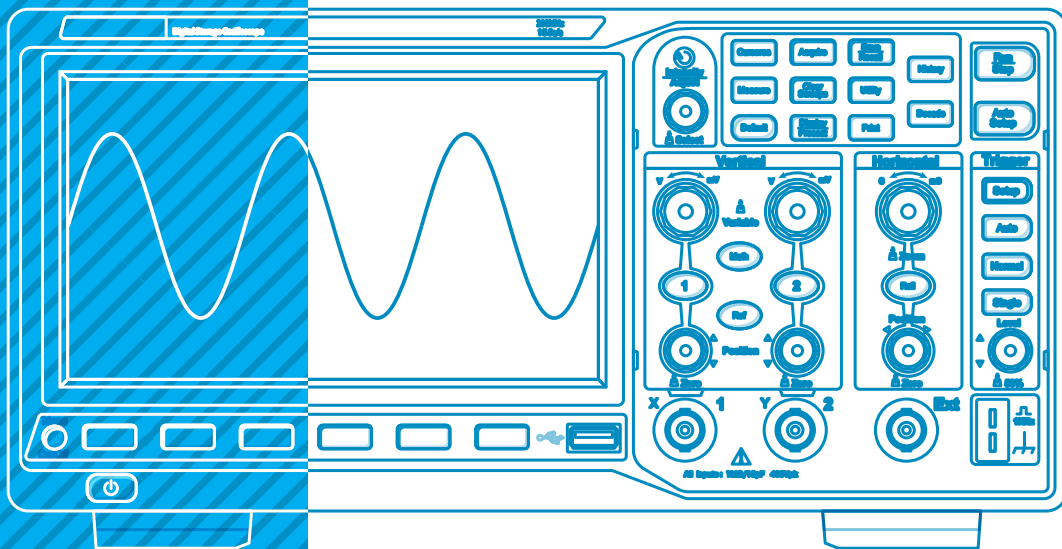


測定器入門シリーズ ▲

オシロスコープ 超入門



本 PDF はご自由にご覧いただけますが、無償版の制限として「印刷ロック」をかけております。印刷物をご希望の方は、以下 URL からお買い求めいただけます。ご検討くださいますようお願い申し上げます。

<https://www.adwin.com/product/AKE-2001.html>



目次

	タイトル	ページ
1	はじめに	2
2	オシロスコープとは	3
3	各部名称	4
4	校正信号を見てみよう	6
	【 波形の種類 】	8
5	画面の見方	10
	【 交流電圧の表記 】	12
6	プローブの減衰比	14
7	プローブの役割と影響	16
	【 実際に観測される波形例 】	17
8	プローブの入カインピーダンス	18
	【 インピーダンスとは 】	24
9	プローブの補正	26
10	電圧レンジ・ポジションの調整	28
11	時間レンジ・ポジションの調整	29
	【 信号のデジタル化 】	30
12	画面表示内容	34
	【 プローブに触れた時に現れる波形の正体 】	36
13	オシロスコープの GND	38
	【 アースの役割 】	42
	【 感電とは 】	44
	【 接地とは 】	45
14	おろそかになりがちな注意事項	46
	【 差動信号とは 】	50
15	オシロで家庭用電源を観測できるか	51
16	帯域幅（周波数帯域）	53
17	入力結合（入力カップリング）	57
18	オシロで家庭用電源を観測できるか（続き）	59
19	トリガの役割	66
20	各種トリガ設定	72
21	帯域幅 矩形波の場合	76
22	帯域幅 ゲイン実測	78
23	サンプリングレート	80
24	メモリ長	84
25	参考資料	86

本書「オシロスコープ超入門」に関心をもっていたいただいたということは、下記のような疑問や不安をお持ちなのではないでしょうか。

- ・つなぎ方を間違えると壊れるのでは。誤って壊してしまわないか不安。
- ・使ったことのない機種になるとさっぱり使い方がわからない。
- ・見よう見まねで使ってはいるが、基本的な知識を再確認しておきたい。
- ・取扱説明書を見ても専門用語が多くてよく分からない。

オシロスコープに限らず、どんな測定器でも使えば覚えますし使わなければ忘れてしまいます。オシロスコープは昔に比べて安くなったとはいえ、ハンディのマルチメータなどと比べるとまだまだ高価な測定器です。破損することを恐れて使うのを躊躇しているようでは、慣れるのに時間がかかってしまいます。

本書で、オシロスコープの基本的なしくみさえ学習していただければ、あとは怖がらずどんどん使って慣れるだけです。

個々のオシロスコープの操作方法は、お使いの取扱説明書をご覧ください方が良いでしょう。本書はどんなオシロスコープを扱う上でもベースとなる知識を身に付けていただけるよう構成しました。また、各ページに掲載された QR コードによる参照リンクをご活用ください。

参照リンク

QR コードは WEB 参照リンクです。
スマホで読み取ると、参考ページや参考ビデオを見ることができます。
PC で PDF を閲覧している場合は、QR コードをクリックすると、ブラウザが開きリンクページにジャンプします。



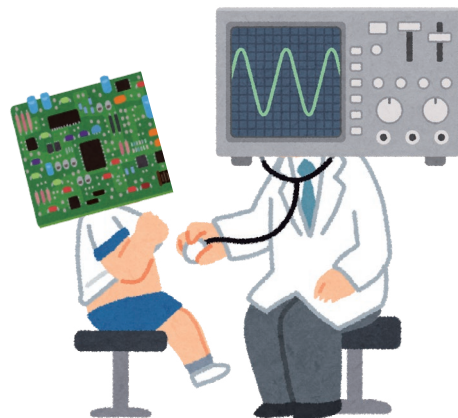
オシロスコープ (oscilloscope) = 振動 (oscillation) + 見る道具 (scope)

その名称が表しているように「振動を見る道具」です。

オシロスコープで見ることができるのは「電気的な振動」なので、電子機器や電気通信などのあらゆる電気信号を観測することができます。また、自然界の物理量は電気信号に変換可能なので様々な現象を観測することもできるのです。

自然界の物理量		変換装置		変換後
速度 (回転)	→	エンコーダ	→	すべて 電気信号
重さ	→	ひずみゲージ	→	
音	→	マイク	→	
明るさ	→	フォトセンサ	→	

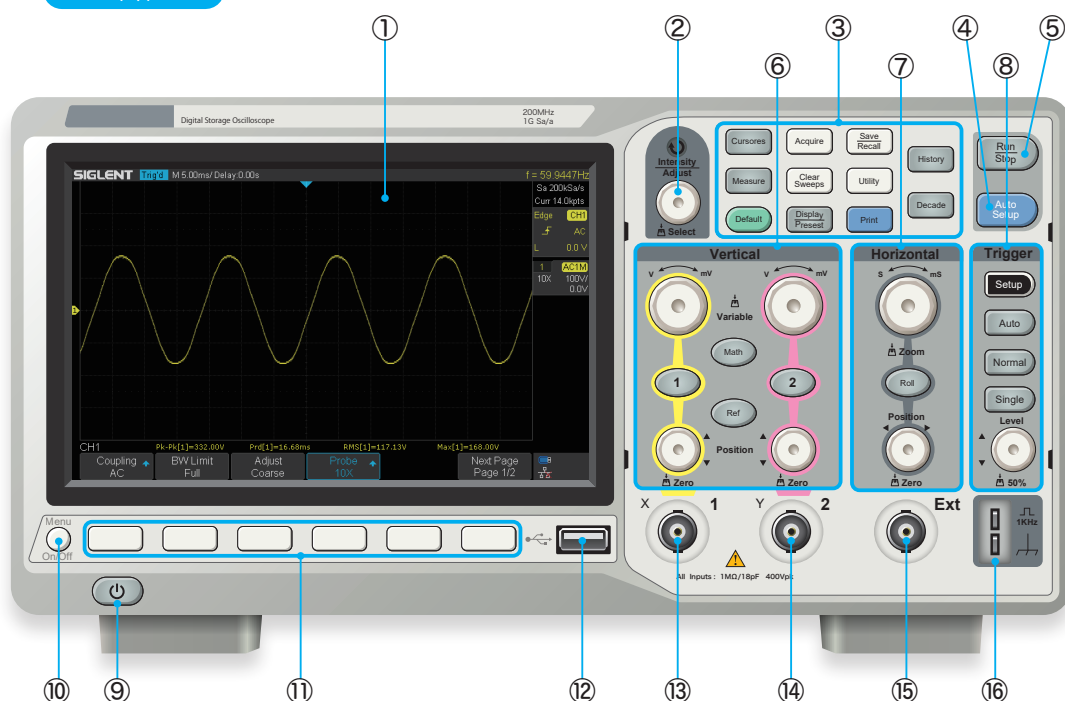
電圧計や電流計、マルチメータは変化のない電気量を計測することは可能ですが、高速で変化する電気信号を計測することはできません。電圧計に時間軸を追加し、信号の変化をとらえるために作られた計測器がオシロスコープです。



フロントパネルは、メーカーや機種により配置や操作方法などが異なります。同じ機能なのに名称が異なる場合もあります。しかし、基本的な機能はほぼ同じですし、ボタンやノブの配置は機能ごとにまとめられているので、一つの機種に習熟すれば、他機種でもおおよそ検討がつくようになります。

ここでは各部名称の一例を紹介していますが、覚えてしまう必要はありません。名称が無いと後々説明しにくいので掲載している程度とってください。

本体



①	ディスプレイ	⑨	電源スイッチ
②	汎用ノブ	⑩	メニュー On/Off ボタン
③	各種機能パネル	⑪	メニュー選択ボタン
④	Run/Stop ボタン	⑫	USB 端子
⑤	AutoSetup ボタン	⑬	入力端子 Ch1
⑥	垂直軸設定パネル	⑭	入力端子 Ch2
⑦	水平軸設定パネル	⑮	外部トリガ入力端子
⑧	トリガ設定パネル	⑯	校正信号端子

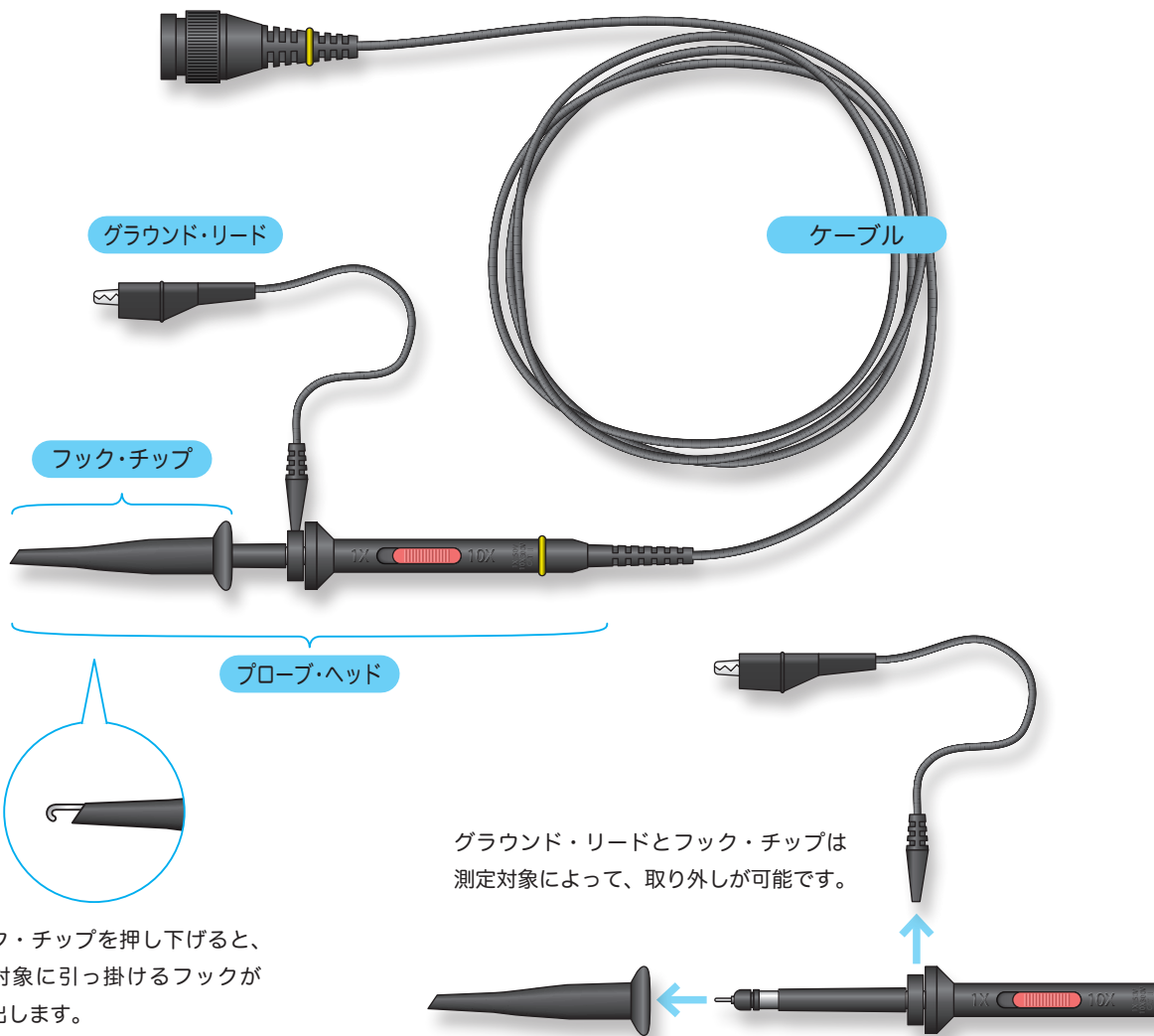
例：SIGLENT 社 SDS1202X-E 名称や形状は一例です。メーカーによって変わります。

プローブもオシロスコープを構成する重要な回路の一部です。

本体の入力端子が2Chあれば、プローブも2本付属しています。付属品の多くは受動プローブ（パッシブ・プローブ）です。プローブには測定対象に合わせて様々なタイプがありますが、本書では最も汎用性のある受動プローブを扱います。

プローブ

コネクタ・ベース コネクタベースを本体の入力端子に取り付けて使用します。

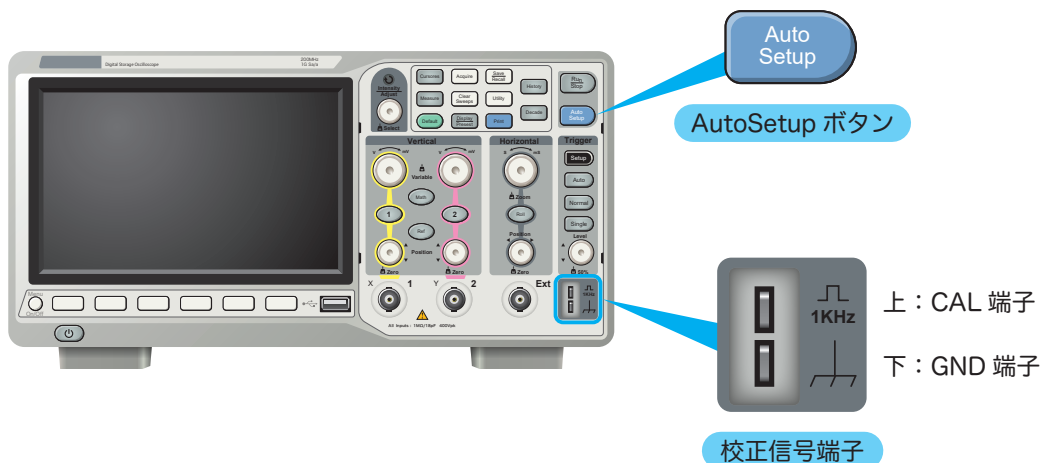


例：SIGLENT 社 PP215

名称や形状は一例です。メーカーによって変わります。

4 校正信号を見てみよう

多くのオシロスコープには校正信号端子が備わっており、この端子から出力されている信号を使ってプローブを校正します。まずは校正信号を見てみましょう。

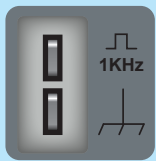


校正信号の観測手順

1. プローブを本体に取り付ける。
2. オシロスコープの電源を入れる。
3. プローブのグラウンド・リードを GND 端子に取り付ける。
4. プローブのフック・チップを CAL 端子に引っ掛ける。
5. 「AutoSetup」ボタンを押す。



校正信号端子



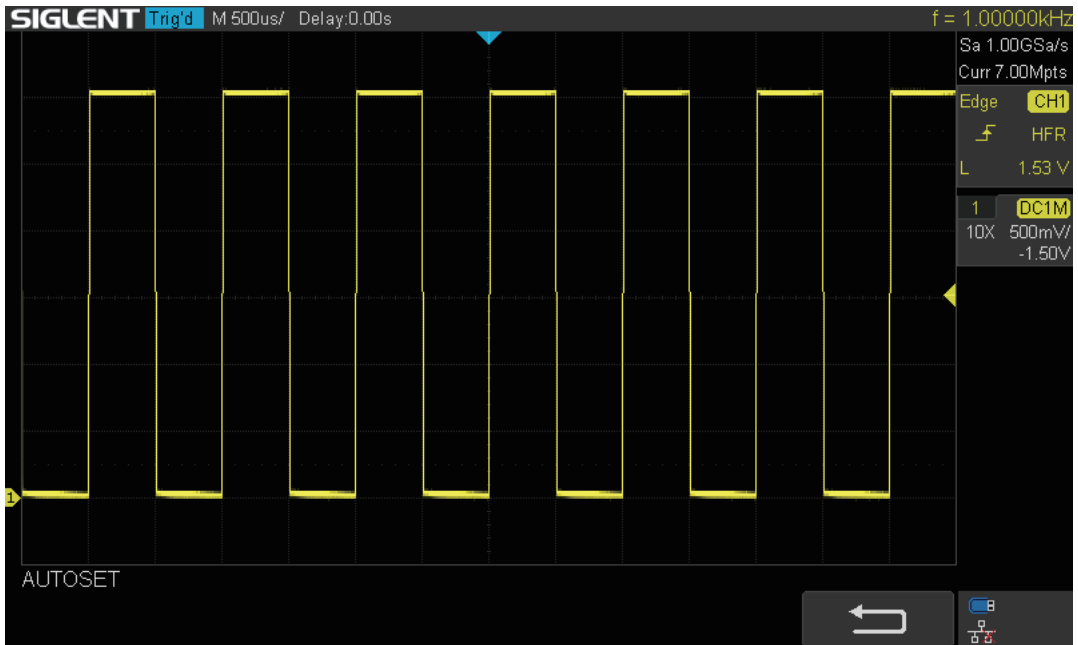
CAL は calibration キャリブレーション、
GND は ground グラウンドの略。

左図は、上側が CAL 端子、下側が GND 端子。しかし、機種によっては左右に配置されていたり、CAL 端子しかないものもある。また、自動校正機能付きで校正信号端子そのものが無いタイプもある。

AutoSetUp ボタン



信号に合わせて、電圧レンジ、時間レンジ、トリガレベルを自動的に設定して表示する。単純な繰り返し信号は問題なく表示できるが、万能ではないため、信号によって手動で調整する必要がある。



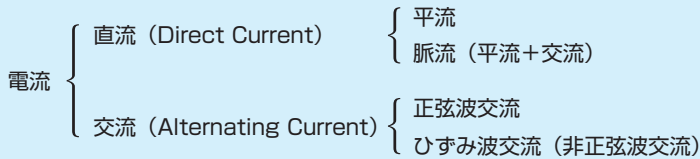
上図のような画面が表示されたでしょうか。黄色の線が信号波形です。線の色は機種や入力端子 ch によって異なります。表示された信号から何が読み取れるでしょうか。

まず、このような形の波形を「[矩形波](#)」といいます。その他の波形については次ページ「[波形の種類](#)」をご覧ください。

波形の種類

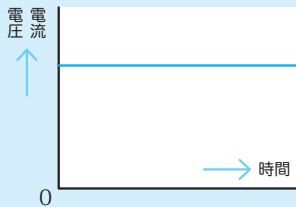
直流と交流

電流の流れる向きである+と-が入れ替わることがない電流を「**直流**」、
+と-が交互に入れ替わる電流を「**交流**」といいます。
分類すると次のようになります。

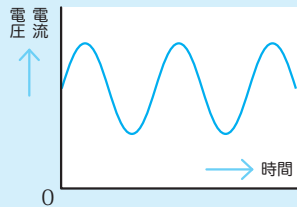


正弦波以外はすべてひずみ波である。
ひずみ波は複数の正弦波の合成で作
り出すことができる。

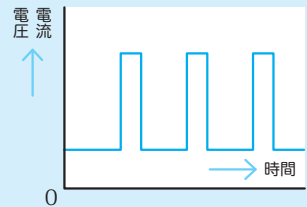
このころは直流



平流



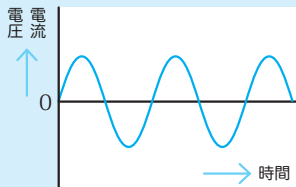
脈流



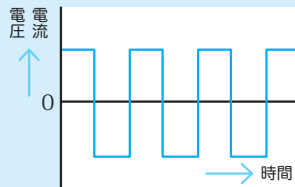
脈流 (パルス波)

上記例の脈流は、一側の電圧変化がないため直流に分類される。
しかし、交流に直流が合成された波形なので、直流成分をカッ
トすれば交流に分類される信号となる。

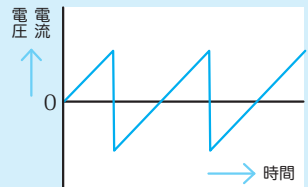
このころは交流



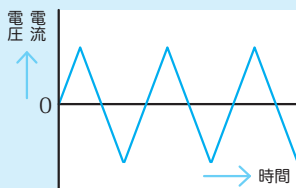
正弦波 (サイン波)



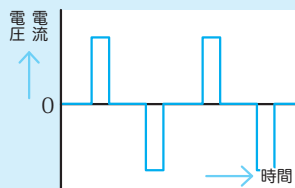
矩形波



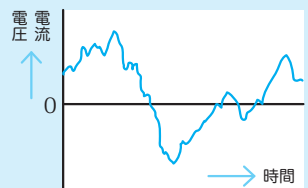
のこぎり波



三角波



パルス波



複雑なひずみ波

交流波形を表す要素

周期

事象一回の循環を 1 周期とし、1 周期の時間。単位は秒 [s]

周波数

1 秒間に繰り返される波の数。周波数 = 1 / 周期。単位はヘルツ [Hz]

波長

1 周期の波の長さ。単位はメートル [m]

ミリ波やセンチ波は、波長が 10^{-3}m (mm) や 10^{-2}m (cm) なのでそのように呼ばれる。

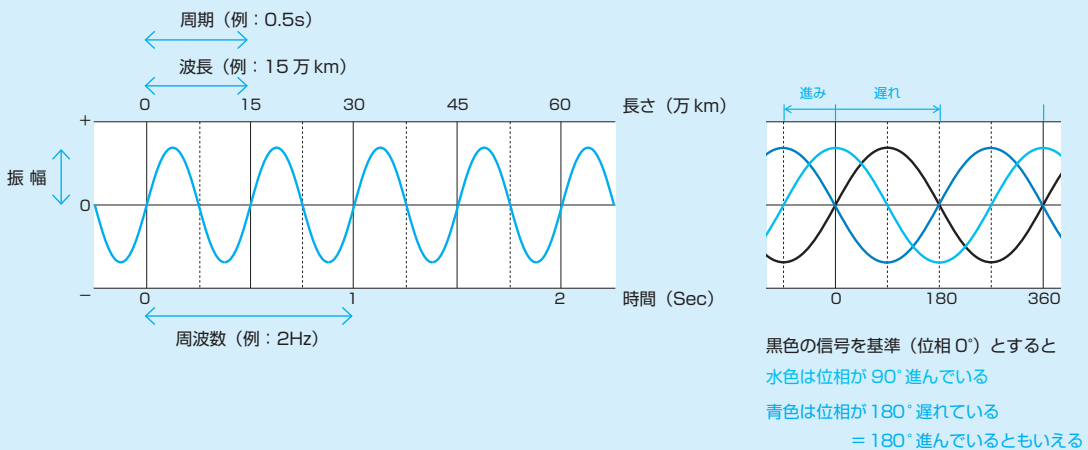
振幅

波の+方向の振れ幅。単位は電圧 [V]

位相

1 周期を $360^\circ(2\pi)$ として波形のズレを表す。

単位は度 [$^\circ$] またはラジアン [rad]



交流波形の波長

電流は導体の中を光と同じ 1 秒間に 30 万 km = $3 \times 10^8\text{m}$ で伝わります。

(波長 λ) = (速度 v) \div (周波数 f) の関係があるので

2Hz の交流の波長は

$$v = 3 \times 10^8 \text{m/s}$$

$$f = 2\text{Hz} \text{ より}$$

波長 $\lambda = (3 \times 10^8) \div 2 = 1.5 \times 10^8 \text{m} = 15 \text{万 km}$ と非常に長い波長となります。

一部の携帯電話で使われる電波 800MHz は、波長 $\lambda = (3 \times 10^8) \div (800 \times 10^6) = 37.5\text{cm}$ 。

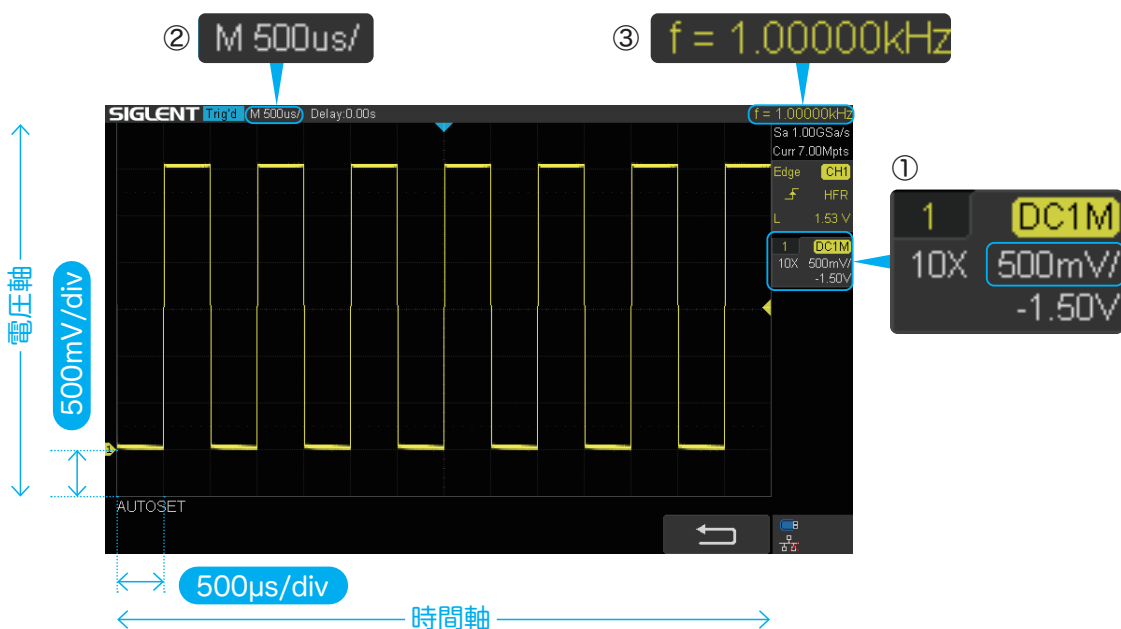
800MHz 帯はおよそ 710 ~ 960MHz の範囲内なので、およそ 35cm 程度とされています。

5 画面の見方

画面の縦軸は電圧を表しています。画面内の 500mV/ の電圧表示 ① は、縦軸の1マスが 500mV という意味です。観測波形は 6 マス分あるので **3Vp-p** です。

画面の横軸は時間を表しています。画面内の 500μs/ の時間表示 ② は、横軸の1マスが 500μs という意味です。観測波形の1周期は 2 マス分あるので $500\mu\text{s} \times 2 = 1000\mu\text{s} = 1\text{ms}$ と読み取れます。

周期 1ms ということは、周波数 $1 \div (1 \times 10^{-3}) = 1 \times 10^3 = 1\text{kHz}$ です。画面例では、周波数が右上 ③ に表示されていますね。



オシロスコープ画面のマスのことを div と表し、ディビジョン (division) と言います。500mV/div は、ゴヒャクミリボルト パー ディビジョン とか ワンディビジョン ゴヒャクミリボルト と読みます。

他機種でも 1div あたりの電圧や時間の表示が画面内のどこかにあるはずですが、どこに表示されているか確認しておきましょう。



上記画面例の場合、画面の横軸全体で何秒分の波形が表示されているか計算してみましょう。

校正信号の仕様

校正信号は、メーカーや機種によって振幅は様々ですが、1kHzの矩形波であることがほとんどです。取扱説明書には校正信号の仕様が記載されているはずですが、オシロスコープ本体の校正信号端子付近に、出力波形の種類や振幅が記されている機種もあります。

各社校正信号例

メーカー	校正信号 例	端子名
シグレント	矩形波 1kHz / 3Vp-p	Probe Comp (プローブ補償)
テクトロニクス	矩形波 1kHz / 5Vp-p	プローブ補正器出力
アジレント	矩形波 1kHz / 3Vp-p	キャリブレータ出力
横河計測	矩形波 1kHz / 1Vp-p	プローブ補償調整用信号出力
レクロイ	矩形波 1kHz / 0.6Vp-p	CAL 信号出力

画面の値と校正信号の仕様が違う？

画面から読みとった値と校正信号の仕様に違いはないでしょうか？

周波数は間違いないはずですが、電圧はプローブの設定により異なる場合があります。原因は何でしょうか？

SI 接頭辞

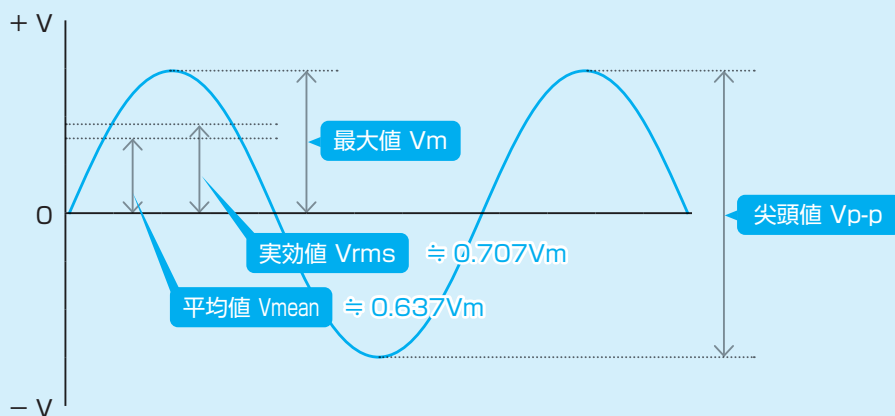
SI 接頭辞 (SI：国際単位系) を使うと、数値が大きい場合や小さい場合でも、桁数の表記を簡略化できます。

記号	読み	指数表記	十進数表記
T	テラ	10^{12}	1 000 000 000 000
G	ギガ	10^9	1 000 000 000
M	メガ	10^6	1 000 000
k	キロ	10^3	1 000
		10^0	1
m	ミリ	10^{-3}	0.001
μ	マイクロ	10^{-6}	0.000 001
n	ナノ	10^{-9}	0.000 000 001
p	ピコ	10^{-12}	0.000 000 000 001

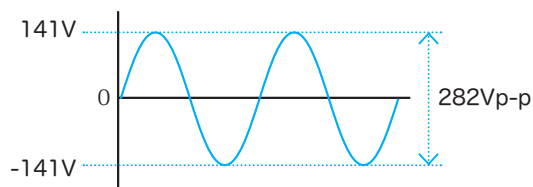
交流電圧の表記

直流は電圧が一定なので、100V と言えばずっと 100V のままですが、交流の場合には電圧が変化します。そのため交流の電圧にはいろんな表記があり注意が必要です。

電圧値	記号	読み	意味
ピークツーピーク値 尖頭値	V_{p-p}	ブイピーピー	p-p は peak to peak の略
最大値	V_m V_p 、 V_{pk} V_{amp}	ブイエム ブイピー、ブイピーク ブイアンプ	m は max (最大) の略 p、pk は peak (頂点) の略 amp は amplitude (振幅) の略
平均値	V_{mean} V_{ave}	ブイミーン ブイアベレージ	mean は平均の意味 ave は average (平均) の略
実効値	V_{rms}	ブイアールエムエス	rms は root mean square (二乗平均平方根) の略



交流の電圧表記で単に「100V」とあれば、一般的には実効値 $100V_{rms}$ をさします。実効値は、交流電圧の大きさを直流に換算した値です。



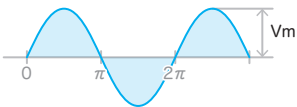
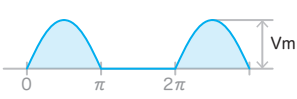
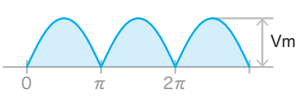
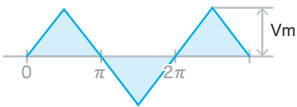
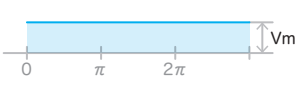
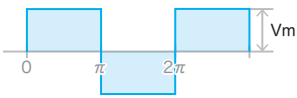
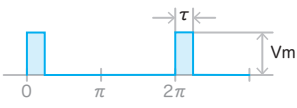
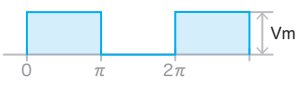
家庭用電源の 100V も実効値のことで $100V_{rms}$ です。ですから最大値は約 $141V_m$ 、尖頭値は $282V_{p-p}$ です。

最大値が V_m の時の実効値と平均値のまとめを掲載しておきます。

実効値はその名のとおり、二乗して平均化した値の平方根です。0V を中心とした交流波形の平均値は、普通に計算すると 0 になってしまうので、マイナス値は絶対値で計算します。「平均」は、実効値も平均値も下図の青く塗られた部分の面積を平にならした値です。

それぞれの導出式の説明は省きますが、興味のある方は調べてみてください。

ここでは、正弦波の実効値が $1/\sqrt{2}V_m$ ($\approx 0.707V_m$) であることだけを覚えておけば良いでしょう。

名称	波形	実効値 (V_{rms})	平均値 (V_{mean})
正弦波		$\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot V_m$	$\frac{2}{\pi} \cdot V_m$
半波整流波		$\frac{1}{2} \cdot V_m$	$\frac{1}{\pi} \cdot V_m$
全波整流波		$\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot V_m$	$\frac{2}{\pi} \cdot V_m$
三角波		$\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot V_m$	$\frac{1}{2} \cdot V_m$
直流		V_m	V_m
矩形波		V_m	V_m
パルス		$\sqrt{\frac{\tau}{2\pi}} \cdot V_m$	$\frac{\tau}{2\pi} \cdot V_m$
パルス ($\tau = \pi$)		$\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot V_m$	$\frac{1}{2} \cdot V_m$

6 プローブの減衰比

画面から読みとった電圧値と校正信号の仕様が異なる場合は、プローブの減衰比と本体の設定に不整合があります。

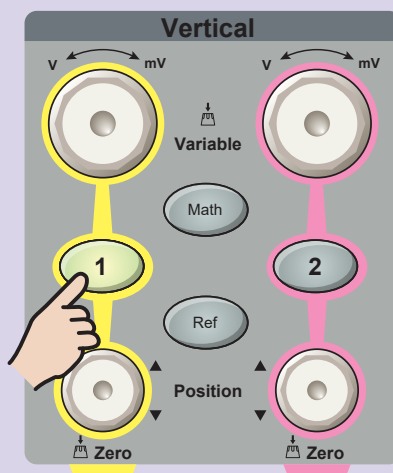
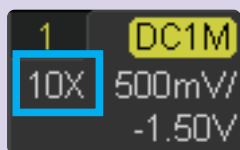
オシロスコープ本体に付属している標準的なプローブの多くは $1:1$ と $10:1$ の減衰比の切り替えが可能です。プローブヘッドにあるスライドスイッチで切り替えます。プローブの減衰比に合わせて本体側でも設定が必要です。ミドルレンジ以上の機種では、本体側の設定が自動で行われるものもあります。

プローブの減衰比の切り替え

1. プローブヘッドにあるスライドスイッチを「10X」側にする。



2. オシロスコープ本体の設定操作は機種により異なるが、多くは垂直軸設定の Ch ボタンを押すと、プローブの倍率設定を行うメニューが表示される。メニューで「10X」を選択する。



画面内の「10X」は、プローブの増幅比を表しています。

Ch ボタン

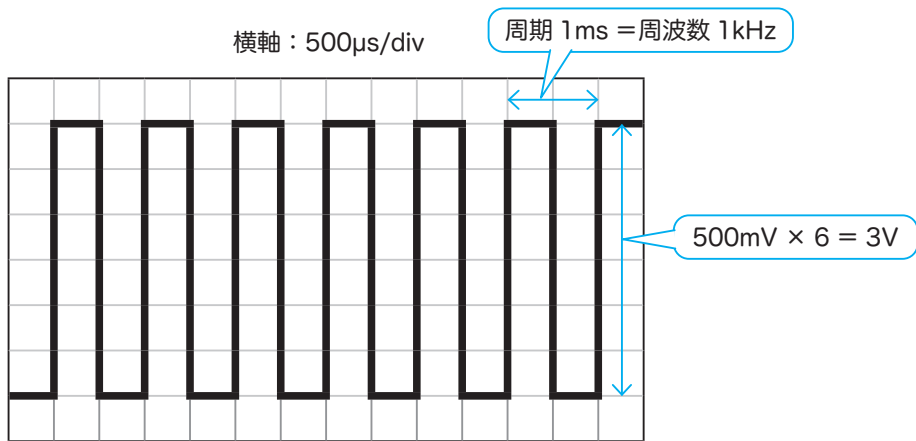


Ch 信号の表示 ON/OFF 切り替え。
同時に、各 Ch の設定メニューを表示 ON。



プローブの減衰比と本体の増幅比が合っていないと、信号の大きさが正しく観測できないことを以下の問題で確認しましょう。

観測対象信号は「矩形波 1kHz 3Vp-p」とします。プローブと本体の減衰 / 増幅比が異なる時、振幅がどう変化するか考えてみましょう。以下に 1 div が何 V になるか電圧レンジを書き込んでください。画面に表示される波形はどれも同じなのですが・・・



以下の組み合わせは正しい振幅が観測できます。

プローブの減衰比	本体の増幅比
1 : 1	×1
10 : 1	×10

縦軸 : V/div

プローブで 1 倍にした信号を本体で 10 倍すると、
振幅は $1 \times 10 = 10$ 倍になってしまいます。

プローブの減衰比	本体の増幅比
1 : 1	×10

V/div

▲P/A 9 : 最

プローブで 1/10 にした信号を本体で 1 倍すると、
振幅は $1/10 \times 1 = 1/10$ 倍になってしまいます。

プローブの減衰比	本体の増幅比
10 : 1	×1

V/div

▲P/A 10 : 最