

## 微小抵抗の高精度測定！ SOURCE MEASURE UNIT GS610

ナノボルトメータ  
2182A(KEITHLEY)  
34420A(KEYSIGHT)

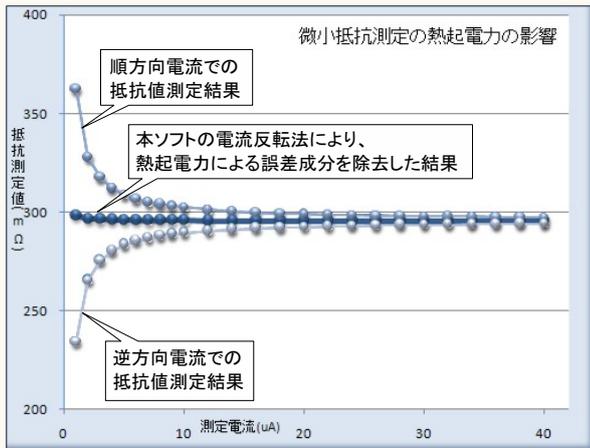
使用できる機種	品番	GP-IBボード	価格	動作環境
GS610 2182A 2000+SCAN 34420A	W32-GS610MR2-R	ラトックシステム製	280,000円	Windows7/8.1/10/11 (64bit版推奨) Excel2010/2013 2016/2019/2021 (32bit版 Only)
	W32-GS610MR2-N	NI製		

GS610は、横河電機の商標です。 2182Aは、ケースレー社の商標です。 34420Aは、アジレントテクノロジー社の商標です。 価格に消費税は含まれておりません。

### 機能

◆ 電流反転法による測定で、熱起電力による測定誤差を除去し、高精度な微小抵抗測定をおこないます。

通常、抵抗計を使用した微小抵抗測定では、0.1Aから1.0A程度の大きな電流を通电して測定が行われます。しかし、被測定物によっては、被測定物の破損、または発熱を招くため、このような大きな電流を通电できない場合があります。このとき、数mA、または、数 $\mu$ Aでの測定電流で抵抗を測定することになりますが、測定用配線ケーブル類の熱起電力の影響を大きく受ける結果となります。

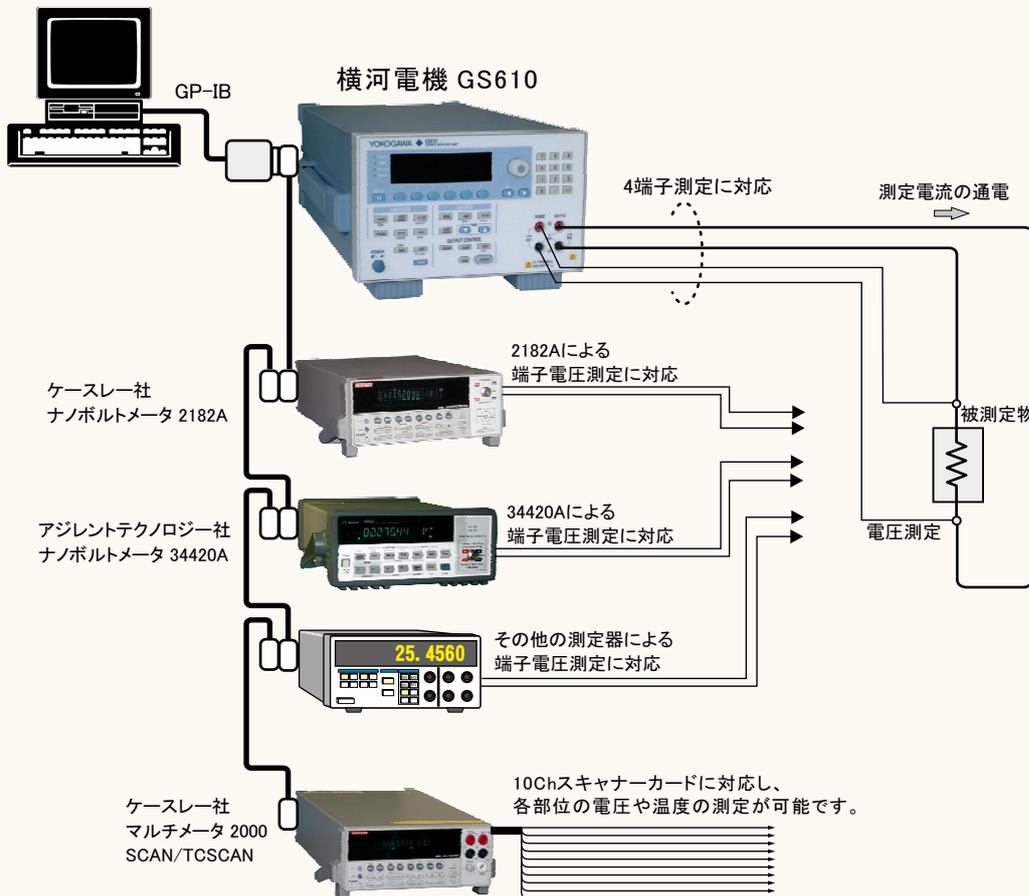


左図では、測定電流に依存した、測定される抵抗値変化を表します。測定電流が小さいほど測定誤差が大きくなります。これは、測定電流が小さいほど被測定物の端子電圧が小さくなり、熱起電力の影響を受けやすくなることを示しています。大きめの測定電流で測定した場合でも、被測定物の抵抗値が $\mu\Omega$ 程度であれば同じように熱起電力の影響を大きく受けることになります。熱起電力による誤差の大きさは、使用する配線金属の種類、長さ、また周辺の温度環境に大きく依存します。本ソフトでは、電流反転法による測定で熱起電力による誤差成分を除去し、かつ、平均化法により、周辺ノイズや温度変化によるバラツキを小さく抑えます。ただし、使用する計測器の性能や精度を超えることはできません。

- ・測定器について。

この測定では、被測定物の端子電圧は数 $\mu$ V、又はそれ以下の電圧になり、通常のデジタルマルチメータや、電源が内蔵する電圧測定機能では測定が困難なレベルです。このように小さな電圧を精度良く測定するために、通常はナノボルトメータと呼ばれる電圧計を使用しなければなりません。

### 本ソフトが対応する計測器の範囲



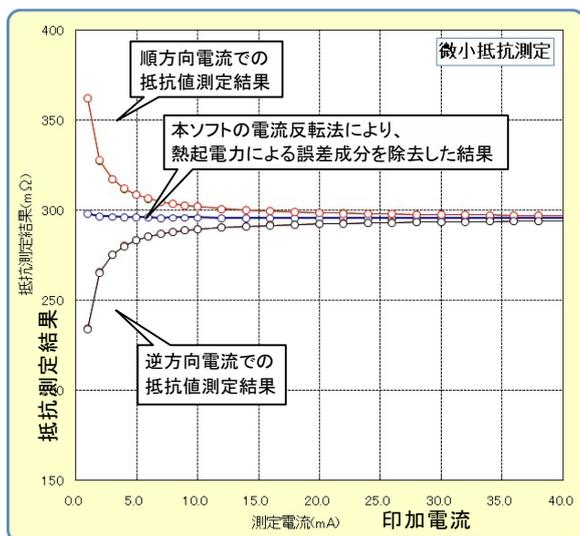
## 誤差要因を除去して、微小抵抗の測定を行なうことができます。

注)本ソフトを使用しても、使用する測定器が持つ測定精度以上の測定はできません。

小電流による微小抵抗を測定しようとする、主に下記の誤差要因により正しい抵抗値が測定できません。

- 1.測定用ケーブルで生じる熱起電力によるオフセット電圧。
- 2.外来ノイズによる測定値のバラツキ。
- 3.測定電圧の分解能不足や精度不足。

### ◆ 熱起電力による誤差成分の除去



微小抵抗をあまり大きくない電流で測定しようとする、その両端の電圧は数  $\mu\text{V}$  程度の電圧になる場合があります。例えば、 $1\text{m}\Omega$  の抵抗体を  $10\text{mA}$  の通電で測定しようとする、抵抗体両端の電圧は  $10\mu\text{V}$  となり、この微小な電圧を高精度に測定する必要があります。

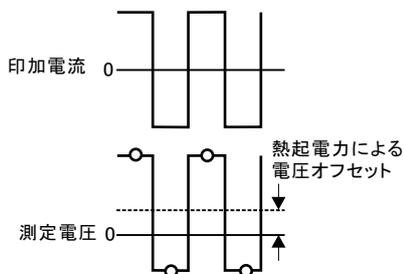
しかし、電圧測定のために使用するケーブルの金属接合部にはゼーベック効果による熱起電力が発生し、その電圧成分が誤差要因となります。その電圧の大きさは、使用するケーブルや周辺の温度環境によって異なりますが、数  $\mu\text{V}$  になる場合があります。

そのため、使用する測定ケーブルは、途中で異種金属との接合を避け、同種金属で、かつ極力短いケーブルを使用する必要があります。抵抗が小さいほど、また、測定電流が小さいほど、熱起電力の影響を大きく受けることになります。左図は、印加電流をスイープして抵抗値を測定した例ですが、印加電流が小さいと測定される抵抗値の誤差が増えることが解ります。

本ソフトは、熱起電力の誤差成分を除去するために、3つの手法をサポートしております。

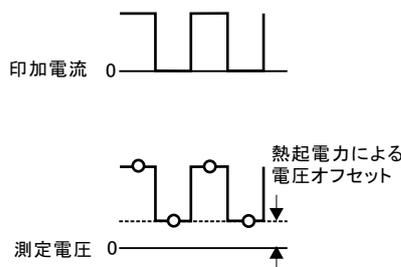
#### ① 電流反転法

順方向と逆方向でそれぞれの方向で電圧を測定し、その平均値から抵抗を求めます。



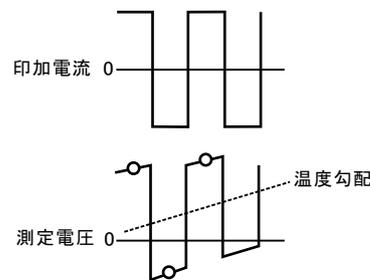
#### ② ゼロ補正法

電流ゼロの時の電圧と、実際に通電した時の電圧の差から抵抗を求めます。

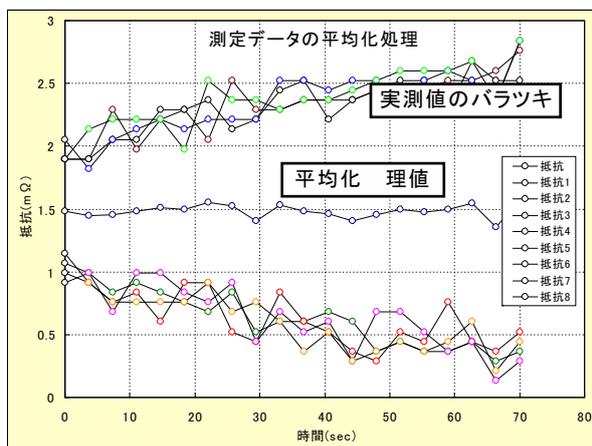


#### ③ 3点補正法

測定中に温度勾配がある場合に温度勾配分も補正します。



### ◆ 外来ノイズによるバラツキの除去



「電流反転法」「ゼロ補正法」は、平均化回数を最大100回まで設定が可能です。

測定系への外来ノイズの進入に対する対策を行なうことが基本ですが、除去できない測定値のバラツキは、平均化処理によって安定した測定値を取得できます。

左図では、印加電流値を一定で「電流反転法」で同一の供試体を繰返し測定した例です。順方向での4回測定値の平均値と、逆方向での4回測定値の平均値をさらに平均して抵抗値を算出しています。安定した抵抗値が得られています。

# 微小抵抗測定の実験方法

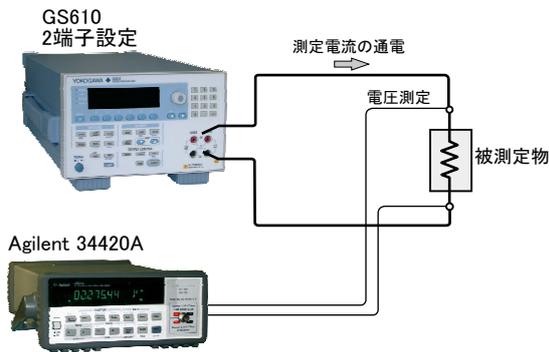
## GS610単体で4端子測定の場合



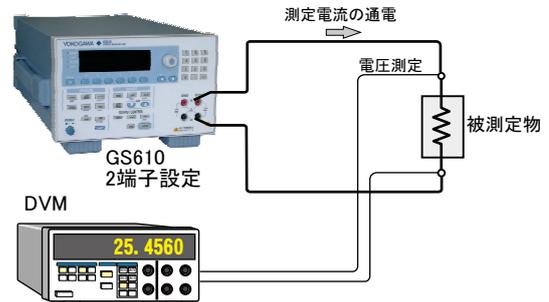
## GS610+2182Aで測定の場合



## GS610+34420Aで測定の場合

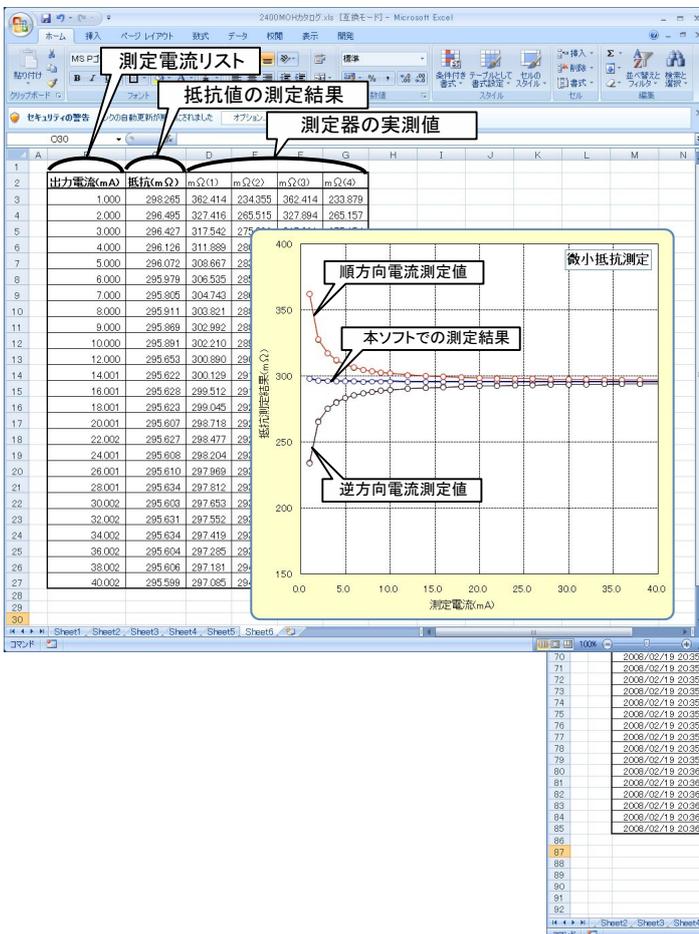


## GS610+その他測定器で測定の場合

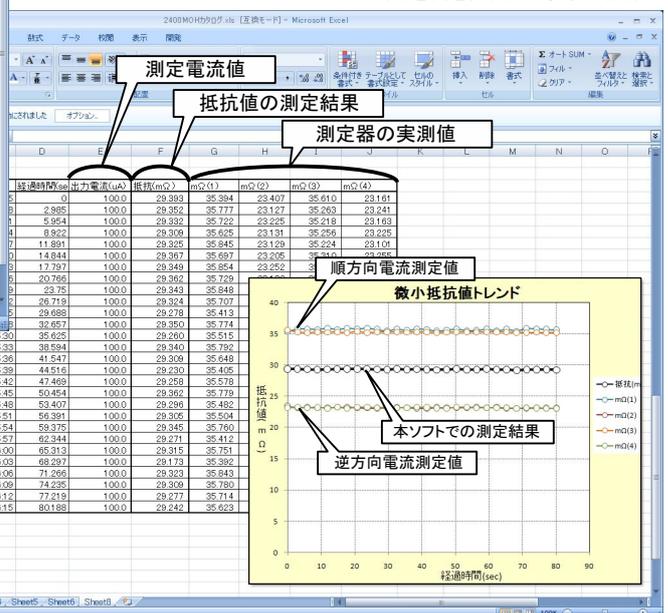


2400が電圧モードの場合、測定値は電流値と解釈されます。  
また、電流モードの場合は、電圧値と解釈されます。

## 測定電流を変更しながらの抵抗測定例



## 測定電流を固定した抵抗測定例



# 本ソフトを使用するために必要な計測器の設定

## KEITHLEY 2182Aの設定

「SHIFT」を押して、「DIGITS」(GPIB)キーを押して、GP-IBをONに設定します。



「ENTER」キーを押して、アドレスを設定します。



もう一度「ENTER」キーを押して、ラングエッジを「SCPI」に設定します。



## KEITHLEY 2000の設定

「SHIFT」ボタンを押した後、「DIGITS」(GPIB)ボタンを押します。下記のように「GPIB ON」にして「ENTER」ボタンで確定します。



測定器のGP-IBアドレスを任意のアドレスに設定し「ENTER」ボタンで確定します。



測定器のラングエッジを「SCPI」に設定し「ENTER」ボタンで確定します。



## 操作説明

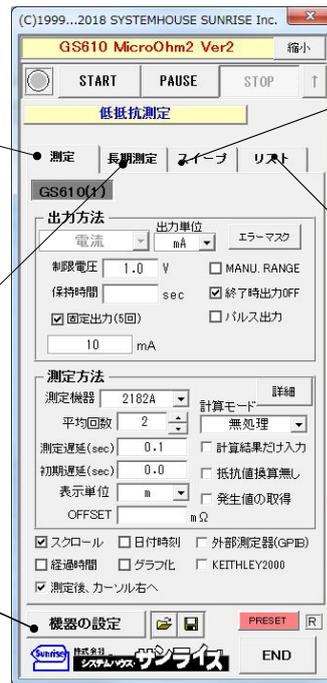
### 抵抗測定を行います。

この「測定」タブを選択して「START」ボタンをクリックすると、指定した電流値での抵抗測定や、Excelシートに入力した電流リストに基づいて抵抗測定を行うことができます。Excelシートの電流リストで測定する場合は、事前にキー入力しておいてください。

### 長期間連続して抵抗測定を行います。

「長期測定」を選択した場合、「測定」タブで設定した測定条件に基づいて長期間連続して抵抗測定を行います。

最初は、このボタンで、使用する機器の型式と、そのGP-IBアドレスを設定してください。下記を参照ください。



### 本体のスィープ機能を使用した測定

この「スィープ」タブが選択されている時に「START」をクリックすると、入力したスィープ条件に基づき機器の設定を行った後、スィープを実行します。スィープ完了後、その結果をExcel上に取込みます。取込データは、現在のカーソル位置から下方向に向かって入力されます。データの取込後、Excelシート上に、自動的に作図を行います。モデル2430では、パルス出力も可能です。

### 本体のカスタムスィープ機能を使用した測定

この「カスタム」タブが選択されている時に「START」をクリックすると、本体のカスタムリストに登録されている出力リストに基づいたスィープ測定を行います。スィープ完了後、その結果をExcel上に取込みます。取込データは、現在のカーソル位置から下方向に向かって入力されます。モデル2430では、パルス出力も可能です。

## 「機器の設定」の説明

GS610を使用するための共通項目を設定します。



測定器型式が表示されます。

もし必要なら、測定器に自由な名前を入力します。

2端子測定/4端子測定の切替を行います。

出力ゼロでのインピーダンスを設定します。

機器のGP-IBアドレスを設定します。

「AUTO V/I」をONに設定します。

Excel出力の場合のポーズ中は出力状態を、ZERO状態に

したい場合にチェックをつけます。ZERO状態のインピーダンスのLO/HIの選択は本画面の「出力ZERO状態」の設定で行います。

# 抵抗測定の実行

「測定」タブを選択した後、「START」ボタンで抵抗測定を開始します。

「固定出力」のチェックを外して、電流可変で抵抗測定を行う場合は、事前にExcelシートに測定電流リストを入力しておく必要があります。その後、「出力位置」ボタンで、各機器が出力するExcelシート上のデータ位置先頭を指定してください。  
上記設定をした後、「START」ボタンをクリックすると指定位置から順次下方向に電流値が出力され、その抵抗測定結果が現在のカーソル位置に入力されます。  
「出力位置」ボタン参照

使用する機器の型式が表示されます。括弧内の数値はGP-IBアドレスを表わします。機器型式とGP-IBアドレスの設定は、「機器の設定」ボタンで行います。

抵抗を定電流測定と定電圧測定で選択します。「電圧」出力での抵抗測定は、測定機器の「内部」「その他」を選択した時だけです。

電圧出力する時は、制限電流を入力し、電流出力する時は、制限電圧を入力します。空欄の場合は、機器仕様と同じその出力値に対応した最大の制限値に自動的に設定されます。

電圧/電流の出力保持時間を入力します。空欄の時は、測定に必要な最小時間になります。パソコンのタイマで時間を管理しますからあまり確 ではありません。パルス出力の場合は、パルス周期に切り換わります。0.05~9999秒の範囲で入力できますが、他の出力条件やパソコンの性能により、0.05秒付近の時間は守れない場合があります。

固定された電流、または電圧で測定する時にチェックを付けます。

出力するデータ先頭位置を指定します。Excel上のカーソルを出力したい先頭位置に置いてこのボタンをクリックします。左のテキストボックスに、カーソル位置が自動的に入力されます。テキストボックスへは、直接、手入力も可能です。テキストボックスが空欄の状態では「START」できません。必ず、入力が必要です。

測定に使用する測定器を指定します。  
・内部  
GS610を単独で4端子法での測定の場合に選択します。  
・2182A  
KEITHLEY2182Aを使用する場合に選択します。  
・34420A  
Agilent34420Aを使用する場合に選択します。  
・その他  
その他の測定器を使用する場合に選択します。

測定の平均回数を指定します。1~100回で指定します。「反転モード」にチェックを付けた場合、順方向だけで平均化、方向だけで平均化した後、順方向と 方向の値をさらに平均化して抵抗値を算出します。

電流通過後、測定開始までの遅延時間を入力します。

測定開始で、初回の測定の時だけ、通電後の測定開始までの待ち時間を入力します。初回だけ、上記の測定遅延時間に 算されます。

測定結果をExcelシートに入力する時の単位を設定します。

現在の測定を完了後、一時停止します。「PAUSE」を押したまま、「START」を押すと、ステップ動作になります。最初に「PAUSE」を押した後に「START」を押しても、ステップ動作になります。「PAUSE」を解除すると、連続測定モードに復帰します。「測定」タブが選択されたときのみ、有効です。

画面を縮小表示に切り換えます。

出力を中断します。

Excel上のデータを出力する時の単位を設定します。Excel上のデータが「100」で、「uA」を設定すると、100uAが出力されます。

マニュアルレンジにチェックを付けたら、指定されたレンジに固定したレンジで常に出力が行われます。右図が表示されますから、レンジ値を入力してください。入力した値を出力する最適なレンジに固定されます。

測定が完了した時、機器の出力をOFFします。チェックを付けないと、終了時、出力は最後の出力値でONを保持します。

チェックを付けたら、出力がパルス出力になります。右図が表示されますから、パルスの時間幅を入力してください。パルス出力にチェックを付けたら、「保持時間」がパルス周期に切り換わります。

注)「制限電圧」のテキストボックスをダブルクリックすると、Low側の制限電圧を独立して設定できます。右画面が表示されます。

測定中に機器にエラー等が発生した場合、出力を中断する条件を設定します。右画面で設定します。

判定値を入力します。判定値を外れると、測定値は、赤色になります。

判定値を外れると測定を中断します。

選択した測定器の詳細設定を行います。

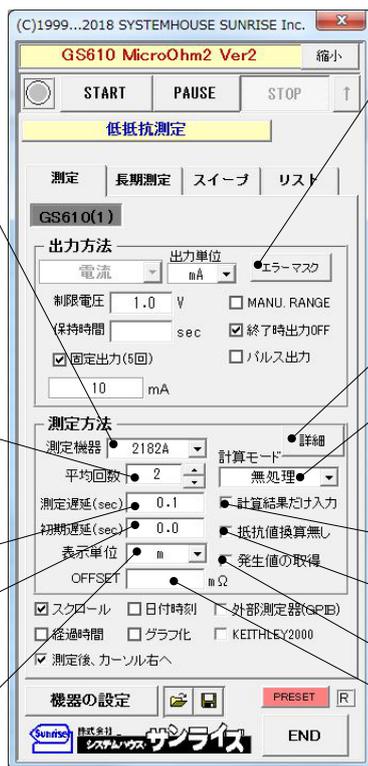
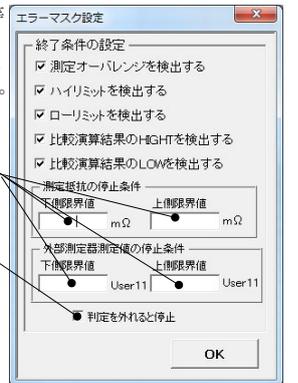
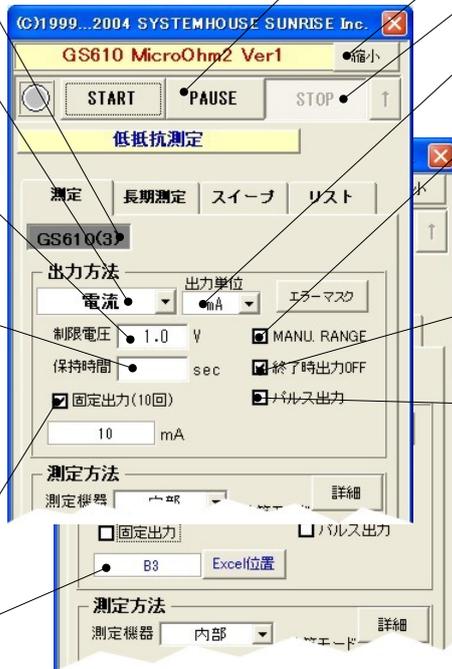
「無処理」「極性反転」「ゼロ補」「デルタ(3点法)」から選択します。「無処理」単純平均での測定。「極性反転」測定ごとに電流方向を切り替えて測定。「ゼロ補」測定と電流ゼロを交互に切り替えて測定。「デルタ(3点法)」測定毎に電流方向を切り替えて3回測定を行います。

チェックを付けたら、実測値はExcelに入力されず、算出した抵抗値だけがExcelシートに入力されます。

チェックを付けたら、抵抗値を計算しないで、測定器の測定値(電圧/電流)をそのままExcelシートに入力します。

電流または電圧の出力測定値もExcelシートに入力します。

ここに入力した値が、測定値から引かれてExcelシートに入力されます。

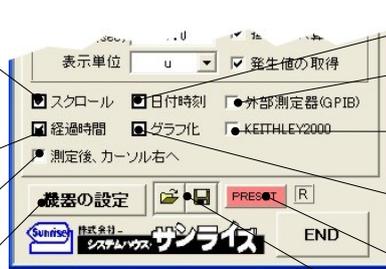


測定中、測定値が常にExcelシート表示されるように、Excelシートを自動的にスクロールします。測定中の作図を行っているとき、グラフがスクロールにより隠れてしまい不都合な場合は、チェックを外して測定をスタートします。

測定開始からの経過時間をExcelシートに入力します。

測定後、現測定値の右側の次の測定位置へExcelカーソルを移動します。

Gs610の詳細を設定します。



測定データの日付時刻をExcelシートに入力します。

他の測定器の測定も同時に行います。(外部測定器の項を参照ください。)

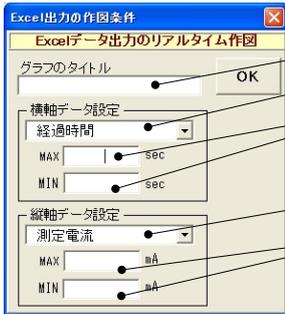
KEITHLEY2000の測定も同時に行います。(W32-GS610MPXだけの機能です。)

測定データのトレンドグラフを作成します。「長期低抵抗測定」では、グラフは作図されません。

機器の全ての設定状態をデフォルトの設定に戻します。(機器の取扱説明書を参照)

入力した全ての条件をロード及びセーブします。

## 「グラフ化」の説明



「測定」タブを選択し、データ出力を行う場合のリアルタイム作図の方法を設定します。

グラフのタイトルを任意に入力します。空欄でもかまいません。

横軸のデータを指示します。

横軸目盛のMAX/MINを入力します。空欄の場合、オートスケールされます。ただし、事前に値を入力し、固定スケールにすると、作図が高速に行われます。

縦軸のデータを指示します。

縦軸目盛のMAX/MINを入力します。空欄の場合、オートスケールされます。ただし、事前に値を入力し、固定スケールにすると、作図が高速に行われます。

## 測定器で「内部」を選択した時の詳細設定



測定の積分時間を設定します。ここでの入力値が測定時間の長さを決定し、入力可能な保持時間(パルス幅)に影響を与えます。

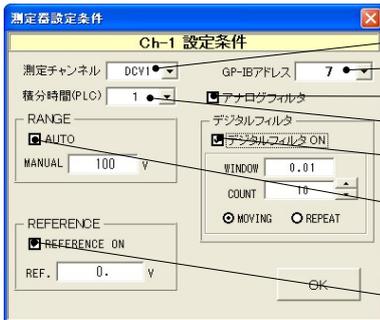
測定するレンジを特定のレンジに固定する場合にチェックを付けます。

オートゼロをONにします。

初回の測定値を読み捨てます。もし、初回の測定値が不安定な場合、チェックを付けます。

## 測定器で「2182A」を選択した時の詳細設定

注)個々の項目の機能詳細につきましては、測定器の「User's Manual」を参照ください。



測定チャンネルを指定します。通常は「DCV1」を選択します。

2182AのGP-IBアドレスを設定します。

アナログフィルタをONにします。

積分時間を設定します。

デジタルフィルタをONにします。ONに設定した場合、その条件を設定します。

測定レンジをAUTO/MANUALで切替えます。AUTOのチェックを外すとレンジ入力用テキストボックスが現れますからレンジをキーボードから入力します。厳密な値を入力する必要はありません。入力された値に一番近い1つ上のレンジに設定されます。

リファレンス機能をONにし、そのリファレンス値を入力します。

## 測定器で「34420A」を選択した時の詳細設定

注)個々の項目の機能詳細につきましては、測定器の「User's Manual」を参照ください。



測定チャンネルを指定します。通常は「DCV1」を選択します。

積分時間を設定します。

各設定項目は、測定器に付属する取扱説明書に記載されている説明文を参照ください。

## 測定器で「その他」を選択した時の詳細設定

その他測定器とはGP-IBでパソコンと接続されている必要があります。

その他測定器から送られてくるデータのフォーマットは、ASCIIであり、複数のデータの場合(Max10個)、データ間はコンマで区切られている必要があります。

注1)複数のデータを受信した場合、本ソフトで使用するデータは、先頭の1つだけで、それ以降のデータは捨てられます。

注2)その他測定器からのデータ取り込みは、全ての測定器との通信を保証するものではありません。

このダイアログボックスは、測定器の接続条件とデータ処理設定を定義するためのものです。各項目の説明は以下の通りです。

- 測定器の条件設定**
  - GP-IBアドレス: 11 (他の測定器のGP-IBアドレスを設定します。)
  - デリミタ: LF+EOI (測定器のデリミタを設定します。通常は、LF+EOIです。)
  - 測定器初期化コマンド (必要な場合): (測定開始前に、測定器に送信するコマンドがある場合は、ここに入力します。ファンクションやレンジ切換えのコマンドを入力します。通常は空欄です。)
- データ受信時の設定**
  - クエリコマンド (必要な場合): (もし、測定器からデータを受け取る時、クエリコマンドを事前に送信する必要がある時、ここに送信するクエリコマンドを入力します。ほとんどの場合、空欄でOKです。もし、マルチメータがSCPIコマンド準拠のものであれば、下記のコマンドのどれかが使用されます。:READ? :FETCH? :MEAS?)
  - トリガ送信必要:  (測定器のデータ受信時にトリガが必要な時、チェックをつけます。)
  - トリガ方法:  GET  \*TRG  任意コマンド (「GET」、「\*TRG」、「任意コマンド」からトリガの方法を選択します。通常は、「GET」の選択をします。「任意コマンド」を選択した場合は、トリガコマンドをテキストボックスに入力します。)
  - トリガコマンド: :INIT:IMM
- 演算実行**
  - 係数 A: 1.0 (測定器のデータに演算処理を行うときにチェックします。複数のデータが受信された場合は、その全てのデータに、下記に入力した演算が行われます。)
  - 係数 B: 0.0 (取り込んだデータに、下記演算を行った後、Excelへ入力します。Excelへの入力値 = (測定器データ - B) \* A)
  - 単位: User110 (ヘッダとしてExcelへ入力する事項をここに入力します。空欄の場合、「外部」が入力されます。)
  - 演算式: 測定値に、下記の演算が行われた後、Excelへ入力されます。入力値 = (測定値 - B) \* A
- データフォーマット**
  - 測定器-1:  数値データ (測定器のデータは数値として扱います。)
  - データの区切り方法:  コマ  スペース  任意 (測定器から複数のデータが送信される場合、データの区切り文字を指定します。一般的には「コンマ」が使用されます。)

## KEYSIGHT 34401Aの入力例

KEYSIGHT 34401Aの入力例を示す設定画面です。

- 測定器の条件設定
  - GP-IBアドレス: 22
  - デリミタ: LF+EOI
  - 測定器初期化コマンド (必要な場合): FUNC "VOLT:DC"
- データ受信時の設定
  - クエリコマンド (必要な場合): :READ?
  - トリガ送信必要:
- 演算実行:

## 測定電流リストをExcelシートに入力する方法

この位置を出力位置に指定します。  
出力データは、Excel上の任意の位置  
に入力可能です。

この位置にカーソルを置いて、試験を開始した場合の例です。  
カーソル位置は任意ですが、測定結果は、カーソル位置から  
下方方向に入力されます。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
3													
4				日付時刻	経過時間(sec)	出力電流(uA)	抵抗(mΩ)	mΩ (1)	mΩ (2)	mΩ (3)	mΩ (4)		
5		2	2008/02/19 2021.04		0.0	2.000	39.350	-789.633	854.136	-721.000	813.897		
6		3	2008/02/19 2021.07		3.0	3.000	69.616	-435.665	589.802	-444.798	569.126		
7		4	2008/02/19 2021.10		6.0	4.000	71.548	-291.422	426.100	-284.331	435.844		
8		5	2008/02/19 2021.13		8.9	5.000	65.835	-202.350	332.414	-191.921	325.198		
9		7	2008/02/19 2021.16		11.9	7.000	68.634	-117.063	256.381	-105.803	241.019		
10		10	2008/02/19 2021.19		14.9	10.000	66.465	-49.234	181.700	-40.580	173.976		
11		15	2008/02/19 2021.21		17.8	15.000	67.607	0.169	134.370	1.980	133.911		
12		20	2008/02/19 2021.24		20.8	20.000	67.394	19.214	115.444	21.833	113.065		
13		25	2008/02/19 2021.27		23.7	25.000	67.209	31.687	102.102	33.759	101.286		
14		30	2008/02/19 2021.30		26.7	30.001	67.186	40.302	94.236	40.588	93.616		
15		35	2008/02/19 2021.33		29.7	35.002	67.390	45.390	89.409	46.252	88.510		
16		40	2008/02/19 2021.36		32.6	40.001	66.896	48.914	85.371	49.599	83.699		
17		45	2008/02/19 2021.39		35.6	45.001	66.464	51.824	81.403	52.084	80.545		
18		50	2008/02/19 2021.42		38.6	50.002	66.300	53.906	78.798	54.196	78.301		
19		55	2008/02/19 2021.45		41.6	55.003	66.317	55.881	77.039	55.813	76.535		
20		60	2008/02/19 2021.48		44.6	60.003	65.949	56.699	75.147	56.900	75.048		
21		65	2008/02/19 2021.51		47.5	65.003	65.624	57.442	74.057	57.579	73.418		
22		70	2008/02/19 2021.54		50.5	70.002	65.246	58.027	72.476	58.121	72.360		
23		75	2008/02/19 2021.57		53.5	75.002	65.193	58.630	71.733	58.630	71.780		
24		80	2008/02/19 2022.00		56.5	80.000	64.887	59.212	70.624	59.098	70.615		
25		85	2008/02/19 2022.03		59.5	85.000	64.795	59.599	70.085	59.289	70.209		
26		90	2008/02/19 2022.06		62.5	90.001	64.754	59.865	69.699	59.768	69.683		
27		95	2008/02/19 2022.09		65.5	94.999	64.523	60.025	69.157	59.742	69.171		
28		100	2008/02/19 2022.12		68.4	100.000	64.544	60.000	68.859	60.318	68.768		
					71.4	105.001	64.390	60.500	68.218	60.524	68.260		
					74.4	109.000							
					77.4	114.000							
					80.4	119.000							

試験を開始する前に、出力する測定電流リスト  
を縦方向に入力しておきます。  
電流は、GS610から出力する場合はプラス値で、  
Gs610に吸込む場合はマイナス値で入力します。

試験の測定結果が、このように入力されます。グラフ機能を  
Onに設定しておく、自動的に作図が行われます。

## 外部測定器(マルチメータ等)の設定方法

外部測定器とはGP-IBでパソコンと接続されている必要があります。(下図)

外部測定器から送られてくるデータのフォーマットは、ASCIIであり、複数のデータの場合(Max10個)、データ間はコンマで区切られている必要があります。注)外部測定器からのデータ取り込みは、全ての測定器との通信を保証するものではありません。

外部測定器のGP-IBアドレスを設定します。

測定器のデリミタを設定します。通常は、LF+EOIです。

測定開始前に、測定器に送信するコマンドがある場合は、ここに入力します。ファンクションやレンジ切替えのコマンドを入力します。通常は空欄です。

もし、外部測定器からデータを受け取る時、クエリコマンドを事前に送信する必要がある時、ここに送信するクエリコマンドを入力します。ほとんどの場合、空欄でOKです。  
もし、マルチメータがSCPIコマンド準拠のものでしたら、下記のコマンドのどれかが使用されます。  
:READ? :FETCH? :MEAS?

外部測定器のデータ受信時にトリガが必要な時、チェックをつけます。

「GET」、「\*TRG」、「任意コマンド」からトリガの方法を選択します。通常は、「GET」の選択をします。「任意コマンド」を選択した場合は、トリガコマンドをテキストボックスに入力します。

外部測定器のデータに演算処理を行うときにチェックします。複数のデータが受信された場合は、その全てのデータに、下記に入力した演算が行われます。

取り込んだデータに、下記演算を行った後、Excelへ入力します。  
Excelへの入力値 = (測定器データ - B) \* A

ヘッダとしてExcelへ入力する事項をここに入力します。空欄の場合、「外部測定器」が入力されます。

外部測定器のデータを数値として扱うか、文字として扱うかの設定を行います。通常は「数値データ」に設定します。

外部測定器から複数のデータが送信される場合、データの区切り文字を指定します。一般的には「コンマ」が使用されます。

外部測定器が送信するデータ数をセットします。

## KEITHLEY 2000を使用する場合の設定

注)W32-2400MPXだけの機能です。

測定ファンクションを設定します。DC電圧電流、AC電圧電流、抵抗2線抵抗4線、温度、周波数、周期から選択。

測定レンジをAUTO/MANUALで切換えます。AUTOのチェックを外すとレンジ入力用テキストボックスが現れますからレンジをキーボードから入力します。入力された値が一番近い1つ上のレンジに設定されます。

アベレージング機能をONにします。

トリガ方法を設定します。

「FREE RUN」

測定中もFREE RUN状態を保持します。

「パソコン」

測定時間毎にパソコンが測定器にトリガを送信します。

測定器はHOLD状態になります。

「外部」

測定器リアーのトリガリンク端子に同期してサンプリングを行ないます。

スキャナカードを使用するときチェックを付けます。

サンプリングレートを設定します。  
FAST=NPLC 0.01  
MID=NPLC 1  
SLOW=NPLC 10

相対値測定をONにします。

測定値をExcelへ入力する時の単位を設定します。「実値」は、測定ファンクションにより「V」「A」または「Ω」の単位で入力します。「係数演算」を有効にした場合は、この設定は無視されます。

測定データを係数演算して、その結果をExcelシートに入力します。右画面が表示されますから、係数A,Bとその演算結果の単位を入力してください。

測定器本体で設定したGP-IBアドレスと同じ値を設定します。

測定のトリガディレイ時間を入力します。通常は、空欄または「0」を入力します。

## 温度の測定

測定のファンクションで「温度」を選択します。

サンプリングレートを設定します。

FAST=NPLC 0.01

MID=NPLC 1

SLOW=NPLC 10

熱電対のタイプを選択します。(K, J, T)

温度の単位を選択します。(C, F, K)

アベレージング機能をONにし、その条件を設定します。

## 周波数・周期の測定

測定のファンクションで「周波数」または「周期」を選択します。

測定する電圧レンジを設定します。

## Model2000-SCAN スキャナカードを使用した測定方法

「リレーカード使用」にチェックを付けると、下記画面が表示されますから、スキャン測定の条件を設定します。「リレーカード使用」チェックが付いた状態から下記画面を表示するためには、一旦チェックを外してから再度チェックを付けます。各チャンネルの測定ファンクション毎のサンプリングレイト(FAST,MID,SLOW)やアベレージング等の測定条件は事前に手動で設定しておく必要があります。

測定するチャンネルにだけにチェックを付けます。  
測定チャンネルは連続している必要はありません。

測定ファンクションを設定します。各チャンネル毎に異なったファンクションの設定が可能です。ただし、連続したチャンネルで全て同一のファンクションに設定すると速いスキャン測定が可能になります。その場合、DC電圧で10chの測定に要する時間は約1.1秒です。1~5chでは、4端子抵抗測定の選択が可能ですが、4端子抵抗測定を選択すると、その対になるチャンネルの使用はできなくなります。例えば、ch-2を4端子抵抗測定に設定するとch-7は使用できなくなります。

各チャンネルの測定値に演算処理を行った後、Excelへの入力を行う場合は「演算」にチェックをつけ、「係数A」「係数B」「単位」に適切な値を入力します。

Excelへの入力値 = (測定値 - 係数B) \* 係数A

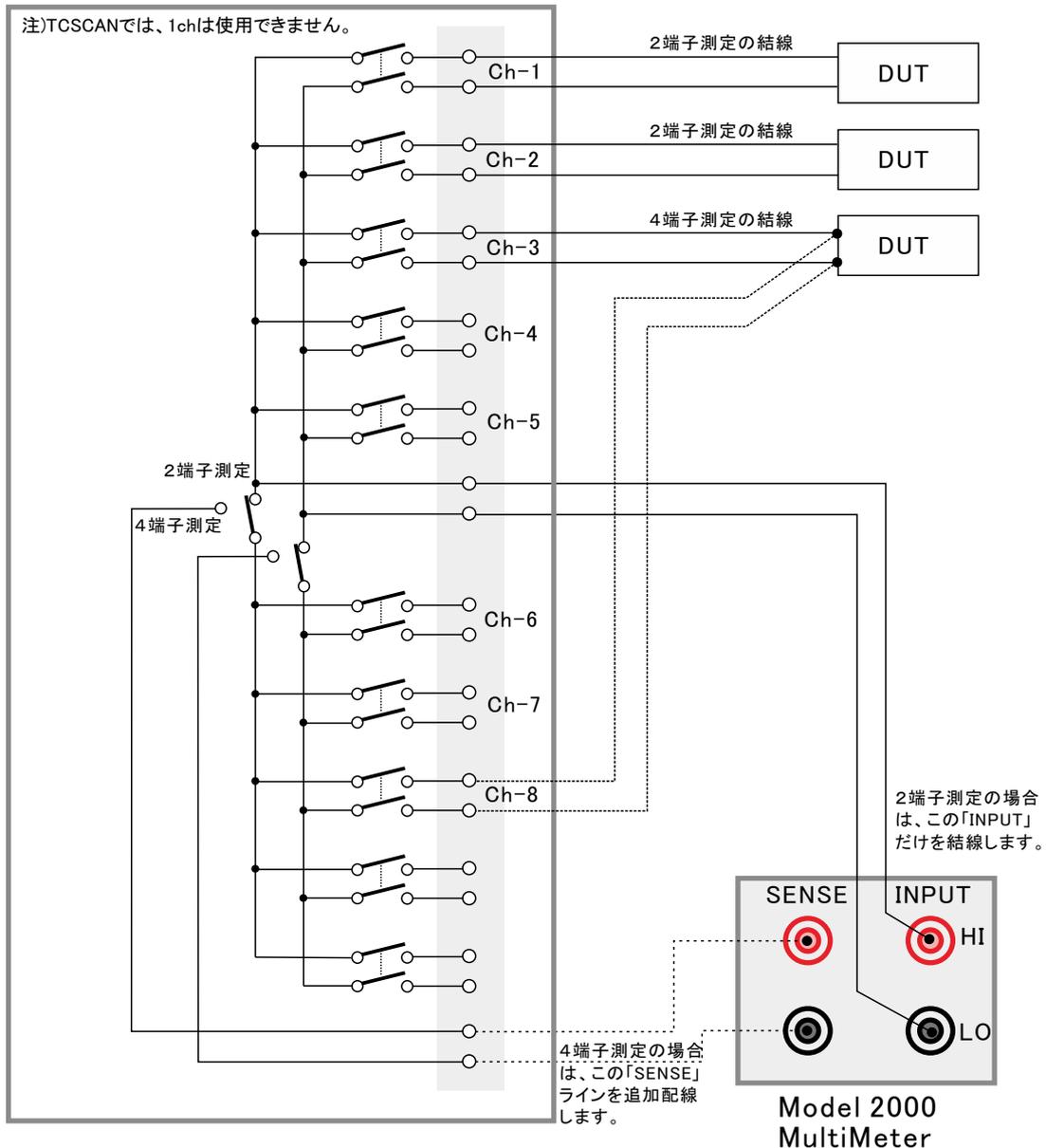
CHANNEL	ファンクション	演算	係数A	係数B	単位
<input checked="" type="checkbox"/> Ch-1	DC電圧	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	0.0	User1
<input checked="" type="checkbox"/> Ch-2	抵抗(4線)	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	0.0	User2
<input checked="" type="checkbox"/> Ch-3	AC電圧	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	0.0	User3
<input checked="" type="checkbox"/> Ch-4	温度	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	0.0	User4
<input checked="" type="checkbox"/> Ch-5	AC電圧	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	0.0	User5
<input checked="" type="checkbox"/> Ch-6	DC電圧	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	0.0	User6
<input type="checkbox"/> Ch-7	抵抗(2線)	<input type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/> Ch-8	DC電圧	<input type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/> Ch-9	AC電圧	<input type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/> Ch-10	DC電圧	<input type="checkbox"/>			

Excelへの入力値=(測定値-B)\*A

### スキャナカードの配線例

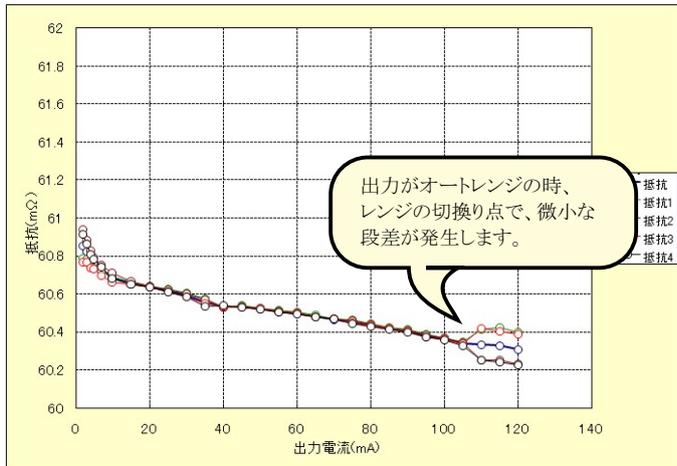
Model 2000-SCAN Scanner Card(10ch)

Model 2000-TCSCAN Scanner Card(9ch)



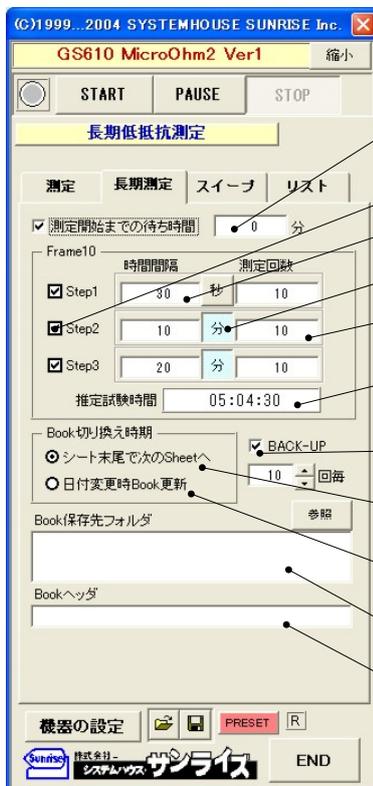
## 電流可変による抵抗値測定の注意事項

電流を広範囲に可変しながら抵抗値の測定をおこなう場合、測定データをグラフにより拡大表示すると、下記のような僅かな段差が見られる場合があります。これは、電圧電流発生器の出力レンジをオートレンジで測定した場合に、レンジの切り換わり点で発生します。この段差を防ぎたい場合は、出力レンジを固定レンジにして測定を行ってください。



## 長期低抵抗測定を行う場合の設定

「測定」タブで、固定出力にチェックを付けた時だけ「長期低抵抗測定」が可能になります。また、測定条件は、全て「測定」タブの画面で設定した条件に従います。ただし、グラフの作図は行われません。



「START」ボタンをクリックして、実際に測定を開始するまでの待ち時間を入力します。例えば、恒温槽内に試料を入れ、所定の温度に到達するまで待ってから測定を開始したい場合などに使用します。

測定の時間間隔を3種類で設定できます。測定で使用する測定ステップにチェックします。

時間間隔を入力します。

時間間隔の単位を「秒」と「分」で切り換えます。

測定回数を入力します。

上記で設定した測定時間間隔と測定回数から、全ての測定を終了までの所要時間が表示されます。この時間が再計算されるのは、入力したテキストボックスからカーソルを移動したときです。

測定データの入力されたExcelブックを定期的の上書き保存する時にチェックを付けます。その後、保存する測定サイクルを指定します。

測定データが、Excelシートの最下行に到達したとき、次のシートの先頭に移動します。次のシートがない場合は、自動的にシートが作成されます。ただし、シートが20シートに到達すると、試験を強制的に終了します。

日付が変更になったとき、現在のブックを保存した後、新しいブックを作成し、その先頭からデータを入力します。

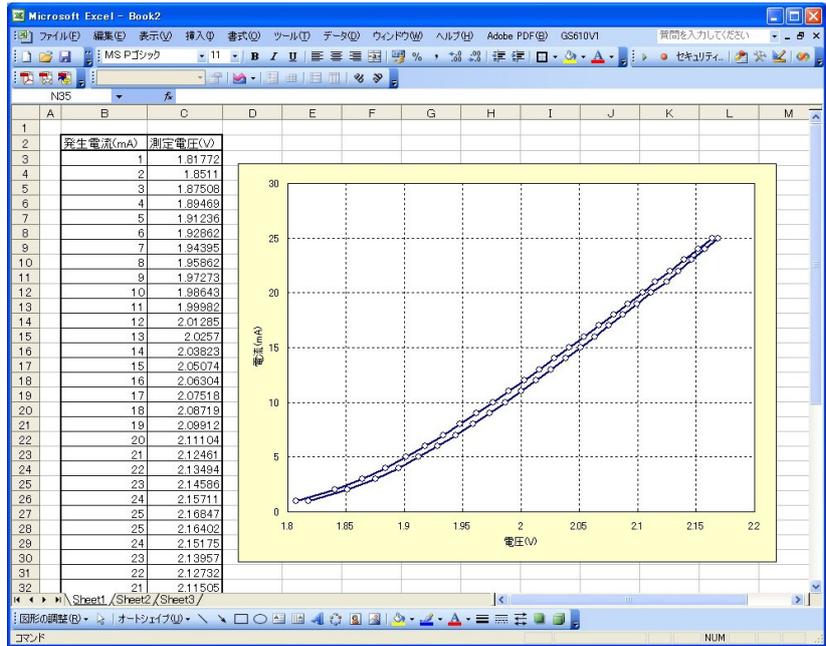
データの入力されたExcelブックを保存するフォルダを指定します。

バックアップ保存されるExcelブック名の先頭に付ける名称を入力します。Excelブックには、下記の名前が自動的に付けられます。

バックアップ保存でExcelブックのファイル名  
 “Book名のヘッダ” + “\_” + 年月日 + “\_” + 時分秒 + “.xls”

# GS610本体のスイープ機能を使用した測定

## 測定器のスイープ機能を使用した測定結果の例



### 本体のスイープ機能を使用した測定

この「スイープ」タブが選択されている時に「START」をクリックすると、設定した条件に基づき、機器の設定後、スイープを開始します。スイープ完了後、その結果をExcel上に取込みます。取込データは、現在のカーソル位置から下方向に向かって入力されます。

使用する機器の型式が表示されます。括弧内の数値はGP-IBアドレスを表わします。機器型式とGP-IBアドレスの設定は、「機器の設定」ボタンで行います。

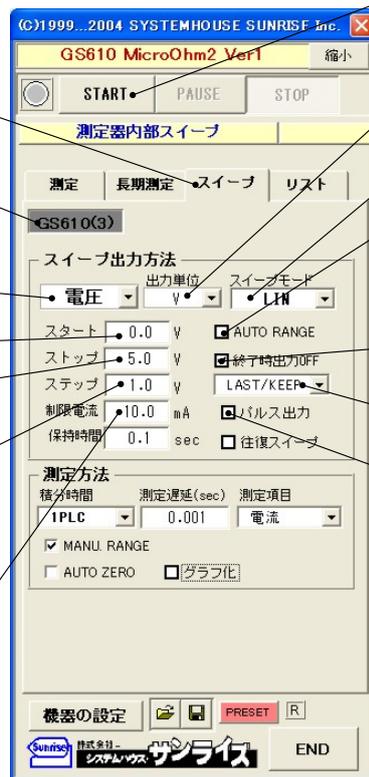
電圧スイープ/電流スイープを切り換えます。

スイープスタート電圧/電流を入力します。

スイープストップ電圧/電流を入力します。LOGスイープの場合スタートとストップの正負の極性は同じにしてください。

LINスイープの時、ステップ電圧/電流を入力しLOGスイープの時、分割ステップ数を入力します。最大65,000までのステップ数の入力が可能です。測定とデータ取込に時間を要しますからあまり多くのデータの取り込みはお勧めできません。スイープデータを100ステップ分をパソコンに取り込むのに要する時間は、約15秒です。

電圧出力する時は、制限電流を入力し電流出力する時は、制限電圧を入力します。空欄の場合は、制限値はOFFに設定されます。



スイープを開始します。

スイープスタート/ストップ値の入力の単位を設定します。

リニア/ログのスイープを切り換えます。

チェックを付けると出力はオートレンジになりチェックを外すと、出力範囲をカバーする最適なレンジに固定されます。特別な事情が無い限りオートレンジでのスイープ測定はお勧めできません。スイープ中にレンジ変更が発生し測定が阻害される場合があります。

出力完了時、機器の出力をOFFにして出力を終了します。チェックを付けないと、終了時、出力は最後の出力値でONを保持します。

スイープ終了時の出力値の状態を選択します。

チェックを付けると、出力がパルス出力になります。下図が表示されますから、パルスの時間幅とベース値を入力してください。パルス出力にチェックを付けると、「保持時間」がパルス周期に切り換わります。測定を伴うパルス出力では、最小パルス幅は、0.95msです。

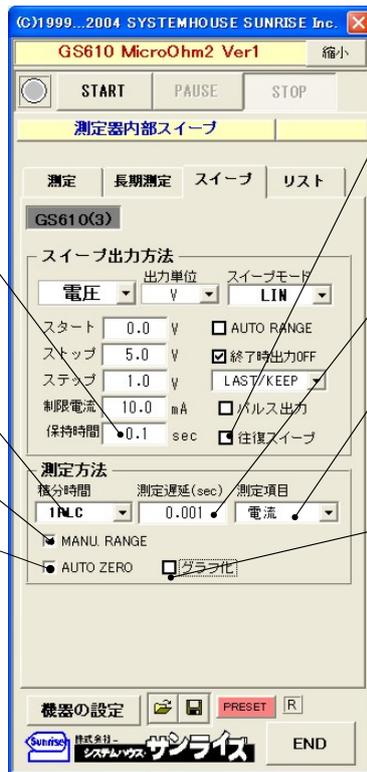


電圧/電流の各ステップでの出力保持時間を  
を入力します。パルス出力の場合は、パルス  
周期に切り換わります。  
0.002~9999秒の範囲で入力できますが、  
積分時間、測定遅延時間、パルス幅により  
実際の保持時間は影響を受けます。

測定の積分時間を設定します。  
ここでの入力値が測定時間の長さを決定し、  
入力可能な保持時間(パルス幅)に影響を  
与えます。

測定するレンジを特定のレンジに固定する  
場合にチェックを付けます。

オートゼロをONにします。



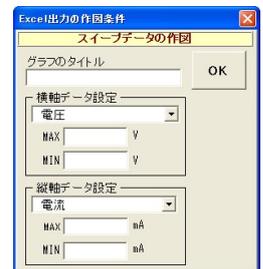
スweep測定を往復で測定します。  
ヒステリシスの評価に使用します。  
「スタート」から「ストップ」までスweepした後、最後の  
電圧値で一旦停止し、データをパソコンに取り込みます。  
この間、スweepデータ数に応じたデータ取込時間だけ  
スweepが停止します。データの取込を終了すると、  
「ストップ」から「スタート」に向かってスweepを再開  
します。

出力値設定後、測定開始までの遅延時間を入力  
します。

測定する項目を選択します。選択をすると同時に、  
その測定値をExcelへ入力する時の単位を指定し  
ます。

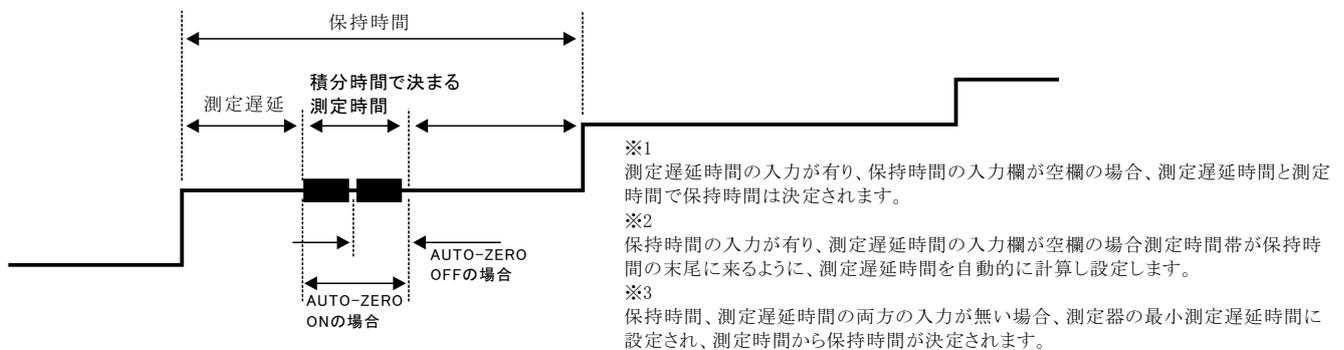


スweep動作を完了し、測定データをExcelシートに  
取り込んだ後、自動的に作図を行います。右の画面  
で、その作図条件を入力します。MAX,MINの欄が空  
欄の場合、オートスケールで作図が行われます。



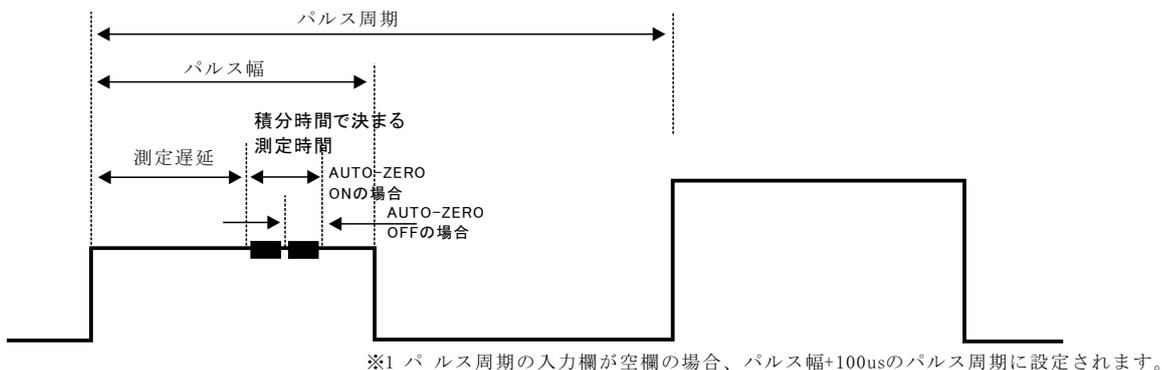
## DC出力の場合のタイミングチャート概略

「Excelデータのリアルタイム出力」の場合、下記の「保持時間」は、パソコン側で時間を管理しますから、高精度な時間は期待できませんし、繰返しごとの時間のばらつきも発生します。



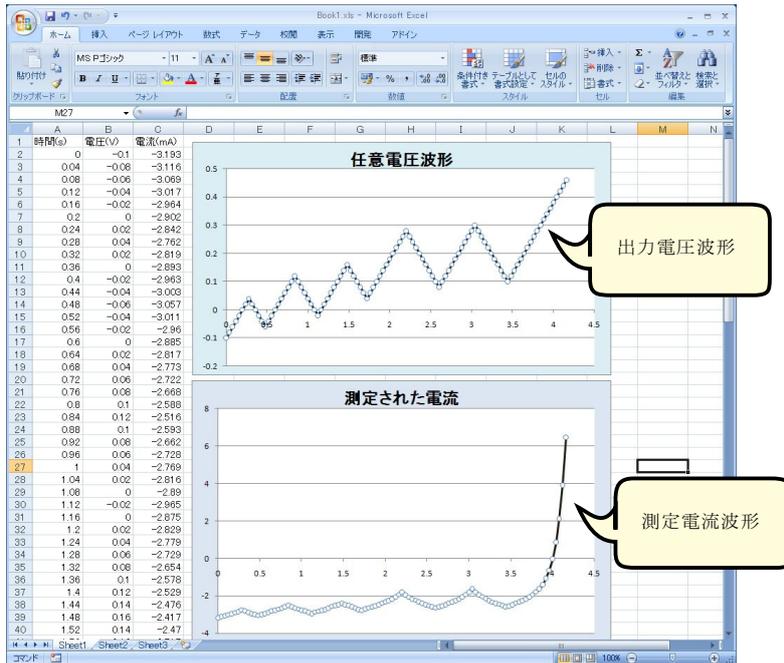
## パルス出力の場合のタイミングチャート概略

「Excelデータのリアルタイム出力」の場合、下記の「パルス周期」は、パソコン側で時間を管理しますから、高精度な時間は期待できませんし、繰返しごとの時間のばらつきも発生します。



# GS610本体のリストスイープ機能を使用した測定

## ランダム波形でスイープした例



## Excel上のデータをリスト(プログラム)スイープとして出力

この「リスト」タブが選択されている時に「START」をクリックすると、GS610本体に保存されている出力リストファイル「SunriseList.csv」に従ってスイープを実行し、その測定結果をExcel上に取込みます。取込データは、現在のカーソル位置から下方向に向かって入力されます。

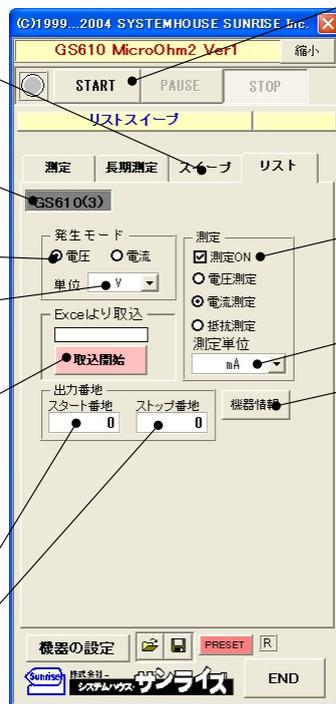
出力と測定の条件を入力する機器を選択します。括弧内の数値はGP-IBアドレスを表わします。GP-IBアドレスの設定は、「機器の構成」ボタンで行います。

Excelシートより、電圧値として取り込むか、電流値として取り込むかを選択します。

取り込むデータの単位を設定します。例えば、Excel上のデータが「100」で「mA」を設定した場合、100mAとして取り込まれます。

Excel上の数値データリストを読み、GS610内部にプログラムスイープリストを作成します。その時のファイル名は、常に「SunriseList.csv」となります。「START」ボタンにより、このリストによるスイープ出力がおこなわれます。Excel上の現在のカーソル位置から下方向にデータの取り込みを開始します。セルが空欄になるか、6,000個になると、取り込みを終了します。取り込んだ結果は、下の出力番地に反映されます。

Excelシートから取り込んだリストスイープデータ数が表示されます。



リストスイープを開始します。ここでのスイープ条件は、全て「スイープ」タブの画面で入力した条件が採用されます。  
 ・制限電流/電圧  
 ・保持時間  
 ・出力レンジ  
 ・積分時間  
 ・測定遅延などです。自動作図機能はありません。

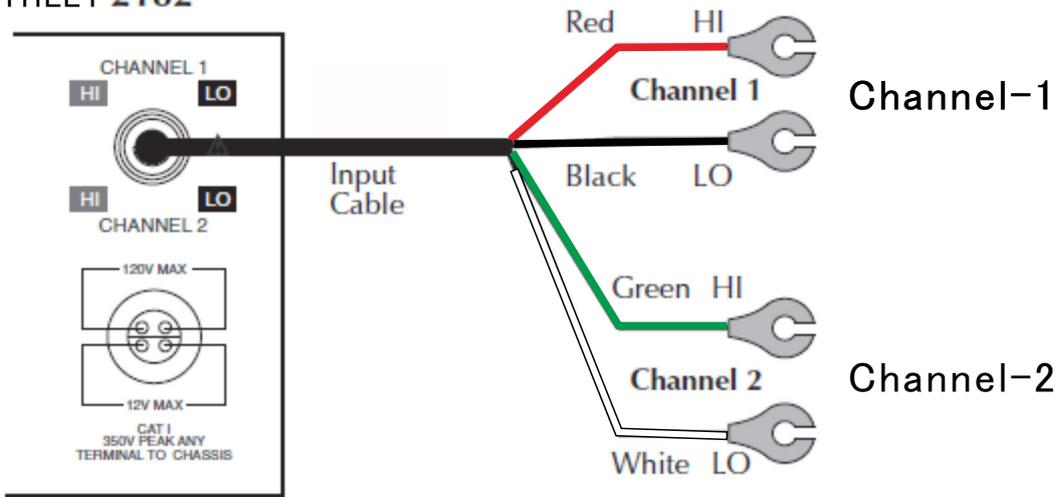
リストスイープと同時に測定を行うときにチェックを付けます。電圧測定/電流測定/抵抗測定のどれか一つの選択となります。

測定結果をExcelへ入力するときの単位を設定します。

接続されている機器の型式を取得し、表示します。

# 参考

Agilent 34420  
KEITHLEY 2182



## Agilent 34420の設定

34420本体のメニューを選択し、

1. インターフェイス= GP-IB
2. GP-IBアドレス(既存値=22)
3. ラングエッジ = SCPI

を設定します。  
詳細は、34420付属の操作説明書を参照ください。

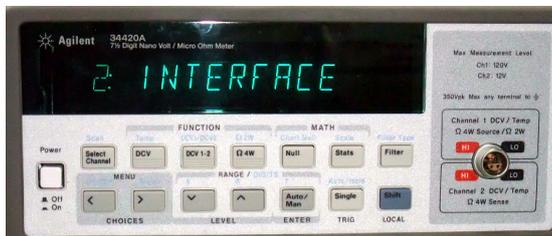
‘Shift’ + ‘>’ KEYで ‘I/O MENU’ を表示。



1. GP-IBアドレスを設定します。(既存値=22)



2. インターフェイスをGP-IBに設定します。



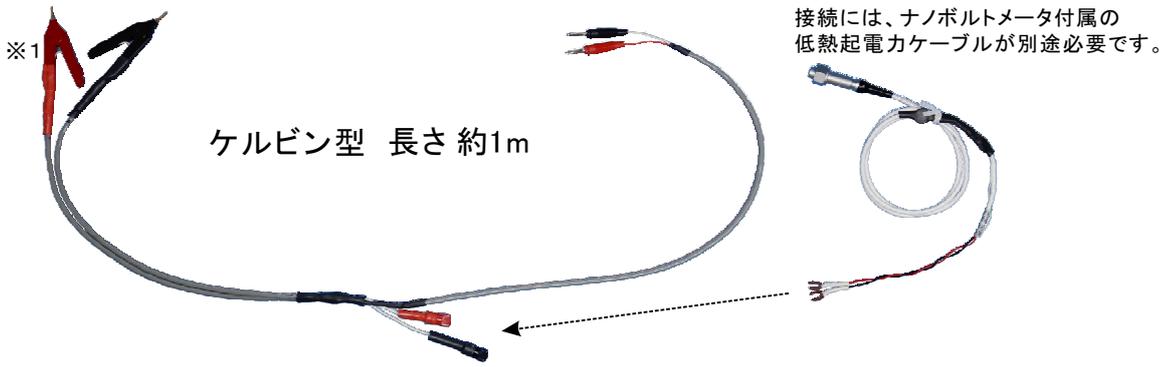
3. ラングエッジをSCPIに設定します。



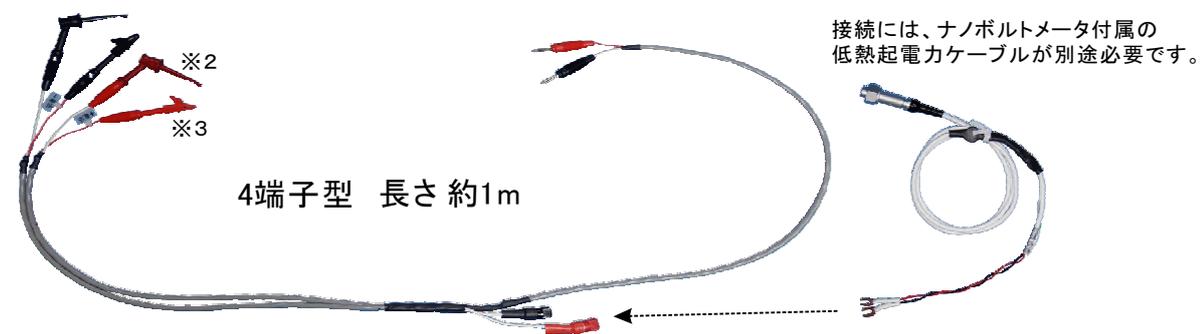
# 微小抵抗測定用ケーブル

2022.05.28

型番	S4W-K1	定価	38,000円
----	--------	----	---------



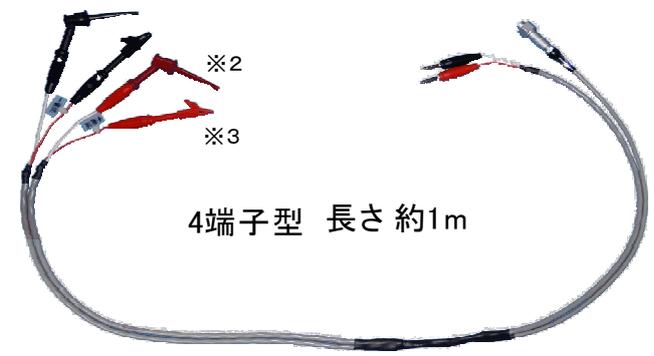
型番	S4W-R1	定価	36,000円
----	--------	----	---------



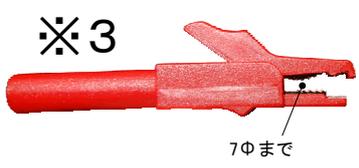
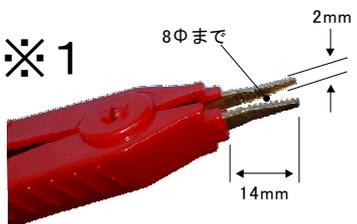
型番	S4W-K2	定価	54,000円
----	--------	----	---------



型番	S4W-R2	定価	50,000円
----	--------	----	---------



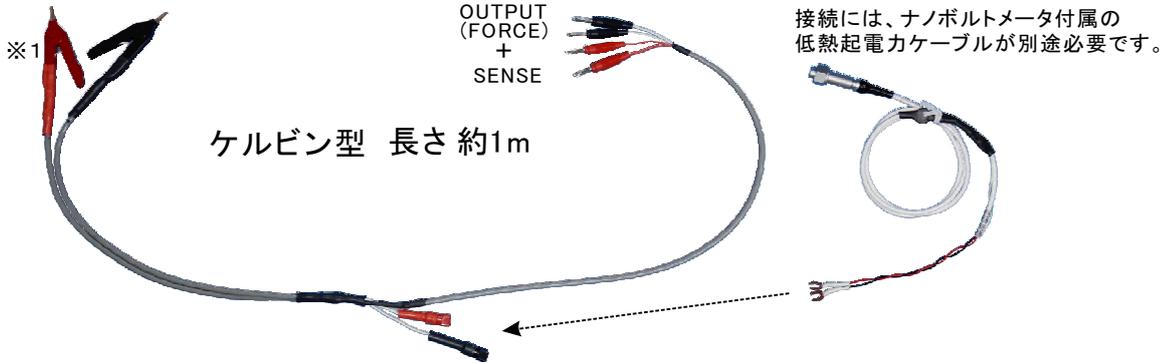
型番	S4W-R3	定価	16,000円
----	--------	----	---------



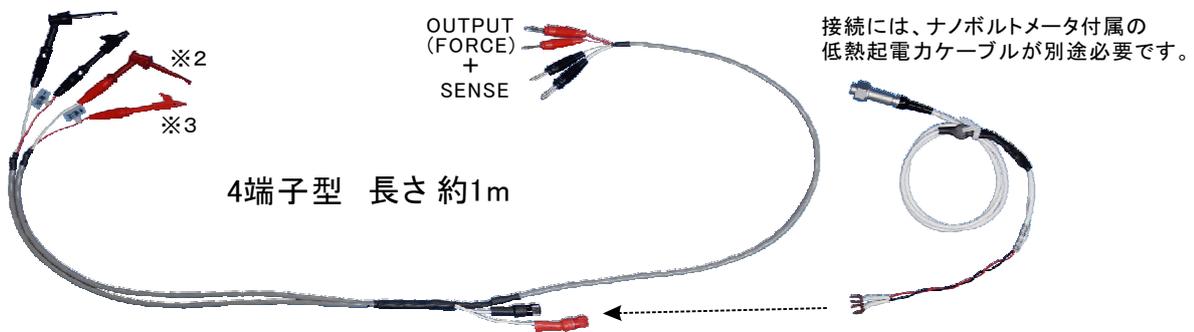
# 微小抵抗測定用ケーブル-2

車用ワイヤーハーネス/絞め部測定専用 20mV開放電圧対応

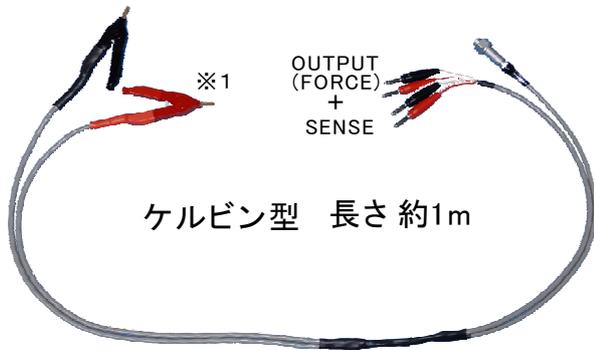
型番	S4W-K1W	定価	40,000円
----	---------	----	---------



型番	S4W-R1W	定価	38,000円
----	---------	----	---------



型番	S4W-K2W	定価	58,000円
----	---------	----	---------



型番	S4W-R2W	定価	54,000円
----	---------	----	---------

