

2461 型高電流ソース メータ (SMU)

ユーザ・マニュアル

2461-900-02 Rev. B / 2019 年 8 月



2461-900-02B

2461 型

高電流ソースメータ (SMU)

ユーザ・マニュアル

© 2019, Keithley Instruments, LLC

Cleveland, Ohio, U.S.A.

All rights reserved.

Keithley Instruments, LLC の書面による事前の承諾なしに、本書の内容の全部または一部を無断で
複製、コピー、または使用することは固く禁じられています。

これらの指示はオリジナルの英語版マニュアルに記載のものです。

TSP®、TSP-Link®、および TSP-Net® は、Keithley Instruments, LLC の商標です。Keithley
Instruments の製品名は、すべて Keithley Instruments, LLC の商標または登録商標です。その他の
ブランド名は、当該のブランド所有者の商標または登録商標です。

Lua 5.0 ソフトウェアおよび関連ドキュメント・ファイルの著作権表示は、Copyright © 1994 -
2013, Tecgraf, PUC-Rio です。Lua ソフトウェアおよび関連ドキュメントのライセンス条項につい
ては、Lua 社のライセンシング・サイト (<http://www.lua.org/license.html>) を参照してください。

Microsoft、Visual C++、Excel、および Windows は米国とその他の国における Microsoft
Corporation の登録商標または商標です。

文書番号 : 2461-900-02 Rev. B / 2019 年 8 月

この製品および関連機器を使用するときには、以下の安全使用上の注意に従わなければなりません。一部の機器およびアクセサリは、通常危険性のない電圧で使用されますが、危険な状態が発生しうる状況があります。

本製品は、負傷の危険を避けるために必要な安全に関する注意事項を理解し、感電の危険を理解したユーザが使用することを意図しています。本製品を使用する前に、すべての設置、使用、およびメンテナンスに関する情報を注意深く読み、それらを順守するようにしてください。詳細な製品仕様については、ユーザ・マニュアルを参照してください。

この製品を指定以外の方法で使用した場合には、製品の保証による保護が制限される場合があります。

製品ユーザには、以下のタイプがあります。

責任組織は、機器の使用およびメンテナンスに責任を負う個人またはグループで、機器がその仕様および使用制限の範囲内で使用されるようにするとともに、オペレータを適切に訓練する責任を負います。

オペレータは、製品をその意図する目的に使用します。電気についての安全手順および機器の適切な使用法について訓練を受ける必要があります。オペレータを、感電および通電している危険な回路との接触から保護する必要があります。

メンテナンス担当者は、製品が適切に動作するように、ライン電圧の設定や消耗部品の交換など、定期的な手順を実行します。メンテナンス手順については、ユーザ・マニュアルに記載されています。オペレータが実行できる手順は、その旨が明記されています。明記されていない場合は、それらの手順は保守担当者のみが行います。

保守担当者は、通電している回路に対する作業について訓練を受け、安全な設置および製品の修理を行います。適適切な訓練を受けたサービス担当者のみが設置およびサービス手順を実行できます。

ケースレー製品は、過渡過電圧が小さい、計測、制御、データ入出力接続などの電気信号向けに設計されていますので、コンセントや過渡過電圧が大きな電源装置に直接接続することはしないでください。測定カテゴリ II (IEC 60664 に準拠) 接続では、当該地域の AC コンセントに接続した場合にしばしば生じる大きな過渡過電圧からの保護が要求されています。ケースレーの測定機器／装置の中には、コンセントに接続可能なものもあります。このような機器や装置には、カテゴリ II またはそれ以上を示す記号が付いています。

仕様書や運用マニュアル、機器/装置のラベルでコンセントへの接続が明示的に許されている場合を除き、どの機器/装置もコンセントに直接に接続しないでください。

感電の危険があるときには、十分に注意して作業を行ってください。ケーブル コネクタ ジャックまたは試験具には、生命に危険が及ぶような電圧が生じている場合があります。米国規格協会 (ANSI) は、30VRMS、ピーク電圧 42.4V、または 60VDC の電圧があるときには感電の危険があると明記しています。不明な回路について測定するときには、危険な高電圧があることを想定しておくと安全性が高まります。

この製品のオペレータに対しては、常に感電に対する保護を行う必要があります。責任者は、ユーザがすべての接続点から保護されているか、または絶縁されていることを保証する必要があります。ときには、接続点の露出が避けられず、ユーザが接触する危険が避けられない場合があります。このような場合は、製品のユーザが自らを感電の危険から守れるように、教育する必要があります。回路が 1,000V 以上で動作可能な場合は、回路の導体部を露出してはいけません。

制限されていない電源回路に切換カードを直接接続してはなりません。切換カードは、インピーダンスが制限されている電源での使用を意図したもので。切換カードは AC 主電源には絶対に直接接続しないでください。電源を切換カードに接続しているときには、保護デバイスを設置してカードへの故障電流および電圧を制限します。

機器を操作する前に、ライン コードが適切に接地された電源コンセントに接続されていることを確認します。使用前に、接続ケーブル、リード線およびジャンパの摩耗、亀裂または破損について検査してください。

ラックに取り付ける場合など、主電源コードへのアクセスが限られている場所に機器を設置するときには、別の主入力電源切断デバイスを機器の近くのオペレータの手が簡単に届く場所に用意する必要があります。

最大限の安全性を確保するために、試験中の回路に電源が入っているときには製品、試験ケーブル、またはその他の機器に触れないでください。ケーブルまたはジャンパの接続／取り外しやスイッチング・カードの取り付け／取り外しを行う前、あるいはジャンパの取り付けや取り外しなど内部で何らかの変更を行う前には、必ず試験システム全体から電源を切断し、すべてのキャパシタを放電してください。

試験中の回路の共通側または電源回路の接地線への電流の経路となる物体に触れないでください。測定する電圧に耐えられる乾燥した絶縁された足場の上で、必ず乾燥した手で測定を行ってください。

安全上、機器/装置およびアクセサリは、操作説明書に準じて使用してください。操作説明書に指定されていない方法で機器/装置およびアクセサリを使用すると、機器/装置の保証による保護が制限される場合があります。

機器およびアクセサリの最大信号レベルを超えないようにしてください。最大信号レベルは、仕様または使用情報に記載されているほか、機器／テスト・フィックスチャのパネルや切換カードにも表記されています。

製品にヒューズが使用されているときは、火災の危険を防止するために同じタイプおよび定格のものと交換してください。

シャーシ接続は測定回路のシールド接続だけで使用可能であり、保護のためのアース（安全接地）の接続として使用することはできません。

テスト・フィックスチャを使用している場合には、試験中のデバイスに電源が投入されている間はフタを閉じたままにしておきます。安全に運用するためには、フタのインターロックを使用する必要があります。

ネジのマーク  がある場合は、ユーザ・ドキュメントで推奨されているワイヤを使用して、保護のためのアース（安全接地）に接続してください。

機器上の  という記号は、操作上の危険性を警告するものです。この記号が印刷されている部分を操作する場合は、必ずユーザ・マニュアルを参照してその指示に従ってください。

機器上の  という記号は、感電の危険性を警告するものです。標準の安全使用上の注意に従って、人員がこれらの電源に触れるのを防止してください。

機器上にある  という記号は、その面が高温になる場合があることを示しています。火傷を防止するために、人員がこの面に触れないようにしてください。

 という記号は、機器フレームへの接続端子を示しています。

製品上にこの  記号がある場合には、表示ランプに水銀が使用されていることを示しています。ランプは、必ず連邦、州および地域の法律に従って適切に処分してください。

ユーザ・マニュアルにある警告の見出しへは、ケガや死亡事故につながる可能性のある危険について説明しています。示されている手順を実行する前に、必ず関連する情報をよく読んでください。

ユーザ・マニュアルにある注意の見出しへは、機器の損傷につながる可能性のある危険について説明しています。損傷によって保証が無効になる場合があります。

ユーザ・マニュアルで注意の見出しへに  記号が併記されている箇所は、中程度または軽度の怪我や、機器への損傷につながる可能性の危険について説明しています。示されている手順を実行する前に、必ず関連する情報をよく読んでください。機器への損傷は保証適用外になる場合があります。

機器およびアクセサリは、人体に接続してはなりません。

メンテナンスを行う前には、電源ケーブルとすべてのテスト・ケーブルを取り外してください。

感電および火災を防止するために、電源変換器、リード線、入力ジャックなどの主回路の交換コンポーネントはケースレーからご購入ください。定格とタイプが同じであれば、国の安全承認を受けた標準のヒューズを使用することができます。機器に付属する取り外し可能な電源ケーブルを交換する場合には、同じ定格の電源ケーブルのみを使用してください。安全性と関係のないそれ以外のコンポーネントは、元のコンポーネントと同一であれば他の供給元から購入することができます（製品の精度および機能を維持するためには、一部の部品はケースレーから購入するべきである点にご注意ください）。交換コンポーネントの適合性について不明な点がある場合には、ケースレーまでお問い合わせください。

製品に付属するドキュメント等で特に断りのない限り、ケースレーの機器は 2,000 メートル（6,562 フィート）以下の標高、0°C～50°C（32F°～122F°）の温度範囲、汚染度が 1 または 2 の屋内環境での使用を想定して設計されています。

機器を清掃する場合は、純水に浸した布または水性の弱い洗剤を使用します。清掃するのは機器の外部のみにしてください。洗剤を機器に直接付着させたり、液体を機器の中に入れたり機器の上にこぼしたりしないでください。ケースまたはシャーシのない回路ボードで構成されている製品（たとえばコンピュータ取付用のデータ取得ボード）は、指示に従って使用している場合には清掃は必要ありません。ボードが汚れて動作に影響が出てきた場合には、ボードを工場に返送して適切な洗浄/整備を受けてください。

安全対策（2017 年 6 月改訂版）

目次

はじめに	1-1
はじめに	1-1
本書の概要	1-1
延長保証	1-2
連絡先情報	1-2
マニュアルのダウンロード	1-2
本書のセクション構成	1-3
アプリケーション	1-4
 前面パネルの概要.....	 2-1
前面パネルの概要	2-1
機器をオンまたはオフに切り替える	2-4
2461 型の出力をオンまたはオフにする	2-5
タッチスクリーン・ディスプレイ	2-6
タッチスクリーンでのアイテムの選択	2-7
スクロール・バー	2-7
対話型スワイプ・スクリーン	2-7
メニューの概要	2-11
USB フラッシュ・ドライブに測定結果を保存する	2-12
USB フラッシュ・ドライブにスクリーン・キャプチャを保存する	2-12
 リモート・インターフェースの使用	 3-1
リモート通信インターフェース	3-1
サポートされるリモート・インターフェース	3-1
GPIB 通信	3-2
GPIB ドライバー・ソフトウェアのインストール	3-2
GPIB カードのコンピュータへのインストール	3-2
機器への GPIB ケーブルの接続	3-2
GPIB アドレスの設定	3-3
LAN 通信	3-4
機器での LAN 通信のセットアップ	3-5
コンピュータでの LAN 通信のセットアップ	3-6

USB 通信.....	3-7
USB を使用してコンピュータを 2461 型に接続する.....	3-7
機器との通信.....	3-8
Web インタフェースの使用.....	3-11
機器の Web インタフェースへの接続.....	3-12
LAN トラブルシューティング.....	3-12
Web インタフェースの Home ページ.....	3-13
機器の特定	3-13
イベント・ログのイベントの確認	3-14
使用するコマンド・セットの決定	3-14
前面パネルを使用した基本測定	4-1
はじめに	4-1
このアプリケーションで必要な機器	4-2
デバイスの接続	4-2
前面パネルを使用した基本測定	4-3
前面パネルで測定を行う方法	4-3
低抵抗デバイスの測定	5-1
はじめに	5-1
必要な機器	5-1
リモート通信のセットアップ	5-2
デバイスの接続	5-2
低抵抗の測定	5-5
前面パネルから測定をセットアップする	5-6
前面パネルの GRAPH スワイプ画面に測定結果を表示する	5-7
前面パネルでバッファ統計を表示する	5-7
SCPI コマンドを使用した低抵抗アプリケーションのセットアップ	5-8
TSP コマンドを使用した低抵抗アプリケーションのセットアップ	5-9
充電式バッテリの測定	6-1
はじめに	6-1
必要な機器	6-3
デバイスの接続	6-4
バッテリの充放電サイクルの自動テスト	6-6
リモート通信のセットアップ	6-7
SCPI コマンドを使用したバッテリ・アプリケーションのセットアップ	6-7

TSP コマンドを使用したバッテリ・アプリケーションのセットアップ	6-9
バッテリ・アプリケーションのテスト結果	6-12
KickStart を使用した LED での I-V 掃引の生成	7-1
はじめに	7-1
必要な機器およびソフトウェア	7-1
リモート通信のセットアップ	7-2
デバイスの接続	7-2
KickStart を使用した I-V 掃引の生成	7-4
KickStart ソフトウェアを使用するように 2461 型を構成する	7-5
KickStart の起動とテストのセットアップ	7-5
テストの実行とグラフの表示	7-7
テスト・データの表形式での表示と保存	7-8
ソーラー・パネルの I-V 特性の測定	8-1
はじめに	8-1
必要な機器	8-1
リモート通信のセットアップ	8-2
デバイスの接続	8-2
ソーラー・パネルの特性評価	8-4
前面パネルからソーラー・パネルの I-V 掃引をセットアップする	8-5
SCPI コマンドを使用してソーラー・パネルの I-V 掃引をセットアップする	8-6
TSP コマンドを使用してソーラー・パネルの I-V 掃引をセットアップする	8-7
高輝度 LED のパルス・テスト	9-1
はじめに	9-1
必要な機器	9-1
リモート通信のセットアップ	9-2
デバイスの接続	9-2
リモート・インターフェースからの高速、ハイパワー・パルス	9-3
パルス掃引テスト・パラメータを定義する	9-4
ソース／測定機能をセットアップする	9-5
パルス・コマンドのトリガ・モデル	9-5
高電流パルス掃引を出力する前面パネル操作	9-5
高電流パルス掃引を出力する SCPI コマンド	9-6
高電流パルス列を出力する TSP コマンド	9-6
前面パネルに測定波形を表示する	9-7

ハイパワー・パルス波形の取り込み.....	10-1
はじめに.....	10-1
必要な機器	10-1
リモート通信のセットアップ	10-2
デバイスの接続	10-2
リモート・インターフェースからの高速、ハイパワー・パルス.....	10-3
パルス列テスト・パラメータを定義する.....	10-4
パルス・コマンドのトリガ・モデル	10-5
高電流パルスを出力する前面パネル操作.....	10-5
高電流パルスを出力する SCPI コマンド	10-5
ハイパワー・パルス波形を出力する TSP コマンド	10-6
前面パネルに測定波形を表示する	10-7
ソース波形とデジタイズ波形を前面パネルに同時に表示する.....	10-8
トラブルシューティングに関する FAQ	11-1
このセクションの内容	11-1
更新されたドライバはどこにありますか。	11-1
ファームウェアはどうやってアップグレードすればいいですか。	11-2
2461 型が USB フラッシュ・ライブを読み込めません。	11-3
コマンド・セットはどうやって変更すればいいですか。	11-3
イベント・コード (5074) が表示されました。	11-4
機器の現在の状況はどうすれば保存できますか。	11-5
設定が変わったのはなぜですか。	11-6
クイック・セットアップ・オプションとは何ですか。	11-6
次のステップ	12-1
2461 型に関するその他の情報.....	12-1

セクション 1

はじめに

このセクションの内容：

はじめに	1-1
本書の概要	1-1
延長保証	1-2
連絡先情報	1-2
マニュアルのダウンロード	1-2
本書のセクション構成	1-3
アプリケーション	1-4

はじめに

ケースレー製品をご愛用くださりありがとうございます。2461 型 1kW パルス・モード Interactive SourceMeter® 機器は、安定した DC 電源、ハイパワーの電流ソース、電子負荷、高インピーダンス・マルチメータの機能が統合された精密な低ノイズ機器であり、パルス・ジェネレータ、コンタクト・チェック、デジタイズといった機能も備えています。本機には、直感的なセットアップとコントロール、高い信号品質と広いレンジ、さらに競合他社製品より優れた抵抗率と抵抗機能といった優れた特長があります。

2461 型は最大 7A (10A パルス) の電流を印加でき、1A/4A/5A/7A/10A のレンジに対応しています。6.5 術の分解能で 0.012% の基本確度を持つ 2461 型は、電力半導体、ソーラー・エネルギー、高輝度 LED、電力変換、電気化学、バッテリなど、さまざまな種類の部品やデバイスのテストに最適なソリューションです。

本書の概要

本書では、Keithley Instruments の 2461 型を十分に使いこなしていただけるように、各種のアプリケーションについて詳細に説明しています。また、本書には機器の操作に慣れていただけるように、前面パネルについての情報も記載しています。

本書では、まずそれぞれのアプリケーションの概要を説明した後に、前面パネル、SCPI コード、TSP コード、Keithley KickStart ソフトウェアを使用した具体的な手順を示します。

これらのアプリケーションで使用したコマンドに関する詳細情報も用意されています。『Model 2461 Reference Manual』の SCPI および TSP コマンド・リファレンスのセクションを参照してください。マニュアルは jp.tek.com/keithley で参照できます。

延長保証

多くの製品では、保証期間を追加延長することができます。この延長保証を付けますとサービス費用の予算外の発生を抑えることができ、修理費用の何分の一かの費用で保証年数を延ばすことができます。この延長保証は、新製品および現用製品でご利用になります。最寄りの Keithley Instruments の支社または代理店までお問い合わせください。

連絡先情報

本書に記載された情報に関して不明な点や疑問などがございましたら、最寄りのケースレーの支社または代理店までお問い合わせください。電話連絡先：Keithley Instruments 本社（アメリカおよびカナダからは無料電話）1-800-935-5595 またはアメリカ国外からは+1-440-248-0400。その他の世界各地の連絡先は[ケースレーの Web サイト \(jp.tek.com/keithley\)](http://jp.tek.com/keithley) に記載されています。

マニュアルのダウンロード

2461型高電流ソースメータ (SMU) のマニュアルは、[ケースレーの Web サイト \(jp.tek.com/keithley\)](http://jp.tek.com/keithley) からダウンロードしていただけます。

付属マニュアル：

- **クイック・スタート・ガイド**：開梱の手順、基本的な接続方法、基本操作、機器が正しく動作していることを確認するための簡単なテスト手順について説明しています。
- **ユーザ・マニュアル**：具体的なアプリケーション例を示し、ユーザが独自のアプリケーションを構築するために必要な基礎知識を提供します。
- **リファレンス・マニュアル**：高度な使用法やメンテナンス情報、トラブルシューティングの手順、プログラミング・コマンドの詳細な説明などが記載されています。
- **KickStart ソフトウェア・クイック・スタート・ガイド**：KickStart ソフトウェアの使用手順を説明します。テスト・スクリプトをプログラムすることなく、すばやく測定を行い、結果を取得できるツールです。
- **アクセサリ情報**：2461型で使用可能なアクセサリについてのマニュアルです。

ドライバの最新版と追加サポート情報については、[ケースレーの Web サイト \(jp.tek.com/keithley\)](http://jp.tek.com/keithley) をご覧ください。

本書のセクション構成

このマニュアルは次のセクションで構成されています。

- [前面パネルの概要：](#) (2-1ページ) 前面パネル・インターフェースの基本的な使用方法について説明します。
- [リモート・インターフェースの使用：](#) (3-1ページ) リモート通信機能の基本および内蔵 Web インターフェースの使用法について説明します。
- アプリケーション例（下記を参照）：さまざまな測定の場面で 2461 型を使用するための具体的な方法について説明します。
- [トラブルシューティングに関する FAQ：](#) (11-1ページ) 2461 型を使用していて直面するさまざまな問題のトラブルシューティングに役立つ、よくある質問に答えます。
- [次のステップ：](#) (12-1ページ) 2461 型を使用するのに役立つその他の情報を紹介しています。

本書の PDF バージョンには、セクションごとにブックマークが登録されています。マニュアルを構成するセクションは、本書の冒頭部分の目次にもリストされています。

ブックマークについての詳細は、Adobe® Acrobat®または Reader®のヘルプを参照してください。

アプリケーション

本書では、具体的なアプリケーションの実例を示すことで、前面パネルやリモート・インターフェースからテストを実行する方法について説明しています。2461型の概要を示した後に、これらのアプリケーションについて説明します。次のようなアプリケーションを取り上げます。

- [前面パネルを使用した基本測定](#) : (4-1ページ) 1台の2461型と2端子の被測定デバイス(DUT)を使用して、基本的な測定を実行する例を示します。
- [低抵抗デバイスの測定](#) : 2461型を使用して、 $20m\Omega$ の抵抗で低抵抗測定を実行する方法を示します。
- [充電式バッテリの測定](#) : 1台の2461型を使用して、バッテリの放電および充電サイクルの自動テストを実行する方法について説明します。
- [LEDテストでの KickStart を使用した I-V 掃引の生成](#) : 2461型で Keithley KickStart Startup ソフトウェアを使用して、高輝度発光ダイオード(LED)のテストを行なう方法について説明します。
- [ソーラー・パネルの I-V 特性の測定](#) : 2461型で I-V 掃引を使用して、ソーラー・パネルの特性評価を行う方法について説明します。
- [パルスによる I-V 測定の実行](#) : 幅広いレンジに対応した2461型ソースメータのパルス機能を使用して、高輝度LED(HBLED)のI-V曲線を生成する方法について説明します。
- [ハイパワー・パルス波形の取り込み](#) : 2461型ソースメータを使用して、動作レンジの広い、ハイパワー電圧パルス(100Vで最大10A)を生成し、ハイパワー・パルスの電流/波形を取り込む方法について説明します。

セクション 2

前面パネルの概要

このセクションの内容：

前面パネルの概要	2-1
機器をオンまたはオフに切り替える	2-4
2461 型の出力をオンまたはオフにする	2-5
タッチスクリーン・ディスプレイ	2-6
USB フラッシュ・ドライブに測定結果を保存する	2-12
USB フラッシュ・ドライブにスクリーン・キャプチャを保存する	2-12

前面パネルの概要

下図は、2461 型の前面パネルを示しています。前面パネルのコントロールの概要を図の下に示します。

図1：2461 型の前面パネル



コントロール	グラフィック	概要
POWER スイッチ		機器の電源をオンまたはオフにします。機器の電源をオンにするには、(I) の位置になるように POWER スイッチを押します。機器の電源をオフにするには、(O) の位置になるように POWER スイッチを押します。
HOME キー		HOME 画面に戻ります。
MENU キー		メイン・メニューを表示します。メイン・メニュー上のアイコンを押すと、ソース、測定、表示、トリガ、スクリプト、およびシステムの各画面が表示されます。

コントロール	グラフィック	概要
QUICKSET キー		電圧計、電流計、抵抗計、電源を含む、事前構成されたセットアップのメニューが開きます。さらに、印加／測定またはデジタルizes機能を選択できるため、より優れた分解能または速度が得られるように、性能を調整できます。
HELP キー		ディスプレイ上で選択されたエリアまたはアイテムに関連するヘルプが表示されます。何も選択されていない状態で HELP キーを押すと、現在表示しているスクリーンの概要情報が表示されます。ヘルプを表示するには、 HELP キーを押しながら、画面上のボタンを押したままにします。
USB ポート		読み取りバッファのデータやスクリーン・スナップショットを USB フラッシュ・ドライブに保存します。また、USB フラッシュ・ドライブにスクリプトを保存し、読み取ることもできます。フラッシュ・ドライブは FAT または FAT32 でフォーマットされている必要があります。
タッチスクリーン		2461型は、タッチスクリーン対応の5型高解像度カラー・ディスプレイを搭載しています。タッチスクリーンを使用してスクリーンをスワイプしたり、メニュー・オプションを表示できます。前面パネルの MENU、QUICKSET、および FUNCTION キーを押すと、対話的スクリーンが表示されます。
ナビゲーション・コントロール		ナビゲーション・コントロールを回す ：カーソルを移動して、リスト値またはメニュー アイテムを強調表示することで、選択できようになります。値を入力するフィールドにカーソルがあるときにコントロールを回すと、フィールド内の値が増減します。 ナビゲーション・コントロールを押す ：強調表示された選択肢を選択できます。また、選択されているフィールドを編集できるようにします。
ENTER キー		ハイライト表示された選択肢を選択したり、選択されたフィールドを編集できます。
EXIT キー		前のスクリーンに戻ったり、ダイアログ・ボックスを閉じます。たとえば、メイン・メニューが表示されているときに、 EXIT キーを押すと、Home スクリーンに戻ります。サブスクリーン (Event Log スクリーンなど) を表示しているときに、 EXIT キーを押すと、メイン・メニュー・スクリーンに戻ります。
FUNCTION キー		内蔵機能を表示します。機能を選択するには、スクリーンに表示された機能名をタッチします。
TRIGGER キー		トリガ関係の設定や操作にアクセスします。 TRIGGER キーの動作は、機器の状態によって異なります。
OUTPUT ON/OFF (出力オン／オフ) スイッチ		出力ソースをオンまたはオフに切り替えます。ソース出力がオンのときに、キーが点灯します。
REMOTE LED インジケータ	REMOTE 	機器がリモート・インターフェースによって制御されている場合に点灯します。
LAN LED インジケータ	LAN 	機器が LAN に接続されている場合に点灯します。
1588 LED インジケータ	1588 	1588 機能は現在サポートされていません。

コントロール	グラフィック	概要
INTERLOCK LED インジケーター	INTERLOCK	インターロックが有効になっている場合に点灯します。
SENSE 端子	SENSE HI/SENSE LO 端子接続を使用して、被測定デバイス (DUT) で電圧を測定します。センス・リードを使用すると、フォース・リード間の電圧低下の測定が不要になります。これにより、DUT でのより正確な電圧ソースと測定が可能になります。 SENSE HI SENSE LO 105V PEAK	SENSE HI/SENSE LO 端子接続を使用して、被測定デバイス (DUT) で電圧を測定します。センス・リードを使用すると、フォース・リード間の電圧低下の測定が不要になります。これにより、DUT でのより正確な電圧ソースと測定が可能になります。
FORCE 端子	FORCE HI/FORCE LO 端子接続を使用して、被測定デバイス (DUT) との間で電圧または電流を印加またはシンクします。 FORCE HI 105V PEAK FORCE LO	FORCE HI/FORCE LO 端子接続を使用して、被測定デバイス (DUT) との間で電圧または電流を印加またはシンクします。
FRONT/REAR TERMINALS (前面 ／後部端子) スイッチ	FRONT/REAR TERMINALS FRONT/REAR F R	前面または後部パネルの端子を有効にします。前面パネル端子が有効なときは、FRONT/REAR スイッチの左に緑色の「F」が表示されます。後部パネル端子が有効なときは、FRONT/REAR スイッチの左に黄色の「R」が表示されます。
シャーシ接地		シャーシ接地を提供するバナナ ジャック コネクタ。

機器をオンまたはオフに切り替える

2461型をコンセントに接続して、機器の電源をオンにするときは、以下の手順に従います。2461型の動作電圧は100V～240V、電源周波数は50Hzまたは60Hzです。電源電圧と周波数は自動的に検出されます。ご使用の地域の電源電圧に対応していることをご確認ください。

定格精度を達成するには、2461型を起動して、少なくとも1時間ウォーム・アップする必要があります。デジタイズ機能を使用する場合、精度を維持する場合ためには、機器の温度が±5°C以上変化した場合、または最後の自動校正から1週間が経過したときに、自動校正を実行するようにしてください。

注意

機器を不適切な電源電圧で使用すると、機器が損傷する可能性があります（この場合、保証を受けられない可能性もあります）。

⚠️ 警告

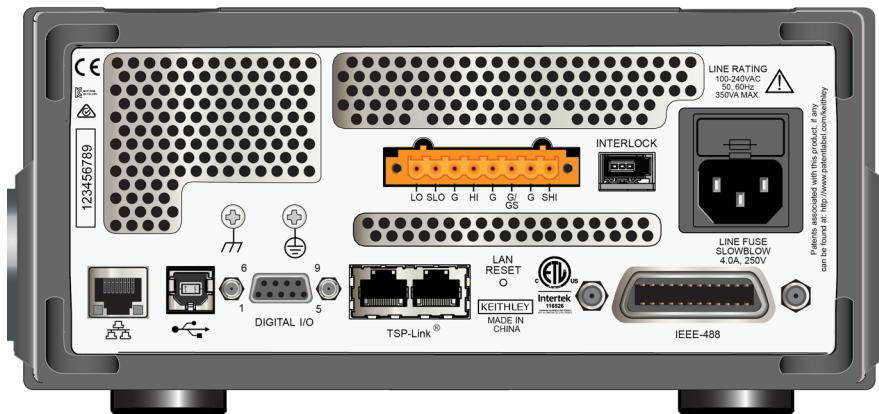
2461型に付属する電源ケーブルには、アース付きコンセントで使用するための保護接地（安全接地）線が付いています。適切に接続を行った場合には、電源ケーブルの接地線によって機器のシャーシが電源ケーブルのアース線に接続されます。さらに、後部パネルのネジを介した保護接地接続による冗長化機構も提供されています。この端子は既知の保護接地に接続しなければなりません。保護接地線やアース付きコンセントが適切に使用されていないときに、障害が発生した場合には、感電事故が発生し、負傷または死亡につながる危険性があります。

取り外し可能な主電源コードを、不適切な定格のコードに取り換えないでください。定格が適切なコードを使用しないと、感電による傷害または死亡事故の原因となる可能性があります。

電源ケーブルを接続するには、以下の手順に従います。

1. 前面パネルのPOWER（電源）スイッチがオフ（O）の位置にあることを確認します。
2. 付属の電源コードのメス端子を後部パネルのACソケットに差し込みます。
3. 電源コードのオス端子をアース付きの電源コンセントに差し込みます。

図2：2461 型の後部パネル



2461 型の電源をオンまたはオフにするは、以下の手順に従います。

1. 機器をオンにする前に、すべての被測定デバイス (DUT) を 2461 型から切り離します。
2. 機器の電源をオンにするには、前面パネルの **POWER** スイッチを押して、ON (|) の位置にします。起動すると、ステータス・バーが表示されます。電源が完全にオンになると、ホーム画面が表示されます。
3. 機器の電源をオフにするには、前面パネルの **POWER** スイッチを押して、OFF (O) の位置にします。

2461 型の出力をオンまたはオフにする

2461 型の出力は、前面パネルから、またはリモート・コマンドを送信することによってオンにできます。

⚠ 警告

2461 型の出力をオフにしていても、機器が安全な状態になるわけではありません（安全対策としてインターロックの機能を提供）。

すべての出力およびガード端子に危険な電圧が存在している可能性があります。ケガまたは死亡事故につながる可能性がある感電事後を防止するために、機器の電源がオンになっている間は、2461 型を接続したり、切断したりしないでください。ケーブルを扱う前に、前面パネルから機器をオフにするか、あるいは 2461 型の後部の主電源コードを取り外してください。機器を出力オフ状態にしても、ハードウェアまたはソフトウェアの障害が発生した場合に、出力の電源がオフになるときは限りません。

機器のソースがオフになっていても、機器を外部回路から完全に絶縁することはできません。Output Off (出力オフ) 設定を使用して、2461 型をアイドル期間中（被測定装置を変更しているときなど）に、既知の非インタラクティブ状態にすることができます。2461 型で選択できる出力オフ状態は、ノーマル、高インピーダンス、ゼロ、またはガードです。

詳細については、『Model 2461 Reference Manual』の「Output-off state」を参照してください。

前面パネルの使用

OUTPUT ON/OFF (出力オン／オフ) スイッチを押します。スイッチが点灯しているときは、本機は出力オンの状態にあります。スイッチが点灯していないときは、出力オフの状態です。

SCPI コマンドの使用：

出力をオンにするには、以下のコマンドを送信します。

```
:OUTPut:STATe ON
```

出力をオフにするには、以下のコマンドを送信します。

```
:OUTPut:STATe OFF
```

TSP コマンドの使用：

出力をオンにするには、以下のコマンドを送信します。

```
smu.source.output = smu.ON
```

出力をオフにするには、以下のコマンドを送信します。

```
smu.source.output = smu.OFF
```

タッチスクリーン・ディスプレイ

タッチスクリーンを使用すれば、前面パネルからソースおよび測定の設定、システム構成、機器およびテストのステータス、読み取りバッファ情報など、機器のさまざまな機能に素早くアクセスできます。ディスプレイには複数のスワイプ画面があり、前面パネルをスワイプすることによってアクセスできます。前面パネルの MENU、QUICKSET、および FUNCTION キーを押すと、対話的スクリーンが表示されます。

注意

タッチスクリーンに触れる場合は、ピンセット、ドライバ、先のとがった物など、鋭利な金属を使用しないでください。機器を操作する際は、指のみを使用すること強くお勧めします。タッチスクリーンを操作する際には、クリーンルーム用手袋を使用することもできます。

タッチスクリーンでのアイテムの選択

表示画面でアイテムを選択するには、以下のいずれかの手順に従います。

- アイテムを指でタッチする
- ナビゲーション・コントロールを回し、そのアイテムを強調表示した後、ナビゲーション・コントロールを押してそれを選択する

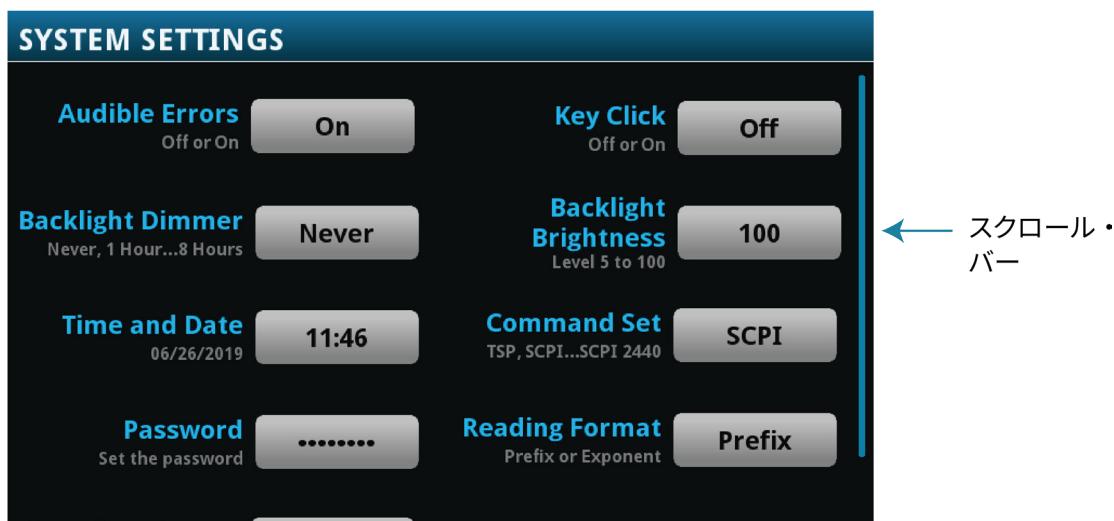
以下のトピックでは、2461 型のタッチスクリーンについて詳細に説明します。

スクロール・バー

一部の対話式画面には、画面を下にスクロールしないと表示されないオプションが存在します。そうした画面には、タッチスクリーンの右側にスクロール・インジケータが表示されています。これらのオプションを表示するには、画面を上下にスワイプします。

下図は、スクロール・バーがある画面を示しています。

図3：スクロール・バー



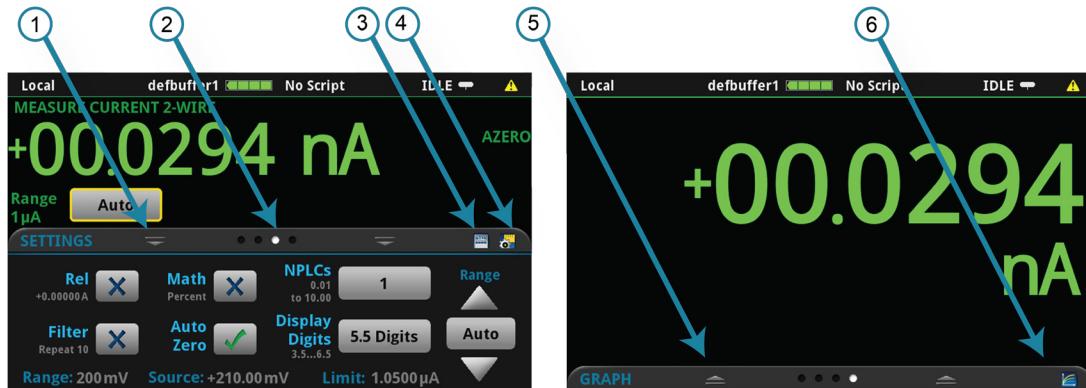
対話型スワイプ・スクリーン

2461 型のタッチスクリーン・ディスプレイは、画面の下半分で左右にスワイプすることで、複数の画面を切り替えることができます。以下のトピックでは、スワイプ画面で利用可能なオプションについて説明します。

スワイプ画面の見出しバー

スワイプ画面の見出しバーには、以下のオプションがあります。

図4：スワイプ画面（最大化と最小化）



#	画面の構成要素	概要
1	最小化インジケータ	下にスワイプして、画面を最小化します。
2	スワイプ画面インジケータ	小さな丸いインジケータがそれぞれのスワイプ画面を表しています。左右にスワイプすると、インジケータの色が変化し、画面シーケンスのどの位置にいるのかを把握できます。インジケータを選択すると、スワイプ操作なしに特定のスワイプ画面に移動できます。
3	計算ショートカット	CALCULATION SETTINGS (計算設定) メニューを表示します。
4	測定設定ショートカット	選択された機能の MEASURE SETTINGS (測定設定) メニューを表示します。
5	リストア・インジケータ	上にスワイプしてスワイプ画面を表示できる状態であることを示します。
6	グラフ・ショートカット	グラフ画面を表示します。

SOURCE (ソース) スワイプ画面

SOURCE (ソース) スワイプ画面には、ソースの現在の値、およびソースの設定値、ソース範囲、ソース・リミットが表示されます。この画面のボタンを選択することで、前面パネルから設定値を変更できます。

図5：SOURCE スワイプ画面



画面右側のソース機能インジケータは、表示されているソース値に影響を与える設定を示します。

- **MEAS (測定)**：ソース・リードバックがオンであり、表示された値はソースの測定値です。
- **PROG (プログラム)**：ソース・リードバックがオフであり、表示された値はプログラムされたソース値です。出力がオフの場合、表示されたソース値は **Output Off** (出力オフ) に置き換えられます。

リミット・ラベルが黄色で表示されている場合、機器はソースを制限しています。

測定方法が連続に設定されている場合は、現在の値が継続的に更新されます。測定方法が手動トリガ・モードまたはトリガ・モデルの開始に設定されている場合には、次の測定が行われたときに値が更新されます。

スワイプ画面の見出しバーの右側のアイコンはショートカットであり、SOURCE SETTINGS (ソース設定) メニュー全体にアクセスできます。

SETTINGS (設定) スワイプ画面

SETTINGS (設定) スワイプ画面は、機器設定に前面パネルからアクセスできるようにします。現在の設定を表示し、また変更したり、すばやく有効または無効にできます。

図6：SETTINGS スワイプ画面



設定を無効または有効にするには、設定の横にあるボックスを選択して、X（無効）またはチェック・マーク（有効）を表示させます。

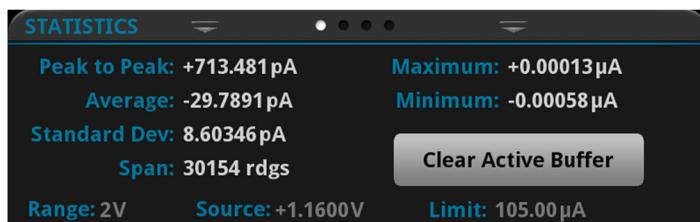
スワイプ画面の見出しバーの右側のアイコンはショートカットであり、CALCULATIONS SETTINGS（計算設定）およびMEASURE SETTINGS（測定設定）メニュー全体にアクセスできます。

設定の説明を表示するには、ナビゲーション・コントロールを使用してボタンを選択し、HELPキーを押します。

STATISTICS（統計）スワイプ画面

STATISTICS（統計）スワイプ画面には、アクティブな読み取りバッファの測定値に関する情報が含まれます。読み取りバッファに連続的にデータを取り込み、古いデータを新しいデータで上書きするように設定されているときは、上書きされたデータの情報もバッファ統計情報に反映されています。上書きされたデータの情報を含まない統計情報が必要な場合には、実行する読み取りの回数に合わせて、十分に大きなバッファ・サイズを定義してください。この画面の **Clear Active Buffer**（アクティブ・バッファのクリア）ボタンを使用すると、アクティブな読み取りバッファのデータをクリアできます。

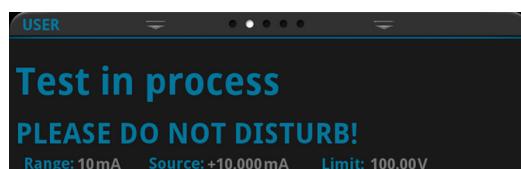
図7：2461型のSTATISTICS（統計）スワイプ画面



USER（ユーザ）スワイプ画面

カスタム・テキストをプログラムする場合には、USER（ユーザ）スワイプ画面に表示されます。たとえば、処理中のテキストを表示するように、2461型をプログラムすることもできます。詳細については、『Model 2461 Reference Manual』の「Customizing a message for the USER swipe screen」を参照してください。

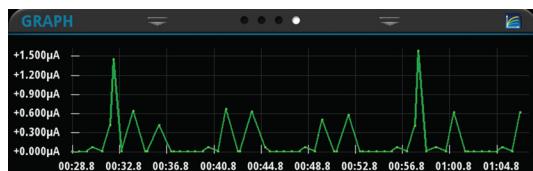
図8：USER（ユーザ）スワイプ画面



GRAPH (グラフ) スワイプ画面

GRAPH (グラフ) スワイプ画面には、現在選択されている読み取りバッファの読み値がグラフ表示されます。

図9：GRAPH (グラフ) スワイプ画面



グラフを全画面表示したり、グラフ設定にアクセスするには、スワイプ画面ヘッダの右側のグラフ・アイコンを選択します。グラフ画面の全機能を表示するには、**MENU** キーを押して、Views (表示) の Graph (グラフ) を選択します。

グラフ測定の詳細については、『Model 2461 Reference Manual』の「Graphing」を参照してください。

メニューの概要

メイン・メニューにアクセスするには、2461 型の前面パネルの **MENU** (メニュー) キーを押します。下の図はメイン・メニューの編成を示しています。

図10：2461 型のメイン・メニュー



メイン・メニューは、サブメニューで編成されており、画面の上部に緑色でラベル化されています。サブメニューのアイコンにタッチすると、対話型画面が表示されます。

USB フラッシュ・ドライブに測定結果を保存する

バッファに測定データがある場合には、2461型からUSB フラッシュ・ドライブにコピーできます。情報は CSV ファイル・フォーマットで保存されます。

測定データを保存するには、以下の手順を実行します。

1. 前面パネルの USB ポートにフラッシュ・ドライブを挿入します。
2. **MENU** (メニュー) キーを押します。
3. Measure 列で、**Reading Buffers** (読み取りバッファ) を選択します。
4. 保存したいバッファを選択します。
5. **Save to USB** (USB に保存) を選択します。
6. File Content (ファイル内容) ダイアログ・ボックスで、データ・セットに必要な選択を行います。**HELP** (ヘルプ) を押して、各オプションに関する情報を表示します。
7. **OK** を選択します。

USB フラッシュ・ドライブにスクリーン・キャプチャを保存する

前面パネル・ディスプレイの画面キャプチャを USB フラッシュ・ドライブのグラフィック・ファイルに保存できます。本機ではグラフィック・ファイルを PNG ファイル形式で保存します。

画面キャプチャを保存するには、次の手順を実行します。

1. USB フラッシュ・ドライブを機器の前面パネルにある USB ポートに挿入します。
2. キャプチャしたい画面に移動します。
3. **HOME** と **ENTER** キーを押します。"Saving screen capture"というメッセージが表示されます。
4. キーを放します。

セクション 3

リモート・インターフェースの使用

このセクションの内容：

リモート通信インターフェース.....	3-1
サポートされるリモート・インターフェース	3-1
GPIB 通信	3-2
LAN 通信	3-4
USB 通信.....	3-7
Web インタフェースの使用	3-11
使用するコマンド・セットの決定	3-14

リモート通信インターフェース

いくつかの通信インターフェースのいずれかを選択し、2461 型からコマンドを送信し、応答を受信できます。

2461 型の制御に同時に使用できる通信インターフェースは 1 つだけです。機器が最初にメッセージを受信したインターフェースによって機器が制御されます。別のインターフェースがメッセージを送信すると、そのインターフェースによって機器が制御されます。インターフェースの設定によっては、インターフェースを変更する際にパスワードを入力しなければならない場合があります。

2461 型では、通信インターフェースのタイプ（LAN、USB、または GPIB）は、機器の後部パネルにあるそれぞれのポートに接続すると自動的に検出されます。ほとんどの場合、ユーザが設定を行う必要はありません。さらに、接続されているインターフェースの種類を変更した場合も、再起動する必要はありません。

サポートされるリモート・インターフェース

2461 型では、以下のリモート・インターフェースがサポートされています。

- **GPIB** : IEEE-488 機器の汎用インターフェース・バス
- **Ethernet**: LAN 通信
- **USB** : Type B USB ポート
- **TSP-Link** : 高速トリガ同期／通信用バス。テスト・システムで使用すると、複数の機器をマスター／スレーブ構成に接続することが可能

TSP-Link の詳細については、『Model 2461 Reference Manual』の「TSP-Link System Expansion Interface」を参照してください。

GPIB 通信

2461型のGPIBインターフェースは、IEEE規格488.1に準拠しており、IEEE規格488.2共通コマンドおよびステータス・モデル・トポロジをサポートします。

GPIBインターフェースには、最大15個のデバイス（コントローラを含む）接続できます。最大ケーブル長は、以下のいずれか短い方になります。

- 2m(6.5フィート)にデバイス数を掛けた数
- 20m(65.6フィート)

これらの制限を無視すると、バスの動作が不安定になる場合があります。

GPIBドライバー・ソフトウェアのインストール

情報やドライバの入手先については、GPIBコントローラのドキュメントを確認してください。最新バージョンのドライバやソフトウェアについては、GPIBコントローラのWebサイトを確認することをお勧めします。

ドライバは、ハードウェアを接続する前にインストールしておくことが重要です。これにより、誤ったドライバーがハードウェアに関連付けられることを防止できます。

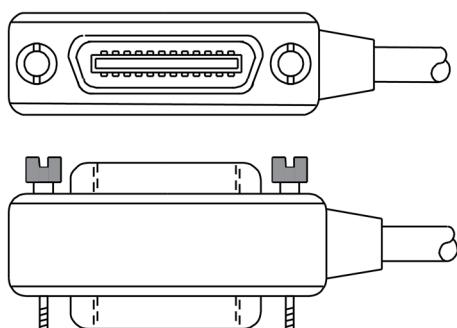
GPIBカードのコンピュータへのインストール

GPIBコントローラのインストールについては、使用するGPIBコントローラのメーカーの資料を参照してください。

機器へのGPIBケーブルの接続

2461型をGPIBインターフェースに接続するには、標準のGPIBコネクタの付いたケーブル（下図を参照）を使用します。

図11：GPIBコネクタ

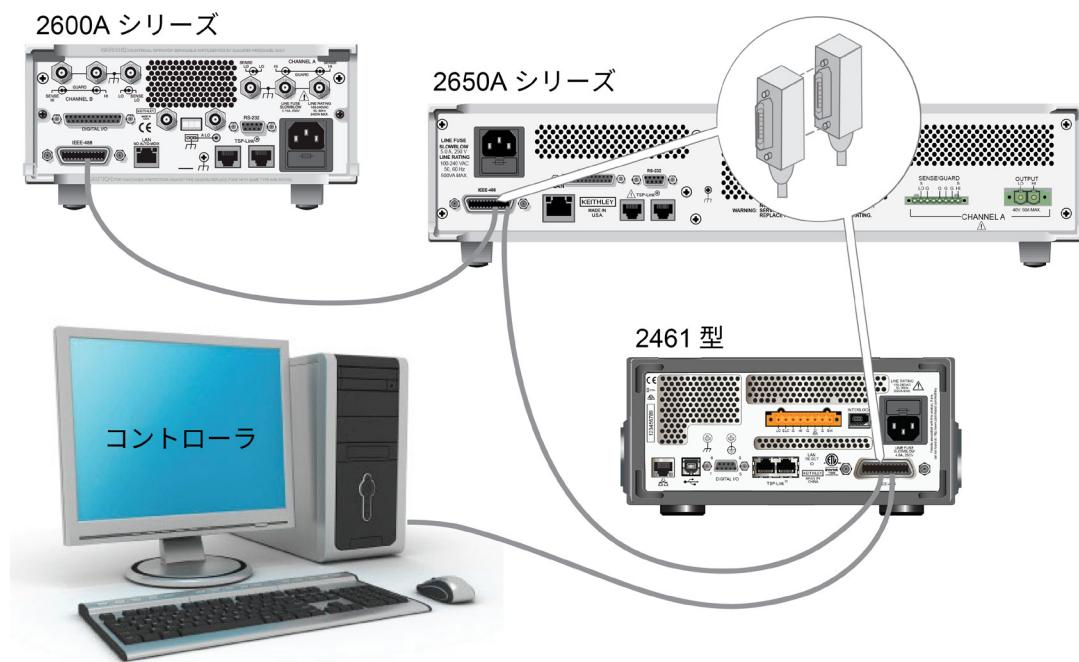


1 台の機器で複数の並行接続を可能にするには、コネクタをスタックします。各コネクタには、コネクタを固定するためのネジが 2 つあります。以下の図は、複数の機器を使用したテスト・システムでの一般的な接続ダイアグラムを示しています。

注意

機械的な破損を防止するため、1 台の機器にスタックするコネクタは 3 つ以下にしてください。電磁放射によって引き起こされる干渉を最小限にするため、シールド付き GPIB ケーブルのみを使用してください。シールド・ケーブルについては、ケースレーまでお問い合わせください。

図12：2461 型での IEEE-488 接続



GPIB アドレスの設定

デフォルトの GPIB アドレスは 18 です。システム内で一意であれば、アドレスを 1~30 の任意のアドレスに設定できます。別の機器に割り当てられたアドレスや、GPIB コントローラに割り当てられたアドレスと競合してはなりません。

注

GPIB コントローラは通常 0 または 21 に設定されています。安全のため、機器のアドレスは 21 に設定しないようにしてください。

機器は、アドレスを不揮発性メモリに保存します。そのため、リセット・コマンドを送信したり、電源をオフにした後に再度オンにしても、アドレスは変化しません。

前面パネルから **GPIB** アドレスを設定するには、以下の手順に従います。

1. **MENU** (メニュー) キーを押します。
2. **Communication** (通信) を選択します。
3. **GPIB** タブを選択します。
4. **GPIB Address** (アドレス) を設定します。
5. **OK** を選択します。

注

GPIB アドレスはリモート・コマンドを使用して設定することもできます。SCPI コマンドを使用して GPIB アドレスを設定するには、`SYST:GPIB:ADDRess` を送信します。TSP コマンドの場合は、`gpib.address` を送信します。

LAN 通信

LAN を使用して機器と通信することができます。

LAN を使用して接続すると、Web ブラウザを使用して内部 Web ページにアクセスし、機器の設定の一部を変更することができます。詳細については、[「Web インタフェースの使用」](#) (3-11ページ) を参照してください。

2461 型はバージョン 1.5 の LXI デバイス規格 (2016) に準拠しており、TCP/IP に対応し、IEEE Std 802.3 (Ethernet LAN) に準拠しています。本機の後部パネルに装備された LAN ポートは、10Mbps または 100Mbps ネットワークとの接続機能をすべて備えています。2461 型は、接続速度を自動的に検出します。

2461 型は、マルチキャスト DNS (mDNS) および DNS サービス・ディスカバリ (DNS-SD) もサポートしているため、集中管理型以外の LAN で優れた利便性を発揮します。

注

LAN 接続をセットアップする前に、固有のネットワーク要件について、ネットワーク管理者に確認を行うようにしてください。

LAN のセットアップで問題が発生した場合は、[「LAN トラブルシューティング」](#) (3-12ページ) を参照してください。

機器での LAN 通信のセットアップ

このセクションでは、機器で LAN 通信を手動または自動でセットアップする方法について説明します。

LAN 設定の自動セットアップ

DHCP サーバがある LAN に接続している場合、あるいは機器とホスト・コンピュータが直接接続されている場合には、IP アドレスの自動選択を使用できます。

Auto (自動) を選択した場合、機器は DHCP サーバーから IP アドレスを取得しようと試みます。取得に失敗した場合、アドレスは 169.254.1.0～169.254.254.255 の IP アドレスになります。

注

ホスト・コンピュータと機器の両方を自動 LAN 構成に設定しておく必要があります。いずれか一方を手動構成に設定することもできますが、セットアップが複雑になります。

前面パネルを使用して IP アドレスの自動選択をセットアップするには、以下の手順に従います。

1. **MENU** (メニュー) キーを押します。
2. **System** (システム) で **Communication** (通信) を選択します。
3. **LAN** タブを選択します。
4. **TCP/IP Mode** (TCP/IP モード) は、**Auto** (自動) を選択します。
5. **Apply Settings** (設定の適用) を選択して、設定を保存します。

LAN 設定の手動セットアップ

必要に応じて、IP アドレスを手動で設定することができます。

DNS 設定を有効または無効にし、ホスト名を DNS サーバーに割り当てることもできます。

注

企業ネットワークに機器を配置する場合、機器に対して有効な IP アドレスを確保できるように、情報技術 (IT) 部門に問い合わせてください。

機器の IP アドレスには先頭にゼロが含まれていますが、コンピュータの IP アドレスには含めることはできません。

機器で IP アドレスの手動選択をセットアップするには、以下の手順に従います。

1. **MENU** (メニュー) キーを押します。
2. **System** (システム) で **Communication** (通信) を選択します。
3. **LAN** タブを選択します。

4. TCP/IP Mode (TCP/IP モード) は、**Manual** (手動) を選択します。
5. **IP Address** (IP アドレス) を入力します。
6. **Gateway** (ゲートウェイ) アドレスを入力します。
7. **Subnet** (サブネット) マスクを入力します。
8. **Apply Settings** (設定の適用) を選択して、設定を保存します。

コンピュータでの LAN 通信のセットアップ

このセクションでは、コンピュータで LAN 通信をセットアップする方法について説明します。

注

IP アドレスを変更する場合は必ずシステム管理者に相談してください。不正な IP アドレスを入力した場合、会社のネットワークにコンピュータを接続できない場合や、ネットワークの他のコンピュータに干渉する恐れがあります。

ネットワーク・インターフェース カードの既存のネットワーク設定情報を変更する前に、すべてのネットワーク設定を記録するようにしてください。ネットワーク設定が更新されると、以前の情報は失われます。これにより、ホスト・コンピュータを企業ネットワークに再接続する際（特に、DHCP が無効な場合）に問題が発生する可能性があります。

ホスト・コンピュータを企業ネットワークに再接続する前にすべての設定を必ず元に戻してください。詳細については、システム管理者にお問い合わせください。

2461型での LAN 接続の検証

機器に IP アドレスが割り当てられたことを検証し、2461型がネットワークに接続されたことを確認します。

LAN 接続を検証するには、以下の手順に従います。

1. **MENU** (メニュー) キーを押します。
2. **System** (システム) で **Communication** (通信) を選択します。
3. **LAN** タブを選択します。

LAN タブの左下にある LAN ステータス・インジケータが緑色に点灯していれば、機器に IP アドレスが割り当てられています。

さらに、機器をネットワークに接続すると、前面パネルの右上の LAN LED が緑色に点灯します。

LXI Discovery Tool の使用

2461型の IP アドレスを検出するには、LXI Discovery Tool を使用します。このツールは、[LXI Consortium の Web サイト \(lxistandard.org\)](http://lxistandard.org) の Resources タブにあります。

USB 通信

後部パネルの USB ポートを使用する場合は、ホスト・コンピュータに VISA (Virtual Instrument Software Architecture) レイヤがなければなりません。詳細については、『Model 2461 Reference Manual』の「How to install the Keithley I/O Layer」を参照してください。

VISA には USBTMC (USB Test and Measurement Class) プロトコルに対応する USB クラス・ドライバが含まれており、このドライバをインストールすることで、Microsoft Windows オペレーティング・システムが機器を認識できるようになります。

USBTMC または USBTMC-USB488 プロトコルを実装した USB デバイスをコンピュータに接続すると、VISA ドライバによってそのデバイスが自動的に検出されます。自動的に認識されるのは、USBTMC および USBTMC-USB488 デバイスのみであることに注意してください。プリンタ、スキヤナ、およびストレージ・デバイスなどの他の USB デバイスは認識されません。

このセクションでは、"USB 機器"という表現は、USBTMC または USBTMC-USB488 プロトコルを実装したデバイスを指します。

USB を使用してコンピュータを 2461 型に接続する

コンピュータと本機を接続するには、両端のコネクタが USB Type B と USB Type A の USB ケーブルが必要です。USB インタフェースを使用して同時にコンピュータに接続する予定の本機のそれぞれについて、個別に USB ケーブルを用意する必要があります。

USB を使用して機器をコンピュータに接続するには、以下の手順に従います。

1. ケーブルの Type A 側をコンピュータに接続します。
2. ケーブルの Type B 側を機器に接続します。
3. 機器の電源を入れます。コンピュータが新しい USB を検出すると、Found New Hardware (新しいハードウェアを検出) ウィザードが起動されます。
4. "Can Windows connect to Windows Update to search for software?" (ソフトウェア検索のため、Windows Update に接続しますか?) ダイアログ・ボックスが表示されたら、**No** (いいえ) を選択し、さらに **Next** (次へ) を選択します。
5. "USB Test and Measurement device" ダイアログ・ボックスで、**Next** (次へ) を選択し、**Finish** (完了) を選択します。

機器との通信

USB デバイスと通信する機器には、NI-VISA™ を使用する必要があります。VISA で正しい USB 機器に接続するには、次のフォーマットのリソース文字列が必要です。

USB0::0x05e6::0x2461::[serial number]::INSTR

ここで、

- 0x05e6 : ケースレーのベンダ ID
- 0x2461 : 機器の型名番号
- [serial number] : 機器のシリアル番号（シリアル番号は後部パネルにも記載されています）
- INSTR : USBTMC プロトコルを使用

リソース文字列が System Communications (システム通信) 画面の右下に表示されます。Menu (メニュー)、さらに Communication (通信) を選択して System Communications (システム通信) メニューを開き、USB タブを選択します。

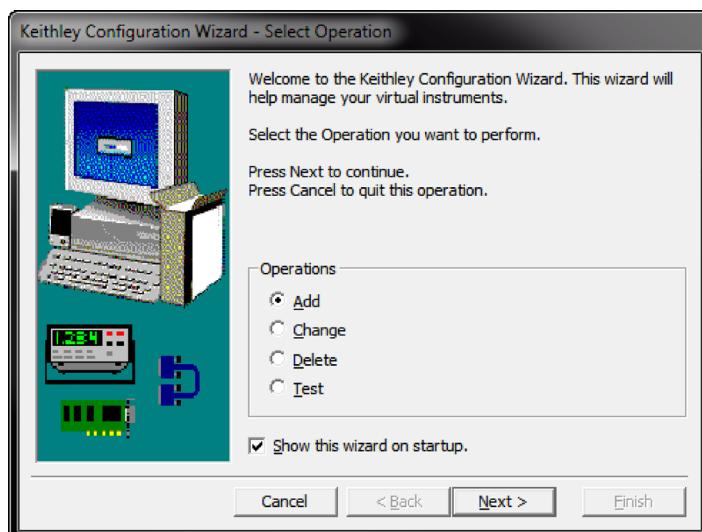
Keithley Configuration Panel を実行することでも、これらのパラメータを確認できます。コンピュータに接続されているすべての機器が自動的に検出されます。

Keithley I/O Layer がインストールされている場合は、Microsoft® Windows® のスタート・メニューから Keithley Configuration Panel にアクセスできます。

Keithley Configuration Panel を使用して VISA リソース文字列を確認するには、以下の手順に従います。

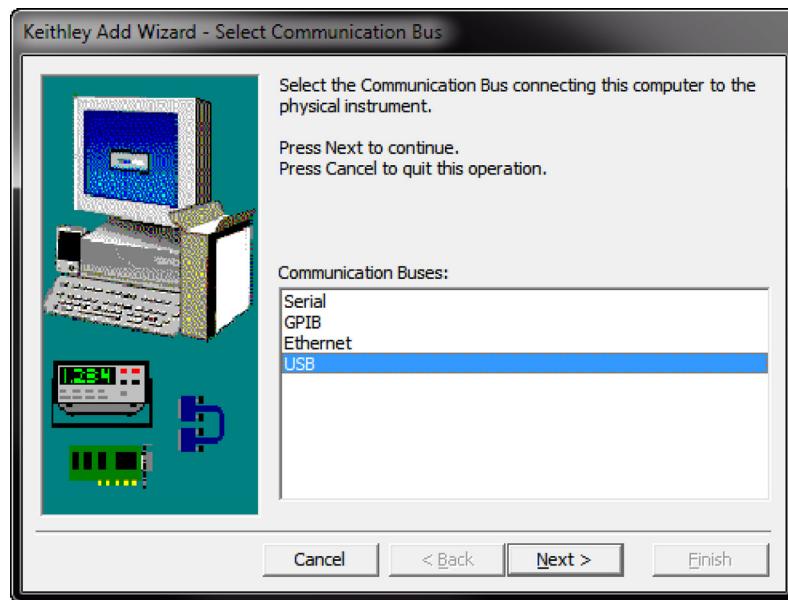
1. Start > Keithley Instruments > Keithley Configuration Panel をクリックします。Select Operation (操作 n の選択) ダイアログ・ボックスが表示されます。

図13 : Select Operation (操作の選択) ダイアログ・ボックス



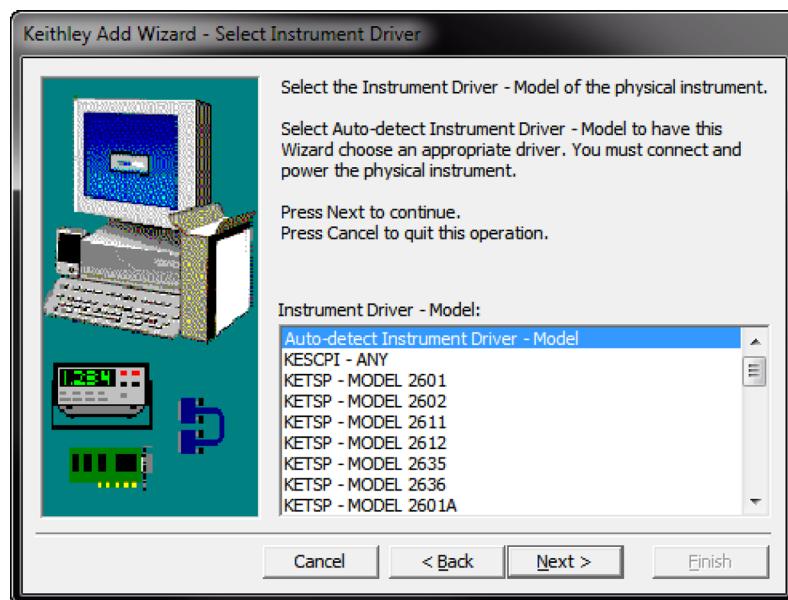
2. **Add** (追加) を選択します。
3. **Next** (次へ) を選択します。Select Communication Bus (通信バスの選択) ダイアログ・ボックスが表示されます。

図14 : Select Communication Bus (通信バスの選択) ダイアログ・ボックス



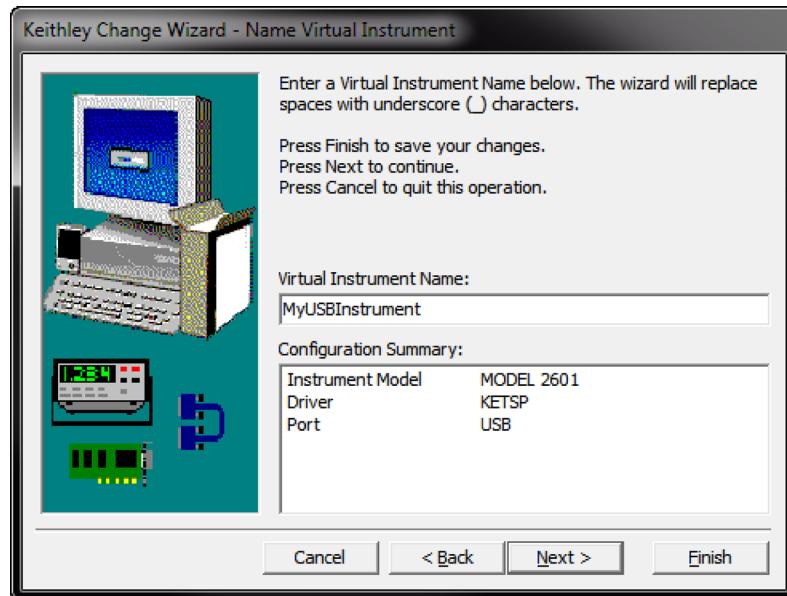
4. **USB** を選択します。
5. **Next** (次へ) をクリックします。Select Instrument Driver (機器ドライバの選択) ダイアログ・ボックスが表示されます。

図15 : Select Instrument Driver (機器ドライバの選択) ダイアログ・ボックスが表示されます。



6. **Auto-detect Instrument Driver - Model** (機器ドライバの自動検出—モデル名) を選択します。
7. **Next** (次へ) をクリックします。Configure USB Instrument (USB 機器の設定) ダイアログ・ボックスが表示され、検出された機器の VISA リソース文字列が示されます。
8. **Next** (次へ) をクリックします。Name Virtual Instrument (仮想機器名の指定) ダイアログ・ボックスが表示されます。

図16 : Name Virtual Instrument (仮想機器名の指定) ダイアログ・ボックス

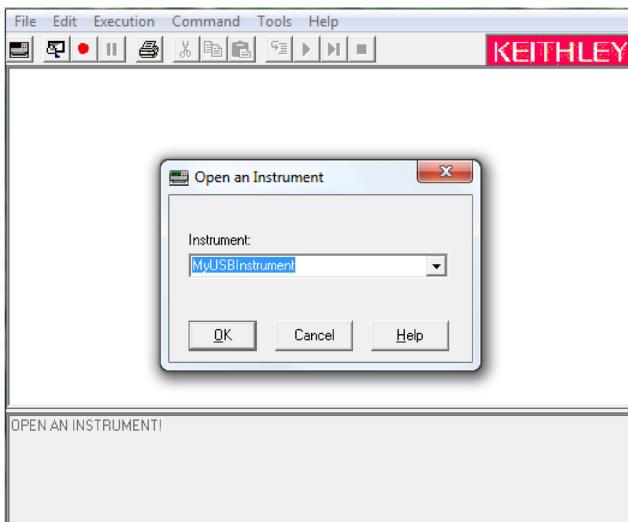


9. Virtual Instrument Name (仮想機器名の指定) に機器を参照するのに使用する名前を入力します。
10. **Finish** (完了) を選択します。
11. **Cancel** (キャンセル) を選択してウィザードを閉じます。
12. 設定を保存します。Keithley Configuration Panel から、File (ファイル) > Save (保存) を選択します。

Keithley Communicator で機器を確認するには、以下の手順に従います。

1. SCPI コマンド・セットを使用するように機器を設定します。手順については、[「コマンド・セットはどうやって変更すればいいですか。」](#) (11-3ページ) を参照してください。
2. Start > Keithley Instruments > Keithley Communicator をクリックします。
3. File (ファイル) > Open Instrument (機器を開く) を選択して名前を指定する機器を開きます。

図17：Keithley Communicator の Open an Instrument (機器を開く)



4. OK をクリックします。
5. コマンドを機器に送信し、応答の有無を確認します。

注

フルバージョンの NI-VISA がインストールされている場合には、NI-MAX または VISA Interactive Control ユーティリティのいずれかをインストールできます。詳細については、National Instruments のドキュメントを参照してください。

Web インタフェースの使用

2461 型の Web インタフェースでは、Web ページを介してご使用の機器の設定を行ったり、制御することができます。Web ページには、以下の情報および機能があります。

- 機器のステータス
- 機器モデル、シリアル番号、ファームウェア・リビジョン、および最新の LXI メッセージ
- 機器を探すのに役立つ ID ボタン
- 機器を制御するのに使用できる仮想前面パネルとコマンド・インターフェース
- 特定の読み取りバッファからデータをダウンロードして CSV ファイルに書き込む機能
- 管理オプションと LXI 情報

機器の Web ページは、ファームウェアに存在します。Web インタフェースから変更を行うと、即座に機器に反映されます。

機器の Web インタフェースへの接続

LAN と機器が接続を確立したら、機器の Web ページを開くことができます。

Web インタフェースにアクセスするには、以下の手順に従います。

1. ホスト・コンピュータ上で Web ブラウザを開きます。
2. Web ブラウザのアドレス・ボックスに機器の IP アドレスを入力します。たとえば、機器の IP アドレスが 192.168.1.101 であれば、ブラウザのアドレス・ボックスに 192.168.1.101 と入力します。
3. コンピュータのキーボードの **Enter** キーを押して、機器の Web ページを開きます。
4. プロンプトが表示されたら、ユーザ名とパスワードを入力します。デフォルトでは、どちらも admin です。

LAN トラブルシューティング

Web インタフェースに接続できない場合は、以下の項目をチェックします。

- ネットワークケーブルが TSP-Link®ポートの 1 つではなく、機器の後部パネルの LAN ポートに接続されている。
- ネットワーク・ケーブルがコンピュータの正しい接続ポートに接続されている。（ノート PC をドッキング・ステーションで使用していると、ノート PC の LAN ポートが無効になっている場合があります）。
- セットアップ手順で正しいイーサネット カードの設定情報が使用されている。
- コンピュータのネットワーク・カードが有効になっている。
- 機器の IP アドレスが、コンピュータの IP アドレスと互換性がある。
- 機器のサブネット・マスク・アドレスがコンピュータのサブネット・マスク・アドレス一致している。

また、コンピュータおよび機器を再起動してみます。

機器を再起動するには、以下の手順に従います。

1. 機器の電源をいったんオフにしてから、オンにします。
2. ネットワークの構成が完了するまで、少なくとも 60 秒待機します。

LAN 通信をセットアップするには、以下の手順に従います。

1. **MENU**（メニュー）キーを押します。
2. **System**（システム）で **Communication**（通信）を選択します。
3. **LAN** タブを選択します。
4. 設定を確認します。

上記の手順を実行しても問題が修正されない場合は、システム管理者に連絡してください。

Web インタフェースの Home ページ

図18：2461 型の Web インタフェース



機器の Home ページでは、機器に関する情報が示されます。以下の情報が表示されます。

- 機器の型名番号、メーカー、シリアル番号、およびファームウェアのリビジョン番号
- TCP Raw Socket 番号および Telnet のポート番号
- 最新の LXI メッセージ LXI Home ページを開くための履歴リンク
- ID ボタン（機器を特定するのに使用可能）。[「機器の特定」](#)（3-13ページ）を参照してください。

機器の特定

多数の機器が存在していても、ID ボタンをクリックすれば、どの機器と通信しているかを判別できます。

機器を特定するには、以下の手順に従います。

1. Home ページ左側中央で、ID ボタンをクリックします。ボタンが緑色に変わり、機器の LAN ステータス・インジケータが点滅します。前面パネル・インターフェースを備えた計測器では、System Communications（システム通信）メニューも開き、LAN タブの LXI LAN インジケータが点滅します。
2. ID ボタンを再度クリックすると、元の色に戻り、LAN ステータス・インジケータも点灯状態に戻ります。

イベント・ログのイベントの確認

LXI Home の Log には、イベント・ログが表示されます。イベント・ログには、計測器が生成した、または受信したすべての LXI イベントが記録されます。ログには次の情報が含まれます。

- EventID 列：イベント・メッセージを生成したイベントの識別子が示されます。
- System Timestamp 列：イベントが発生した時間が秒およびナノ秒で示されます。
- Data 列：イベント・メッセージのテキストが表示されます。

これらのイベント・ログをクリアし、画面上の情報を更新するには、**Refresh**（リフレッシュ）ボタンを選択します。

使用するコマンド・セットの決定

2461 型は、SCPI または Test Script Processor (TSP®) プログラミング言語に基づくコマンド・セットを使用して制御できます。2461 型で使用するコマンド・セットは変更できます。使用可能なりモード・コマンド・セットは次の通りです。

- SCPI : SCPI 規格で作成された機器固有の言語
- TSP : スタンドアロン機器から実行することができる機器固有の制御コマンドを含むスクリプト・プログラミング言語です 1 TSP を使用して個々のコマンドを送信したり、コマンドをスクリプトに組み合わせることができます。
- SCPI 2420 : ケースレーの 2420 型用に開発されたコードを実行できる機器固有の言語です。
- SCPI 2425 : ケースレーの 2425 型用に開発されたコードを実行できる機器固有の言語です。
- SCPI 2430 : ケースレーの 2430 型用に開発されたコードを実行できる機器固有の言語です。
- SCPI 2440 : ケースレーの 2440 型用に開発されたコードを実行できる機器固有の言語です。

コマンド・セットを変更した場合は、機器を再起動します。

コマンド・セットを組み合わせて使用することはできません。

SCPI 2420、2425、2430、および 2440 コマンド・セットは、エミュレートされたコマンドセットだけでなく、エミュレートされたモデルに対応したレンジと電力エンベロープを提供します。

注

ケースレーから出荷された状態では、2461 型は SCPI コマンド・セットで動作するように設定されています。

前面パネルからコマンド・セットを設定するには…

1. **MENU** (メニュー) キーを押します。
2. **System** (システム) で **Settings** (設定) を選択します。
3. 適切な **Command Set** (コマンド・セット) を選択します。

コマンドセットの変更を確定して、再起動するように求められます。

リモート・インターフェースから選択されたコマンド・セットを確認する場合：

次のコマンドを送信します。

```
*LANG?
```

リモート・インターフェースから SCPI コマンド・セットを変更する場合：

次のコマンドを送信します。

```
*LANG SCPI
```

機器を再起動します。

リモート・インターフェースから TSP コマンド・セットを変更する場合：

次のコマンドを送信します。

```
*LANG TSP
```

機器を再起動します。

セクション 4

前面パネルを使用した基本測定

このセクションの内容：

はじめに	4-1
この例で必要な機器	4-2
デバイスの接続	4-2
前面パネルを使用した測定	4-3

はじめに

2461 型を使用して、前面パネルから電圧または電流の印加、および測定を行うことができます。

注

他の機器の設定に変更を加える前に、機能を選択していることを確認してください。設定オプションは、変更を加える際にアクティブになっている機能によって異なります。アクティブな機能と互換性のない変更を加えると、予期しない結果が発生したり、イベント・メッセージが表示される場合があります。別の機能を選択すると、バッファがクリアされることにも注意してください。このマニュアルのアプリケーションは、最適な結果を得るために操作を実行するべき順序を説明しています。

このアプリケーションでは、電圧を印加して電流を測定することによって、10kΩ 抵抗で測定を行います。適切なソース値が使用されれば、すべての 2 端子被測定デバイス (DUT) で同様の測定を行うことができます。

前面パネルから測定を行うように 2461 型をセットアップするには、以下のような方法があります。

- **クイック設定を使用する。** **QUICKSET** (クイックセット) を押すと、電圧計、電流計、抵抗計、電源のセットアップを含む、事前構成されたセットアップのメニューが開きます。さらに、テスト機能を選択できるため、より優れた分解能または速度が得られるように、性能を調整できます。
- **印加／測定機能を選択します。** **FUNCTION** (機能) キーを押して、印加／測定機能のリストから選択します。
- **メニュー・オプションを使用します。** **MENU** キーを押して、オプションのメニューを開きます。

印加および測定機能を選択した後で、2461 型のホーム・ページおよび SETTINGS (設定) スワイプ画面のボタンを選択し、設定を変更します。

このアプリケーションの測定をセットアップするには、上述の方法を組み合わせて使用します。

このアプリケーションで必要な機器

このアプリケーションで必要な機器

- 2461型高電流ソースメータ (SMU)
- 2本の絶縁されたバナナ・ケーブル (2461型に付属しているケースレー8608型安全クリップ・リード線セットを使用可能)
- 1本の $10\text{k}\Omega$ 抵抗 (テスト対象)

デバイスの接続

注

2461型に接続を行う前に、機器の電源をオフにしてください。

2461型を2線（ローカル・センス）コンフィグレーションで抵抗に接続します。このコンフィグレーションでは、デバイスは FORCE HI と FORCE LO 端子の間に接続されます。

以下の図に、前面パネルへの物理接続を示します。

図19：2461型での2線接続（前面パネル）



前面パネルを使用した基本測定

このアプリケーションでは、以下のことを行います。

- ソース／測定機能を選択します。
- ソースのレンジを選択します。
- ソースの値を設定します。
- ソース・リミットを設定します。
- 測定レンジを選択します。
- ソース出力をオンにします。
- ディスプレイに表示される測定値を観察します。
- ソース出力をオフにします。

前面パネルで測定を行う方法

前面パネルから測定を行うには、以下の手順に従います。

1. 前面パネルの **POWER** (電源) スイッチを押して、電源をオンにします。
2. 前面パネルで **FUNCTION** (機能) キーを押します。
3. **Source Voltage**、**Measure** で、**Current** (電流) を選択します。
4. 印加電圧の範囲を選択します。ホーム画面の **SOURCE V** で、**Range** (レンジ) を選択します。
5. **20V** を選択します。
6. **Source** (ソース) を選択します。
7. **10V** を入力し、**OK** を選択します。
8. **Limit** (リミット) を選択します。
9. **10mA** を入力し、**OK** を選択します。
10. ホーム画面の **MEASURE** (測定) 領域で、**Range** (レンジ) を選択します。
11. **Auto** (オート) を選択します。
12. **OUTPUT ON/OFF** (出力オン／オフ) スイッチを押して、出力をオンにします。OUTPUT インジケータのライトが点灯します。
13. ディスプレイに表示される測定値を観察する $10k\Omega$ 抵抗の場合、一般的なディスプレイ値は次のとおりです。
1.00000 mA
+9.99700 V
14. 測定が完了したら、**OUTPUT ON/OFF** (出力オン／オフ) スイッチをオフにします。OUTPUT インジケータのライトが消えます。

セクション 5

低抵抗デバイスの測定

このセクションの内容：

はじめに	5-1
必要な機器	5-1
リモート通信のセットアップ	5-2
デバイスの接続	5-2
低抵抗の測定	5-5

はじめに

この例では、2461 型を使用して低い抵抗値のデバイスを測定する方法について説明します。

多くのアプリケーションで低抵抗（ 10Ω 以下）の測定を行う必要があるかもしれません。通常のアプリケーションには、ケーブルとコネクタ、基板バイアス、および抵抗の導通テストが含まれます。通常、これらの抵抗値測定は、電流を強制し、その結果発生する電圧の低下を測定することで行われます。2461 型では、抵抗値が自動的に計算されます。測定された電圧は、通常 mV 範囲以下になります。2461 型には、リモート・センスやオフセット補正など、低抵抗の測定に最適な機能が内蔵されています。

必要な機器

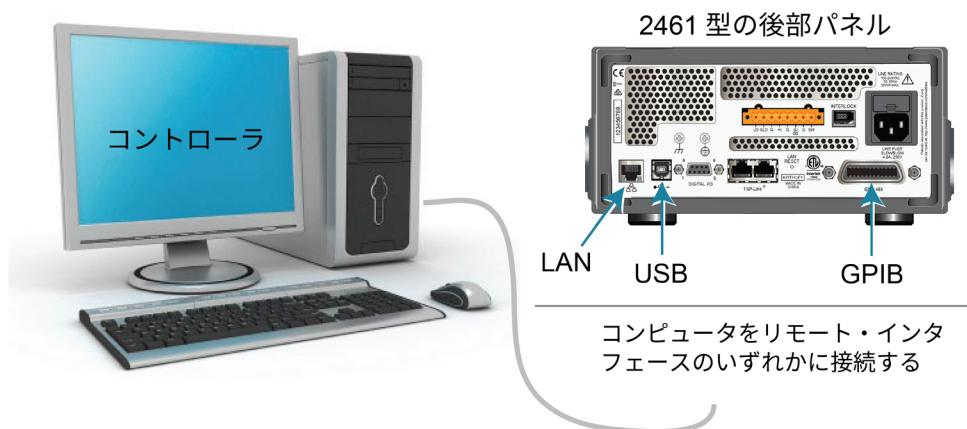
- 2461 型高電流ソースメータ (SMU) (1 台)
- 前面パネル接続の場合、ケースレーの 8608 型安全クリップ・リード線セットなどの、4 本の絶縁バナナ・ケーブルを使用します (2461 型には 1 セットが付属しています。もう 1 セットはユーザが用意する必要があります)。
- 後部パネル接続の場合、2460-KIT 型ねじ込み端子コネクタ・キット (2461 型に付属) を使用するか、または 2460-BAN 型バナナ・テスト・リード／アダプタ・ケーブル (デバイスとの適切な接続が必要) を使用できます。
- テストの対象となる低抵抗のデバイス (このアプリケーションでは $20m\Omega$ の抵抗)

リモート通信のセットアップ

このアプリケーションは、前面パネルから、あるいは機器でサポートされている通信インターフェース (GPIB、USB、またはイーサネット) から実行できます。

次の図は、リモート通信インターフェース用の後部パネル・コネクタの場所を示しています。リモート通信のセットアップについての詳細は、[「リモート通信インターフェース」](#)（3-1ページ）を参照してください。

図20：2461型のリモート・インターフェース接続



デバイスの接続

測定精度を高めるために、このテストでは 4 線（ケルビン）測定の手法を使用します。この方法では、リード線による抵抗の影響が排除されるため、測定確度が向上します。そのため、低抵抗の測定に最適な手法だとみなされています。

4 線接続法を使用するには、以下の手順に従います。

- 1組のテストリードを FORCE LO および FORCE HI 端子に接続します。このセットアップにより、被測定デバイスに電流が流れます。
- 他のテストリードのセットを SENSE HI および SENSE LO 端子に接続します。これらの端子は、被試験デバイス (DUT) の電圧降下を測定します。

⚠ 警告

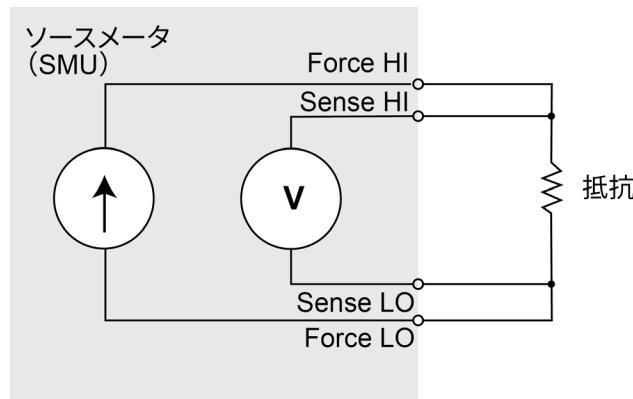
危険電圧はすべての出力およびガード端子に存在する可能性があります。ケガまたは死亡事故につながる可能性がある感電事後を防止するために、出力がオンになっている間は、2461 型を接続したり、切断したりしないでください。

感電を防ぐためにもテスト接続は、導体や導体に触れているあらゆる被測定デバイス (DUT) に、ユーザが触れないように設定してください。DUT を接続する前に電源を遮断するのが賢明です。導体との接触を防ぎ、安全な設置には適切な遮蔽版、障壁、接地が必要となります。

保安接地（安全設置）と 2461 型の LO 端子との内部接続はありません。そのため、LO 端子に危険なレベルの電圧 ($30V_{RMS}$ 以上) が発生する危険性があります。これは、機器が操作されるどのモードでも発生する可能性があります。危険電圧が LO 端子で発生しないようには、ご使用のアプリケーションで許可されている場合、LO 端子を保安接地に接続します。LO 端子は前面パネルのシャーシ接地端子または後部パネルのシャーシ接地ネジに接続することができます。前面パネルの端子と後部パネルの端子が分離されていることに注意してください。そのため、前面パネルの端子を使用している場合には、前面パネルの LO 端子に接地します。後部パネルの端子を使用している場合には、後部パネルの LO 端子に接地します。これらのガイドラインに従わないと、怪我や死亡事故、あるいは機器の損傷につながる恐れがあります。

次の図は、アプリケーションの回路図を示しています。

図21：4 線コンフィグレーションを使用した電流の印加および抵抗値の測定

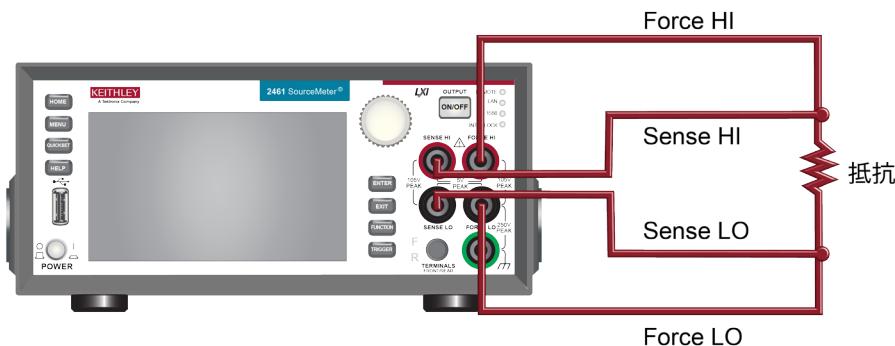


このアプリケーションでは前面パネル端子または後部パネル端子のいずれかを使用できます。前面パネルおよび後部パネルの接続を以下の図に示します。前面パネルの端子または後部パネルの端子は、いずれか一方しか使用できないことに注意してください。混在させることはできません。

リードを被測定デバイス (DUT) に接続する場合、FORCE LO と SENSE LO が DUT リードの 1つに接続されることに注意してください。FORCE HI および SENSE HI はもう一方のリードに接続します。センス接続は可能な限り被測定抵抗の近くに接続します。この 4 線式測定により、テスト・リードの抵抗を測定から排除できます。

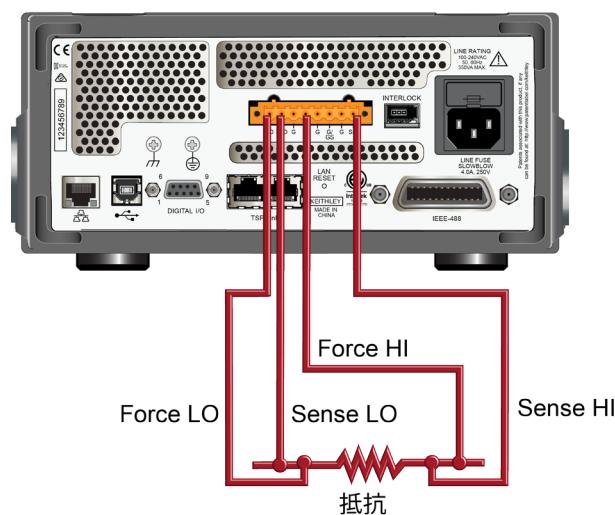
以下の図は前面パネル接続を示しています。これらの接続は、ケースレーの 8608 型安全クリップ・リード線セットを 2 セットなど、最大電流 (10A) に対応した定格を持つ、4 本の絶縁バナナ ケーブルを使用して行うことができます。

図22：低抵抗測定での 2461 型の前面パネル接続



以下の図は後部パネルの接続を示しています。これらの接続には、2460-KIT 型ねじ込み端子コネクタ・キット (2461 型に付属) を使用するか、または 2460-BAN 型バナナ・テスト・リード／アダプタ・ケーブルを使用して適切な配線を行います。

図23：低抵抗の測定での 2461 型の後部パネルの接続



低抵抗の測定

このアプリケーションでは、2461 型を使用して低い抵抗値のデバイスを測定する方法について説明します。前面パネルから、または SCPI または TSP コードを使用したリモート・インターフェースを介して測定します。

このアプリケーションでは、以下のことを行います。

- 機器の電源をオンにします。
- ソース電流を選択し、抵抗関数を測定します。
- 電流源値を設定します。
- 4 線（リモート・センス）モードを選択します。これにより、測定確度に対するリード抵抗の影響が取り除かれます。
- オフセット補正を有効にします。これにより、熱起電力によって発生するオフセットが軽減されます。オフセット補正に関する情報は、『Model 2461 Reference Manual』の「What is offset compensation?」を参照してください。
- ソース出力をオンにして、測定を開始します。
- 前面パネルまたはリモート・インターフェースから測定値を読み取ります。
- ソース出力をオフにします。

前面パネルから測定をセットアップする

前面パネルからアプリケーションをセットアップするには、以下の手順に従います。

1. 「デバイスの接続」（5-2ページ）で説明されているとおりに、2461型を被測定デバイスに接続します。
2. 機器の電源をオンにします。
3. **FUNCTION**（機能）キーを押します。
4. Source Current and Measure（電流の印加／測定）の下の **Resistance**（抵抗）を選択します。警告メッセージが表示されます。
5. **OK**を選択して、エラー・メッセージをクリアします。
6. **HOME**キーを押します。
7. SOURCE I領域でソースの横にあるボタンを選択します。デバイスに最適なソース値を選択します。
8. **MENU**（メニュー）キーを押します。Measure（測定）で **Settings**（設定）を選択します。
9. Sense（センス）を **4-Wire Sense**（4線センス）に設定します。
10. オフセット補正を **On** に設定します。
11. **HOME**キーを押します。
12. **OUTPUT ON/OFF**（出力オン／オフ）スイッチを押して、出力を有効にします。
13. **Measurement Method**（測定方法）インジケータを選択します。
14. **Continuous Measurement**（連続測定）を選択して、測定を開始します。測定値がホーム画面の Measure Voltage 領域に表示されます。

図24：連続測定が選択された測定方法インジケータ

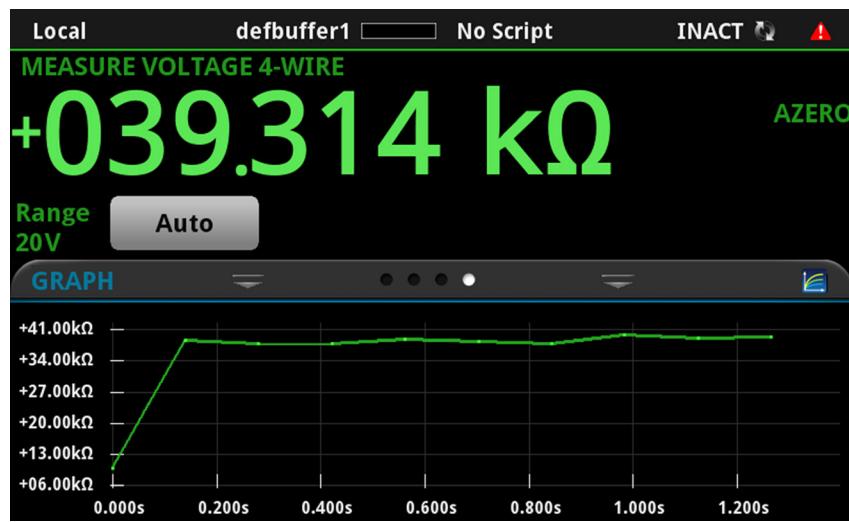


15. **OUTPUT ON/OFF**（出力オン／オフ）スイッチを押して、出力を無効にし、測定を停止します。

前面パネルの GRAPH スワイプ画面に測定結果を表示する

前面パネルの GRAPH スワイプ画面では、抵抗値測定を時間の関数として表示できます。GRAPH スワイプ画面にアクセスするには、ホーム画面の下部を右にスワイプします。下図のようなグラフが表示されます。

図25：GRAPH（グラフ）スワイプ画面



グラフを全画面表示するには、GRAPH スワイプ画面のアイコンにタッチして、グラフ画面を開きます。

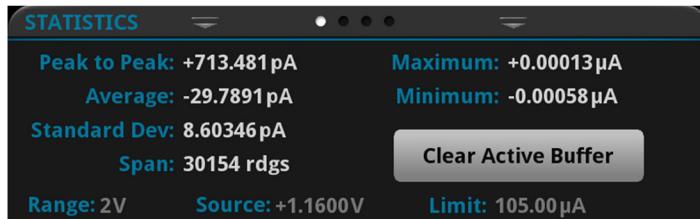
前面パネルでバッファ統計を表示する

2461 型の前面パネルの STATISTICS スワイプ画面では、以下の情報を含む測定統計を表示できます。

- p-p 値
- 最小、最大、および平均読み値
- 標準偏差

統計値を表示するには、ホーム画面で STATISTICS 画面にスワイプします。

図26：2461 型の STATISTICS（統計）スワイプ画面



SCPI コマンドを使用した低抵抗アプリケーションのセットアップ

以下の SCPI コマンドのシーケンスでは、電流を印加し、抵抗を測定することにより、低抵抗測定を 100 回行います。この例では、ソース電流の大きさとリミット電圧は自動的に設定されます。リモート・コマンドを使用して前面パネル画面を変更し、GRAPH スワイプ画面を表示します。これにより、数値データを画面の上部に表示し、画面の下部にグラフ・データを表示できます。

ユーザのプログラミング環境で正しくコードが実行されるように、必要な変更を行わなければならぬ場合があります。

このアプリケーション例では、以下のコマンドを送信します。

コマンド	概要
*RST TRIG:LOAD "SimpleLoop", 100 SENS:FUNC "RES" SENS:RES:RANG:AUTO ON SENS:RES:OCOM ON SENS:RES:RSEN ON DISP:SCR SWIPE_GRAPH OUTP ON INIT *WAI OUTP OFF TRAC:DATA?1, 100, "defbuffer1", READ, REL	<ul style="list-style-type: none">■ 2461 型をリセットします。■ 100 回の読み取りを行うように Simple Loop トリガ・モデル・テンプレートを設定します。■ 抵抗を測定するように設定します。■ オート・レンジをオンにします。■ オフセット補正を有効にします。■ 4 線センス・モードを使用するように設定します。■ GRAPH スワイプ画面を表示します。■ 出力をオンにします。■ 読み取りを開始します。■ 完了するまで待機します。■ 出力をオフにします。■ defbuffer1 から抵抗および時間の値を読み取ります。

TSP コマンドを使用した低抵抗アプリケーションのセットアップ

以下の TSP コードは、Keithley Instruments Test Script Builder (TSB) から実行するように設計されています。TSB はケースレーのサイト (jp.tek.com/keithley) からダウンロードしてお使いいただけます。ソフトウェア・ツールです。TSP 対応の機器用にコードを作成したり、スクリプトを開発したりする場合に、TSB をインストールして使用できます。TSB の使用方法についての情報は、TSB のオンライン・ヘルプおよび『Model 2461 Reference Manual』の「Introduction to TSP operation」セクションに記載されています。

他のプログラミング環境を使用するには、サンプルの TSP コードに変更を加えなければならない場合があります。

デフォルトでは、2461 型では SCPI コマンド・セットが使用されます。TSP コマンドを機器に送信する前に、TSP コマンド・セットを選択する必要があります。

TSP コマンドを有効にするには、以下の手順に従います。

1. **MENU** (メニュー) キーを押します。
2. **System** (システム) で **Settings** (設定) を選択します。
3. **Command Set** (コマンド・セット) を **TSP** に設定します。
4. 再起動の確認画面が表示されたら、**Yes** (はい) を選択します。

この TSP コマンドでは、電流を印加し、抵抗を測定することにより、低抵抗測定を 100 回行います。この例では、ソース電流の大きさとリミット電圧は自動的に設定されます。リモート・コマンドを使用して前面パネル画面を変更し、GRAPH スワイプ画面を表示します。これにより、数値データを画面の上部に表示し、画面の下部にグラフ・データを表示できます。コードが実行されると、Test Script Builder の Instrument Console にデータが表示されます。

このアプリケーション例では、以下のコマンドを送信します。

```
-- 機器をデフォルト設定にリセットする
reset()

-- 100回の読み取りを行うように Simple Loop トリガ・モデル・テンプレートを設定する
trigger.model.load("SimpleLoop", 100)

-- 前面パネルの表示を GRAPH スワイプ画面に変更する
display.changescreen(display.SCREEN_GRAPH_SWIPE)

-- 抵抗測定を設定し、4線センス、
-- オフセット補正を使用する
smu.measure.func = smu.FUNC_RESISTANCE
smu.measure.sense = smu.SENSE_4WIRE
smu.measure.offsetcompensation = smu.ON

-- 出力をオンにする
smu.source.output = smu.ON

-- トリガ・モデルを開始し、完了するまで待機する
trigger.model.initiate()
waitcomplete()

-- 出力をオフにする
smu.source.output = smu.OFF

-- defbuffer1 から抵抗および時間の値を読み取る
print("Resistance:\tTime:")
for i = 1, 100 do
    print(string.format("%f\t%f", defbuffer1[i], defbuffer1.relativetimes[i]))
end
```

セクション 6

充電式バッテリの測定

このセクションの内容：

はじめに	6-1
必要な機器	6-3
デバイスの接続	6-4
バッテリの充放電サイクルの自動テスト	6-6

はじめに

このアプリケーション例では、1台の 2461 型を使用して、バッテリの放電および充電サイクルの自動テストを実行する方法について説明します。

警告

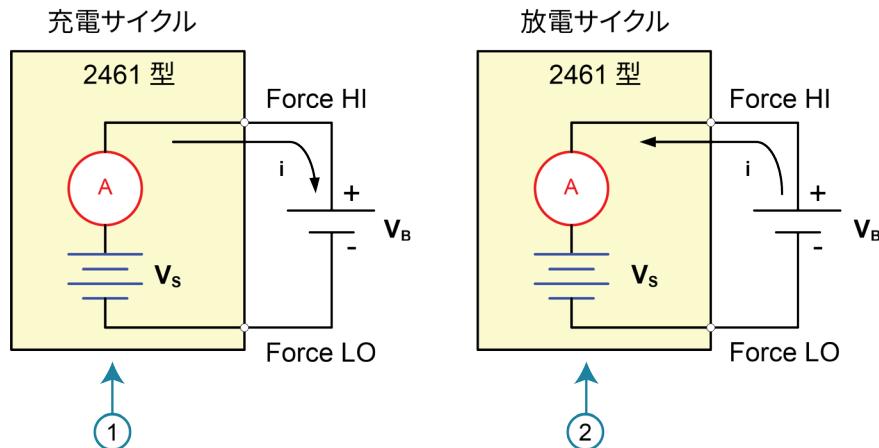
怪我をしたり、2461 型が損傷するのを防止するために、充電式でないバッテリを充電しようとしないでください。2461 型で充電できるバッテリには、ニッケル・カドミウム (Ni-Cd)、ニッケル水素 (Ni-MH)、リチウム・イオン (Li-ion)、再充電可能なアルカリ電池、および鉛蓄電池などがあります。ここにリストされていないバッテリ・タイプで作業する場合は、お近くのケースレー支社、販売パートナ、または代理店にお問い合わせいただきか、弊社アプリケーション・エンジニアまでご連絡の上、技術支援を受けてください。

2461 型を使用したバッテリの充電または放電については、バッテリメーカーの要件に必ず従ってください。バッテリが適切に充電または放電されなかった場合には、液漏れや爆発が発生し、ケガおよび物的損害につながる場合があります。内蔵保護機能を使用せずにバッテリを充電する場合は、機器外部の充電回路によって、過電圧および過電流保護機能を提供する必要があります。

100V (1A)、20V (4A)、10V (5A)、または 7V (7A) を超えるバッテリを充電または放電しないでください。

充電サイクルでも放電サイクルでも、2461型は電圧を印加して電流を測定するように設定します。次の図は、充電サイクルおよび放電サイクルの簡略化図です。

図27：2461型の充電／放電サイクル



1	2461型はソース・モード ($V_s > V_B$) です。機器は電源として機能します。充電電流 (i) はプラスです。
2	2461型はシンク・モード ($V_s < V_B$) です。機器は電子負荷として機能します。放電電流 (i) はマイナスです。

充電

バッテリは通常、定電流を使用して充電されます。そのため、2461型を電圧源として使用して、バッテリの定格電圧に設定します。また、電流制限には測定対象の充電電流を設定します。テストの開始時に、バッテリー電圧は2461型の電圧出力設定よりも低くなっています。結果として、この電圧差が電流を駆動し、ユーザ定義の電流制限まで直ちに制限されます。電流制限時には、2461型はプログラムされた電圧レベルに達するまで、定電流源として機能します。バッテリが完全に充電されると、電流はゼロまたはゼロ近くまで減少します。安全上の問題またはバッテリの損傷を防止するため、バッテリを過充電しないように注意してください。

放電

バッテリを放電するとき、2461型は電力を供給する代わりに電力を消費するため、シンクとして動作します。2461型の電圧源は、バッテリ電圧より低いレベルに設定されています。電流制限により放電率が設定されます。出力が有効になると、バッテリからの電流が2461型のHI端子に流れます。その結果、現在の読み値は負になります。バッテリー電圧が2461型の電圧源設定まで低下するまで、放電電流は一定のままでなければなりません。

注意

電流源を使用してバッテリーを充電または放電する場合は、次の注意事項を守ってください。これらの注意に従わなかった場合、保証の対象外となる機器の損傷につながる可能性があります。

外部電圧が電流源の電圧リミット設定を超えないようにしてください。外部バッテリまたはソースから過度の電流が流れ的原因になります。

電流ソースの出力オフ状態を必ず高インピーダンス用に設定してください。この設定により、出力がオフになったときに出力リレーが開きます。通常の出力オフ状態が選択された状態で、出力をオフにすると、電圧制限がゼロに設定されます。このソース・リミットが 0V という状況では、外部バッテリまたはソースから過度の電流が流れます。

エネルギーを供給するデバイスに 2461 型を接続する前に、出力オフ状態、ソース、およびリミットを注意深く考慮し、設定してください。エネルギーを供給できるデバイスには、電圧ソース、バッテリ、キャパシタ、および太陽電池などが含まれます。デバイスに接続する前に機器の設定を行ってください。出力オフ状態、ソース、制限について考慮しなかった場合には、本機または被測定装置 (DUT) が破損する危険性があります。

電流源をシンクとして使用する場合は、電圧制限を必ず設定し、過電圧保護 (OVP) を外部電圧レベルよりも高いレベルに設定してください。これを行わなかった場合、過度の電流が 2461 型に流れ ($>100\text{mA}$)、測定が正しく行われない可能性があります。機器が制限内で動作している場合には、機器が制限を維持できているか常に注意するようしてください。

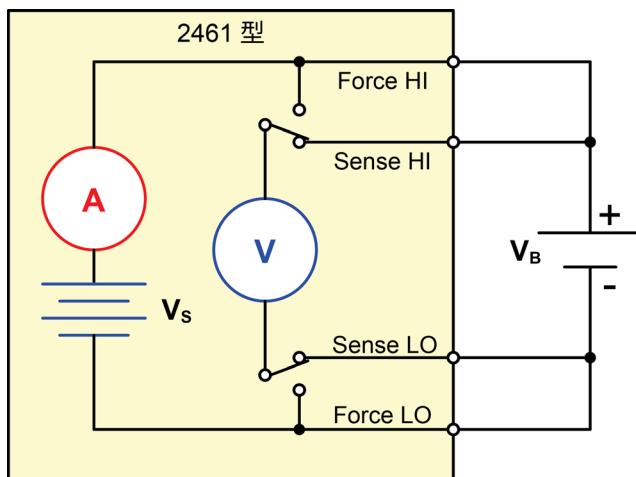
必要な機器

- 2461 型高電流ソースメータ (SMU) (1 台)
- 前面パネル接続の場合、ケースレーの 8608 型安全クリップ・リード線セットなどの、4 本の絶縁バナナ・ケーブルを使用します (2461 型には 1 セットが付属しています。もう 1 セットはユーザが用意する必要があります)。
- 後部パネル接続の場合、2460-KIT 型ねじ込み端子コネクタ・キット (2461 型に付属) を使用するか、または 2460-BAN 型バナナ・テスト・リード／アダプタ・ケーブル (デバイスとの適切な接続が必要) を使用できます。
- GPIB、USB、またはイーサネットケーブル (×1。2461 型をコンピュータに接続するため)
- 充電式バッテリ・パック

デバイスの接続

テストをセットアップするには、以下の図に示されているように 2461 型をバッテリに接続します。リード抵抗の影響を取り除くために、機器の端子からバッテリまで 4 線（リモート・センス）で接続します。これにより、機器の端子にできるだけ近い条件でバッテリ電圧を測定できます。

図28：2461 型を使用したバッテリ・アプリケーションの回路図



⚠️ 警告

感電を防ぐためにもテスト接続は、導体や導体に触れているあらゆる被測定デバイス (DUT) に、ユーザが触れないように設定してください。DUT を接続する前に電源を遮断するのが賢明です。導体との接触を防ぎ、安全な設置には適切な遮蔽版、障壁、接地が必要となります。

保安接地（安全設置）と 2461 型の LO 端子との内部接続はありません。そのため、LO 端子に危険なレベルの電圧 ($30V_{RMS}$ 以上) が発生する危険性があります。これは、機器が操作されるどのモードでも発生する可能性があります。危険電圧が LO 端子で発生しないようにするには、ご使用のアプリケーションで許可されている場合、LO 端子を保安接地に接続します。LO 端子は前面パネルのシャーシ接地端子または後部パネルのシャーシ接地ネジに接続することができます。前面パネルの端子と後部パネルの端子が分離されていることに注意してください。そのため、前面パネルの端子を使用している場合には、前面パネルの LO 端子に接地します。後部パネルの端子を使用している場合には、後部パネルの LO 端子に接地します。これらのガイドラインに従わないと、怪我や死亡事故、あるいは機器の損傷につながる恐れがあります。

2461 型との接続には、機器の後部パネルまたは前面パネルのいずれかを使用できます。

2461 型の FORCE HI および SENSE HI 出力端子をバッテリのプラス (+) 端子に接続します。SENSE LO および FORCE LO 出力をバッテリのマイナス (-) 端子に接続します。

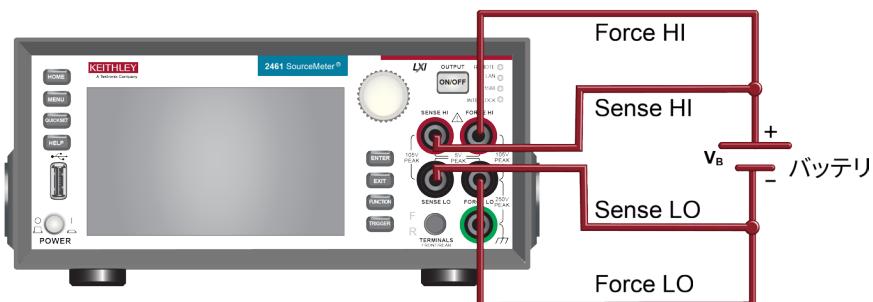
2461 型の出力がオフになっている場合、高インピーダンス (High-Z) 出力オフになっていることを確認します。高インピーダンス出力オフ状態が選択されている場合、出力がオフになると出力リレーが開きます。これにより、出力がオフになっているときに、バッテリが消耗してしまうのを防ぐことができます。

出力オフ状態を高インピーダンスに設定するには、以下の手順に従います。

1. **MENU** (メニュー) キーを押します。
2. **Source** (ソース) 列で、**Settings** (設定) を選択します。
3. **Output Off** (出力オフ) を **High Impedance** (高インピーダンス) に設定します。
4. **HOME** キーを押して、Home 画面に戻ります。

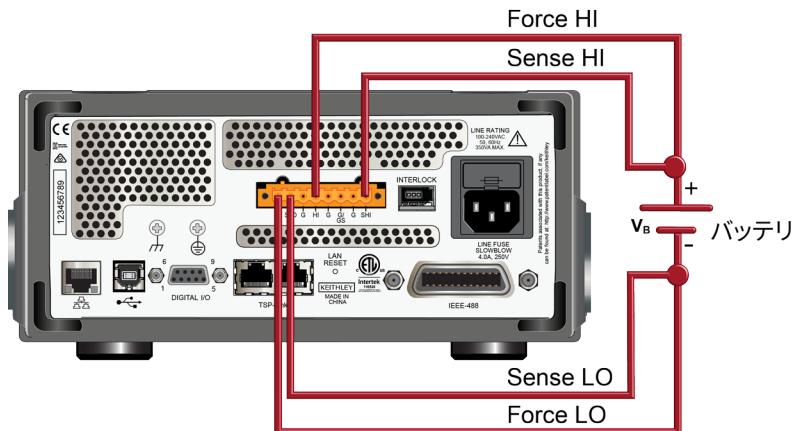
以下の図は前面パネルの接続を示しています。これらの接続は、ケースレーの 8608 型安全クリップ・リード線セットを 2 セットなど、最大電流 (10A) に対応した定格を持つ、4 本の絶縁バナケーブルを使用して行うことができます。

図29：バッテリ放電／充電アプリケーション用での前面パネルの接続



以下の図は後部パネルの接続を示しています。これらの接続には、2460-KIT型ねじ込み端子コネクタ・キット(2461型に付属)を使用するか、または2460-BAN型バナナ・テスト・リード／アダプタ・ケーブルを使用して適切な配線を行います。

図30：バッテリ放電／充電アプリケーション用での後部パネルの接続



バッテリの充放電サイクルの自動テスト

バッテリ充電および放電サイクルには数時間かかることがあるため、テストを自動化することは重要です。この例では、2461型でSCPIコマンドまたはTSPコマンドを使用して、自動的にバッテリ放電テストを実行する方法について説明します。

このアプリケーションでは、以下のことを行います。

- 機器をリセットします。
- 測定を4線コンフィグレーションに設定します。
- 電圧を印加して電流を測定するように機器を設定します。
- 高インピーダンス出力オフ・モードを選択します。これにより、2461型の出力がオフのときに、出力リレーが表示されます。このモードの選択は、バッテリを出力に接続する前にあります。これにより、出力がオフの状態でバッテリーを機器に接続したときに、バッテリーが消耗するのを防止されます。
- 電流リミットを、バッテリを充電または放電する電流レベルに設定します。これはテストの負荷電流です。2461型は電圧を印加していますが、所望の電圧に達するまでは電流制限状態にあるため、定電流モードで動作します。
- ソース・リードバックをオンにして、2461型が充電または放電している間に、バッテリー電圧を測定できるようにします。
- 負荷電流、ソース・リード・バック電圧、および相対タイムスタンプを読み取ります。
- バッテリ電圧が指定した電圧レベルに達するまで電圧をモニタし、テストを停止します。

バッテリを充電する場合は、バッテリの電圧定格に等しい電圧が出力されるように、2461 型をプログラムします。例えば、10V バッテリを充電するには、2461 型をソース 10V に設定します。バッテリが完全に充電されると、電流はゼロまたはゼロ近くまで減少します（バッテリ充電が完了）。

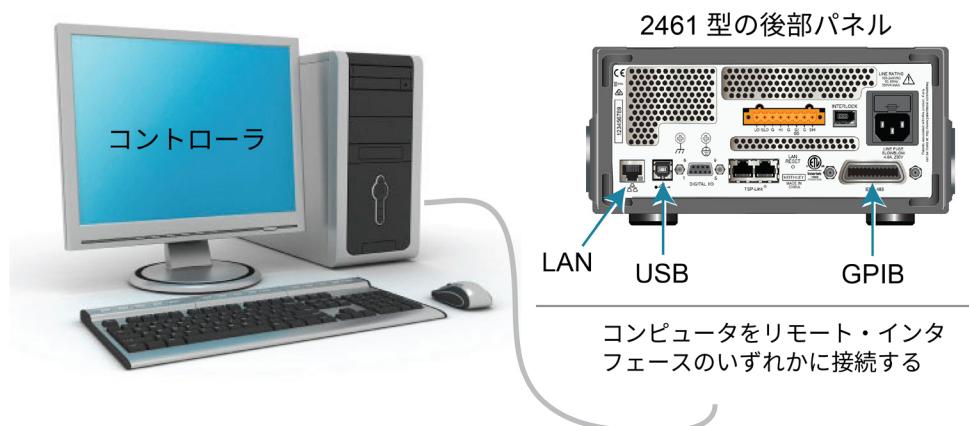
バッテリを放電する場合は、2461 型をプログラムして、バッテリ電圧よりも低いレベルの電圧を出力し、出力オフ状態を高インピーダンスに設定します。このコンフィグレーションでは、2461 型はシンクとして作動し、バッテリを放電します。電流はバッテリから 2461 型の HI 端子に流れ、結果として電流の測定値は負の値になります。バッテリが放電されると、電流は一定になります。

リモート通信のセットアップ

このアプリケーションは、リモートで実行されるように構成されます。このアプリケーションは、機器でサポートされている通信インターフェース (GPIB、USB、またはイーサネット) から実行できます。

次の図は、リモート通信インターフェース用の後部パネル・コネクタの場所を示しています

図31：2461 型のリモート・インターフェース接続



SCPI コマンドを使用したバッテリ・アプリケーションのセットアップ

この例の SCPI コードは、完全に充電された状態の 1.2V (2500mAh) のバッテリを 0.9V まで放電するように設定されます。2461 型は、電圧を印加して、電流を測定するように構成されます。具体的には、電圧ソースは 0.9V、ソース制限は 2.5A に設定されます。電圧、電流、および相対タイムスタンプの値が返されます測定は、電圧が設定レベルに達するまで行われます。

注

テストするバッテリに合わせて、電流および電圧のレベルを変更しなければならない場合があります。

以下のコード例では、一部のコードに「疑似コード」というラベルが付けられていることに注意してください。 疑似コードの行で使用するコードは、使用するプログラミング環境によって変化します。

SMU コマンドまたは疑似コード	コマンド	概要
SMU コマンド	<pre>OUTP:SMOD HIMP SENS:CURR:RSEN ON SOUR:FUNC VOLT SOUR:VOLT 0.9 ROUT:TERM REAR SOUR:VOLT:READ:BACK ON SOUR:VOLT:RANG 2 SOUR:VOLT:ILIM 2.5 SENS:FUNC "CURR" SENS:CURR:RANG 4 OUTP ON</pre>	<ul style="list-style-type: none"> 高インピーダンス出力モードをオンにします。 4線センス・モードに設定します。 ソース電圧に設定します。 ソース・レベルを 0.9V に設定します。 後部パネルの接続を選択します。 ソース・リードバックをオンにします。 ソース・レンジを 2V に設定します。 ソース・リミットを 2.5A に設定します。 電流を測定するように設定します。 電流レンジを 4A に設定します。 出力をオンにします。
疑似コード	<pre>iteration = 1 voltLimit = 0.9001 current = [] voltage = [] seconds = [] hours = [] while true do:</pre>	<ul style="list-style-type: none"> iteration という変数を作成し、1 に初期化します。 voltLimit という変数を作成し、0.9001 に初期化します。 電流測定用に空の配列を作成します。 電圧測定用に空の配列を作成します。 時間値用に空の配列を作成します。 while ループを開始します。
SMU コマンド	<pre>current[iteration] = READ? "defbuffer1" voltage[iteration] = TRAC:DATA? iteration, iteration, "defbuffer1", SOUR seconds[iteration] = TRAC:DATA? iteration, iteration, "defbuffer1", REL</pre>	<ul style="list-style-type: none"> 電流測定値を配列 current の末尾に追加します。 電圧測定値を配列 voltage の末尾に追加します。 時間測定値を配列 seconds の末尾に追加します。
疑似コード	<pre>hours[iteration] = seconds[iteration]/3600 print(voltage[iteration], current[iteration], hours[iteration]) if voltage[iteration] <= voltLimit then: break end if iteration = iteration + 1 delay(10) end while</pre>	<ul style="list-style-type: none"> 各反復にかかった時間を計算します。 測定された値を表示します。 この反復の電圧測定値を電圧リミットと比較します。測定された値がリミット以下の場合、ループから抜け出します。 if 文を終了します。 反復カウントを 1 つずつインクリメントします。 10 秒間遅延します。 while ループを終了します。
SMU コマンド	OUTP OFF	<ul style="list-style-type: none"> 出力をオフにします。

TSP コマンドを使用したバッテリ・アプリケーションのセットアップ

以下の TSP コードは、Keithley Instruments Test Script Builder (TSB) から実行するように設計されています。TSB はケースレーのサイト (jp.tek.com/keithley) からダウンロードしてお使いいただけます。ソフトウェア・ツールです。TSP 対応の機器用にコードを作成したり、スクリプトを開発したりする場合に、TSB をインストールして使用できます。TSB の使用方法についての情報は、TSB のオンライン・ヘルプおよび『Model 2461 Reference Manual』の「Introduction to TSP operation」セクションに記載されています。

他のプログラミング環境を使用するには、サンプルの TSP コードに変更を加えなければならない場合があります。

デフォルトでは、2461 型では SCPI コマンド・セットが使用されます。TSP コマンドを機器に送信する前に、TSP コマンド・セットを選択する必要があります。

TSP コマンドを有効にするには、以下の手順に従います。

1. **MENU** (メニュー) キーを押します。
2. **System** (システム) で **Settings** (設定) を選択します。
3. **Command Set** (コマンド・セット) を **TSP** に設定します。
4. 再起動の確認画面が表示されたら、**Yes** (はい) を選択します。

この例の TSP コードは、2461 型をソース電圧機能および電流測定モードに設定します。完全に充電された 1.2V のバッテリを放電するために、電圧ソースは 0.9V、ソース制限は 2.5A に設定されます。電圧、電流、および相対タイムスタンプの値が返されます測定は、電圧が設定レベルに達するまで行われます。テスト中、これらの測定値は画面下部の USER スワイプ画面に表示されます。例については、[「バッテリ・アプリケーション・テストの結果」](#) (6-12ページ) を参照してください。

注

テストするバッテリに合わせて、電流および電圧のレベルを変更しなければならない場合があります。

このアプリケーションは、1C の放電電流率を参照します。放電電流は、さまざまなバッテリ容量を標準化できる、C レートとして表すことができます。C レートは、バッテリが放電される割合を示す尺度であり、バッテリの最大容量が基準となります。1C は、放電電流によって 1 時間でバッテリ全体が放電されることを意味します。

また、この例の TSP コードでは、2461 型の前面パネルに接続された USB フラッシュ・ドライブに、すべての電流、電圧、および時間の測定値が保存されます。

注

バッテリーを出力端子に接続する前に、次のタスクを完了して、2461 型でのテストに備えます。

機器をリセットします。

1. **MENU** (メニュー) キーを押します。
2. **System** (システム) で **Info/Manage** (情報／管理) を選択します。
3. **System Reset > OK** (システム・リセット > OK) を選択します。

出力オフ状態を高インピーダンスに設定するには、以下の手順に従います。

1. **MENU** (メニュー) キーを押します。
2. **Source** (ソース) で **Settings** (設定) を選択します。
3. **Output Off State** (出力オフ状態) の横のボタンを選択し、**High Impedance** (高インピーダンス) を選択します。この出力オフ状態では、出力がオフになると出力リレーが開くため、バッテリーの消耗を防ぎます。

このアプリケーション例では、以下の TSP コマンドを送信します。

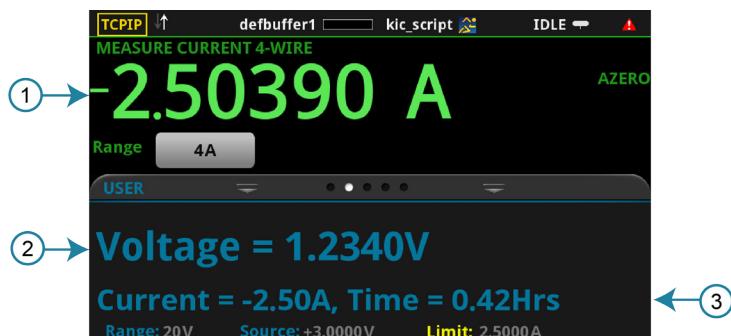
```
-- このコードは、2.5A (1C) の放電電流で 2500mAH 1.2V バッテリを
-- 0.9V に放電する
-- このコードを使用する前に、前面パネルから機器をリセットし、
-- 2461型の出力オフ状態を高インピーダンス (High-Z)
-- に設定する。また、前面パネルの USB ポートに USB フラッシュ・ドライブを挿入し、
-- 読み値を保存できるようにする

-- バッファをクリアする
defbuffer1.clear()
-- 測定設定
smu.measure.func = smu.FUNC_DC_CURRENT
smu.measure.range = 2.5
smu.measure.sense = smu.SENSE_4WIRE
-- ソース設定
smu.source.func = smu.FUNC_DC_VOLTAGE
smu.source.offmode = smu.OFFMODE_HIGHZ
smu.source.level = 0.9
smu.terminals = smu.TERMINALS_REAR
smu.source.range = 0.9
smu.source.readback = smu.ON
smu.source.ilimit.level = 2.5
-- バッテリーが放電を停止する電圧限度を設定する
-- 反復する回数を格納する変数を設定する
voltLimit = 0.9001
iteration = 1
-- ソース出力をオンにする
smu.source.output = smu.ON
-- ディスプレイを USER スワイプ画面に変更する
display.changescreen(display.SCREEN_USER_SWIPE)
```

```
-- 測定された電圧が電圧制限に等しくなるまで、
-- while ループで読み取りを続ける
while true do
    -- 読み取りを行い、電流、電圧、および相対タイムスタンプを取得する
    curr = smu.measure.read(defbuffer1)
    volt = defbuffer1.sourcevalues[iteration]
    time = defbuffer1.relativetimesamps[iteration]
    hours = time/3600
    -- 測定された電圧を電圧制限と比較する
    -- ループが制限に達したら、ループを終了する
    if volt <= voltLimit then
        break
    end
-- 完了したサイクル数、電圧、および反復の時間を
-- 表示する。前面パネルに情報を表示する
print("Completed Cycles: ", iteration, "Voltage: ", volt, "Time: ", time)
display.settext(display.TEXT1, string.format("Voltage = %.4fV", volt))
display.settext(display.TEXT2, string.format("Current = %.2fA, Time = %.2fHrs",
    curr, hours))
-- 反復回数をインクリメントし、10 秒待機する
iteration = iteration + 1
delay(10)
end
-- 電圧制限に達したら、出力をオフにする
smu.source.output = smu.OFF
-- 測定データを USB フラッシュ・ドライブに保存する
FileNumber = file.open("/usb1/TestData.csv", file.MODE_WRITE)
file.write(FileNumber, "Current,Voltage,Seconds\n")
-- 測定値を 4 列フォーマットで表示する
print("$Iteration:$Current:$Voltage:$Time:$")
for i = 1, defbuffer1.n do
    print(i, defbuffer1[i], defbuffer1.sourcevalues[i],
        defbuffer1.relativetimesamps[i])
    file.write(FileNumber, string.format("%g,%g, %g\n", defbuffer1.readings[i],
        defbuffer1.sourcevalues[i], defbuffer1.relativetimesamps[i]))
end
-- .csv ファイルを閉じる
file.close(FileNumber)
```

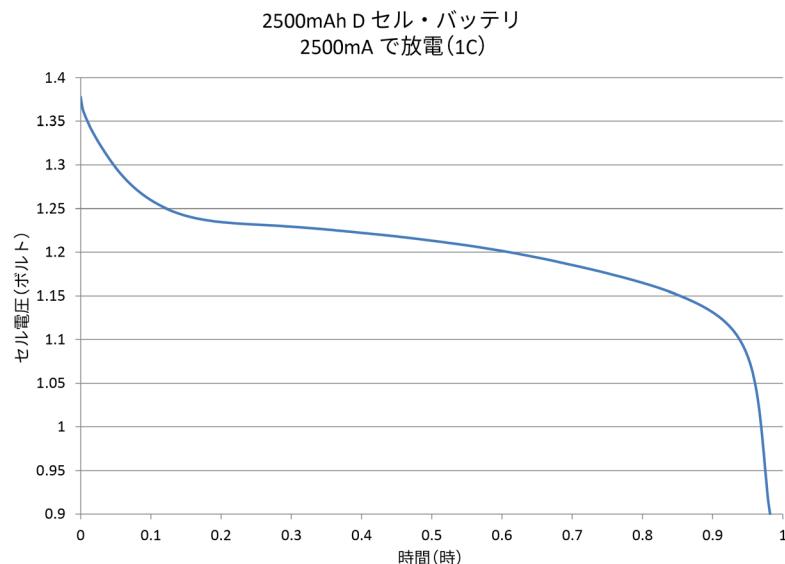
バッテリ・アプリケーションのテスト結果

図32：テスト結果を表示する 2461 型の USER スワイプ画面



1	測定された負荷電流
2	測定されたバッテリ電圧
3	ソース値とテストの経過時間

図33：バッテリ放電テストの結果



セクション 7

KickStart を使用した LED での I-V 掃引の生成

このセクションの内容：

はじめに	7-1
必要な機器およびソフトウェア	7-1
リモート通信のセットアップ	7-2
デバイスの接続	7-2
KickStart を使用した I-V 掃引の生成	7-4

はじめに

このアプリケーション例では、Keithley KickStart Startup ソフトウェアと 2461 型を使用して、高輝度 LED に対して電流-電圧掃引を生成する方法について説明します。KickStart ソフトウェアを使用することにより、コードを記述することなく、すばやく機器をセットアップして、テストを実施できます。KickStart によって生成されたデータは、グラフ上にプロットすることも、あるいはテーブルに表示することもできます。測定結果は、.csv フォーマットのファイルにも保存できます。

この例では、KickStart ソフトウェアを使用して、電圧掃引を生成し、高輝度 LED の電流を測定するように 2461 型を構成します。さらに、テストを実行して、KickStart でデータをグラフ化します。

必要な機器およびソフトウェア

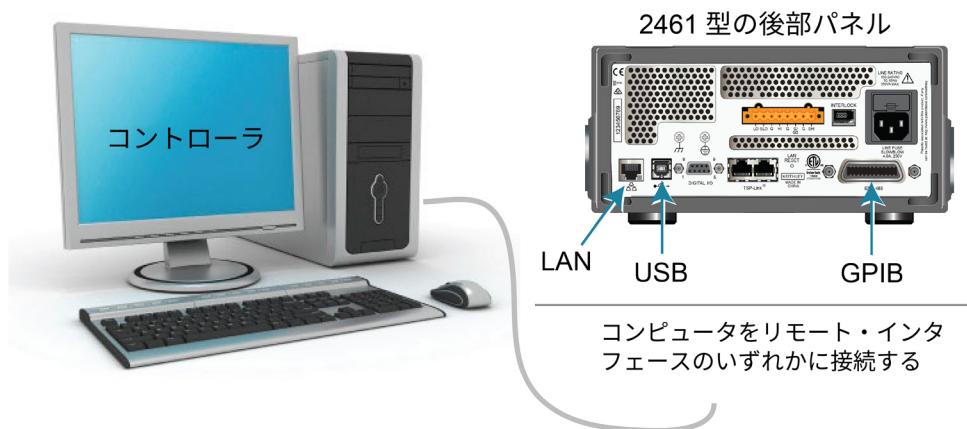
- 2461 型高電流ソースメータ (SMU) (1 台)
- Keithley KickStart Startup ソフトウェア・バージョン 2.1 以降がコンピュータにインストール済みであること。KickStart ソフトウェアは[ケースレーのサポート Web サイト](http://jp.tek.com/support) (jp.tek.com/support からダウンロード可能)
- 前面パネル接続の場合、ケースレーの 8608 型安全クリップ・リード線セットなどの、4 本の絶縁バナナ・ケーブルを使用します (2461 型には 1 セットが付属しています。もう 1 セットはユーザが用意する必要があります)。
- 後部パネル接続の場合、2460-KIT 型ねじ込み端子コネクタ・キット (2461 型に付属) を使用するか、または 2460-BAN 型バナナ・テスト・リード／アダプタ・ケーブル (デバイスとの適切な接続が必要) を使用できます。
- GPIB、USB、またはイーサネットケーブル (×1。2461 型をコンピュータに接続するため)
- 高輝度 LED (×1)

リモート通信のセットアップ

このアプリケーションは、リモートで実行されるように構成されます。このアプリケーションは、機器でサポートされている通信インターフェース (GPIB、USB、またはイーサネット) から実行できます。

次の図は、リモート通信インターフェース用の後部パネル・コネクタの場所を示しています

図34：2461 型のリモート・インターフェース接続



デバイスの接続

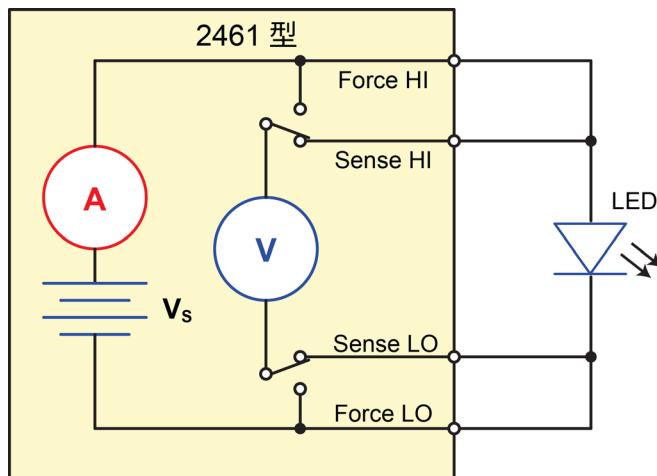
テスト・リードの抵抗の影響を取り除くことにより、最良の測定精度が得られるように、4 線センス方式を使用して、2461 型を被測定デバイス (DUT) に接続します。

4 線センス接続法を使用するには、以下の手順に従います。

- FORCE HI および SENSE HI リードを LED の陽極端子に接続します。
- FORCE LO および SENSE LO リードを LED の陽極端子に接続します。
- 測定結果からテスト・リードの抵抗を除外するために、DUT にできる限り近づけて接続します。

次の図は、高輝度 LED のテストの回路図を示します。

図35：2461 型での LED との 4 線接続（後部パネル）



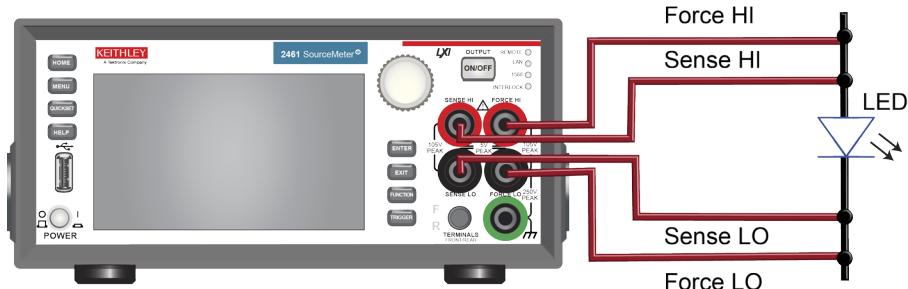
前面パネルおよび後部パネルの接続を以下の図に示します。前面パネルの端子または後部パネルの端子は、いずれか一方しか使用できないことに注意してください。混在させることはできません。

以下の図は前面パネル接続を示しています。これらの接続は、ケースレーの 8608 型安全クリップ・リード線セットを 2 セットなど、最大電流 (10A) に対応した定格を持つ、4 本の絶縁バナナ ケーブルを使用して行うことができます。

注

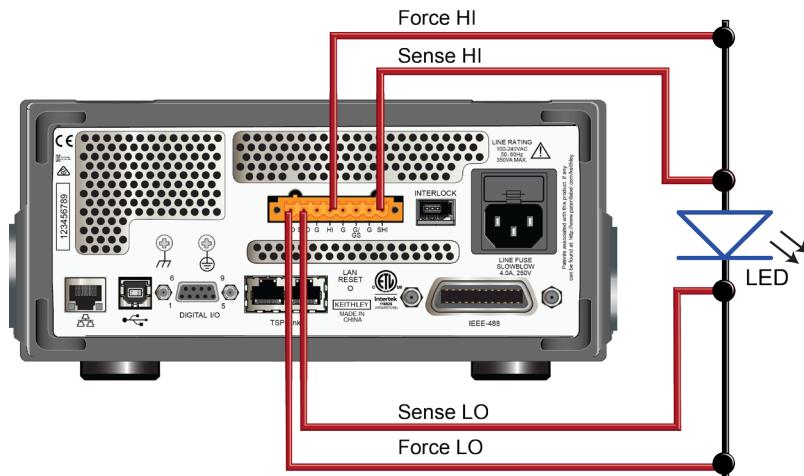
2461 型に接続を行う前に、機器の電源をオフにしてください。

図36：2461 型での LED との 4 線接続（前面パネル）



以下の図は後部パネルの接続を示しています。これらの接続には、2460-KIT 型ねじ込み端子コネクタ・キット (2461 型に付属) を使用するか、または 2460-BAN 型バナナ・テスト・リード／アダプタ・ケーブルを使用して適切な配線を行います。

図37：2461 型での LED との 4 線接続（後部パネル）



KickStart を使用した I-V 掃引の生成

このアプリケーション例では、Keithley KickStart Startup ソフトウェアを使用して、高輝度 LED に対して電流-電圧掃引を生成します。

このアプリケーション例では、次の手順に従います。

- KickStart ソフトウェアを起動する
- 新しいテスト・プロジェクトを作成する
- 機器を選択する
- テスト・タイプを選択する
- テスト・パラメータを設定する
- グラフ画面を設定し、表示する
- テストを実行する
- テスト・データを表示し、保存する

KickStart ソフトウェアを使用するように 2461 型を構成する

KickStart ソフトウェアを使用する前に、Test Script Processor (TSP®) コマンド・セットを使用するように 2461 型を設定する必要があります。デフォルトでは、2461 型では SCPI コマンド・セットが使用されます。KickStart を使用する前に、TSP コマンドを選択する必要があります。

TSP コマンドを有効にするには、以下の手順に従います。

1. **MENU** (メニュー) キーを押します。
2. System (システム) で **Settings** (設定) を選択します。
3. Command Set (コマンド・セット) を **TSP** に設定します。
4. 再起動の確認画面が表示されたら、**Yes** (はい) を選択します。

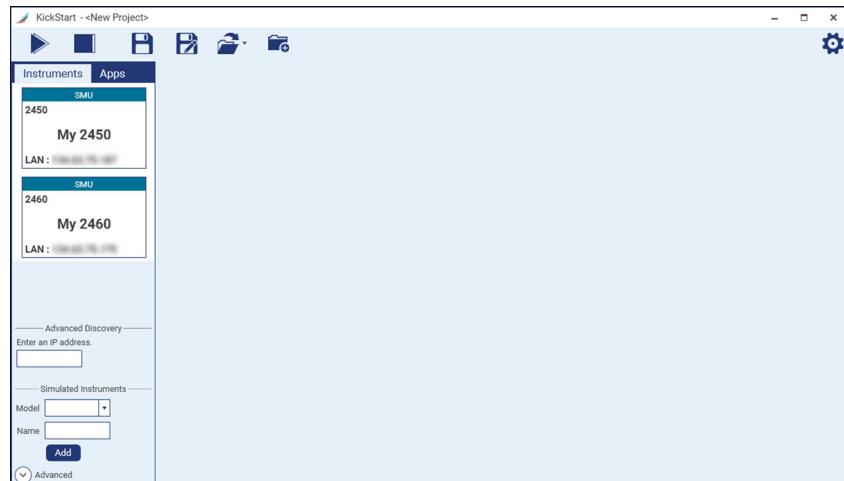
KickStart の起動とテストのセットアップ

KickStart ソフトウェアを起動する準備ができました。

新しいテスト・プロジェクトを作成するには、以下の手順を実行します。

1. KickStart ソフトウェアを起動します。下図に示すように、KickStart が表示されます。KickStart は、接続された機器を自動的に検出します。

図38：KickStart Startup ソフトウェアの Start Page



2. Instruments (機器) パネルで 2461 型を選択します。
3. Start Page で、New KickStart Test (新規 KickStart テスト) をクリックします。Save As (名前を付けて保存) ダイアログ・ボックスが表示されます。
4. Save Project (プロジェクトの保存) を選択します。
5. 保存場所を選択するか、またはデフォルトの場所を使用します。
6. テストの名前を入力し、Save (保存) をクリックします。テストは、テスト・プロジェクトの名前のフォルダに、.ksp ファイルとして保存されます。
7. Instruments (機器) パネルで 2461 型をダブルクリックします。Select an App (アプリケーションの選択) ダイアログ・ボックスが表示されます。
8. IV Characterizer アプリを選択し、OK を選択します。設定画面が表示されます。
9. 以下の表に示された値を使用して、このアプリケーションのソースおよび測定パラメータを指定します (実際のアプリケーションに合わせて、これらの値は変更できます)。

Source (ソース) 設定

パラメータ	値
Source Mode	Voltage Sweep
Sweep Type	Linear
Start Voltage	2
Stop Voltage	3.7
Step Voltage	0.05
# Of Steps	Step Voltage の設定に基いて値が自動的に入力されます。この例では、値は 35 になっています。
Current Limit	7
Delay Seconds	0.01

Measure (測定) 設定

パラメータ	値
Current Measure	Enabled、Auto Range
Voltage Measure	Enabled、Programmed Value

10. Measure Settings 列の下の部分で、Advanced Configuration (拡張設定) の隣のボタンを選択して、以下の表に示されたパラメータを設定します。

Advanced (拡張) 設定

パラメータ	値
Input Terminals	Rear
Sensing Mode	4-Wire
Output OFF State	Normal
High Capacitance	Off

これでテストを実行する準備が整いました。

テストの実行とグラフの表示

テストを実行するには、画面右下隅の実行アイコンを選択します。I-V 掃引が自動的に生成され、グラフ画面に測定結果がリアルタイムで表示されます。テストの進行状況に合わせて、グラフ上のデータのスケールが自動的に調整されます。

次の図に、このテスト・アプリケーション例の実行結果を示します。

図39：高輝度 LED での I-V 掃引の実行結果



グラフを .png ファイルとして保存するには、画面上部のリボンの Export Data/Graph 領域にある **Graph Image** (グラフ・イメージ) をクリックします。

テスト・データの表形式での表示と保存

Table (テーブル) タブを選択することにより、テスト結果を表形式で表示することもできます。次の図に、Table タブに表示されたテスト結果を示します。

図40 : KickStart の Table タブに表示されたテスト・データ

IV Characterizer-1			
	SMU-1		
	Time (s)	Voltage (V)	Current (A)
11	305.547e-3	2.50000	281.433e-3
12	335.641e-3	2.55000	289.345e-3
13	365.733e-3	2.60000	297.843e-3
14	395.852e-3	2.65000	307.399e-3
15	425.931e-3	2.70000	319.114e-3
16	456.022e-3	2.75000	335.019e-3
17	486.152e-3	2.80000	358.130e-3
18	516.249e-3	2.85000	392.470e-3
19	546.354e-3	2.90000	443.018e-3
20	576.472e-3	2.95000	513.734e-3
21	606.571e-3	3.00000	607.941e-3
22	636.657e-3	3.05000	727.840e-3
23	732.668e-3	3.10000	880.684e-3
24	762.807e-3	3.15000	1.05620
25	792.916e-3	3.20000	1.26342
26	823.015e-3	3.25000	1.50420
27	853.117e-3	3.30000	1.77856
28	883.193e-3	3.35000	2.08752
29	913.295e-3	3.40000	2.43361
30	943.392e-3	3.45000	2.81514
31	973.469e-3	3.50000	3.23370
32	1.003572	3.55000	3.69118
33	1.033664	3.60000	4.18495
34	1.063754	3.65000	4.71651
35	1.093893	3.70000	5.28512
Min	0.000000	2.00000	208.100e-3
Max	1.093893	3.70000	5.28512
Mean	540.359e-3	2.85000	1.20605
StdDev	336.559e-3	512.348e-3	1.44271

テスト・データを.csv または.xlsx ファイルとしてエクスポートするには、Graph 画面の下のエクスポート・アイコンを選択します。

セクション 8

ソーラー・パネルの I-V 特性の測定

このセクションの内容：

はじめに	8-1
必要な機器	8-1
リモート通信のセットアップ	8-2
デバイスの接続	8-2
ソーラー・パネルの特性評価	8-4

はじめに

このアプリケーションの例では、2461 型高電流ソースメータを使用して、ソーラー・パネルの I-V 特性を測定する方法について説明します。

2461 型によって測定された I-V 特性から、以下を含むソーラー・パネルに関する重要なパラメータを特定することができます。

- 最大電流 (I_{MAX}) および最大電圧 (V_{MAX})
- 最大電力 (P_{MAX})
- 開回路電圧 (V_{OC})
- 短絡電流 (I_{SC})

2461 型は 4 象限ソース機能を備えているため、印加電圧の関数として最大 7A のセル電流をシンクできます。

必要な機器

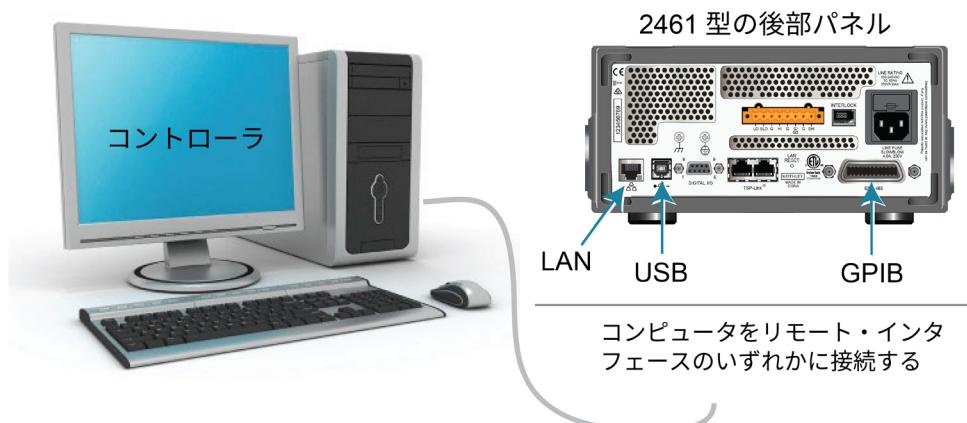
- 2461 型高電流ソースメータ (SMU) (1 台)
- 前面パネル接続の場合、ケースレーの 8608 型安全クリップ・リード線セットなどの、4 本の絶縁バナナ・ケーブルを使用します (2461 型には 1 セットが付属しています。もう 1 セットはユーザが用意する必要があります)。
- 後部パネル接続の場合、2460-KIT 型ねじ込み端子コネクタ・キット (2461 型に付属) を使用するか、または 2460-BAN 型バナナ・テスト・リード／アダプタ・ケーブル (デバイスとの適切な接続が必要) を使用できます。
- ソーラー・パネル (×1)

リモート通信のセットアップ

このアプリケーションは、前面パネルから、あるいは機器でサポートされている通信インターフェース (GPIB、USB、またはイーサネット) から実行できます。

次の図は、リモート通信インターフェース用の後部パネル・コネクタの場所を示していますリモート通信のセットアップについての詳細は、[「リモート通信インターフェース」](#) (3-1ページ) を参照してください。

図41：2461 型のリモート・インターフェース接続



デバイスの接続

測定精度を高めると同時に、リード抵抗による測定への影響を取り除くために、4 線コンフィグレーションを使用して、2461 型とソーラー・パネルを接続します。

4 線接続法を使用するには、以下の手順に従います。

- FORCE LO および SENSE LO リードを陰極端子に接続します。
- FORCE HI および SENSE HI リードを陽極端子に接続します。
- 測定にテスト・リードの抵抗が含まれないようにするために、ソーラー・パネルにできる限り近づけて接続します。

このアプリケーションでは、前面パネル端子または後部パネル端子のいずれかを使用できます。

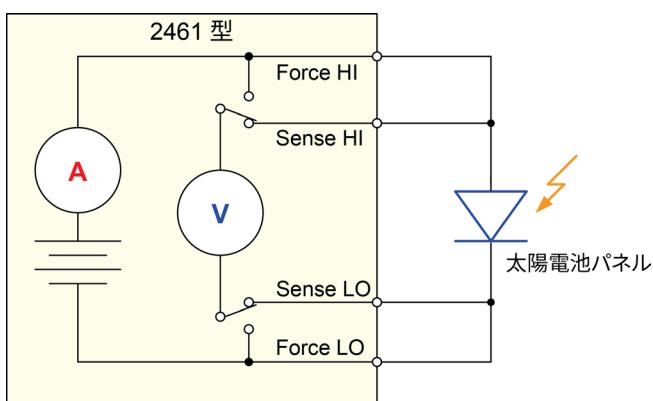
⚠ 警告

危険電圧はすべての出力およびガード端子に存在する可能性があります。ケガまたは死亡事故につながる可能性がある感電事後を防止するために、出力がオンになっている間は、2461 型を接続したり、切断したりしないでください。

感電を防ぐためにもテスト接続は、導体や導体に触れているあらゆる被測定デバイス (DUT) に、ユーザが触れないように設定してください。DUT を接続する前に電源を遮断するのが賢明です。導体との接触を防ぎ、安全な設置には適切な遮蔽版、障壁、接地が必要となります。

次の図は、アプリケーションの回路図を示しています。

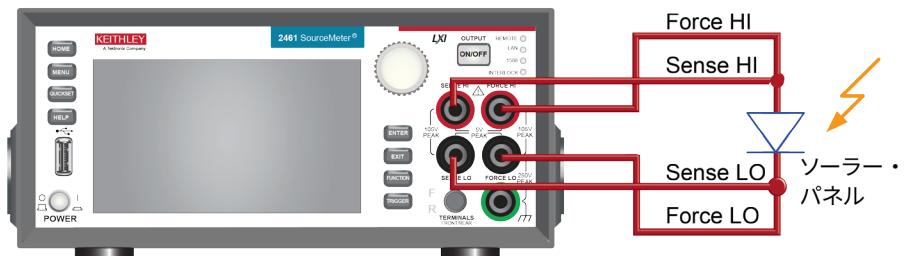
図42：ソーラー・パネルへの 2461 型の接続



前面パネルおよび後部パネルの接続を以下の図に示します。前面パネルの端子または後部パネルの端子は、いずれか一方しか使用できることに注意してください。混在させることはできません。

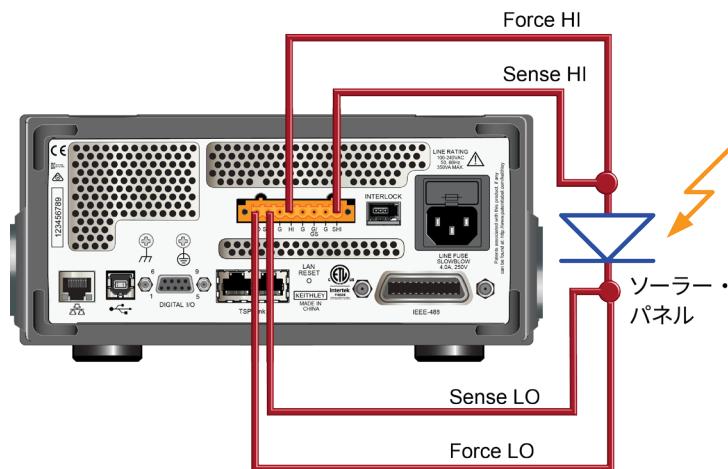
以下の図は前面パネル接続を示しています。これらの接続は、ケースレーの 8608 型安全クリップ・リード線セットを 2 セットなど、最大電流 (10A) に対応した定格を持つ、4 本の絶縁バナナ ケーブルを使用して行うことができます。

図43：2461 型の前面パネルへの 4 線接続



以下の図は後部パネルの接続を示しています。これらの接続には、2460-KIT 型ねじ込み端子コネクタ・キット (2461 型に付属) を使用するか、または 2460-BAN 型バナナ・テスト・リード／アダプタ・ケーブルを使用して適切な配線を行います。

図44：2461 型の後部パネルへの 4 線接続



ソーラー・パネルの特性評価

このアプリケーションでは、2461 型を使用して、ソーラー・パネルの特性を測定する方法を示します。サンプルでは、前面パネル、リモート・インターフェースによる SCPI コード、およびリモートインターフェースによる TSP コードの使用方法を示します。

このテストでは、以下のことを行います。

- 機器をリセットします。
- 電圧ソース機能と電流測定機能を選択します。
- 電流リミットを設定します。
- 4 線 (リモート・センス) モードを選択します。
- 電圧掃引をセットアップして生成します。
- トリガ・モデルを開始します。これにより、出力がオンになります。
- 測定結果を記録します。
- 電圧掃引が完了したら、出力をオフにします。
- 測定結果を取得します。
- 前面パネルのグラフにデータを表示します。

注

このアプリケーションでは、光源を制御する必要があります。光源がオンの状態でテストを行い、さらにもう一度、光源がオフの状態でテストを行います。

前面パネルからソーラー・パネルの I-V 掃引をセットアップする

これは、0V から 20V まで 115 ステップで電圧を掃引し、結果として発生する電流を測定する I-V テストの例です。さらに、データをグラフ画面に表示することができます。

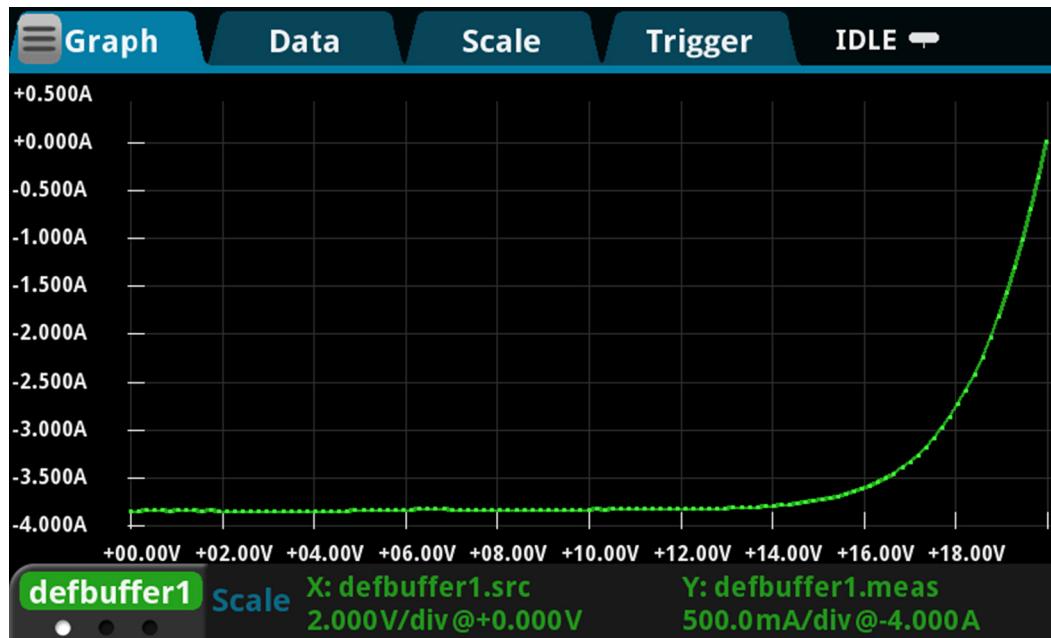
前面パネルからアプリケーションをセットアップするには、以下の手順に従います。

1. 「デバイスの接続」(8-2ページ) で説明されているとおりに、機器と被測定デバイス (DUT) を接続します。
2. 前面パネルの **POWER** (電源) スイッチを押して、電源をオンにします。
3. 機器をリセットします。
 - a. **MENU** (メニュー) キーを押します。
 - b. System (システム) で **Info/Manage** (情報／管理) を選択します。
 - c. **System Reset** (システム・リセット) を選択します。
 - d. **OK** を選択します。
4. **HOME** キーを押します。
5. **FUNCTION** (機能) キーを押します。
6. Source Voltage、Measure で、**Current** (電流) を選択します。
7. **MENU** (メニュー) キーを押します。
8. Measure (測定) で **Settings** (設定) を選択します。
9. Sense (センス) を **4-Wire Sense** (4 線センス) に設定します。警告が表示されます。
10. **OK** を選択して、警告をクリアします。
11. **MENU** (メニュー) キーを押します。
12. Source で、**Sweep** (掃引) を選択します。
13. 開始レベルを **0V** に設定し、**OK** を選択します。
14. 終了レベルを **20V** に設定し、**OK** を選択します。
15. Definition (定義) を **Number of Points** (ポイント数) に設定します。
16. Point (ポイント) **115** に設定し、**OK** を選択します。
17. Source Limit が表示されるまで、SWEEP SETTINGS 画面をスワイプします。
18. Source Limit (ソース・リミット) を **4A** に設定し、**OK** を選択します。
19. Source Delay (ソース遅延) を **Specify Delay** (遅延の指定) に設定します。
20. **50ms** を入力し、**OK** を選択します。
21. **Generate** (生成) を選択します。これにより、掃引のトリガ モデルがセットアップされます。
22. **MENU** (メニュー) キーを押します。
23. Measure (測定) の下で、**Reading Buffers** (読み込みバッファ) を選択します。
24. **defbuffer1** を選択します。
25. **Clear** (クリア) を選択し、**Yes** を選択します。

26. MENU (メニュー) キーを押します。
27. Views (表示) の下で、Graph (グラフ) を選択します。
28. TRIGGER (トリガ) キーを押して、トリガ・モデルを開始します。出力がオンになり、掃引が実行されている間、画面上部に RUN インジケータが表示されます。
29. もう一度トリガ キーを押して、掃引を繰り返します。

次の図は、前面パネルのグラフでのソーラー・パネルの I-V 測定の例を示しています。2461 が電流をシンクしているため、グラフ上の電流が負になることに注意してください。

図45：2461 型の前面パネルでのソーラー・パネル測定の例 h



SCPI コマンドを使用してソーラー・パネルの I-V 掃引をセットアップする

この例の SCPI コマンド・シーケンスは、ソーラー・パネルで I-V 掃引を生成します。ユーザのプログラミング環境で正しくコードが実行されるように、必要な変更を行わなければならない場合があります。

この例では、電圧が 0V から 20V へと 115 段階で掃引されます。その結果として得られるソーラー・パネルの電流が測定されます。電流および電圧の測定はデフォルト バッファ 1 (defbuffer1) に保存されます。

このアプリケーション例では、以下のコマンドを送信します。

コマンド	概要
<pre>*RST SENS:FUNC "CURR" SENS:CURR:RANG:AUTO ON SENS:CURR:RSEN ON SOUR:FUNC VOLT SOUR:VOLT:RANG 20 SOUR:VOLT:ILIM 4 SOUR:SWE:VOLT:LIN 0, 20, 115, 0.05 INIT *WAI TRAC:DATA?1, 115, "defbuffer1", SOUR, READ</pre>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2461 型をリセットします。 ■ 電流を測定するように設定します。 ■ オートレンジを有効にして測定するように設定します。 ■ 4 線センス・モードを使用するように設定します。 ■ ソース電圧に設定します。 ■ 20V のソース・レンジに設定します。 ■ 電流制限を 4A に設定します。 ■ 電圧を 0V から 20V まで 115 段階、遅延 0.05 秒で掃引するように設定します。 ■ 掃引を開始します。 ■ 掃引が完了するまで待機します。 ■ defbuffer1 のソース値および測定値を読み取ります。

TSP コマンドを使用してソーラー・パネルの I-V 掃引をセットアップする

以下の TSP コードは、Keithley Instruments Test Script Builder (TSB) から実行するように設計されています。TSB はケースレーのサイト (jp.tek.com/keithley) からダウンロードしてお使いいただけるソフトウェア・ツールです。TSP 対応の機器用にコードを作成したり、スクリプトを開発したりする場合に、TSB をインストールして使用できます。TSB の使用方法についての情報は、TSB のオンライン・ヘルプおよび『Model 2461 Reference Manual』の「Introduction to TSP operation」セクションに記載されています。

他のプログラミング環境を使用するには、サンプルの TSP コードに変更を加えなければならない場合があります。

デフォルトでは、2461 型では SCPI コマンド・セットが使用されます。TSP コマンドを機器に送信する前に、TSP コマンド・セットを選択する必要があります。

TSP コマンドを有効にするには、以下の手順に従います。

1. **MENU** (メニュー) キーを押します。
2. **System** (システム) で **Settings** (設定) を選択します。
3. **Command Set** (コマンド・セット) を **TSP** に設定します。
4. 再起動の確認画面が表示されたら、**Yes** (はい) を選択します。

この例では、0V から 20V まで 115 段階で電圧を出力する線形電圧掃引を構成します。掃引を行う間、ソーラー・パネルから得られる電流が機器によって測定されます。

このアプリケーション例では、以下のコマンドを送信します。

```
-- 掃引中のポイントの数を定義する
num = 115
-- 機器をリセットし、バッファをクリアする
reset()
-- ソース／測定機能を設定する
smu.measure.func = smu.FUNC_DC_CURRENT
smu.source.func = smu.FUNC_DC_VOLTAGE
-- 測定設定を構成する
smu.terminals = smu.TERMINALS_FRONT
smu.measure.sense = smu.SENSE_4WIRE
smu.measure.autorange = smu.ON
smu.measure.nplc = 1
-- ソース設定を構成する
smu.source.highc = smu.OFF
smu.source.range = 20
smu.source.readback = smu.ON
smu.source.highc = smu.OFF
smu.source.ilimit.level = 4
smu.source.sweplinear("SolarPanel", 0, 20, num, 0.05)
-- トリガ・モデルを開始し、完了するのを待機する
trigger.model.initiate()
waitcomplete()
-- 初期値を定義する
voltage = defbuffer1.sourcevalues
current = defbuffer1
isc = current[1]
mincurr = current[1]
imax = current[1]
voc = voltage[1]
vmax = voltage[1]
pmax = voltage[1]*current[1]
-- 値を計算する
for i = 1, num do
    print(voltage[i],current[i],voltage[i]*current[i])
    if (voltage[i]*current[i] < pmax) then
        pmax = voltage[i]*current[i]
        imax = current[i]
        vmax = voltage[i]
    end
    if math.abs(current[i]) < math.abs(mincurr) then
        voc = voltage[i]
    end
end
pmax = math.abs(pmax)
imax = math.abs(imax)
print("Pmax=",pmax,",Imax=",imax,",Vmax=",vmax,",Isc=",isc,",Voc=",voc)
-- 2461 型の前面パネルで値を表示する
display.changescreen(display.SCREEN_USER_SWIPE)
display.settext(display.TEXT1, string.format("Pmax = %.4fW", pmax))
display.settext(display.TEXT2, string.format("Isc = %.4fA, Voc = %.2fV", isc, voc))
```

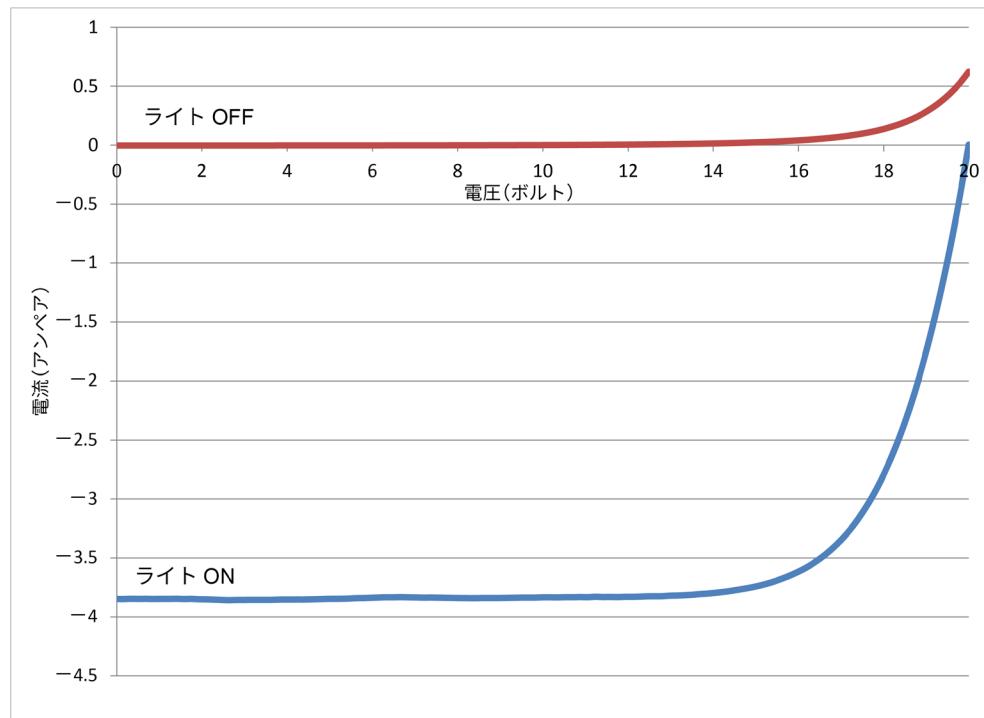
上の例では、`display.changescreen` および `display.settext` コマンドを使用して、USER スワイプ画面にカスタム・テキストを表示するようにプログラムされています。テストが完了したら、下図に示すように、最大電力 (P_{MAX})、短絡電流 (I_{SC})、および開回路電圧 (V_{OC}) が表示されます。

図46：ソーラー・パネル I-V 掃引の結果が表示された USER スワイプ画面



コードが実行されると、Test Script Builder (TSB) の機器コンソールに、5つの値が返されます。また、2461 型の前面パネルには、測定された電流、電圧、および計算された電力を示す値が表示されます。グラフを作成したり、詳細に分析するために、TSB の機器コンソールに表示されたデータをコピーして、Microsoft® Excel®などのスプレッドシートに貼り付けることができます。次の図は、Excel スプレッドシートでグラフ化されたデータを示しています。ソーラー・パネルでのテストは、明るい場所（光源オン）と暗い場所（光源オフ）の両方で実行されていることに注意してください。

図47：光源を使用した場合と、使用しなかった場合の生成された太陽電池の I-V 特性



セクション 9

高輝度 LED のパルス・テスト

このセクションの内容：

はじめに.....	9-1
必要な機器	9-1
リモート通信のセットアップ.....	9-2
デバイスの接続.....	9-2
リモート・インターフェースからの高速、ハイパワー・パ ルス	9-3

はじめに

このサンプル・アプリケーション例では、2461 型ソースメータの拡張レンジに対応したパルス機能を使用して、高輝度 LED (HBLED) I-V 曲線を生成する方法について説明します。自己発熱やデバイスの損傷を避けるためや、パルス化された信号に対する HBLED の応答を観測するために、パルスによる I-V 測定が必要になる場合があります。

パルス・モードのタイミングの制御には、トリガ・モデルが使用されます。本機の設定可能な最小パルス幅は 150 μ s ですが、高電圧または高電流パルスの場合、必要としている最終値に安定させるために、長めのパルス幅が必要な場合があります。2461 型のデジタイズ機能を使用することで、電圧および電流パルスのタイミング精度を検証できます。

必要な機器

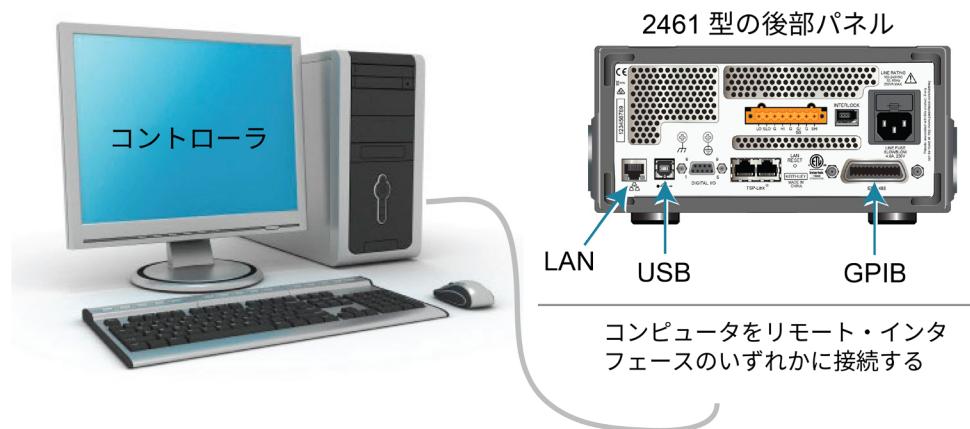
- 2461 型高電流ソースメータ (SMU) (1 台)
- 前面パネル接続の場合、ケースレーの 8608 型安全クリップ・リード線セットなどの、4 本の絶縁バナナ・ケーブルを使用します (2461 型には 1 セットが付属しています。もう 1 セットはユーザが用意する必要があります)。
- 後部パネル接続の場合、2460-KIT 型ねじ込み端子コネクタ・キット (2461 型に付属) を使用するか、または 2460-BAN 型バナナ・テスト・リード／アダプタ・ケーブル (デバイスとの適切な接続が必要) を使用できます。
- GPIB、USB、またはイーサネットケーブル ($\times 1$ 。2461 型をコンピュータに接続するため)

リモート通信のセットアップ

このアプリケーションは、リモートで実行されるように構成されます。このアプリケーションは、機器でサポートされている通信インターフェース (GPIB、USB、またはイーサネット) から実行できます。

次の図は、リモート通信インターフェース用の後部パネル・コネクタの場所を示しています

図48：2461 型のリモート・インターフェース接続



デバイスの接続

テスト・リードの抵抗を取り除くことにより、最良の測定精度が得られるように、4 線センス方式を使用して、2461 型を被測定デバイス (DUT) に接続します。

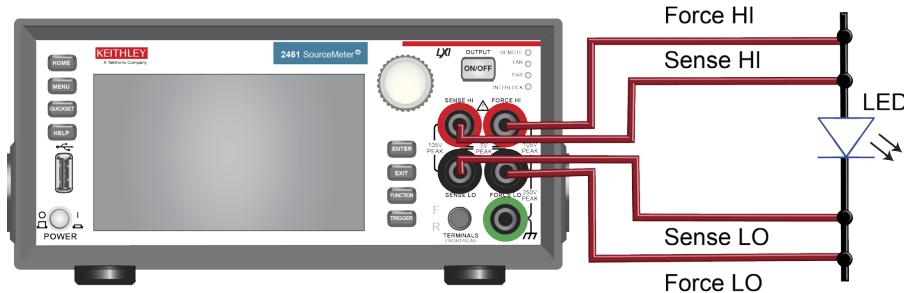
4 線センス接続法を使用するには、以下の手順に従います。

- FORCE HI および SENSE HI リードを DUT の一方の端子に接続します。
- FORCE LO および SENSE LO リードをもう一方の端子に接続します。
- 測定結果からテスト リードの抵抗を除外するために、DUT にできる限り近づけて接続します。

前面パネルおよび後部パネルの接続を以下の図に示します。前面パネルの接続には安全なバナナ・ジャックを使用します。後部パネルの接続はねじ込み端子です。

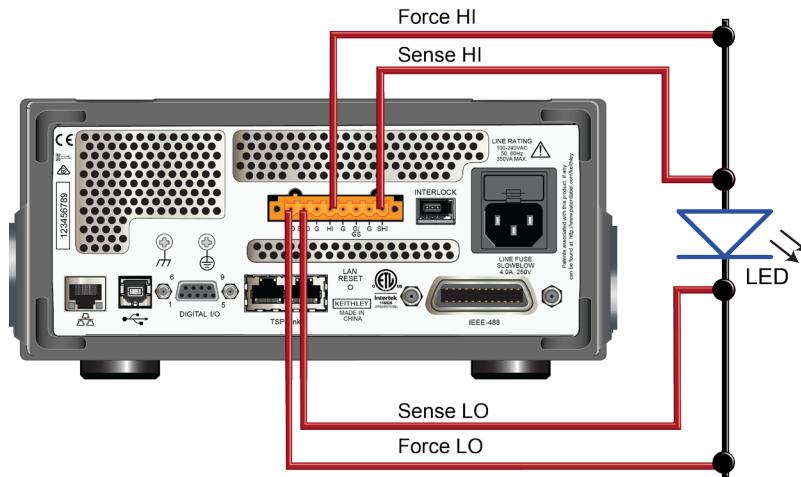
以下の図は前面パネル接続を示しています。4 本の絶縁バナナ ケーブルには、ケースレー8608 型安全クリップ・リード線セットを 2 セット（1 セットは 2461 型に付属）用意するなど、少なくとも最大電流の 10A の定格に対応したケーブルを使用できます。

図49：2461 型の前面パネルへの 4 線接続



以下の図は後部パネルの接続を示しています。これらの接続には、2460-KIT 型ねじ込み端子コネクタ・キット（2461 型に付属）を使用するか、または 2460-BAN 型バナナ・テスト・リード／アダプタ・ケーブルを使用して適切な配線を行います。

図50：2461 型の後部パネルへの 4 線接続



リモート・インターフェースからの高速、ハイパワー・パルス

このアプリケーションでは、Test Script Processor (TSP®) コマンドを使用して高電流パルス列を生成するように、2461 型がリモート・インターフェースから設定されます。各パルスの期間に電圧測定値が取得されます。

正確なタイミング制御が確実に行われるよう、パルス・パラメータを指定し、電流ソースおよび電圧測定を設定し、さらにトリガ・モデルをセットアップして、パルスおよび測定のタイミングを制御します。

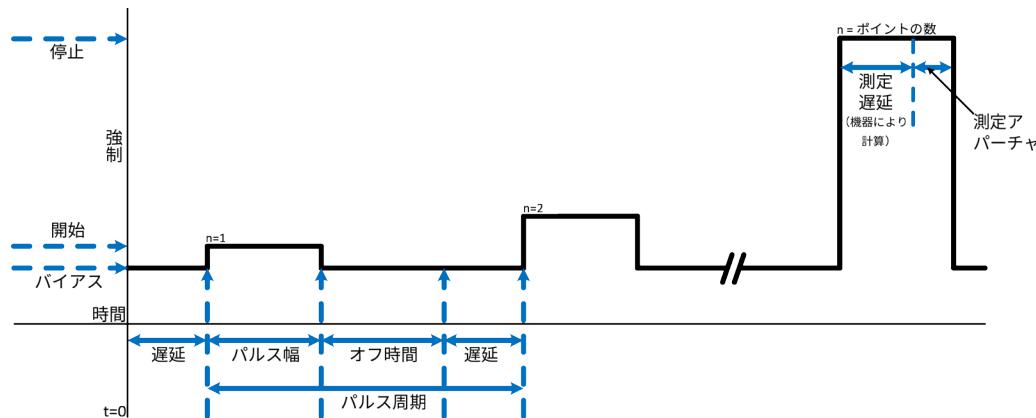
パルス掃引テスト・パラメータを定義する

以下に示すパルス・パラメータは、パルス掃引の振幅とタイミングを定義するものであり、パルス・コマンドに入力されることで、パルスに必要な設定リストとトリガ・モデルが生成されます。これらのテスト・パラメータの実際の値は、それぞれ固有のアプリケーションによって異なります。

テスト・パラメータ	値	定義
configListName	myPulseSweep	パルス・コマンドによって作成されたパルス値を含む設定リストの名前。
biaslevel	0V	パルス掃引のオフセット電圧を設定します。
start	0V	パルス掃引の開始値を設定します。
stop	4.15V	パルス掃引の終了値を設定します。
pulsewidth	0.8ms	各パルスの振幅レベルでの時間を設定します。
measureEnable	smu.ON	各パルスのトップでの測定を有効にします。この機能をオフにすると、本機は測定を行わずにパルスを印加します。
bufferName	defbuffer1	測定データが格納されるバッファを設定します。
delay	0ms	各パルスの前に置かれる遅延を設定します。
offTime	19ms	バイアス・レベルでの時間を設定します。
count	1	掃引が繰り返される回数の値を設定します。
xBiasLimit	1A	バイアス電圧印加時のパルス間の電流リミットを設定します。
xPulseLimit	10A	パルス電圧印加時のパルス間の電流リミットを設定します。
failAbort	smu.OFF	バイアスまたはパルス印加のリミットを超過した場合にパルス掃引を停止します。
Dual	smu.OFF	有効にすると、開始値に戻って掃引するようにパルスを設定します。

次の図は、これらのテスト・パラメータを表しています。

図51：2461 型によるパルス掃引のダイアグラム



ソース／測定機能をセットアップする

高速、高電流パルスを測定し、各パルス周期で電圧を測定するためには、測定およびソース機能を適切に設定することが重要です。

注

パルス幅より長い測定時間を設定すると、パルス・コマンドからエラーが出力されます。

測定時間を最短にするには、次の手順に従います。

- 電圧の測定範囲を固定範囲に設定します。
- 測定の集積率を 0.01 NPLC (166.67 μ s、電源周波数 : 60Hz) に設定します。
- トリガ・モデルを開始する前に、一時的にオートゼロ操作を実行するために、もう一度オートゼロを実行します。

ソースのタイミングの精度を高くするには、次の手順に従います。

- ソース・リードバック機能をオフにします。ソース・リードバックを使用する場合は、電圧測定と電流ソース測定の 2 つの測定に、十分な時間を確保する必要があります。
- ソース遅延時間をゼロに設定します。

パルス・コマンドのトリガ・モデル

内蔵パルスの設定画面とリモート・パルス・コマンドを使用して、2461 型のトリガ・モデルを設定し、パルスを生成します。パルス・コマンドを実行するか、または前面パネルからパルス・セットアップを生成することで、2461 型のアクティブなソースおよび測定設定のスナップショットを取得できます。これらの設定は設定リストに保存されます。トリガ・モデルは設定リストの設定を呼び出して、遅延を使用してパルスおよび測定をトリガします。また、ループにより指定された数のパルスを作成します。ソースまたは測定設定 (NPLC やオートゼロなど) が変更された場合に、それらの設定をパルス・トリガ・モデルに適用したい場合には、トリガ・モデルを再度生成する必要があります。

高電流パルス掃引を出力する前面パネル操作

本機の前面パネルのパルス設定画面を使用して、2461 型のパルスを設定できます。パルス設定画面で変更を行う前に、パルス振幅のリミットに合わせて、デジタイズのレンジを設定しておくことが重要です。パルス制限が測定範囲よりも高く設定されている場合、生成ボタンを押すと機器はエラーを生成します。この例では、電流を印加し、電圧を測定するように機器が設定されます。ソース・レンジはオートに、測定レンジは 10V にそれぞれ設定されます。

パルスの種類（パルス列、ステップによる線形掃引、ポイントによる線形掃引、または対数掃引）など、この例で使用されるパルス固有の設定は、すべてこのメニュー画面で設定できます。この例では、Linear Sweep Points（線形掃引ポイント）を使用して、電圧掃引を生成しています。

パルス設定リストおよびトリガ・モデルを作成し、実行するには、次の手順を実行します。

1. **MENU** (メニュー) キーを押します。
2. **Source** で、**Pulse** (パルス) を選択します。
3. **Pulse Type** (パルスの種類) を **Linear Sweep Points** (線形掃引ポイント) に設定します。
4. パルス・スイープ・テスト・パラメータの定義からパラメーターを入力します。
5. 画面上部の **Generate** (生成) を押して、設定を保存します。
6. **Trigger** キーを押して、パルスを生成します。

高電流パルス掃引を出力する SCPI コマンド

```
:SOURce:FUNC VOLtage
:SOURce:VOLTage:READ:BACK OFF

:SENSe:FUNC "CURRent"
:SENSe:CURRent:RSENse ON
:SENSe:CURRent:RANGE 10
:SENSe:CURRent:NPLC 0.01
:SENSe:CURRent:AZERo OFF

:SOURce:PULSe:SWEep:VOLTage:LINear 0, 0, 4.15, 100, 0.0008, 1, "defbuffer1", 0,
    0.019, 1, 1, 10, 0, 0
:INIT
*WAI
```

高電流パルス列を出力する TSP コマンド

以下の TSP コードは、Keithley Instruments Test Script Builder (TSB) から実行するように設計されています。TSB はケースレーのサイト (jp.tek.com/keithley) からダウンロードしてお使いいただけるソフトウェア・ツールです。TSP 対応の機器用にコードを作成したり、スクリプトを開発したりする場合に、TSB をインストールして使用できます。TSB の使用方法についての情報は、TSB のオンライン・ヘルプおよび『Model 2461 Reference Manual』の「Introduction to TSP operation」セクションに記載されています。

他のプログラミング環境を使用するには、サンプルの TSP コードに変更を加えなければならない場合があります。

デフォルトでは、2461 型では SCPI コマンド・セットが使用されます。TSP コマンドを機器に送信する前に、TSP コマンド・セットを選択する必要があります。

TSP コマンドを有効にするには、以下の手順に従います。

1. **MENU** (メニュー) キーを押します。
2. **System** (システム) で **Settings** (設定) を選択します。
3. **Command Set** (コマンド・セット) を **TSP** に設定します。
4. 再起動の確認画面が表示されたら、**Yes** (はい) を選択します。

以下のサンプル・コードは、振幅が 0~4.15V、パルス幅が 0.8ms のパルスを 100 回生成します。負荷は緑の高輝度 LED です。電流の読み値はデフォルト・バッファ、defbuffer1 に格納されます。

このアプリケーションでは以下のコマンドを送信します。

```
-- 機器をリセットする
reset()

-- (ユーザ指定の) パルス・パラメータをセットアップする
configListName = "myPulseSweep"
bias_level = 0
start = 0
stop = 4.15
-- 掃引ポイントを 100 に指定する
points = 100
pulse_width = 0.8e-3
MeasureEnable = smu.ON
bufferName = defbuffer1
delay = 0
offTime = 19e-3
-- 掃引を 1 回実行する
count = 1
xBiasLimit = 1
xPulseLimit = 10
failAbort = smu.OFF
-- 掃引は開始から終了まで進行して終了する
dual = 0

-- ソースを電圧出力に設定する
smu.source.func = smu.FUNC_DC_VOLTAGE
smu.source.readback = smu.OFF

-- 測定機能をセットアップする
smu.measure.func = smu.FUNC_DC_CURRENT
smu.measure.sense = smu.SENSE_4WIRE
smu.measure.range = 10
smu.measure.nplc = 0.01
smu.measure.autozero.enable = smu.OFF

-- パルス掃引コマンドを送信して、トリガ・モードと設定リストをセットアップする
smu.source.pulsesweeplinear(configListName, bias_level, start, stop, points,
    pulse_width, MeasureEnable, bufferName, delay, offTime, count, xBiasLimit,
    xPulseLimit, failAbort, dual)

-- トリガ・モデルを開始し、完了するまで待機する
trigger.model.initiate()
waitcomplete()
```

前面パネルに測定波形を表示する

内蔵グラフ機能を使用して、ダイオードの I-V 特性を機器の前面パネルに表示できます。

グラフを表示するには、次の手順に従います。

1. **MENU** (メニュー) キーを押します。
2. **Views** (表示) の下で、**Graph** (グラフ) を選択します。

グラフのデフォルト設定では、x 軸に時間が、y 軸に測定結果がそれぞれ表示されます。ただし、電流と電圧を相互にプロットして、I-V プロットを生成することもできます。

I-V グラフを有効にするには、以下の手順を実行します。

1. グラフ画面で、**Data**（データ）タブを選択します。
2. Graph Type（グラフの種類）を **Scatter/IV**（離散／IV）に設定します。
3. **Graph**（グラフ）タブを選択して、グラフに戻ります。

図52：前面パネルに表示された I-V 曲線

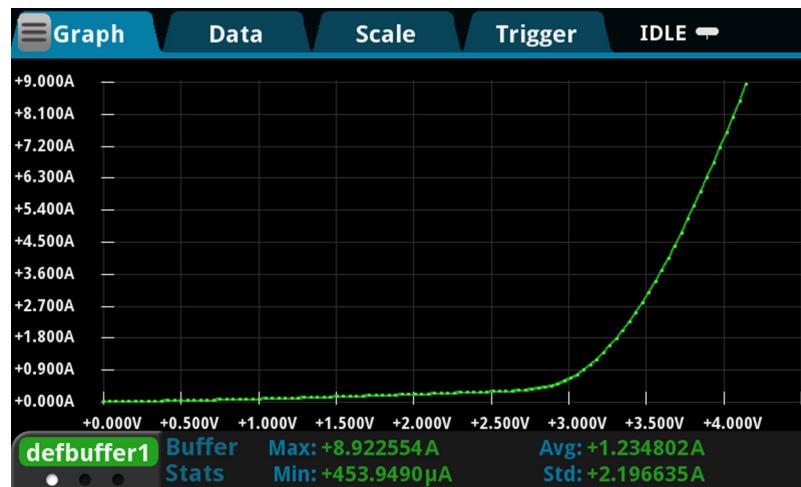


図53：測定結果が表示された Reading Table

READING TABLE			
Buffer	Active (defbuffer1)		
Index	Time	Reading	Source
71	08/07 14:59:07.484330	+00.4990 A	+2.93434 V
72	08/07 14:59:07.504511	+00.5710 A	+2.97626 V
73	08/07 14:59:07.524691	+00.6588 A	+3.01818 V
74	08/07 14:59:07.544893	+00.7639 A	+3.06010 V
75	08/07 14:59:07.565062	+00.8868 A	+3.10202 V
76	08/07 14:59:07.585251	+01.0276 A	+3.14394 V
77	08/07 14:59:07.605428	+01.1873 A	+3.18586 V
78	08/07 14:59:07.625609	+01.3649 A	+3.22778 V
79	08/07 14:59:07.645787	+01.5594 A	+3.26970 V
80	08/07 14:59:07.665963	+01.7720 A	+3.31162 V

セクション 10

ハイパワー・パルス波形の取り込み

このセクションの内容：

はじめに.....	10-1
必要な機器	10-1
リモート通信のセットアップ.....	10-2
デバイスの接続.....	10-2
リモート・インターフェースからの高速、ハイパワー・パ ルス	10-3

はじめに

従来からの ADC を内蔵しているだけでなく、2461 型ソースメータは、高速サンプリング ADC の機能も備えています。2461 型は高速 ADC によるデジタイズ機能を備えているため、オシロスコープと同等の高速な測定を行えます。そのため、最高 100 万サンプル／秒でデータを取り込み、最大 5 百万の測定値をタイムスタンプとともに保存できます。この機能により、特別なハードウェアを追加することなく、電流と電圧の測定を同時に実行できるだけでなく、18 ビットの分解能と高速な取り込みより、優れた確度を実現しています。2461 型の高速 ADC により、負バイアス温度不安定性 (NBTI) テストや熱過渡条件解析など、広範な種類のアプリケーションに使用できます。

このアプリケーション例では、2461 型ソースメータを使用して、動作レンジの広い、ハイパワー電圧パルス（100V で最高 10A）を生成し、ハイパワー・パルスの電流および電圧波形を取り込む方法について説明します。この手法は、ハイパワー・デバイスの過渡応答のテストやトラブルシューティングに使用されます。

必要な機器

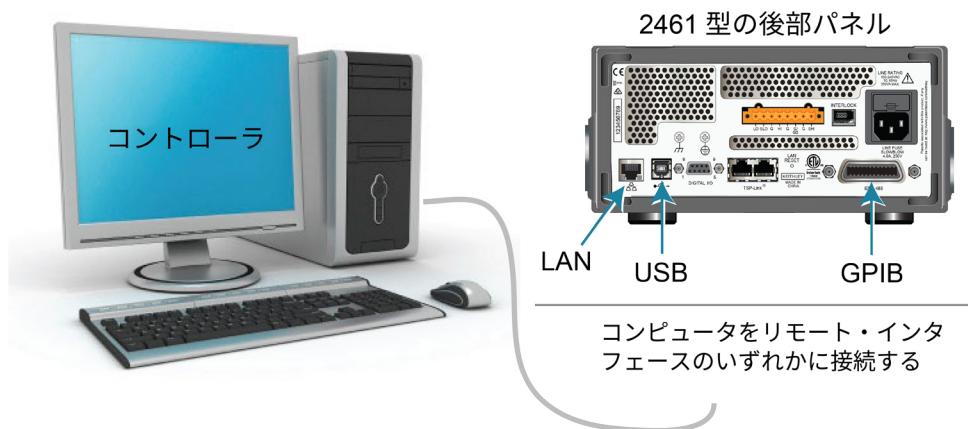
- 2461 型高電流ソースメータ (SMU) (1 台)
- 前面パネル接続の場合、ケースレーの 8608 型安全クリップ・リード線セットなどの、4 本の絶縁バナナ・ケーブルを使用します (2461 型には 1 セットが付属しています。もう 1 セットはユーザが用意する必要があります)。
- 後部パネル接続の場合、2460-KIT 型ねじ込み端子コネクタ・キット (2461 型に付属) を使用するか、または 2460-BAN 型バナナ・テスト・リード／アダプタ・ケーブル (デバイスとの適切な接続が必要) を使用できます。
- GPIB、USB、またはイーサネットケーブル (×1。2461 型をコンピュータに接続するため)

リモート通信のセットアップ

このアプリケーションは、リモートで実行されるように構成されます。このアプリケーションは、機器でサポートされている通信インターフェース (GPIB、USB、またはイーサネット) から実行できます。

次の図は、リモート通信インターフェース用の後部パネル・コネクタの場所を示しています

図54：2461型のリモート・インターフェース接続



デバイスの接続

テスト・リードの抵抗を取り除くことにより、最良の測定精度が得られるように、4線センス方式を使用して、2461型を被測定デバイス (DUT) に接続します。

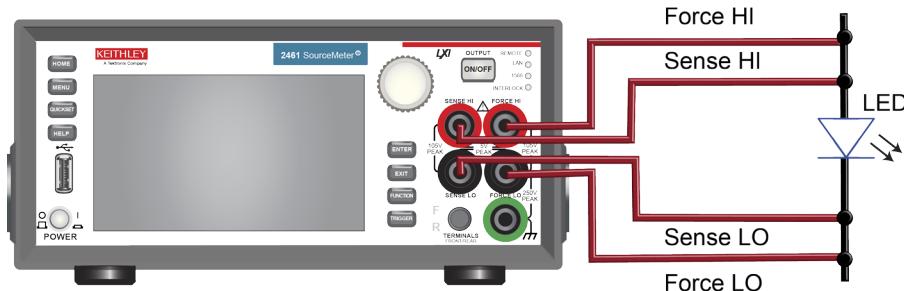
4 線センス接続法を使用するには、以下の手順に従います。

- FORCE HI および SENSE HI リードを DUT の一方の端子に接続します。
- FORCE LO および SENSE LO リードをもう一方の端子に接続します。
- 測定結果からテスト リードの抵抗を除外するために、DUT にできる限り近づけて接続します。

前面パネルおよび後部パネルの接続を以下の図に示します。前面パネルの接続には安全なバナナ・ジャックを使用します。後部パネルの接続はねじ込み端子です。

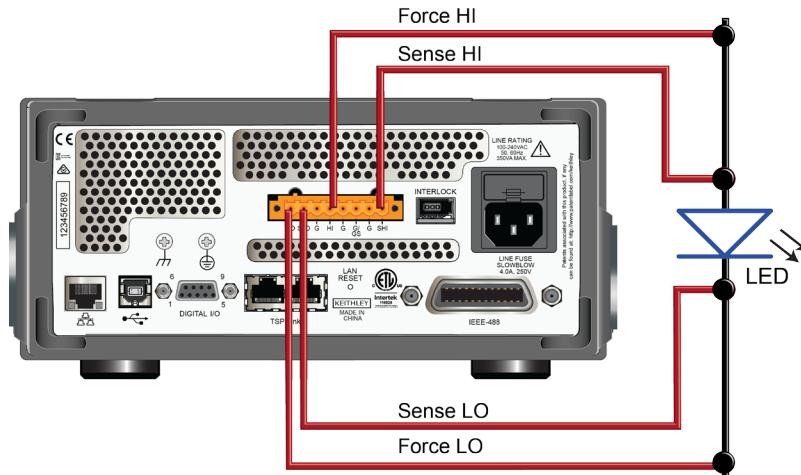
以下の図は前面パネル接続を示しています。4 本の絶縁バナナ ケーブルには、ケースレー8608 型安全クリップ・リード線セットを 2 セット (1 セットは 2461 型に付属) 用意するなど、少なくとも最大電流の 10A の定格に対応したケーブルを使用できます。

図55：2461 型の前面パネルへの 4 線接続



以下の図は後部パネルの接続を示しています。これらの接続には、2460-KIT 型ねじ込み端子コネクタ・キット (2461 型に付属) を使用するか、または 2460-BAN 型バナナ・テスト・リード／アダプタ・ケーブルを使用して適切な配線を行います。

図56：2461 型の後部パネルへの 4 線接続



リモート・インターフェースからの高速、ハイパワー・パルス

このアプリケーションでは、リモート・インターフェースを介して Test Script Processor (TSP®) コマンドを使用して 2461 型を設定し、ハイパワー・パルス列を生成します。各パルスの期間に電圧測定値が取得されます。

正確なタイミング制御が確実に行われるよう、パルス・パラメータを指定し、電流ソースおよび電圧測定を設定し、さらにトリガ・モデルをセットアップして、パルスおよび測定のタイミングを制御します。

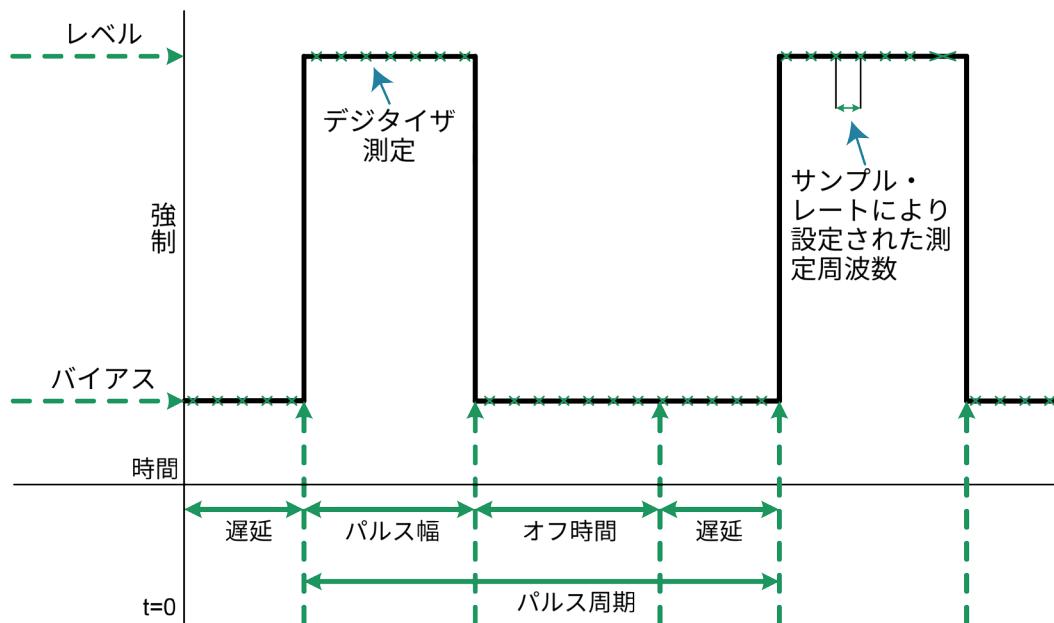
パルス列テスト・パラメータを定義する

以下に示すパルス・パラメータは、パルス列の振幅とタイミングを定義するものであり、パルス・コマンドに入力されることで、パルスに必要な設定リストとトリガ・モデルが生成されます。これらのテスト・パラメータの実際の値は、それぞれ固有のアプリケーションによって異なります。

テスト・パラメータ	値	定義
configListName	myPulses	パルス・コマンドによって作成されたパルス値を含む設定リストの名前を設定します。
bias_level	0A	パルス列のオフセット電流を設定します。
pulse_level	10A	各パルスのゼロからの電流の振幅を設定します（バイアス・レベルからではなく）。
pulse_width	1ms	各パルスの振幅レベルでの時間を設定します。
measureEnable	smu.ON	デジタイザ測定を有効にします。
bufferName	defbuffer1	測定データが格納されるバッファを設定します。
delay	10ms	各パルスの前に置かれる遅延を設定します。
offTime	19ms	バイアス・レベルでの時間を設定します。
count	1	パルス列中のパルスの数を設定します。
xBiasLimit	2V	バイアス電流印加時のパルス間の電圧リミットを設定します。
xPulseLimit	21V	パルス電流印加時のパルス間の電圧リミットを設定します。
failAbort	smu.OFF	バイアスまたはパルス印加のリミットを超過した場合にパルス列を停止します。

次の図は、これらのテスト・パラメータを表しています。

図57：アプリケーションのタイミング図



パルス・コマンドのトリガ・モデル

内蔵パルスの設定画面とリモート・パルス・コマンドを使用して、2461 型のトリガ・モデルを設定し、パルスを生成します。パルス・コマンドを実行するか、または前面パネルからパルス・セットアップを生成することで、2461 型のアクティブなソースおよびデジタイズ設定のスナップショットを取得できます。これらの設定は設定リストに保存されます。トリガ・モデルを初期化するときは、設定リストの設定を呼び出し、一定の遅延を使用して、パルスおよびデジタイズをトリガします。また、ループにより指定された数のパルスを作成します。

ソースまたはデジタイズの設定（サンプル・レートやソース・リードバックなど）が変更された場合に、それらの設定をパルス・トリガ・モデルに適用したい場合には、トリガ・モデルを再度生成する必要があります。

高電流パルスを出力する前面パネル操作

本機の前面パネルのパルス設定画面を使用して、2461 型のパルスを設定できます。パルス設定画面で変更を行う前に、パルス振幅のリミットに合わせて、デジタイズのレンジを設定しておくことが重要です。この例では、電流を印加し、電圧をデジタイズするように機器が設定されます。ソース レンジはオートに設定され、測定レンジは 20V に設定されます。

パルス設定リストおよびトリガ・モデルを作成し、実行するには、次の手順を実行します。

1. **FUNCTION** キーを押します。
2. **Digitize** (デジタイズ) タブを選択します。
3. **Source Current and Digitize Voltage** (電流の印加と電圧のデジタイズ) を選択します。
4. **MENU** (メニュー) キーを押します。
5. **Source** で、**Pulse** (パルス) を選択します。
6. **Pulse Type** (パルスの種類) を **Pulse Train** (パルス列) に設定します。
7. パルス列テスト・パラメータを定義するに従って、値をフィールドに入力します。
8. 画面上部の **Generate** (生成) を選択して、設定を保存します。
9. **Trigger** キーを選択して、パルスを実行します。

高電流パルスを出力する SCPI コマンド

```
:SOURce:FUNC CURRent
:SOURce:CURREnt:READ:BACK ON
:DIGItize:FUNC "VOLTage"
:DIGItize:VOLTage:RSENse ON
:DIGItize:VOLTage:RANGE 20
:DIGItize:VOLTage:SRATE 500000
:TRACe:POINTS 1000000, "defbuffer1"
:ROUTE:TERMinals FRONT
:SOURce:PULSe:TRain:CURREnt 0, 10, 0.001, 1, 1, "defbuffer1", 0.001, 0.099, 2, 21, 0
:INIT
*WAI
```

ハイパワー・パルス波形を出力する TSP コマンド

以下の TSP コードは、Keithley Instruments Test Script Builder (TSB) から実行するように設計されています。TSB はケースレーのサイト (jp.tek.com/keithley) からダウンロードしてお使いいただけるソフトウェア・ツールです。TSP 対応の機器用にコードを作成したり、スクリプトを開発したりする場合に、TSB をインストールして使用できます。TSB の使用方法についての情報は、TSB のオンライン・ヘルプおよび『Model 2461 Reference Manual』の「Introduction to TSP operation」セクションに記載されています。

他のプログラミング環境を使用するには、サンプルの TSP コードに変更を加えなければならない場合があります。

デフォルトでは、2461 型では SCPI コマンド・セットが使用されます。TSP コマンドを機器に送信する前に、TSP コマンド・セットを選択する必要があります。

TSP コマンドを有効にするには、以下の手順に従います。

1. **MENU** (メニュー) キーを押します。
2. **System** (システム) で **Settings** (設定) を選択します。
3. **Command Set** (コマンド・セット) を **TSP** に設定します。
4. 再起動の確認画面が表示されたら、**Yes** (はい) を選択します。

次のサンプル・コードでは、大きさが 10A、パルス幅が 1ms のパルスを 1 回生成します。以下に示すデータを作成した負荷は、1Ω、50W の抵抗です。電圧および電流波形は 500kS/s で取り込まれ、測定値はデフォルト バッファ、defbuffer1 に格納されます。

```
-- 機器をリセットする
reset()
-- (ユーザ指定の) パルス・パラメータをセットアップする
configListName = "myPulses"
bias_level = 0
pulse_level = 10
pulse_width = 1e-3
count = 1
MeasureEnable = smu.ON
bufferName = defbuffer1
delay = 1e-3
offTime = 99e-3
xBiasLimit = 2
xPulseLimit = 21
failAbort = smu.OFF

-- ソースを電流出力に設定する
smu.source.func = smu.FUNC_DC_CURRENT
smu.source.readback = smu.ON
```

```
-- 測定機能をセットアップする
smu.digitize.func = smu.FUNC_DIGITIZE_VOLTAGE
smu.digitize.sense = smu.SENSE_4WIRE
smu.digitize.range = 20
smu.digitize.samplerate = 500000
defbuffer1.capacity = 1000000

-- パルス列コマンドを送信して、トリガ・モードと設定リストをセットアップする
smu.source.pulsetrain(configListName, bias_level, pulse_level, pulse_width, count,
    MeasureEnable, bufferName, delay, offTime, xBiasLimit, xPulseLimit, failAbort)
-- トリガ・モデルを開始し、完了するまで待機する
trigger.model.initiate()
waitcomplete()
```

前面パネルに測定波形を表示する

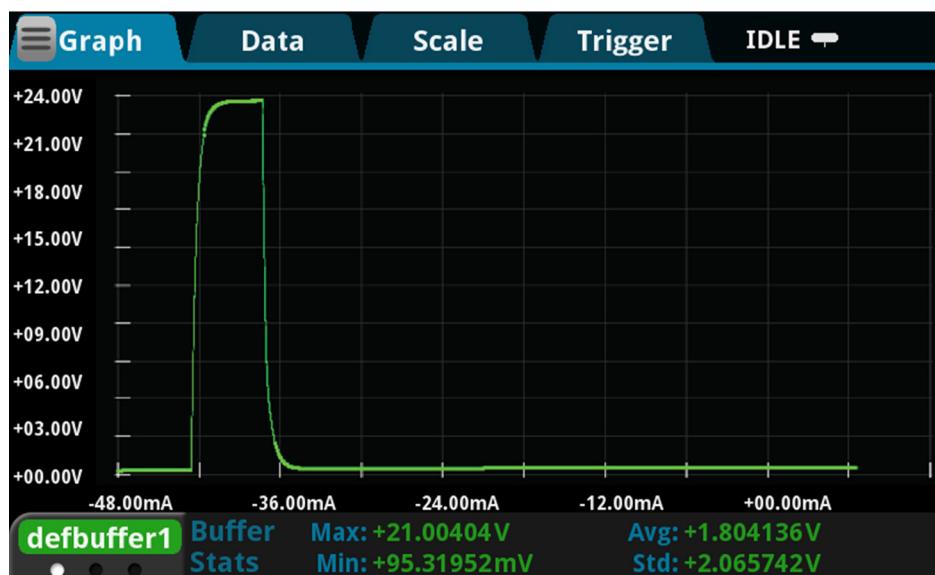
内蔵グラフ機能を使用して、ダイオードの I-V 特性を機器の前面パネルに表示できます。

グラフを表示するには、次の手順に従います。

1. MENU (メニュー) キーを押します。
2. Views (表示) の下で、Graph (グラフ) を選択します。

波形上の関連する部分でピンチ／ズームを使用できます

図58：前面パネルに表示された電圧デジタイズ波形



ソース波形とデジタイズ波形を前面パネルに同時に表示する

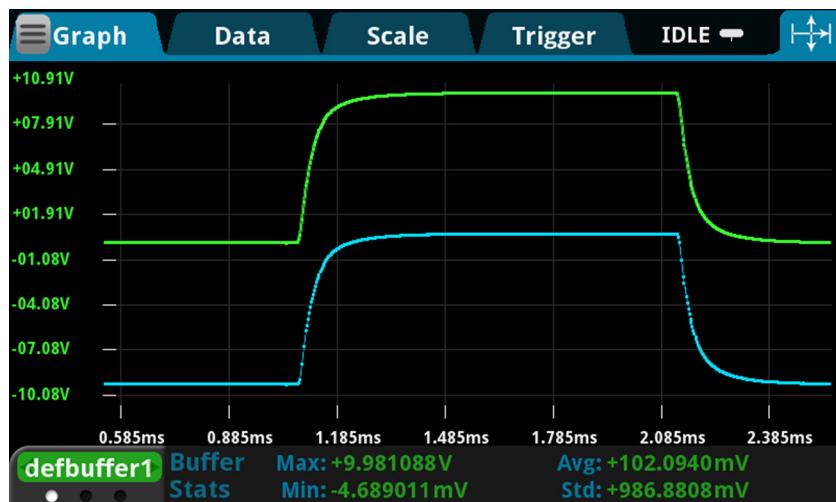
この例では、ソース・リードバックを有効にして、電流ソース波形と電圧デジタイズ波形を取り込みます。2つの波形を同じグラフにプロットすることにより、2つの波形の時間的な依存関係を検証できます。この手法は、非常に効果的であり、DUTのパルス応答を詳細に観測することができます。

`defbuffer1` に格納されたソース波形をプロットするには、次の手順に従います。

1. グラフ画面で、**Data**（データ）タブを選択します。
2. 画面右側の **Add**（追加）を選択します。
3. 読み取りバッファのリストから `defbuffer1` を選択します。
4. Buffer Elements のリストから **Source**（ソース）を選択します。
5. **Graph**（グラフ）タブを選択して、グラフに戻ります。

グラフには、ソースとデジタイズのトレースの両方が表示されています。ピンチ／ズームを行うことで、アクティブなトレースの Y 軸と両方のトレースの X 軸を操作できます。2つのトレースを切り替えるには、画面左下に表示されたバッファ名を選択します。グラフ作成に関する詳細は、『Model 2461 Reference Manual』を参照してください。

図59：前面パネルに表示された電圧デジタイズ波形と電流ソース波形



セクション 11

トラブルシューティングに関する FAQ

このセクションの内容：

このセクションの内容：	11-1
更新されたドライバはどこにありますか。	11-1
ファームウェアはどうやってアップグレードすればいいですか。	11-2
2461 型が USB フラッシュ・ドライブを読み込めません。	11-3
コマンド・セットはどうやって変更すればいいですか。	11-3
イベント・コード (5074) が表示されました。	11-4
機器の現在の状況はどうすれば保存できますか。	11-5
設定が変わったのはなぜですか。	11-6
クイック・セットアップ・オプションとは何ですか。	11-6

このセクションの内容

このセクションでは、2461 型に関連してよく尋ねられる質問の答えを示します。その他の FAQ については、『Model 2461 Reference Manual』の「Frequently Asked Questions (FAQs)」を参照してください。

更新されたドライバはどこにありますか。

最新版のドライバと追加サポート情報は、ケースレーのサポート・ウェブサイトをご覧ください。

機器で利用可能なドライバを確認するには、以下の手順に従います。

1. 当社 Web サイト (jp.tek.com/support) を開きます。
2. 使用している機器の型名番号を入力します。
3. フィルタ・リストから **Software** (ソフトウェア) を選択します。
4. フィルタ・リストから **Driver** (ドライバ) を選択します。

注

ネイティブの LabVIEW™ または IVI ドライバを使用する場合は、SCPI コマンド・セットを使用するように 2461 型を構成する必要があります。コマンド・セットの変更については、[「コマンド・セットはどうやって変更すればいいですか。」](#) (11-3ページ) を参照してください。

ファームウェアはどうやってアップグレードすればいいですか。

注意

アップグレードのプロセスが完了するまで、電源を切ったり、USB フラッシュ・ドライブを抜いたりしないでください。

注

ファームウェア・ファイルがフラッシュ・ドライブのルート・サブディレクトリに存在し、その場所にある唯一のファームウェア・ファイルである必要があります。ファームウェアのアップグレードやダウングレードは、前面パネルまたは仮想前面パネルから行うことができます。詳細については、『Model 2461 Reference Manual』の「Using the 2461 virtual front panel」を参照してください。

前面パネルを使用して、

1. ファームウェア・ファイル (.upg ファイル) を USB フラッシュ・ドライブにコピーします。
2. ファームウェア・ファイルがフラッシュ・ドライブのルート・サブディレクトリに存在し、その場所にある唯一のファームウェア・ファイルであることを確認します。
3. 機器に接続されている入出力端子をすべて取り外します。
4. 機器の電源をオフにします。数秒間時間をとります。
5. 機器の電源をオンにします。
6. フラッシュ・ドライブを機器の前面パネルにある USB ポートに挿入します。
7. 機器の前面パネルで **MENU** (メニュー) キーを押します。
8. **System** (システム) で **Info/Manage** (情報／管理) を選択します。
9. アップグレードのオプションを選択します。
 - 新しいバージョンのファームウェアにアップグレードする場合は、**Upgrade to New** (新しいバージョンにアップグレード) を選択します。
 - 以前のバージョンのファームウェアに戻す場合は、**Downgrade to Older** (古いバージョンにダウングレード) を選択します。
10. 機器をリモート制御している場合は、メッセージが表示されます。**Yes** (はい) をクリックして継続します。
11. アップグレードが完了したら、機器を再起動します。

アップグレードが進行する間、メッセージが表示されます。

アップグレード用のファイルはip.tek.com/keithleyからダウンロードしていただけます。

2461 型が USB フラッシュ・ドライブを読み込めません。

フラッシュ・ドライブが FAT32 ファイル・システムでフォーマットされていることを確認してください。2461 型では、MBR (Master Boot Record) を使用した FAT および FAT32 のみがサポートされています。

Microsoft® Windows® で、USB フラッシュ・ドライブのプロパティをチェックすることで、ファイル・システムを確認することができます。

注

大容量 USB ドライブを使用した場合、データの読み取りや機器への読み込みに時間がかかる場合があります。

コマンド・セットはどうやって変更すればいいですか。

2461 型で使用するコマンド・セットは変更できます。使用可能なりモート・コマンド・セットは次の通りです。

- SCPI : SCPI 規格で作成された機器固有の言語
- TSP : スタンドアロン機器から実行することができる機器固有の制御コマンドを含むスクリプト・プログラミング言語です 1 TSP を使用して個々のコマンドを送信したり、コマンドをスクリプトに組み合わせることができます。
- SCPI 2420 : ケースレーの 2420 型用に開発されたコードを実行できる機器固有の言語です。
- SCPI 2425 : ケースレーの 2425 型用に開発されたコードを実行できる機器固有の言語です。
- SCPI 2430 : ケースレーの 2430 型用に開発されたコードを実行できる機器固有の言語です。
- SCPI 2440 : ケースレーの 2440 型用に開発されたコードを実行できる機器固有の言語です。

コマンド・セットを変更した場合は、機器を再起動します。

コマンド・セットを組み合わせて使用することはできません。

SCPI 2420、2425、2430、および 2440 コマンド・セットは、エミュレートされたコマンドセットだけでなく、エミュレートされたモデルに対応したレンジと電力エンベロープを提供します。

注

ケースレーから出荷された状態では、2461 型は SCPI コマンド・セットで動作するように設定されています。

前面パネルからコマンド・セットを設定するには…

1. **MENU** (メニュー) キーを押します。
2. **System** (システム) で **Settings** (設定) を選択します。
3. 適切な **Command Set** (コマンド・セット) を選択します。

コマンドセットの変更を確定して、再起動するように求められます。

リモート・インターフェースから選択されたコマンド・セットを確認する場合：

次のコマンドを送信します。

*LANG?

リモート・インターフェースから SCPI コマンド・セットを変更する場合：

次のコマンドを送信します。

*LANG SCPI

機器を再起動します。

リモート・インターフェースから TSP コマンド・セットを変更する場合：

次のコマンドを送信します。

*LANG TSP

機器を再起動します。

イベント・コード（5074）が表示されました。

この機器の後部パネルには、インターロック回路があります。±42V DC より高いソース電圧を設定できるようにするには、この回路をオンにする必要があります。インターロックがアサートされていない状態で、高電圧出力を割り当てて、ソースをオンにしようとすると、イベント・コード（5074）「Output voltage limited by interlock」が表示されます。

⚠ 警告

2461 型はインターロック回路を装備していますが、高電圧出力を使用するには、ユーザ自身によってこの回路が有効にされる必要があります。インターロックは、試験システムにおける機器の安全な運用に役立ちます。インターロックをバイパスすると、作業者が危険な電圧にさらされ、怪我や死亡につながる可能性があります。

インターロック信号がアサートされていない場合の動作は、インターロックの設定によって異なります。インターロックがオフに設定されているときに、安全インターロック信号がアサートされていない場合は、次のようになります。

- 公称出力が±42V 未満に制限されます。
- 前面パネルの INTERLOCK インジケータが点灯しなくなります。
- この場合、±42V 未満の電圧しか出力できません。

インターロックがオンに設定されているときに、安全インターロックがアサートされていない場合は、次のアクションが発生します。

- ソース出力をオンにできません。
- 前面パネルの INTERLOCK インジケータが点灯しなくなります。

インターロックの状態が変化すると（アサートから非アサート、またはその逆の場合も）、常に出力はオフになります。

このエラーからリカバリするには、2461 型の出力をオンにする前に、安全なテスト・フィックスチャを使用してインターロックを適切に連動させます。

機器の現在の状況はどうすれば保存できますか。

機器の設定は、前面パネル・メニューを使用して、またはリモート・インターフェースからスクリプトとして保存することができます。保存後に、スクリプトの呼び出しや USB フラッシュ・ドライブへのコピーを行うことができます。

前面パネルを使用して、

1. 保存したい設定に 2461 型を構成します。
2. **MENU** (メニュー) キーを押します。
3. Script (スクリプト) で **Create Setup** (設定の作成) を選択します。
4. **Create** (作成) を選択します。キーボードが表示されます。
5. キーボードを使用してスクリプトの名前を入力します。
6. 表示されたキーボードの **OK** ボタンを選択します。これでスクリプトは内部メモリに追加されました。

SCPI コマンドの使用：

保存したい設定に機器を構成します。セットアップを保存するには、以下のコマンドを送信します。

```
*SAV <n>
```

ここで、<n>は 0~4 の整数値を表します。

注

前面パネルのスクリプト・メニューで *SAV コマンドで保存されたセットアップの名前は Setup0x になります（x は <n> に設定する値）。

TSP コマンドの使用：

保存したい設定に機器を構成します。セットアップを保存するには、以下のコマンドを送信します。

```
createconfigscript("setupName")
```

ここで、setupName は作成されたセットアップ・スクリプトの名前を表します。

設定が変わったのはなぜですか。

2461 型のコマンドの多くは、設定されたときにアクティブであったソース／測定機能とともに保存されます。たとえば、測定機能が電流に設定されており、桁表示にある値を設定したとします。測定機能を電圧に変更すると、表示される桁は電圧測定機能に最後に設定された値に変更されます。電流測定機能に戻ると、桁表示は以前設定した値に戻ります。

クイック・セットアップ・オプションとは何ですか。

QUICKSET（クイックセット）キーを押すと、機能選択、性能調整、クイック・セットアップの画面が表示されます。

Quickset メニューの Function ボタンを使用して、印加または測定機能を選択できます。前面パネルの **FUNCTION**（機能）キーを使用した場合と同じオプションを使用できます。

Performance スライダを使用して、速度と分解能を調整できます。速度を早くするほど、分解能が減少します。分解能を高くするほど、読み込み速度が低下します。これらの設定は、次に出力がオンになり、測定が行われたときに有効になります。

クイック・セットアップを使用して、機器の電圧計、電流計、または電源などの機能を使用するかを設定できます。

注意

クイック・セットアップを選択すると、機器は出力をオンにします。他の電圧ソース、バッテリ、キャパシタ、またはソーラー・セルなど、電源を供給する装置に 2461 型を接続する前に、出力オフ状態、ソース、および制限などに関して注意深く考慮し、適切に構成してください。装置に接続する前に、機器で推奨されている設定を構成してください。出力オフ状態、ソース、制限について考慮しなかった場合には、本機または被測定装置 (DUT) が破損する危険性があります。

セクション 12

次のステップ

このセクションの内容：

2461 型に関するその他の情報 12-1

2461 型に関するその他の情報

本マニュアルには、アプリケーション用に新しい 2461 型高電流ソースメータ (SMU) を初めて使用するための情報が含まれています。さらに詳細な情報が必要な場合は、『Model 2461 Reference Manual』を参照してください。

また、機器に関するサポートと追加情報は、jp.tek.com/keithleyをご覧ください。ウェブサイトでは、以下の情報にアクセスすることができます。

- ナレッジ・センタには、以下のハンドブックも用意されています。
 - 低レベル信号測定のハンドブック：高精度 DC 電流、電圧、抵抗の測定
 - スイッチング・ハンドブック：自動テスト・システムにおける信号スイッチングのガイド
- アプリケーション・メモ
- 更新済みドライバ
- 関連する製品に関する情報

製品の選択、コンフィグレーション、使用方法に関しては、お近くのフィールド・アプリケーション・エンジニアがお手伝いいたします。お問い合わせ情報はウェブサイトをご覧ください。

仕様は通知なしに変更されることがあります。
Keithley の商標および商品名は、すべて Keithley Instruments の所有財産です。
そのほかのすべての商標および商品名は、当該の会社の所有財産です。

Keithley Instruments

Corporate Headquarters • 28775 Aurora Road • Cleveland, Ohio 44139 • 440-248-0400 • Fax: 440-248-6168 • 1-800-935-5595 • tek.com/keithley

