

**微小抵抗の高精度測定！  
4 探針測定をサポート！**

直流電圧・電流源/モニター

**6240A/40B/41A/42/43/44**

**6253/6254**

ナノボルトメータ

KEITHLEY 2182A/KEYSIGHT 34420A

6240A,6240B,6241A,6242,6243,6244,6253,6254は、エーディーシー社の商標です。

2182Aは、ケースレー社の商標です。

34420Aは、キーサイトテクノロジー社の商標です。

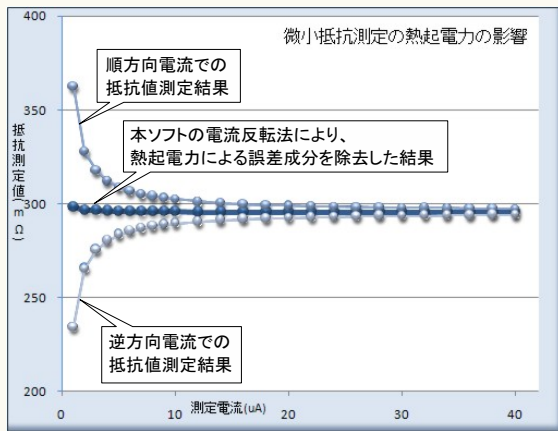
使用できる機種	品番	GP-IBボード	価格	動作環境
6240A/40B/41A 6242/6243/44 2182A.34420A 2000+SCAN <b>長期測定用</b>	W32-6241MR2-R	ラトックシステム製	280,000円	Windows 7/8.1/10/11 (64bit版推奨) Excel 2010,2013 2016,2019,2021 (32bit版 Only)
	W32-6241MR2-N	NI製		
6240A/40B/41A 6242/6243/44 2182A.34420A 2000+SCAN <b>4探針測定機能</b>	W32-6241MR4-R	ラトックシステム製	320,000円	
	W32-6241MR4-N	NI製		

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uA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となります。

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。

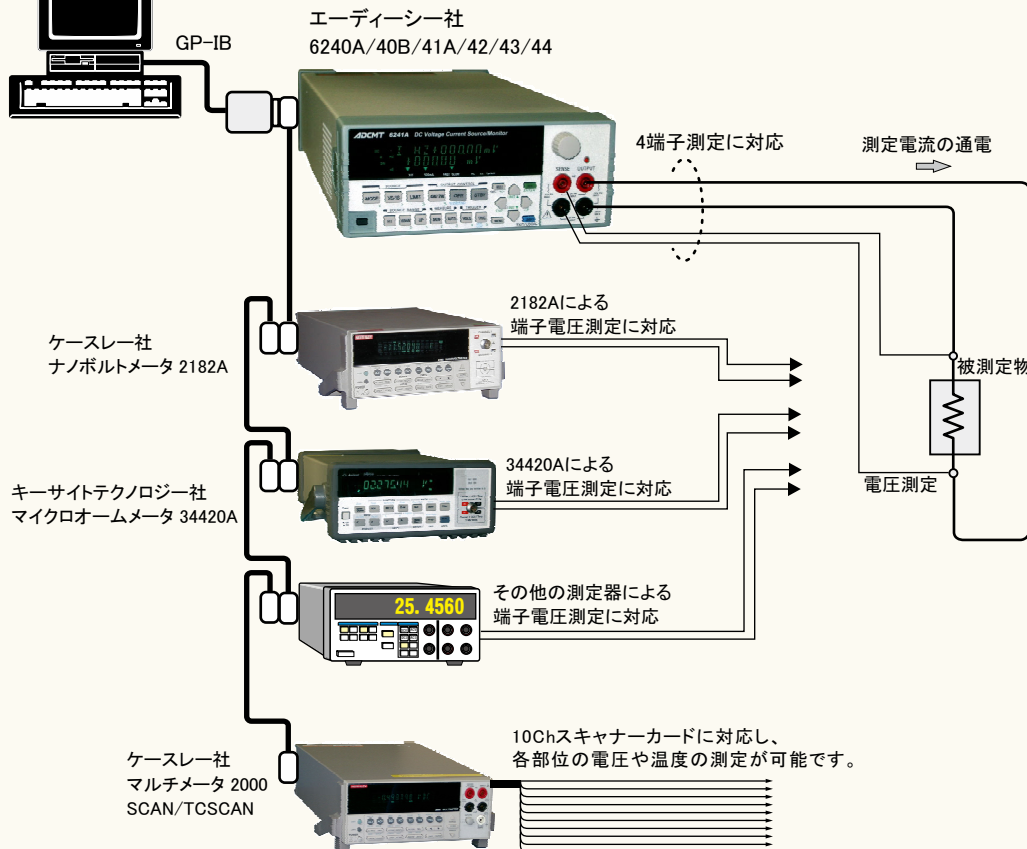
本ソフトでは、電流反転法による測定で熱起電力による誤差成分を除去し、かつ、平均化法により、周辺ノイズや温度変化によるバラツキを小さく えます。

ただし、使用する計測器の性能や 度を越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 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



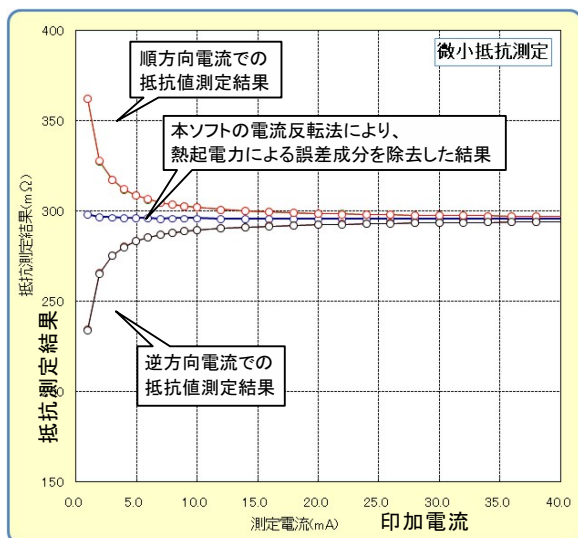
## 誤差要因を除去して、微小抵抗の測定を行なうことができます。

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。

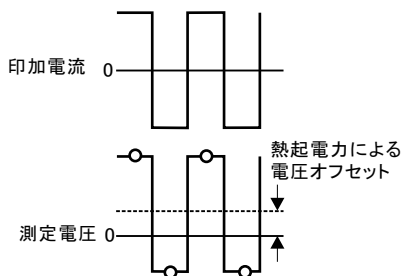
しかし、電圧測定のために使用するケーブルの金属接合部にはゼーベック効果による熱起電力が発生し、その電圧成分が誤差要因となります。その電圧の大きさは、使用するケーブルや周辺の温度環境によって異なりますが、数 $\mu\text{V}$ になる場合があります。

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ことが必要です。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。

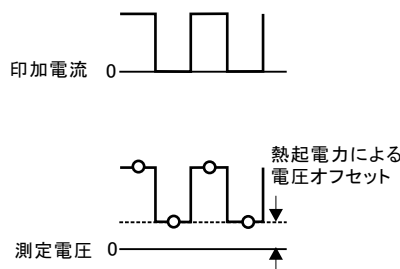
#### ① 電流反転法

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。



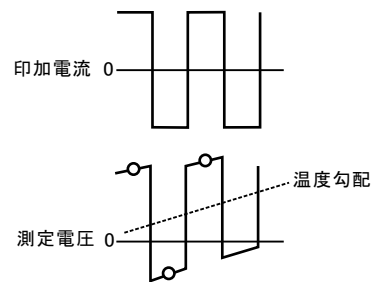
#### ② ゼロ補正法

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。

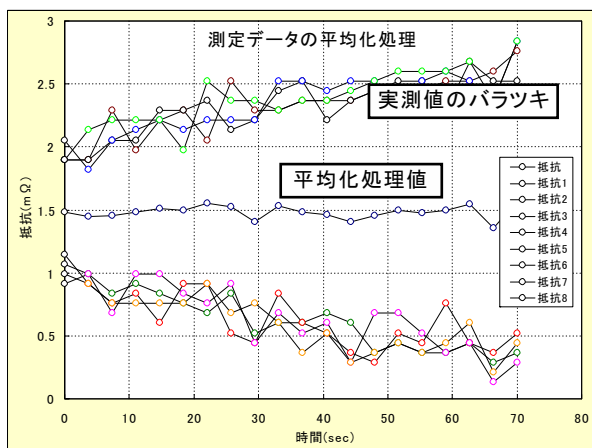


#### ③ 3点補正法

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

### 624x単体で4端子測定の場合

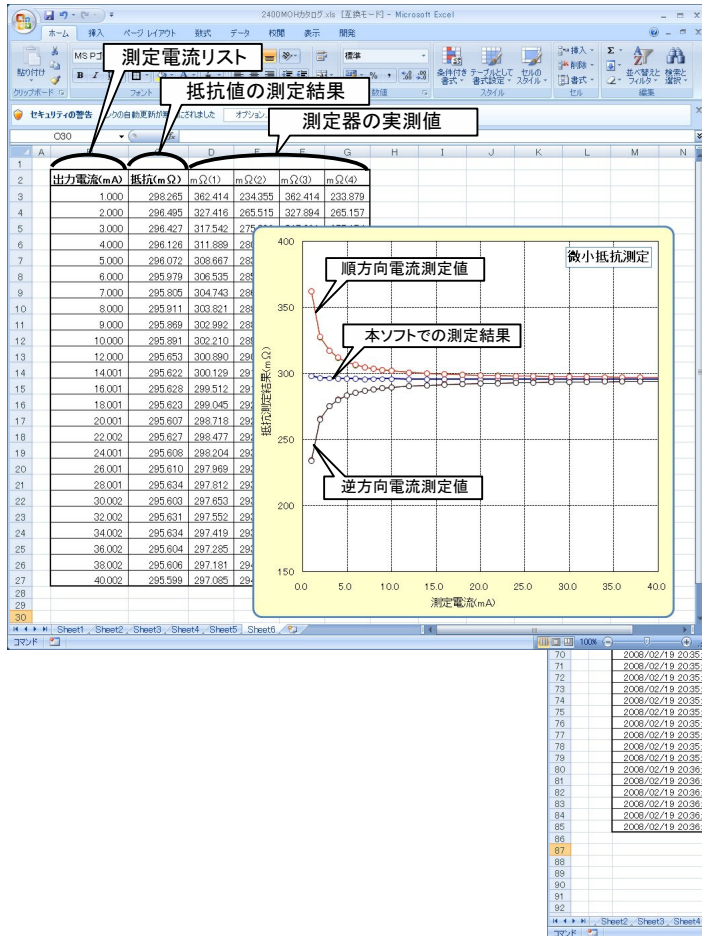
### 624x+2182Aで測定の場合

### 624x+34420Aで測定の場合

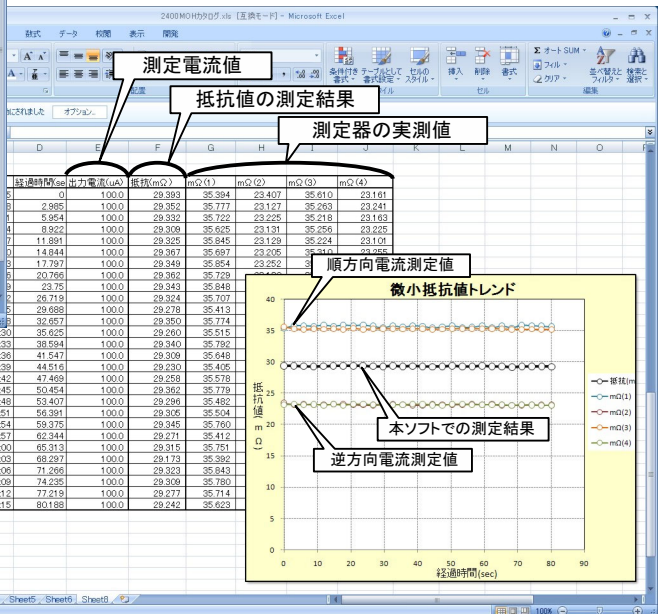
### 624x+その他測定器で測定の場合

624x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



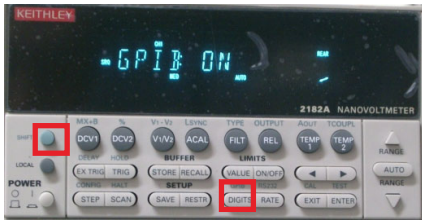
## 測定電流を固定した抵抗測定例



# 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1度「ENTER」キーを押して、ラングエッジを「SCPI」に設定します。

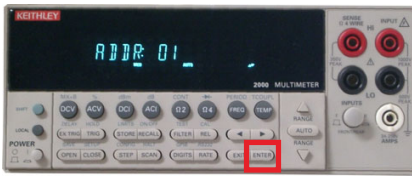


## KEITHLEY 2000の設定

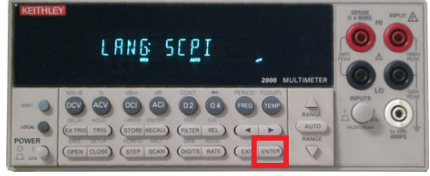
「SHIFT」ボタンを押した後、「DIGITS」(GPIB)ボタンを押します。下記のように「GPIB ON」にして「ENTER」ボタンで確定します。



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

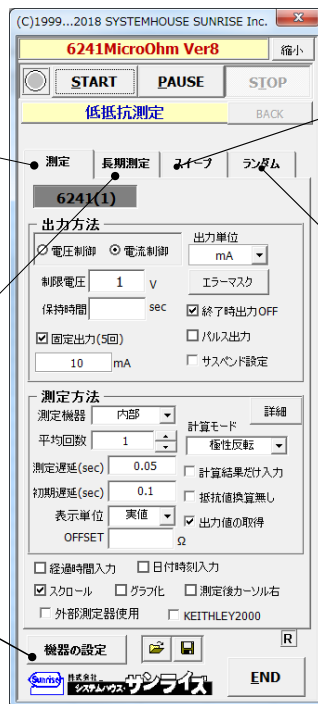
### 抵抗測定を行います。

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。



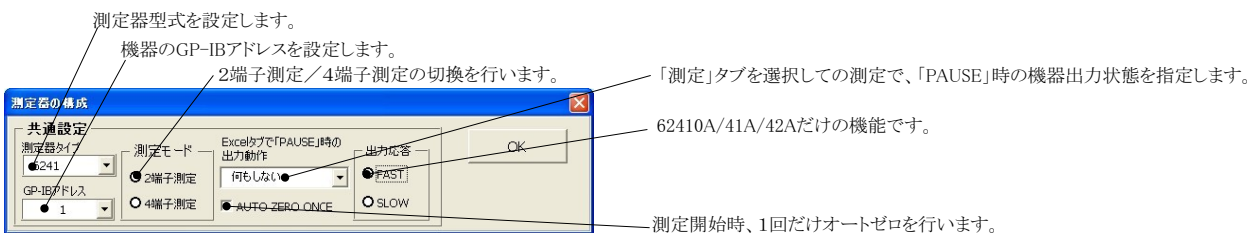
### 本体のスweep機能を使用した測定

この「スweep」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weep条件に基づき機器の設定を行った後、スweepを実行します。スweep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。パルス出力も可能です。

### 本体のカスタムスweep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weep測定を行います。スweep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。パルス出力も可能です。

## 「機器の設定」の説明



測定器型式を設定します。

機器のGP-IBアドレスを設定します。

2端子測定 / 4端子測定の切替を行います。

「測定」タブを選択しての測定で、「PAUSE」時の機器出力状態を指定します。

62410A/41A/42Aだけの機能です。

測定開始時、1回だけオートゼロを行います。

# 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、機器仕様へ順に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正確ではありません。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 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 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  
624x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、逆方向だけで平均化した後、順方向と逆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加算されます。

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。

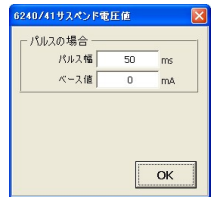
画面を縮小表示に切り換えます。

出力を中断します。

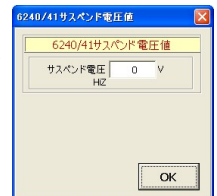
Excel上のデータを出力する時の単位を設定します。Excel上のデータが「100」で、「uA」を設定すると、100uAが出力されます。

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。

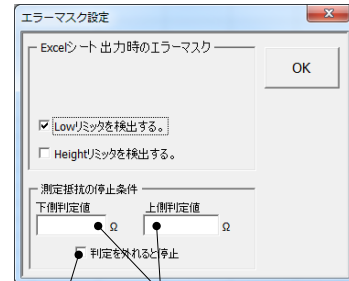
チェックを付けると、出力がパルス出力になります。右図が表示されますから、パルス幅/ベース値を入力してください。パルス出力にチェックを付けると、「保持時間」がパルス周期に切り換わります。



6240A/41A/42Aだけの機能です。「終了時出力OFF」にチェックを付けた場合、機器のオペレーションをOFFにしないで、オペレーションをONのまま、サスペンドにします。ここでは、サスペンドの時の出力電圧を入力します。



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



判定値を入力します。判定値を外れると、Excelシートに赤色でデータを入力します。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。

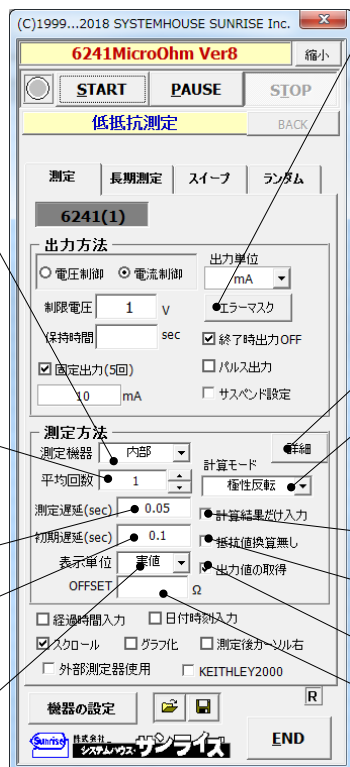
「無処理」「極性反転」「ゼロ補正」「デルタ(3点法)」から選択します。「無処理」単純平均での測定。「極性反転」測定ごとに電流方向を切り替えて測定。「ゼロ補正」測定と電流ゼロを交互に切り替えて測定。「デルタ(3点法)」測定毎に電流方向を切り替えて3回測定を行います。

チェックを付けると、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。

チェックを付けると、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。

固定出力モードの場合は、オフセット値の入力が可能です。常に測定結果から、このオフセット値が引かれた値がExcelシートに入力されます。

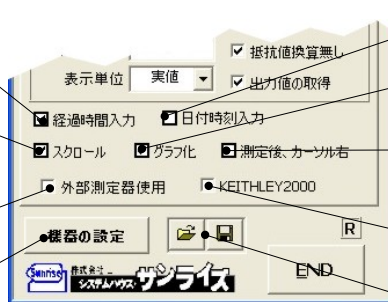


測定開始からの経過時間をExcelシートに入力します。

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。

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。)

使用する624x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。

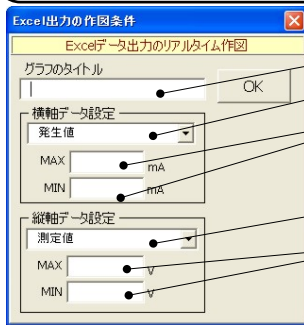
測定データのトレンドグラフを作成します。「長期低抵抗測定」では、グラフは作図されません。

測定終了後、Excel上のカーソル位置が自動的に測定データの右側位置へ移動します。チェックが無い場合は、下側位置へ移動します。

KEITHLEY2000の測定も同時に行います。(W32-2400MPXだけの機能です。)

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

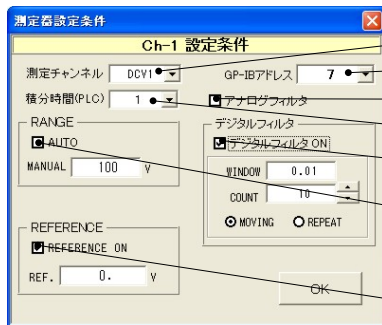


測定の積分時間を設定します。ここでの入力値が測定時間の長さを決定し、入力可能な保持時間(パルス幅)に影響を与えます。

測定をオートレンジで行います。マニュアルレンジでは、制限電流によって決まるレンジに固定されます。

## 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。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)、データ間はコマンド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。

その測定器の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換えのコマンドを入力します。通常は空欄です。

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したら、下記のコマンドのどれかが使用されます。  
:READ? :FETCH? :MEAS?

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。

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」が入力されます。

測定器のデータは数値として扱います。

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。

## 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向に入力されます。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
3													
4													
5		2	2008/02/19 20:21:04	経過時間(sec)	出力電流(uA)	抵抗(mΩ)	mΩ(1)	mΩ(2)	mΩ(3)	mΩ(4)			
6		3	2008/02/19 20:21:07	3.0	3.000	69.616	-435.665	589.802	-444.798	569.126			
7		4	2008/02/19 20:21:10	6.0	4.000	71.548	-291.422	426.100	-284.331	435.844			
8		5	2008/02/19 20:21:13	8.9	5.000	65.835	-202.350	332.414	-191.921	325.198			
9		7	2008/02/19 20:21:16	11.9	7.000	68.634	-117.063	256.381	-105.803	241.019			
10		10	2008/02/19 20:21:19	14.9	10.000	66.465	-49.234	181.700	-40.580	173.976			
11		15	2008/02/19 20:21:21	17.8	15.000	67.607	0.169	134.370	1.980	133.911			
12		20	2008/02/19 20:21:24	20.8	20.000	67.394	19.214	115.444	21.833	113.085			
13		25	2008/02/19 20:21:27	23.7	25.000	67.208	31.687	102.102	33.759	101.286			
14		30	2008/02/19 20:21:30	26.7	30.001	67.186	40.302	94.236	40.588	93.616			
15		35	2008/02/19 20:21:33	29.7	35.002	67.390	45.390	89.409	46.252	88.510			
16		40	2008/02/19 20:21:36	32.6	40.001	66.896	48.914	85.371	49.599	83.699			
17		45	2008/02/19 20:21:39	35.6	45.001	66.464	51.824	81.403	52.064	80.545			
18		50	2008/02/19 20:21:42	38.6	50.002	66.300	53.906	78.798	54.196	78.301			
19		55	2008/02/19 20:21:45	41.6	55.003	66.317	55.881	77.039	55.813	76.535			
20		60	2008/02/19 20:21:48	44.6	60.003	65.949	56.699	75.147	56.900	75.048			
21		65	2008/02/19 20:21:51	47.5	65.003	65.624	57.442	74.057	57.579	73.418			
22		70	2008/02/19 20:21:54	50.5	70.002	65.246	58.027	72.476	58.121	72.360			
23		75	2008/02/19 20:21:57	53.5	75.002	65.193	58.630	71.733	58.630	71.780			
24		80	2008/02/19 20:22:00	56.5	80.000	64.887	59.212	70.624	59.098	70.615			
25		85	2008/02/19 20:22:03	59.5	85.000	64.795	59.599	70.085	59.289	70.209			
26		90	2008/02/19 20:22:06	62.5	90.001	64.754	59.865	69.699	59.768	69.683			
27		95	2008/02/19 20:22:09	65.5	94.999	64.523	60.025	69.157	59.742	69.171			
28		100	2008/02/19 20:22:12	68.4	100.000	64.544	60.000	68.859	60.318	68.768			
				71.4	105.001	64.390	60.000	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、出力する場合はプラス値で、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。  
:DATA: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)W32-6241MPX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。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。

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。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

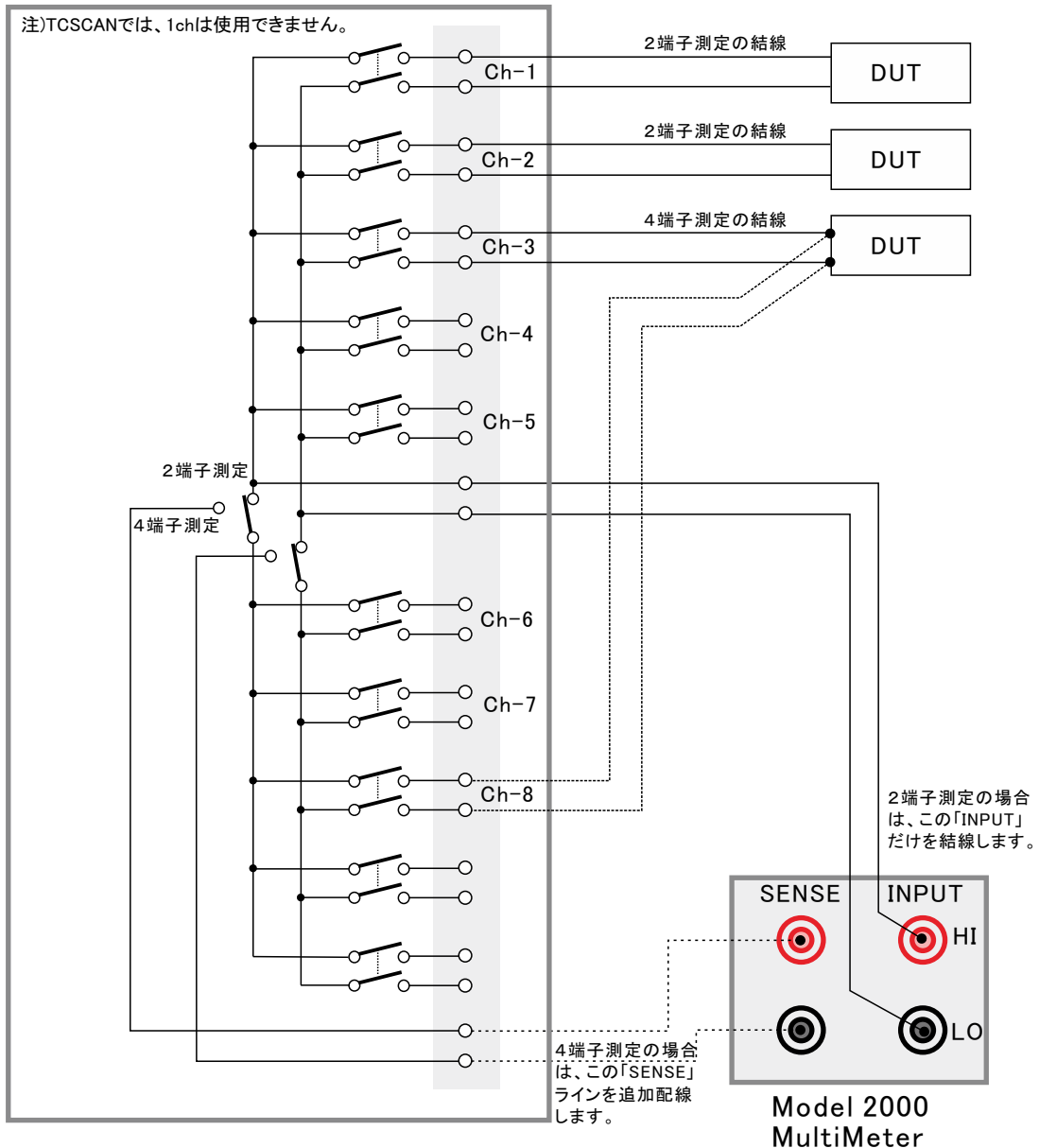
CHANNEL	ファンクション	演算	係数A	係数B	単位
<input checked="" type="checkbox"/> Ch-1	DC電圧	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	0.0	User1
<input checked="" type="checkbox"/> Ch-2	抵抗(4線)	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	0.0	User2
<input checked="" type="checkbox"/> Ch-3	AC電圧	<input checked="" type="checkbox"/>	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

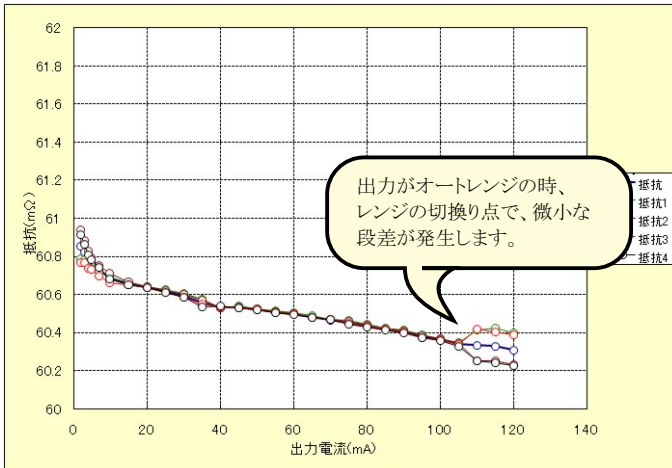
Model 2000-SCAN Scanner Card(10ch)

Model 2000-TCSCAN Scanner Card(9ch)



## 電流可変による抵抗値測定の注意事項

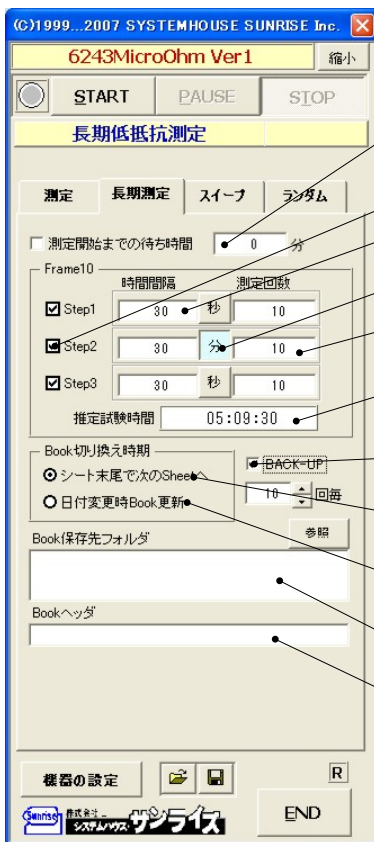
電流を広範囲に変可しながら抵抗値の測定をおこなう場合、測定データをグラフにより拡大表示すると、下記のような僅かな段差が見られる場合があります。これは、電圧電流発生器の出力レンジをオートレンジで測定した場合に、レンジの切り換わり点で発生します。この段差を防ぎたい場合は、出力レンジを固定レンジにして測定を行ってください。



## 長期低抵抗測定を行う場合の設定

注)W32-6241MRXだけの機能です。

「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つ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ブックを定期的を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。

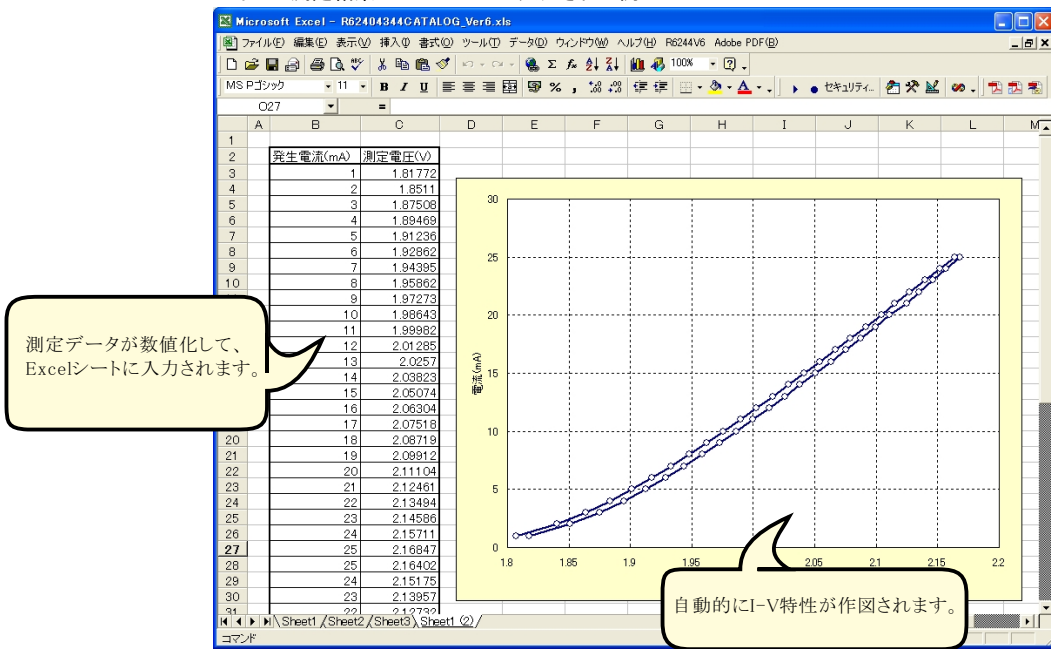
データの入力されたExcelブックを保存するフォルダを指定します。

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"

# 機器本体でのスイープ出力と測定を行う

スイープ測定結果がExcelシートに入力された例



測定データが数値化して、Excelシートに入力されます。

自動的にI-V特性が作図されます。

## 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、2台の機器が同期を取ってスイープを実行します。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。スイープ終了後、データをパソコン取込みに要する時間は、5000ステップのデータの場合、約20です。

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、「機器の構成」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。

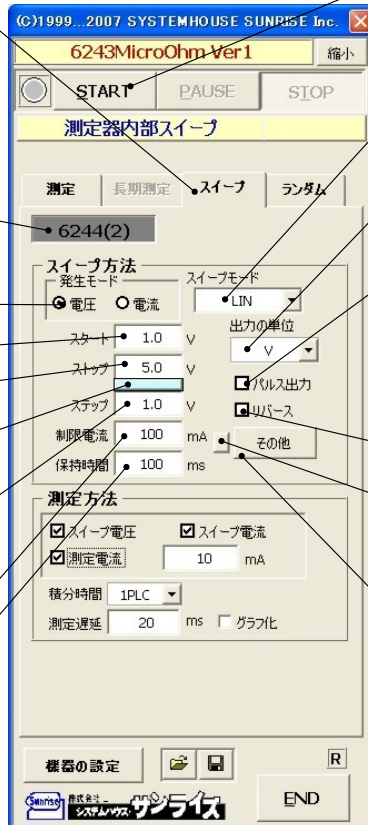
スイープストップ電圧/電流を入力します。LOGスイープの場合スタートとストップの正負の極性は同じにしてください。

6241A/42Aの場合に表示されます。クリックすると2ndスイープの設定が可能になります。⑥の項を参照。

LINスイープの時、ステップ電圧を入力しLOGスイープの時、ディケード当りの分割数を入力します。注)LOGスイープの場合、この欄は手入力出来ません。ダブルクリックにより入力値を変更してください。

制限電圧/制限電流を入力します。

各ステップの保持時間を入力します。パルス出力の場合は、周期を入力します。



スイープを開始します。

リニア/ログのスイープを切り換えます。(6240A/41A/42Aの場合は、LIN/FIXの切換え)

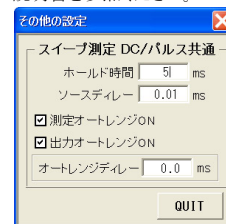
スイープスタート/ストップ値の入力の単位を設定します。

パルスモードで出力します。「保持時間」がパルス周期となります。同時に下記の条件を入力します。

スイープスタート/ストップ間を往復スイープします。

R6240のパルス出力の場合だけ表示されます。パルス出力では、1A以上の電流出力を行う場合、最適なパルス周期/パルス幅などを自動的に計算し設定します。

各入力項目の説明は、機器に付属する取扱説明書を参照ください。



スweep電圧をExcelに取込みます。発生モードが「電圧」で、「スweep電圧」と「スweep電流」の両方にチェックを付けた場合、このスweep電圧は、実際の測定値でなく計算値で入力されますから、実際の出力電圧値と若干異なる場合があります。

電圧スweepの時、ここで入力した電流値に対応した電圧値を計算し、Excelに入力します。電流スweepの場合は、電圧値の入力になります。

測定のスweep時間を設定します。

スweep電流をExcelに取込みます。発生モードが「電流」で、「トレース電圧」と「トレース電流」の両方にチェックを付けた場合、このスweep電流は、実際測定値でなく計算値で入力されますから、実際の出力電流値と若干異なる場合があります。

6240A/41A/42Aの場合は、抵抗値での測定が可能です。

スweep電圧／電流を両方とも取込み指定した場合、自動的に作図を行います。

各ステップでの測定遅延時間を入力します。

### ⑥6241A/42Aの2ndスweepの設定

以下の2項目の入力が有効な場合、2ndスweepが行なわれます。どちらか、または両方が空欄の場合、2ndスweepは行なわれません。

前半のスweepステップ幅を入力します。

スweepステップ幅を切替える電圧を入力します。

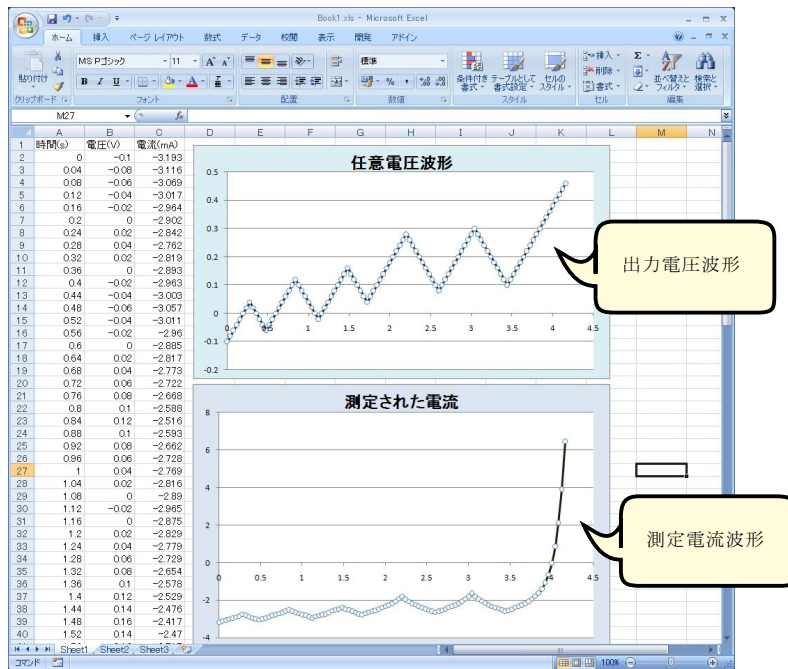
注1) 測定終了後、その測定結果を測定器内部のバッファメモリからExcel上にデータを取り込むのに必要な時間は、4000ステップのデータの場合、約21secかかります。

注2) スweep測定に 祭し、保持時間、パルス周期、パルス幅、積分時間、ホールド時間、ソースディレー時間、測定遅延時間、測定のオートレンジ、発生オートレンジ等の組み合わせにより必ずしも希望の条件設定ができるとは限りません。できるだけ 安定した測定ができるようにするため、不適切な条件設定で測定を開始しようとしたとき、入力条件を変更する要求が行われます。

適切な測定条件になるように、上記条件を再度調整して、測定を開始してください。  
測定器の取扱説明書を熟読し、発生と測定の制限事項を把握しておくことが大切です。

# Excelデータをランダムメモリに取込、出力と測定を行う

## ランダム波形でスweepした例



### Excel上のデータをランダムスweepとして出力

この「ランダム」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2台の機器が同期をとってランダムスweep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。

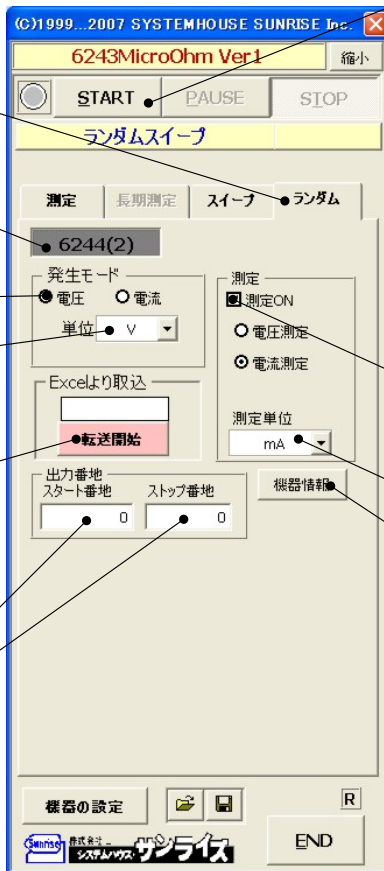
出力と測定の条件を入力する機器を選択します。括弧内の数値はGP-IBアドレスを表わします。機器型式とGP-IBアドレスの設定は、「機器の構成」ボタンで行います。

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上の数値データを機器のランダムメモリへ送り込みます。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、5000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。5000個のデータをパソコンから機器へ送信に要する時間は、約20秒です。

「START」により出力するメモリ番地範囲を入力します。



「メモリ番地」で設定された範囲のデータのランダムスweepを開始します。事前に「電圧出力」か「電流出力」かを「スweep」タブの発生モードを切り換えておいてください。他の条件は、「スweep」タブで設定した下記の条件に従います。

- ・DC/パルス
- ・保持時間(パルス周期)
- ・測定遅延時間
- ・ソースデレレー
- ・オートレンジデレレー
- ・スweepリバース(パルスの場合)
- ・バイアス値
- ・パルス幅

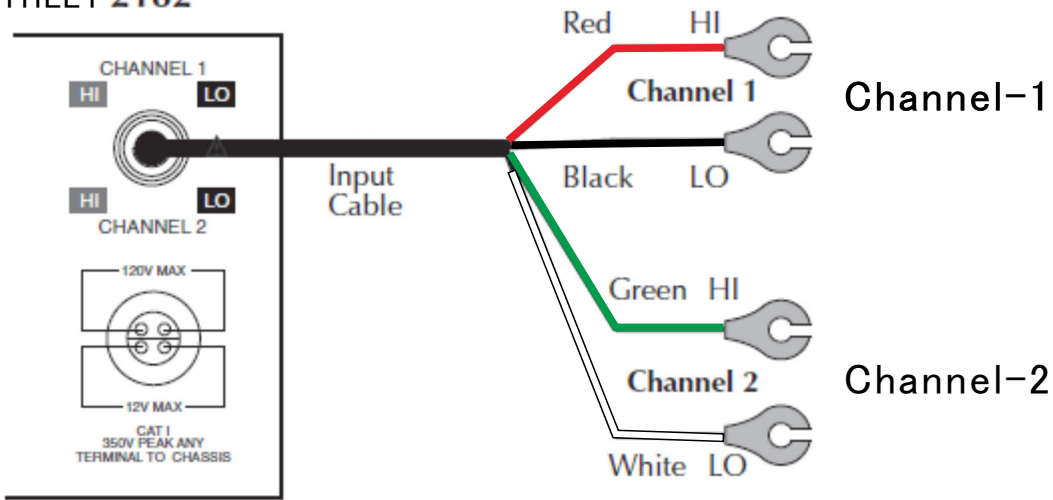
ランダムスweepと同時に測定を行うときにチェックを付けます。電圧測定/電流測定のどちらか一方の選択となります。6240A/41A/42Aでは、抵抗測定の選択ができます。

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



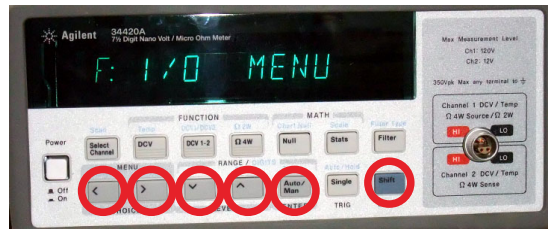
## Agilent 34420の設定

34420本体のメニューを選択し、

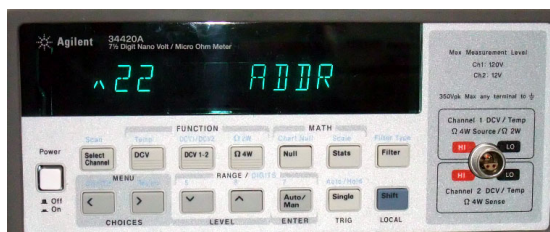
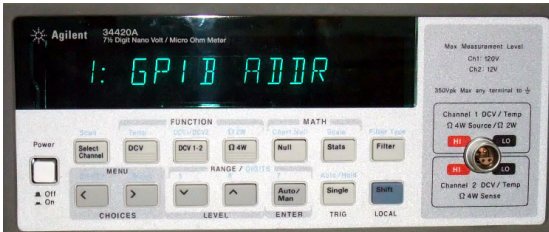
1. インターフェイス= GP-IB
2. GP-IBアドレス(既存値=22)
3. ラングエッジ = SCPI

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。

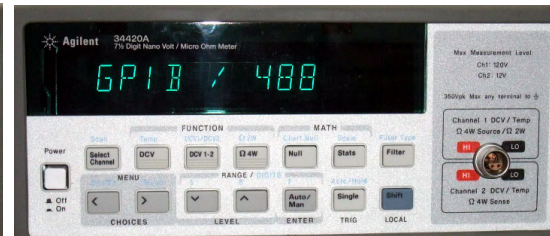
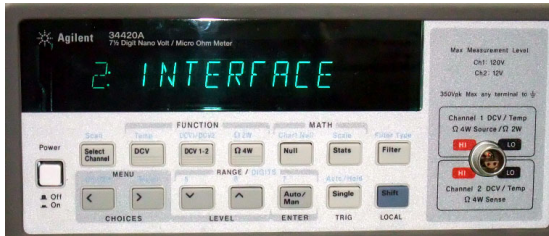
‘Shift’ + ‘>’ KEYで ‘I/O MENU’ を表示。



1. GP-IBアドレスを設定します。(既存値=22)

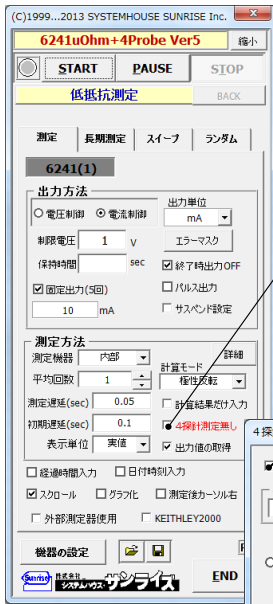


2. インターフェイスをGP-IBに設定します。



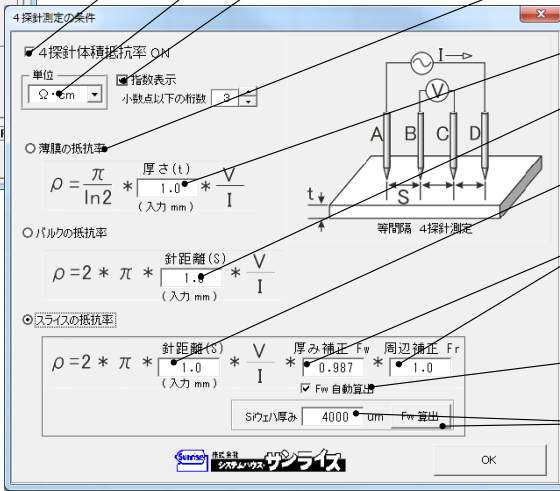
3. ラングエッジをSCPIに設定します。





4 探針測定を行うためには、本ソフトを4探針測定モードに切替えます。

「抵抗測定無し」の文字の上を「Ctrl」キーを押したままマウスクリックすると、「低抵抗測定」と「4探針測定」を交互に切替えることができます。下記画面が表示されたら、4探針測定の測定条件を設定します。



4探針測定モードをON/OFFします。

測定結果の単位を選択します。

測定結果を指数表記でExcelシートに入力する場合はチェックを付けます。

被測定物の種類による抵抗率計算方法を選択します。この選択は、測定結果に大きな影響を与えますから、ユーザー側の責任で十分考慮して選択してください。

被測定物の厚さをmmの単位で入力してください。

4探針プローブの針間距離をmmの単位で入力してください。4針間は等間隔を前提にしております。

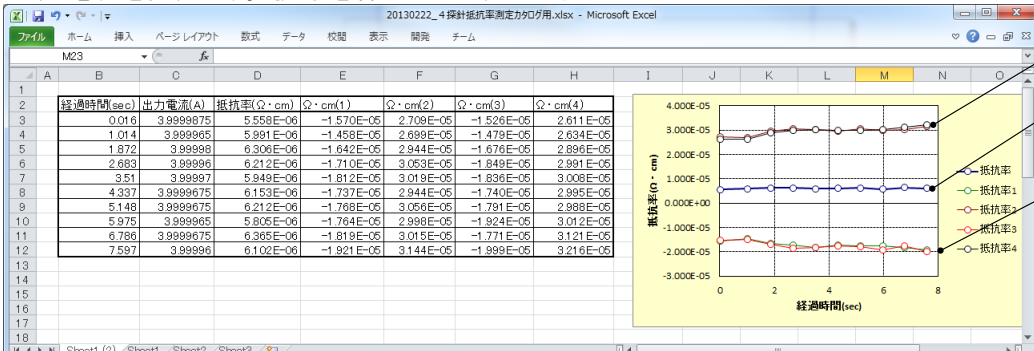
4探針プローブの針間距離をmmの単位で入力してください。4針間は等間隔を前提にしております。

厚み補正係数(Fw)と周辺補正係数(Fr)を入力します。被測定物毎に異なる、この補正係数の適切な値についての情報を当社は持ち合わせておりません。ユーザー側の責任で適切な値を入手してください。

Fw自動算出にチェックを付けると、Siウェハの場合は、Siウェハの厚みから、自動的にFw値を算出することができます。

Siウェハの厚みを入力します。右にある「Fw算出」ボタンをクリックすると、Fw値が計算され自動的にFw値が入力されます。また、EnterKeyでも自動計算されます。算出方法は、「JIS C 0620」の付表1のテーブルから算出され、テーブルにない厚み値は、比例配分により計算されます。厚みの入力範囲は、150umから4000umの範囲です。

## 測定電流を固定し、抵抗率を繰り返し測定した例

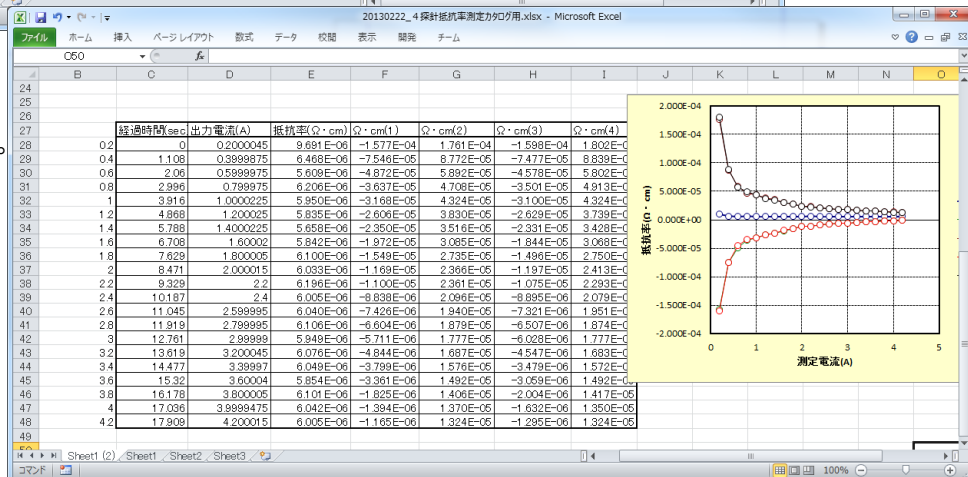


電流正方向での抵抗率

熱起電力による誤差要因を除いた正しい抵抗率

電流負方向での抵抗率

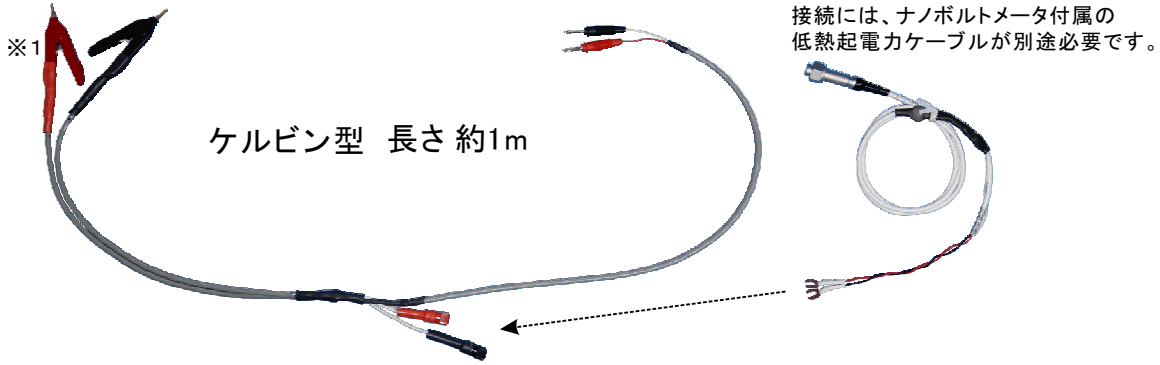
## 測定電流を順じ増やしながら、抵抗率を測定した例。



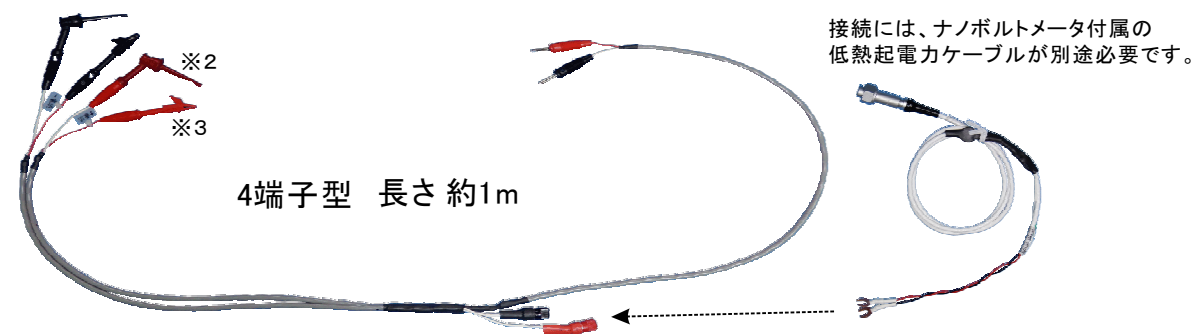
# 微小抵抗測定用ケーブル

2022.05.28

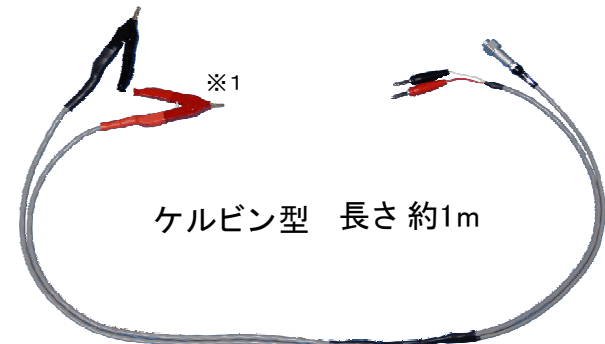
型番	S4W-K1	定価	38,000円
----	--------	----	---------



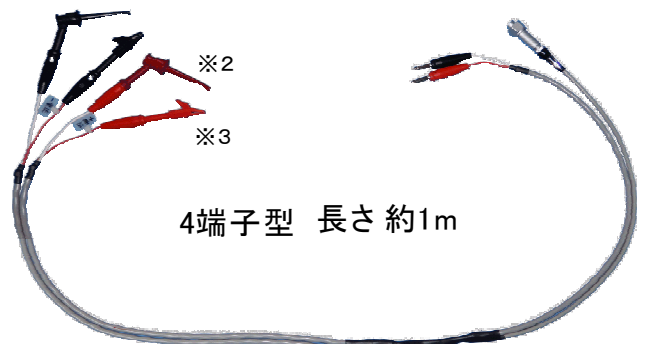
型番	S4W-R1	定価	36,000円
----	--------	----	---------



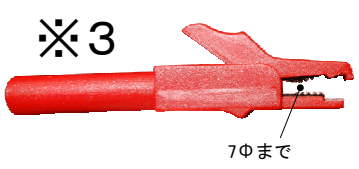
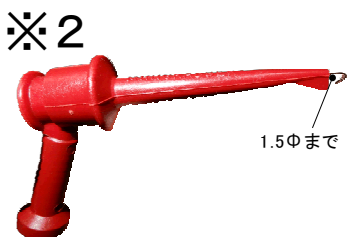
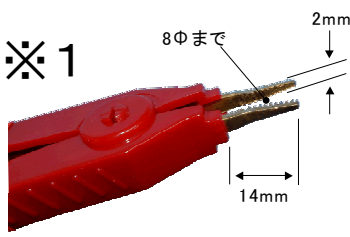
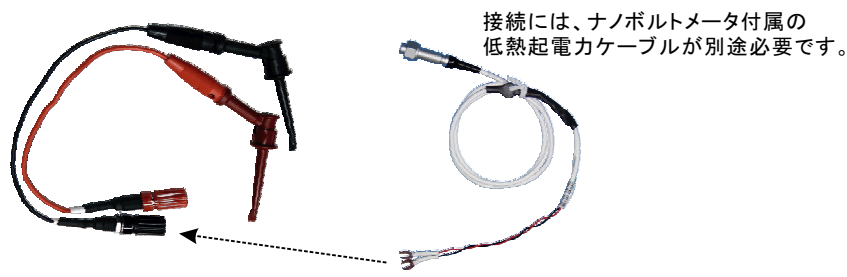
型番	S4W-K2	定価	54,000円
----	--------	----	---------



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
----	---------	----	---------

※1

ケルビン型 長さ約1m

OUTPUT (FORCE) + SENSE

接続には、ナノボルトメータ付属の低熱起電力ケーブルが別途必要です。

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

※2

※3

4端子型 長さ約1m

OUTPUT (FORCE) + SENSE

接続には、ナノボルトメータ付属の低熱起電力ケーブルが別途必要です。

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

※1

ケルビン型 長さ約1m

OUTPUT (FORCE) + SENSE

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

※2

※3

4端子型 長さ約1m

OUTPUT (FORCE) + SENSE

