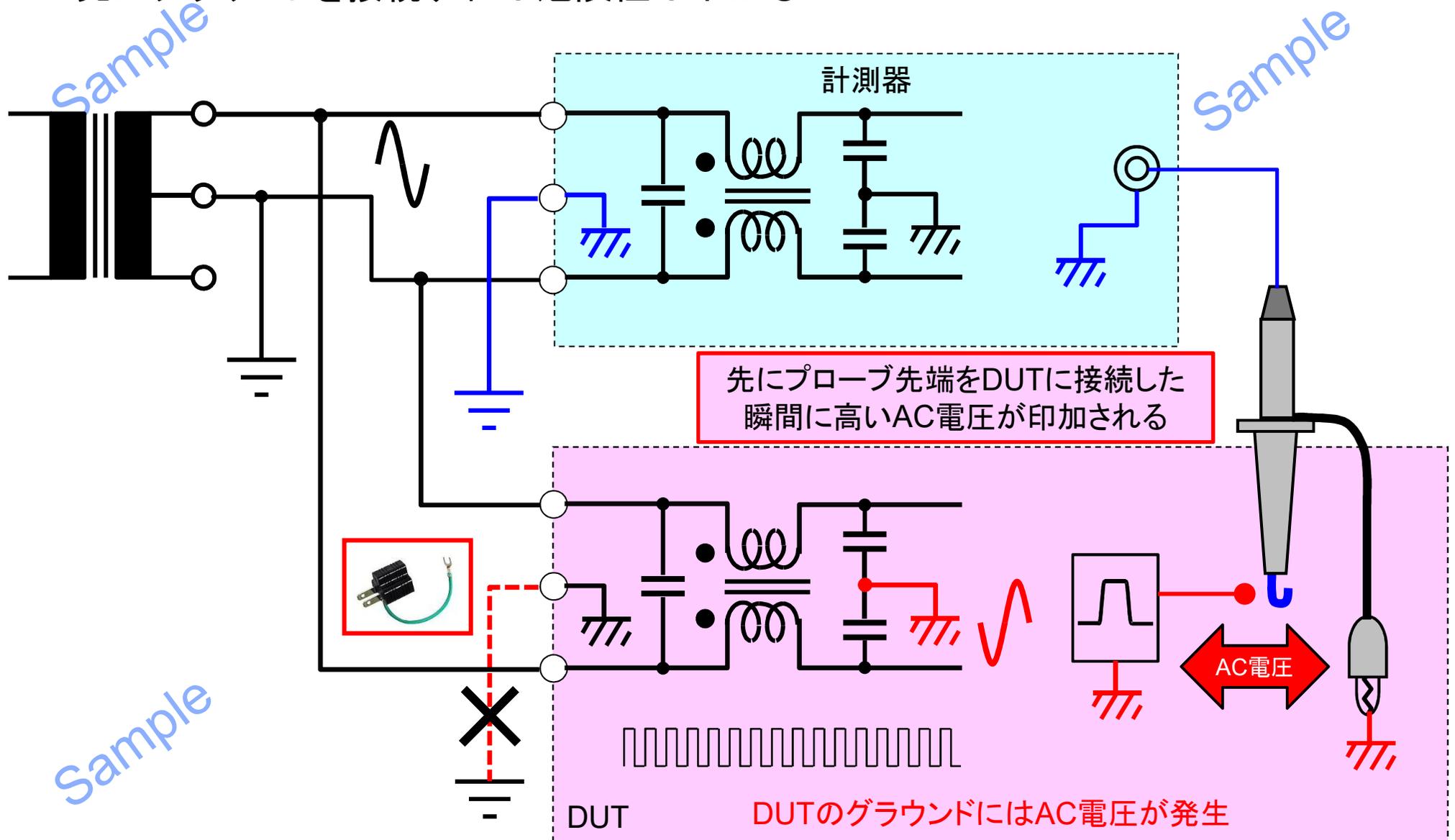
パルス・ジェネレータ(送信部に相当)

CH1(50Ω入力) 受信部に相当

CH2 プローブの観測結果

計測器破損の原因のひとつ

- 先にグラウンドを接続すれば危険性は下がる



ホール素子型電流プローブの電流制限

■ 表記上の性能

- 周波数帯域 120MHz
- 電流 30A

テクトロニクス
TCP0030
DC-120MHz/30A



■ 歪まずに測定できる電流値は周波数・波形形状・温度に依存

■ 全ての製品にて同様

特性	説明
最大連続電流 - DC および低周波数	5 A レンジ: 5 A RMS 30 A レンジ: 30 A RMS (42.4 A ピーク) (29 ページの 図 3 参照)。
最大ピーク電流	50 A (最大ピーク・パルス) (29 ページの 図 3 参照)。
表示 RMS ノイズ	≤ 75 μA RMS (限界測定帯域幅 20 MHz の場合)
挿入インピーダンス	(28 ページの 図 2 参照)。
信号遅延	～ 14.5 ns
裸線での最大電圧	150 V CAT II
最大アンペア秒積値	5 A レンジ: 50 A·μs 30 A レンジ: 500 A·μs

テクトロニクス TCP0030A Instruction Manual より抜粋

電力波形測定での誤差

- 異なったプローブ併用時には伝播遅延時間の差が時間誤差に

