

## 高精度な太陽電池I-V特性測定 ソースメータ 2450/2460/2470

Ver21e~

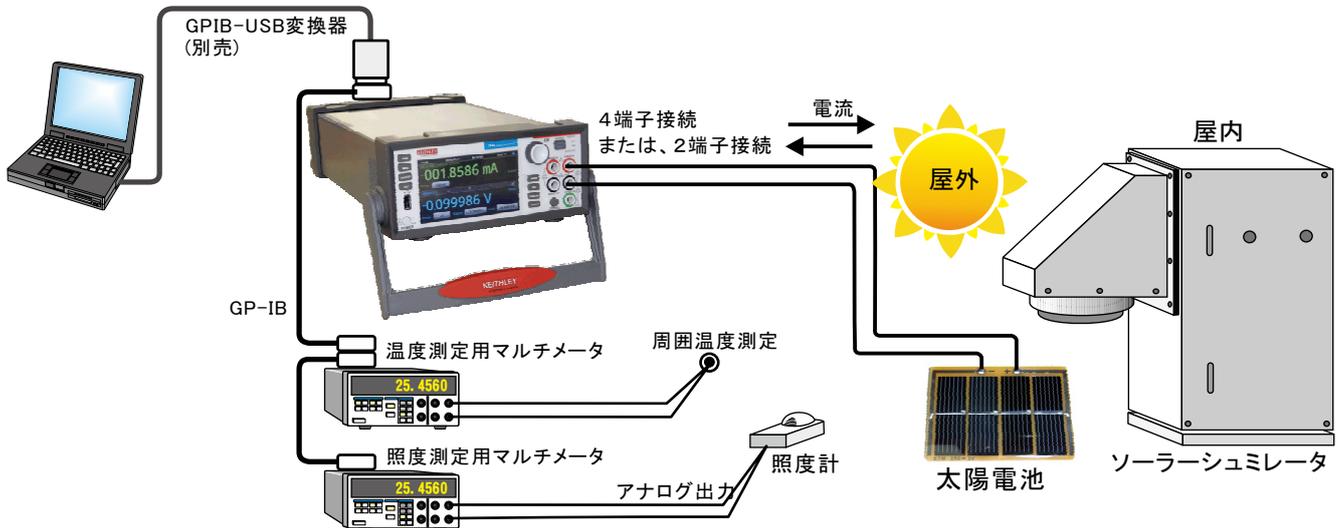
品番	GP-IBボード	価格	動作環境
W32-2460SOL3-R	ラトックシステム製	420,000円	Windows7/8.1/10/11 (64bit版) Excel2010,2013, 2016,2019,2021 (32bit版 Only)
W32-2460SOL3-N	NI製		

使用できる機種 2450,2460,2470

2450,2460,2470は、KEITHLEY社の商標です。

### 機能

- ◆ 電圧電流発生器だけを使用した簡単な計測システムで、高精度なI-V測定ができます。測定精度は、測定器メーカー仕様により保証されます。
- ◆ Excel上の操作画面から簡単に太陽電池のI-V特性の測定が可能になります。測定された電圧/電流値は即座にExcelシートに入力され、I-Vカーブが描かれ、「JIS C-8913」(下記参照)のパラメータが自動的に算出されます。
- ◆ 色素増感型などの有機系太陽電池の測定に有用な往復スイープによる測定ができます。
- ◆ 屋外試験で、毎日毎日の連続測定が可能です。測定開始時刻と終了時刻を指定して毎日測定を行います。測定結果は日別にExcel-Bookに保存されます。
- ◆ スイープ測定の途中から、測定ステップ幅の切替が可能です。通常なら荒い測定値となってしまう最大出力付近から開放電圧までを細かく測定できます。
- ◆ 測定パラメータの摂氏25度換算値の算出ができます。
- ◆ さらに、GP-IBでマルチメータを追加接続すれば、周囲温度や照度の測定も可能になります。マルチメータは温度測定用1台、照度測定用4台までの追加ができます。
- ◆ フルオート測定機能により、特性の不明な太陽電池の測定も、適切な条件で自動測定ができます。
- ◆ Isc/Vocモニター機能により、ソーラーシミュレータの光量調整や、測定前の接続確認が簡単にできます。
- ◆ ソーラーシミュレータのシャッター開閉制御ができます。リレー接点やCOMポートからシャッター制御を行います。
- ◆ 事前に登録した最大4種類の測定条件を、一括測定できます。(自動シーケンス測定 26ページ参照)  
DARK-IV測定、OneSun測定、1台での詳細測定、複数台大パワー測定を一括測定できます。
- ◆ 全測定パラメータにPASS/FAILの判定値を設定できます。FAILの測定値は赤色でExcelシートに入力されます。



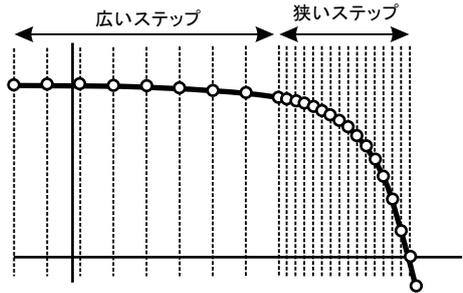
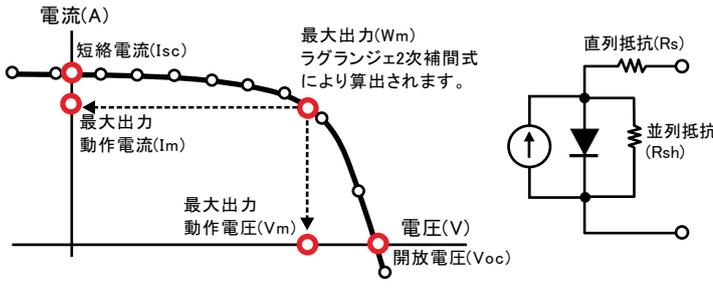
### 測定項目

- |                         |                   |                  |
|-------------------------|-------------------|------------------|
| ① 短絡電流(Isc)/短絡電流密度(Jsc) | ⑥ 曲線因子(FF)        | ⑪ 変換効率( $\eta$ ) |
| ② 開放電圧(Voc)             | ⑦ 直列抵抗(Rs)/抵抗率    | ⑫ 入射光エネルギー(W)    |
| ③ 最大出力(Wm)/最大出力密度       | ⑧ 並列抵抗(Rsh)/抵抗率   | ⑬ 周囲温度           |
| ④ 最大出力動作電圧(Vm)          | ⑨ 電圧規定電流(Iv)/電流密度 |                  |
| ⑤ 最大出力動作電流(Im)/電流密度     | ⑩ 電流規定電圧(Vi)      |                  |

# 太陽電池 I-V特性と算出されるパラメータ

# 測定中にステップ幅切換えが可能

注)「W32-2400SOL2」「-2400SOL3」だけの機能です。



## 測定結果の例

## 操作画面

この画面から、算出するパラメータを指定します。

電流密度換算での測定も選択できます。(Isc/Jsc)

算出するパラメータにチェックを付けます。

ソーラーシミュレータを使用する場合に選択します。通常は、1000W/m2にします。

太陽電池の特性測定の繰り返し回数を指定します。Max. 9,999回です。

毎日測定を繰り返す場合、開始年月日と終了年月日、及び、毎日の測定時間帯を指定します。

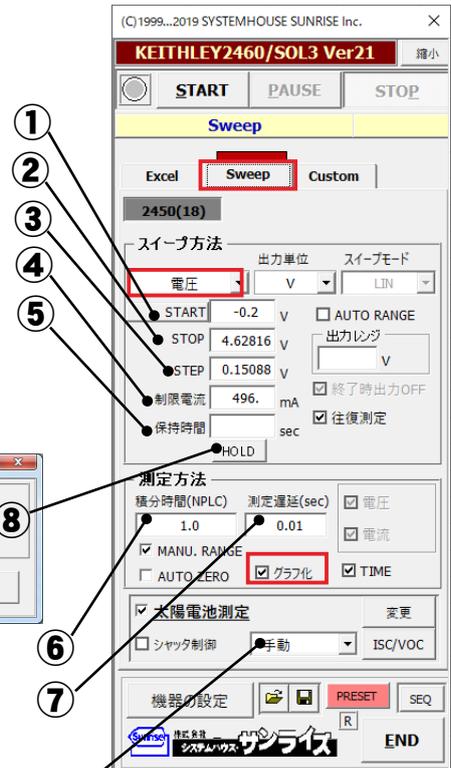
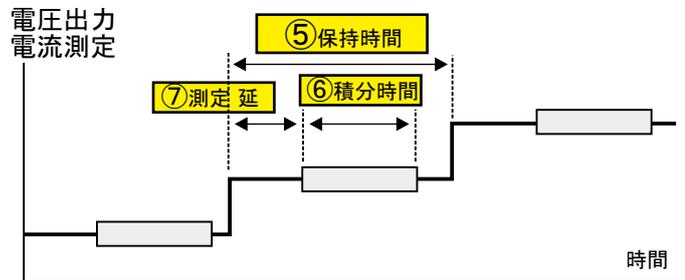
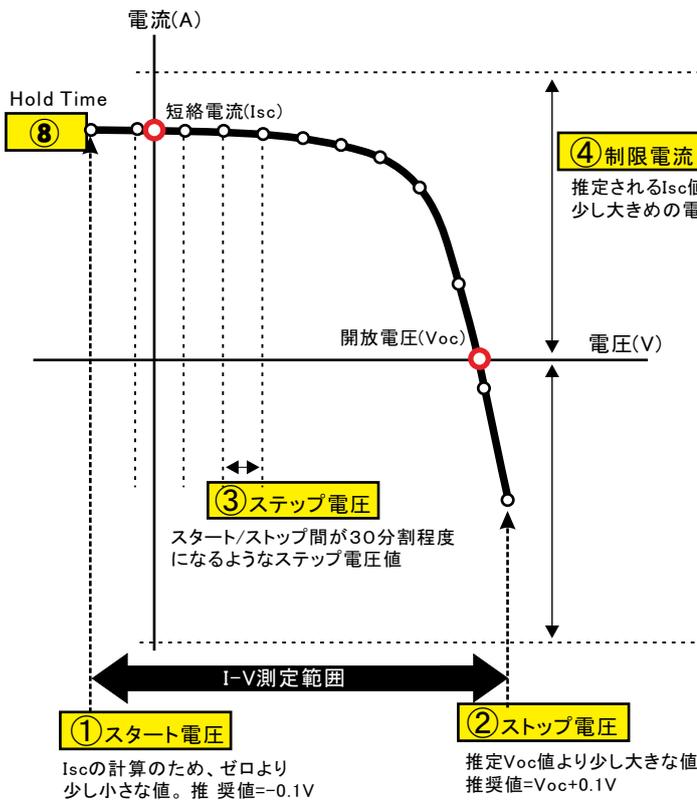
## まず最初に、「測定器の型式」と「GP-IBアドレス」を指定してください。

# 簡単な太陽電池I-V測定の実例

## 4端子法による結線



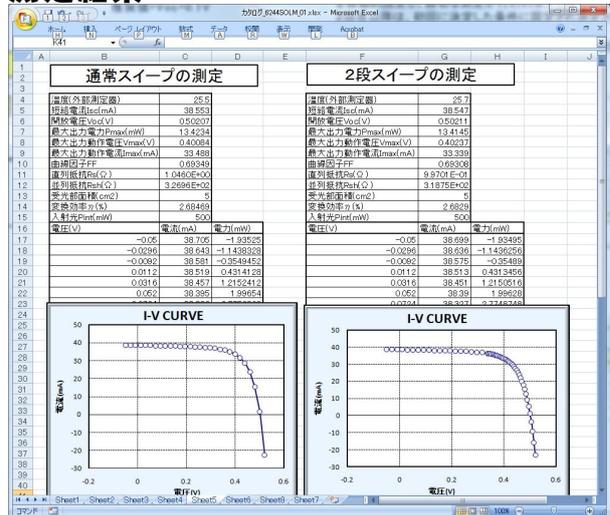
## 太陽電池 I-V測定の入力条件



### ●フルオート測定機能

- ・「手動」  
スタート、ストップ、ステップ等の入力条件を使用して測定を行います。
  - ・「初回自動」  
現在接続されているソーラーセルの特性を確認し、全ての測定条件を自動的設定し、適切な測定が行われます。繰り返し測定を行う場合、2回目以降は、初回に決定した条件に固定され測定されます。
  - ・「毎回自動」  
繰り返し測定を行う場合、適切な測定条件に毎回自動的設定します。
- 注)W32-2400SOL3だけの機能です。

## 測定結果



# 太陽電池のI-V特性の方法

注)太陽電池の測定では、測定電流の極性が正負反転してExcelシートに入力されます。

## 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、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。

ダブルクリックで、スタート/ストップ値を入れ換えます。

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2,500までのステップ数の入力が可能です。

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、機器仕様通り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/電流の各ステップでの出力保持時間を入力します。2430で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、他の出力条件によっては、0.002秒付近の時間は確保できない場合があります。

出力値設定後、測定開始までの遅延時間を入力します。機器の説明書の「ソースディスプレイ時間」に該当します。

測定の積分時間を設定します。0.01~10の範囲で入力します。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。下記の画面が表示されたら測定したいレベル値を入力してください。そのレベルが測定可能な最適なレンジに固定されます。

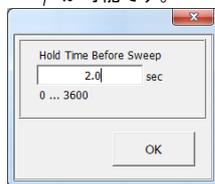


オートゼロをONにします。

**太陽電池のI-V測定を行う場合はこのチェックを付けます。**



スイープ直前のホールド時間の設定が可能です。



Excelシート上に作図されるグラフのサイズを拡大/縮小します。既存のサイズは、「1.0」です。既存のサイズは、ディスプレイのサイズやExcelのバージョンにより異なります。

続的にI-V測定を行う時、チェックを付けた、最初のI-V作図と、最後に測定されたI-V作図だけが常に表示されます。チェックが無い場合は、先頭から20個までのI-V作図が行われ、それ以降は、測定は継続されますが、作図は行われません。

I-V作図と共に、算出パラメータのトレンドの作図を行います。詳細は、19ページを参照ください。

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。太陽電池の測定では、「LIN」だけが選択可能です。

チェックを付けたら出力はオートレンジになります。チェックを外して、出力レンジを指定して固定レンジにできます。厳密なレンジ値を入力する必要はありません。入力した値を出力するための適切なレンジに固定されます。空欄の場合は、「BEST FIXED」レンジに設定されます。

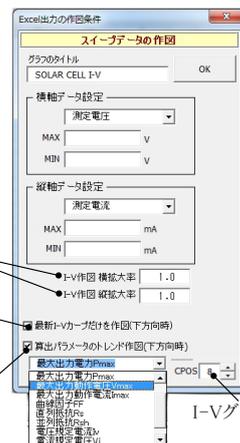
出力完了時、機器の出力をOFFにして出力を終了します。チェックを付けないと、終了時、出力は最後の出力値でONを保持します。

スタートストップ間を往復スイープします。太陽電池の場合、行き/戻り/行き戻り平均のパラメータをそれぞれ計算します。

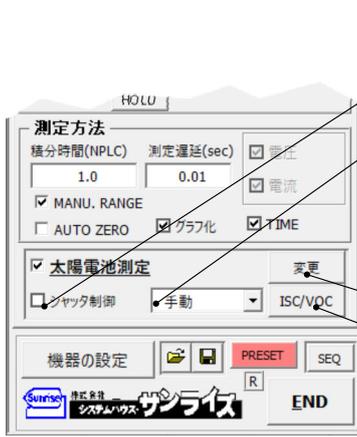
測定する項目にチェックを付けます。チェックを付けたと同時に、その測定値をExcelへ入力する時の単位を指定します。太陽電池の測定では、必ず「電圧」「電流」の両方にチェックを付けます。



スイープ動作を完了し、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。下記の画面で、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。



I-Vグラフの列位置



シャッター制御を行う場合にチェックを付けます。詳細は後述(W32-2400SOL3だけの機能)

フルオート測定を実行します。

「手動」

スタート、ストップ、ステップなどのキー入力した測定条件で測定を行います。

「初回自動」

接続されている太陽電池の事前測定を行い、その太陽電池の特性に合った適切な測定条件を設定し、I-V測定を開始します。測定する太陽電池の特性が不明で、測定条件が事前に決定できない場合に便利な機能です。繰り返し測定を行う場合、初回だけ自動設定がおこなわれ、2回目以降は、初回に決定した測定条件に固定され測定が行われます。

「毎回自動」

繰り返し測定を行う場合、毎回自動設定が行われます。W32-R6244SOL3だけの機能です。

太陽電池の測定方法の詳細を設定します。

太陽電池のIscとVocの測定やモニターを行います。(W32-2400SOL3だけの機能です。)



Vocのモニターを開始/停止します。

Iscのモニターを開始/停止します。

ISCモニターを行う場合、ソースメータの出力可能な電流範囲以内であるにも関わらず、レンジオーバーやコンプライアンスのエラーが発生する場合があります。この原因は、太陽電池とソースメータ間で発振現象が生じたことに起因しています。この現象を回避するために出力電圧レンジを固定にすると回避できることがあります。テキストボックスは空欄のままでも、チェックを付けるだけで、ほとんどの場合、発信を回避できますが、チェックを付けて回避できない場合は、テキストボックスに出力電圧レンジを入力し、出力電圧レンジを変更し、発信を回避できるレンジを試行錯誤で探します。テキストボックスが空欄の場合の出力電圧レンジは、そのソースメータの最大出力電流が可能な電圧レンジに自動的に設定されます。発振現象は、シリコン系太陽電池独特の現象です。

## 太陽電池測定方法の詳細設定

「実電流で算出」と「電流密度で算出」の選択を行います。

「実電流で算出」は、実際に測定した電圧(V)、電流(mA)、電力(mW)をExcelに入力し、「電流密度で算出」は、電流密度(mA/cm2)、電力密度(mW/cm2)で入力されます。(7ページ参照)

算出するパラメータにチェックを付けます。

ここに入力した電圧値に対応した電流値を算出します。

ここに入力した電流値に対応した電圧値を算出します。

受光部面積の入力単位を「cm2」、「m2」で切り換えます。電流密度計算は、この単位を使用します。

ソーラシミュレータ出力の入力単位を「mW/cm2」、「W/m2」で切り換えます。

ソーラシミュレータの出力を入力します。

ソーラシミュレータを使用する場合に選択します。

照度計の測定単位「Lux」を「mW/cm2」に変換する係数を入力します。

GP-IBで接続した照度計を使用して入力エネルギーを算出する場合に選択します。

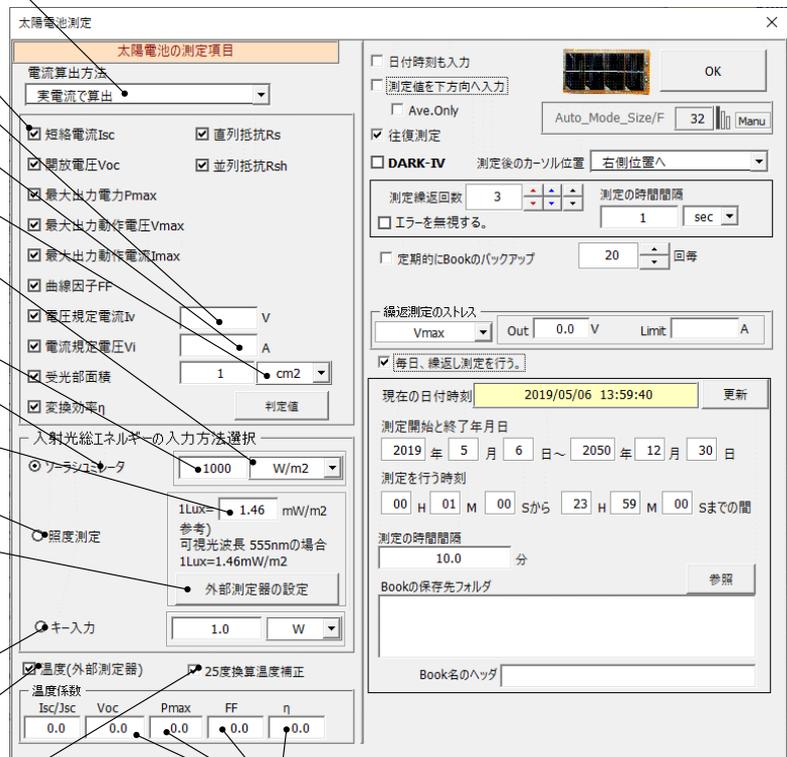
照度計の通信条件を設定します。後述を参照ください。

**注)外部測定器で照度(光量)を電圧測定する場合。**  
まず、外部測定器の電圧値(V)を「W/m2」に変換する外部測定器側の係数A,B値を入力します。  
次に、1Lux=「1000」mW/m2と入力します。  
その結果、入射光量の測定電圧が、「W」に変換され変換効率の計算に使用されます。

入射エネルギーを直接キー入力します。この値は、そのまま、変換効率計算の分母になります。

GP-IBで接続した温度計で温度測定を行う場合にチェックを付けます。後述を参照ください。

測定対象となるソーラセルのパラメータの温度係数が事前に判明している場合は、そのパラメータの25度換算値を算出することができます。換算できるパラメータは、「ISC/JSC」「VOC」「Pmax」「FF」だけです。



それぞれの温度係数を入力します。  
25度換算の計算式は下記のとおりです。  
25度換算値 = 測定値 + 温度係数 \* (測定温度 - 25)

太陽電池測定

太陽電池の測定項目

電流算出方法  
実電流で算出

短絡電流Isc     直列抵抗Rs  
 開放電圧Voc     並列抵抗Rsh  
 最大出力電力Pmax  
 最大出力動作電圧Vmax  
 最大出力動作電流Imax  
 曲線因子FF  
 電圧規定電流Iv    V  
 電流規定電圧Vi    A  
 受光部面積    1 cm2  
 変換効率η    判定値

入射光総エネルギーの入力方法選択

ソーラシミュレータ    1000 W/m2  
 照度測定    1Lux= 1.46 mW/m2  
可視光波長 555nmの場合  
1Lux=1.46mW/m2  
外部測定器の設定  
 キー入力    1.0 W

温度(外部測定器)     25度換算温度補正

温度係数

Isc/Isc	Voc	Pmax	FF	η
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

日付時刻も入力    OK  
 測定値を下方へ入力  
 Ave.Only    Auto\_Mode\_Size/F 32 Menu  
 往復測定  
 DARK-IV    測定後のカーソル位置 右側位置へ  
測定繰返回数 3    測定の時間間隔 1 sec  
 エラーを無視する。  
 定期的にBookのバックアップ 20 回毎

縦線測定のストリス  
Vmax    Out 0.0 V    Limit A

[毎日、繰返し測定を行う。]

現在の日付時刻 2019/05/06 13:59:40    更新  
測定開始と終了年月日  
2019年 5月 6日 ~ 2050年 12月 30日  
測定を行う時刻  
00 H 01 M 00 S から 23 H 59 M 00 S までの間  
測定の時間間隔 10.0 分  
Bookの保存先フォルダ  
Book名のヘッダ

測定の日付時刻を測定データに付加します。

測定データの入力方向を切り換えます。  
7ページ測定結果例を参照ください。

この縦線上をダブルクリックして、自動モードを選択します。  
この3種類の動作モードは、下図を参照ください。

この上をダブルクリックすると自動モードの時のスイープデータ数を、20から40の範囲で変更できます。

「Ctrl」Key+「Auto\_Mode\_Size」の上をクリックすると文字が赤色に変わり、自動モードの時、VOC側からISC側へのスイープへ変更することができます。通常は、ISC側からVOC側へのスイープ方向です。

測定してデータを入力後、Excel上のカーソルをどこへ移動するかを選択します。

スイープとスイープの待ち時間を入力します。(Max 86,400)空欄にすると、1回測定ごとに、次の測定を継続するかの確認画面が表示されます。この時、測定試料の取換えを行なうことができます。

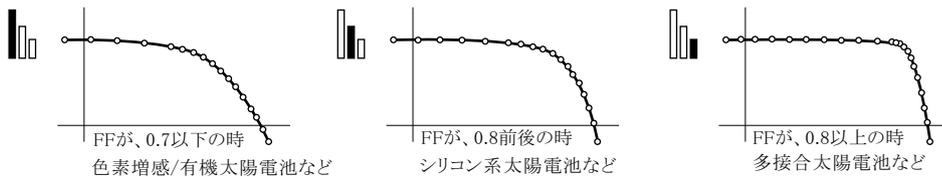
1回の測定で、何回繰り返し測定を行うの指定をします。最大9,999回まで繰り返し測定が可能です。下記の応用ができます。

- 1.パラメータの時間的変化を観測する。
- 2.複数のセルを順次取換えながら測定する。
- 3.パラメータの温度特性、照度特製を観測する。

このテキストボックスをダブルクリックすると50ステップで増加できます。

繰り返し測定の時、パラメータの計算エラーが発生した場合、そのエラーを無視して測定を継続します。

自動モードの3つの動作モードの違いについて



太陽電池測定

太陽電池の測定項目

電流算出方法  
実電流で算出

短絡電流Isc     直列抵抗Rs  
 開放電圧Voc     並列抵抗Rsh  
 最大出力電力Pmax  
 最大出力動作電圧Vmax  
 最大出力動作電流Imax  
 曲線因子FF  
 電圧規定電流Iv    V  
 電流規定電圧Vi    A  
 受光部面積    1 cm2  
 変換効率η    判定値

入射光総エネルギーの入力方法選択

ソーラシミュレータ    1000 W/m2  
 照度測定    1Lux= 1.46 mW/m2  
可視光波長 555nmの場合  
1Lux=1.46mW/m2  
外部測定器の設定  
 キー入力    1.0 W

温度(外部測定器)     25度換算温度補正

温度係数

Isc/Isc	Voc	Pmax	FF	η
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

日付時刻も入力    OK  
 測定値を下方へ入力  
 Ave.Only    Auto\_Mode\_Size/F 32 Menu  
 往復測定  
 DARK-IV    測定後のカーソル位置 右側位置へ  
測定繰返回数 3    測定の時間間隔 1 sec  
 エラーを無視する。  
 定期的にBookのバックアップ 20 回毎

縦線測定のストリス  
Vmax    Out 0.0 V    Limit A

[毎日、繰返し測定を行う。]

現在の日付時刻 2019/05/06 13:59:40    更新  
測定開始と終了年月日  
2019年 5月 6日 ~ 2050年 12月 30日  
測定を行う時刻  
00 H 01 M 00 S から 23 H 59 M 00 S までの間  
測定の時間間隔 10.0 分  
Bookの保存先フォルダ  
Book名のヘッダ

往復スイープによる測定を行います。  
色素増感型のような有機系太陽電池で使用します。  
(W32-2400SOL2/SOL3だけの機能)

DARK I-V測定を行います。単にダイオード特性を測定します。パラメータの計算は行いません。自動モードは無効になります。

測定中、定期的にBookをバックアップ保存する場合にチェックを付けます。

毎日毎日の 続 測定を行う場合にチェックを付けます。

測定を行う日付を入力します。  
指定した日付の間、毎日1つのBookが作成され、そのBookに測定データが入力されます。  
詳細は、後述を参照ください。

測定を行う時間帯を指定します。  
毎日測定を行う時間帯を指定します。

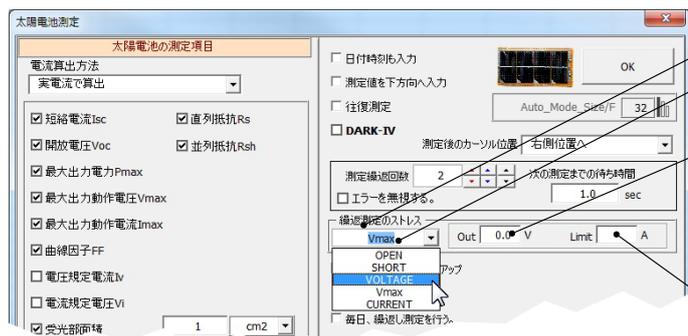
測定と測定の時間間隔を入力します。  
スイープ開始から次のスイープ開始までの時間間隔です。

毎日の測定データの入力されたBookの保存先フォルダを入力します。

Book名の先頭に付けるヘッダを入力します。  
データの識別に使用します。

## 繰返し測定/毎日繰返し測定のセルへのストレス印加方法の選択

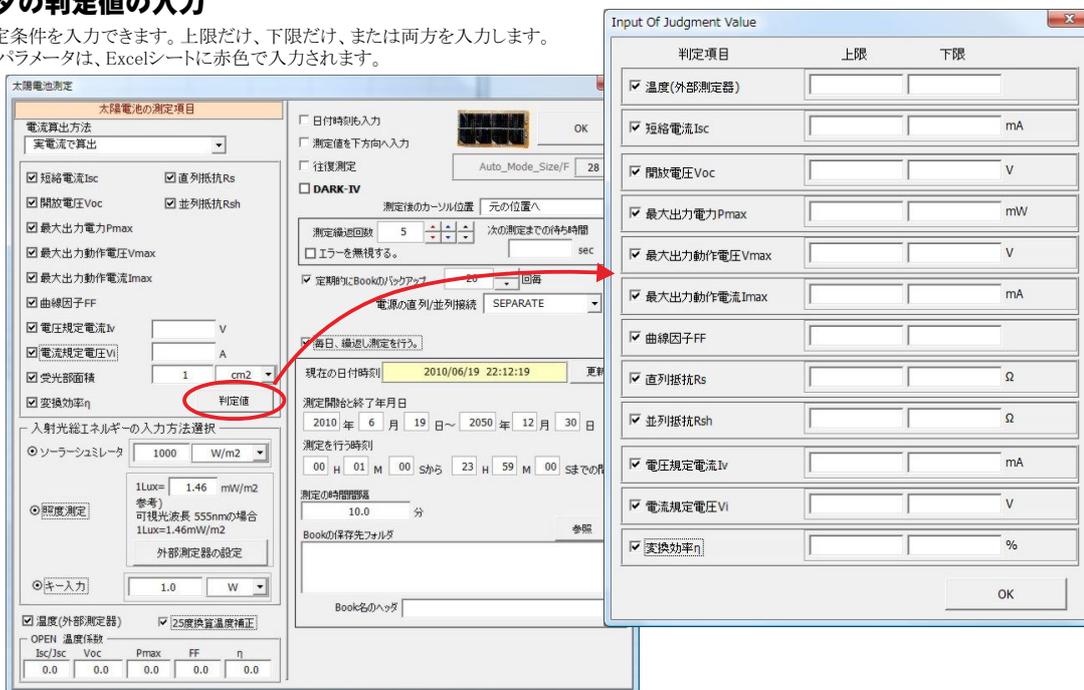
繰返しI-V測定を行う場合、測定を行っていない時間帯は太陽電池にストレス(負荷)を印加することができます。「OPEN」、「SHORT」、「VOLTAGE」、「Vmax」、「CURRENT」の5種類から選択します。通常は、OPENを選択します。ただし、このストレス印加機能は、測定の時間間隔が10秒以上の場合にだけ機能します。



- 繰返し回数を2回以上に設定すると、このストレス条件が表示されます。
- ストレスの種類を選択します。(測定時間間隔が10秒以上の場合に機能します。)
- ストレスに「VOLTAGE」「Vmax」を選択した場合は、電圧値を入力します。「CURRENT」を選択した場合は、電流値を入力します。  
注)「Vmax」(最大出力動作電圧)を選択した場合、常に、直前に測定されたVmax値がストレス電圧として使用されます。もし、Vmaxの測定に失敗した場合は、最後に測定されたVmax値が使用されます。試験中、1度もVmaxが測定できなかった場合は、ここに入力した電圧値がストレス電圧として使用されます。
- ストレス印加中の制限電流、または制限電圧を入力します。空欄の場合は、電源の出力可能な最大値になります。

## 測定パラメータの判定値の入力

各パラメータに判定条件を入力できます。上限だけ、下限だけ、または両方を入力します。この判定を外れたパラメータは、Excelシートに赤色で入力されます。



## 繰返しI-V測定の時、試料のサンプル名の入力方法

繰返し回数を2回以上に設定し、「次の測定までの待ち時間」を空欄にすると、毎回、I-V測定毎に一時停止になり、下記のようにサンプル名入力画面が表示されます。

ここで、サンプル名を入力すると、Excelシートに入力される測定データの先頭にサンプル名が入力されます。測定サンプルをI-V測定ごとに取り換えて測定するときには使用します。



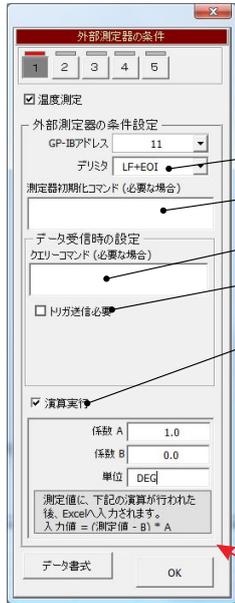
空欄にする。

I-V測定の直前に下記の画面が表示されます。

毎回サンプルの受光部面積を入力する場合はチェックを付けます。毎回サンプル名を入力する場合はチェックを付けます。

## 「温度」にチェックをつけた場合

温度測定にチェックをつけた場合の温度計の設定画面  
詳細は、22ページ「外部測定器」の項を参照ください。



下記の設定例参照

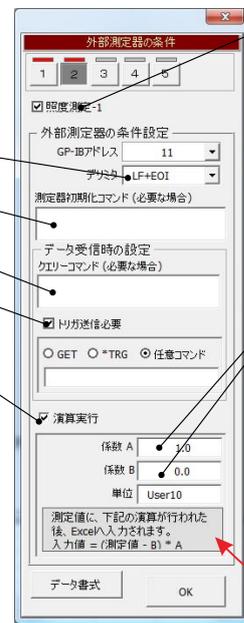
- ①
- ②
- ③
- ④
- ⑤

## 「照度計測定」(光量)を選択し「外部測定器」の設定を行う場合

照度計は、最大4台(2,3,4,5)まで使用可能です。複数台の照度計を指定した場合、その照度計の測定値を平均化処理して照度値として使用されます。詳細は、22ページ「外部測定器」の項を参照ください。

※測定の順番について

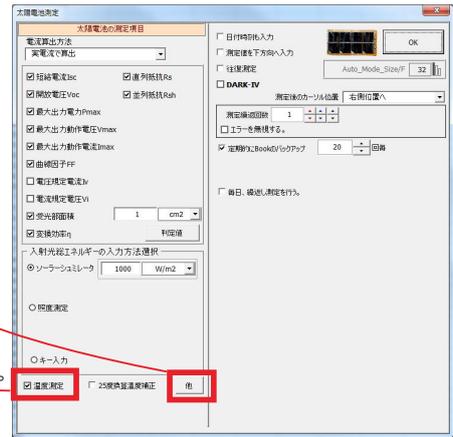
1.最初に温度測定を行います。2.次に照度計の測定を行います。3.最後にI-V測定を行います。



照度以外の測定を行うことができます。その場合は、「照度測定」の文字上を「Shift」キーを押しながらクリックすると、「OTHER」に表示が代わり、照度測定から除外されます。このマルチメータは独立して任意の測定が可能になります。4台をすべて照度測定から除外して、独立したマルチメータとして使用が可能です。1台のマルチメータから複数のデータが、コマンドで区切られて送信される場合は、そのデータ全ての受信ができます。

測定した電圧値をルクスの単位に変換する係数を入力します。

$$\text{Lux} = (\text{測定電圧} - B) * A$$



チェックを付けたと設定画面が表示されます。

### 温度測定の設定例

ADC 7352Aの場合

設定値
① LF+E01
② F40 INIC1 DE0 TRS3
③ 空
④ チェック有り(*TRG)
⑤ チェック無

KEITHLEY 2110のK熱電対の場合

設定値
① LF+E01
② UNIT C TCO:TYPE K TCO:RJUN:RSEL REAL
注) ↻は、「Ctrl」+「Enter」 " "(アンダーバー)はスペースを意味します。
③ MEAS:TCO?
④ チェック無
⑤ チェック無

ADC 7461PのPt100場合

設定値
① CR/LF+E01
② H0 F44 PT0 IN1 TRS3
③ 空
④ チェック有り(*TRG)
⑤ チェック無

### 照度/光量測定の設定例

ADC 7352Aの場合

設定値
① LF+E01
② F1 INIC1 DE0 TRS3
③ 空
④ チェック有り(*TRG)
⑤ チェック有り (係数A, Bを入力)

Agilent 34970Aの場合

SLOT1,Ch-1, DC電圧入力  
注)シャッター一閉閉用34970Aとは共用不可。

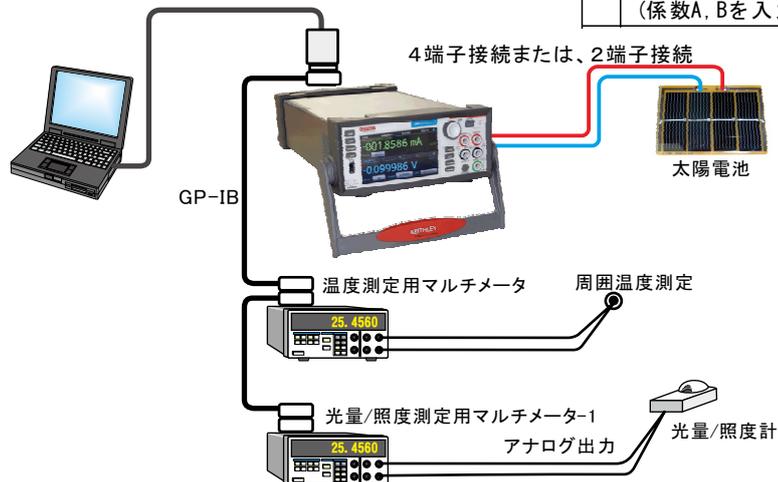
設定値
① LF+E01
② *RST INST:DMM_ON TRIG:SOUR_BUS CONF:VOLT:DC_(@101) ROUTE:SCAN_(@101) 注) ↻は、「Ctrl」+「Enter」 " "(アンダーバー)はスペースを意味します。
③ READ?
④ チェック無
⑤ チェック有り (係数A, Bを入力)

Agilent 34970Aの場合

SLOT1,Ch-1, K型熱電対

注)シャッター一閉閉用34970Aとは共用不可。

設定値
① LF+E01
② *RST INST:DMM_ON TRIG:SOUR_BUS CONF:TEMP_TC,K,(@101) ROUTE:SCAN_(@101) 注) ↻は、「Ctrl」+「Enter」 " "(アンダーバー)はスペースを意味します。
③ READ?
④ チェック無
⑤ チェック無

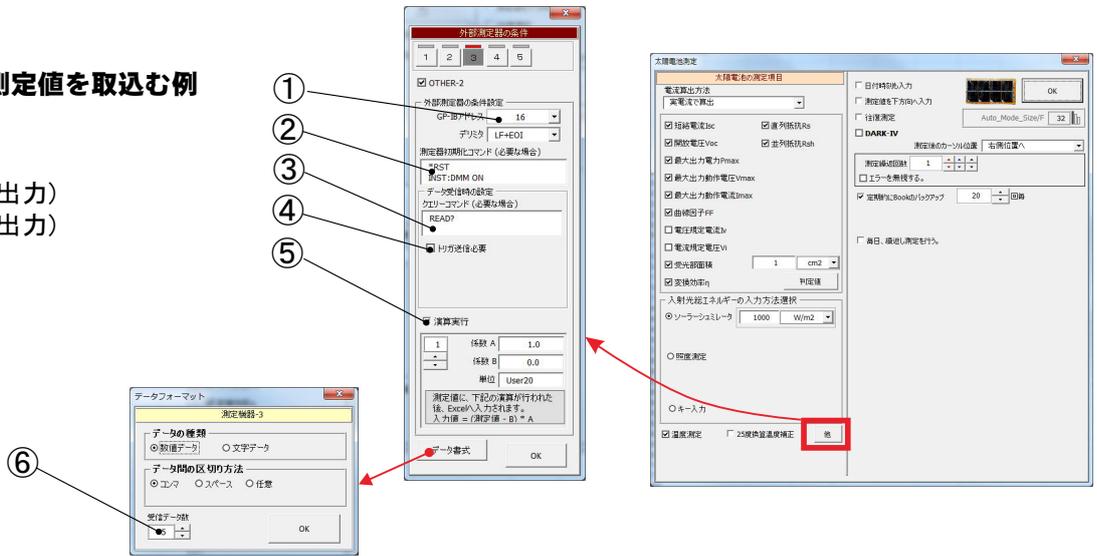


# 任意の測定値を、Agilent34970Aを使用して多チャンネルを取り込む方法

任意の複数の測定項目を、アジレントテクノロジー社34970Aのマルチプレクサ(34901A)を使用して最大10chまでのデータを取り込むことができます。  
この測定には、外部測定器の2番から5番が使用できます。1番は、25度換算のための温度専用専用の測定ですから使用できません。

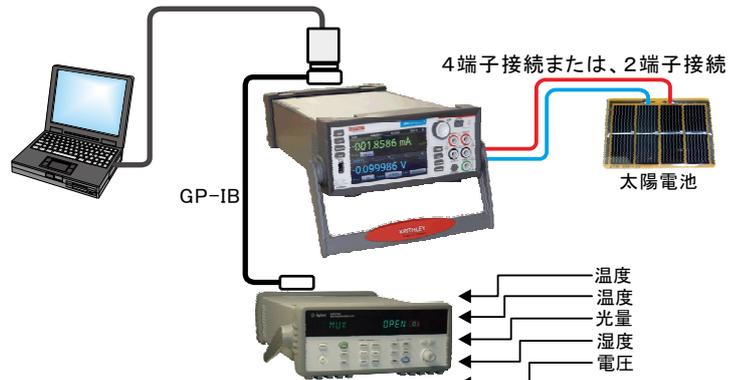
## 34970Aで5種類の測定値を取込む例

- ch-1 K型熱電対
- ch-2 T型熱電対
- ch-3 光量(DC電圧出力)
- ch-4 湿度(DC電圧出力)
- ch-5 DC電圧



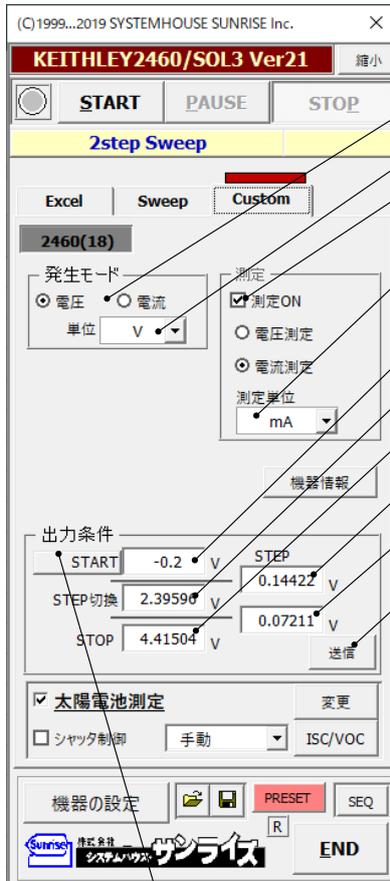
マルチプレクサ 37901Aを、スロット1に挿入する。  
注)シャッター開閉用34970Aとは共用不可。

設定値	
①	LF+E01
②	*RST ↻ INST:DMM_ON ↻ TRIG:SOUR_BUS ↻ CONF:TEMP_TC,K, (@101) ↻ CONF:TEMP_TC,T, (@102) ↻ CONF:VOLT:DC_ (@103:105) ↻ ROUTE:SCAN_ (@101:105) ↻ 注) ↻は、「Ctrl」+「Enter」 “(アンダーバー)”はスペースを意味します。
③	READ?
④	チェック無
⑤	チェック有り (係数A, Bを入力)
⑥	5



# I-V測定の間隔を途中で切り換えて測定する方法

I-V測定の間隔を途中で切り換えて測定するためには、「Custom」タブを開き、「太陽電池の測定」にチェックを付けます。



電圧発生/電流発生を選択します。

発生値の単位を設定します。

測定をONにします。

測定値をExcelへ入力する単位を選択します。

① スイープ開始値を入力します。

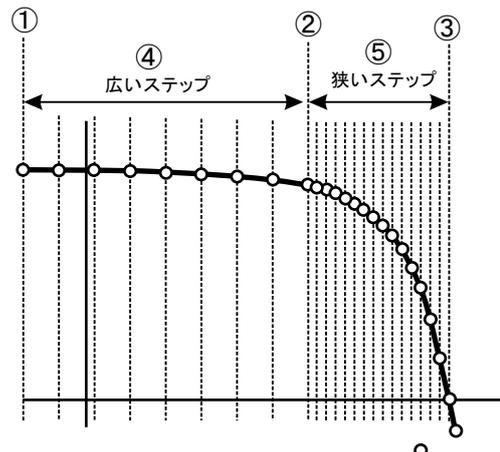
② 測定間隔を切り換える場所を指定します。

③ スイープ停止値を入力します。

④ スイープ最初の測定間隔を入力します。

⑤ スイープ途中で測定間隔を切換え後の、測定間隔を入力します。

このボタンをクリックすると、「出力条件」枠内に入力した値からスイープ出力リストを作成し、ソースメータ内部のカスタムスイープ領域に転送します。正常に転送を完了すると、ボタンが赤色になります。測定開始前に、このボタンをクリックしてください。もし、このボタンをクリックしないで測定を開始すると、測定開始前に、出力リストが自動的に転送され、その後、測定が開始されます。



ダブルクリックで、スタート/ストップ値を入れ換えます。

The Excel spreadsheet compares two measurement methods. The left side shows '通常スイープの測定' (Normal Sweep) and the right side shows '2段スイープの測定' (2-Step Sweep). Both include a table of parameters and an I-V curve graph.

通常スイープの測定				2段スイープの測定			
温度(外部測定器)	25.5	温度(外部測定器)	25.7				
短絡電流Isc(mA)	38.553	短絡電流Isc(mA)	38.547				
開放電圧Voc(V)	0.50207	開放電圧Voc(V)	0.50211				
最大出力電力Pmax(mW)	13.4234	最大出力電力Pmax(mW)	13.4145				
最大出力動作電圧Vmax(V)	0.40084	最大出力動作電圧Vmax(V)	0.40237				
最大出力動作電流Imax(mA)	33.488	最大出力動作電流Imax(mA)	33.339				
曲線因子FF	0.69349	曲線因子FF	0.69308				
直列抵抗Rs(Ω)	1.0460E+00	直列抵抗Rs(Ω)	9.9701E-01				
並列抵抗Rsh(Ω)	3.2696E+02	並列抵抗Rsh(Ω)	3.1875E+02				
受光部面積(cm <sup>2</sup> )	5	受光部面積(cm <sup>2</sup> )	5				
変換効率η(%)	2.68469	変換効率η(%)	2.6829				
入射光Pint(mW)	500	入射光Pint(mW)	500				

The I-V curves show that the 2-step sweep method provides a more detailed view of the maximum power point region compared to the normal sweep.

# 色素増感型太陽電池等のISCの応答性の評価方法

ISCの時間的変化を観察するには、下記の方法が用意されています。

色素増感太陽電池の応答性を評価するには、このISCの連続測定を開始した後、ソーラーシミュレータのシャッターを手動でOPEN/CLOSEします。シャッターのOPENと同時にISCが、時間経過とともに増加し、CLOSEによりISCが減少し、色素増感太陽電池の応答性を確認できます。ただし、ISCのサンプリング時間間隔は、最速でも約0.1秒程度になります。連続測定時間の長さはExcelの最下行に到達するまで継続できます。例えば、0.1秒間隔で、6,500秒継続できます。

**1**

①スイープタブを選択します。

②太陽電池測定にチェックを付けます。

**2**

①Excelタブを選択します。

③測定時間間隔を入力します。

④測定 延時間をゼロにします。

⑤MANU. RANGEのチェックを外します。

②ISC連続測定にチェックを付けて、測定回数を入力します。ISC/VOCの選択も可能です。

色素増感太陽電池 ISC応答性測定

色素増感太陽電池 VOC応答性測定

# 色素増感型太陽電池等のヒステリシスに対応した往復スイープ

注)「W32-2400SOL2,SOL3」だけの機能です。

色素増感型などの有機系太陽電池のI-V測定では、スイープ方向により異なったI-Vカーブを示す場合があります。このようなヒステリシスのある太陽電池では、I-Vカーブを往復測定で行いたい場合があります。往復測定を行った場合、「行き」のデータと「戻り」のデータの平均値を使用してパラメータを算出します。

往復測定をするために、どちらかの「往復測定」にチェックを付けます。どちらに付けても、効果は同じです。

## 往復スイープの測定結果

行き/戻りのそれぞれのカーブからのパラメータ計算結果

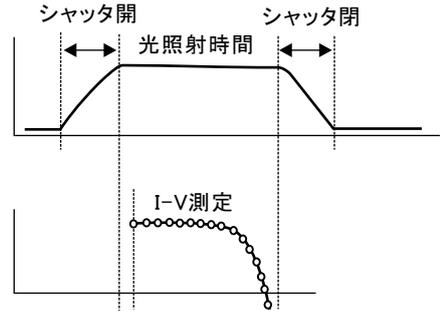
行き/戻りの平均値を使用したパラメータ

往復測定	平均	行き/戻り	
短絡電流Isc(mA)	2.77074	2.77986/2.76161	
開放電圧Voc(V)	0.70672	0.6706/0.72597	
最大出力電力Pm	1.50568	1.19388/2.16385	
最大出力動作電圧	0.57628	0.48244/0.60076	
最大出力動作電流	2.61276	2.47466/3.6019	
曲線因子FF	0.78894	0.64043/1.07932	
直列抵抗Rs(Ω)	1.5366E+01		
並列抵抗Rsh(Ω)	9.5200E+04		
発光面積A(cm <sup>2</sup> )	0.25		
変換効率η(%)	6.0227	4.7755/8.6554	
入射光Pint(mW)	25		
電圧(V)	電流(mA)	電力(mW)	
17	-0.05	11.18	-0.559
18	-0.0092	11.188	-0.1029296
19	0.0316	10.884	0.3439344
20	0.0724	10.808	0.7824992
21	0.1132	10.92	1.236144
22	0.154		
23	0.1948		
24	0.2356		
25	0.2764		
26	0.3172		
27	0.358		
28	0.3988		
29	0.4192		
30	0.4396		
31	0.46		
32	0.4804		
33	0.5008		
34	0.5212		
35	0.5416		
36	0.562		
37	0.5824		
38	0.6028		
39	0.6232		
40	0.6436		

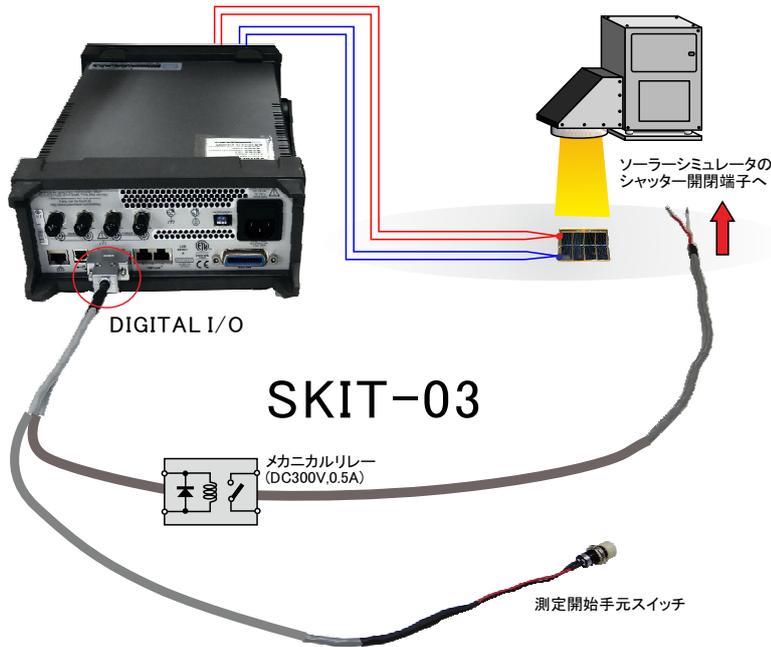
色素増感太陽電池のI-Vヒステリシス

## ソーラーシミュレータのシャッター制御を行なうI-V測定

ソーラーシミュレータにシャッター開閉機能が装備され、パソコンからのシャッター制御が可能な場合、必要最小限の照射時間でI-V測定ができます。測定直前にシャッターをオープンし、測定完了と同時にシャッターをクローズします。また、照射時間はパソコンからの制御で自由に設定できるため、I-V測定精度が確保できます。



### ● シャッター開閉制御キット(SKIT-03)でシャッター制御する場合。

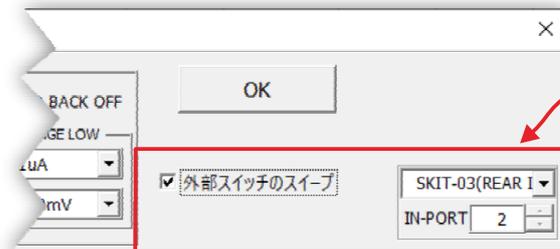


### ソフトウェアの設定

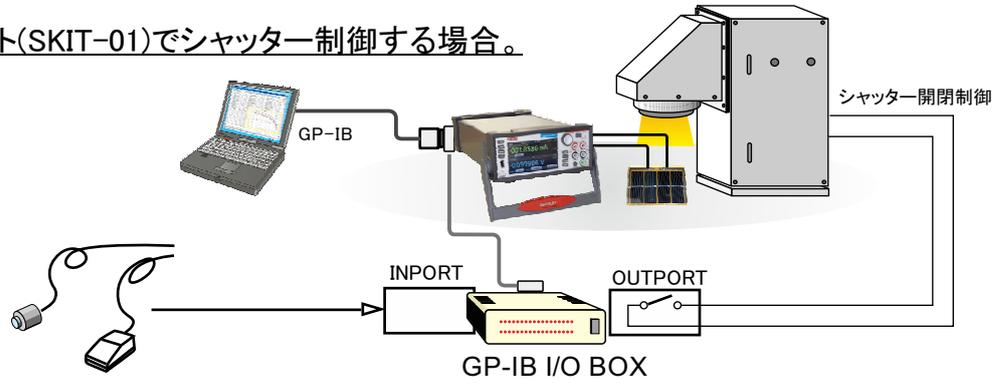
#### シャッター開閉制御を行う設定



#### 機器の設定 測定開始を手元操作ボタンで行う設定

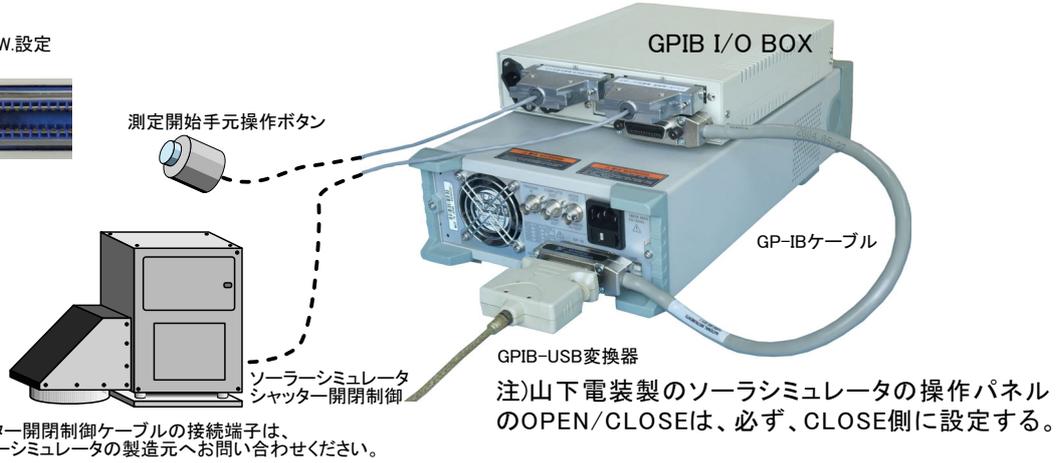


● シャッター開閉制御キット(SKIT-01)でシャッター制御する場合。



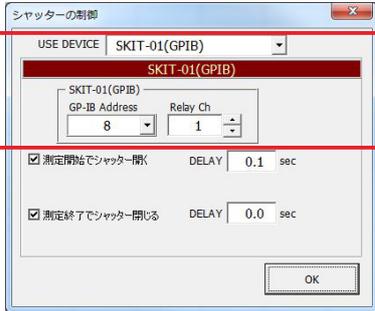
**配線の方法**

GPIB I/O BOXの裏面のDISP SW設定  
DISP SW.の4, 6, 7をON

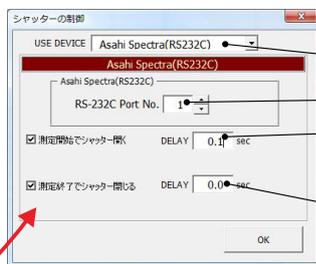


**ソフトウェアの設定**

シャッター開閉制御を行う設定

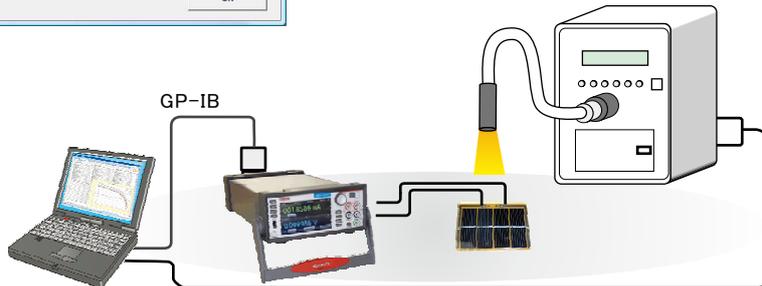


● 朝日分光社製ソーラーシミュレータを、RS-232Cでシャッター制御する場合。



- Asahi Spectraを選択します。
- ソーラーシミュレータと接続したRS232Cポート番号を設定します。
- シャッターオープン指示を出してからI-V測定を開始するまでの遅延時間を入力します。シャッターのオープン動作が遅い場合に、シャッターが完全にオープンするまでの時間調整をします。
- I-V測定終了後、シャッタークローズ指示を出すまでの遅延時間を入力します。

「シャッター制御」にチェックを付けると、I-V測定時にシャッター制御が行われます。



## ● ADC社7461Pマルチメータを使用してシャッタ制御を行う場合。



「シャッター制御」にチェックを付けたら、I-V測定時にシャッター制御が行われます。

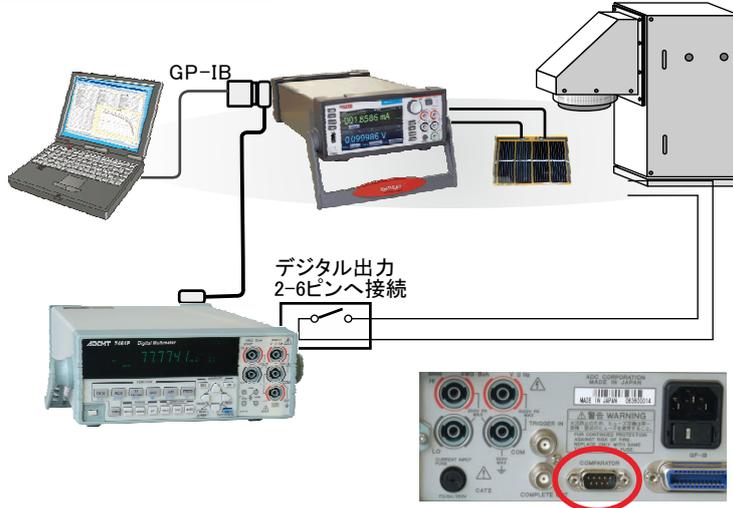


ADC 7461Pを選択します。

7461PのGP-IBアドレスを設定します。

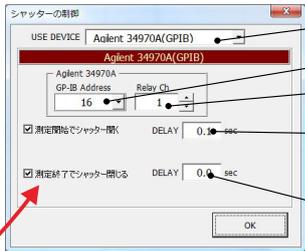
シャッターオープン指示を出してからI-V測定を開始するまでの遅延時間を入力します。シャッターのオープン動作が遅い場合に、シャッターが完全にオープンするまでの時間調整をします。

I-V測定終了後、シャッタークロス指示を出すまでの遅延時間を入力します。



デジタル出力  
2-6ピンへ接続

## ● Agilent Technologies社34970Aのリレーボックスを使用してシャッター制御を行う場合。



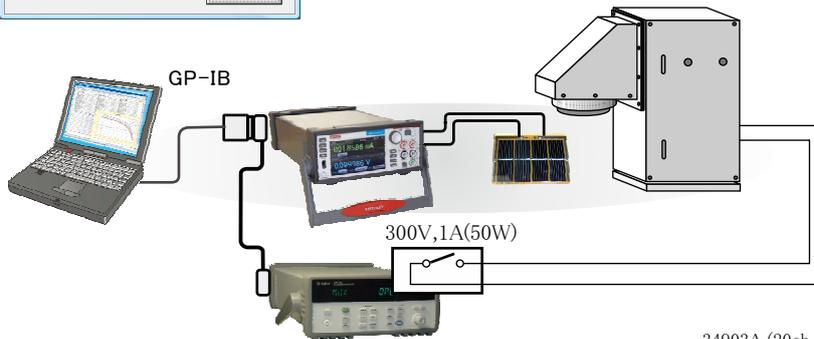
Agilent34970Aを選択します。

34970AのGP-IBアドレスを設定します。

34903Aアクチュエータモジュールのリレー番号を入力します。

シャッターオープン指示を出してからI-V測定を開始するまでの遅延時間を入力します。シャッターのオープン動作が遅い場合に、シャッターが完全にオープンするまでの時間調整をします。

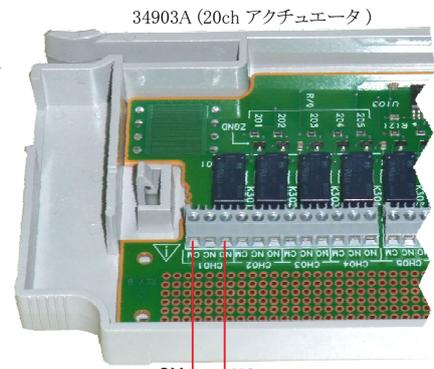
I-V測定終了後、シャッタークロス指示を出すまでの遅延時間を入力します。



300V,1A(50W)

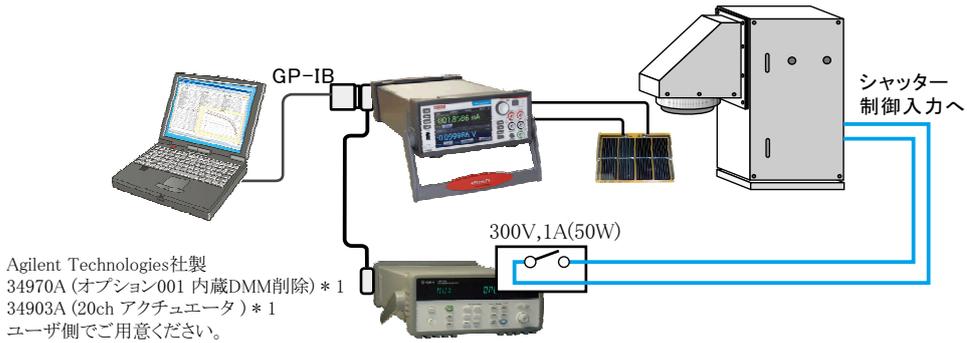
Agilent Technologies社製  
34970A (オプション001 内蔵DMM削除) \* 1  
34903A (20ch アクチュエータ) \* 1  
ユーザ側でご用意ください。

任意のスロット位置に装着します。



ソーラーシミュレータ  
のシャッターへ

# ソーラーシミュレータのシャッタ開閉制御の「34903A」配線方法



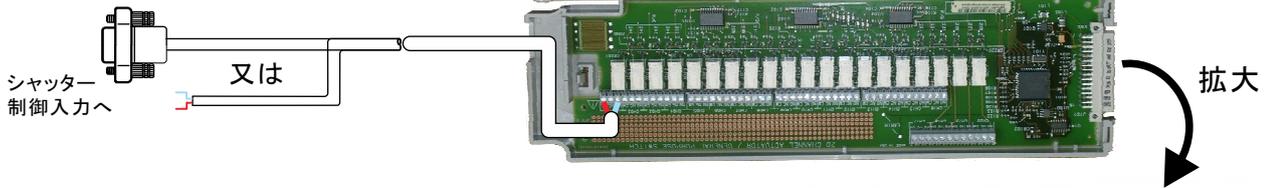
## ①34903Aの蓋を開ける

ここを押しながら、蓋を開ける。

34903A

蓋を開ける。

## ②シャッター接続ケーブルを配線する



## ③34970A本体へ装着する。

34903Aは、一番上の  
スロットに挿入し、  
下の2つのスロットは  
空にする。

シャッター  
制御入力へ

CH01の  
「CM」、「NO」間に配線する。

## ④ソフト側の設定

- Agilent34970A を選択
- GP-IB Address は、16 を選択
- Relay Ch は、1 を選択
- チェックを付ける。



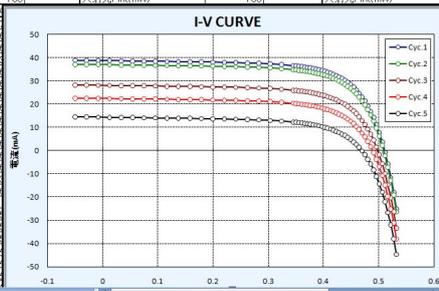
注)山下電装製のソーラシミュレータの操作パネルのOPEN/CLOSEは、必ず、CLOSE側に設定する。

「実電流で算出」と「電流密度で算出」の測定結果の例

実電流で算出				電流密度で算出			
日付	2010/06/19			日付	2010/06/19		
時刻	22:56:22			時刻	22:58:36		
温度(外部測定器)	25.6			温度(外部測定器)	25.4		
短絡電流Isc(mA)	39.657			短絡電流Isc(mA/cm <sup>2</sup> )	7.9273		
開放電圧Voc(V)	0.50713			開放電圧Voc(V)	0.5068		
最大出力電力Pmax(mW)	14.0143			最大出力電力Pmax(mW/cm <sup>2</sup> )	2.79944		
最大出力動作電圧Vmax(V)	0.40552			最大出力動作電圧Vmax(V)	0.40552		
最大出力動作電流Imax(mA)	34.559			最大出力動作電流Imax(mA/cm <sup>2</sup> )	6.9033		
曲線因子FF	0.69685			曲線因子FF	0.6968		
直列抵抗Rs(Ω)	8.9028E-01			直列抵抗Rs(Ω/cm <sup>2</sup> )	4.4242E+00		
並列抵抗Rsh(Ω)	3.2756E+02			並列抵抗Rsh(Ω/cm <sup>2</sup> )	1.6350E+03		
電圧規定電流Iv(mA)	34.898			電圧規定電流Iv(mA/cm <sup>2</sup> )	6.9714		
電流規定電圧Vv(V)	0.44143			電流規定電圧Vv(V)	0.44103		
受光部面積(cm <sup>2</sup> )	5			受光部面積(cm <sup>2</sup> )	5		
変換効率η(%)	2.80286			変換効率η(%)	2.79944		
入射光Pint(mW)	500			入射光Pint(mW/cm <sup>2</sup> )	100		
電圧(V)	電流(mA)	電力(mW)		電圧(V)	電流(mA/cm <sup>2</sup> )	電力(mW/cm <sup>2</sup> )	
-0.05	39.809	-1.89058		-0.05	7.9578	-0.39788	
-0.0292	39.745	-1.160554		-0.0292	7.9452	-0.2319884	
-0.0084	39.682	-0.3333288		-0.0084	7.9324	-0.06663216	
0.0124	39.619	0.4912756		0.0124	7.9198	0.09820552	
0.0332	39.556	1.3132592		0.0332	7.9072	0.26251904	
0.054	39.493	2.132622		0.054	7.8946	0.4263084	
0.0748	39.429	2.9492892		0.0748	7.8818	0.58955864	
0.0956	39.363	3.7631028		0.0956	7.8686	0.75223816	
0.1164	39.296	4.5740544		0.1164	7.8552	0.91434528	
0.1372	39.226	5.3818072		0.1372	7.8412	1.07581264	
0.158	39.151	6.185858		0.158	7.8262	1.2365396	
0.1788	39.074	6.9859948		0.1788	7.8102	1.39646376	

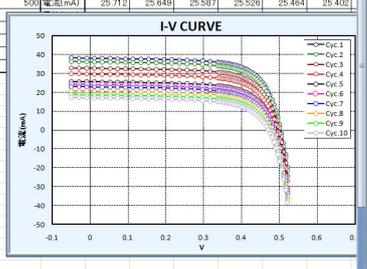
通常の測定データの入力例

1回目測定				2回目測定				3回目測定				4回目測定			
経過時間(s)	0			経過時間(s)	18.88			経過時間(s)	28.158			経過時間(s)			
温度(外部測定器)	-0.038596			温度(外部測定器)	-0.038406			温度(外部測定器)	-0.037887			温度(外部測定器)			
短絡電流Isc(mA)	39.689			短絡電流Isc(mA)	39.908			短絡電流Isc(mA)	28.042			短絡電流Isc(mA)			
開放電圧Voc(V)	0.51074			開放電圧Voc(V)	0.50603			開放電圧Voc(V)	0.49833			開放電圧Voc(V)			
最大出力電力Pmax(mW)	13.7391			最大出力電力Pmax(mW)	13.0587			最大出力電力Pmax(mW)	9.502			最大出力電力Pmax(mW)			
最大出力動作電圧Vmax(V)	0.40916			最大出力動作電圧Vmax(V)	0.40812			最大出力動作電圧Vmax(V)	0.39668			最大出力動作電圧Vmax(V)			
最大出力動作電流Imax(mA)	33.579			最大出力動作電流Imax(mA)	31.848			最大出力動作電流Imax(mA)	23.858			最大出力動作電流Imax(mA)			
曲線因子FF	0.69591			曲線因子FF	0.69402			曲線因子FF	0.67897			曲線因子FF			
直列抵抗Rs(Ω)	9.8529E-01			直列抵抗Rs(Ω)	1.0034E+00			直列抵抗Rs(Ω)	1.0914E+00			直列抵抗Rs(Ω)			
並列抵抗Rsh(Ω)	3.2156E+02			並列抵抗Rsh(Ω)	3.2280E+02			並列抵抗Rsh(Ω)	3.2808E+02			並列抵抗Rsh(Ω)			
受光部面積(cm <sup>2</sup> )	1			受光部面積(cm <sup>2</sup> )	1			受光部面積(cm <sup>2</sup> )	1			受光部面積(cm <sup>2</sup> )			
変換効率η(%)	13.7391			変換効率η(%)	13.0587			変換効率η(%)	9.502			変換効率η(%)			
入射光Pint(mW)	100			入射光Pint(mW)	100			入射光Pint(mW)	100			入射光Pint(mW)			
電圧(V)	電流(mA)	電力(mW)		電圧(V)	電流(mA)	電力(mW)		電圧(V)	電流(mA)	電力(mW)		電圧(V)	電流(mA)	電力(mW)	
-0.05	38.84	-1.842		-0.05	39	-1.95		-0.05	28.158	-1.53		-0.05	28.158	-1.53	
-0.0292	38.776	-1.132592		-0.0292	39	-1.132592		-0.0292	28.158	-0.82		-0.0292	28.158	-0.82	
-0.0084	38.714	-0.3251976		-0.0084	39	-0.3251976		-0.0084	28.158	-0.23		-0.0084	28.158	-0.23	
0.0124	38.651	0.4792724		0.0124	39	0.4792724		0.0124	28.158	0.79		0.0124	28.158	0.79	
0.0332	38.588	1.2811216		0.0332	39	1.2811216		0.0332	28.158	1.93		0.0332	28.158	1.93	
0.054	38.525	2.06035		0.054	39	2.06035		0.054	28.158	2.91		0.054	28.158	2.91	
0.0748	38.462	2.8769576		0.0748	39	2.8769576		0.0748	28.158	3.71		0.0748	28.158	3.71	
0.0956	38.398	3.6702488		0.0956	39	3.6702488		0.0956	28.158	4.38		0.0956	28.158	4.38	
0.1164	38.331	4.4517284		0.1164	39	4.4517284		0.1164	28.158	4.94		0.1164	28.158	4.94	
0.1372	38.263	5.2486936		0.1372	39	5.2486936		0.1372	28.158	5.39		0.1372	28.158	5.39	
0.158	38.198	6.0333672		0.158	39	6.0333672		0.158	28.158	5.74		0.158	28.158	5.74	
0.1788	38.111	6.8142468		0.1788	39	6.8142468		0.1788	28.158	5.99		0.1788	28.158	5.99	
0.1996	38.025	7.58979		0.1996	39	7.58979		0.1996	28.158	6.15		0.1996	28.158	6.15	
0.2204	37.927	8.3581108		0.2204	39	8.3581108		0.2204	28.158	6.22		0.2204	28.158	6.22	
0.2412	37.812	9.120544		0.2412	39	9.120544		0.2412	28.158	6.20		0.2412	28.158	6.20	
0.262	37.672	9.870064		0.262	39	9.870064		0.262	28.158	6.09		0.262	28.158	6.09	
0.2828	37.487	10.6041516		0.2828	39	10.6041516		0.2828	28.158	5.90		0.2828	28.158	5.90	
0.3036	37.27	11.315172		0.3036	39	11.315172		0.3036	28.158	5.64		0.3036	28.158	5.64	
0.3244	36.982	11.9907236		0.3244	39	11.9907236		0.3244	28.158	5.32		0.3244	28.158	5.32	
0.3452	36.539	12.6132628		0.3452	39	12.6132628		0.3452	28.158	4.95		0.3452	28.158	4.95	
0.3504	36.403	12.7558112		0.3504	39	12.7558112		0.3504	28.158	4.82		0.3504	28.158	4.82	
0.3556	36.26	12.884356		0.3556	39	12.884356		0.3556	28.158	4.64		0.3556	28.158	4.64	
0.3608	36.111	12.999904		0.3608	39	12.999904		0.3608	28.158	4.42		0.3608	28.158	4.42	

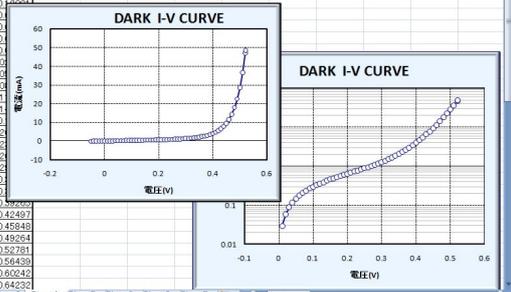


「測定値を下方向へ入力」にチェックをつけた場合の入力例

V31																			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q		
1	0	25.5	38.019	0.50993	13.2976	0.4039	32.923	0.69406	1.0692E+00	3.1872E+02	5	2.65952	500	38.171	38.109	38.047	37.985	37.924	37.862
4	10.688	25.5	36.097	0.50214	12.5542	0.40237	31.2007	0.69262	1.0700E+00	3.1963E+02	5	2.51084	500	36.25	36.188	36.125	36.063	36.002	35.94
5	19.547	25.5	32.723	0.49935	11.2182	0.39868	29.13	0.68792	1.0773E+00	3.1981E+02	5	2.24365	500	32.878	32.813	32.751	32.689	32.627	32.566
6	28.252	25.5	29.638	0.49446	10.0003	0.39472	25.3428	0.6828	1.0841E+00	3.2003E+02	5	2.00666	500	29.791	29.728	29.666	29.604	29.543	29.481
7	36.821	25.5	25.5585	0.48939	8.4123	0.38758	21.7047	0.6739	1.1532E+00	3.2483E+02	5	1.68246	500	26.712	26.649	26.587	26.526	26.464	26.402
8	44.803	25.5	24.157	0.48603	7.6697	0.38503	20.4391	0.67026	1.1548E+00	3.2510E+02	5	1.57393	500	25.712	25.649	25.587	25.526	25.464	25.402
9	53.508	25.5	22.872	0.48358	7.374	0.38197	19.3263	0.6667	1.1565E+00	3.2483E+02	5	1.47481	500	24.712	24.649	24.587	24.526	24.464	24.402
10	60.825	25.5	20.6785	0.4799	6.5451	0.37788	17.3436	0.66044	1.1626E+00	3.2510E+02	5	1.30902	500	23.712	23.649	23.587	23.526	23.464	23.402
11	69.046	25.5	18.5935	0.47476	5.7669	0.37279	15.4094	0.65339	1.2301E+00	3.2835E+02	5	1.15337	500	22.712	22.649	22.587	22.526	22.464	22.402
12	77.579	25.5	16.689	0.47076	5.1791	0.36892	14.006	0.64719	1.2372E+00	3.2878E+02	5	1.03862	500	21.712	21.649	21.587	21.526	21.464	21.402



DARK I-V CURVE			
電圧(V)	電流(mA)		
-0.05	-0.15067		
-0.04	-0.14949		
-0.03	-0.14831		
-0.02	-0.14713		
-0.01	-0.14595		
0	0		
0.01	0.02		
0.02	0.03		
0.03	0.04		
0.04	0.05		
0.05	0.06		
0.06	0.07		
0.07	0.08		
0.08	0.09		
0.09	0.1		
0.1	0.11		
0.11	0.12		
0.12	0.13		
0.13	0.14		
0.14	0.15		
0.15	0.16		
0.16	0.17		
0.17	0.18		
0.18	0.19		
0.19	0.2		
0.2	0.21		



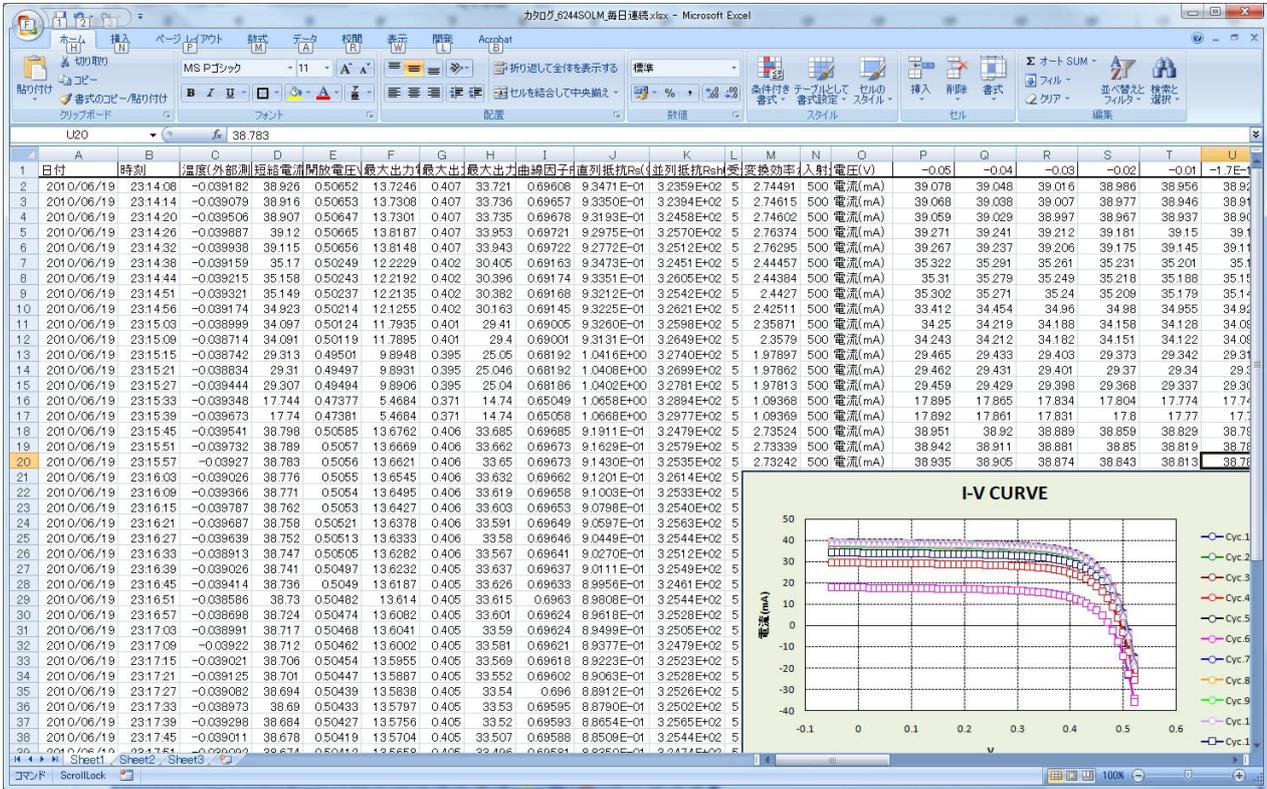
「太陽電池の測定」のDARK I-Vにチェックを付けた場合の、ダークI-V測定結果。

# 毎日の連続測定を行う場合

「毎日、繰返し測定を行う」にチェックをつけた場合。

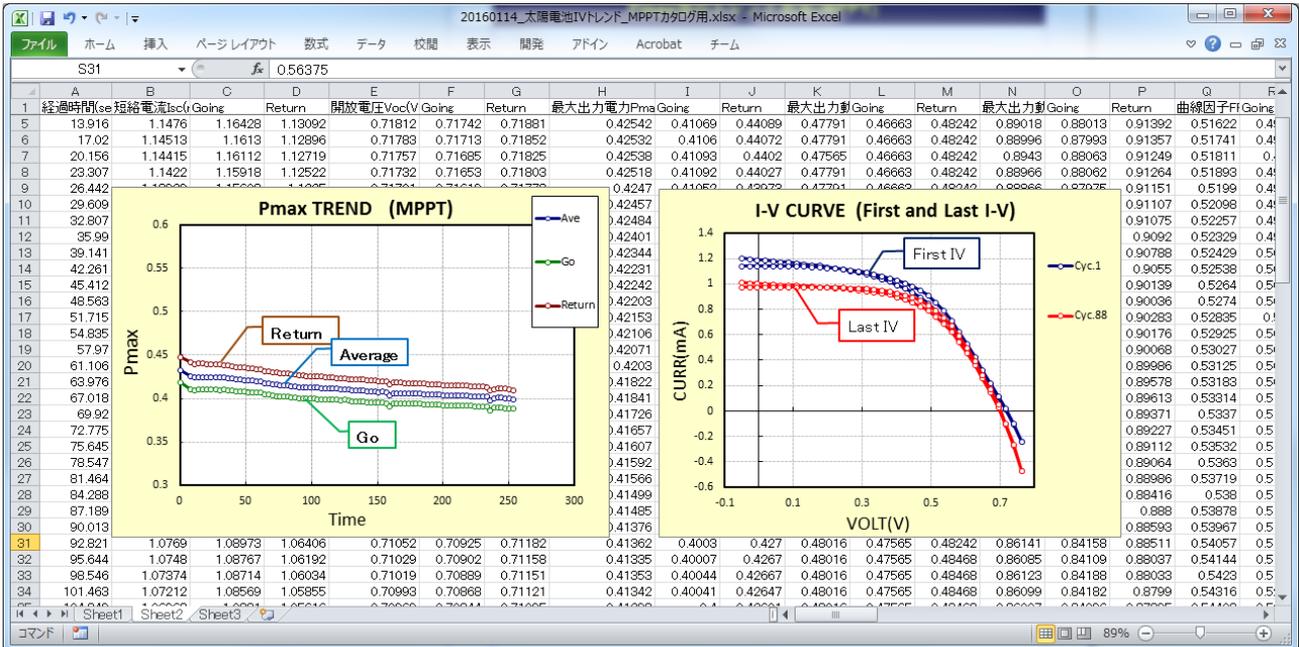
1. スタートすると、下記のBook名で、現在開かれているBookの名前が変更された後、指定された時刻まで待ち状態になります。
2. 指定時刻になると、自動的に測定が開始されます。測定データは、Excelシートの下方方向に入力されていきます。
3. 指定された終了時刻になると(または、Excelシートの最下行に到達すると)、その日の測定を自動的に終了し、Bookを保存し閉じます。
4. Bookを閉じた後、直ちに新しいBookを自動的に作成し、次の日の測定開始まで待機します。
5. このように、「2」から「4」を繰返し、終了日付の終了時刻になると全測定を終了します。

作成されるExcelブックの名前  
 "Book名のヘッダ" + "\_" + 年月日 + "\_" + 時分秒 + ".xls"



# Pmax等のトレンド作図の設定方法

## ヒステリシスを伴う「Pmaxトレンド」の測定例



## 測定条件の設定方法

**測定条件の設定方法**

- 「測定値を下方へ入力」にチェックを付ける。ここにチェックを付けないと、算出パラメータのトレンド作図は行われません。
- ヒステリシスのあるセルでは、「往復測定」にチェックを付けます。往復測定では、算出パラメータの平均/行き/戻りの3本のトレンドが作図されます。
- 測定繰返回数は、3以上に設定する。3未満の回数では、算出パラメータのトレンド作図は行いません。
- 連続的にI-V測定を行う時、チャックを付けたと、最初のI-V作図と、最後に測定されたI-V作図だけが常に表示されます。チェックが無い場合は、先頭から20個までのI-V作図が行われ、それ以降は、測定は継続されますが、作図は行われません。
- I-V作図と共に、算出パラメータのトレンドの作図を行います。但し、算出パラメータの作図は、上図の入力条件を設定した時にだけ作図されます。
- トレンドグラフを作図するパラメータを選択します。往復測定を行う場合は、平均/行き/戻りのそれぞれの値が自動的に作図されます。

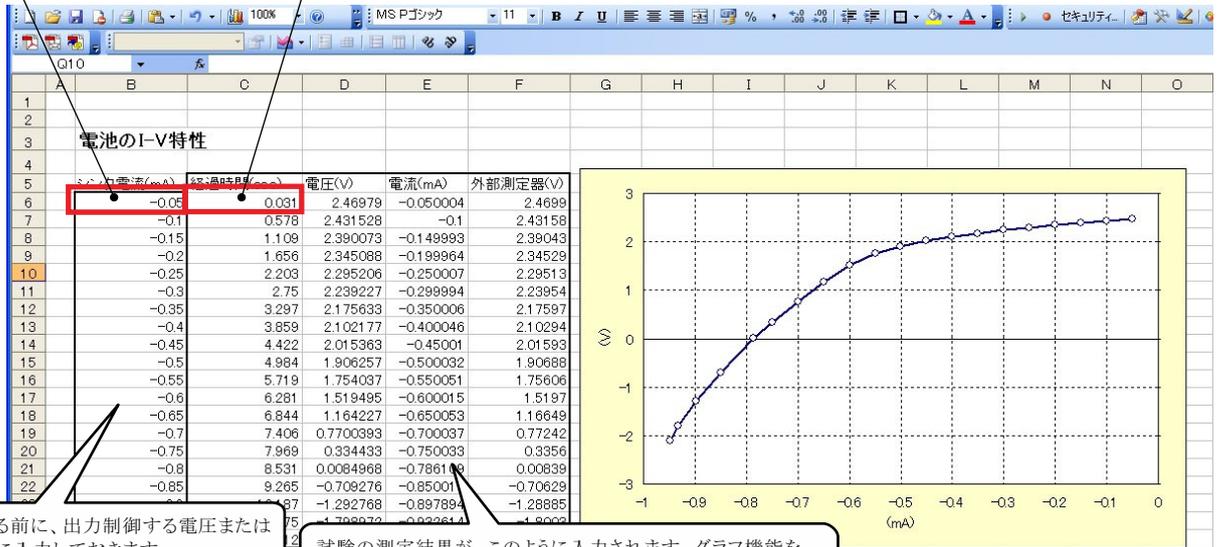
## Excel上のデータを出力しながら測定する方法

本測定では、太陽電池のパラメータは算出されません。

### ●電圧出力または、電流出力のどちらかを指定して出力する場合

この位置を出力位置に指定します。  
出力データは、Excel上の印の位置  
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。



試験を開始する前に、出力制御する電圧または電流を縦方向に入力しておきます。電流は、2400から出力する場合はプラス値で、2400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。

### ●同じ出力値を繰り返し出力する場合

同じ出力値で繰り返し測定を行うためには、Excelシートのセルに「出力値(測定回数)」として入力し、そのセル位置を出力位置に指定します。各測定は「保持時間」で入力した時間毎に測定を繰り返します。  
例えば、5Vの一定出力で、100回の繰り返し測定を行う場合、「5(100)」と入力します。Excelのバージョンによっては、上記の入力方法でExcelが入力エラーを発生する場合があります。その場合は、先頭に「アポストロフィー」(シングルクォーテーション)を入力し、その後ろに「5(100)」を入力してください。  
例「'5(100)」

同じ出力値を繰り返し出力する場合は、出力値の後ろに丸括弧で囲んで出力する繰り返し回数を指定します。

測定値が入力された例

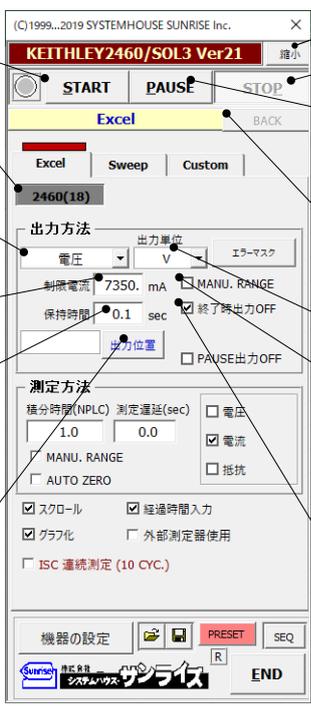
作図の例



## 「Excel」タブを選択した後、「START」ボタンで出力及び測定を開始します。

出力する電圧または電流値を、事前にExcelシートに入力しておく必要があります。また、「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データが出力され、その測定結果が現在のカーソル位置に入力されます。



測定を開始します。

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。

Excel上のデータを電圧として出力するか、電流として出力するかを設定します。また、「電圧/電流」を選択すると、電圧出力と電流出力を混在して出力が可能です。

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、機器仕様に応じた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。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。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。

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。

画面を縮小表示に切り換えます。

出力を中断します。

現在の出力と測定を完了後、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、続出力モードに復帰します。「Excel」タブが選択されたときのみ、有効です。

「PAUSE」状態のとき、1つ前の測定値を削除します。再測定を行う場合に使用します。

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、「mV」を設定すると、100mVが出力されます。

マニュアルレンジにチェックを付けると、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。

Excel上のデータの出力完了時、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。



発生電圧レンジ

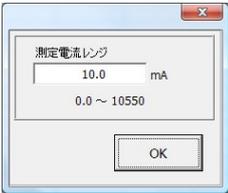
10 V

0.0 ~ 105

OK

測定の積分時間を設定します。0.01～10の範囲で入力します。  
 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。  
 下記の画面が表示されたら測定したいレベル値を入力してください。そのレベルが測定可能な最適なレンジに固定されます。



オートゼロをONにします。

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。



出力値設定後、測定開始までの遅延時間を入力します。機器の説明書の「ソースディレイ時間」に該当します。空欄にすると、測定は保持時間の末尾で行われます。

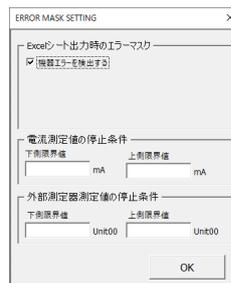
測定する項目にチェックを付けます。チェックを付けると同時に、その測定値をExcelへ入力する時の単位を指定します。



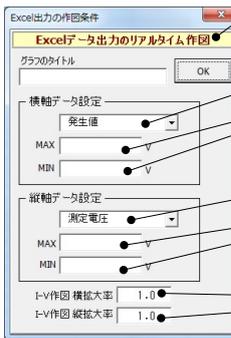
GP-IBで接続した外部測定器も同時に測定します。

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。



出力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。



「Excel」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。「電圧/電流」を選択した場合は、この機能は使用できません。

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。

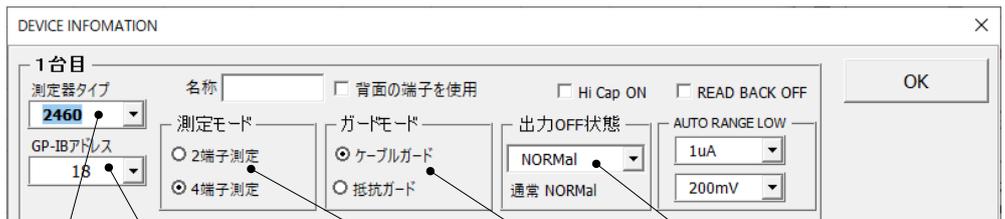
横軸のデータを指示します。

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。

Excelシート上に作図されるグラフのサイズを拡大/縮小します。既存のサイズは、「1.0」です。既存のサイズは、ディスプレイのサイズやExcelのバージョンにより異なります。



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。

出力OFFの状態を指定します。

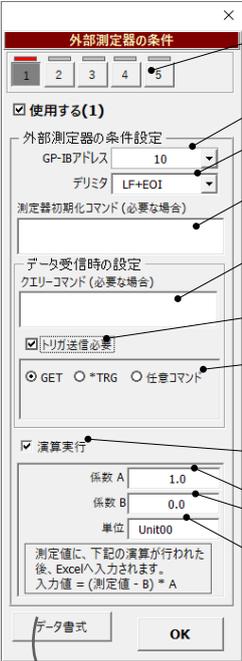
ケーブルガード/抵抗ガードの選択をします。

2端子測定/4端子測定の切換を行います。

## 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)全ての測定器との通信を保証するものではありません。



設定する外部測定器番号を選択します。

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。

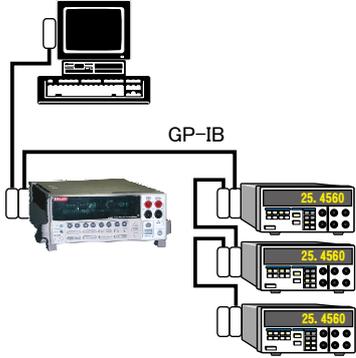
外部測定器のデータに 算処理を行うときにチェックします。  
複数のデータが受信された場合は、その全てのデータに、下記に入力した 算が行われます。

取り込んだデータに、下記 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。

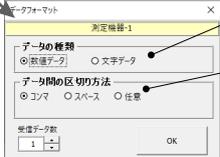
外部測定器のデータを数値として扱うか、文字として扱うかの選択を行ないます。通常は、「数値データ」に設定します。

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。



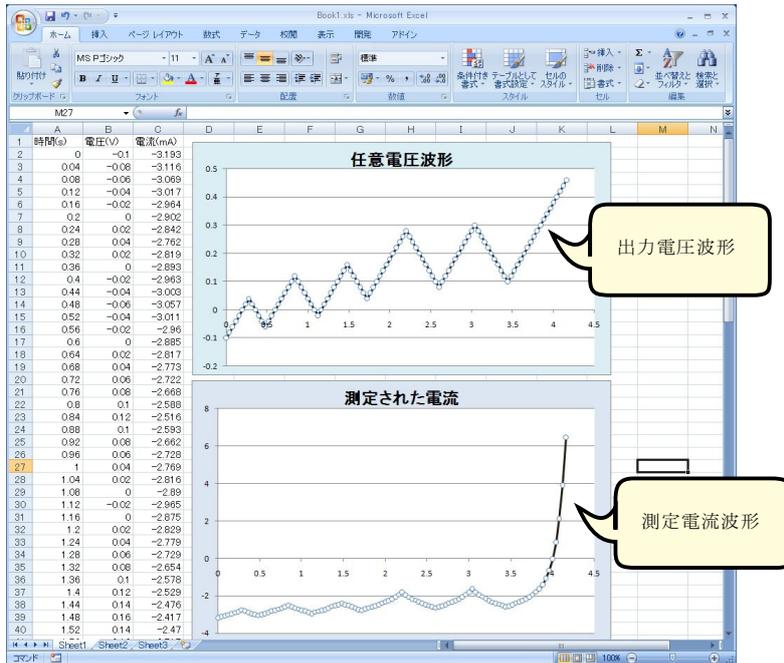
GP-IB

外部測定器 最大5台



# ソースメータ本体のカスタム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上のデータをカスタムスイープとして出力

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、ソースメータ本体に保存されているカスタム出力リスト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。

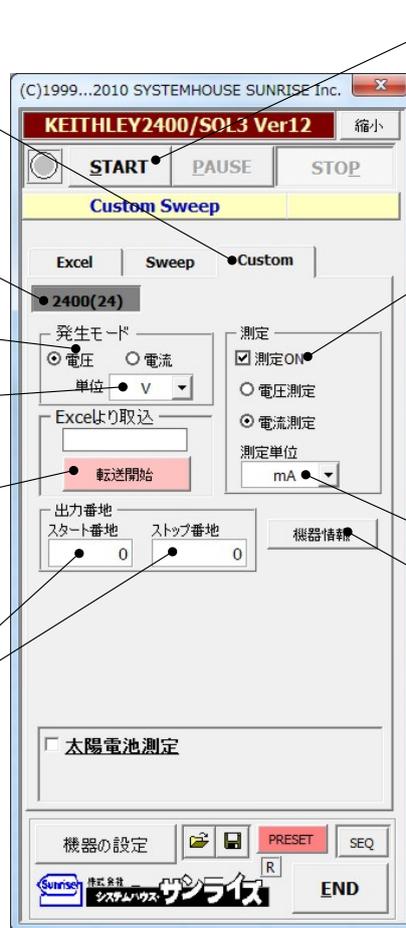
出力と測定の条件を入力する機器を選択します。括弧内の数値はGP-IBアドレスを表わします。機器型式とGP-IBアドレスの設定は、「機器の構成」ボタンで行います。

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上の数値データをソースメータのカスタムメモリ領域へ送り込みます。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、100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カスタムスイープデータ数が表示されます。



カスタム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。

ランダム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/電流測定のどちらか一方の選択となります。

測定結果をExcelへ入力するときの単位を設定します。

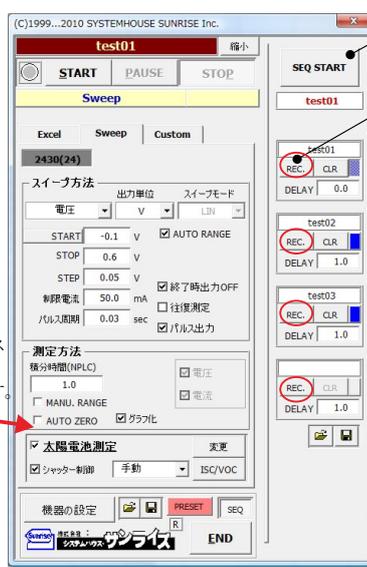
接続されている機器の型式を取得し、表示します。



# 自動シーケンス測定の方法



自動シーケンス測定モードをON/OFFします。



自動シーケンス測定スタートボタン

測定条件登録ボタン  
クリックすると、現在の測定条件が登録されます

STEP-1

この領域に、測定条件を登録します。  
最大4種類の測定条件が登録できます。  
試験条件が登録していない領域は、スキップします。

STEP-2

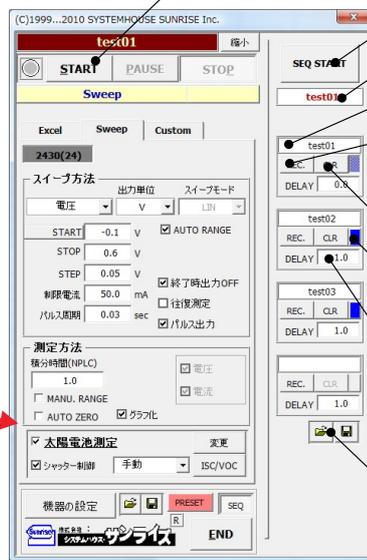
STEP-3

STEP-4

下記に入力した測定条件で単発の測定を行います。  
入力した測定条件で測定が正しく行われるかの確認をします。  
自動シーケンス測定を開始するためには、右側の「SEQ START」をクリックします。



自動シーケンス測定モードをON/OFFします。



自動シーケンス測定を開始します。

現在実行中の測定名が表示されます。

測定名(測定条件のファイル名)の表示

測定の登録。

左側画面に入力されている全ての測定条件を、ファイル名を付けて登録します。  
このボタンをクリックしたとき、左画面に表示されている測定条件が無条件に登録されます。

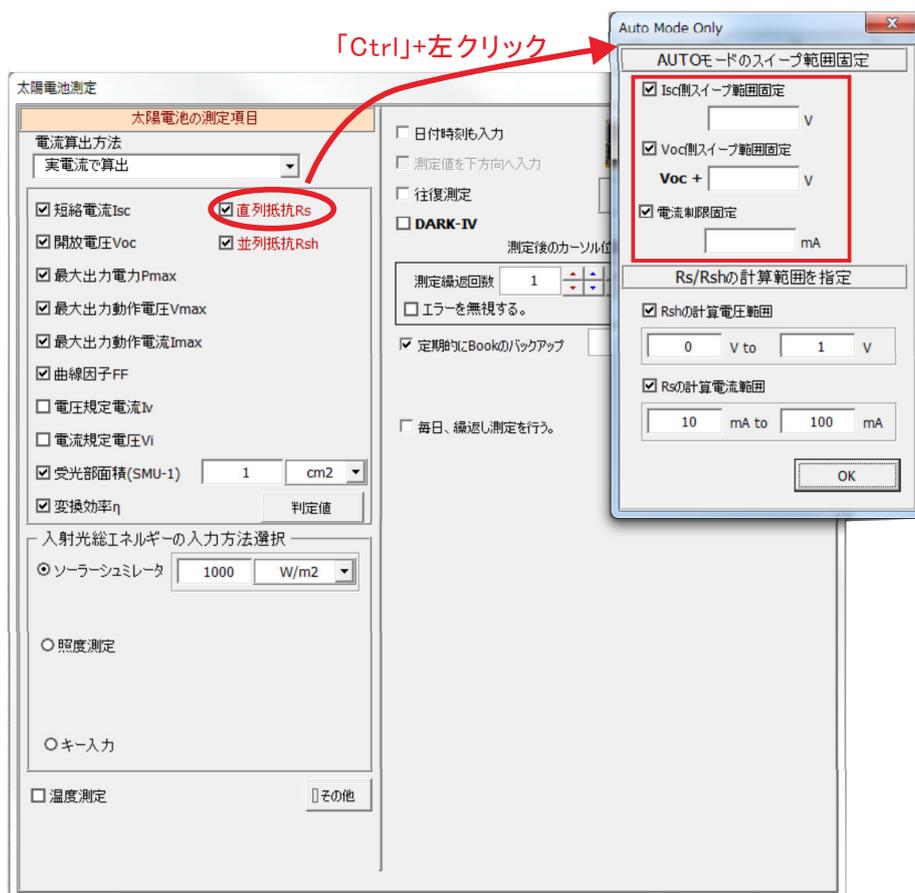
登録した測定を削除します。

登録されている測定条件を読み込んで、左側の条件画面に表示されます。  
条件を修正して、登録ボタンで再登録できます。

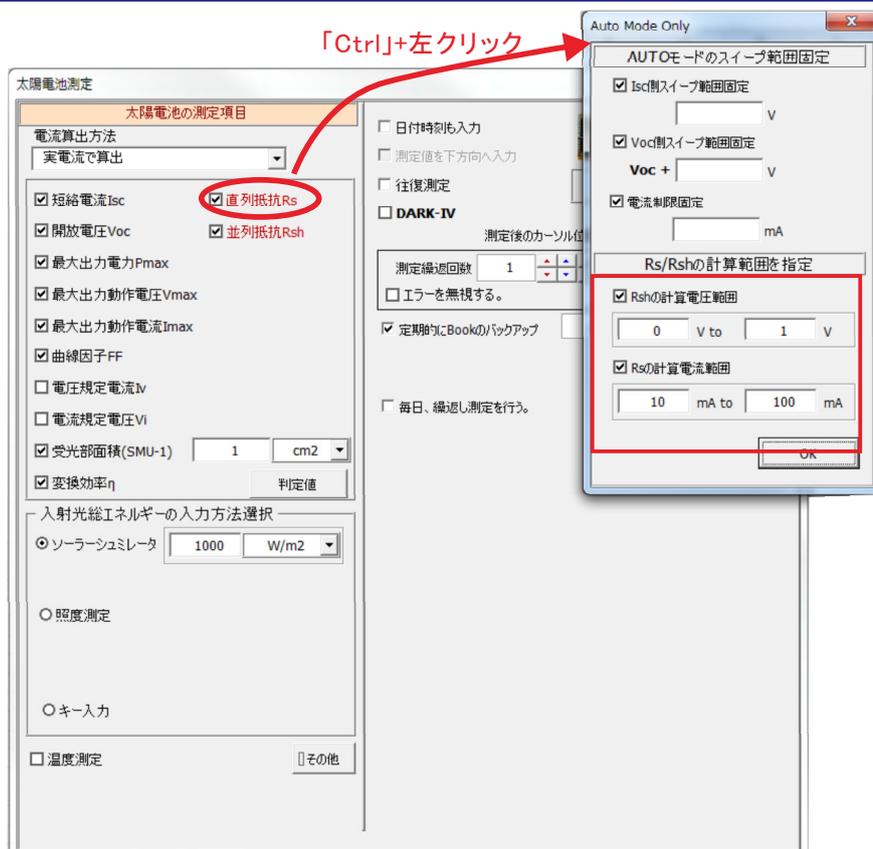
この測定を開始する前の待ち時間を入力します。  
単位は、秒です。  
空欄の場合は、測定前にダイアログが表示され、継続(Y/N)の確認が行われます。

自動シーケンス測定内容の保存/読込を行います。

## ・AUTOスイープでのスイープ範囲の指定方法

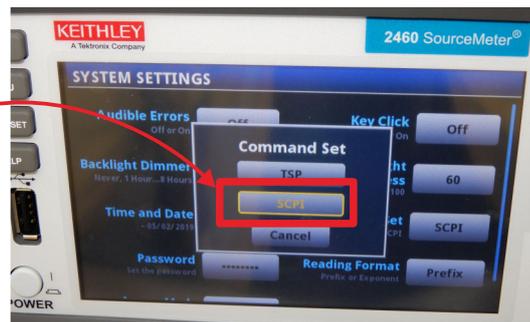


## ・ $R_s/R_{sh}$ の計算範囲の固定方法



## 2450,2460,2470の初期設定

1. 「Command Set」を「SCPI」に変更します。



2. 「Errors & Warnings」を「Error」に変更します。

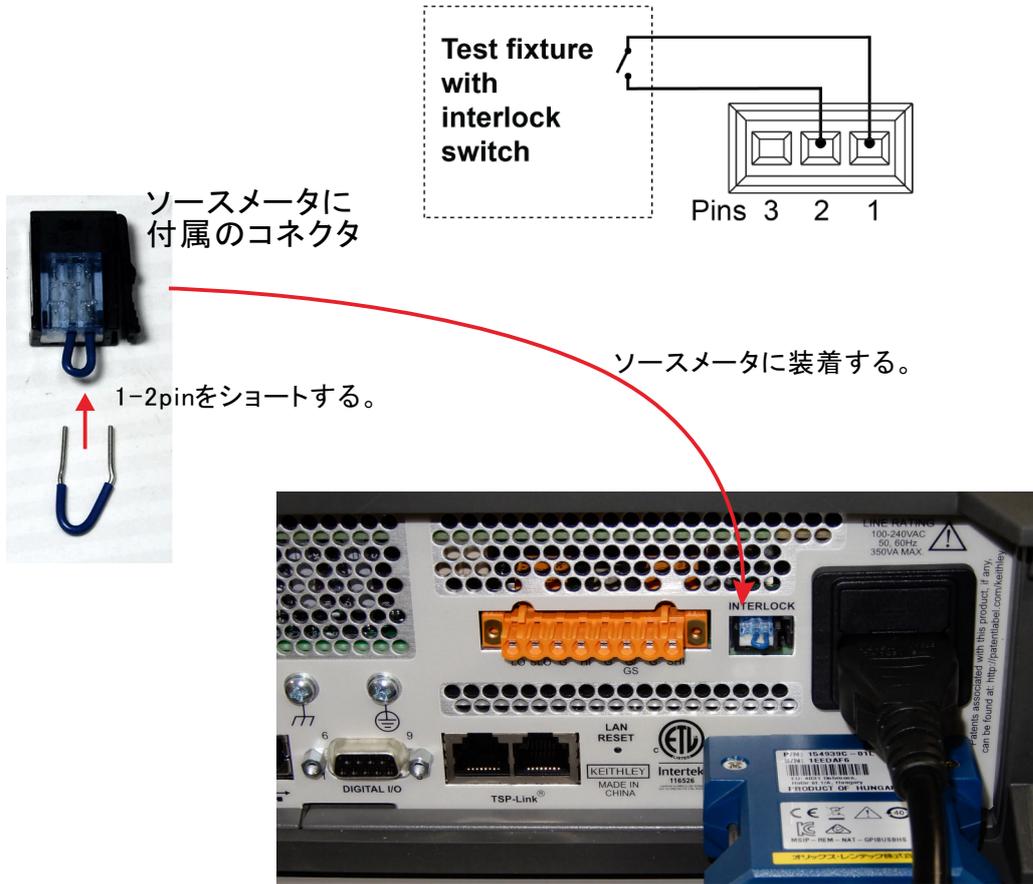


「Errors & Warnings」を「Errors」に変更します。

## 2450,2460,2470のインターロック(±42V)解除

- Pin 3: Earth and chassis ground
- Pin 2: Interlock
- Pin 1: +6 V DC out (current limited)

Figure 57: Model 2450 interlock pins



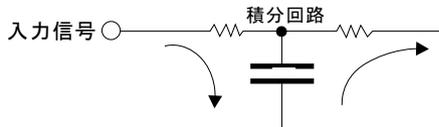
## A/D変換器について

A/D変換器には、「逐次比較型」と「積分型」があり、本ソフトがサポートする電圧電流発生器は、「積分型」を使用して測定が行われます。

### ① 積分型A/D変換器

変換速度は 遅い。  
ノイズの影響を受けにくいため安定した測定が可能。  
デジタルマルチメータ、抵抗計、微小電圧電流計などに使用される。

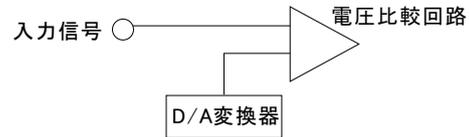
【構造】  
コンデンサに充電して、放電する時間を計る



### ② 逐次比較型A/D変換器

変換速度が速いため、瞬時の電圧測定が可能。  
電圧の瞬時値を測定することが目的。  
オシロスコープや、A/D変換ボードなどに使用される。

【構造】  
内部D/A変換器との比較により測定する。



## 積分時間「PLC」とは

積分型A/D変換器の積分時間は、「PLC」の単位を使用します。

Power Line Cycle(商用周波数)の 1周期分です。

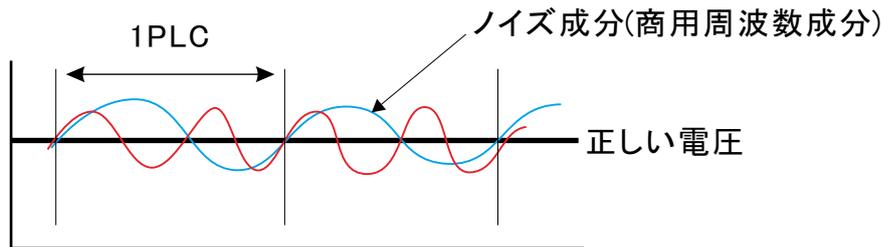
この時間は、A/D変換器内部のコンデンサを充電する時間です。

1PLCは、商用周波数の1周期分の時間です。

50Hz地域では、20ms、60Hz地域では、16.7msを表します。

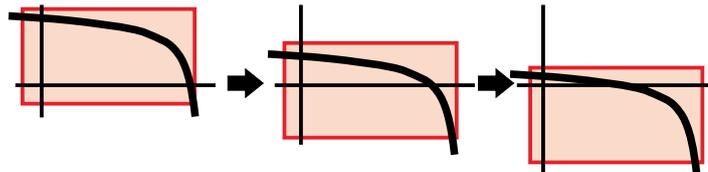
測定精度に影響を及ぼすノイズ要因の殆どは、商用周波数の整数倍の周波数の外来電圧です。

PLCの整数倍の積分を行うことによりノイズ要因の多くを除去できます。

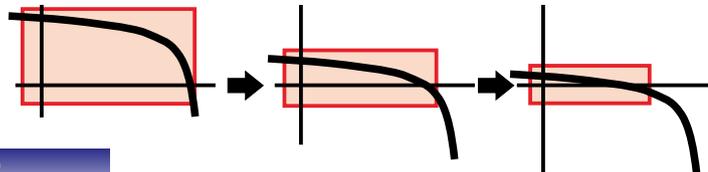


## フルオート測定とは

「手動」、「初回自動」  
での測定範囲の推移



「毎回自動」  
での測定範囲の推移



## 内部抵抗 $R_s/R_{sh}$ の計算

