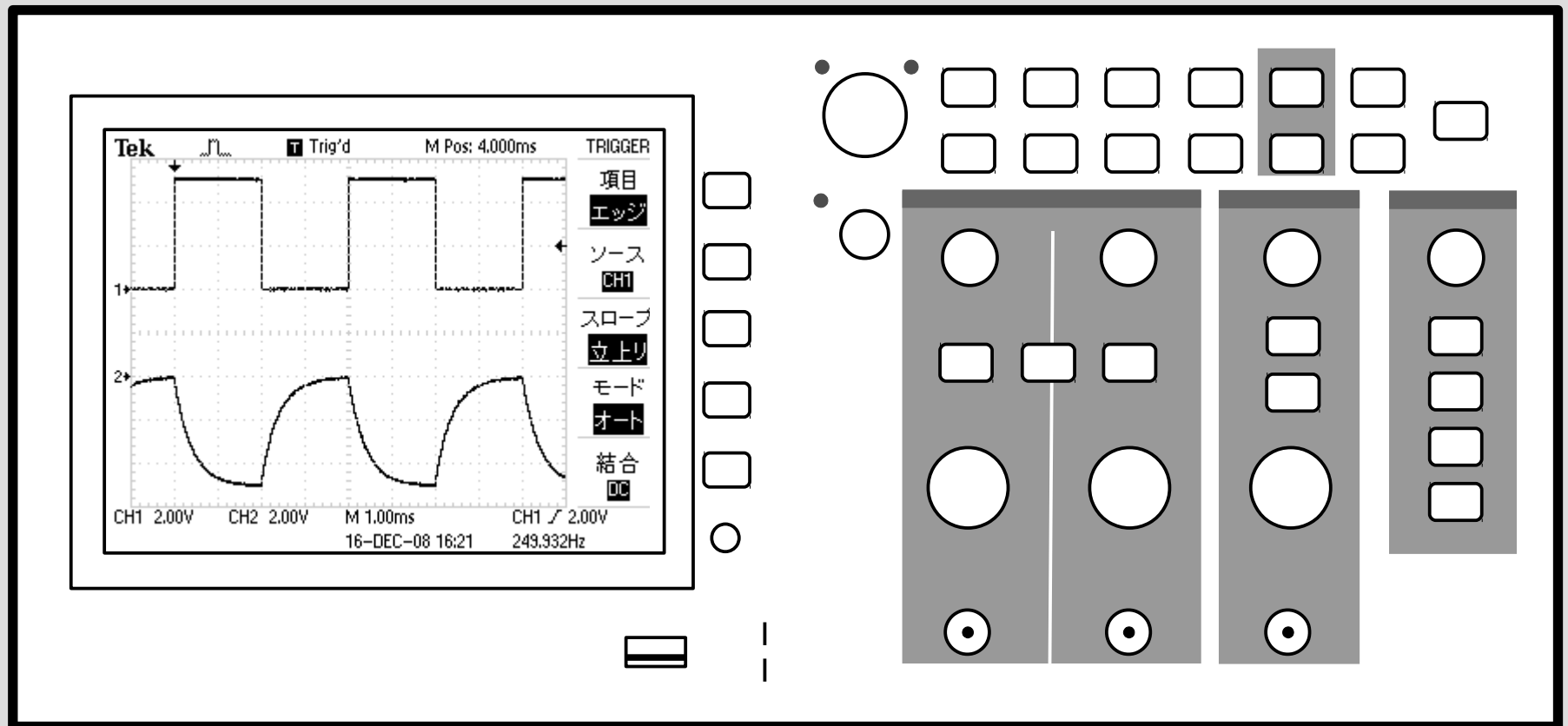


# 情報工学実験Ⅱ（電子回路）

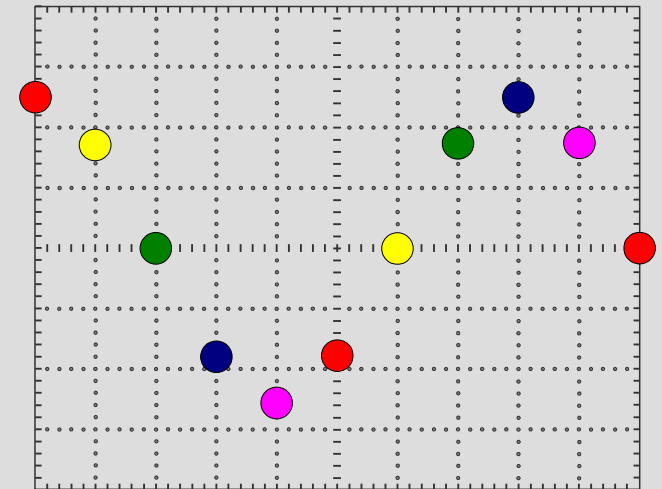
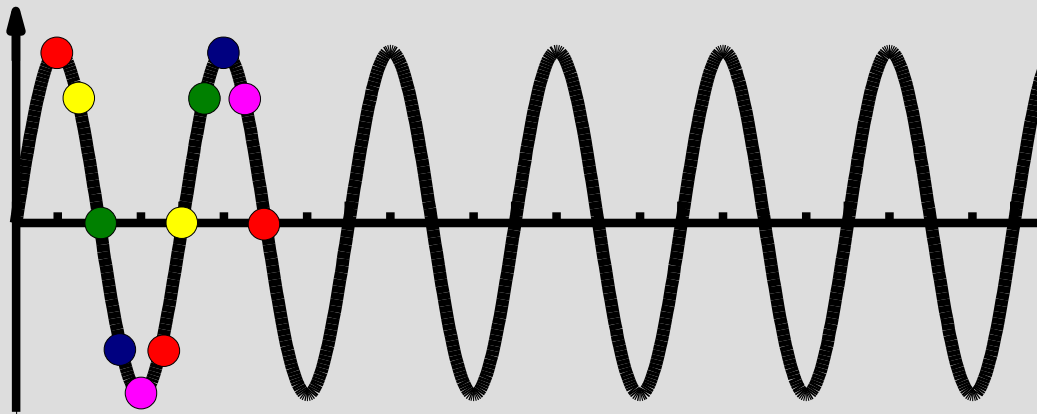
## オシロスコープを用いた波形観測



# オシロスコープとは・・・

## ◆ある時点の電圧を平面上の点で表す→2次元表示の電圧計

- 縦方向の位置：設定した縮尺で電圧に比例させる
- 横方向の位置：一定の速度で左から右へ動く



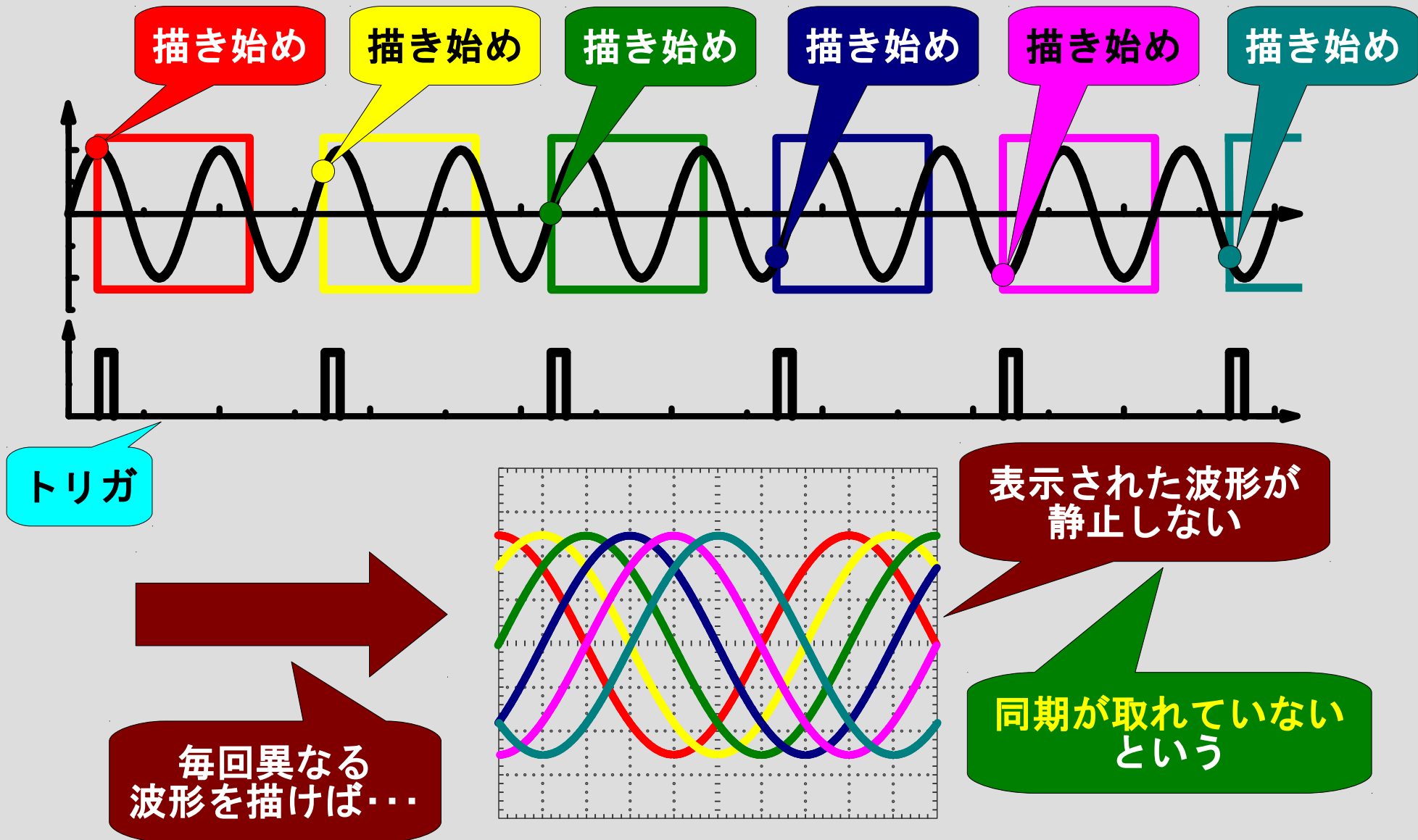
## ◆1回左から右に描き終わったら・・・

- 再度左から右に向かって描く：周期的な波形の観測
- それ以上描かない：1回限りの現象の観測

まずはここから

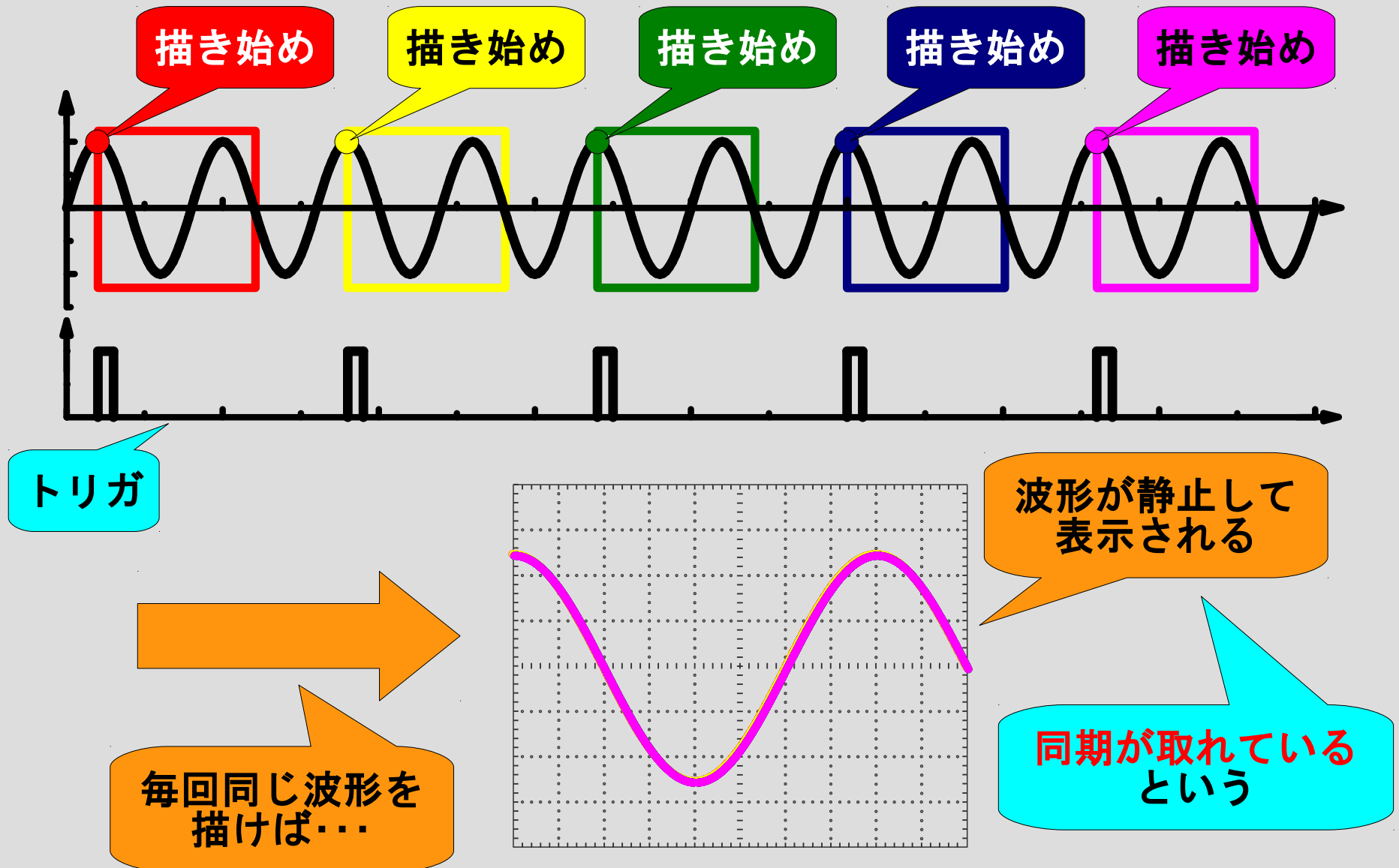
# 単に繰り返し描かせると・・・

## ◆描き始めの位置が一定しない



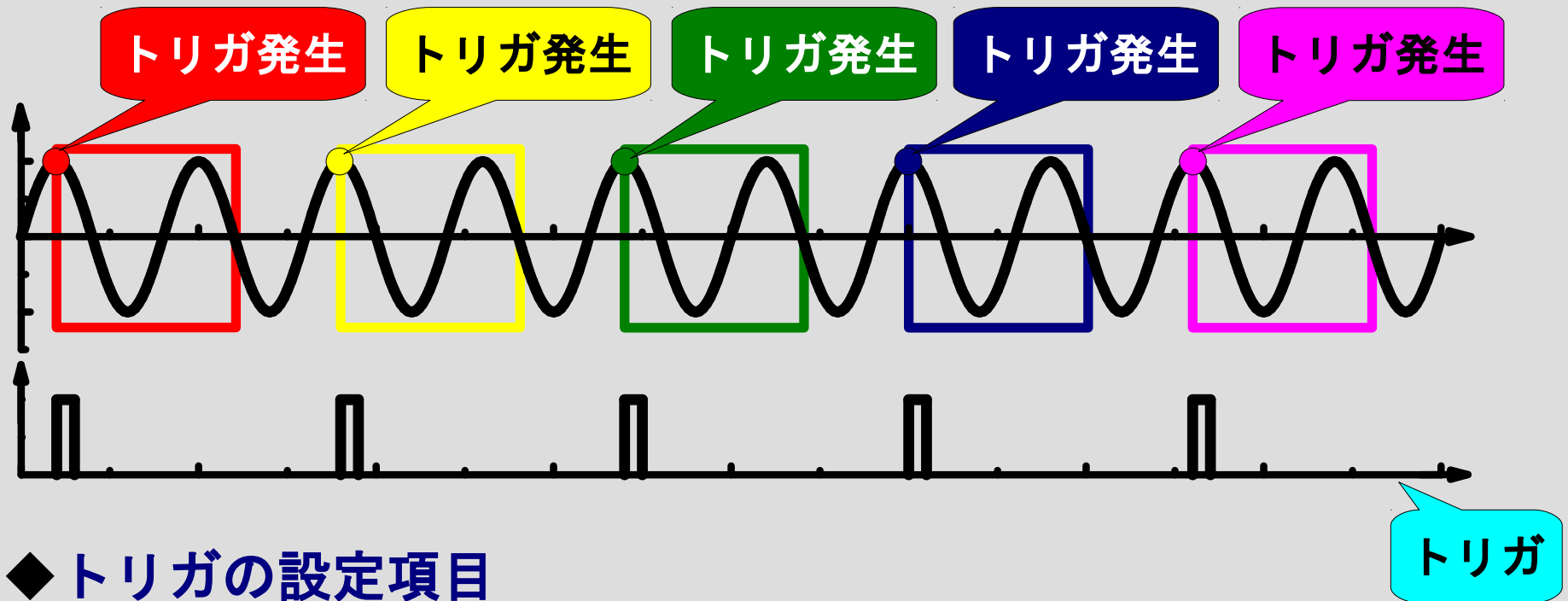
# 繰り返し描いた波形を静止させるには...

◆毎回同じ位置から描き始めるようにする



# 描き始めの位置の設定

◆描き始めを指示する信号 —トリガー— の発生させ方を設定する



◆トリガの設定項目

- どの信号を利用するか : **ソース**
- どの電圧になったら発生させるか : **レベル**
- どのように変化したときに発生させるか : **スロープ**
- 1回トリガを発生したらその後どうするか : **モード**

# 垂直軸と水平軸の設定項目

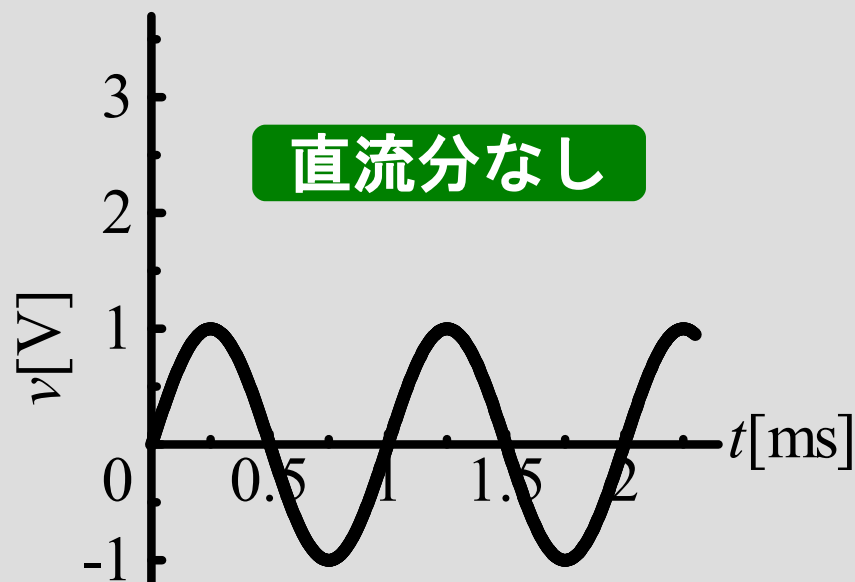
## ◆垂直軸

- どの位の大きさで表示させるか : 垂直感度(VOLTS/DIV)
- どの位置に表示させるか : 垂直位置  
(VERTICAL POSITION)
- 信号の直流分を除去するか否か : 入力結合(COUPLING)
- プローブの減衰比

## ◆水平軸

- どの位の大きさで表示させるか : 掃引時間(SEC/DIV)
- どの位置に表示させるか : 水平位置  
(HORIZONTAL POSITION)

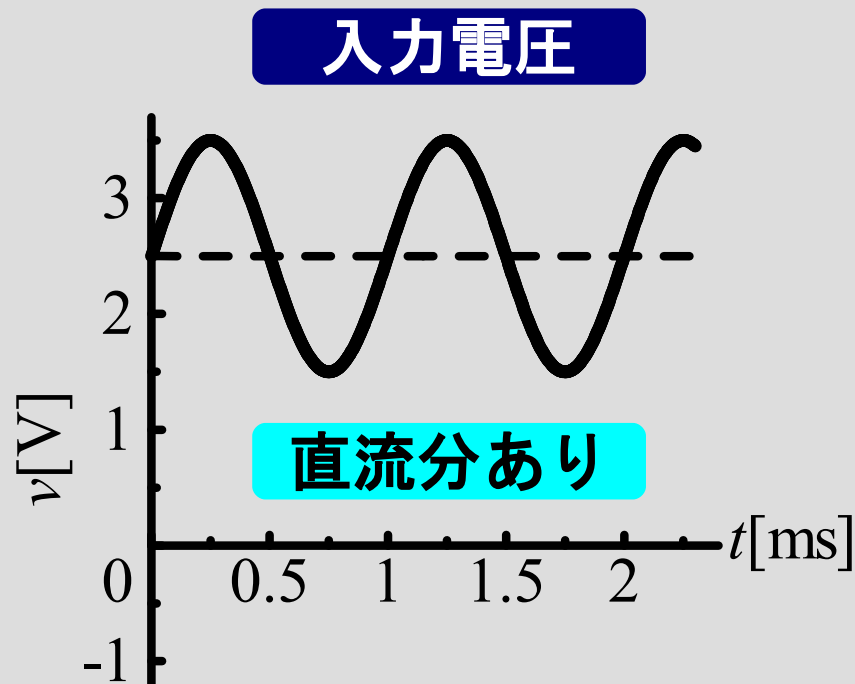
# 入力結合（垂直軸）による観測結果の違い



入力結合

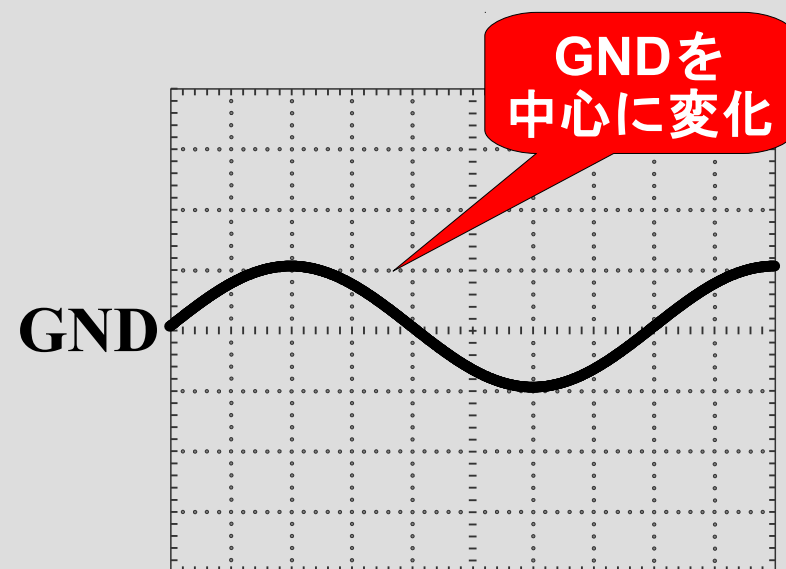
AC

DC

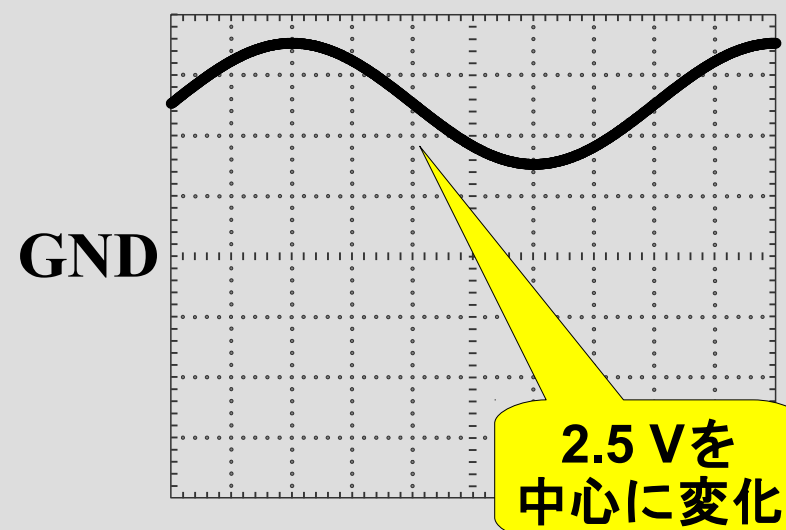


AC

DC



観測結果



# 入力結合（垂直軸）の設定方針

## ◆ACにする場合

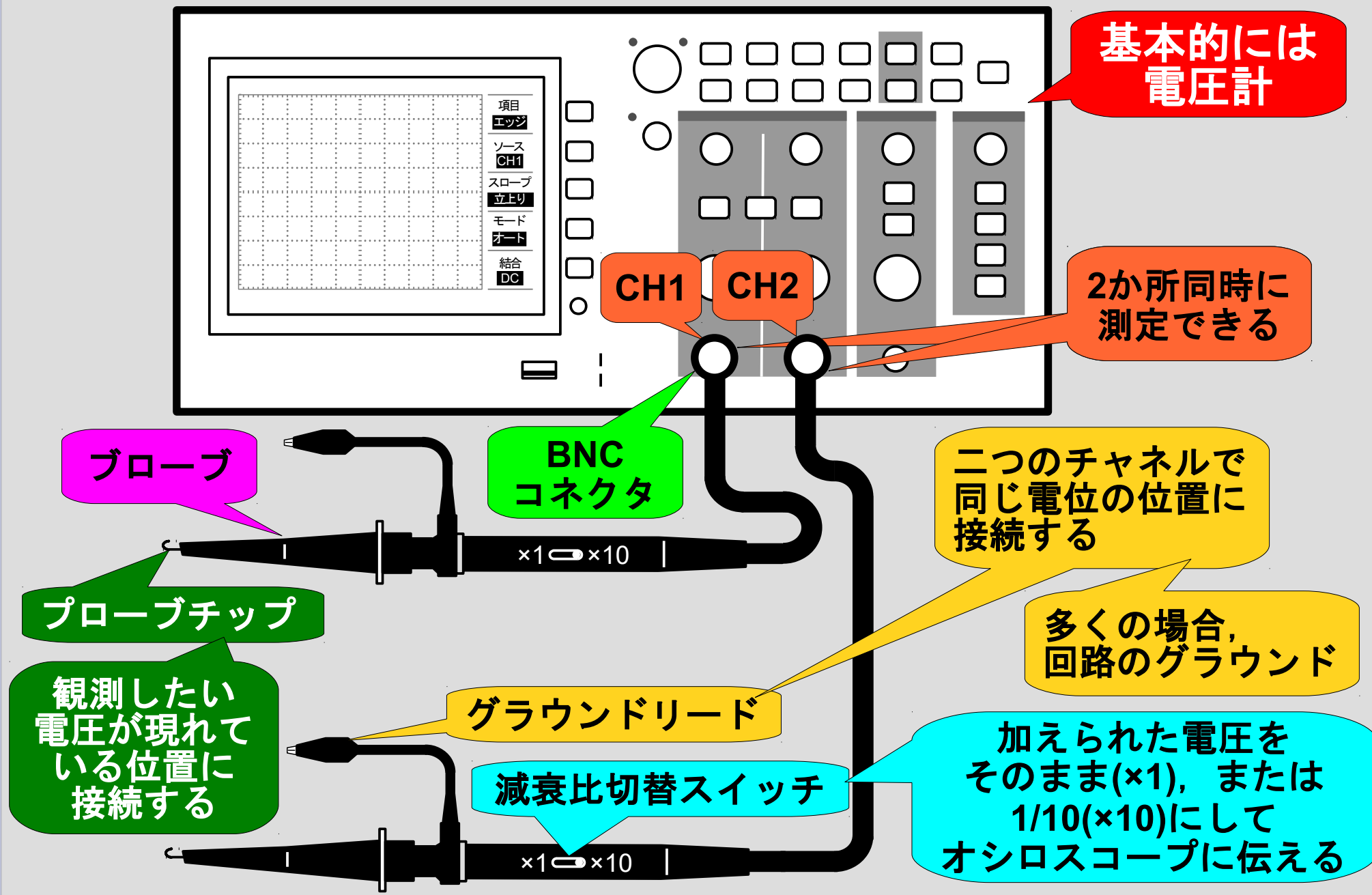
- 交流分（変化する成分）のみを観測するとき
  - 直流分が大きい場合に有効
  - 整流波形におけるリップル分
  - 振幅変調（AM）波形における信号波
- 直流分がないとき
  - 正弦波交流回路

## ◆DCにする場合

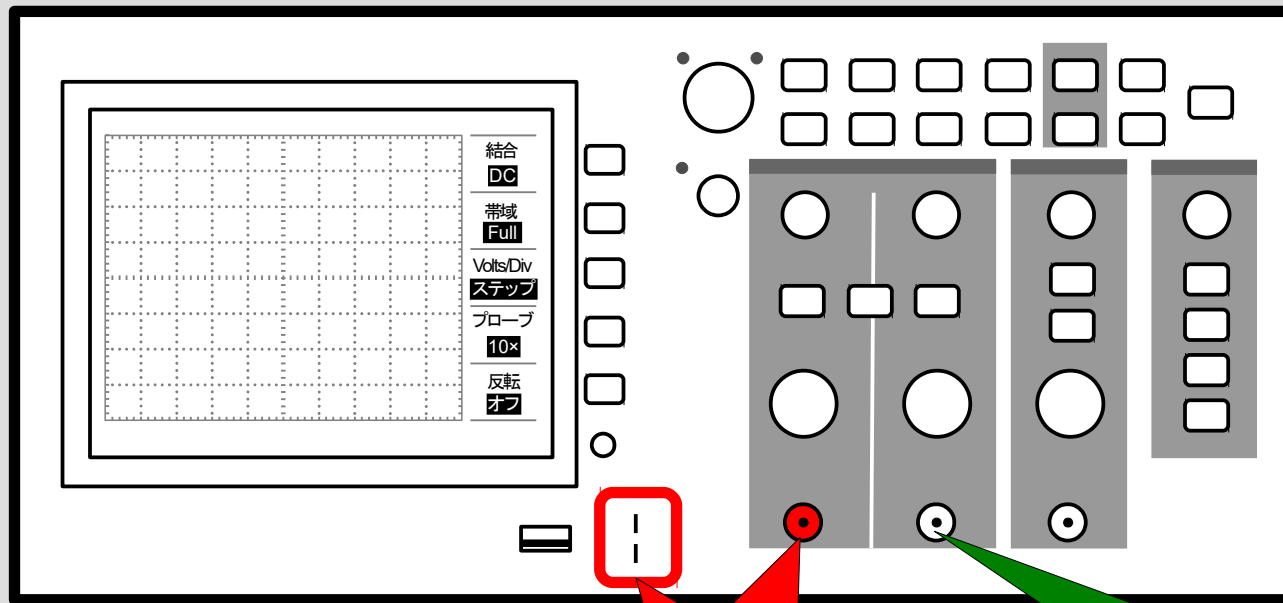
- 被観測信号を忠実に観測するとき
  - 直流分と交流分を含む電圧（交流分のみの場合でも可）
  - アナログ電子回路（増幅回路など）
  - ディジタル電子回路（論理回路，パルス回路など）



# オシロスコープと回路の接続



# 設定の練習 – プローブ補正信号の測定



CH1のプローブを  
プローブ補正端子  
(PROBE COMP)  
に接続する

CH2のプローブは  
接続しない



## ◆ プローブ補正端子の出力

- 周波数1 kHz, 振幅5 Vp-pの方形波
- 電圧値は0 Vと5 Vを交互にとる

これを表示するための  
最適なトリガ, 垂直軸,  
水平軸の設定とは?

# プローブ補正信号測定時の設定

## ◆ トリガ

- ソース : 
- レベル : 
- スロープ : 立上り
- モード : オート

- 電圧は0 V～5 Vの間で変化
- 縦軸は8目盛
- なるべく大きく表示させる

## ◆ 垂直軸

- 垂直感度(VOLTS/DIV) : 
- 垂直位置(VERTICAL POSITION) : 中央
- 入力結合(COUPLING) : 
- プローブの減衰比 : プローブに合わせる

- 周波数は1 kHz
- 横軸は10目盛
- 1.5～2周期程度表示させる

## ◆ 水平軸

- 掃引時間(SEC/DIV) : 
- 水平位置(HORIZONTAL POSITION) : トリガ位置が画面内に表示されるように

# TDS1002Bにおける画面表示例

現在のトリガ位置  
この位置から右方向  
に波形が描かれる

HORIZONTAL POSITIONで  
調整する

VERTICAL POSITIONで  
調整する

各チャネルの  
0 Vの位置

現在のトリガレベル

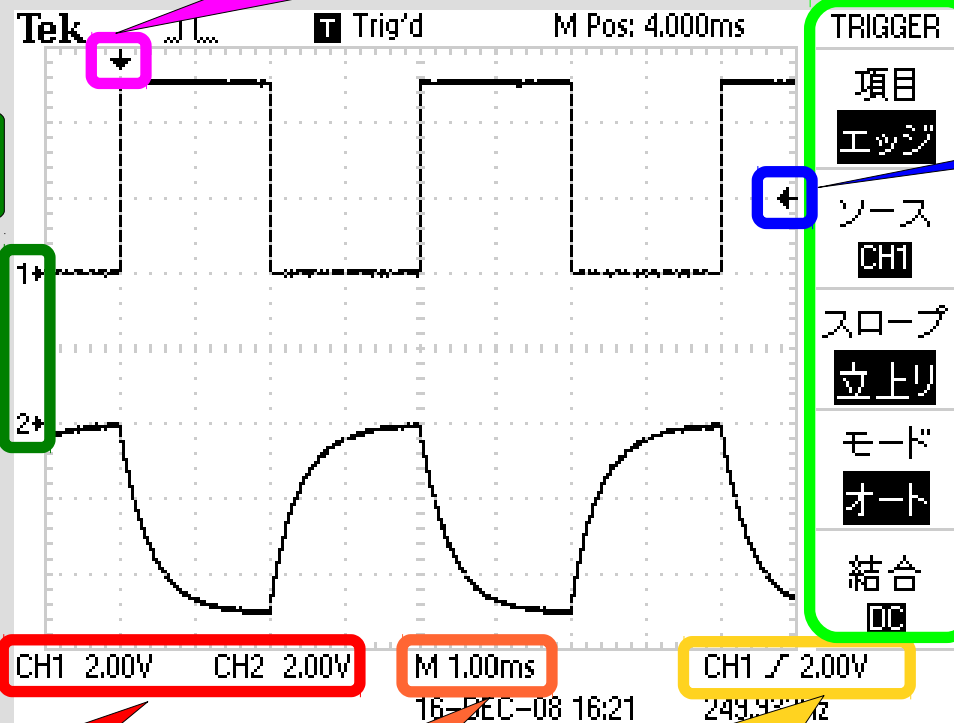
メニュー表示  
この場合はトリガ  
この他に  
CH1  
CH2  
ユーティリティ  
などがある

表示の右側にある  
ボタンで設定を選  
択する

表示されている  
チャネルと  
垂直感度  
(VOLTS/DIV)

掃引時間  
(SEC/DIV)

現在のトリガ設定  
この場合は  
ソース : 内部 (CH1)  
スロープ : 立ち上がり  
レベル : 2.00 V



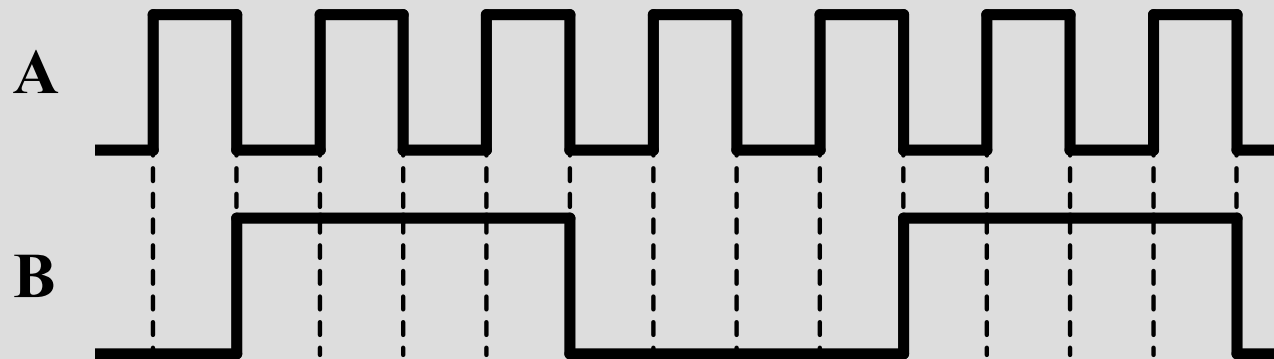
# 周期の異なる二つの同期した電圧波形の測定

## ◆同期した波形とは

- 何らかの関係を持って変化する
- 論理回路やコンピュータのハードウェアで通常見られる

独立した変化はしない

クロックに合わせて変化する

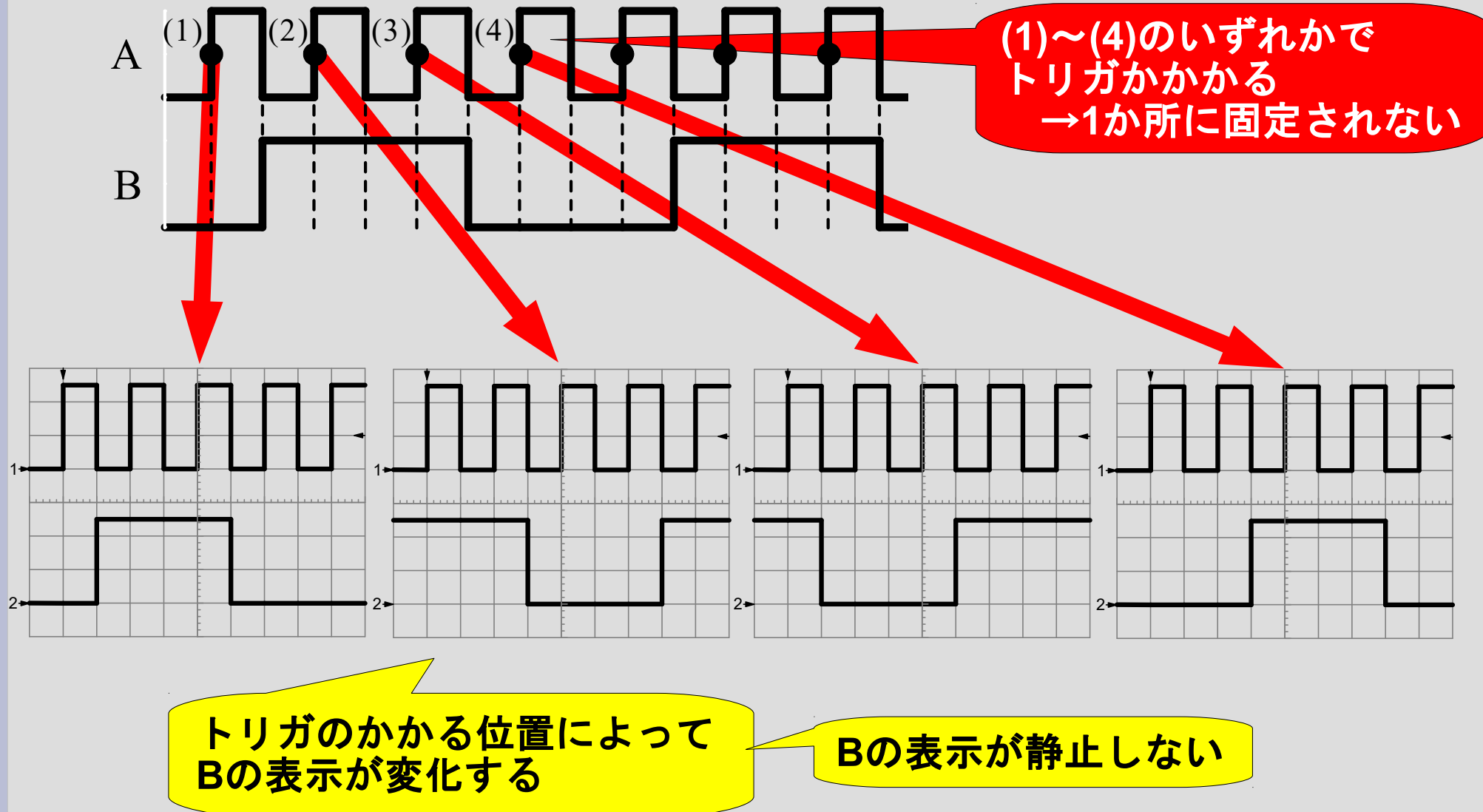


## ◆測定上の注意

- 2現象で同時に測定する
- トリガのソースを周期の長い方の信号とする

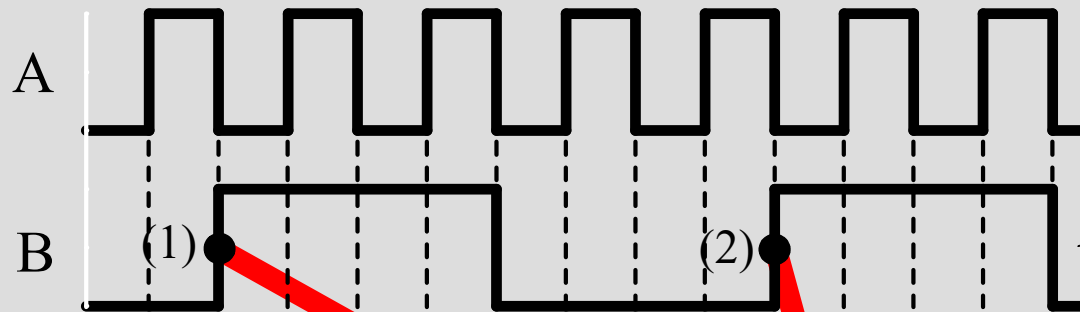
# ソースのとり方による観測結果の違い(1)

## ◆ソースをA（スロープ：立ち上がり）とした場合

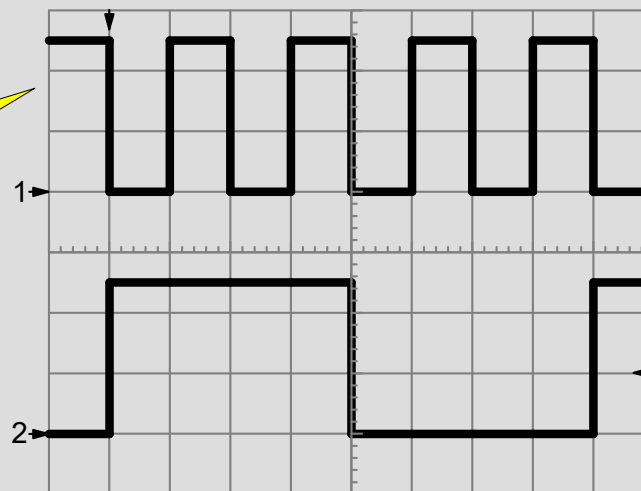


## ソースのとり方による観測結果の違い(2)

### ◆ソースB（スロープ：立ち上がり）とした場合



(1), (2)のいずれかで  
トリガがかかる  
→1か所に固定されない



どちらでトリガが  
かかってもAの表示は  
変わらない

この状態で表示が  
静止する

# 周期の異なる三つ以上の同期した電圧波形の測定

## ◆2現象オシロスコープで測定するには

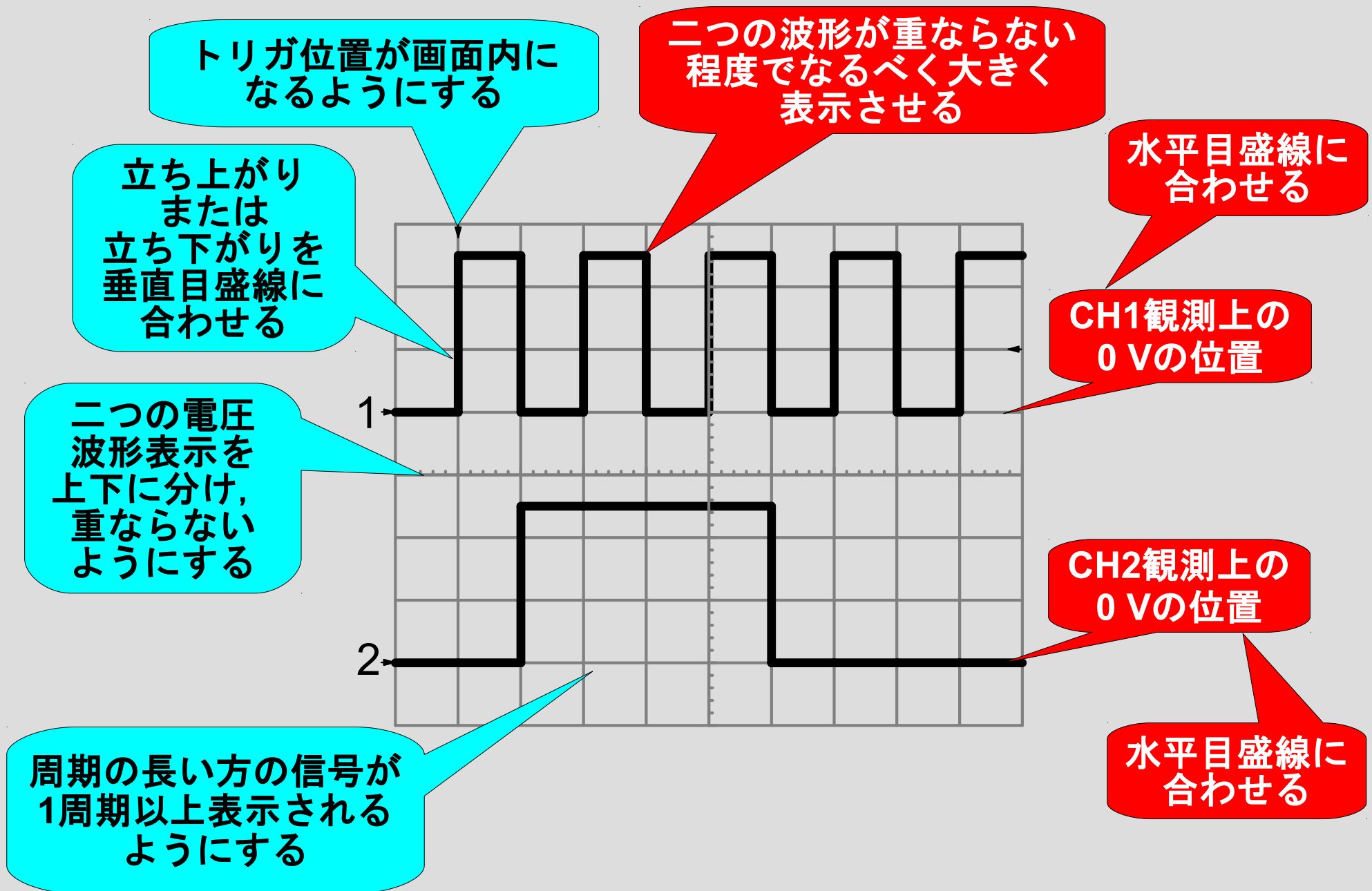
- 二つずつ複数回測定する
- 複数回の測定結果を組み合わせる

## ◆測定上の注意

- トリガのソースは最も周期の長い信号とする
- 最も周期の長い信号と他の信号を順に組み合わせて測定する
- 外部トリガを利用する方法もある



# デジタル回路における測定例



# 正弦波交流測定時の設定

## ◆トリガ

- ソース : CH1
- レベル : 0 V
- スロープ : 立上り
- モード : オート

最大値と最小値の間なら  
どの値でもトリガはかかる

## ◆垂直軸

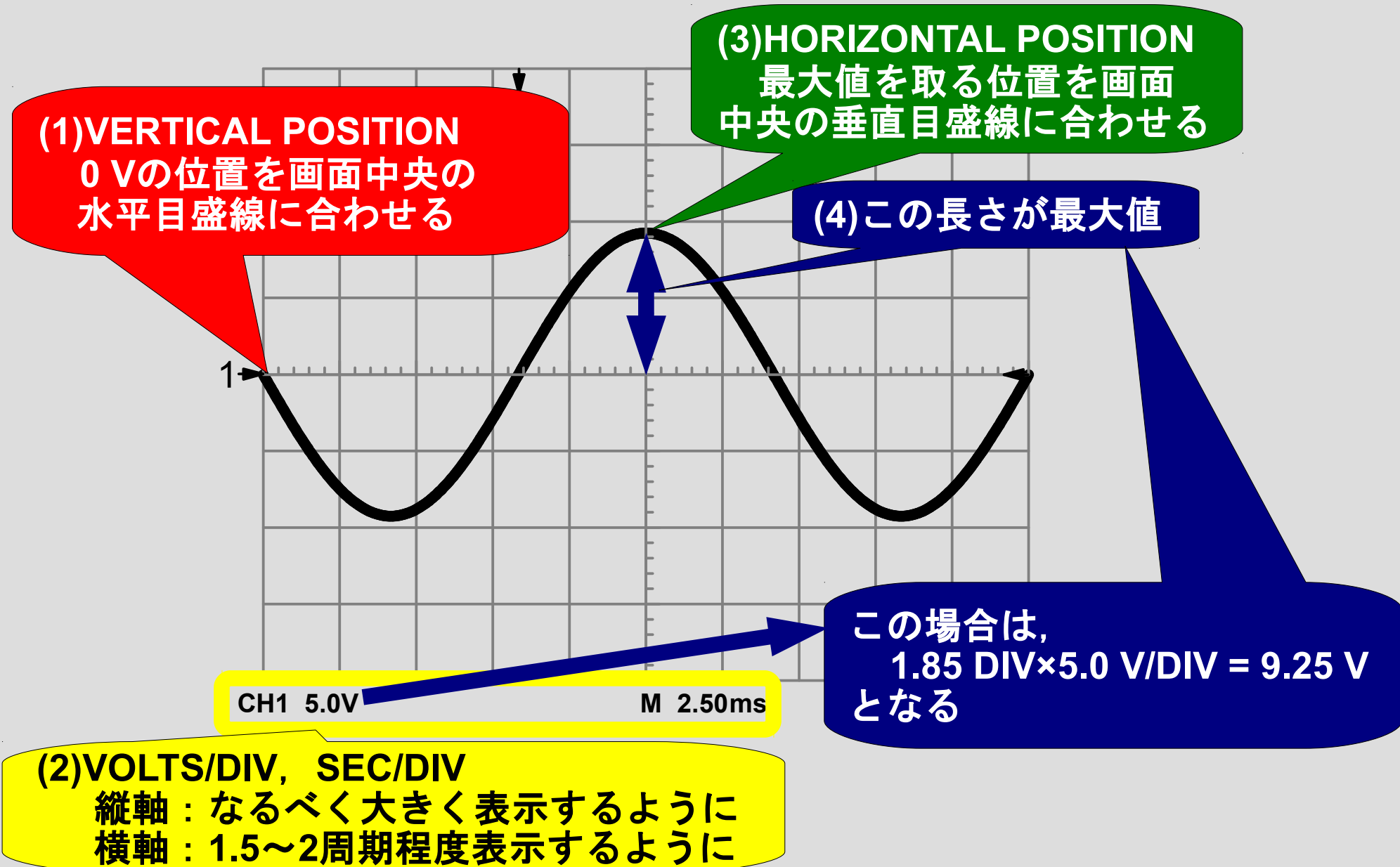
- 垂直感度(VOLTS/DIV) : なるべく大きく表示されるように
- 垂直位置(VERTICAL POSITION) : 中央
- 入力結合(COUPLING) : AC
- プローブの減衰比 : プローブに合わせる

直流分（もともとない）を  
除去する

## ◆水平軸

- 掃引時間(SEC/DIV) : 1.5~2周期程度表示されるように
- 水平位置(HORIZONTAL POSITION) : トリガ位置が画面内に表示されるように

# 正弦波交流の最大値の測定



# 正弦波交流の周期の測定

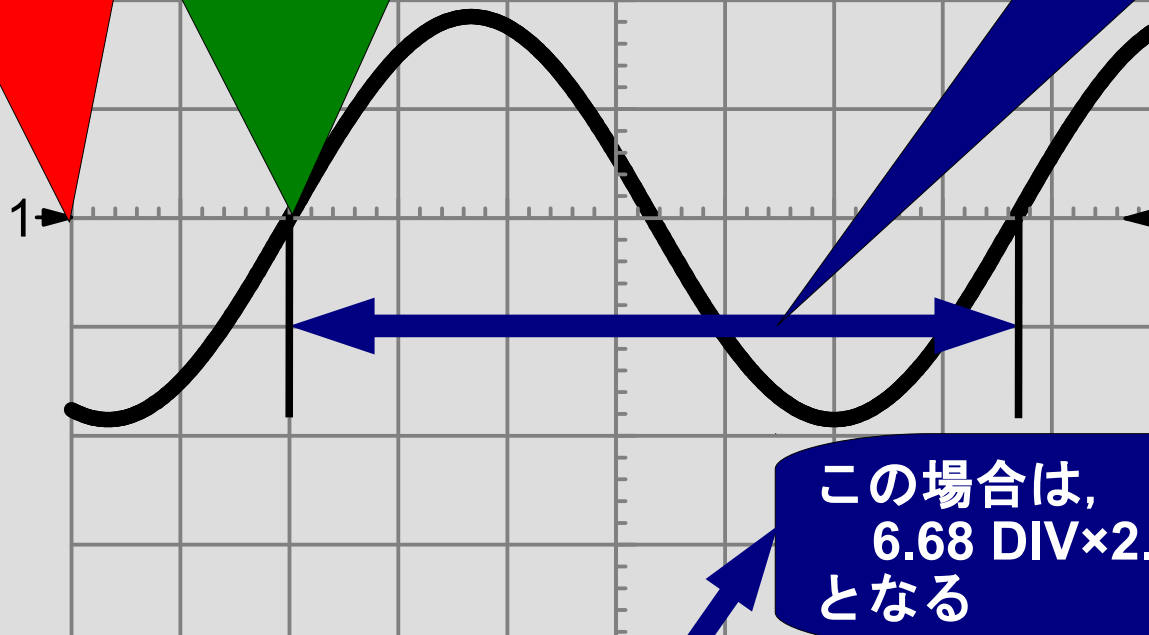
## (1) VERTICAL POSITION

0 Vの位置を画面中央の水平目盛線に  
合わせる

## (3) HORIZONTAL POSITION

振幅が0 Vとなる位置を測定  
しやすい垂直目盛線に合わせる

## (4) この長さが周期



この場合は,  
 $6.68 \text{ DIV} \times 2.50 \text{ ms/DIV} = 16.7 \text{ ms}$   
となる

CH1 5.0V

M 2.50ms

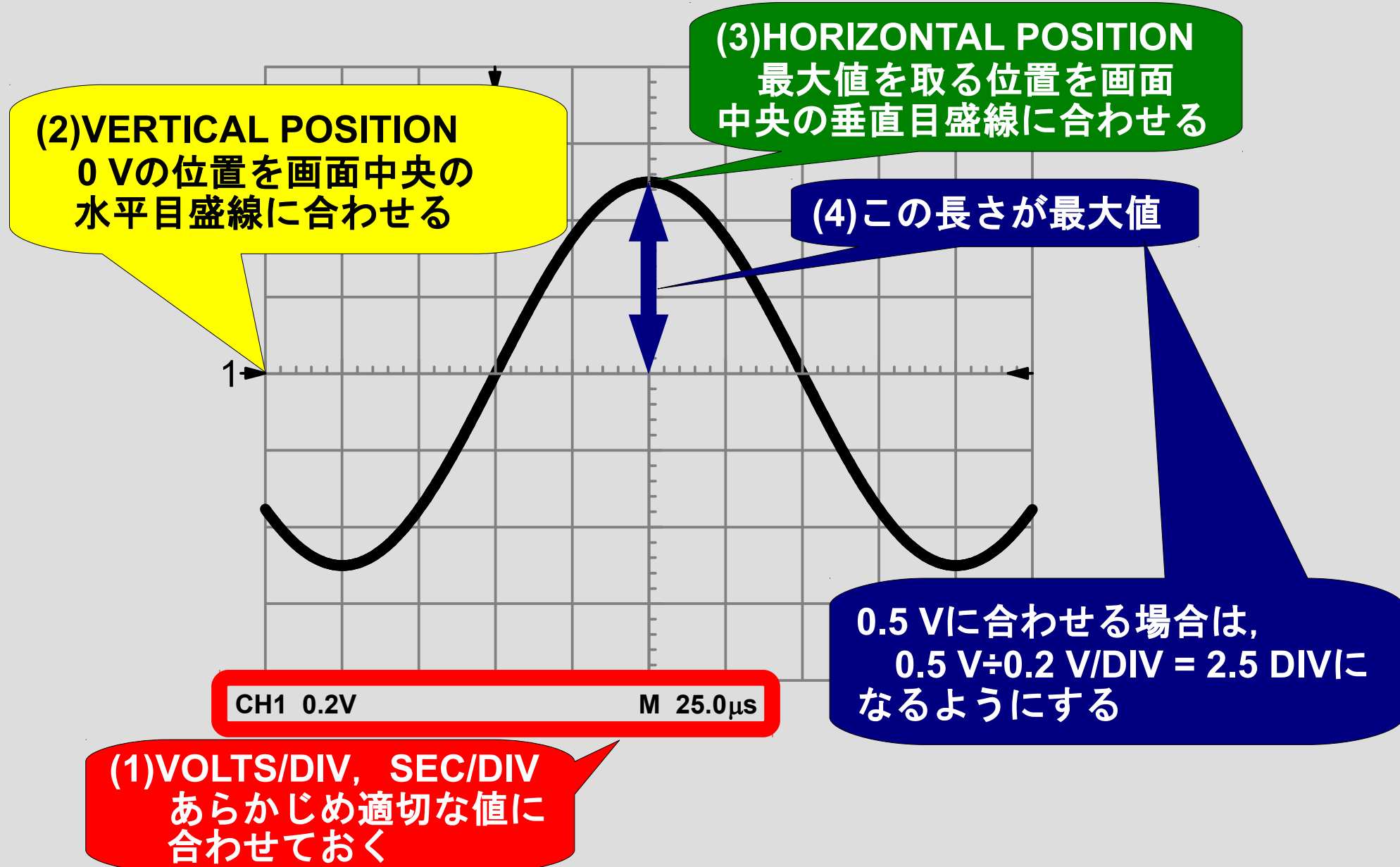
## (2) VOLTS/DIV, SEC/DIV

縦軸：振り切れない程度に大きく表示

横軸：1.5～2周期程度表示

# 正弦波交流の最大値の調整

## ●回路に接続した状態で調整する



# 正弦波交流の位相差の測定

## ◆単位の違い

- オシロスコープの横軸は時間の単位
- 位相差は角度の単位

位相差は直読  
できない

## ◆測定の方法

- 2つの波形の間の時間差 $\Delta T$ を測定し，位相差に変換する
- 1周期 $=360^\circ=2\pi$  radの関係を用いる
- 位相の進みと遅れを符号で区別する

表示された波形で  
判断する

$$\begin{aligned}\theta &= \frac{\Delta T}{T} \times 360 \text{ deg} \\ &= \frac{\Delta T}{T} \times 2\pi \text{ rad}\end{aligned}$$

$\Delta T$ は正または負の値

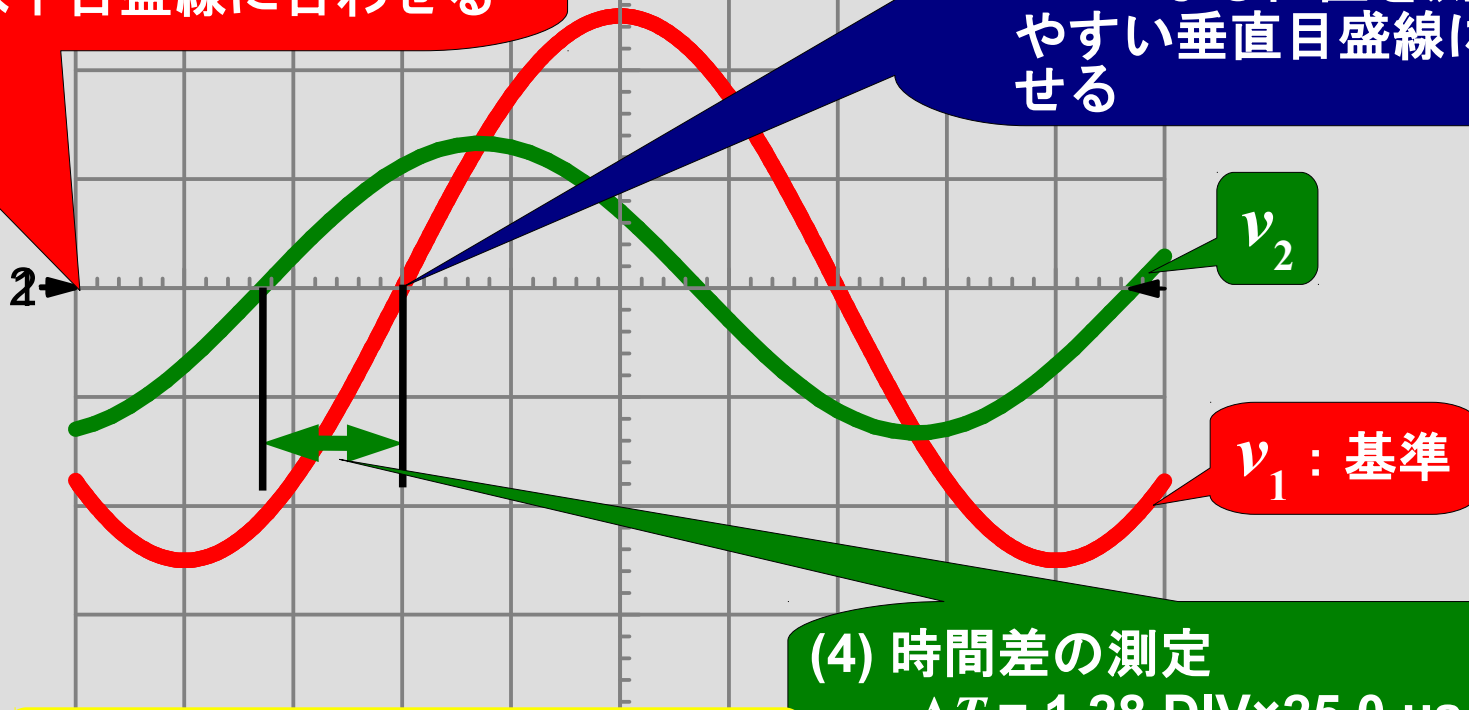
# 位相差の測定例(1)

## (1) VERTICAL POSITION

二つの波形の0 Vの位置を画面中央の水平目盛線に合わせる

## (3) HORIZONTAL POSITION

基準となる波形の振幅が0 Vとなる位置を測定しやすい垂直目盛線に合わせる



CH1 0.2V CH2 0.2V M 25.0 $\mu$ s

## (2) VOLTS/DIV, SEC/DIV

適切な値に合わせる  
CH1とCH2のVOLTS/DIVは異なってもよい

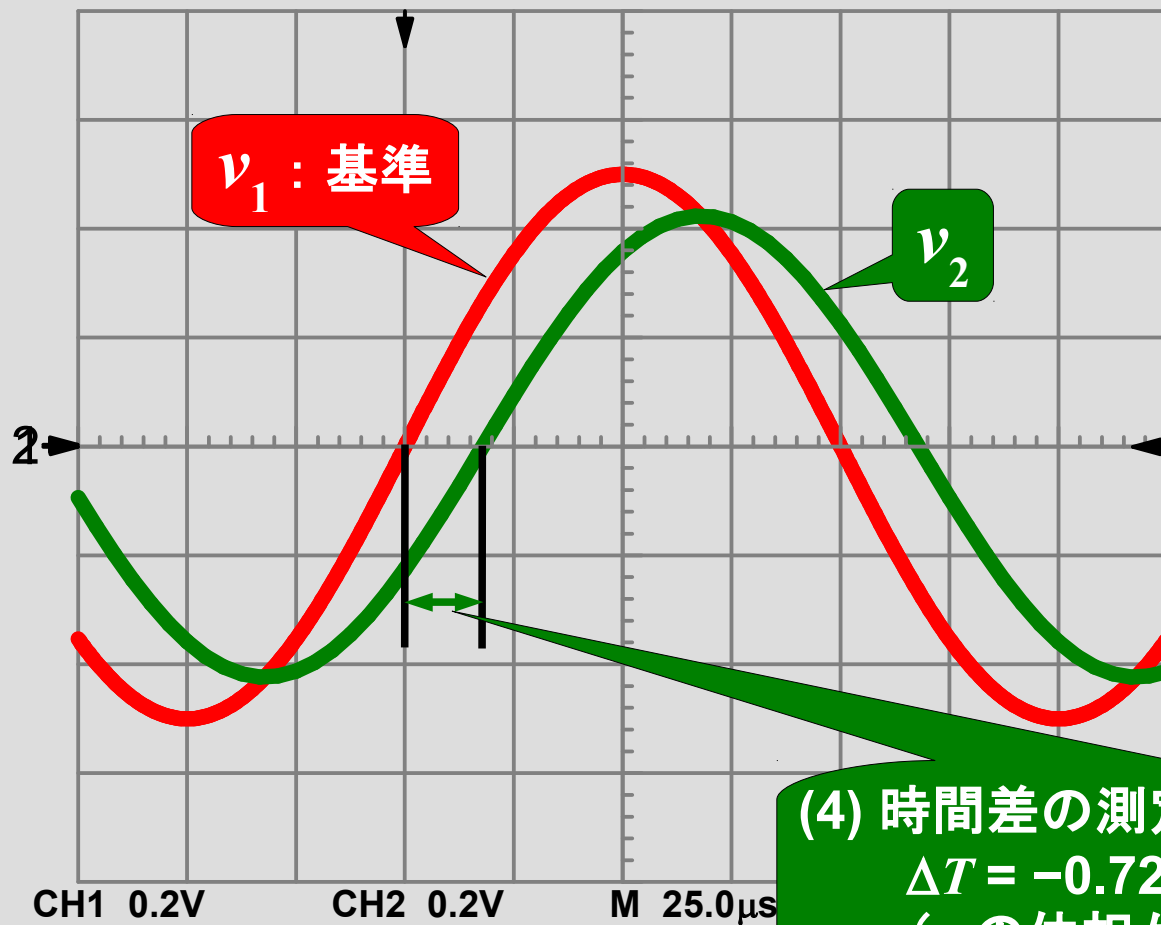
## (4) 時間差の測定

$\Delta T = 1.28 \text{ DIV} \times 25.0 \mu\text{s} = 32.0 \mu\text{s}$   
( $v_2$ の位相が進んでいるので正)

## (5) 位相差の計算

$$\theta = \frac{32.0 \times 10^{-6}}{200 \times 10^{-6}} \times 360 = 57.6^\circ$$

## 位相差の測定例(2)



### (4) 時間差の測定

$$\Delta T = -0.72 \text{ DIV} \times 25.0 \mu\text{s} = -18 \mu\text{s}$$

( $v_2$ の位相が遅れているので負)

### (5) 位相差の計算

$$\theta = \frac{-18 \times 10^{-6}}{200 \times 10^{-6}} \times 360 = -32^\circ$$