

デジタルオシロスコープ利用手引き**1. はじめに**

オシロスコープとは、電圧の振動 (= oscillation) を視覚的に表示させる (= scope) 装置である。テスター等では、電圧のその瞬間の値や交流電圧の実効値しか表示できないが、オシロスコープは電圧を時間の関数としてグラフ表示することによって、電気信号の変化の様子 (波形) を表示し詳しく調べることができる。

以前のオシロスコープはいわゆるブラウン管を用いていたが、半導体技術の進歩により現在の主流はデジタルオシロスコープに変わった。これは高速のアナログ-デジタル (A-D) 変換器によって瞬時電圧を数値化し記憶すると共に、それを画面 (横軸: 時間 t , 縦軸: 電圧 V) 上の輝点として表示するものである。このようなグラフ $V = f(t)$ を表示するには、時間軸のスケール (一目盛あたりの秒 (s/div), ミリ秒 (ms/div), マイクロ秒 (μ s/div), ナノ秒 (ns/div)) や電圧軸のスケール (一目盛あたりのボルト (V/div), ミリボルト (mV/div)), $V=0$ の位置などを決める必要があり、そのようなパラメータを設定するボタンやつまみがオシロスコープには備わっている。

記憶容量は有限であるので、数値化された電圧データは随時書き換えられ、それによって表示波形も変わる。高速で書き換えられてしまうならせっかくのグラフの価値も無くなってしまいうだろう。交流電圧のようにある周期をもって繰り返される信号の場合、表示のタイミングをこの周期の整数倍にすれば、波形はほぼ止まって見える。このタイミングをとる仕組みをトリガー (引き金) という。実際には時間間隔を完全に一致させるのは不可能なので、信号電圧が増加 (あるいは減少) しつつ、ある設定値に一致した瞬間を時間基準にして表示を更新することでこの機能を実現している。繰り返しのない単発現象の観測にもトリガーが利用される。大きなパルス状の信号であれば、設定値をうまく選ぶことによって、信号が来た瞬間に初めてトリガーが引かれ、グラフ表示がなされるようにすることができる。

デジタルオシロスコープは数値化したデータを扱う一種のコンピュータなので、単に表示だけでなく、最小 (最大) 電圧値、時間差、周期、周波数の計算や外部との通信など様々な処理を行う機能を持っている。

第2 チャレンジ実験課題で使用するオシロスコープは、デジタルオシロスコープ (OWON 社 型式: SDS5032E) である。このオシロスコープにも様々な機能があるが、ここでは実験課題で使用される可能性のある機能や設定を順に説明する。

§ 1. オシロスコープの設置と初期状態へのリセット (初期化)

まずは、オシロスコープを設置する。傾き具合を2段階で調整できる。後ろに折りたたみのささえ脚があるので、図 A-1 の様に引き出すと、全体を少し後ろに傾けた状態で安定させることができる。

電源コードを OA タップに接続し、オシロスコープ上部の左側にある電源スイッチを入

れる。すると、メーカーのロゴが表示された後、黒地に白のドットのグラフに、赤と黄色のラインが表示される。

このオシロスコープは、前に使用した時のパラメータが保存されており、装置毎に設定が異なっている可能性がある。以下の説明を再現性のあるものとするために、まずオシロスコープを工場出荷時の初期状態にリセットする。

【リセットの方法】（図 A-2 を参照）

- ① 正面右側上部に配列されている 3 × 3 ボタン配列の中の「Utility」ボタンを押す。
- ② 画面の下部に Utility メニュー：Function (Config), Language, Set Time, KeyLock, About が表示されるので、Function の下の「H1」ボタンを押す。【※下記注意参照】
- ③ 画面左側に Function のサブメニュー：Config, Display, Adjust, Pass/fall, Output, LAN Set が表示されるので、画面横上部にある大きなノブ「M」を回して Adjust を選ぶ。
- ④ すると画面下部のメニューが Function (Adjust), Self Cal, Default, ProbeCh. に変わるので、Default の下の「H3」ボタンを押す。
- ⑤ 内部でスイッチの切り替わる音が聞こえ、しばらくすると図 A-2 のような初期状態の表示になる。

※【注意】：本機の画面にタッチパネル機能はない。画面に表示された項目から線で結ばれた隣接する画面外のボタン（右または下）を押すこと。



図 A-1 折りたたみ式支え脚

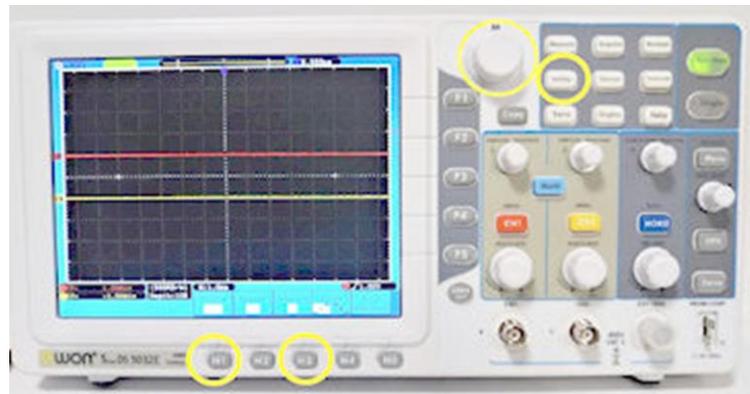


図 A-2 リセット後の初期状態の画面。黄色の丸はリセットに使用するボタンとつまみ

§ 2. 信号入力に使用するケーブル

実験ではケーブルとして付属のプロープを使用する（図 A-3）。プロープは同軸ケーブルで、中心（内部導体）と外側（外部導体）の電位差が信号電圧となる。通常外側をグラウンド（0 V）とすることで、信号の漏洩や外部からの影響が少なくなるよう、シールド（しゃへい）される。内部導体の先端はフック、外側導体はワニロクリップとなっている。フックは、先端のカバーを引くことで先端が飛び出してくるので、それを測定したい端子に引っか

ける。

プローブの根元に、「1×」と「10×」と表示された赤い切り替えスイッチがある。これはアッテネータという信号減衰器の切り替えである。通常、標準の「10×」にしておく（図 A-4）。



図 A-3 プローブ



図 A-4 アッテネータの切り替えスイッチ

§ 3. 入力の表示・非表示の切り替えと入力方法の設定

このオシロスコープは二つの電圧信号を同時に表示することができる。これをチャンネル1 (CH1), チャンネル2 (CH2) という。赤いラインは, CH1 に入力された信号を表し, 黄色いラインは, CH2 に入力された信号を表している。それぞれを表示するか, 表示しないかは, 正面右側に配列されているボタンとつまみ類 (図 A-5) 中の「CH1」または「CH2」のボタンを押して, 切り替えることができる。入力を一つしか使わない場合は, CH1 を利用し, CH2 は非表示にしておくのがよいだろう。

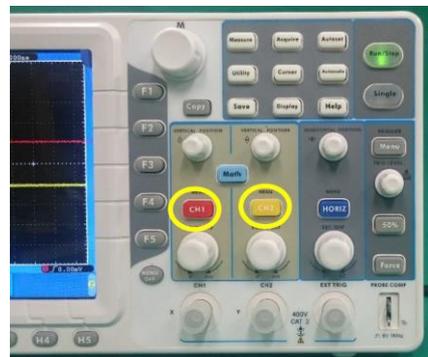


図 A-5 CH1 と CH2 のボタン

赤い「CH1」ボタンを押すと, 図 A-6 のように画面下部に CH1 の設定が表示される。「H1」ボタンを押すと画面右に Coupling 条件 : DC, AC, Ground の選択肢が表示される。それぞれ, 直流信号として表示するか, 交流信号として表示するか, グラウンド (V=0) レベルを表示するかを選択であり, 適切なものの右側のボタン「F1」, 「F2」, 「F3」を押して選択した後, 「F5」ボタンの下にある「MENU OFF」ボタンを押す。DC と AC の違いは直流成分を表示に含めるか否かである。直流電圧がわずかに変化するような信号の場合, AC を選択すれば変動部分だけを大きく増幅して観察することができる。DC では画面からはみ出してしまうので大きく増幅することはできない。

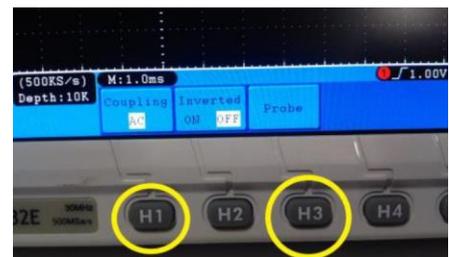


図 A-6 入力の設定

「H3」ボタンを押すとプローブの設定ができる。画面右の Attenu が使用しているプローブのアッテネータ切り替えスイッチと一致していることを確認する。一致しない場合は「F1」ボタンを押し, M つまみで正しい値を選択する。



図 A-7 BNC プラグの接続と
テスト信号の接続

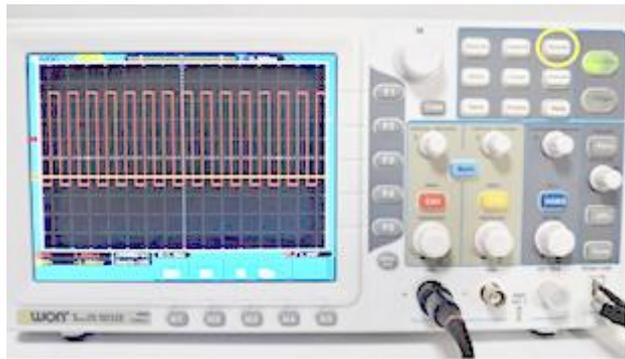


図 A-8 テスト信号の波形と Autoset ボタン

§ 4. 入力信号 (テスト信号) の接続

最初にテスト信号を入力してオシロスコープの動作を確認しよう。

赤色のプローブの BNC 型プラグを、(保護キャップを外してから,) オシロスコープの「CH1」ボタンの下にある CH1 入力コネクタに接続する。コネクタ側には左右に出っ張りがあり、BNC コネクタにはその出っ張りに合わせた溝があるので、それに合わせて差し込んだ後、時計回りに 90 度回転させてしっかりと固定する。一方、オシロスコープの右下の電極から、テスト信号 (5 V, 1 kHz の方形波) が発信されている。図 A-7 のように、同軸ケーブルの他端の、ワニ口クリップでグラウンド側 (下側) をはさみ、プローブで信号側 (上側) をひっかける。

§ 5. 縦・横軸の設定

リセットしたオシロスコープでは、信号電圧は画面に図 A-8 のように表示される。図の横軸は時間、縦軸は電圧であり、信号電圧(V)が時間(t)の関数として表示されたグラフ $V = f(t)$ になる。

次に、入力されている信号が見やすいように、縦軸の目盛 (=電圧間隔) や、横軸の目盛 (=時間間隔) などを調節しなければならない。まず、ケーブルがつながっていないチャンネル 2 を非表示にしよう。黄色の「CH2」ボタンを何回か押すと黄色の線が消える(もう一度押すと復活する)。

チャンネル 1 の縦軸の調整は赤い「CH1」ボタンの上下にある二つのつまみでおこなう (図 A-9)。下のつまみ「VOLTS/DIV」を回すと電圧間隔が変わり波形が上下に伸縮する。上のつまみ「VERTICAL POSITION」を回すと $V=0$ の位置が変わり波形が上下する。グラフの左辺外側の 1 (赤) [2 (黄)] のポインタがチャンネル 1 [2] の電圧 = 0 (グラウンド) 位置を表す。縦軸のこれらのパラメータは液晶画面下部に「①1V ~ 0.00div」のように表示される (図 A-10)。これは、「チャンネル 1 は縦 1 目盛が 1V (1V/div) で交流 (AC) 結合、+0.00 目盛位置が $V=0$ に相当する」という意味である。電圧の絶対値を知るには結合 (coupling) を AC ではなく直流 DC にする必要がある。「CH1」⇒「H1」⇒「F1」の順番にボタンを押せばよい。これによって下部の表示が ~ から - に変わる。



図 A-9 縦・横軸調整つまみ



図 A-10 縦・横軸パラメータの表示

横軸の調整は、青い「HORIZ」ボタンの上下のつまみでおこなう（図 A-9）。下の「SEC/DIV」つまみは1目盛りあたりの時間間隔を変え、反時計回りに回すと、1目盛りあたりの時間が大きくなるので、波形は横に縮み、逆に、時計回りに回すと横に拡大される。パラメータはグラフ下方中央に、「M:500us」のように表示されている（図 A-10）。これは横軸1目盛りが500マイクロ秒という意味である（uは μ の代替文字）。ここで、1目盛りは画面に表示されている正方形の一辺の長さである。上のつまみを回すと水平に移動する。その量はグラフ上方にT-10.00usのように表示される。ここで、時間の接頭辞は、mはミリ(10^{-3})、uはマイクロ(μ , 10^{-6})、nはナノ(10^{-9})、を表す。

以上の手動調整の他に、これらのパラメータを自動で調節する機能もある。ボタン類が並んでいるオシロスコープ右半面の上部右に「Autoset」（図 A-8 参照）というボタンがそれである。このボタンを押してしばらく待つと、適切な設定値で、入力された信号を自動で表示してくれる。

図 A-11 が、Autoset 後のテスト波形である。設定パラメータは「①1V~ 0.00div」、 「M:500us」、 「T0.000ns」であるから、入力1は縦1目盛りが1Vで交流(AC)結合、時間間隔は1目盛りが500マイクロ秒、水平方向の移動は0であり、従って、図 A-11 の場合の波形は、0.5msごとに、5Vの増減が繰り返されているので、周期は1ms（周波数は1kHz）、最大電圧と最小電圧の差 $V_{p-p}=5V$ の方形波であることが確認できる。ちなみに、CH1の結合を交流から直流に変えてみる（図 A-12）と、この方形波は0V→5V→0V→5V→…であることがわかる。

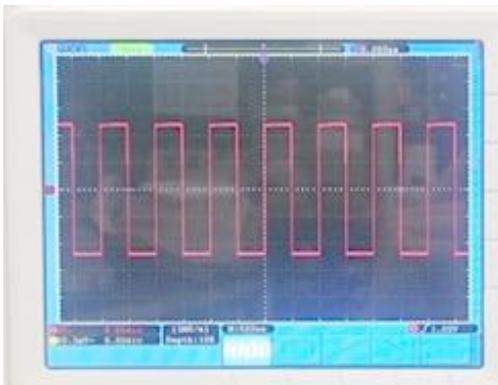


図 A-11 Autoset 後のテスト信号

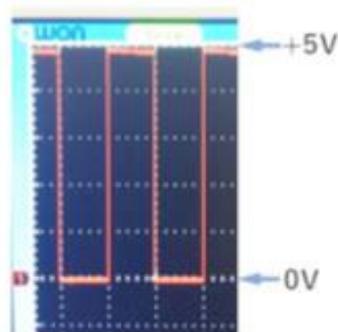


図 A-12 DC 結合でのテスト信号

§ 6. 表示を凍結する場合

テスト信号は、周期的な変化なので、オシロスコープの画面に表示される波形は静止しているように見える。しかし、一度画面の端から端まで信号波形を描いたら、再び描き直しており、常に変化している。したがって、観測したい波形が得られたら、後からノイズが入ってきて描き直されてしまう前に、表示を固定しておく必要がある。

表示の固定は、オシロスコープの右上にある「Run/Stop」ボタンを押しておこなう（図 A-13）。緑色に点灯しているときは、連続的に信号を測定し描いている（=Run）が、一度ボタンを押すと、赤色に点灯し、最後に測定された波形に表示が固定（=Stop）される。



図 A-13 表示の固定

§ 7. 単発（シングルショット）の信号を表示する場合

テスト信号は、周期的な信号で、かつ、連続的に発信されている。しかし、実験によっては、信号は単発的に、1回だけ発せられる場合もある。このようなシングルショット信号の波形をとらえて、表示を固定しておくには、以下のような手順をとる。

- ① トリガー：どのような入力を見るべき信号とするのか決めなくてはならない。このきっかけの事をトリガー（信号と見なす“引き金”）と言う。オシロスコープでは、ある一定値の電圧レベルを超えた場合に信号と見なす、という設定ができる。これをトリガーレベルと言う。右端中央にある「TRIG LEVEL」つまみで調整でき、つまみを回すと自動でトリガーレベルの点線が表示される（図 A-14）。しばらくするとトリガーレベルラインは消えるが、画面右端に、紫色の三角でレベル位置が常に表示され、その下に電圧が表示されている。⌒のマークは電圧が上昇してトリガーレベルを超えたときにトリガーが働き測定が開始されることを意味している。下側の「H1」～「H4」のボタンで切り替えることができるが、ここではそのままにしておく。トリガーレベルは、見たい信号の電圧値の範囲内で、かつ、ノイズの電圧値以上に設定しておくのが理想である。

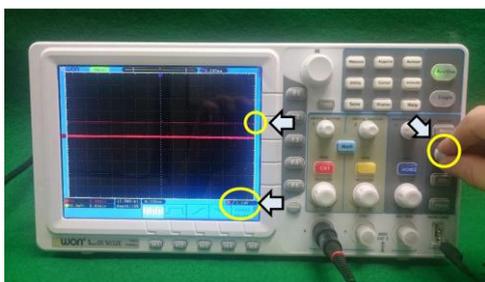


図 A-14 トリガーレベルの調整

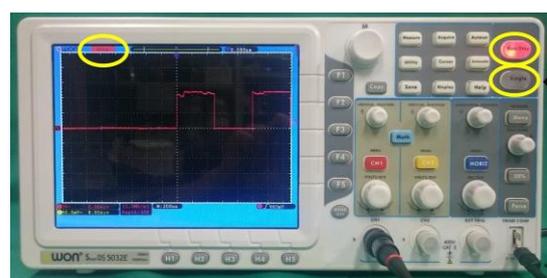


図 A-15 シングルショット表示

- ② シングルショット：単発的に入力される信号を見る場合は、その信号が入力されたらすぐに表示を固定させる設定にしなければならない。トリガーレベルを設定した後、ボタン類の右上部にある「Single」ボタンを押す。そうすると、トリガーレベルを超える信号が入力されない間は、上の「Run/Stop」ボタンが緑に点灯し、液晶ディスプレイの左上に「Ready」の表示が出ているが、一旦トリガーレベルを超える信号が入ると、「Run/Stop」ボタンが赤色に点灯し、入力信号が固定表示される（図 A-15）。液晶ディスプレイ左上の表示は「Stop」となる。この状態で、入力信号を観察し電圧等を測定する。

§ 8. カーソルによる測定

シングルショットでは、信号がトリガーレベルを超えた瞬間が時間の基準となり、画面中央に配置されるので、トリガー後の信号波形は画面右側に偏ることになる。入力信号の表示位置を調整したい場合、CH1 の「VERTICAL POSITION」つまみで上下の、HORIZ の「HORIZONTAL POSITION」つまみで左右の位置調整を行う（図 A-16）。トリガーされた位置はグラフ画面の上辺に紫色の **T** 印で示されている。グラフの左辺外側の 1（赤）、2（黄）のポイントはチャンネル 1, 2 の電圧=0（グラウンド）位置を表す。

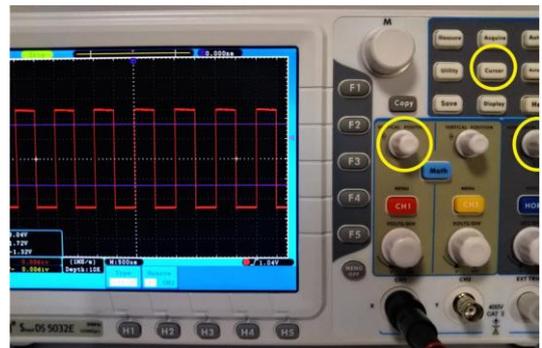


図 A-16 表示の位置調整とカーソルボタン

ボタン類の中央上部に「Cursor」というボタンがある（図 A-16）。このボタンを押すと、画面下部にカーソルのメニューが表示される（図 A-17）。「Source」は CH1 のままにし、「Type」を「H1」ボタンを押して選択すると、画面右側に「OFF」、「Voltage」、「Time」の 3 種類が表示される（図 A-17）。例えば、電圧値を測定したい場合は、「Voltage」横の「F2」ボタンを押して選択する。すると、紫色の横線が表示され、同時に画面左下に、 Δy , y_1 , y_2 の数値が枠で囲まれて表示される。この状態で、 y_1 については、CH1 の「VERTICAL POSITION」のつまみを回すと紫線の一つが上下し、それと共にその位置が y_1 に表示される。同様に、CH2 の「VERTICAL POSITION」のつまみでもう一つの紫線が上下し、その位置が y_2 に表示される。従って読み取りたい位置に紫線を動かし、画面左下で値を読

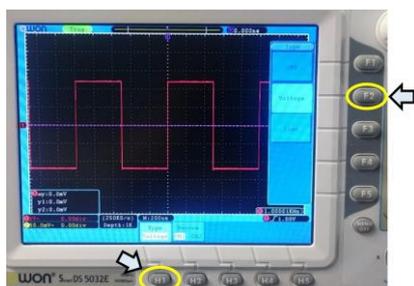


図 A-17 カーソル表示の設定

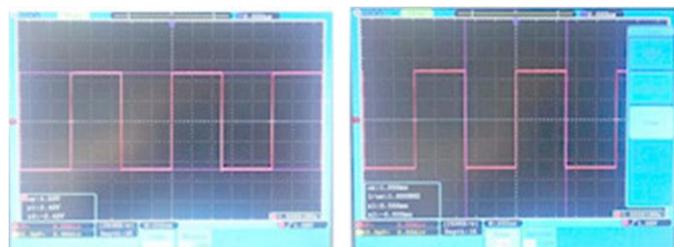


図 A-18 Voltage (左) と Time (右) のカーソル表示

み取ることができる (図 A-18 (左))。同様に、「F3」ボタンを押して「Time」を選択すれば、縦線が表示され、2つの「VERTICAL POSITION」つまみを操作することにより、時間を測定することもできる (図 A-18 (右))。

§ 9. 2つの信号の相互関係を表示する場合

ある刺激(原因)を与えてそれに対する応答(結果)を調べるという測定の場合、刺激信号でトリガーし、応答信号を表示させるのがよい。以下にその手順を示す。

- ① 刺激信号を CH1, 応答信号を CH2 につなぎ、「CH1」,「CH2」ボタンを押し、両方 (赤線, 黄線) が表示されるようにする。
- ② 「CH1」ボタンを押し、画面下部で Coupling が DC (あるいは AC), Inverted が OFF であることを確認する。さらに Probe の下の「H3」ボタンを押し、Attenu が使用しているプローブのアッテネータ切り替えスイッチと一致していることを確認する。一致しない場合は「F1」ボタンを押し、M つまみで正しい値を選択する。
- ③ CH1, CH2 の電圧レベルと位置をそれぞれの「VERTICAL POSITION」つまみと「HORIZONTAL POSITION」つまみを回して調整する。また、青い「HORIZ」ボタンの下の「SEC/DIV」つまみで適切な時間間隔に合わせる。
- ④ CH1 でトリガーをかけるために、右端の「Menu」ボタンを押してトリガーマニューを画面下部に表示する。Source が CH1 となっていない場合は、「H2」ボタンを押し、CH1 (「F1」ボタン) を選択する。また「H5」ボタンを押し、Mode※として「F2」 (Normal) を選択する。

※追加説明：Mode には Auto, Normal, Single の3つの選択肢がある。Single は初めてトリガーレベルを超える信号が入ると、「Run/Stop」ボタンが赤色に点灯し、以後は入力信号が固定表示される。Normal はトリガーレベルを超える信号が入るたびに入力信号波形が更新される。Auto でもトリガーレベルを超える信号が入ると入力信号波形が更新されるが、トリガーレベルを超える信号が入らない場合であっても一定時間間隔で自動的に信号波形が更新表示されるのが Normal との違いである。

- ⑤ 以上で、CH1 の電圧値がトリガーレベルに一致した瞬間がデータ取得 (画面表示) のタイミングとなった。TRIG LEVEL つまみで刺激信号の適切な位置にトリガーレベルを調整する。

§ 10. デジタルオシロスコープの測定機能の利用方法

このデジタルオシロスコープにはいくつかの測定値を自動的に測定して左下の欄に表示する機能がある (図 A-19)。ボタン類の中央上部に「Measure」というボタンがある。このボタンを押すと、画面下部に測定項目の追加 (Add) と消去 (Remove) のメニューが表示される。Add の下にある「H1」ボタンを押すと、画面右側に上から Type, Source, ShowAll, Add の4つのメニューがしばらくの間表示される。(消えた場合にはもう一度下側の「H1」ボタンを押すと表示される。) Type の右の「F1」ボタンを押すと、画面左側に

Type の小項目が上から順番に Period, Freq, Mean, PK-PK, RMS, Max, Min, Vtop と表示される。これらは、それぞれ、周期、周波数、平均電圧、最大電圧と最小電圧の差（電位差）、電圧の実効値（二乗平均平方根）、最大電圧、最小電圧、等々を表している。「M」と書かれた大きなつまみを回して測定する項目を選んだ後、Add の横の F4 ボタンを押すと測定項目として登録される。M つまみを回すと、Vtop 以下にも数多くの項目が存在することが分かる。図 A-20 は Period, Freq, PK-PK を選択した時の例を表している。左下に表示されるのがこれらの測定結果であり、T:1.000ms が周期、F:1.000kHz が周波数、Vp:5.120V が最大電圧と最小電圧の差 (V_{p-p}) である。同時に 4 つの測定値を自動測定して表示させることができる。

自動測定の表示を消す場合には「Measure」ボタンを押して画面に表示される Remove の下にある「H2」ボタンを押し、画面右側に表示される Remove All の右にある「F1」ボタンを押せば一度に全ての表示項目を消去することができる。

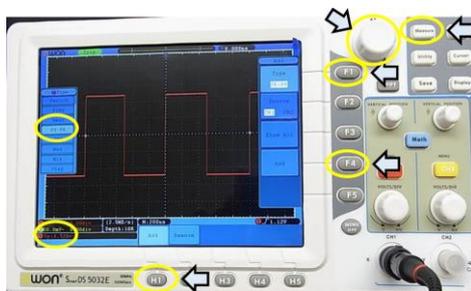


図 A-19 Measure ボタンと測定値自動表示の方法

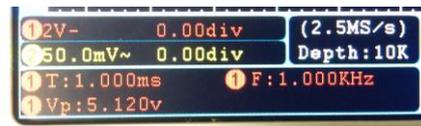


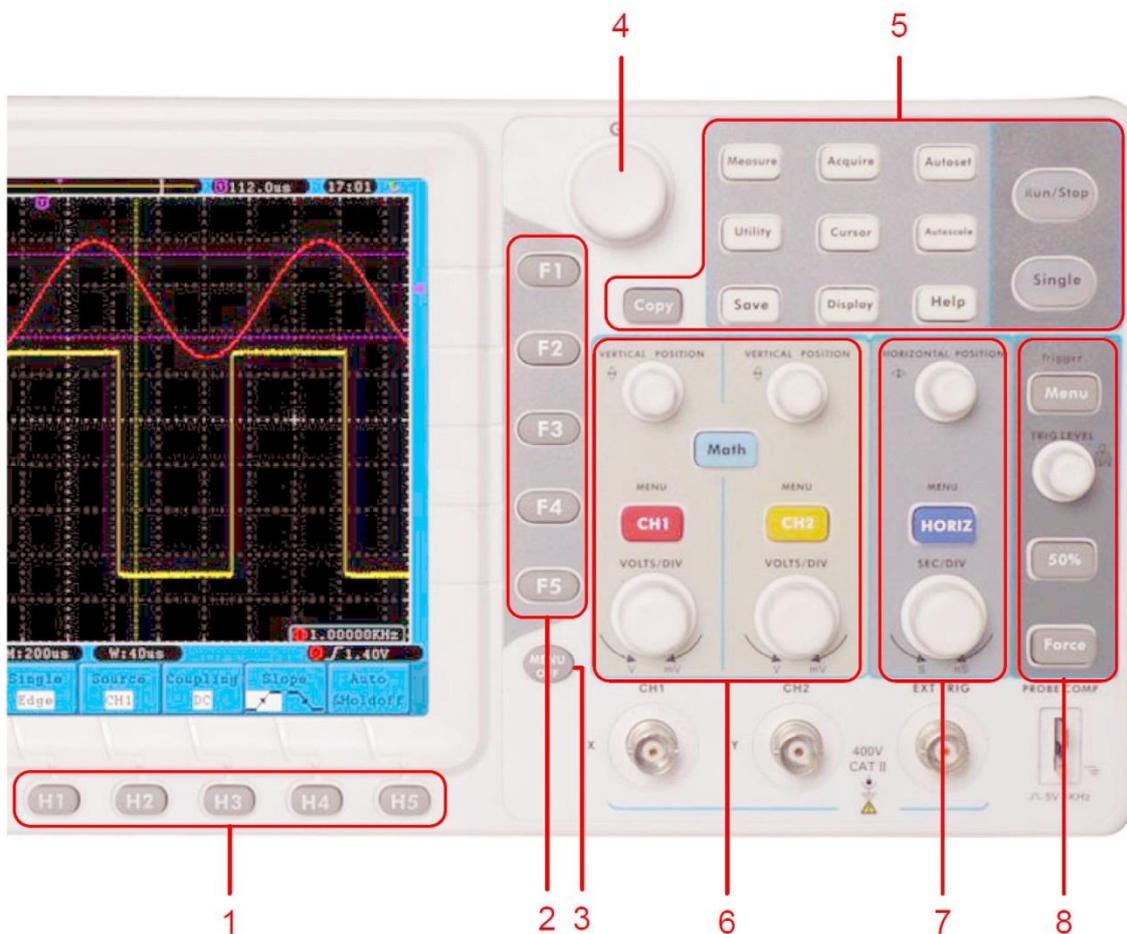
図 A-20 Measure 項目の測定値表示

§ 11. HELP

その他の操作については、マニュアル（英語版）やオシロスコープ内蔵の HELP に書かれている。オシロスコープの「Help」ボタンを押すと内蔵されているマニュアルが表示される。移動や選択は、「H1」から「H5」のボタンで操作する。

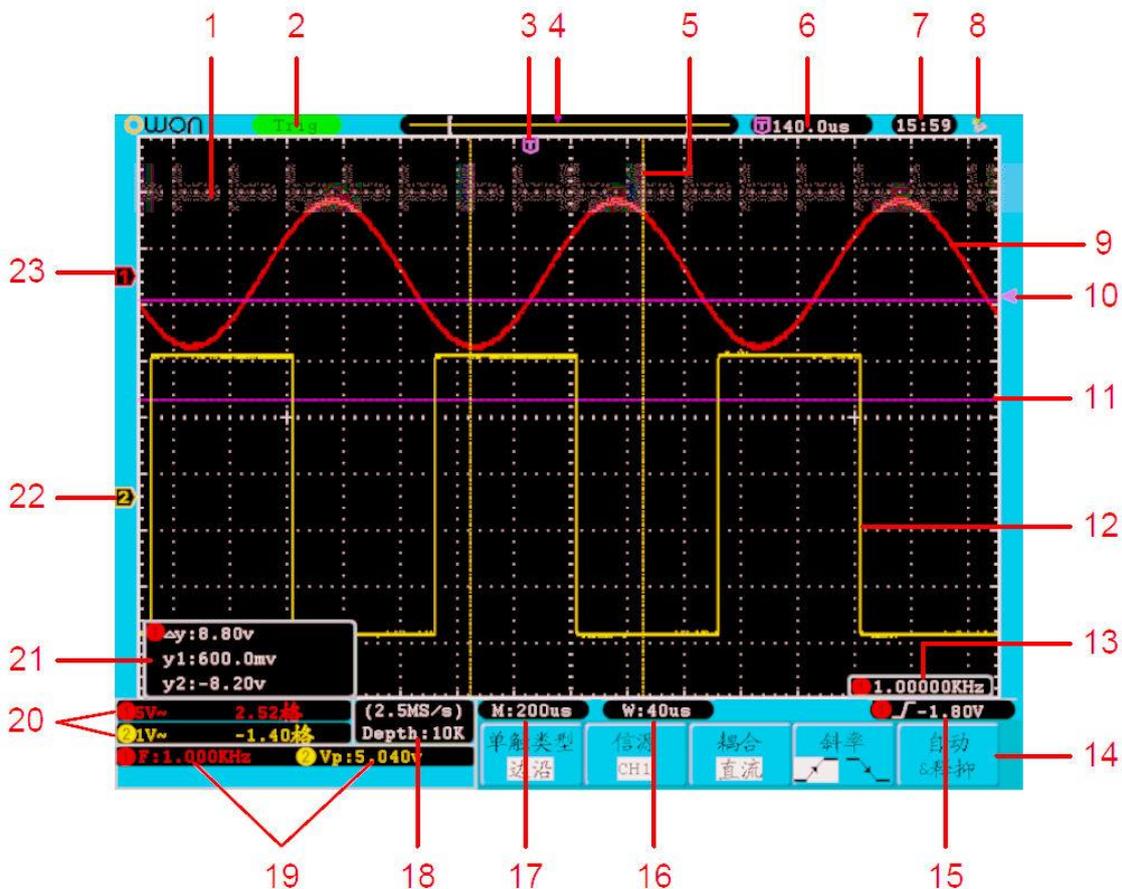
ただし第 2 チャレンジ実施中にオシロスコープが思うように動作しなかったり、設定できなかったりした場合は、その原因追求に時間を費やすこと無く、監督員を呼び症状を伝えること。

付録1：調整領域（ボタンとつまみ）



1. メニュー選択ボタン: H1~H5
2. メニュー選択ボタン: F1~F5
3. Menu off: メニュー表示を消す
4. Mつまみ: 画面上にM***のメニューが現れた時, 選択に使用する。
5. Function ボタン: 全12個
6. 縦軸設定領域:
 - "CH1 MENU", "CH2 MENU": CH1, CH2の設定メニュー
 - "VERTICAL POSITION": 垂直位置調整, "VOLTS/DIV": 電圧スケール調整。
7. 水平軸設定領域:
 - "HORIZONTAL POSITION"つまみ: 水平位置調整
 - "SEC/DIV": 時間軸スケール調整, "HORIZ MENU": 時間軸設定メニュー
8. トリガー調整領域
 - "TRIG LEVEL"つまみ: トリガー電圧の調整
 - "TRIG MENU"ボタン: トリガーマニュー

付録 2 : 表示領域 (一部省略)



1. 波形表示領域
2. トリガー状態
3. 紫のTポイント：トリガーされた水平位置の表示
6. トリガーの水平位置の数値表示
9. CH1 の波形 (赤色)
10. 紫の実線：CH1 のトリガーレベル (電圧)
11. 2本の紫の破線：電圧測定用カーソル
12. CH2 の波形 (黄色)
14. (現在の) ファンクションメニュー (英語表示になります)
15. トリガー条件の表示：数値はトリガーレベルを表す。
17. 水平軸 1 目盛りの時間
19. 測定機能による測定値の表示
20. 縦軸 1 目盛りの電圧値と $V=0$ の位置, DC, AC, Ground 表示
21. カーソル測定値
22. 黄色ポイント CH2 の $V=0$ 位置
23. 赤色ポイント CH1 の $V=0$ 位置

