

KEITHLEY

Model 6485 ピコアンメータ

Model 6487 ピコアンメータ / 電圧源
ユーザマニュアル

A GREATER MEASURE OF CONFIDENCE

保証規定

Keithley Instruments, Inc. は、本製品が出荷後 1 年間の期間に渡って材質もしくは製造上の瑕疵による欠陥を生じないことを保証します。

Keithley Instruments, Inc. は以下の項目が出荷後 90 日の期間に渡って欠陥を生じないことを保証します：プローブ、ケーブル、充電式電池、ディスク、及びドキュメント。

万一保証期間内に製品に問題が発生しました場合には、欠陥と判定された製品の修理もしくは交換をさせていただきます(どちらを実施するかは弊社の裁量とさせていただきます)。

本保証規定の実施を請求されます場合は、最寄の弊社代理店、もしくは本社 (Keithley 本社、Cleveland、Ohio)へ書面もしくは電話でご連絡ください。遅滞なく事態の処理、および製品の返送に関する連絡を差し上げます。該当製品は、送料前払いにて、指定されたサービス施設へお送りください。修理の完了した製品は輸送量当社負担にてお客様へ返送されます。

修理 / 交換された製品に適用される保証期間は当初の保証が有効である残余期間、もしくは少なくとも 90 日です。

保証の制限

Keithley からの書面による許諾なしに実施された改造、あるいは製品および付随する部品の誤使用に起因する欠陥は本保証規定の対象外となります。また、ヒューズ、ソフトウェア、使い捨て電池、電池の液漏れに起因する損傷、および通常予期される磨耗、取扱説明書の指示に従われなかったことに起因する故障も保証の対象となりません。

本保証規定は、本製品を特定の目的に使用した場合の適性や商品価値を示唆したものを含め、書面によると含意によるとを問わず、他のあらゆる保証に優先します。損害に対して本保証が提供する救済は購入者が得られる唯一かつ独占的な救済策です。

KEITHLEY INSTRUMENTS, INC. はもとよりその従業員も、装置もしくはソフトウェアの使用に起因する直接的、間接的、特異的、あるいは偶発的、従属的に発生し得る損害に対して、例え KEITHLEY INSTRUMENTS, INC. がそのような可能性について事前の連絡を受けていたとしても、その責を負いません。保証の対象外となる損害には以下の項目が含まれ、またそれだけに限定されません：撤去および設置に係わる費用、要員の怪我に付随して継続的に発生する損失、または財産の損傷。

KEITHLEY

Keithley Instruments, Inc. 28775 Aurora Road • Cleveland, Ohio 44139 • 440-248-0400 • Fax: 440-248-6168
1-888-KEITHLEY (534-8453) • www.keithley.com

Sales Offices:

BELGIUM:	Bergensesteenweg 709 • B-1600 Sint-Pieters-Leeuw • 02-363 00 40 • Fax: 02/363 00 64
CHINA:	Yuan Chen Xin Building, Room 705 • 12 Yumin Road, Dewai, Madian • Beijing 100029 • 8610-8225-1886 • Fax: 8610-8225-1892
FINLAND:	Tietäjantie 2 • 02130 Espoo • Phone: 09-54 75 08 10 • Fax: 09-25 10 51 00
FRANCE:	3, allée des Garays • 91127 Palaiseau Cédex • 01-64 53 20 20 • Fax: 01-60 11 77 26
GERMANY:	Landsberger Strasse 65 • 82110 Germering • 089/84 93 07-40 • Fax: 089/84 93 07-34
GREAT BRITAIN:	Unit 2 Commerce Park, Brunel Road • Theale • Berkshire RG7 4AB • 0118 929 7500 • Fax: 0118 929 7519
INDIA:	1/5 Eagles Street • Langford Town • Bangalore 560 025 • 080 212 8027 • Fax: 080 212 8005
ITALY:	Viale San Gimignano, 38 • 20146 Milano • 02-48 39 16 01 • Fax: 02-48 30 22 74
JAPAN:	New Pier Takeshiba North Tower 13F • 11-1, Kaigan 1-chome • Minato-ku, Tokyo 105-0022 • 81-3-5733-7555 • Fax: 81-3-5733-7556
KOREA:	2FL., URI Building • 2-14 Yangjae-Dong • Seocho-Gu, Seoul 137-888 • 82-2-574-7778 • Fax: 82-2-574-7838
NETHERLANDS:	Postbus 559 • 4200 AN Gorinchem • 0183-635333 • Fax: 0183-630821
SWEDEN:	c/o Regus Business Centre • Frosundaviks Allé 15, 4tr • 169 70 Solna • 08-509 04 600 • Fax: 08-655 26 10
TAIWAN:	13F-3, No. 6, Lane 99 Pu-Ding Road • Hsinchu, Taiwan, R.O.C. • 886-3-572-9077 • Fax: 886-3-572-9031

Model 6485 ピコアンメータ
Model 6487 ピコアンメータ / 電圧源
ユーザマニュアル

マニュアル印刷履歴

本マニュアルの全ての版と補遺の印刷履歴を以下に示します。マニュアルが更新されるたびに版数を示すアルファベットが A,B,C...の順に変化してゆきます。正式な改訂と次の改訂の間に発生した重要な変更で、かつお客様に遅滞なくお知らせする必要がある情報は随時発行される補遺に記載されています。補遺には連番が付けられます。新しい改訂版を発行するときは、その前の版数のマニュアルに付随する補遺の内容はすべて新しい版に組み込まれます。各改訂版ごとに、この印刷履歴ページも内容を更新して添付されます。

版数 A(資料番号 6487-903-01) 2003 年 1月

本製品および付随する装置をご使用になられる前に、以下に説明する安全上の注意事項を確認してください。

装置やアクセサリの中には通常の使用条件では危険な高電圧を使用しないものもありますが、置かれる状況によっては危険な状態が存在する場合があります。

本製品は感電の危険を良く認識し、事故防止に必要な安全上の注意事項を熟知した人による使用を前提としています。製品ご使用の前に、設置・操作・保守に関して説明された内容をよく読み、それに従ってください。製品仕様の詳細についてはマニュアルをご覧ください。

製品を指定の方法でご使用頂けなかった場合は、装置が本来備える保護機能を傷める可能性があります。

本装置を使用されるのは次のような方々です：

責任者（責任団体）は装置の使用と保守に責任を負う個人またはグループであり、装置が本来の仕様と動作限界の範囲内で適正に運用され、オペレーターが適切な教育を受けることに対して責任を負います。

オペレーターは目的の機能を実現するために製品を使用します。オペレーターは電気的な安全保持および装置の適正な運用について教育を受けていなければならず、電気ショックや通電回路に直接触れぬように保護されている必要があります。

保守要員は製品を正しく動作させるために必要な所定の作業を行います（例えば、電源電圧の設定、消耗部品の交換など）。具体的な保守作業の内容についてはマニュアルをご覧ください。保守担当者が実施できる項目であるかどうかはそれぞれの作業説明に明記してあります。該当しない項目についてはサービス担当者にお任せください。

サービス担当者は安全に装置を設置し、製品の修理を行います。このため、サービス担当者は活線作業実施のための教育を受けていなければなりません。設置やサービス作業を行えるのは適正な教育を受けたサービス担当者だけです。

ケースレー社の製品は国際電気標準会議（IEC）規格 IEC 60664 に従って設置カテゴリⅠ、または設置カテゴリⅡに位置付けられた電気信号を対象として設計されています。

測定、コントロール、および I/O 信号の殆どは設置カテゴリⅠに属するものであり、電源電圧や大きな過渡電圧源に直接接続することは許されません。設置カテゴリⅡの接続では、現場の AC 電源接続に往々に見られる大きな過渡電圧の印加に対する保護が必要となります。マニュアルに特段の注記、説明がない場合は、すべての測定、コントロール、I/O 接続はカテゴリⅠ信号源に接続するものと見なしてください。

感電の危険性が存在する場面では特別な注意が必要です。ケーブル接続ジャックや試験ジグには人命にかかわる高電圧が印加されていることがあります。米国規格協会（ANSI）においては、電圧レベルが 30V RMS、42.4V（ピーク値）または 60VDC を超える場合は常に感電や危険が存在すると規定されています。**未知回路を測定しようとするときは、常に危険な高電圧が存在するものとして作業を行ってください。**

オペレーターは作業中常に感電から保護されていなければなりません。責任者（団体）はオペレーターが危険個所に触れない/絶縁されているようにすべての接続ポイントを処置する必要があります。場合によっては、人が触れられるように接続箇所をあえて露出させなければならないことがあります。オペレーターは、このような状況でも感電事故から自分を保護できるように教育されていなければなりません。しかし、1000V を超える電圧で動作する可能性のある回路については、**決して回路の導電部位を露出させないでください。**

スイッチングカードを電流制限機能のない電源回路に直接接続しないでください。これらのカードはインピーダンスで制限された電源への接続を想定したものです。スイッチングカードは絶対に AC 電源に直結しないでください。スイッチングカードに電源を接続するときは、過大な電流や電圧がカードに印加されないようにする保護デバイスを装着してください。

装置を動作させる前に、電源コードが正しく接地されたコンセントに接続されていることを確認してください。

接続ケーブルや試験導線、ジャンパー等に磨耗や割れ目、断線などがいないか検査してください。

電源コードへのアクセスが難しい場所（ラックなど）に装置を設置する場合は、主電源を遮断できる独立したデバイスを装置のできるだけ近く、かつオペレーターが容易に操作できる位置に設けてください。

確実に安全を確保するため、被試験回路が通電されている間は製品、試験ケーブル、その他の装置には手を触れないようにしてください。次のような作業を行う場合は必ず事前に全回路の電源を切り、コンデンサーを放電させてください：ケーブル/ジャンパーの接続や取り外し、スイッチングカードの装着/取り外し、ジャンパーの取付け/取り外しなどの内部設定変更。

被試験回路のコモン側や電源 GND へ電流を流す経路となりえる物体には触らないでください。測定を行うときは手が濡れていないことを確認し、測定対象の電圧に十分耐える乾燥した非導電性の床の上に立って作業してください。

装置およびアクセサリはその仕様と指定された操作法に従って使用してください。これが守られない場合は装置を安全に使用して頂くことができません。


装置およびアクセサリの最大信号レベルを絶対に超えないようにしてください。この値は装置仕様と操作法に定義されており、さらに装置や試験ジグのパネル、スイッチングカードにも印刷されています。


製品が装着しているヒューズを交換するときは、引火事故を連続監視できるようにするため、必ず型式と定格が同じヒューズだけを使用してください。


筐体端子は測定回路のシールドの接続のみに用い、安全接地 GND の接続には使用しないでください。

試験ジグを使用する場合、被試験デバイスの通電中は必ず蓋を閉じてください。安全に作業するためにはインターロック付きの蓋を使用してください。



または  が表記された個所はユーザ用資料に推奨されたケーブルを用いて保安接地してください

装置上に  シンボルが表記された個所については、マニュアルに記載の操作説明を必ずご覧ください。

装置上に  シンボルが表記された個所は、通常およびコモンモード電圧の両方を考慮すると 1000 V またはそれ以上の電圧を発生/測定できることを示します。使用者がこのような電圧に直接触れないようにするため、標準的な対策を施して安全を保持してください。

マニュアルの中で「警告」という見出しに続く文は、使用する人に傷害（場合によっては致命的な）を引き起こす可能性のある危険性について説明しています。該当する操作を実行する前に必ず関連する情報を注意深く読んでください。

マニュアルの中で「注意」という見出しに続く文は装置の損傷に結びつく危険事項を説明しています。このような損傷は保証規定を無効にすることがありますからご注意ください。

装置およびアクセサリを人体に接続しないでください。

保守作業を行うときは必ず事前に電源ケーブルとすべての試験ケーブルを取り外してください。

感電や火災事故を防止するため、メイン回路コンポーネント（電源トランス、試験導線、入力ジャックなど）の交換部品は必ずケースレーから純正品を購入してください。ヒューズについては、該当安全規格を満たし、かつ型式と定格が一致するものであれば標準品を使用できます。それ以外の部品で装置の安全には関係しないものについては、本来の部品に同等の他社製品を購入して頂いてかまいません。

（ただし一部の指定された部品については、製品の確度と機能を保つために、直接ケースレーから購入して頂く必要があります。）交換部品の適用性についてご不明の点があるときは、ケースレーの支社、代理店にお問い合わせください。

装置をクリーニングするときは湿らせた布、または水溶性のクリーナーを使用してください。クリーニングできるのは装置の外周りだけです。装置自体（内部）は直接クリーナーで触らないでください、また、装置表面や内部に液体が入らないように注意してください。ケースや筐体のない裸の回路基板（コンピュータに装着するデータ収集基板など）は、指示に従って適切に操作されている限りにおいてクリーニングの必要はありません。基板が汚れ、それによって機能に影響が生じている場合は、基板をメーカーに返送してクリーニング/サービスを依頼してください。

目次

1 **ご使用前に**

はじめに	1-2
本マニュアルの概要	1-2
一般事項	1-2
保証について	1-2
連絡先について	1-2
安全に関するシンボルと用語	1-2
開梱と検査	1-3
オプションとアクセサリ	1-4
特徴	1-5
Model 6485 の前面/背面パネルに慣れましょう	1-6
Model 6485 前面パネルのまとめ	1-6
Model 6485 背面パネルのまとめ	1-8
アナログ出力	1-9
ディスプレイ	1-9
ステータスとエラーメッセージ	1-9
Model 6487 の前面/背面パネルに慣れましょう	1-9
Model 6487 前面パネルのまとめ	1-9
Model 6487 背面パネルのまとめ	1-12
電圧源	1-13
アナログ出力	1-13
デジタル I/O	1-13
ディスプレイ	1-13
ステータスとエラーメッセージ	1-14
電源を入れる	1-14
電源ラインの接続	1-14
電源周波数	1-14
起動シーケンス	1-14
デフォルト設定	1-15
ユーザセットアップの保存	1-15
セットアップの呼び戻し	1-15
工場デフォルトセットアップの呼び戻し	1-15
メニュー	1-18
SCPI プログラミング	1-19
コマンドのオプションワード	1-19
クエリーコマンド	1-19

2 接続

接続の基礎	2-2
Model 6485 の接続	2-2
最大入力レベル	2-2
Model 6487 の接続	2-3
DUT への基本接続	2-4
Model 6485 と DUT の接続	2-4
Model 6487 と DUT の接続	2-5
入力過電圧 (OVRVOLT メッセージ)	2-7
試験ジグの使用	2-7
汎用試験ジグ	2-7
Model 8009 抵抗測定用試験ジグ	2-8
Model 6487 インターロック	2-9
インターロックの接続	2-9
インターロックの動作	2-9
Model 487 と Model 6487 インターロックの機能上の差異	2-10
アナログ出力	2-10
測定実行のための注意事項	2-11

3 測定と電圧印加

測定の概要	3-2
電流測定	3-2
Model 6487 の電圧源	3-2
性能を引き出すために	3-2
ウォームアップ時間	3-2
電圧オフセット補正	3-2
自動ゼロ	3-2
ゼロチェックとゼロ補正	3-2
電流測定	3-3
注意事項	3-3
手順	3-4
SCPI プログラミング — 電流測定	3-6
プログラミング例 — 電流測定	3-6
Model 6487 の抵抗測定	3-6
概要	3-6
DC と交流電圧抵抗	3-6
手順	3-6
Model 6487 の電圧源操作	3-9
電圧源の設定	3-9
電圧を出力する	3-9
コンプライアンス表示	3-10
インターロックの「開」状態表示	3-10
SCPI コマンド — 電圧源	3-10
プログラミング例 — 電圧	3-10

4 測定レンジ、単位、桁数、速度、およびフィルタ

測定レンジ、単位、桁数	4-2
測定レンジ	4-2
SCPI プログラミング - レンジと桁数	4-3
プログラミング例 - レンジと桁数	4-3
速度	4-3
Model 6487 のダンピング	4-3
フィルタ	4-4
メディアン（中央値）フィルタ	4-4
デジタルフィルタ	4-4
フィルタのコントロール	4-4

5 相対測定、 $mX+b$ 、 $m/X+b$ （逆数）、対数

相対測定	5-2
前面パネル相対値	5-2
SCPI プログラミング- 相対測定	5-2
$mX+b$ 、 $m/X+b$ （逆数）、対数	5-2
$mX+b$ と $m/X+b$	5-2
対数	5-3
演算機能の設定	5-3
Model 6485	5-3
Model 6487	5-3
SCPI プログラミング — $mX+b$ 、 $m/X+b$ 、対数	5-3

6 バッファおよびスweep

バッファの操作	6-2
保存	6-2
取り出し	6-2
バッファのタイムスタンプ	6-2
SCPI プログラミングバッファ	6-3
プログラミング例	6-3
Model 6487 の電圧スweep	6-4
前面パネルからのスweep	6-4
SCPI プログラミング- スweep	6-4
プログラミング例	6-4

7 リモート操作とコマンド

インターフェイスの選択と設定	7-2
インターフェイス	7-2
接続	7-2
前面パネルからの GPIB 操作	7-3
リモートコマンド	7-3
共通コマンド	7-4
信号処理指向コマンド	7-4
SCPI コマンドサブシステム	7-4
プログラム構文	7-5

A 仕様書

6485 ピコアンメータ仕様書	A-1
6487 ピコアンメータ仕様書	A-2

B 測定に関する一般的注意事項

測定実行のための注意事項	B-2
グラウンドループ	B-2
摩擦電気効果	B-3
圧電効果と電荷蓄積効果	B-3
電気化学効果	B-3
湿度	B-3
光	B-3
静電気干渉	B-3
磁場	B-4
電磁気干渉 (EMI)	B-4

C プログラム例

プログラミング例	C-2
毎秒 1000 回読み込んで内蔵バッファに保存します	C-2
毎回 900 個のデータを IEEE-488 バスに送出	C-2
3000 個の読み取り値を内蔵バッファに保存します	C-3

1 ご使用前に

- はじめに — Model 6485 と Model 6487 ピコアンメータについて説明します。
- 本マニュアルの概要 — 本マニュアルの内容について説明します
- 一般情報 — 保証規定、お客様からの問い合わせ先、安全シンボルや用語、開梱と検査、適用可能なオプションやアクセサリ等の一般的な情報を提供します。
- 特徴 — Model 6485 と 6487 の特徴をまとめて説明します。
- Model 6485 の前面/背面パネルに慣れましょう — Model 6485 のコントロール要素とコネクタについて説明し、前面パネルのディスプレイについて解説します。
- Model 6487 の前面/背面パネルに慣れましょう — Model 6487 のコントロール要素とコネクタについて説明し、前面パネルのディスプレイについて解説します。
- 電源を入れる — 電源の接続、電源周波数、および装置の立ち上げ手順を説明します。
- デフォルト設定 — ユーザが使用できる 5 種類のセットアップ（3 種類のユーザ定義、GPIB デフォルト、工場デフォルト）について説明します。
- メニュー — Model 6485 と 6487 のメニュー構成について説明します。
- SCPI プログラミング — 本マニュアルでの SCPI コマンドの説明方法について。

はじめに

Model 6485 と 6487 はバスプログラム可能（RS-232 と IEEE-488）な高分解能ピコアンメータです。Model 6485、6487 は 8 段階の電流測定レンジ（20 mA から下は 2 nA レンジまで）を持っています。Model 6487 はこの他に $\pm 500\text{V DC}$ の電圧発生と抵抗測定機能を備えており、この機能は電圧を交互に切替える能力を持っていますから超高抵抗測定における確度と再現性向上に役立ちます。

本マニュアルの概要

本マニュアルは Model 6485、6487 ピコアンメータの接続、プログラム、および維持管理について説明します。マニュアルの構成は次のとおりです：

- － セクション 1：ご使用前に
- － セクション 2：接続
- － セクション 3：測定、および電圧発生（Model 6487 のみ）
- － セクション 4：測定レンジ、単位、桁数、速度、およびフィルタ
- － セクション 5：相対測定、 $mX+b$ 、 $m/X+b$ （逆数）、対数
- － セクション 6：バッファおよびスリーブ
- － セクション 7：リモート操作とコマンド

本装置の仕様と特定の項目に関する追加情報が付録としてまとめられています。付録の構成は次のとおりです：

- － 付録 A:仕様
- － 付録 B:測定に関する一般的注意事項
- － 付録 C：プログラム例

一般事項

保証について

保証に関する説明は本マニュアルの巻頭に記載されています。ご使用の Model 6485、6487 に保証規定に従ってサービスが必要となった場合には最寄のケースレーオフィスまたは代理店に詳細をお問い合わせください。修理品を返送される場合は、サービス書式（本マニュアルの巻末に添付）に必要事項を完全に記入のうえ、それを返送品に添付して修理担当施設に必要情報をお伝えください。


連絡先について


本マニュアルの巻頭に世界中の連絡先電話番号を記載してあります。ご不明の点については最寄のケースレー支社、または直接弊社のアプリケーションエンジニア（03-5733-7555）までお問い合わせください。


安全に関するシンボルと用語

装置本体および本マニュアルでは以下のシンボルと用語を使用します：



または  が表記された個所は、ユーザ用資料に推奨されたケーブルを用いて保安接地してください

装置上に  シンボルが表記された個所については、マニュアルに記載の操作説明を必ずご覧ください。

装置上に  シンボルが表記された個所は、通常およびコモンモード電圧の両方を考慮すると 1000 V またはそれ以上の電圧を発生/測定できることを示します。使用者がこのような電圧に直接触れないようにするため、標準的な対策を施して安全を保持してください。

「警告」という見出しに続く文は、使用する人に傷害（場合によっては致命的な）を引き起こす可能性のある危険性について説明しています。該当する操作を実行する前に必ず関連する情報を注意深く読んでください。

「注意」という見出しに続く文は装置の損傷に結びつく危険事項を説明しています。このような損傷は保証規定を無効にすることがありますからご注意ください。

開梱と検査

損傷の有無の検査

Model 6485/6487 は工場出荷前に厳重な電氣的、機械的検査を受けています。輸送容器を開いて全品目を取り出されたら、輸送中に物理的な損傷が発生した兆候が見られないかチェックしてください。（ディスプレイやレンズ等には保護用のフィルムを被せていることがあります。これらのフィルムは取り除いてかまいません。）損傷が発見された場合は直ちに輸送業者に連絡してください。梱包カートンなどは将来の輸送に備えて保管しておいてください。Model 6485/6487 をバッグから取り出す前に、下に説明する取扱い上の注意事項をお守りください。

取扱い上の注意事項

- Model 6485/6487 を掴むときは常にカバー部分を持ってください。
- 静電気防止バッグからユニットを取り出した後は、ユニットに目視で分るような物理的損傷の兆候がないかチェックしてください。このような損傷が発見された場合は直ちに輸送業者に連絡してください。
- すぐに装置を設置して接続する必要のない場合は、ユニットを静電気防止バッグに収めた状態でオリジナル輸送容器に入れて保管してください。

梱包内容

Model 6485

以下の項目は、発注内容にかかわらずすべての Model 6485 に同梱されます。

- Model 6485 ピコアンメータ（電源ケーブル付）
- 低ノイズケーブル、両端をオス BNC コネクタで終端（Model 4801）
- 保護用 BNC シールド/キャップ（CAP-18）
- バナナクリップとネジ端子間アダプタ（Model CA-186-1B）
- アクセサリ（発注内容により異なります）
- 校正証明書
- Model 6485/6487 ユーザマニュアル（P/N 6487-900-00）
- 補足マニュアル（装置 / マニュアルの最新の改良あるいは変更内容を説明しています）
- 製品情報 CD-ROM、ユーザマニュアルと装置マニュアルの PDF 版が書き込まれています

Model 6487

以下の項目は、発注内容にかかわらずすべての Model 6487 に同梱されます。

- Model 6487 ピコアンメータ（電源ケーブル付）
- Triax 保護用シールド/キャップ（CAP-31）
- 7078-TRX-3 Triax ケーブル
- Model 8607 1kV 発生側バナナケーブルセット
- CS-459 4-ピンインターロックコネクタ（メス）
- アクセサリ（発注内容により異なります）
- 校正証明書
- Model 6485/6487 ユーザマニュアル（P/N 6487-900-00）
- 製品情報 CD-ROM、ユーザマニュアルとリファレンスマニュアルの PDF 版が書き込まれています

オプションとアクセサリ

Model 6485 用入力ケーブル、コネクタ、およびアダプタ

Model 4801 入力ケーブル — 長さ 4ft (1.2m) の低ノイズ同軸ケーブル。両側共 BNC コネクタ（オス）で終端されています。（発注内容にかかわらず Model 4801 が 1 本含まれます）

Model 4802-10 — 長さ 10 ft (3m) の低ノイズ同軸ケーブル。一方の端が BNC コネクタ（オス）で終端されています（他方は終端処理されていません）。

Model 4803 低ノイズケーブルキット

- 低ノイズ同軸ケーブル× 15m (50 ft)
- オス BNC コネクタ× 10 個
- メス BNC コネクタ（シャーシ取付け）× 5 個

Model 7078-TRX-BNC アダプタ — メス BNC 接続用のオス 3 軸、× 3 スロット

Model 8607 — バナナケーブルセット（1m）

CA-186-1B — バナナクリップとネジ端子接続用アダプタ（発注内容にかかわらず CA-186-1B が 1 つ含まれます）

CAP-18 — BNC コネクタ用保護シールド/キャップ（発注内容にかかわらず CAP-18 が 1 つ含まれます）

CS-565 バレルアダプタ — 2 本の BNC ケーブルの相互接続に使用します。このアダプタの両端は 2 個のラグの付いたメス BNC コネクタで終端されています。

Model 6487 用入力ケーブル、コネクタ、およびアダプタ

237 TRX-BAR バレルアダプタ — 2 本の 3 軸ケーブルの相互接続に使用します。このアダプタの両端は 3 個のラグの付いたメス 3 軸コネクタで終端されています。

Model 237-ALG-2 3 軸ケーブル — 長さ 2m (6.6 ft) の低ノイズ 3 軸ケーブル。このケーブルの一方の端はオス 3 軸コネクタ（3 スロット）、他方の端は 3 個のワニ口クリップで終端されています。

Model 237-TRX-T アダプタ — 3 スロットのオスと 3 ラグタイプのメス 3 軸 T 字アダプタを接続するアダプタ。7078-TRX 3 軸ケーブルに使用します。Model 6487 を高電圧源として使用するアプリケーションに適しています。

Model 237-TRX-TBC コネクタ — 3 ラグタイプのメス 3 軸バルクヘッドコネクタ。カスタムパネル組み立てとインターフェイス接続用のキャップが付属します。Model 6487 を高電圧源として使用するアプリケーションに適しています。

Models 7078-TRX-3、7078-TRX-10、7078-TRX-20 3 軸ケーブル — 両端を 3 スロットのオス 3 軸コネクタで終端した低ノイズ 3 軸ケーブル。ケーブル長はそれぞれ、"-3" モデルが 3ft (0.9m)、"-10" モデルが 10ft (3m)、"-20" モデルが 20ft (6m) です。

Model 7078-TRX-TBC コネクタ — 3 ラグタイプのメス 3 軸バルクヘッドコネクタ。カスタムパネル組み立てとインターフェイス接続用のキャップが付属します。Model 6487 を高電圧源として使用するアプリケーションに適しています。

Model 8009 抵抗試験用取付けジグ — 容積、面積抵抗を測定するための保護付き試験用取付けジグです。直径 64~102mm (2½ ~ 4 in)、厚さ 3.175mm (⅛ in) までのシート状サンプルを収容できます。

Model 8606 高性能プローブ先端キット — 2 個のスピードラグと 2 個のワニ口クリップ、および 2 本のバネフック試験プローブから構成されています。（スピードラグとワニ口クリップの定格は 30V RMS、ピーク電圧 42.4V です。試験プローブの定格は 1000 V です。）これらのコンポーネントはバナナプラグで終端された高性能試験導線用（例：Model 8607 高性能バナナケーブル）として設計されています。

Model 8607 高性能バナナケーブル — 2 本の高電圧（1000V）バナナケーブルから構成されています。ケーブルは引き込み式鞘の付いたバナナプラグで終端されています。

CAP-31 保護シールド/キャップ — 3 ラグ付き 3 軸コネクタと共に使用します。

Model 6487 インターロックケーブルとコネクタ

Model 6517-ILC-3 インターロックケーブル — Model 6487 のインターロックから Model 8009 試験取付けジグへの接続用に設計されています。

Model 8002-ILC-3 インターロックケーブル — 試験取付けジグ蓋のインターロック回路を Model 6487 インターロック回路へ接続するために設計されています。

CS-459 4-ピンインターロックコネクタ（メス）— 外部回路のカスタム結線を Model 6487 のインターロックへ接続します。

GPIB、RS-232、およびトリガリンク用ケーブルとアダプタ

Model 7007-1、7007-2 シールド付 GPIB ケーブル — Model 6485/6487 を GPIB バスに接続します。シールド付ケーブルとコネクタを使用しますから電磁干渉 (EMI) を減らす効果があります。ケーブル長は Model 7007-1 が 1m、Model 7007-2 が 2m です。

Model 7009-5 シールド付 RS-232 ケーブル — Model 6485/6487 を RS-232 インターフェイスへ接続します。シールド付ケーブルとコネクタを使用しますから電磁干渉 (EMI) を減らす効果があります。Model 7009-5 のケーブル長は 5 ft です。

Model 8501-1、8501-2 トリガリンクケーブル — トリガリンクコネクタを使用して Model 6485/6487 を他の装置 (例えば Model 7001 スイッチシステム) へ接続します。ケーブル長は Model 8501-1 が 1m、Model 8501-2 が 2m です。

Model 8502 トリガリンクアダプタ — Model 6485/6487 からのトリガリンクの 6 本の信号線のいずれかを標準 BNC トリガコネクタを装備した装置に接続します。

Model 8503 DIN - BNC トリガケーブル — Model 6485/6487 のトリガリンク信号線の 1 (電圧計変換完了) と 2 (外部トリガ) を BNC トリガコネクタを装置した装置に接続します。Model 8503 のケーブル長は 1m です。

ラック取付けキット

Model 4288-1 シングル固定ラック取付けキット — 1 台の Model 6485/6487 を標準 19 インチラックに取付けます。

Model 4288-2 サイドバイサイドラック取付けキット — 2 台の装置 (Model 182、428、486、487、2000、2001、2002、2010、2400、2410、2420、2430、6430、6485、6487、6517A、7001) を横並びに標準 19 インチラックに取付けます。

Model 4288-4 サイドバイサイドラック取付けキット — Model 6485/6487 と 1 台の 5.25 インチ装置 (Model 195A、196、220、224、230、263、595、614、617、705、740、775A、6512) を横並びに標準 19 インチラックに取付けます。

持ち運びケース

Model 1050 持ち運びケース (クッション付) — ハンドルと肩掛けトラップの付いた Model 6485/6487 用持ち運びケース。

追加参考資料

この資料と併せて以下のドキュメントも参照されると更に理解が深まります。

Model 6485 インストラクションマニュアル — 製品に添付の製品情報 CD-ROM 内に電子ファイルとして提供されます。このドキュメントは Model 6485 の操作ばかりでなく性能確認、校正、日常メンテナンスについても詳しく説明しています。詳細については www.keithley.com をご覧ください。

Model 6487 リファレンスマニュアル — 製品に添付の製品情報 CD-ROM 内に電子ファイルとして提供されます。このドキュメントは Model 6487 の操作ばかりでなく性能確認、校正、日常メンテナンスについても詳しく説明しています。詳細については www.keithley.com をご覧ください。

高感度測定ハンドブック — 微小電流 / 電圧測定や高インピーダンス測定を効率的に実施して頂くためにケースレーが提供しているガイド。詳細については www.keithley.com をご覧ください。

特徴

Model 6485/6487 は電流測定用の高性能ピコアンメータです (Model 6487 は抵抗も測定します)。測定機能の詳細についてはセクション 2 で説明します (「接続の基本」)。Model 6485/6487 ピコアンメータは次のような特徴を備えています：

- セットアップ情報の保存 — 5 種類の装置セットアップ (3 種類のユーザ設定、GPIB デフォルト設定、工場出荷時のデフォルト設定) を記憶して簡単に呼び出せます。
- $mX+b$ 、 $A_m/X+b$ (抵抗計算用の逆数機能)、および常用対数 — 読み取った値に必要な計算を施します (セクション 5)。
- 相対値 — ゼロ点オフセット、またはベースライン値を確定 (セクション 5)。
- バッファ — データを内蔵バッファに記憶します (セクション 6)。
- リミット — 装置試験用として 2 段階までの読み取り値上下限を設定することができます (Model 6485 インストラクションマニュアルのセクション 8、または Model 6487 リファレンスマニュアルを参照)。
- デジタル I/O ポート (Model 6487 のみ) — 外部装置をコントロールしてリミット試験とコンポーネント取扱い装置とのインターフェイスをとれるように、4 本の出力と 1 本の入力を備えています。(Model 6487 リファレンスマニュアルのセクション 8 参照。)

- ・ リモートインターフェイス — Model 6485/6487 は IEEE-488 (GPIB)、または RS-232 インターフェイスを使用してコントロールすることができます (セクション 7)。
- ・ 電圧源 (Model 6487 のみ) — 内部 $\pm 500V$ 電圧源は抵抗機能にも使用されます (セクション 3)。
- ・ GPIB プログラミング言語 — GPIB を使用する場合は、SCPI または DDC プログラム言語を使用して装置の動作をプログラムすることができます。

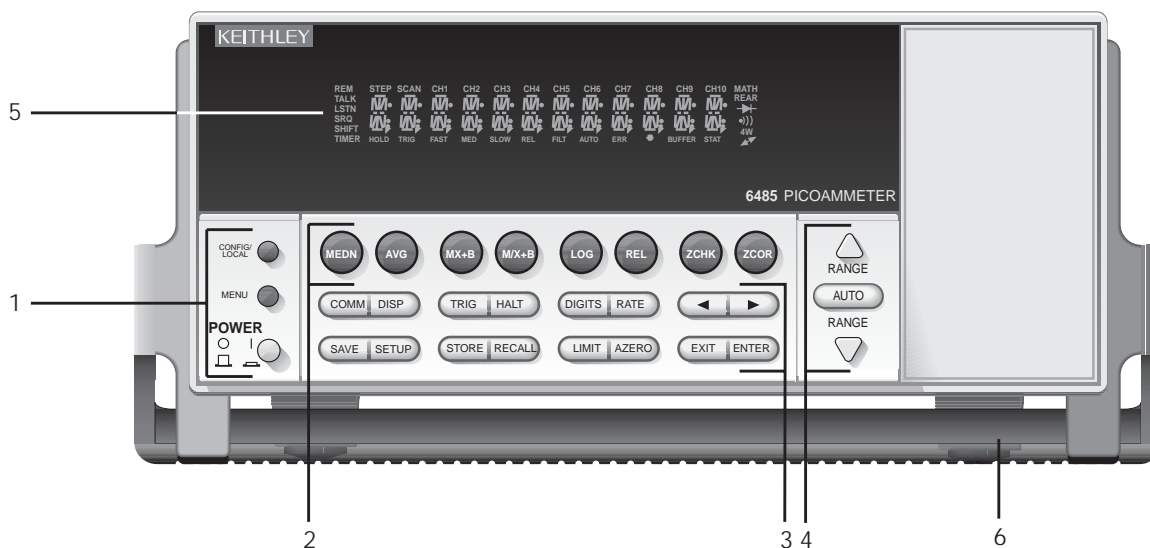
Model 6485 の前面 / 背面パネルに慣れましょう

Model 6485 前面パネルのまとめ

Model 6485 の前面パネルを図 1-1 に示します。

図 1-1

Model 6485 前面パネル



注 キーのプロパティを変更したい場合は、まず CONFIG / LOCAL キー (「特殊キーと電源スイッチ」参照) を押してから目的のキーを押してください。全部のキーのプロパティを変更できる訳ではありません。

1 特殊キーと電源スイッチ

CONFIG/ 装置がローカルモードにあるときに、このキーに続いて押されるキーのプロパティ設定を変更するために使用します。

LOCAL 装置をリモート操作 (REM 表示点灯) しているときにこのキーを押すと GPIB リモートモードが解除されます。

MENU メニューへアクセスします。

POWER 電源スイッチです。"I" 側に倒すと 6485 の電源が入り、"O" 側に倒すと電源が切れます。

2 ファンクションキー

MEDN 平均値フィルタの特性をコントロール/変更したいときに使用します。

AVG デジタルフィルタの特性をコントロール/変更したいときに使用します。

MX+B mX+b 演算機能を実行/機能設定したいときに使用します。

M/X+B m/X+b 演算機能を実行/機能設定したいときに使用します。

LOG 出力/表示を常用対数 (log10) 変換したいときに使用します (ON/OFF)。

REL 相対値 (RELative) 機能をコントロール/特性設定したいときに使用します。

ZCHK ゼロチェック (Zero Check) 機能を実行するときに使用します。

ZCOR ゼロ補正機能をコントロールするときに使用します (ON/OFF)。

3 操作キー


COMM	通信機能 (GPIB または RS-232) をコントロール/特性変更したいときに使用します。
DISP	ディスプレイの ON/OFF を切換えます。
TRIG	測定にトリガをかけます。このキーを押すと 6845 がアイドリング状態から脱出します。トリガの特性変更にもこのキーを使用します。
HALT	測定プロセスを停止します。6485 はアイドリング状態に入ります。
DIGITS	表示分解能の設定に使用します。
RATE	測定速度を選択するときに使用します。
左向き矢印と右向き矢印キー	選択肢の指定や値の編集を行うときにカーソル位置をコントロールします。
SAVE	現在のセットアップの内容をメモリの指定位置に保存するときに使用します。
SETUP	セットアップを GPIB または工場デフォルトに戻すとき、またはユーザメモリ位置へ戻すときに使用します。電源投入時に選択されるデフォルトセットアップを GPIB、工場デフォルト、あるいはユーザメモリの指定位置に変更するときにもこのキーを使用します。
STORE	バッファをスタートさせて保存される読み取り値の数を変更するときに使用します。
RECALL	保存されている読み取り値 (最大、最小、ピークツーピーク、平均、標準偏差を含む) を表示させたいときに使用します。上向き矢印または下向き矢印レンジキーはバッファの内容をスクロールし、左向き矢印キーまたは右向き矢印キーは読み取り番号、読み取り値、タイムスタンプを相互に切換えます。
LIMIT	リミット試験の実行/作成に使用します。
AZERO	自動ゼロ機能のコントロール (ON/OFF) に使用します。
EXIT	選択内容をキャンセルして測定画面に復帰するときに使用します。
ENTER	選択内容を確定させて次の選択項目へ移るとき、または測定画面に復帰するときに使用します。

4 レンジキー

上向き矢印	一段高い測定レンジを選択するときに使用します。自動レンジの上限を変更する場合にもこのキーを使用します。
下向き矢印	一段低い測定レンジを選択するときに使用します。自動レンジの下限を変更する場合にもこのキーを使用します。
AUTO	自動レンジ機能の使用/非使用を選択します。

5 ディスプレイの通知機能

* (アスタリスク) 読み込んだ値がバッファに保存されています。

 (more)	追加の選択項目がまだ残っていることを示します。
AUTO	自動レンジ機能がアクティブになっています。
BUFFER	バッファに保存された読み取り値を呼び出しています。
ERR	読み取り値に問題あり、または無効な計算ステップ。
FAST	読み取り速度として高速 (0.1 PLC) が選択されています。
FILT	MEDIAN (中心値) と AVERAGE (平均値) フィルタのいずれか、または両方がアクティブになっています。
LSTN	装置が GPIB 上でリスナに指定されています。
MATH	$mX+b$ 、 $m/X+b$ 、または \log_{10} 計算がアクティブになっています。
MED	読み取り速度として中速 (1 PLC) が選択されています。
REL	現在の測定機能に対して相対機能がアクティブになっています。
REM	GPIB 上で装置がリモートモードに設定されています。
SLOW	読み取り速度として低速が選択されています: 60Hz の場合は 6 PLC、50Hz の場合は 5 PLC。
SRQ	GPIB 上にサービス要求が出されています。
STAT	バッファの統計量を表示します。
TALK	装置が GPIB 上でトーカーに指定されています。
TIMER	タイマーでコントロールされたトリガの使用中です。
TRIG	外部トリガ (GPIB、またはトリガリンク) が選択されています。

6 ハンドル

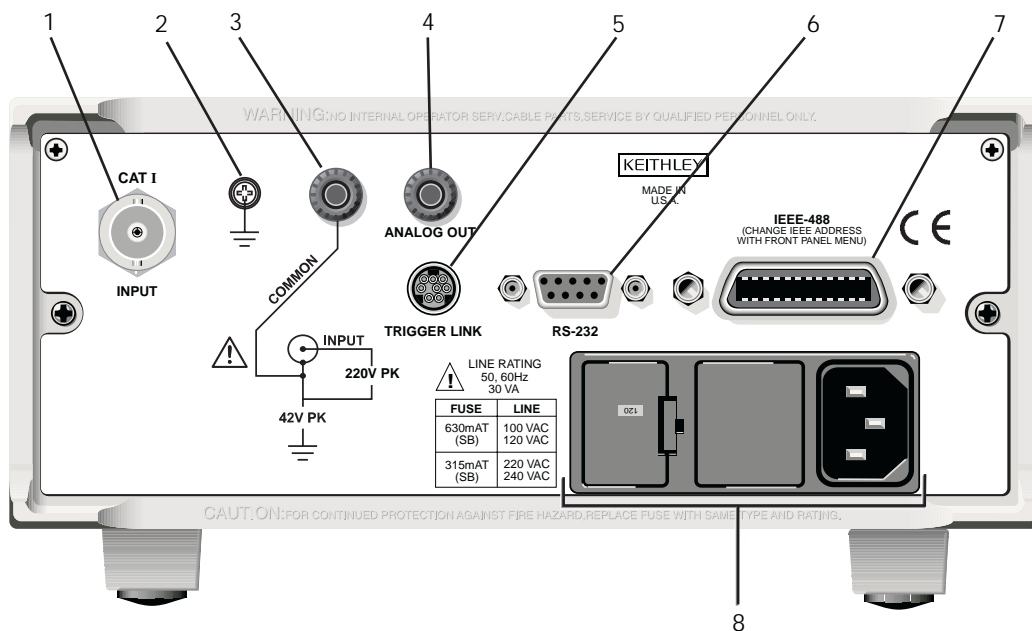
引き出して、希望する位置まで回転させてください。

Model 6485 背面パネルのまとめ

Model 6485 の背面パネルを図 1-2 に示します。

図 1-2

Model 6485 背面パネル



1 INPUT (入力)

標準 BNC コネクタ (メス) を使用して測定対象の信号を Model 6485 の入力に接続します。BNC ケーブルと嵌合します。

2 シャーシ

このネジ端子を使用して COMMON と筐体 (CHASSIS) GND を接地リンクコネクタを介して接続します。

3 COMMON

この標準バナナコネクタを使用して LO レベル共通信号を入力し、または ANALOG OUT の共通信号レベルとして使用します。接地リンクとしても使用できます。

4 ANALOG OUT (アナログ出力)

この標準バナナコネクタがスケーリング後の反転出力を出力します (すべての測定レンジを 2V フルスケールで反転出力します)。

5 TRIGGER LINK (トリガリンク)

相互接続された装置間でトリガパルスの送受信を行うための 8 ピンマイクロ DIN コネクタ。接続にはトリガリンクケーブル/アダプタ (Model 8501-1、8501-2、8502、8503 など) を使用してください。

6 RS-232

RS-232 動作に使用する DB-9 (メス) コネクタ。ストレート結線のシールド付 DB-9 ケーブルを使用してください (ヌルモデムは使えません)。

7 IEEE-488

IEEE-488 (GPIB) 動作用コネクタ。Model 7007-1、7007-2 などのシールド付ケーブルを使用してください。

8 電源モジュール

AC ラインの受け口コンセントと電源ヒューズが収められています。本装置の電源電圧は自動的に (またはバス操作によって) 115V と 230VAC (公称値) のいずれかに設定することができます (周波数: 50 または 60Hz)。電圧を変更した場合にはヒューズも交換する必要があります。

アナログ出力

Model 6485 のアナログ出力は背面パネルに配置されています。ANALOG OUT はスケーリングされた反転 $\pm 2V$ を出力します。したがって、 $\pm 2V$ 出力が読み取り値のフルスケールに相当します。アナログ出力操作に関する詳細についてはセクション 2 「アナログ出力」をご覧ください。

ディスプレイ

読み取り値は工業単位、科学表記のどちらの方法でも表示が可能です。現在どのような動作状態にあるかは表示ランプが知らせてくれます。ディスプレイ上のすべての表示ランプの内容がセクション 1 「Model 6485 前面パネルのまとめ」に説明されています。

注 読み取り値を科学表記で表示しているときは表示分解能を変更することができません。

Display と Key Test を使用して表示桁と表示ランプをセグメントごとにテストしてフロントパネルキーの機能をチェックすることができます。これらのテスト項目に入っていくには MENU を使用します。

ステータスとエラーメッセージ

ステータスとエラーメッセージは一時的にだけ表示されます。操作中、およびプログラミング中は前面パネルに何種類ものメッセージが表示されます。ステータスやエラーの種類を示すメッセージが典型的なものですが、メッセージ一覧は Model 6485 インストラクションマニュアルの付録 B に載せられています。

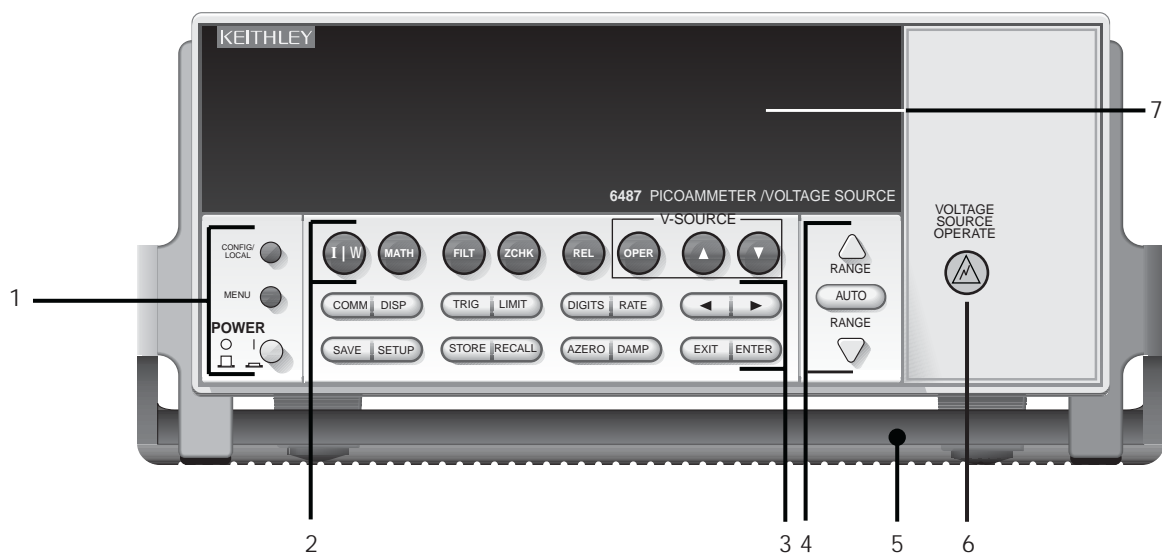
Model 6487 の前面 / 背面パネルに慣れましょう

Model 6487 前面パネルのまとめ

Model 6487 の前面パネルを図 1-3 に示します。

図 1-3

Model 6487 前面パネル



注 キーのプロパティを変更したい場合は、まず CONFIG / LOCAL キー（「特殊キーと電源スイッチ」参照）を押してから目的のキーを押してください。全部のキーのプロパティを変更できる訳ではありません。

1 特殊キーと電源スイッチ

CONFIG/	装置がローカルモードにあるときに、このキーに続いて押されるキーのプロパティ設定を変更するために使用します。
LOCAL	装置をリモート操作 (REM 表示点灯) しているときにこのキーを押すと GPIB リモートモードが解除されます。
MENU	メニューへアクセスします。
POWER	電源スイッチです。“I” 側に倒すと 6487 の電源が入り、“O” 側に倒すと電源が切れます。

2 ファンクションキー

I W	通常の電流測定から抵抗測定に切換えるときに使用します。
MATH	選択されている演算 (MATH) 機能を実行状態にします (CONFIG >> MATH キーシーケンスによって選択された演算機能)。
FILT	フィルタリングを実行します (CONFIG >> FILT キーシーケンスによって選択されたフィルタ)。
ZCHK	ゼロチェック (Zero Check) 機能を実行するときに使用します。
REL	相対値 (RElative) 機能をコントロール/特性設定したいときに使用します。
OPER	電圧源 (Vsource) の状態を切換えします (インジケータが Vsource の状態を表示します)。(CONFIG >> OPER キーシーケンスで設定された状態)。
V-SOURCE 上向き矢印	電圧源の値を増加させます。
V-SOURCE 下向き矢印	電圧源の値を低下させます。

3 操作キー

COMM	通信機能 (GPIB または RS-232) をコントロール/特性変更したいときに使用します。
DISP	ディスプレイの ON/OFF を切換えます。
TRIG	測定にトリガをかけます。このキーを押すと 6847 がアイドリング状態から脱出します。トリガの特性変更にもこのキーを使用します。
LIMIT	リミット試験の実行/作成に使用します。
DIGITS	表示分解能の設定に使用します。
RATE	測定速度を選択するときに使用します。
左向き矢印と右向き矢印キー	選択肢の指定や値の編集を行うときにカーソル位置をコントロールします。
SAVE	現在のセットアップの内容をメモリの指定位置に保存するときに使用します。
SETUP	セットアップを GPIB または工場デフォルトに戻すとき、またはユーザメモリに戻すときに使用します。電源投入時に選択されるデフォルトセットアップを GPIB、工場デフォルト、あるいはユーザメモリの指定位置に変更するときにもこのキーを使用します。
STORE	バッファをスタートさせて保存される読み取り値の数を変更するときに使用します。
RECALL	保存されている読み取り値 (最大、最小、ピークツーピーク、平均、標準偏差を含む) を表示させたいときに使用します。上向き矢印 と下向き矢印 レンジキーはバッファの内容をスクロールし、左向き矢印または右向き矢印キーは読み取り番号、読み取り値、電圧、タイムスタンプを相互に切換えます。
AZERO	自動ゼロ機能のコントロール (ON/OFF) に使用します。
DAMP	減衰機能をコントロール (ON/OFF) するときに使用します。
EXIT	選択内容をキャンセルして測定画面に復帰するときに使用します。
ENTER	選択内容を確定させて次の選択項目へ移るとき、または測定画面に復帰するときに使用します。

4 レンジキー

上向き矢印	一段高い測定レンジを選択するときに使用します。自動レンジの上限を変更する場合にもこのキーを使用します。
下向き矢印	一段低い測定レンジを選択するときに使用します。自動レンジの下限を変更する場合にもこのキーを使用します。
AUTO	自動レンジ機能の使用/非使用を選択します。

5 ハンドル

引き出して、希望する位置まで回転させてください。

6 電圧源動作中 (VOLTAGE SOURCE OPERATE) インジケータ

電圧源が動作中にこのインジケータが点灯します (電圧源出力が ON になります)。装置への電源投入時にも、電圧源が機能することを示すために約 0.7 秒間だけ点灯します。

警告 電圧源動作中インジケータが点灯しているときは、背面パネルの V-SOURCE OUTPUT 端子に危険な高電圧が出力されています。

7 ディスプレイの表示ランプ

* (アスタリスク) 読み込んだ値がバッファに格納されています。

➤ (more) 追加の選択項目がまだ残っていることを示します。

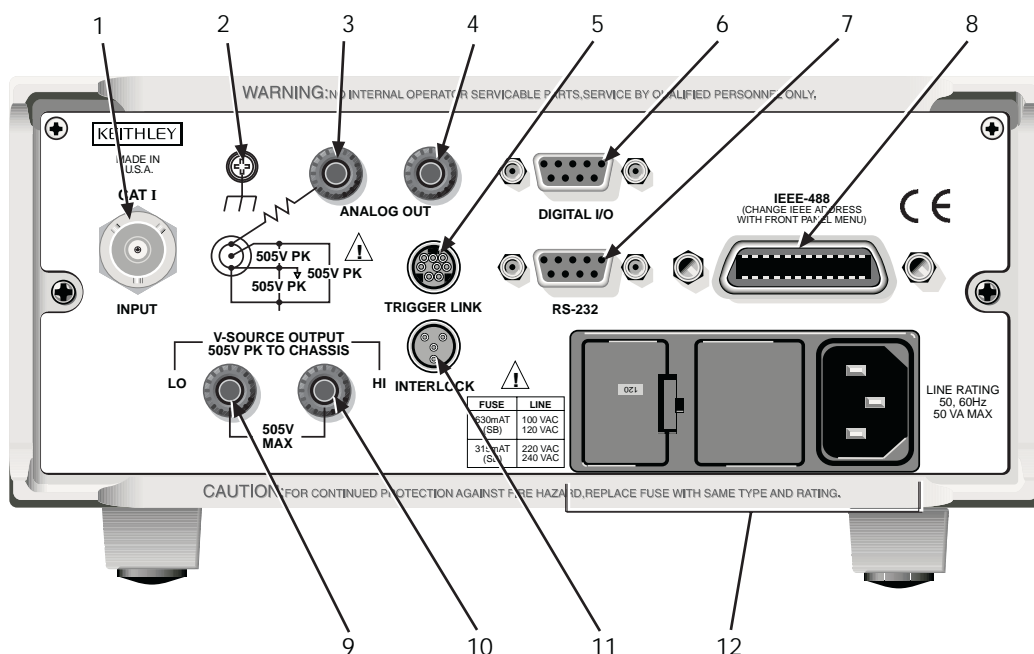
AUTO	自動レンジ機能がアクティブになっています。
BUFFER	バッファに格納された読み取り値を呼び出しています。
ERR	読み取り値に問題があります、または計算ステップが無効です。
FAST	読み取り速度として高速 (0.1 PLC) が選択されています。
FILT	MEDIAN (中心値) と AVERAGE (平均値) フィルタのいずれか、または両方がアクティブになっています (DAMPING (減衰) もアクティブになっています)。
LSTN	装置が GPIB 上でリスナに指定されています。
MATH	$mX+b$ 、 $m/X+b$ 、または \log_{10} 計算がアクティブになっています。
MED	読み取り速度として中速 (1 PLC) が選択されています。
REL	現在の測定機能に対して相対機能がアクティブになっています。
REM	GPIB 上で装置がリモートモードに設定されています。
SLOW	読み取り速度として低速が選択されています: 60Hz の場合は 6 PLC、50Hz の場合は 5 PLC。
SRQ	GPIB 上にサービス要求が出されています。
STAT	バッファの統計量を表示します。
TALK	装置が GPIB 上でトーカーに指定されています。
TIMER	タイマーでコントロールされたトリガの使用中です。
TRIG	外部トリガ (GPIB、またはトリガリンク) が選択されています。
MON	ゼロ補正機能がアクティブになっています。
SCAN	電圧スweep機能が実装されており、即実行可能な状態にあります。
OCOMP	電圧源が指示通りの正しい電圧を発生しています。

Model 6487 背面パネルのまとめ

Model 6487 の背面パネルを図 1-4 に示します。

図 1-4

Model 6487 背面パネル



1 INPUT (入力)

標準 3 ラグ 3 軸コネクタ (メス) を使用して測定対象の信号を Model 6487 入力に接続します。3 スロット 3 軸コネクタ (オス) ケーブルに嵌合します。

2 シャーシ

このネジ端子を使用して COMMON と筐体 (CHASSIS) GND を接地リンクコネクタを介して接続します。

3 COMMON

この標準バナナコネクタを使用して LO レベル共通信号の入力します、または ANALOG OUT の共通信号レベルとして使用します。接地リンク用としても使用できます。ANALOG OUT 共通端子から LO 入力までに 1k Ω の抵抗があることに注意してください。

4 ANALOG OUT (アナログ出力)

この標準バナナコネクタがスケーリング後の反転出力を出力します (すべての測定レンジを 2V フルスケールで反転出力します)。

5 TRIGGER LINK (トリガリンク)

相互接続された装置間でトリガパルスの送受信を行うための 8 ピンマイクロ DIN コネクタ。接続にはトリガリンクケーブル/アダプタ (Model 8501-1、8501-2、8502、8503 など) を使用してください。

6 DIGITAL I/O (デジタル I/O)

デジタル出力、およびコンポーネント取扱い装置への信号出力に使用する DB-9 (オス) コネクタ。

7 RS-232

RS-232 動作に使用する DB-9 (メス) コネクタ。ストレート結線のシールド付 DB-9 ケーブルを使用してください (ヌルモデムは使えません)。

8 IEEE-488

IEEE-488 (GPIB) 動作用コネクタ。Model 7007-1、7007-2 などのシールド付ケーブルを使用してください。

9 V-SOURCE OUTPUT LO

この標準バナナコネクタを使用して 6487 電圧源の低電位側 (LO) に接続します。

警告 前面パネルの動作中インジケータが点灯しているときは、背面パネルの V-SOURCE OUTPUT 端子に危険な高電圧が出力されています。

注意 6487 の電圧源へ外部電源を接続しないでください。外部電源は 6487 の電圧源を破壊する恐れがあります。

10 V-SOURCE OUTPUT HI

この標準バナナコネクタを使用して 6487 電圧源の高電位側 (HI) に接続します。

注意 6487 の電圧源へ外部電源を接続しないでください。外部電源は 6487 の電圧源を破壊する恐れがあります。

11 INTERLOCK

このインターロックコネクタを使用して 6487 の電圧源を試験用固定ジグのインターロックコネクタと接続します。

12 電源モジュール

AC ラインの受け口コンセントと電源ヒューズが収められています。本装置の電源電圧は自動的に (またはバス操作によって) 115V と 230VAC (公称値) のいずれかに設定することができます (周波数: 50 または 60Hz)。電圧を変更した場合にはヒューズも交換する必要があります。

電圧源

Model 6487 の電圧源は最高 $\pm 505V$ までの直流電圧を出力する能力を持ち、この機能を利用して抵抗測定を行います。電圧源操作の詳細についてはセクション 2 「DUT の基本接続」をご覧ください。

アナログ出力

Model 6487 のアナログ出力は背面パネルに配置されています。ANALOG OUT はスケーリングされた反転 $\pm 2V$ を出力します。したがって、 $\pm 2V$ 出力が読み取り値のフルスケールに相当します。アナログ出力操作に関する詳細についてはセクション 2 「アナログ出力」をご覧ください。

デジタル I/O

Model 6487 のデジタル I/O ポートは背面パネルに配置された DB-9 (オス) コネクタです。4 本のデジタル出力 (Low がアクティブ状態) と 1 本の入力ラインを使用して外部回路をコントロールします。接続と使用法の詳細については『Model 6487 リファレンスマニュアル』のセクション 8 を参照してください。

ディスプレイ

読み取り値は工業単位、科学表記のどちらの方法でも表示が可能です。現在どのような動作状態にあるかは表示ランプが知らせてくれます。表示ランプの全項目がセクション 1 「Model 6487 前面パネルのまとめ」に説明されています。電圧源の値については通常の表示内容の中にも含まれています (右寄り)。

注 読み取り値を科学表記で表示しているときは、表示分解能を変更することができません。

DISP キーを使用すればディスプレイの表示/非表示 (ON/OFF) を切換えることができます。Display と Key Test を使用して表示桁と表示ランプをセグメントごとにテストしてフロントパネルキーの機能をチェックすることができます。これらのテスト機能へのアクセスには MENU を使用します。

ステータスとエラーメッセージ

ステータスとエラーメッセージは一時的にだけ表示されます。操作中、およびプログラミング中は前面パネルに何種類ものメッセージが表示されます。ステータスやエラーの種類を示すメッセージが典型的なものですが、メッセージ一覧は Model 6487 リファレンスマニュアルの付録 B に掲載されています。

電源を入れる

電源ラインの接続

以下に説明する手順に従って Model 6485/6487 を電源ラインに接続し、装置に電源を入れてください。

1. ヒューズホルダアセンブリ（図 1-2/1-4 参照）の窓に表示される電圧値が装置を使用する地域の実際の電源電圧と一致していることを確認してください。もし違っていた場合には『Model 6485 インストラクションマニュアル』または『Model 6487 リファレンスマニュアル』のセクション 17 を参照して電圧設定を変更し、ヒューズを交換しなければなりません。

注意 間違った電源電圧で装置を運転すると装置を傷める原因となるばかりでなく、保証規定を無効にすることがあります。

2. 電源ケーブルを接続する前に、前面パネルの電源スイッチがオフ（'O'）になっていることを確認してください。
3. 製品に添付された電源コードのプラグ（メス）を背面パネルの AC リセプタクルに差し込みます。電源ケーブルの他方の端を接地端子付 AC コンセントに接続してください。

警告 Model 6485/6487 に添付される電源ケーブルには接地端子付コンセントに接続するための独立した接地端子が設けられています。正しく接続すれば、装置の筐体が電源ケーブルのアースラインを介して電源 GND ラインに接続されます。接地端子を持たないコンセントの使用は（場合によっては致命的な）感電事故を引き起こす可能性があります。

4. 前面パネルの電源スイッチをオン側（'I'）に倒し、装置に電源を入れます。

電源周波数

Model 6485/6487 は 50 または 60Hz で動作します。自動検出機能をオン（工場出荷時のデフォルト設定）にしておくと電源周波数を自動検知してそれに合うように設定が行われますから、周波数設定用のスイッチはありません。工場出荷時のデフォルト設定では周波数を自動検出するようになっていますが、周波数を直接読み取りたい場合は、SYST:LFR? コマンド（クエリ）を使用してください。

電源ラインにノイズが重畳していると、自動検出機能がその周波数にうまくロックインできないことがあります。このような場合には手動操作で周波数を設定してください。この操作は前面パネルまたはバスを介して実行します。前面パネルから周波数設定を変更するには MENU/ LFREQ の順に選択します。リモート設定を行う場合は SYST:LFR <freq> コマンドを送信してください。

起動シーケンス

Model 6485/6487 に電源が投入されると、装置は次のシーケンスに従って立ち上がります。

1. Model 6485/6487 は内蔵する EPROM と RAM の自己テストを行います。作業中はすべての表示桁と表示ランプが点灯します。（Model 6487 の場合は電源投入時に "VOLTAGE SOURCE OPERATE" LED が約 0.7 秒間点灯してこの電圧発生機能が実行可能であることを示します。）自己テスト中に故障が検出された場合は、短時間だけエラーメッセージを表示後、表示ランプ "ERR" が点灯します。エラーメッセージ一覧については『Model 6485 インストラクションマニュアル』または『Model 6487 リファレンスマニュアル』の付録 B をご覧ください。

注 保証期間内の製品に問題が発生した場合は、修理のために装置をケースレーまで返送してください。

2. 装置が自己テストに合格すると、ディスプレイにファームウェアのバージョン番号が表示されます。

例：6485 A01、または 6487 A01

3. ファームウェアのバージョン番号の表示後、検出された電源周波数が表示されます。

例: `FREQ: 60Hz`

4. 電源周波数検出値が表示されると、続いて選択されているリモートインターフェイス情報が表示されます。

- a. GPIB — GPIB インターフェイスが選択されている場合は指定されている言語 (SCPI または DDC) とプライマリアドレスが表示されます。

Model 6485 の例:

`SCPI ADDR: 14`

`DDC ADDR: 14`

Model 6487 の例:

`SCPI ADDR: 22`

`DDC ADDR: 22`

- b. RS-232 — RS-232 インターフェイスが選択されている場合はボーレート設定値が表示されます。例えば:

`RS-232: 9600b`

5. 装置立ち上げ時のセットアップとして工場デフォルト ("FACT"ory) が指定されている場合は、通信に関する情報の表示後、装置は直ちにデフォルトのデータ読み込みモードに入ります。FACT 以外のセットアップが選択されている場合は、設定されているセットアップ名が表示されます。例えば、セットアップ USR1 (ユーザセットアップ #1) が指定されているのであれば:

`USING USR1`

デフォルト設定

Model 6485/6487 は装置設定を次の 5 種類のセットアップに戻すことができます: 工場デフォルト (FACT)、ユーザが保存した 3 種類のセットアップ (USR0、USR1、USR2)、およびバスデフォルト (GPIB)。工場出荷時の状態の Model 6485/6487 は工場デフォルト設定で立ち上がります。工場デフォルト設定は前面パネルから操作する場合の標準セットアップであり、バスデフォルト (GPIB) はリモート操作のための標準セットアップです。工場デフォルトと GPIB デフォルトの内容をそれぞれ表 1-1 と表 1-2 に示します。

装置はこの 2 種類のデフォルトセットアップのうち、起動時セットアップとして保存された方を選択して立ち上がります。

注 工場出荷時には、工場デフォルトセットアップが USR0、USR1、および USR2 セットアップにも書き込まれています。

ユーザセットアップの保存

ユーザセットアップを保存するには、予め Model 6485/6487 を目的とする測定アプリケーションに合わせて設定しておいてから `SAVE` を押し、続いて希望する番号 (0 = USR0、1 = USR1、2 = USR2) を選択します。最後に `ENTER` を押して保存を完了します。リモート操作でセットアップを保存するには `*SAV` コマンドを使用します。

起動時セットアップとして保存する場合は、まず `CONFIG` を押し、続いて `SETUP` を押してから `FACT`、`USR0`、`USR1`、`USR2`、または `GPIB` のいずれかを選択し、最後に `ENTER` を押してください。リモート操作で起動時セットアップを保存するには `SYST:POS` コマンドを使用してください。

セットアップの呼び戻し

`SETUP` を押して呼び出しメニューを表示させ、希望のセットアップを選択 (`FACT`、`USR0`、`USR1`、`USR2`、または `GPIB`) してから `ENTER` を押します。リモート操作でセットアップを呼び戻すには `*RCL` コマンドを使用します。

工場デフォルトセットアップの呼び戻し

前面パネルの `SETUP` を押し、`FACT` を選択してから `ENTER` を押してください。リモート操作で GPIB デフォルトを呼び戻すには `*RST`、前面パネルのデフォルトを呼び戻すには `SYST:PRES` を使用します。

表 1-1

Model 6485 デフォルト設定

設定	工場 (:SYStem:PRESet)	GPIB (*RST)
Trig Layer (CONF-TRIG):		
TRIG:	TRIG-IN	*
Arm-In Source Event	IMM	*
Arm Layer (CONF-ARM):		
Arm-In Source Event	IMM	*
Arm Count	INF	1
Input Trigger Link Line	1	*
Source Bypass	NEVER	*
Output Trigger Link Line	2	*
Output Trigger	Off	*
Buffer (STORE):	Disabled	*
Count	No effect	*
Digital Filter (AVG):	Off	*
Count	10	*
Type	Moving	*
Display Resolution (DIGITS)	5½ -digits	*
Format byte order	Swapped	Normal
GPIB:	No effect (On at factory)	*
Address	No effect (14 at factory)	*
Language	No effect (SCPI at factory)	*
Limit Tests:		
Limit 1 and Limit 2:	Disabled	*
HI and LO Values	1, -1	*
Median Filter:	Off	*
Rank	1	*
MX+B:	Disabled	*
“M” Value	1.0	*
“B” Value	0.0	*
Units	X	*
Log	OFF	*
M/X+B (reciprocal)	Disabled	*
“M” Value	1.0	*
“B” Value	0.0	*
Units	X	*
Range	AUTO	*
Rate:	Slow	*
NPLC	6.0 (60Hz) or 5.0 (50Hz)	*
Rel:	Off	*
Rel Value (VAL)	0.0	*
RS-232:	No effect (Off at factory)	*
All Settings	No effect	*
Trigger Layer (CONF-TRIG):		
Trig-In Source Event	IMM	*
Trigger Count	1	*
Trigger Delay	0	*
Input Trigger Link Line	1	*
Source Bypass	NEVER	*
Output Trigger Link Line	2	*

* 工場デフォルト (:SYStem:PRESet) バス (*RST) GPIB デフォルトは同じです。
工場リセットとは異なるバス設定は上に示すとおりです。

表 1-1 (続)

Model 6485 デフォルト設定

設定	工場 (:SYStem:PRESet)	GPIB (*RST)
Units	No effect	*
Zero Check	Enabled	*
Zero Correct	Disabled	*

* 工場デフォルト (:SYStem:PRESet) バス (*RST) GPIB デフォルトは同じです。

工場リセットとは異なるバス設定は上に示すとおりです。

表 1-2

Model 6487 デフォルト設定

設定	工場 (:SYStem:PRESet)	GPIB (*RST)
Arm Layer (CONFIG ARM):		
Arm-In Source Event	IMM	*
Arm Count	INF	1
Input Trigger Link Line	1	*
Source Bypass	NEVER	*
Output Trigger Link Line	2	*
Output Trigger	Off	*
Buffer (STORE):	Disabled	*
Count	No effect	*
Damping (DAMP)	On	*
Digital Filter (FILT):	Off	*
Count	10	*
Type	Moving	*
Display Resolution (DIGITS)	5½ -digits	*
Format byte order	Swapped	Normal
Function	Amps	*
GPIB:	No effect (On at factory)	*
Address	No effect (22 at factory)	*
Language	No effect (SCPI at factory)	*
Limit Tests:		
Limit 1 and Limit 2:	Disabled	*
HI and LO Values	1, -1	*
Log (MATH)	OFF	*
Median Filter (FILT):	Off	*
Rank	1	*
M/X+B (MATH)	Disabled	*
“M” Value	1.0	*
“B” Value	0.0	*
Units	X	*
Ohms Mode	Normal	*
Range	AUTO	*
Rate:	Slow	*
NPLC	6.0 (60Hz) or 5.0 (50Hz)	*
Rel:	Off	*
Rel Value (VAL)	0.0	*

* 工場デフォルト (:SYStem:PRESet) バス (*RST) GPIB デフォルトは同じです。

工場リセットとは異なるバス設定は上に示すとおりです。

表 1-2 (続)

Model 6487 デフォルト設定

設定	工場 (:SYStem:PRESet)	GPIB (*RST)
RS-232:	No effect (Off at factory)	*
All Settings	No effect	*
Trigger Layer (CONFIG TRIG):		
Trig-In Source Event	IMM	*
Trigger Count	1	*
Trigger Delay	0	*
Input Trigger Link Line	1	*
Source Bypass	NEVER	*
Output Trigger Link Line	2	*
Units	No effect	*
Voltage Source:		
Operate	Off	*
Amplitude	0V	*
Range	10V	*
Current Limit	25mA	*
10V Range Interlock	Off	*
Sweeps:		
Start Voltage	0V	*
Stop Voltage	10V	*
Step Voltage	1V	*
Center Voltage	5V	*
Span Voltage	10V	*
Delay	1s	*
Zero Check	Enabled	*
Zero Correct	Disabled	*

* 工場デフォルト (:SYStem:PRESet) バス (*RST) GPIB デフォルトは同じです。

工場リセットとは異なるバス設定は上に示すとおりです。

メニュー

操作方法の多くの部分は表 1-3 と表 1-4 に内容を要約したメニューによって設定されます。個々の詳細については表の各項目に記載された引用セクションを参照してください。メニューへアクセスするにはまず MENU キーを押し、続いて上向き矢印と下向き矢印 RANGE キーでメニュー項目をスクロールしてから左向き矢印と右向き矢印カーソルキーを使用して選択肢の変更を行ってください。変更内容を保存してメニューを終了するには ENTER キーを押し、変更内容を保存せずに終了するには EXIT キーを押してください。

注 メニュー構造へアクセスするには MENU キーを使用しますが、システムが IEEE-488 バスで操作するリモートモード (REM 表示ランプ) にあるときは MENU キーを押しても無視されます。このような場合は、まず LOCAL キーを押してローカル操作に切替えてから MENU キーを押してメニューにアクセスします。

表 1-3

Model 6485 MENU 構造

メニュー項目	説明	参照
CAL	次の校正サブメニュー項目へアクセスします：VOFFSET、COUNT、RUN、DATES、UNLOCK、LOCK、および SAVE。	インストラクションマニュアル セクション 16
TSTAMP	タイムスタンプを絶対 ("ABS"olute) または差分 ("DELTA"a) 形式のいずれかに選択します。	セクション 6
UNITS	読み取り値の表示形式をは工業単位または科学表記のいずれかに選択します。	
TEST	表示とキーのテストを行います。	インストラクションマニュアル セクション 17
SNUM	装置のシリアル番号を表示します。	
LFREQ	電源周波数をマニュアル、または自動的 (AUTO) に 50 または 60Hz に設定します。"AUTO" の後に続いて表示される数字が現在検出されている周波数を表します。	セクション 1 「電源周波数」

表 1-4

Model 6487 MENU 構造

メニュー項目	説明	参照
CAL	次の校正サブメニュー項目へアクセスします：VOFFSET、COUNT、RUN、VSRG-RUN、DATES、UNLOCK、LOCK、および SAVE。	インストラクションマニュアル セクション 16
TSTAMP	タイムスタンプを絶対 ("ABS"olute) または差分 ("DELTA"a) 形式のいずれかに選択します。	セクション 6
UNITS	読み取り値の表示形式をは工業単位または科学表記のいずれかに選択します。	
TEST	表示とキーのテストを行います。	インストラクションマニュアル セクション 17
SNUM	装置のシリアル番号を表示します。	
LFREQ	電源周波数をマニュアル、または自動的 (AUTO) に 50 または 60Hz に設定します。"AUTO" の後に続いて表示される数字が現在検出されている周波数を表します。	セクション 1 「電源周波数」

SCPI プログラミング

このマニュアルを通して、前面パネルの操作法と SCPI プログラミング情報を特に区切らずにまとめて説明します。SCPI コマンドを一覧表にまとめ、リモート操作に特有な追加情報をそれぞれの表に続けて説明します。SCPI コマンドの表が本マニュアルの別なセクションを参照することもあります。

注 このマニュアルに記載されている SCPI の表は内容が簡略化されています。具体的には、殆どのコマンドのオプションワードとクエリーコマンドが省略されています。SCPI コマンドの完全な一覧表については『Model 6485 インストラクションマニュアル』または『Model 6487 リファレンスマニュアル』のセクション 14 をご覧ください。

コマンドのオプションワード

IEEE-488.2 規格への完全準拠のため、Model 6485/6487 はコマンドのオプションワードを認識するように設計されています。カッコ ([]) に囲まれたコマンドワードは省略可能ですから、必ずしもプログラムメッセージに含める必要はありません。このマニュアルが使用するプログラム例は、理解を簡単にするためにコマンドのオプションワードを含まない短縮形で示しています。

クエリーコマンド

大部分のコマンドはクエリー (問合わせ) 形式を持っています。クエリーコマンドはコマンドワードの末尾にクエションマーク (?) が付くことによって識別されます。クエリーはそのコマンドの実行によってプログラムされた状態を問い合わせるコマンドであり、Model 6485/6487 がトーカーとして指定されているときにクエリーコマンドを送信すると応答メッセージがコンピュータへ送られます。

2

接続

- **接続の基礎** — 被試験回路をピコアンメータに接続するための基本事項を説明します。
- **DUT への基本接続** — 被試験回路をピコアンメータで電流測定、または Model 6487 で抵抗測定するための接続法を詳しく説明します。
- **試験取付けジグの使用法** — 試験取付けジグ（Model 8009、その他の一般品）の使い方を説明します。
- **Model 6487 インターロック** — 安全性確保のために必須となる Model 6487 インターロックの使用法を説明します。
- **アナログ出力** — アナログ出力の接続法、およびアナログ出力を使用するうえでの注意事項について説明します。
- **測定実行のための注意事項** — 総合測定確度に影響を与える注意事項をまとめて説明します。

接続の基礎

Model 6485 と 6487 へ入力信号を接続するために考慮しなければならない重要な基本事項を説明します。

典型的な接続図をセクション 2 の「DUT への基本接続」に示します。

特定の測定を目的とする接続の詳細についてはセクション 3 をご覧ください。

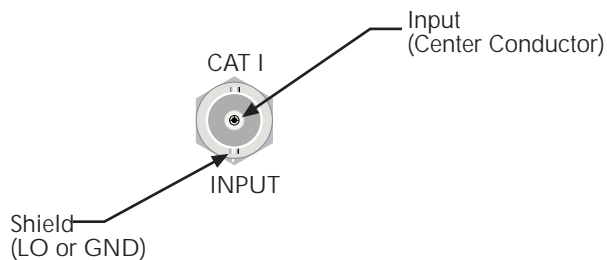
Model 6485 の接続

入力コネクタ

背面パネルの INPUT コネクタは 2 ラグタイプのメス BNC コネクタです (図 2-1) 接続にはオスの BNC コネクタを取付けたケーブルを使用してください (セクション 2 「低ノイズ入力ケーブル」参照)。

図 2-1

Model 6485 BNC 入力コネクタ



最大入力レベル

Model 6485 に入力可能な最大入力レベルを図 2-2 にまとめて示します。

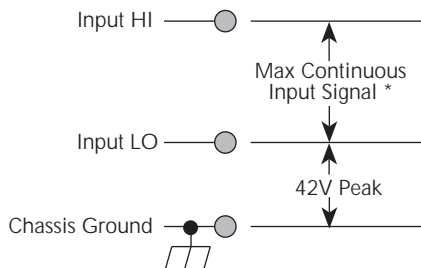
警告 ピコアンメータの LO と筐体 GND 間の最大安全電圧 (コモンモード電圧) は 42V です。Model 6485 は内部では LO- 筐体間電圧にリミッタをかけていませんから、42V を超えると感電の危険があります。

注意 LO- 筐体間の破壊電圧は 500V です。この電圧を超えると装置が破壊される恐れがあります。
また、入力がフローティング状態のときに COMMON や ANALOG OUTPUT を接地させると装置を損傷する恐れがあります。

注 アナログ出力の電圧は BNC シェルに印加されるのと同レベルにあります。

図 2-2

Model 6485 の最大入力レベル



* Maximum Continuous Input Signals
220V Peak, DC to 60Hz sine wave

* 連続入力可能な最大信号は 220V (ピーク値) DC ~ 60Hz の正弦波です。

低ノイズ入力ケーブル

精密測定を行う場合は必ず低ノイズケーブルを使用してください。測定における一般則として、常に可能な限り短いケーブルを使用してください。セクション 1「Model 6485 用入力ケーブル、コネクタ、およびアダプタ」に推奨ケーブルが説明されています。

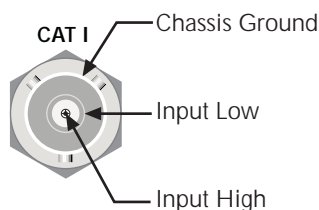
Model 6487 の接続

入力コネクタ

背面パネルの INPUT コネクタは 3 ラグタイプ のメス 3 軸コネクタです (図 2-3) オスコネクタで終端させた 3 軸ケーブルを接続してください。

図 2-3

Model 6487 3 軸入力コネクタ



電圧源出力コネクタ

電圧源と DUT の接続には背面パネルの V-SOURCE OUTPUT HI と LO コネクタを使用します (セクション 1 の図 1-4 参照)。電圧源は主として抵抗測定に使用されます。詳細についてはセクション 2「抵抗測定の接続」をご覧ください。

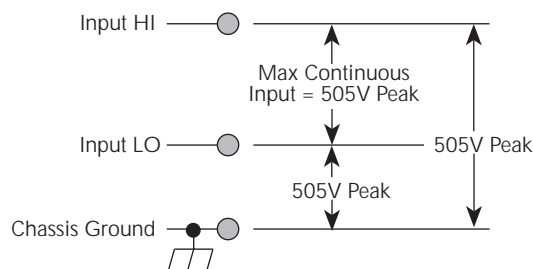
最大入力レベル

Model 6487 に入力可能な最大入力レベルを図 2-4 にまとめて示します。

警告 電圧源または電流計のコモンと筐体 GND 間に印加できる最大安全電圧 (コモンモード電圧) は 505V (ピーク値) までです。この値を超える電圧は感電事故の原因になります。

図 2-4

Model 6487 の最大入力レベル



ケーブルと試験導線の接続

精密測定を行う場合は INPUT への接続に必ず低ノイズケーブルを使用してください。測定における一般則として、常に可能な限り短いケーブルを使用してください。電圧源を使用するときは、定格が 505V 以上で安全シースの付いた試験導線を使用してください。セクション 1「Model 6487 用入力ケーブル、コネクタ、およびアダプタ」に推奨ケーブルと試験導線が説明されています。

DUT への基本接続

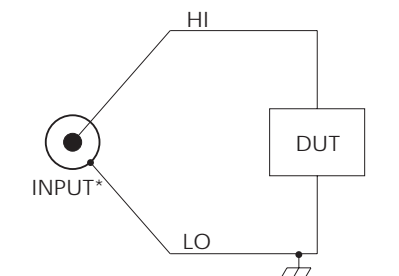
Model 6485 と DUT の接続

接続

基本的な接続を図 2-5 に示します。この場合の対象 (DUT) は電流測定です。回路の高電位側を入力コネクタの中心導線に接続し、低電位側をコネクタのシェルに接続します。

図 2-5

Model 6485 の基本接続



* 連続入力可能な最大信号は 220V (ピーク値) DC ~ 60Hz の正弦波です。

* Maximum Continuous Input Signals
220V Peak, DC to 60Hz sine wave

警告 DUT や外部電源からの HI 入力 が 42V を超える可能性がある場合は、LO が 42V を超えることがないようにするため、LO 入力と外部電源間接続のインピーダンスが十分に低くしなければならず、かつ電源の短絡電流を流せるものでなければなりません。

注意 DUT の電圧を 220V 以上に強制的に上げるためには電流制限抵抗が必要になります。Model 6485 の HI 入力に 220V を超える電圧が印加されると装置を損傷する原因になります。

ノイズシールドと安全シールド

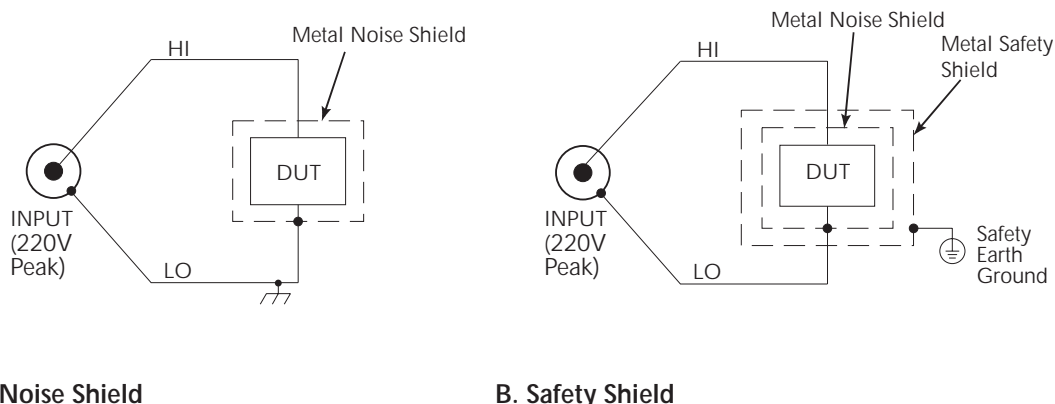
標準的な測定時のシールド方法を図 2-6 に示します。ノイズシールドを使用する目的は好ましくない信号がピコアンメータ入力に入り込むのを防ぐことにあります。1mA 未満の電流測定ではシールドを施すことによって大きな効果が得られます。標準的にはノイズシールドはピコアンメータの LO 入力に接続されます。図 2-6 ではこれに加えて、LO を接地リンクを介して GND に落としています。

警告 ピコアンメータの LO と筐体 GND 間の最大安全電圧 (コモンモード電圧) は 42V です。Model 6485 は内部では LO- 筐体間電圧にリミッタをかけていませんから、42V を超えると感電の危険があります。
DUT や外部電源からの HI 入力 が 42V を超える可能性がある場合は、LO が 42V を超えることがないようにするため、LO 入力と外部電源間接続のインピーダンスが十分に低くしなければならず、かつ電源の短絡電流を流せるものでなければなりません。

注意 LO- 筐体間の破壊電圧は 500V です。この電圧を超えると装置が破壊される恐れがあります。

図 2-6

Model 6485 を使用する測定でのシールド（ガード無し）



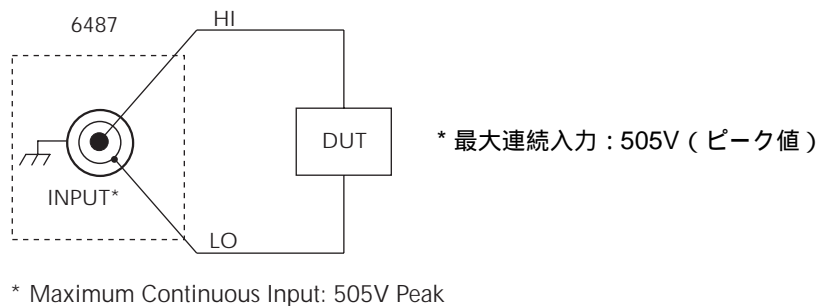
Model 6487 と DUT の接続

電流測定用の接続

電流測定の基本的な接続を図 2-7 に示します。この場合の対象（DUT）は被測定電流です。回路の高電位側を入力コネクタの中心導線に接続し、低電位側をコネクタの入力 LO（内側シールド）に接続します。

図 2-7

Model 6487 による電流測定の基本接続



警告 DUT や外部電源からの HI 入力に 505V を超える可能性がある場合は、LO が 505V を超えることがないようにするため、LO 入力と外部電源間接続のインピーダンスが十分に低くなくならず、かつ電源の短絡電流を流せるものでなければなりません。

注意 DUT の電圧を 505V 以上に強制的に上げるためには電流制限抵抗が必要になります。Model 6487 の INPUT HI に 505V を超える電圧が印加されると装置を損傷する原因になります。

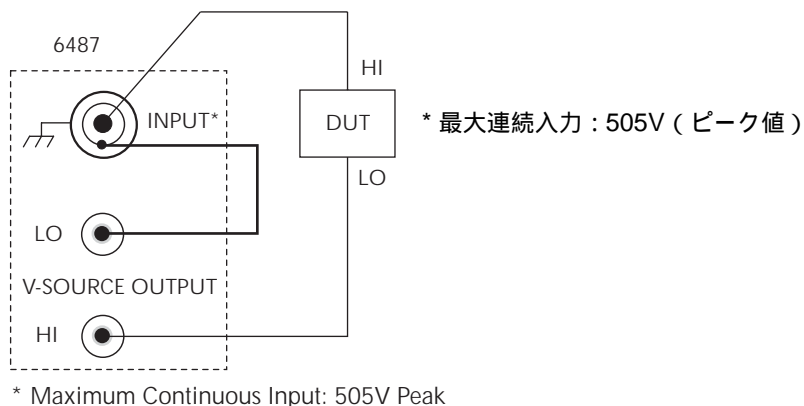
抵抗測定の接続

抵抗測定の基本的な接続を図 2-8 に示します。この場合の対象（DUT）は被測定抵抗です。回路の高電位側を INPUT コネクタの中心導線に接続し、低電位側を V- SOURCE OUTPUT HI 端子に接続します。INPUT LO と V-SOURCE OUTPUT LO が装置外部で直結されることに注意してください。

電圧源レンジ 50V、500V を使用する場合は、インターロックコネクタのピン 1 と 2 をショートしないと電圧が出力されません。詳細は 2-9 ページをご参照ください。

図 2-8

Model 6487 による抵抗測定の基本接続



ノイズシールドと安全シールド

標準的な測定時のシールド方法を図 2-9 に示します。図（A）では、好ましくない信号がピコアンメータ入力に入り込むのを防ぐためにノイズシールドを施してあります。1mA 未満の電流測定では効果的なシールドは非常に有効です。標準的にはノイズシールドはピコアンメータの LO 入力に接続されます。これに加えて、図 2-9（B）では安全シールドとアース GND と Model 6487 筐体へ接続してあります。試験回路に危険な高電圧が印加される場合には常にこのようなシールドを使用してください。

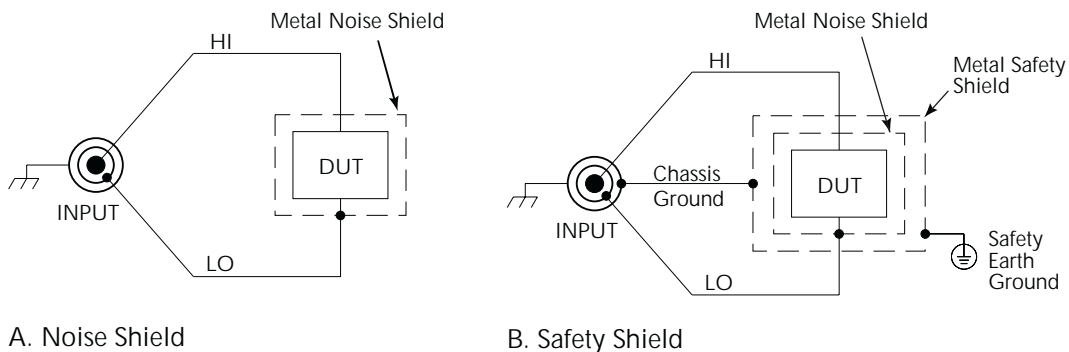
警告 ピコアンメータの LO と筐体 GND 間の最大安全電圧（コモンモード電圧）は 505V（ピーク値）です。Model 6487 は内部では LO と筐体間の電圧にリミッタをかけていませんから、505V を超えると感電の危険があります。

DUT や外部電源からの HI 入力が 505V を超える可能性がある場合は、LO が 505V を超えることがないようにするため、LO 入力と外部電圧源間接続のインピーダンスが十分に低くしなければならず、かつ電源の短絡電流を流せるものでなければなりません。

注意 LO- 筐体間の破壊電圧は 505V です。この電圧を超えると装置が破壊される恐れがあります。

図 2-9

Model 6487 を使用する測定でのシールド（ガード無し）



入力過電圧（OVRVOLT メッセージ）

Model 6485/6487 は、通常の操作では入力端子 HI と LO の間には特に大きな電圧はかかりません。

しかし、DUT 故障などの場合には時によってユーザ側が用意した電圧源から Model 6485/6487 へ直接ショートする可能性があります。このような条件下では 6485/6487 の内蔵保護回路が高い電流レンジ（20 A - 20mA）での電流を制限します。さらに、2mA から 20mA レンジで使用する場合（または 6485/6487 の自動レンジ機能が印加電圧にตอบสนองしてこれらのレンジが選択された場合）には、入力電圧が 60V を超えると Model 6485/6487 は電流制限の方法をリミッタから 1M から 3M の入力インピーダンスに切換えることによって余分な電力の散逸を防止します。このように保護回路が切換えられたときに OVRVOLT メッセージが表示されます。リモート操作する場合にも同じ情報が得られます。

装置を通常動作に戻すには、過電圧状態がすでに解消されている必要があります。入力電圧が 60V 未満に下げられると、保護回路は電流リミッタ動作に復帰して電流が有効レベル（スケールに収まるレベル）に低下するのを待ちます。切換えレベルに近い信号（ただし 60V 未満）で長時間測定を行うと、装置内部での発熱のために、しばらく温度が下がるのを待たなければ正確な読み取りを再開できないことがあります。

試験ジグの使用

高い電圧（>30V）を使用するときは可能な限り、精密な測定と安全確保のためにシールドされてリーク電流が小さな試験ジグの使用を心がけてください。

汎用試験ジグ

汎用試験ジグへの接続例を図 2-10 および図 2-11 に示します。この試験ジグを使用すれば各種の回路接続を内部に収めることができます。

図 2-10

汎用試験ジグと Model 6485 の接続

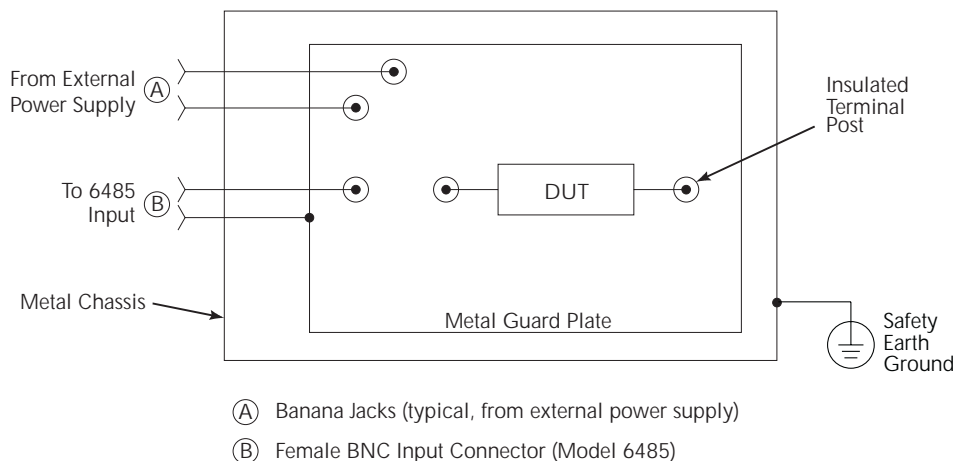
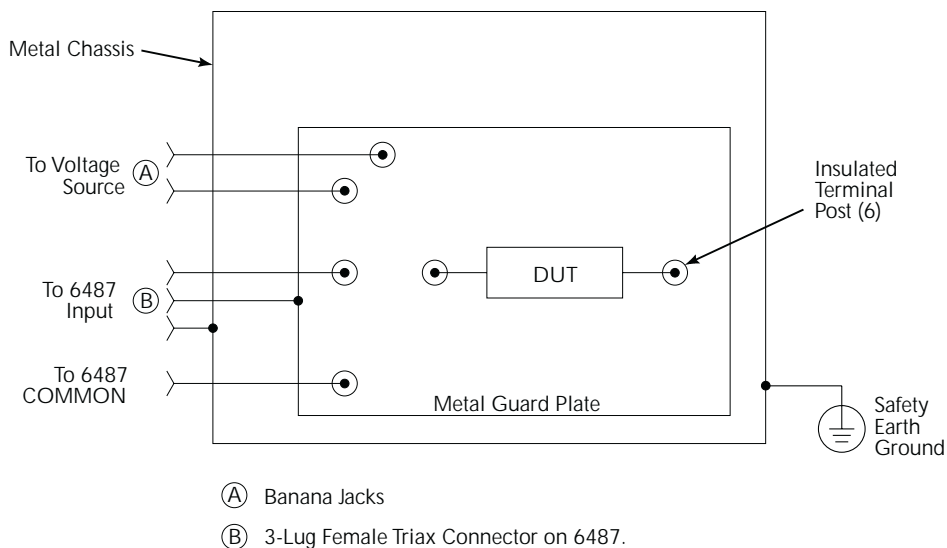


図 2-11

汎用試験ジグと Model 6487 の接続

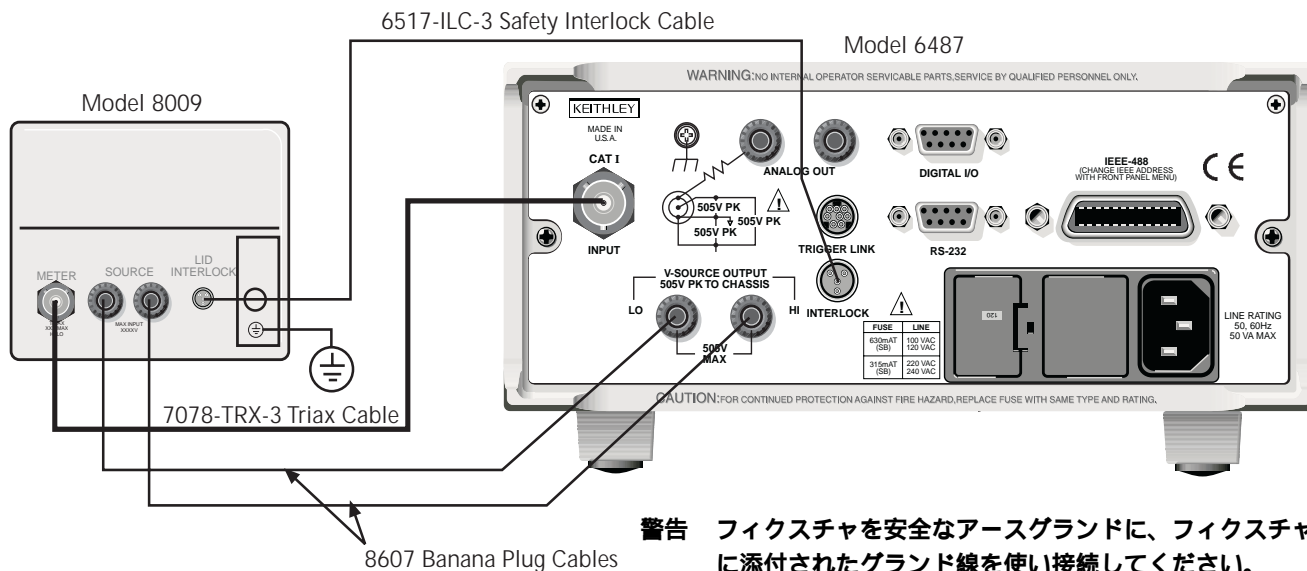


Model 8009 抵抗測定用試験ジグ

この試験ジグを使用して $10^3 \sim 10^{18} \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$ の体積抵抗と、 $10^3 \sim 10^{17} \text{ } \Omega / \text{sq}$ の面積抵抗を測定することができます。Model 6487 との標準接続例については図 2-12 をご覧ください。

図 2-12

試験ジグ Model 8009 を利用して Model 6487 で測定を行うための標準接続例



Model 6487 インターロック

Model 6487 には電圧源と連動するインターロック機能が組み込まれています。操作の安全を確保するため、インターロックは 50V と 500V レンジ（オプションとして 10V）で電圧源が動作に入るのを防止します。

インターロックの接続

インターロックの接続方法と INTERLOCK コネクタのピン配列を図 2-13 に示します。通常 INTERLOCK コネクタは試験ジグ上の同一タイプのコネクタに接続されます。図に示すように、INTERLOCK コネクタのピン 1 と 2 にはノーマルオープンのスイッチを接続します。このスイッチが開いている間はインターロックがアクティブになり、50V と 500V（10V レンジでは選択による）レンジでは電圧発生源を動作させることができなくなります。

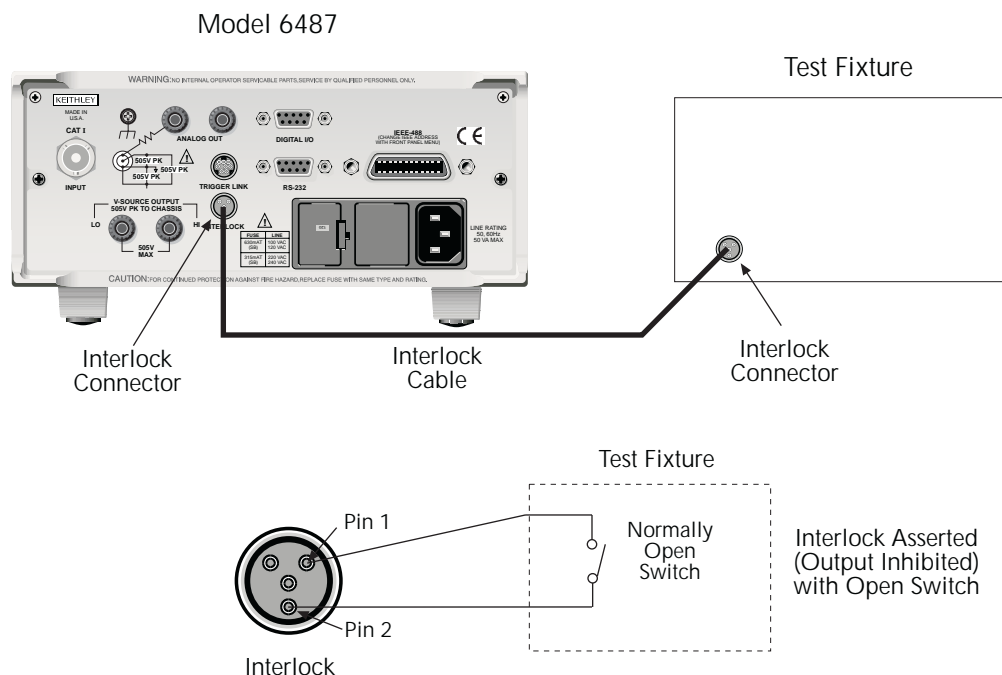
警告 電圧源の動作中にインターロックがアクティブになった場合は、電圧源は高インピーダンス状態に切り替わるため DUT のキャパシタンスは充電されたままの状態を取り残されます。

インターロックの動作

インターロックは電圧源レンジ 50V と 500V では常に動作しています。したがって、電圧出力を取り出すためには INTERLOCK コネクタのピン 1 と 2 を短絡させなければなりません。10V レンジでのインターロックは選択式ですから、装置をプログラムすることによってコントロールします。10V レンジでインターロックを機能させるには :SOUR:VOLT:INT ON を送信し、10V レンジでのインターロックを解除するには :SOUR:VOLT:INT OFF を送信します。

図 2-13

Model 6487 のインターロック接続



Model 487 と Model 6487 インターロックの機能上の差異

Model 487 が 3 ピン DIN インターロックコネクタを使用するのに対して、Model 6487 は 4 ピン DIN コネクタを使用します。

Model 487 のインターロックが電圧源出力を抑止できるのは Model 236-ILC-3 ケーブルが接続された場合だけです。このケーブルが接続されていない場合、Model 487 は 50V と 500V レンジであっても電圧源出力を許します。それに対して、Model 6487 はユーザが外部スイッチでピン 1 と 2 を短絡しない限り 50V と 500V レンジでの電圧源出力を許しません。Model 6487 は外部インターロック接続なしに 10V レンジで電圧出力できるようにデフォルト設定されて出荷されますが、外部インターロック接続を必要とするように設定変更することも可能です。

Model 6487 を前面パネルから操作する場合、インターロックがオープンであるにも拘わらず 50V と 500V レンジで電圧源を動作させようとするとエラーメッセージ "CLOSE INTLCK" が表示されます。Model 6487 を Model 487 DDC エミュレーションモードで動作させているときに "O1" コマンドを送信すると前面パネルに "IDDCO ERROR" が表示されます。Model 487 の場合は同一条件で "INTERLOCK" を表示します。電圧源エラーステータスワード "U9" は Model 487 と DDC エミュレーションモードの Model 6487 どちらにも同様に機能します。

アナログ出力

Model 6485/6487 のアナログ出力は背面パネルに配置されています。ANALOG OUT はスケーリングされた反転 $\pm 2V$ を出力します。したがって、 $\pm 2V$ 出力が読み取り値のフルスケールに相当します。

注意 入力がフローティング状態のときに COMMON や ANALOG OUT を接地させると装置を損傷する恐れがあります。

この出力を使用するための接続例を図 2-14 (Model 6485) 図 2-15 (Model 6487) に示します。フルスケール値が入力 (例: 2mA レンジが選択されているときに 2 mA) されると -2V が出力されます。この 2V アナログ出力は装置校正時にも補正されません。Model 6485 の出力インピーダンスは 1k Ω 、Model 6487 の出力インピーダンスは <100 Ω です。

負荷接続の影響を抑えるため、ANALOG OUT にはできるだけ大きな入力インピーダンスを持つデバイスを接続してください。

図 2-14

Model 6485 アナログ出力の標準接続

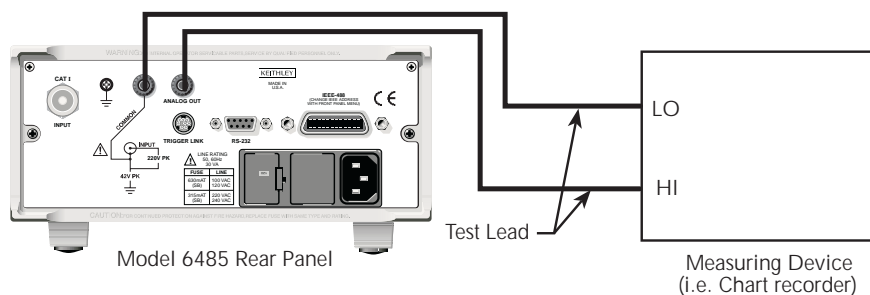
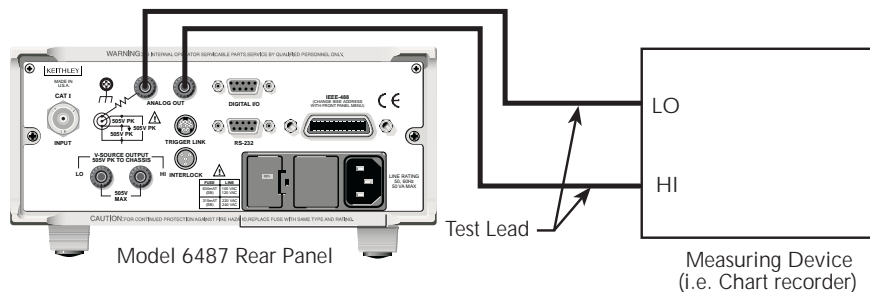


図 2-15

Model 6487 アナログ出力の標準接続



測定実行のための注意事項

高感度測定を行うためには多くの因子を考慮しなければなりません。これらの項目を表 2-1 にまとめて示します。個々の詳しい内容については本マニュアルの付録 B ばかりでなく『Model 6485 インストラクションマニュアル』の付録 C、および『Model 6487 リファレンスマニュアル』の付録 G にも説明されています。測定のあらゆる考慮事項を包括的に説明した資料として、ケースレーが提供する『Low Level Measurements handbook (高感度測定ハンドブック)』を参照してください。

表 2-1

測定上の考慮事項 (要約)

考慮事項	説明
	詳細については『Model 6485 取扱説明書インストラクションマニュアル』付録 C、『Model 6487 リファレンスマニュアル』付録 G をご覧ください。
入力バイアス電流	Model 6485/6487 のオフセット電流が低電流測定に影響を与えることがあります。
電圧負荷	Model 6485/6487 のオフセット電圧が被測定回路の電圧と比較して相対的に大きな場合は誤差の原因になります。
ノイズ	信号源の抵抗とキャパシタンスによって生ずるノイズ。
	詳細については付録 B をご覧ください。
グラウンドループ	複数箇所での接地は誤差信号発生の原因になります。
摩擦電気効果	導体とそれを囲む絶縁材料の摩擦によってケーブル内に生ずる荷電電流 (3 軸ケーブルを曲げたときなど)。
圧電効果と電荷記憶効果	ある種の絶縁材料に機械応力がかかると発生する電流。
電気化学効果	回路基板上に付着したイオン性汚染が化学電池が形成することによって生ずる電流。
湿度	湿度は PC 基板や試験用接続の絶縁抵抗を低下させます。
光	光に感受性のあるコンポーネントは光に曝されない環境で試験しなければなりません。
静電気干渉	試験回路の近傍に荷電した物体を近づけると電荷が誘起されます。
磁場	磁場の存在によって EMF (電圧) が発生します。
電磁気干渉 (EMI)	外部発生源 (ラジオやテレビなどが発生) からの EMI は敏感な測定に影響を与えます。

3

測定と電圧印加

- **測定の概要** — Model 6485/6487 を用いる基本測定と電圧印加機能について説明します。
- **性能を引き出すために** — ウォームアップ時間や電圧オフセット補正、自動ゼロ、ゼロチェック、ゼロ補正について説明します。
- **電流測定** — 電流測定の基本的操作手順を説明します。
- **Model 6487 の抵抗測定** — 抵抗測定を行うためのセットアップ方法と使用法を説明します。
- **Model 6487 から電圧を発生させる** — 電圧源の設定と使用法について解説します。

測定の概要

電流測定

Models 6485 と 6487 が提供する電流測定の基本機能をまとめて表 3-1 に示します。それぞれの測定機能とレンジの確度一覧については仕様（付録 A）をご覧ください。

表 3-1

Model 6485 と 6487 の基本電流測定機能

機能	読み取り範囲	選択可能なレンジ
電流	$\pm 10\text{fA}$ to $\pm 21\text{mA}$	2nA、20nA、200nA、 2mA、20mA、200mA、 2mA、20mA

Model 6487 の電圧源

Model 6487 が持つ電圧出力機能の基本を表 3-2 にまとめて示します。確度仕様については付録 A をご覧ください。

表 3-2

Model 6487 電圧源出力機能の基本

機能	出力範囲	選択可能なレンジ
電圧出力	$\pm 200\text{mV}$ ~ $\pm 505\text{V}$	10V、50V、500V

性能を引き出すために

ウォームアップ時間

Model 6485/6487 は電源を ON にしてから 1 分以内に使用可能になります。しかし、確度定格を実現するためには電源投入後少なくとも 1 時間のウォームアップ時間を置くようにしてください。装置が極端な温度変化に曝された場合には更に長い時間を置いて内部温度を安定させてください。

電圧オフセット補正

定期的に電圧オフセット補正を実行して入力アンプのオフセットをゼロに調整してください。この調整を実行するには、INPUT ジャックにシールドキャップを被せた状態でメイン MENU から CAL:VOFFSET を選択します。リモート操作で補正するときは CAL:UNPR:VOFF を送信します。

自動ゼロ

経時変化や温度変動に対して装置の安定性と確度を維持するため、Model 6485/6487 は定期的にオフセットに相当する内部電圧（ゼロ）とアンプゲインを測定します。このプロセスを自動ゼロと呼びます。自動ゼロ機能をオフにすると測定速度が最高で 3 倍まで速くなりますが、測定確度が低下します。自動ゼロ機能をオフにするのはできるだけ短時間に止めるようにお勧めします。

自動ゼロの ON/OFF を切換えるときは AZERO ボタンを押します。自動ゼロがオンになっているときは読み取り値の後にコロンが表示されます。リモート操作で ON/OFF を切換えるには SYST:AZER ON または SYST:AZER OFF コマンドを送ります。

ゼロチェックとゼロ補正

ゼロチェック

ゼロチェック機能をオンにしておくと、入力信号を分流させて低レベルなるように入力アンプが再設定されます。前面パネルから操作する場合は、ZCHK キーを押すことによってゼロチェックの ON/OFF が切換わります。パスコマンドについては表 3-3 を参照してください。入力信号の接続 / 切り離しを行うときはゼロチェックをオンにしておいてください。

ゼロ補正

注 Model 6485/6487 はゼロ補正值として 1 つの値を保存します (測定レンジごとに 1 つではありません)。
最良の補正を行うためには、希望するレンジへ切換えてから補正值の取り込みを行ってください。

Model 6485/6487 のゼロ補正機能では電圧オフセットを測定値から代数的に引き算します。以下に説明するステップに従って測定値の代数的ゼロ補正を実行してください。

1. ZCHK を押してゼロチェック機能をオンにします。(Model 6485 では "ZC" が表示され、Model 6487 の場合は "ZEROCHK" メッセージが表示されます。)
2. 測定に使用するレンジを選択するか、または最も低いレンジを選択します。
3. ZCOR (Model 6485) または REL (Model 6487) を押してゼロ補正をアクティブにします。(Model 6485 では "ZZ" メッセージが表示され、Model 6487 の場合は表示ランプ MON が点灯します。)
4. ZCHK を押してゼロチェック機能をオフにします。
5. これで、ディスプレイから値を読み取れる状態になりました。(Model 6485 は "CZ" メッセージがゼロ補正後の読み取り値であることを示します。Model 6487 の場合は表示ランプ MON が点灯して表示された読み取り値がゼロ補正後であることを示します。)
6. ゼロ補正機能をオフにするには、この機能がオンの状態で ZCOR (Model 6485) または REL (Model 6487) を再度押してください。

注記 ゼロ補正機能について：

- Model 6485/6487 はレンジを上にも切り上げてもゼロ補正された状態を保ちます。レンジを下げた場合にはゼロ補正を再実行してください。
- Model 6485/6487 は周囲温度が安定している限りはゼロ補正を再実行する必要がありません。
- ゼロ補正はアンプのゼロ補正項をキャンセルします。したがって、ゼロ補正がオンになっている間は装置が完全にゼロになった読み取り値を表示しないことがあります。
- Model 6485/6487 が T_{CAL} またはその近傍で動作している限り、ゼロ補正は殆ど影響を及ぼしません。 T_{CAL} は最後に装置校正を行ったときの Model 6485/6487 の内部温度です。

SCPI プログラミング - ゼロチェックとゼロ補正

表 3-3

SCPI コマンド - ゼロチェックとゼロ補正

コマンド	説明
SYST:ZCH 	ゼロチェックのオン / オフを切換えます。
SYST:ZCOR 	ゼロ補正のオン / オフを切換えます。
SYST:ZCOR:ACQ	ゼロ補正值を取得します。
INIT	読み込みにトリガをかけます。

電流測定

注意事項

Model 6485 の注意事項

警告 ピコアンメータの LO と筐体 GND 間の最大安全電圧 (コモンモード電圧) は 42V です。Model 6485 は内部では LO と筐体間の電圧にリミッタをかけていませんから、42V を超えると感電の危険があります。

DUT や外部電源からの HI 入力 が 42V を超える可能性がある場合は、LO が 42V を超えることがないようにするため、LO 入力と外部電圧源間接続のインピーダンスが十分に低くしなければならず、かつ電源の短絡電流を流せるものでなければなりません。

注意 LO- 筐体間の破壊電圧は 500V です。この電圧を超えると装置が破壊される恐れがあります。

Model 6485 の最大入力電圧と電流はそれぞれ 220V（ピーク値）と 21mA です。これら 2 つのいずれかを超える入力は装置故障の原因となるばかりでなく、保証を無効にすることがあります。

Model 6487 の注意事項

警告 ピコアンメータの LO と筐体 GND 間の最大安全電圧（コモンモード電圧）は 505V です。Model 6487 は内部では LO と筐体間の電圧にリミッタをかけていませんから、505V を超えると感電の危険があります。

DUT や外部電源からの HI 入力がある場合は、LO が 505V を超えることがないようにするため、LO 入力と外部電圧源間接続のインピーダンスが十分に低くしなければならず、かつ電源の短絡電流を流せるものでなければなりません。

注意 Model 6487 の最大入力電圧と電流はそれぞれ 505V（ピーク値）と 21mA です。これら 2 つのいずれかを超える入力は装置故障の原因となるばかりでなく、保証を無効にすることがあります。

手順

以下に説明するステップに従って電流測定を行ってください：

ステップ 1 . 電流機能を選択します

Model 6487 の場合は **I|** キーを押して電流機能が選択されたことを確認します。

ステップ 2 . ゼロチェックをオンにします

接続を変更するときは常にゼロチェック機能をオンにしてください。この機能の ON/OFF には ZCHK キーを使用します。

ステップ 3 . ゼロ補正を実行します

低電流測定で最高の確度を実現するために、ピコアンメータのゼロ補正実行をお勧めします。2nA レンジを選択してから ZCOR キー (Model 6485) または REL キー (Model 6487) を押してゼロ補正を実行してください (Model 6485 は "ZZ" を表示、Model 6487 は MON インジケータを点灯)。

ステップ 4 . 手動測定レンジまたは自動レンジを選択します

手動 RANGE キーを押して手動で測定レンジを選択するか、または AUTO を押して自動レンジを選択します。自動レンジがアクティブになると、装置は自動的に最も感度の高いレンジを選択して測定を行います。レンジの詳細な説明についてはセクション 4 をご覧ください。

ステップ 5 . ピコアンメータに被測定電流を接続します

測定の基本的な接続法を図 3-1、図 3-2 に示します。

警告 フローティング測定が実行されているときは常に安全シールドの実施をお勧めします。
安全シールドの接続方法は図 3-1 と図 3-2 に示されています。金属製安全シールドがノイズシールドまたはフローティング状態の被測定回路を完全に囲う必要があり、かつそのシールドを #18 AWG 以上の直径のワイヤで安全接地 GND に落とさなければなりません。

注 フローティング測定を行わない場合は、測定の LO を回路の 1 点だけで接地（例えば、6485/6487 背面パネルの接地リンクへ）することをお勧めします。（セクション B「グラウンドループ」参照）

ピコアンメータ入力接続の基本的事項がセクション 2 に解説されています。

ステップ 6 . ゼロチェック機能をオフにしてからディスプレイに表示される値を読み取ります

読み取り値がノイズでふらつく場合はフィルタを使用してノイズを減らしてください。フィルタリングの説明についてはセクション 4 をご覧ください。

図 3-1

Model 6485 による電流測定への接続

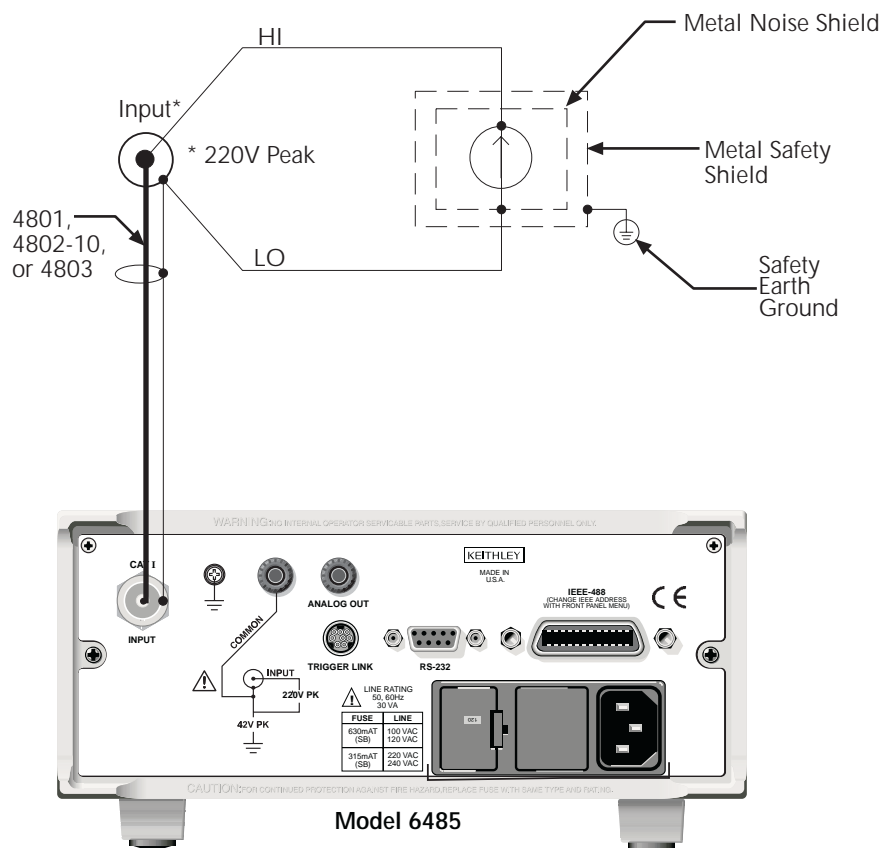
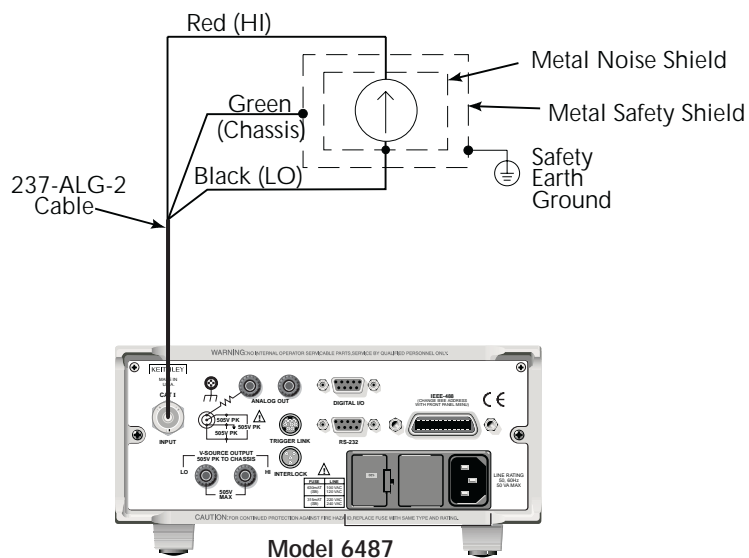


図 3-2

Model 6487 による電流測定への接続



SCPI プログラミング — 電流測定

表 3-4

SCPI コマンド - 基本電流測定

コマンド*	説明
FUNC 'CURR'	電流測定機能を選択 (Model 6487 のみ)
RANG <Range>	手動レンジ選択 (-0.021 ~ 0.021A)
RANG:AUTO 	自動レンジの ON/OFF 切換え
INIT	読み込みトリガ発生
READ?	トリガを発生して読み込み値を取得

* ゼロ補正とゼロチェックコマンドは含まれていません。表 3-3 参照。

プログラミング例 — 電流測定

以下のコマンドをその順に実行すると、ゼロ補正された電流測定が 1 回行われます。

*RST	・ 6485/6487 を GPIB デフォルトへ戻します
SYST:ZCH ON	・ ゼロチェック機能をアクティブにします
RANG 2e-9	・ 2nA レンジを選択します
INIT	・ ゼロ補正に使用する読み込み値のトリガを ・ かけます
SYST:ZCOR:ACQ	・ 最も最近取り込んだ値をゼロ補正值として ・ 使用します
SYST:ZCOR ON	・ ゼロ補正を実行します
RANG:AUTO ON	・ 自動レンジをアクティブにします
SYST:ZCH OFF	・ ゼロチェック機能をオフにします
READ?	・ トリガを発生して値を 1 回読み取ります

Model 6487 の抵抗測定

概要

Model 6487 を抵抗測定に使用するには、電圧源を希望するレンジと値、電流リミット (セクション 3 「Model 6487 電圧源の操作」参照) にセットアップし、適切な電流測定レンジを選択 (または自動レンジを選択) して、さらに抵抗測定機能をアクティブにする必要があります。抵抗測定機能をアクティブにすると、Model 6487 は電圧源の値と測定された電流の値から抵抗値を計算します ($R = V/I$)。電圧源を設定するときは、被測定抵抗の電力消費や電圧係数を考慮しながら、できる限り高い電圧を選択して流れる電流を最大にします。

DC と交流電圧抵抗

Model 6487 は DC と交流電圧モードのどちらでも抵抗測定を実行する能力があり、この機能を利用して超高抵抗測定の確度を向上させることができます。ただし、このマニュアルで説明するのは DC モードのみです。交流測定モードについては『Model 6487 リファレンスマニュアル』のセクション 3 をご覧ください。

手順

警告 感電事故防止のため、電圧源の接続を切替えるときは必ず Model 6487 電圧源の電源を切ってから作業してください。

以下に説明するステップに従って抵抗測定を行ってください：

ステップ 1 . 電圧源をセットアップします

V-SOURCE 調節キーのどちらかを押し、続いて手動 RANGE キーを使用して電圧源レンジを設定します。電圧と電流のリミットを希望の値にセットします。電圧の調節後に EXIT を押して電流リミットの設定プロンプトをスキップすることも可能です。

ステップ 2 . ゼロ補正を実行します

高抵抗測定における最高の確度を実現するために、抵抗測定機能をアクティブにする前にピコアンメータのゼロ補正実行をお勧めします。そのためには、ゼロチェックと 2nA レンジが選択されていることを確認してから REL キーを押してゼロ補正を実行します (MON インジケータ点灯)。

ステップ 3 . 手動電流測定レンジを選択、または自動レンジをオンにする

手動 RANGE キーを押して手動電流測定レンジを選択するか、または AUTO を押して自動レンジを選択します。手動でレンジ選択を行う場合は、電圧源の設定と予想される抵抗測定値とから適切と思われる電流を選択します ($I = V/R$)。

ステップ 4 . ピコアンメータに被測定抵抗を接続します

抵抗測定の基本接続が図 3-3 に示されています。この図で、ピコアンメータ INPUT と V-SOURCE OUTPUT の両方が試験の対象となる抵抗に接続されていることに注意してください。

警告 30V DC を超える電圧を使用する測定では常に安全シールドの使用を推奨します。安全シールドの接続方法が図 3-3 に示されています。金属製安全シールドがノイズシールドまたはフローティング状態の被測定回路を完全に囲う必要があり、かつそのシールドを #18 AWG 以上の直径のワイヤで安全接地 GND に落とさなければなりません。

ステップ 5 . 抵抗機能を選択します

II キーを押して抵抗機能が選択されていることを確認します。

ステップ 6 . 電圧源に電源を入れます

OPER キーを押して電圧源出力をオンにします。VOLTAGE SOURCE OPERATE インジケータが点灯します。

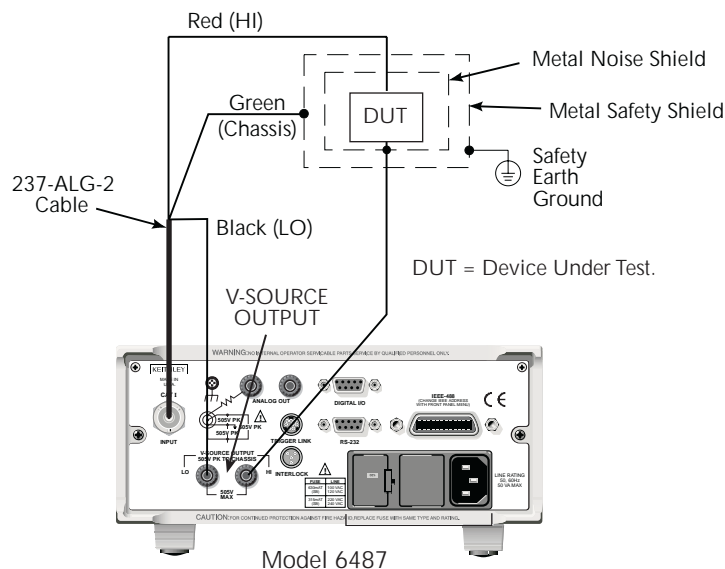
ステップ 7 . ゼロチェック機能をオフにしてからディスプレイに表示される値を読み取ります

読み取り値がノイズでふらつく場合はフィルタを使用してノイズを減らしてください。場合によっては交流抵抗測定やシールドの追加が必要なこともあります。

注 抵抗測定ではいつも、電圧源がコンプライアンス状態にあるときの抵抗読み取り値は無効または不定です。したがって、電圧源がコンプライアンス状態に陥ったときの抵抗測定値については、通常の読み取りとバッファ読み出しのどちらの場合も、GPIB を介して値 -9.9e+36 が返されるとともに前面パネルに I- LIMIT メッセージが表示されます。

図 3-3

Model 6487 による抵抗測定への接続



SCPI プログラミング - 抵抗測定

表 3-5

SCPI コマンド - Model 6487 を用いた基本的な抵抗測定

コマンド*	説明
SENS:OHMS ON	抵抗機能を選択します
RANG <Range>	手動電流レンジ選択 (-0.021 ~ 0.021A)
RANG:AUTO 	自動電流レンジの ON/OFF 切換え
SOUR:VOLT:RANG <Range>	電圧源のレンジ設定 (10、50、または 500)
SOUR:VOLT <Volts>	出力電圧を設定 (-505V ~ +505V)
SOUR:VOLT:ILIM <Current>	電流リミットの設定 (25mA、250mA、2.5mA、または 25mA)
SOUR:VOLT:STAT 	電圧源出力を ON または OFF に設定
READ?	トリガを発生して読み込み値を取得

* ゼロ補正とゼロチェックコマンドは含まれていません。表 3-3 を参照。

プログラミング例 - 抵抗測定

以下のコマンドを順に実行すると、ゼロ補正された抵抗測定が 1 回行われます。

*RST	6487 を GPIB デフォルトへ戻します。
FORM:ELEM READ,UNIT	測定、ユニット要素のみ
SYST:ZCH ON	ゼロチェック機能をアクティブにします
RANG 2e-9	2nA レンジを選択します
INIT	ゼロ補正に使用する読み込み値のトリガをかけます
SYST:ZCOR:ACQ	最も最近取り込んだ値をゼロ補正值として使用します
SYST:ZCOR ON	ゼロ補正を実行します
RANG:AUTO ON	自動電流レンジをアクティブにします
SOUR:VOLT:RANG 10	電圧源レンジとして 10V を選択します
SOUR:VOLT 10	電圧源出力を 10V にセットします
SOUR:VOLT:ILIM 2.5e-3	電流リミットを 2.5mA にセットします
SENS:OHMS ON	抵抗機能をアクティブにします
SOUR:VOLT:STAT ON	電圧源を動作状態にします
SYST:ZCH OFF	ゼロチェック機能をオフにします
READ?	トリガを発生して値を 1 回読み取ります

Model 6487 の電圧源操作

電圧源の設定

CONFIG を押し、続いて OPER を押して電圧源のモード設定を行います。まず最初に行うのは DC または SWEEP モードの選択です。(通常の操作では DC を選択します。SWEEP の詳細についてはセクション 6 参照。)モードが選択されるとディスプレイには電圧源のフル分解能が表示され、その一番左の桁がハイライト表示されて編集可能な状態になります。(モード変更の必要がない場合は、V-SOURCE の両隣のどちらかのキーを押すことによって直接電圧編集画面にジャンプすることができます。)左向き矢印と右向き矢印キーで編集する桁を選択し、V-SOURCE 上向き矢印キーと下向き矢印キーを押して値を変更します。RANGE 上向き矢印と下向き矢印キーは電圧レンジを変更し、どのレンジが選択されたかを示します。電圧源パラメータの変更に使用するとき以外は V-SOURCE 上向き矢印と下向き矢印キーが RANGE 上向き矢印と下向き矢印キーと同様に機能することに注意してください。

この状態で矢印キーを押すことによって電圧の値が直ちに変更されます。選択されたレンジを超える値を設定しようとした場合には数字が変化しません。

電圧値とレンジが選択されたならば EXIT を押して通常の読み取り画面に復帰するか、または ENTER を押して電流リミット画面へ進んでください。電流リミット画面の内容は電圧レンジの選択によって変化します(表 3-6 参照)。この画面が表示されている状態で ENTER または EXIT を押すと通常の読み取り画面に復帰します。

表 3-6

電圧源の電流リミット

電圧源レンジ:	選択可能な電流リミット			
10.0000V レンジ	25mA	250mA	2.5mA	25mA
50.000V レンジ	25mA	250mA	2.5mA	
500.00V レンジ	25mA	250mA	2.5mA	

電圧を出力する

注意 Model 6487 の電圧源へ外部電源を接続しないでください。外部電源の接続は Model 6487 の電圧源を破壊する恐れがあります。

電圧源の ON/OFF

OPER キーを押すたびに電圧源の状態が切替わります (ON/OFF)。ON になると Model 6487 は設定された電圧を出力し、VOLTAGE SOURCE OPERATE インジケータが点灯します。

OPER (運転) キー

OPER(運転: operate)キーは、装置がリモートコントロール動作(REM 表示ランプ点灯)している場合であっても LLO(ローカルロックアウト)機能を使用されていないものとして、電圧源を切ります。リモート動作中に OPER キーが実行するのは電圧源を切ることだけです。電圧源を ON にするには、Model 6487 がローカルモードになっていなければなりません(セクション 7 参照)

電圧源の OFF 状態

電圧源が OFF になっているときは高インピーダンス状態になっていません。OFF 状態での電圧源は、その時点で選択されているレンジの 0V にプログラムされた電圧発生源のように振舞います。電源投入時には VOLTAGE SOURCE OPERATE ランプの点滅後、この状態に入ります。これとは対照的に、安全インターロックは電圧源を(0V 出力ではなく)高インピーダンス状態に入れ、運転状態が ON に変化するまで電圧源を高インピーダンス状態に保ちます。ただし、インターロックがオプション扱いとなる 10V レンジは例外です。OPERATE ランプと前面パネルディスプレイを見ても、電圧源が 0V 出力状態なのか、あるいはインターロックが開いて高インピーダンス状態になっているのかを識別することはできません。インターロックの状態はリモートからクエリを発行することによって知ることができます(表 3-7)。

コンプライアンス表示

電圧源がコンプライアンス状態（電流リミットに達した状態）になることは何時でも起こり得ます。この状態が発生すると OCOMP（Output Compliance）表示ランプが点滅し、ディスプレイには電圧値（電流値表示桁数が 6 ½ 未満に設定されていると表示されます）と "CMPL" メッセージが交互に切替わりながら表示されます。メニューの操作中はディスプレイの右端 4 桁に電圧源の値が表示されていませんから、OCOMP 表示ランプだけが点滅表示されます。

インターロックの「開」状態表示

ユニットが 50V または 500V レンジにあるときにインターロックが真（開）状態になったときにも電圧源は技術的にはコンプライアンスと同じ状態に陥ります。しかし、前面パネルやステータスレジスタでこの状態を認識することはできません。オープンインターロックの方が優先します。

SCPI コマンド — 電圧源

表 3-7

SCPI コマンド - 電圧源

コマンド	説明
SOUR:VOLT <Voltage>	電圧源の出力レベルを設定（-500 ~ +500V）
SOUR:VOLT:RANG <Range>	出力レンジを 3 段階のいずれかに設定：10、50、500V
SOUR:VOLT:ILIM <Limit>	電圧源の電流リミットを設定：2.5e-5、2.5e-4、2.5e-3、または 2.5e-2 ¹
SOUR:VOLT:STAT 	電圧源出力の ON/OFF 切換え
SOUR:VOLT:INT 	10V レンジでのインターロック使用（ON）/ 非使用（OFF）を設定 ²
SOUR:VOLT:INT:FAIL?	インターロックの状態問い合わせ（1= 真）、電圧源出力を ON にできません

¹ 50V と 500V レンジでは 2.5e-2 を使用できません。

² インターロックの操作についてはセクション 2 をご覧ください。

プログラミング例 - 電圧

以下のコマンドを順に実行すると、電圧源は 10V レンジで 5V（電流リミット 2.5mA）を出力します。

*RST	・ 6487 を GPIB デフォルトへ戻します。
SOUR:VOLT:RANG 10	・ 電圧源レンジとして 10V を選択します
SOUR:VOLT 5	・ 電圧源出力を 5 にセットします
SOUR:VOLT:ILIM 2.5e-3	・ 電流リミットを 2.5mA にセットします
SOUR:VOLT:STAT ON	・ 電圧源を動作状態にします

測定レンジ、単位、桁数、 速度、およびフィルタ

- **測定レンジ、単位、桁数** — 測定レンジ、読み込み単位、および表示分解能の選択方法を詳しく説明します。リモート操作で使用する SCPI コマンドについても説明します。
- **速度** — 読み取り速度の選択方法を詳しく説明します。リモート操作で使用する SCPI コマンドについても説明します。
- **Model 6487 のダンピング** — ダンピング（減衰）速度の選択方法を詳しく説明します。リモート操作で使用する SCPI コマンドについても説明します。
- **フィルタ** — デジタル、メディアン（中心値）フィルタの設定/コントロール方法を詳しく説明します。リモート操作で使用する SCPI コマンドについても説明します。

測定レンジ、単位、桁数

測定レンジ

電流測定で利用できる測定レンジを表 4-1 に示します。

表 4-1

測定レンジ

<u>nA</u>	<u>mA</u>	<u>mA</u>
2nA	2mA	2mA
20nA	20mA	20mA
200nA	200mA	

すべての測定レンジは読み取り可能な値がフルスケール公称値よりも5% オーバーレンジになるように設計されています。例えば、20mA レンジならば最大入力電流が $\pm 21\text{mA}$ になります。最大読み取り値を超えた信号が入力されるとオーバーフローメッセージ (OVRFLOW) が表示されます。

手動レンジ切換え

レンジを選択するには、希望する値の手動 RANGE キーを押してください。キーを押すたびに 1 レンジずつ切換わります。あるレンジで OVRFLOW メッセージが表示ならば、レンジの範囲内の値が表示されるまで順次上位のレンジに切換えてください。最良の確度と分解能を得るには、オーバーフローが起こらない範囲で可能な最小のレンジを使用してください。

自動レンジ切換え

自動レンジを使用すると、装置は可能なレンジの中で入力信号を最も高感度で測定できるレンジを自動選択します。上のレンジへの切換えはそのレンジの 105% で起こり、下のレンジへの切換えはレンジ値で起こります。AUTO キーを押すたびに自動/手動レンジが交互に切換わります。自動レンジ切換えが選択されると AUTO 表示ランプが点灯します。自動レンジを無効にするには AUTO を押すか、または手動 RANGE キーを押してください。AUTO を押して自動レンジ機能を終了した場合、装置は現在選択されているレンジに止まります。

装置は、自動レンジ切換えが起こるたびにその時点で選択されている機能が使用可能なすべてのレンジを検索します。検索に時間を必要としますから、その分だけレンジ切換えの速度がかなり遅くなります。ただし、自動レンジの上下限リミットを設定することにより検索時間が短くなります。

自動レンジリミット

適正な電流レンジの検索時間は自動レンジの上/下リミットを設定することによって短縮されます。自動レンジの上/下リミットを設定するには、まず CONFIG を押し、続いて (UPPER/LOWER) 手動 RANGE キーを押してから RANGE キーで使用可能なレンジリミットをスクロールします。希望レンジが点滅表示されている状態で ENTER を押してください。

単位

読み取り値は工業 (ENG) 単位 (例: 1.236 mA) または科学 (SCI) 表記 (例: 1.236E-03A) で表示されます。単位を切換えるには MENU キーを押してから UNITS を選択し、最後に ENTER を押します。ENG または SCI を選択してから ENTER を押してください。

注 単位を切換えできるのは前面パネルからだけです (リモートではできません)。測定値が小さい場合は科学表記の方が工業単位よりも高い分解能で表示できます。

桁数

Model 6485/6487 の表示分解能の設定には DIGITS キーを使用します。表示分解能は 3½ ~ 6½ 桁の範囲で設定できます。表示分解能はグローバル設定であり、1 つの設定内容がすべての測定レンジで有効です。表示分解能を設定するには、希望の桁数が表示されるまで何回か DIGITS キーを押して（そして放して）ください。

注 Model 6487 の場合、6½ 桁表示モードを選択すると電圧源の値が表示されなくなります。

SCPI プログラミング - レンジと桁数

表 4-2

SCPI コマンド - レンジと桁数

コマンド	説明
RANG <n>	レンジの選択：-0.021 ~ 0.021 (A)
RANG:AUTO 	自動レンジの ON/OFF 切換え
RANG:AUTO:ULIM <n>	自動レンジの上限リミットを設定：-0.021 ~ 0.021 (A)
RANG:AUTO:LLIM <n>	自動レンジの下限リミットを設定：-0.021 ~ 0.021 (A)
DISP:DIG <n>	表示分解能を設定：4 (3½) ~ 7 (6½) 桁

プログラミング例 - レンジと桁数

以下のコマンドを順に実行すると、20mA レンジを選択して表示分解能を 3½ 桁に設定します。

*RST ' RST デフォルトに戻します。

RANG 0.02 ' 20mA レンジに設定します。

DISP:DIG 4 ' 表示分解能を 3-1/2 桁に設定します。

速度

RATE キーは A/D 変換器の積分時間を選択し、これが入力信号を測定できる周期になります。積分時間は装置の最終的な読み込み速度ばかりでなく、読み込みノイズにも影響を与えます。積分時間は電源周波数から導かれるパラメータ NPLC(number of power line cycle)を用いて指定します、すなわち、60Hz の 1 PLC は 16.67msec (1/60)、50Hz(400Hz) の 1 PLC は 20msec (1/50) です。速度も全レンジに共通なグローバル設定ですから、速度をどのレンジで設定したかは問題ではありません。

速度を設定するには 2 通りの方法があり、RATE キーを押して SLOW (6 PLC、60Hz ; 5 PLC、50Hz)、MED (1 PLC)、または FAST (0.1 PLC) を選択するか、または CONFIG に続いて RATE を押してから希望の PLC 数 (60Hz では 0.01 ~ 60、50Hz では 0.01 ~ 50) を選択します。

速度をリモート設定する方法：NPLC <plc> に許容範囲内の引数 (60Hz では 0.01 ~ 60、50Hz では 0.01 ~ 50) を与えて送信します。

Model 6487 のダンピング

入力側から見たキャパシタンスが大きくなると読み取り時のノイズも大きくなります。このキャパシタンスの原因としては長い入力ケーブルや信号源自体、あるいはその両方の組合せが考えられます。ダンピング機能 (アナログフィルタ) をアクティブにすることで、高キャパシタンスが電流測定に及ぼすノイズを小さくすることができます。ただし、ダンピングは同時に装置の応答も遅くします。

Model 6487 前面パネルの DAMP キーを押すだけで簡単にダンピング機能の ON/OFF が切替わります。ダンピング機能が ON になっている間は FILT 表示ランプが点灯しています。リモート切換えを行うには DAMP ON、または DAMP OFF を送信します。FILT 表示ランプはアナログダンピングフィルタに限らず、2 タイプのデジタルフィルタが動作したときにも点灯します。

フィルタ

フィルタの使用により、入力信号に重畳したノイズに起因するノイズの多い測定が安定化します。Model 6485/6487 では 2 つのタイプのフィルタ（メディアン、デジタル）を使用することができます。表示、保存、伝送されるデータはすべてフィルタ処理を施されています。メディアン（中央値）フィルタとデジタルフィルタは両方を同時に機能させることができます。

両者を同時に動作させた場合はメディアンフィルタが最初に機能します。メディアンフィルタで処理された読み取り値がデジタルフィルタのスタックに送られます。したがって、両方のフィルタ処理が終わるまで処理後の読み取り値は表示されません。

フィルタ設定はグローバル設定です。Model 6485 の場合は MEDN キーがメディアンフィルタをコントロールし、AVG キーが平均フィルタをコントロールします。Model 6487 では FILT キーが両方のフィルタをコントロールします。メディアンとデジタルのどちらかのフィルタがアクティブになっていると FILT 表示ランプが点灯します。FILT 表示ランプはデジタルフィルタと Model 6487 のアナログダンピングフィルタの両方で使用されます。

メディアン（中央値）フィルタ

メディアンフィルタは複数の読み取り値を大きさの順に並べたときに「最も中央に近い」値を選び出す働きをします。例として、次の読み取り値があったとします：

20mA、1mA、3mA

これらの値を大きさの昇順に従って並べます：

1mA、3mA、20mA

これらの読み取り値の中で、明らかに中央値（最も中央に近い）は 3mA です。中央値計算に使用する読み取り値サンプルの数は指定するランク（1～5）によって決まります。

読み取り値サンプルの数 = $(2 \times R) + 1$

ここに、R は選択したランクの値（1～5）です。

メディアンフィルタはランク付けされた中で最も古い読み取り値を捨てることに注意してください。この機能は、望ましくないスパイクが重畳したノイズの処理に特に有用です。

デジタルフィルタ

デジタルフィルタのタイプ

ここで、フィルタパラメータとして新しく「タイプ」（移動、または反復）が加わります。

移動フィルタ — 読み取り値の変換が行われるたびに、スタックに積まれた複数の読み取り値が平均されて 1 個のフィルタ処理された読み取り値が作られます。スタックのタイプは「先入れ先出し」です。スタックが一杯になると、最新の読み取り値が最も古い値に置き換わります。装置は、スタックが一杯にならなくても読み取り値の出力を開始します。

反復フィルタ — 選択した個数の読み取りを行い、それらの値から平均値を計算してそれを処理後の読み取り値とします。その後、スタックを空にして新たに読み取りを開始します。

フィルタのコントロール

Model 6485 前面パネルからのコントロール

メディアンフィルタの ON/OFF には MEDN キーを使用します。メディアンフィルタを設定するには、まず CONFIG、続いて MEDN を押してから RANGE キーで希望するランク（1～5）を選択します。

平均値フィルタの ON/OFF 切換えには AVG キーを使用します。平均値フィルタパラメータをコントロールするには、まず CONFIG、続いて AVG を押してから COUNT（2～100）、MOVING または REPEAT を選択します。さらに YES/NO で先に進むかどうかを指定し、YES を選択して高度な設定に入った場合は希望の許容範囲（0～105%）を指定します。

Model 6487 前面パネルからのコントロール

メディアンと平均値フィルタの両方を CONFIG と、続いて FILT を押すことによってコントロールします。MEDIAN または AVERAGE を選択してから適切なパラメータを設定します。MEDIAN を選択した場合は、さらに ON または OFF を選択し、RANK(1 ~ 5)を設定します。AVERAGE フィルタの場合は、ON または OFF、COUNT(2 ~ 100)、MOVING または REPEAT を選択します。

フィルタの設定が終了したならば、FILT を押してフィルタの状態を ON または OFF に切換えます。フィルタがアクティブ (ON) になると FILT 表示 ランプが点灯します。

SCPI コマンド - フィルタ

表 4-3

SCPI コマンド - フィルタ

コマンド	説明
MED 	メディアンフィルタの ON/OFF 切換え
MED:RANK <n>	メディアンフィルタのランク (1 ~ 5) を指定
AVER 	デジタルフィルタの ON/OFF 切換え
AVER:TCON <name>	フィルタのコントロール法を指定 : MOV (移動) または REP (反復)
AVER:COUNt <n>	フィルタのカウント数 (2 ~ 100) を指定
AVER:ADV:NTOL <a>	6485 の高度なフィルタ機能である許容範囲パーセント (0 ~ 105) を設定
AVER: ADV 	6485 の高度なフィルタ機能の ON/OFF 切換え

プログラミング例

以下のコマンドを順に実行すると、両方のフィルタが設定されて動作状態になります：

！ メディアンフィルタ：

```
MED:RANK 5      ！ ランクを 5 にセット
MED ON          ！ メディアンフィルタを動作状態にします
```

！ デジタルフィルタ：

```
AVER:COUN 20    ！ フィルタのカウント数を 20 にセット
AVER:TCON MOV    ！ 移動フィルタを選択
AVER ON          ！ デジタルフィルタを動作状態にします
```

相対測定、 $mX+b$ 、 $m/X+b$ （逆数）、対数

- **相対測定** — オフセットをゼロにする方法、およびベースラインの値を確定させる方法を説明します。リモート操作で使用する SCPI コマンドについても説明します。
- $mX+b$ 、 $m/X+b$ （逆数）、**対数** — 3 種類の基本数学演算、およびそれらをリモート操作で使用する SCPI コマンドについて説明します。

相対測定

相対測定 (Rel) ではオフセットをゼロにするか、あるいは現在および将来の読み取り値からベースライン読み取り値を引き去ります。Rel 値が確定すると、それ以後の読み取り値は実際の値から Rel 値を減算したのになります。

表示される (Rel 処理後) 読み取り値 = 実際の入力 - Rel 値

Rel 値はすべての測定レンジに共通です。例えば、2 mA レンジにおける 1E-6 の Rel 値は 1 mA であり、同時に 20mA レンジと 200mA レンジにおける 1 mA でもあります。レンジの切り換えによって Rel が無効になることはありません。

前面パネル相対値

前面パネルから Rel 値を設定するには 2 通りの方法があります。入力読み取り値をそのまま Rel 値とする方法と Rel 値を直接キー入力する方法です。

現在の読み取り値を使用する場合は、まずゼロチェックをオフにしてから読み取り値を表示させ、次に REL を押します。REL 表示ランプが点灯し、それ以後の指示値は実際の入力と Rel 値との偏差になります。相対測定をオフにしたい場合はもう一度 REL を押します (Model 6487 の場合はゼロチェックがオフになっているときに切換えてください)。読み取り値を直接入力するには、CONFIG に続いて REL を押し、希望の値を入力してから最後に ENTER を押します。値の入力後に相対測定がアクティブになります。Model 6487 の場合は電流と抵抗測定用に個別の Rel 値を保存することができます。

SCPI プログラミング - 相対測定

表 5-1

SCPI コマンド - 相対値 (null)

コマンド	説明
CALC2:FEED <name>	Rel への読み取り方法を指定: SENS または CALC1
CALC2:NULL:ACQ	入力信号を Rel 値として使用
CALC2:NULL:OFFS <Rel>	Rel 値を直接指定: -9.999999e20 ~ 9.999999e20
CALC2:NULL:STAT 	Rel 値を有効 (ON) または無効 (OFF) に設定
CALC2:DATA?	トリガをかけたときに Rel 処理された読み取り値を返す
CALC2:DATA:LAT?	Rel 処理された直近の読み取り値だけを返す
INIT	トリガ (複数回可) をかけて読み込む

プログラミング例 - 相対測定

次の示すプログラムの一部分は測定用に 1mA ベースラインを確立します。

CALC2:NULL:OFFS 1e-6	' 1mA の Rel 値をセットします
CALC2:NULL:STAT ON	' Rel 値を有効にします
SYST:ZCH OFF	' ゼロチェック機能をオフにします
INIT	' 読み込みトリガ発生
CALC2:DATA?	' Rel 処理された読み取り値を要求

mX+b、m/X+b (逆数) 対数

mX+b と m/X+b

次の数学演算は通常の表示読み取り値 (X) に下式に従って演算を施します:

$$Y = mX + b$$

$$Y = m/X + b$$

ここに: X は通常の表示読み取り値、m と b はそれぞれスケールファクタおよびオフセットとしてユーザーが入力する定数です。Y は表示される演算結果です。

注 mX+b の "m" と "b" を変更すると、同時に m/X+b の係数も変わります。

対数

この演算は入力読み取り値を 常用対数に変換します。演算は次の式に従って実行されます：

$$\log_{10} X = Y$$

ここに： X は入力読み取り値、
Y は対数計算の結果です。

例えば： Model 6485/6487 が正確に 1 mA を測定したときの対数演算の結果は次のとおりです。

$$\log_{10} 1.000000 \text{mA} = -3$$

注 対数計算で通常の入力読み取り値の絶対値を使って計算します（負の値の対数は計算できません）。

演算機能の設定

Model 6485

Model 6485 の前面パネルから演算機能を選択して設定するには、まず MX+B または M/X+B キーを押し、続いて計算に必要な m、b、および単位パラメータを入力します。演算機能の ON/OFF を切換えるときにも MX+B また M/X+B を使用します。演算機能がアクティブになっているときは MATH 表示ランプが点灯します。

Model 6487

Model 6487 の前面パネルから演算機能を選択して設定するには、まず CONFIG を押し、続いて MATH を押します。設定した演算の種類を選択してから $mX + b$ と $m/X + b$ 計算に必要なパラメータ（m、b、単位）を入力します。演算機能を選択したならば、あとは MATH を押すだけで機能の ON/OFF を切換えられます。演算機能がアクティブになっているときは MATH 表示ランプが点灯します。

SCPI プログラミング - $mX+b$ 、 $m/X+b$ 、対数

表 5-2

SCPI コマンド - $mX+b$ 、 $m/X+b$ 、対数

コマンド	説明
CALC:FORM <name>	演算機能を選択します：MXB、REC、または LOG10
CALC:KMAT:MMF <n>	$mX+b$ と $m/X+b$ の M を設定します：-9.99999e20 ~ 9.99999e20
CALC:KMAT:MBF <n>	$mX+b$ と $m/X+b$ の B を設定します：-9.99999e20 ~ 9.99999e20
CALC:KMAT:MUN <name>	$mX+b$ と $m/X+b$ の単位を設定します：以下のいずれかの 1 文字：A-Z, '['=°, '['=%.
CALC:STAT 	選択した演算機能のアクティブ/非アクティブに切換えます
CALC:DATA?	INIT でトリガをかけた CALC の結果をすべて返します
CALC:DATA:LAT?	CALC の結果の中で最近の値だけを返します

プログラミング例 - $mX+b$

以下のコマンドを順番に実行すると、1 回の $mX+b$ 計算を実行してその結果を返します。

*RST	' RST デフォルトに戻します。
CALC:FORM MXB	' $mX+b$ 計算を選択します
CALC:KMAT:MMF 2e-3	' スケールファクタ (M) の値を 2e-3 にセットします
CALC:KMAT:MBF 5e-4	' オフセット (B) の値を 5e-4 にセットします
CALC:STAT ON	' 計算機能をアクティブにします
SYST:ZCH OFF	' ゼロチェック機能をオフにします
INIT	' 測定を 1 回実行し、 $mX+b$ を計算します
CALC:DATA?	' $mX+b$ 演算の結果を返します

バッファおよびスweep

- **バッファの操作** — 読み取り値のバッファへの保存と取り出し（統計値を含む）の方法を説明します。
- **Model 6487 の電圧スweep** — 電圧発生源を用いてスweep信号を発生させる方法を説明します。

バッファの操作

Model 6485 は 1 個以上 2,500 個までの読み取り値を保存できるバッファを備えています。Model 6487 のバッファは 1 ~ 3,000 までの読み取り値を保存します。両装置は共にオーバーフローした読み取り値とタイムスタンプも保存し、Model 6487 の個々の読み取り値には電圧発生源の値も含まれています。読み取り値に付随するタイムスタンプは、測定/保存プロセスがスタートした時点を経験とした経過時間を表します。さらに、取り出されたデータには統計情報(最大、最小、ピークツーピーク、平均、標準偏差)も含まれています。

バッファは指定された数の読み取り値が書き込まれた時点で停止します。読み取り値はフィルタ/演算処理が実行された後でバッファに書き込まれます。演算処理には相対測定、 $mX+b$ 、 $m/X+b$ 、LOG、またはリミット(セクション 5 参照)が含まれます。

バッファに保存されたデータは保存操作が選択されるたびに上書きされます。データは揮発性ですから、電源の投入/遮断サイクルの後では保存されていません。

測定機能は保存プロセスの途中であっても切替えが可能です。そのような場合には異なる測定機能の読み取り値をもとに統計量が計算されますから注意が必要です。

保存

読み取り値を保存するには装置を希望の設定にセットアップしておいてから CONFIG を押し、続いて STORE を押します。保存したい読み取り値の数 (Model 6485 : 1 ~ 2500、Model 6487 : 1 ~ 3000) をセットしてから ENTER を押します。保存を開始するには STORE を押してください。データ保存がアクティブになっていることを示すためにアスタリスク(*)表示ランプが点灯します。この状態でデータ保存を停止させるには EXIT を押します。

取り出し

保存された読み取り値とバッファ統計を表示させるには、まず RECALL を押してから、RANGE とカーソルキーを使用して読み取り番号とバッファ統計、読み取り値、電圧源の値 (Model 6487 のみ) およびタイムスタンプをスクロールします。(RANGE キーを使用して統計値と読み取り値をスクロールします。カーソルキーを使用して読み取り値、Model 6487 電圧源の値、またはタイムスタンプを選択します。読み取り値の取り出しを行っている間は BUFFER 表示ランプが点灯しています。通常表示に復帰するには EXIT を押してください。

注 Model 6487 の場合、読み取り値を取得した時点で電圧源がコンプライアンス状態になっていると、前面パネルの SRC を呼び出します(ディスプレイ上の電圧値が暗い表示に切り替わります)。GPIB を介して電圧源に関して値 -999 が返されるときは電圧源がコンプライアンス状態に陥っています。

バッファのタイムスタンプ

バッファのタイムスタンプ形式を変更したい場合は、まず MENU を押し、TSTAMP を選択してから ENTER を押してください。ABS(絶対)と DELT(差分)のいずれかを選択します。ABS を選択すると、バッファに保存された最初の読み取り値を基準としてタイムスタンプが計算されます。最初の読み取り値は常に 0000000.0000 というタイムスタンプを持ちます。DELT を選択した場合、タイムスタンプは 1 回の読み取りから次の読み取りまでの時間差を記録します。

クリア

Model 6487 のバッファをクリアするには、まず CONFIG を押してから次に STORE を押し、読み取りカウントを 0 にセットします(AUTO を押すとすぐにディスプレイがクリアされます)。読み取りカウントに 0 が表示されている状態で ENTER を押すことによりバッファのクリアが完了します。

バッファ統計

MIN と **MAX** はバッファに保存されている最小値と最大値を示します。同時にこれらの値が保存されているバッファ位置を示します。

PK-PK (ピークツーピーク) はバッファに保存されている中での最大値と最小値の差を示します：

$$PK-PK = MAX - MIN$$

Average はバッファ内の読み取り値から次式に従って計算された平均値です：

$$y = \bar{A} \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

ここに： X_i は保存されている読み取り値、 n はその総数を表します。

STD DEV はバッファ内の読み取り値から次式に従って計算された標準偏差です：

$$y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Avg} - X_i)^2}{n-1}}$$

ここに： X_i は保存されている読み取り値。

n は保存されている読み取り値の総数。

Avg はバッファ内の読み取り値の平均です。

注 バッファに保存された読み取り値の中に、オーバーフローまたは Model 6487 の過電圧条件に起因するデータが 1 つでも含まれているとバッファ統計量は計算されません。このような統計量を前面パネルから呼び出そうとすると、数字の代わりにダッシュ記号の並びが表示されます。リモート操作の場合、計算されなかった統計量は数字 +9.91e37 で示されます。

SCPI プログラミングバッファ

表 6-1

SCPI コマンド - バッファ

コマンド

説明

TRAC:CLE	バッファ内の読み取り値をクリア
TRAC:FREE?	使用可能および使用中のバイト数を問い合わせ
TRAC:POIN <n>	保存する読み取り値の数を指定：Model 6485 は 1 ~ 2500、 Model 6487 は 1 ~ 3000
TRAC:POIN:ACT?	バッファ内に実際に保存されている読み取り値の個数を返す
TRAC:FEED <name>	バッファに保存する読み取り値の信号源を選択：SENS、CALC1、または CALC2
TRAC:FEED:CONT <name>	バッファのコントロールモードを選択：NEV または NEXT
TRAC:TST:FORM <name>	タイムスタンプの形式を選択：ABS または DELT
TRAC:DATA?	バッファ内の全読み取り値を読み込みます
FORM:ELEM <list>	TRAC:DATA? 応答メッセージに対応するデータ要素を指定します： READ、UNIT、VSO、TIME、および STAT (VSO は 6487 のみ)
CALC3:FORM <name>	バッファ統計を選択：MIN、MAX、MEAN、SDEV、または PKPK.
CALC3:DATA?	選択したバッファ統計量を読み出します

プログラミング例

以下のコマンドを順に実行すると、20 個の読み取り値をバッファに保存してからそれらの値の平均値を計算します：

・ データ要素の選択：

*RST	・ 6485/6487 を RST デフォルトへ戻します。
FORM:ELEM READ,TIME	・ 読み取り値とタイムスタンプを選択

・ 読み取り値の保存後、それを読み出します：

TRIG:COUN 20	・ 20 個の値を読み取るようにトリガを設定
TRAC:POIN 20	・ バッファサイズを 20 にセット
TRAC:FEED SENS	・ 生の入力値を保存
TRAC:FEED:CONT NEXT	・ 読み取り値の保存開始
SYST:ZCH OFF	・ ゼロチェック機能をオフにします
INIT	・ 読み込みトリガ発生
TRAC:DATA?	・ 保存された全部の読み取り値を要求

・ バッファに保存された読み取り値の平均を取得：

CALC3:FORM MEAN	・ 統計量として平均値を選択
CALC3:DATA?	・ 平均値を要求

Model 6487 の電圧スイープ

Model 6487 の電圧発生機能を使用すればスタートと終了電圧、および段階的なステップ電圧を指定することによって電圧スイープ信号を作り出すことができます。Model 6487 は各電圧ステップごとに 1 組の読み取りを行い、後で利用できるようにバッファに保存します。

前面パネルからのスイープ

前面パネルからスイープ信号を発生させるには、まず CONFIG を押してから OPER を押し、続いて SWEEP を選択してから ENTER を押します。画面のプロンプトに従ってスタート、ストップ、ステップ電圧、および遅延時間(1 回の電圧ステップ変化と測定から次回までの時間間隔)を入力します。スイープの方向はスタートとストップ電圧の設定によって上昇と下降のどちらでも可能ですが、ステップ電圧は常に正の値をプログラムしなければなりません。すべてのデータが入力されると SCAN 表示ランプが点灯してスイープの準備が整ったことを知らせてくれます。

スイープを開始するには TRIG キーを押してください。スイープが実行され、読み取り値は後で利用できるようにバッファに書き込まれます(セクション 6「取り出し」参照)。実行中のスイープを途中で打ち切るには EXIT キーを押してください。

SCPI プログラミング - スイープ

注 スイープをリモートからプログラムする場合は、*RST 実行後にアームカウントをリセットしてからでないとスイープできないことがあります。トリガ出力の詳細については『Model 6487 リファレンスマニュアル』のセクション 7 を参照してください。

表 6-2

SCPI コマンド - スイープ

コマンド

SOUR:VOLT:SWE:STAR <Volts>
SOUR:VOLT:SWE:STOP <Volts>
SOUR:VOLT:SWE:STEP <Volts>
SOUR:VOLT:SWE:CEN<Volts>
SOUR:VOLT:SWE:SPAN <Volts>
SOUR:VOLT:SWE:DEL <Delay>
SOUR:VOLT:SWE:INIT
SOUR:VOLT:SWE:ABOR
SOUR:VOLT:SWE:STAT?
INIT

説明

スタート電圧をプログラム: -505V ~ 505V
停止電圧をプログラム: -505V ~ 505V
ステップ電圧をプログラム: -505V ~ 505V
中心電圧をプログラム: -505V ~ 505V*
スパン電圧をプログラム: 0V ~ 1010V*
1 回の電圧ステップと測定から次回までの遅延をセット: 0 ~ 999.9999 秒
アームスイープ、電圧源を動作状態にします
スイープ中断、電圧源をスタンバイ状態にします
スイープ実行中か否かの問い合わせ: 1 = スイープ進行中
スイープにトリガをかける

*スイープパラメータの設定方法には CENT(中央)と SPAN(スパン)の異なる 2 種類があり、START と STOP コマンドとを組み合わせで使用します。

プログラミング例

以下のコマンドを順に実行すると、1V から 10V までの範囲を 1V ステップでスイープします:

*RST	6487 を RST デフォルトへ戻します。
SOUR:VOLT:SWE:STAR 1	スタート電圧 = 1V.
SOUR:VOLT:SWE:STOP 10	停止電圧 = 10V.
SOUR:VOLT:SWE:STEP 1	ステップ電圧 = 1V.
SOUR:VOLT:SWE:DEL 0.1	遅延 0.1 秒
ARM:COUN INF	アームカウントをリセット
FORM:ELEM READ,VSO	読み取り値、電圧源データを選択
SOUR:VOLT:SWE:INIT	アームスイープ、電圧源を動作状態にします
SYST:ZCH OFF	ゼロチェック機能をオフにします
INIT	スイープにトリガをかけます
TRAC:DATA?	保存された全部の読み取り値を要求

7

リモート操作とコマンド

- **インターフェイスの選択と設定** — インターフェイス(GPIB または RS-232)を選択して設定する方法を説明します。
- **リモートコマンド** — バスコマンドをタイプ別に説明します: 一般バスコマンド、共通コマンド、信号志向コマンド、SCPI コマンドサブシステム。

インターフェイスの選択と設定

インターフェイス

Model 6485/6487 は 2 種類の組み込むインターフェイスを備えています： GPIB および RS-232 インターフェイス。同時に両方を使うことはできません。工場出荷時には GPIB が選択されています。インターフェイスを選択するには、まず COMM を押してから RS-232 または GPIB を選択し、最後に ENTER を押してください。Model 6485/6487 は新しいインターフェイス用にリセットされます。

GPIB インターフェイス

GPIB (IEEE-488) インターフェイスを設定するには、GPIB インターフェイスが選択されている状態で CONFIG、続いて COMM を押してから一次アドレス(0 ~ 30; Model 6485 のフォルト値は 14、Model 6487 のデフォルト値は 22)と言語(SCPI、DDC、または 488.1)を選択します。一次アドレスはコンピュータプログラムで指定された値と同じでなければならず、また、アドレスが衝突しないように注意してください。殆どのアプリケーションでは SCPI 言語を使用してください。DDC と 488.1 プログラム言語の詳細については『Model 6485 インストラクションマニュアル』または『Model 6487 リファレンスマニュアル』をご覧ください。

RS-232 インターフェイス

RS-232 インターフェイスを設定するには、RS-232 が選択されている状態で CONFIG を押し、さらに COMM を押してからボーレート、データビット、パリティ、ターミネータ、およびフローコントロールを指定します。正しく動作させるために、インターフェイスパラメータが制御プログラムで使用するものと一致していることを確認してください。

接続

GPIB 接続

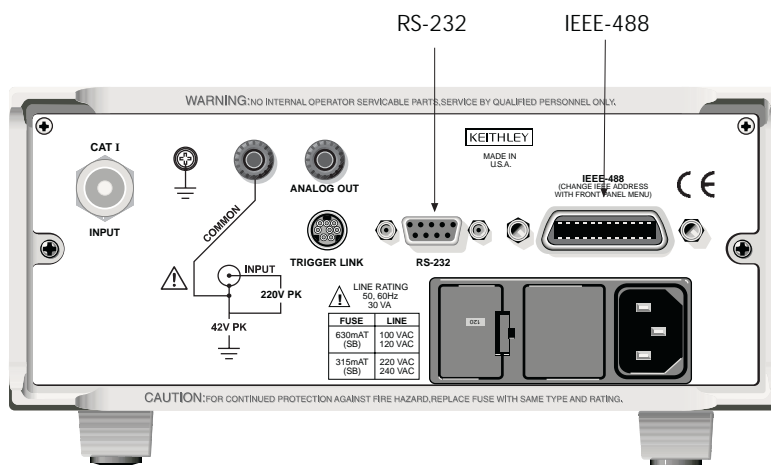
装置の電源が切れていることを確認し、装置背面の IEEE-488 コネクタ(図 7-1、7- 2)とコンピュータ側バスコネクタをシールド付 GPIB ケーブル(ケースレー Model 7007)を使用して接続します。

RS-232 接続

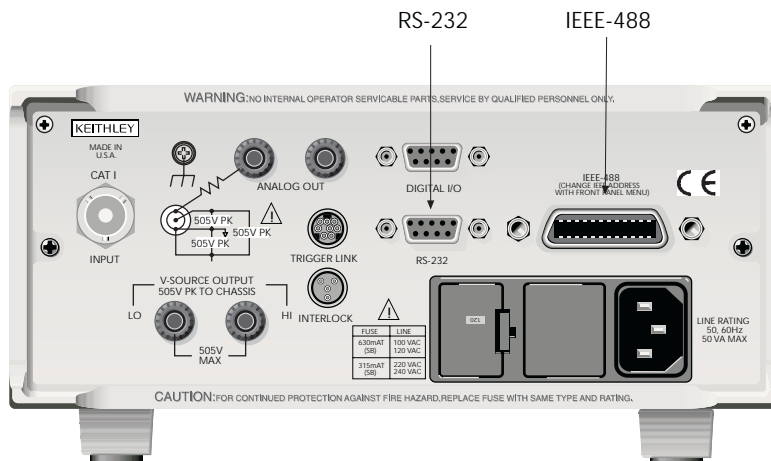
装置の電源が切れていることを確認し、Model 6485/6487 RS-232 コネクタ(図 7-1、7- 2)とコンピュータ側のシリアルポートを DB-9 コネクタ付きのストレートタイプシールド付 RS-232 ケーブル(ケースレー Model 7009)で接続します。ヌルモデムケーブルは使用しないでください。

図 7-1

Model 6485 の IEEE-488 (GPIB)と RS-232 コネクタ位置



Model 6487 の IEEE-488 と RS-232 コネクタ位置



前面パネルからの GPIB 操作

エラー / ステータスメッセージ

IEEE-488 プログラミングに関連するエラー、ステータスメッセージ一覧については『Model 6485 インストラクションマニュアル』または『Model 6487 リファレンスマニュアル』をご覧ください。

GPIB ステータス表示ランプ

REM は装置がリモート状態にあることを示し、TALK と LISTN は Model 6485/6487 がそれぞれトーカ、リスナとしてアクティブな状態にあることを示します。SRQ は装置がサービス要求を発行していることを示します。

LOCAL キー

LOCAL キーは装置のリモート状態を解除してローカル操作に戻します。したがって、LOCAL キーを押すと REM 表示ランプが消灯し、ユーザ定義メッセージが表示されていた場合はそれが消えて通常の表示に戻ります。装置が LOCAL (非リモート) であるときに LOCAL キーを押すと、このキーは設定キーとして機能します(セクション 1 の「Model 6485 前面パネルのまとめ」または「Model 6487 前面パネルのまとめ」参照)。

LLQ (ローカルロックアウト) コマンドが効力を持っているとき LOCAL キーも機能しません。

リモートコマンド

一般バスコマンド

一般バスコマンド一覧を表 7-1 に示します。これらのコマンドは RS-232 インターフェイスからは使用できません。

表 7-1

一般バスコマンド

コマンド	Model 6485/6487 に及ぼす効果
REN	リモート状態へ移行させます(次にリスナとして指定されている場合)
IFC	インターフェイスをリセットします。すべてのデバイスはトーカ、リスナのアイドル状態になります。
LLO	LOCAL キーをロックアウトします。
GTL	リモート状態をキャンセルし、Model 6485/6487 を前面パネルからのコントロールに戻します。
DCL	すべてのデバイスを既知条件に復帰させます。
SDC	Model 6485/6487 を既知条件に復帰させます。
GET	トリガを起動します。
SPE, SPD	Model 6485/6487 のシリアルポーリングを実行します。

共通コマンド

共通コマンドを表 7-2 にまとめて示します。

表 7-2

IEEE-488.2 共通コマンドと問合せ

<u>二モニック</u>	<u>名前</u>	<u>説明</u>
*CLS	Clear status	すべてのイベントレジスタとエラーキューをクリアします。
*ESE <NRf>	Event enable command	標準イベントイネーブルレジスタをプログラムします。
*ESE?	Event enable query	標準イベントイネーブルレジスタを読み出します。
*ESR?	Event status register query	標準イベントイネーブルレジスタを読み出してからクリアします。
*IDN?	Identification query	製造者名、モデル型式、シリアル番号、およびファームウェアのバージョン番号を返します。
*OPC	Operation complete command	保留中のすべてのコマンドが実行されるのを待ち、標準イベントレジスタの操作完了ビットをセットします。
*OPC?	Operation complete query	選択したデバイスの保留中であった操作が完了するのを待ち、ASCII 文字 “1” を出力キューに追加します。
*OPT?	Option query	実装されているオプションがあれば、そのモデル番号を返します。
*RCL <NRf>	Recall command	Model 6485/6487 をユーザが保存したセットアップの状態に戻します。
*RST	Reset command	Model 6485/6487 を *RST デフォルト条件に戻します。
*SAV <NRf>	Save command	現在のセットアップをユーザ保存セットアップの 1 つとして保存します。
*SRE <NRf>	Service request enable command	サービス要求イネーブルレジスタをプログラムします。
*SRE?	Service request enable query	サービス要求イネーブルレジスタの内容を読み出します。
*STB?	Status byte query	ステータスバイトレジスタの内容を読み出します。
*TRG	Trigger command	Model 6485/6487 ヘバストリガを送り出します。
*TST?	Self-test query	ROM のチェックサム試験を行い、その結果を返します。
*WAI	Wait-to-continue command	それ以前のすべてのコマンドの完了を待ちます。

信号処理指向コマンド

基本測定に使用される信号処理指向コマンドの一覧を表 7-3 に示します。

表 7-3

信号処理指向コマンド

<u>コマンド</u>	<u>説明</u>
CONFigure[:<function>]	Model 6485/6487 を「単発」測定モードに入れます。 <function> = CURR[:DC]
CONFigure?	選択されている機能を問い合わせます。'CURR'を返します。
FETCh?	最も新しい読み取り値(複数可)を要求します。
READ?	INIT と FETCh? を実行します。
MEASure[:<function>]?	CONF:<function> と:READ? を実行します。

SCPI コマンドサブシステム

Model 6485/6487 の殆どの操作をプログラムできる各種 SCPI サブシステムをまとめて表 7-4 に示します。これらサブシステムに付随するコマンドの詳細なリストについては『Model 6485 インストラクションマニュアル』または『Model 6487 リファレンスマニュアル』のセクション 14 に解説されています。

SCPI コマンドサブシステム

サブシステム	機能
CALCulate[1]	演算機能
CALCulate2	リミットテスト、相対測定
CALCulate3	バッファ統計
CALibration	装置校正
DISPlay	数字とテキストメッセージを表示
FORMat	リモートデータを返す書式指定
SENSe[1]	電流測定とそれに付随するモード
SOURce[1]	Model 6487 の電圧源操作
SOURce2	Model 6487 デジタル I/O ポート
STATus	装置ステータス
SYSTem	ゼロチェック、補正、電源周波数、エラーメッセージ
TRACe	バッファ操作とデータ
TRIGger	装置へのトリガ発生

プログラム構文

次の文は共通コマンドと SCPI コマンドの構文を説明するものです。更に詳しい内容については IEEE-488.2 と SCPI の規格書をご覧ください。

コマンドワード

プログラムメッセージは 1 つ以上のコマンドワードから構成されます。共通コマンドと SCPI コマンドはパラメータを必要とする場合としない場合がありますが、パラメータを使用する場合にはコマンドワードとの間に 1 個以上のスペースを置かなければなりません。コマンドワードの中にカッコ([]) で囲まれて表記されるものがあります。これらのカッコは、プログラムメッセージに必ずしも含める必要のないオプションコマンドであることを示します。

共通コマンドと SCPI コマンドは大文字と小文字を区別しませんから、大文字と小文字を任意の組合せで使用してかまいません。SCPI コマンドには短縮フォームとそうでないフォームがあり、どちらでも送信することができます。このマニュアルに記載のコマンドテーブルは短縮フォームで表記してあります。複数のコマンドメッセージをセミicolon(;) で区切って連結すれば、それらを 1 つのプログラムメッセージとして送ることができます。

クエリコマンドはプログラムによってシステムが現在どのように設定されているかの情報を要求します。クエリコマンドはその基本フォームの末尾にクエスチョンマーク(?) が付加されることによって区別されます。大部分のコマンドはクエリー(問合わせ)フォームを持っています。プログラムメッセージの末尾は必ず LF(改行記号) または EOI(識別終了) または LF+EOI で終端させなければなりません。メッセージへの応答も LF と EOI で終了します。

パラメータのタイプ

パラメータタイプの幾つかを以下に説明します：

- ブール型 — 装置の動作をアクティブ/非アクティブに設定するために使用します。0 または OFF が動作を非アクティブに設定し、1 または ON は動作をアクティブにします。
- <name> 名前パラメータ — 一覧表示されたグループの中からパラメータ名を選択します。
- <NRf> 数字表現フォーマット — 整数(例：8) 実数(例：23.6) または指数(2.3E6) で表現できる数字。
- <NDN> 非 10 進数 — ステータスイネーブルレジスタのプログラミングに使用できる非 10 進数値。独自のヘッダーでフォーマットを区別します：#B(2 進) #H(16 進) #Q(8 進)。
- <n> 数値 — NR f 番号または以下の名前パラメータの 1 つによって構成されます：DEFault、MINimum、または MAXimum。
DEFault パラメータを使用すると、装置は *RST デフォルト値に設定されます。MINimum パラメータを使用すると、装置は許容される範囲内で最も低い値に設定されます。MAXimum パラメータを使用すると、装置は許容される範囲内で最も高い値に設定されます。
- 三角カッコ <> — パラメータのタイプを示すために使用します。このカッコはプログラムメッセージに含めないでください。

A 仕様書

6485 ピコアンメータ仕様書

レンジ	5-1/2 桁 デフォルト分解能	精度 1 年 ¹ ± (%RDG. + オフセット)	RMS ノイズ 典型値 ²	アナログ立ち上がり 時間典型値 ³ (10-90%)
		18°-28°C、0-70% RH		
2 nA	10 fA	0.4 % + 400 fA	20 fA	8 ms
20 nA	100 fA	0.4 % + 1 pA	100 fA	8 ms
200 nA	1 pA	0.2 % + 10 pA	1 pA	500 μs
2 μA	10 pA	0.15% + 100 pA	10 pA	500 μs
20 μA	100 pA	0.1 % + 1 nA	100 pA	500 μs
200 μA	1 nA	0.1 % + 10 nA	1 nA	500 μs
2mA	10 nA	0.1 % + 100 nA	10 nA	500 μs
20mA	100 nA	0.1 % + 1 μA	100 nA	500 μs

温度係数：0° ~ 18°C & 28° ~ 50°C。温度 1 について 0.1 % (% rdg + オフセット) を精度仕様に加算。

入力電圧負担：すべてのレンジで <200μV (ただし、20mA レンジでは <1mV)

最大入力キャパシタンス：すべての nA レンジと 2μA レンジで 10nF 以内で安定；20μA と 200μA および mA レンジでは 1μF。

最大連続入力電圧：220VDC

NMRR(50 または 60Hz)：60dB

最大コモンモード電圧：42

絶縁(装置コモン ~ 筐体)：典型値 >5Y10¹¹
(<1nF が並列に入ります)

アナログ出力：スケールされた電圧出力(全レンジにおいて反転 2V フルスケール) ±2mV、1k インピーダンス

¹ 1 PLC の場合、この条件下では 60 rdgs/sec に制限されます。

² 6 PLC、標準偏差 1、読み込み回数 100、フィルタオフ、入力キャップの場合、この条件値では 10 rdgs/sec に制限されます。

³ アナログ出力に >100k の抵抗性負荷を接続して測定。

IEEE-488 バスの実装

マルチラインコマンド：DCL、LLO、SDC、GET、GTL、UNT、UNL、SPE、SPD

実装：SCPI(IEEE-488.2、SCPI-1996.0)；DDC(IEEE-488.1)

シングルラインコマンド：IFC、REN、EOI、SRQ、ATN

インターフェイス機能：SH1、AH1、T5、TE0、L4、LE0、SR1、RL1、PP0、DC1、DT1、C0、E1

プログラム可能なパラメータ：レンジ、ゼロチェック、ゼロ補正、EOI (DDC モードのみ)、トリガ、終端記号(DDC モードのみ)、校正 (SCPI モードのみ)、表示形式、SRQ、REL、出力形式、V- オフセット計算

アドレスモード：TALK のみ、アドレッシング可能

言語エミュレーション：ケースレー Model 485 エミュレーション(DDC モード)

RS-232 の実装：

サポートする言語：SCPI 1996.0.

ボーレート：300、600、1200、2400、4800、9600、19.2k、38.4k、57.6k

プロトコル：Xon/Xoff、7/8 ASCII ビット、パリティ：偶 / 奇 / なし
コネクタ：DB-9 TXD/RXD/GND.

一般事項

入力コネクタ：BNC(背面パネル)

ディスプレイ：12 文字真空蛍光管表示

レンジ設定：自動、または手動

オーバーレンジ表示ランプ：“OVRFLOW”と表示します

変換時間：0.01 ~ 60 PLC (50Hz の場合は 50 PLC) の範囲で選択可 (200μs ~ 1s の範囲で調節可)

読み込み速度：

内蔵バッファへ書き込み：1000 回 / 秒¹

IEEE-488 バス伝送：900 回 / 秒^{1,2}

注意：

¹ 0.01 PLC、デジタルフィルタ OFF、前面パネル OFF、自動ゼロ OFF

² バイナリ転送モード IEEE-488.1.

バッファ：2500 個までの読み取り値を格納

プログラム：前面パネルから IEEE アドレスへのアクセス、工業単位 / 科学表記の選択、デジタル校正可能

EMC：欧州共同体指針 89/336/EEC、EN61326-1 準拠

安全性：欧州共同体指針 73/23/EEC、EN61010-1 準拠

トリガライン：使用可能 (使用法についてはマニュアルを参照)

デジタルフィルタ：メディアンおよび平均値 (読み取り値個数選択可：2 ~ 100)

環境：

動作：0° ~ 50°C；35°C までは相対湿度 70% 以下 (非結露)、35°C 以上では湿度上限が 3%/°C の割合で低下します

保管温度：-25 ° ~ +65°C.

ウォームアップ時間：定格精度実現に 1 時間のウォームアップが必要 (推奨操作についてはマニュアルを参照)

電源：100 ~ 120V、または 220 ~ 240V、50 ~ 60Hz、(30VA)

物理諸元：

筐体寸法：90mm(高さ) × 214mm(幅) × 369mm(奥行き) × 3 1/2 in. × 8 3/8 in. × 14 9/16 in)

動作時寸法：筐体前面から背面 (電源ケーブル、IEEE-488 コネクタを含む) まで：394mm (15.5 in.)

重量(本体)：<2.8 kg (<6.1 lbs)

出荷時重量：<5 kg (<11 lbs)

仕様は製品改良のため予告なく変更することがあります。

6487 ピコアンメータ仕様書

レンジ	5-1/2 桁 デフォルト分解能	精度(1年) ¹	RMS ノイズ 典型値 ²	アナログ上昇時間 典型値(10-90%) ³ ダンピング ⁴	
		±(%RDG. + オフセット) 18°~28°C、0~70% RH		OFF	ON
2 nA	10 fA	0.3 % + 400 fA	20 fA	4 ms	80 ms
20 nA	100 fA	0.2 % + 1 pA	20 fA	4 ms	80 ms
200 nA	1 pA	0.15 % + 10 pA	1 pA	300 μs	1 ms
2 μA	10 pA	0.15 % + 100 pA	1 pA	300 μs	1 ms
20 μA	100 pA	0.1 % + 1 nA	100 pA	110 μs	110 μs
200 μA	1 nA	0.1 % + 10 nA	100 pA	110 μs	110 μs
2 mA	10 nA	0.1 % + 100 nA	10 nA	110 μs	110 μs
20 mA	100 nA	0.1 % + 1 μA	10 nA	110 μs	110 μs

温度係数: 0° ~ 18°C & 28° ~ 50°C. 温度 1 について 0.1 x (% rdg + オフセット) を精度仕様に加算。

入力電圧負担: すべてのレンジで <200μV (ただし、20mA レンジでは <1mV)

最大入力キャパシタンス: すべての nA レンジと 2μA レンジで 10nF 以内で安定; 20μA と 200μA および mA レンジでは 1μF。

最大連続入力電圧: 505 VDC

NMRR(50 または 60Hz): 60dB

絶縁(アンメータコモン/電圧源~筐体): 典型値 >1 ¥ 10¹¹ (<1nF が並列に入ります)

最大コモンモード電圧(筐体~電圧源/アンメータ): 505 VDC.

電圧源~アンメータ間最大電圧: 505 VDC

アナログ出力: スケーリングされた電圧出力(全レンジにおいて反転 2V フルスケール) ±0.5% ±2mV

アナログ出力インピーダンス: <100 Ω、DC ~ 2kHz

電圧源

レンジ (Max)	ステップサイズ (典型値)	精度(1年) ¹ ±(%PRDG.+オフセット) 18°~28°C、0~70% RH	ノイズ(p-p) 0.1 ~ 10Hz	温度係数	上昇時間 典型値 ^{6,8} (10-90%)	下降時間 典型値 ^{7,8} (90-10%)
±10.100	200μV	0.1% + 1mV	<50μV	(0.005% + 20μV)/°C	250 μs	150 μs
±50.500	1mV	0.1% + 4mV	<150μV	(0.005% + 200μV)/°C	250 μs	300 μs
±505.00	10mV	0.15% + 40mV	<1.5mV	(0.008% + 2mV)/°C	4.5 ms	1 ms

電流リミット(選択可能): 50V、500V レンジ: 2.5mA、250μA、25μA、10V レンジでは 25mA の追加リミット。
全電流リミット: 公称値の -20%/+35%

広帯域ノイズ⁹: <30mVp-p 0.1Hz ~ 20MHz.

時間安定性典型値: ±(0.003% + 1mV): 一定温度(18°C ~ 28°C の範囲で変動幅 1°C 以内、5 分間の整定時間経過後) 24 時間の時間幅

出力抵抗: <2.5 Ω

電圧スweep: 固定電圧源でのリニア電圧スweepをサポート: 1 ステップごとに 1 回の電流/抵抗測定。最高スweep速度: 毎秒 200 ステップ。最大ステップ数 3000。ステップ変化から測定までに遅延時間挿入可能(オプション)。

抵抗測定(VI): 電圧源を使用して測定します。設定電圧と実測電流から抵抗値を計算。抵抗測定の精度は電圧源とアンメータ両方の精度で決まります。精度の典型値は 1k ~ 1T Ω の範囲で読み取り値の 0.6% 未満です。

交流電圧抵抗測定: 10⁹ ~ 10¹⁵ Ω の範囲で交流電圧測定が可能です。印加電圧は 0V からユーザ定義電圧(最高 ±505V) の範囲で変化します。

¹ 1 PLC の場合、この条件下では 60 rdgs/sec に制限されます。

² 6 PLC、標準偏差、1、読み込み回数 100、フィルタオフ、入力キャップの場合、この条件値では 10 rdgs/sec に制限されます。

³ アナログ出力に >2k Ω の抵抗性負荷を接続して測定。

⁴ 最大上昇時間が 25% まで向上します。

⁵ 精度は出力抵抗/負荷調節を含みません。

⁶ 上昇時間は 0V から ±フルスケール値まで変化する時間です(大きさが増加する方向)。

⁷ 下降時間は ±フルスケール値から 0V へ変化する時間です(大きさが減少する方向)。

⁸ 容量性負荷の場合は、上昇時間に C* Ω/limit、下降時間に C* Ω/ 1 mA を加えてください。

⁹ LO を筐体 GND に接続した状態で測定。

仕様は製品改良のため予告なく変更することがあります。

リモート操作

IEEE-488 バスの実装: SCPI (IEEE-488.2, SCPI-1996.0); DDC (IEEE-488.1).

言語エミュレーション: ケースレー Model 486/487 エミュレーション (DDC モード)

RS-232 の実装:

サポートする言語: SCPI 1996.0.

ボーレート: 300、600、1200、2400、4800、9600、19.2k、38.4k、57.6k

プロトコル: Xon/Xoff、7/8 ASCII ビット、パリティ: 偶/奇/なし

コネクタ: DB-9 TXD/RXD/GND.

一般事項

アンメータ入力コネクタ: 3 ラグタイプ 3 軸(背面パネル)

アナログ出力コネクタ: バナナジャック x 2 (背面パネル)

電圧発生源出力コネクタ: バナナジャック x 2 (背面パネル)

インターロックコネクタ: 4 ピン DIN

トリガライン: 使用可能(使用法についてはマニュアルを参照)

ディスプレイ: 12 文字真空蛍光管表示

デジタルフィルタ: メディアンおよび平均値(読み取り値個数選択可: 2 ~ 100)

レンジ設定: 自動、または手動

自動レンジ切換え時間: <250ms (アナログフィルタ: OFF、1 PLC)

オーバーレンジ表示ランプ: "OVRFLOW" と表示します

変換時間: 0.01 ~ 60 PLC (50Hz の場合は 50 PLC) の範囲で選択可 (200μs ~ 1s の範囲で調節可)

読み込み速度:

内蔵バッファへ書き込み: 1000 回/秒¹

IEEE-488 バス伝送: 900 回/秒^{1,2}

バッファ: 3000 個までの読み取り値を格納

プログラム: 前面パネルから IEEE アドレスへのアクセス、工業単位/科学表記の選択、デジタル校正可能

EMC: 欧州共同体指針 89/336/EEC、EN61326-1 準拠

安全性: 欧州共同体指針 73/23/EEC、EN61010-1、CAT I 準拠

環境:

動作温度: 0° ~ 50°C; 35°C までは相対湿度 70% 以下(非結露)。35°C 以上では湿度上限が 3%/°C の割合で低下します

保管温度: -10°C ~ +65°C.

ウォームアップ時間: 定格精度実現に 1 時間のウォームアップが必要 (推奨操作についてはマニュアルを参照)

電源: 100 ~ 120V、または 220 ~ 240V、50 ~ 60Hz、(50VA)

物理諸元:

筐体寸法: 90mm(高さ) ¥ 214mm(幅) ¥ 369mm(奥行き) ¥ 3 1/2 in. ¥ 8 3/8 in. ¥ 14 9/16 in.)

動作時寸法: 筐体前面から背面(電源ケーブル、IEEE-488 コネクタを含む)まで: 394mm (15.5 in.)

重量(本体): <4.7 kg (<10.3 lbs).

注意:

¹ 0.01 PLC、デジタルフィルタ OFF、前面パネル OFF、自動ゼロ OFF

² バイナリ転送モード IEEE-488.1.

³ トリガ入力から表示完了まで

測定に関する一般的注意事項

- **測定上の注意事項** — 測定上考慮しなければならない事項を 9 つの項目をにまとめて説明します。

測定実行のための注意事項

以下に説明する測定上の留意事項はあらゆる精密測定にあてはまるものです。測定上の注意事項一覧を表 2-1 にまとめて示し、さらに詳細な情報を得るには何を参照すればよいかを示します。

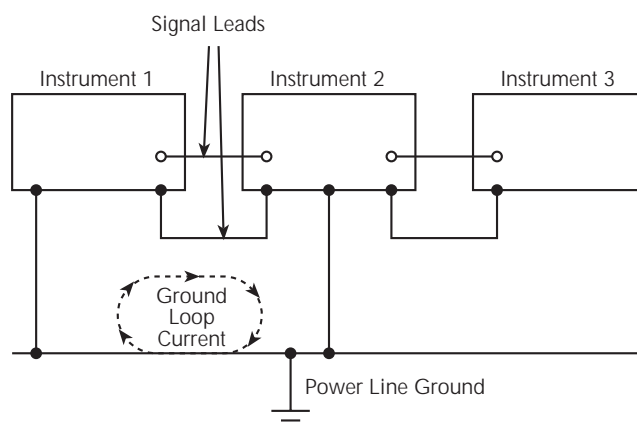
これ以外の測定上の注意事項については『Model 6485 インストラクションマニュアル』の付録 C、または『Model 6487 リファレンスマニュアル』の付録 G を参照してください。測定上のあらゆる考慮事項を包括的に説明した資料として、ケースレーが提供する『Low Level Measurements handbook (高感度測定ハンドブック)』を参照してください。

グラウンドループ

複数の装置を用いる試験セットアップで発生するグラウンドループは誤差信号を発生させて不規則な、あるいは誤った測定の原因になります。図 B-1 に示す試験セットアップでは 2 通りの経路で誤差が入り込みます。導線に大きなグラウンド電流が流れると、導線自体あるいは接合点での小さな抵抗によって電圧降下が起こり、これらの電圧降下が測定に影響を与えます。グラウンドループ電流がたとえ小さかったとしても、接地ラインが形成する大きなループを横切る磁束がかなりの大きさの誘導起電力を発生させて敏感な測定を乱します。

図 B-1

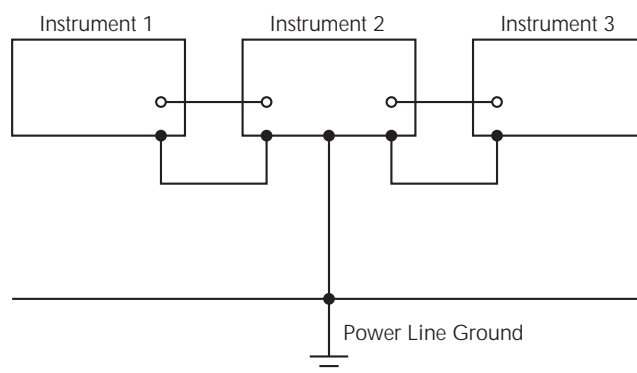
電源ラインのグラウンドループ



グラウンドループの発生を防止するためには、図 B-2 に示すように、装置(複数)をある一点だけで接地しなければなりません。GND ラインに直接接地されている装置は 1 台だけであることに注意してください。どのような配置が許容できるかを実験的に決定するのが最良の方法です。この目的のためには、測定装置を可能な限り最も低いレンジに設定してください。最も低いノイズ信号を実現できた構成が採用すべきセットアップです。このような接続には Model 6485/6487 の背面に設けられているグラウンドリンクを用いるのが便利です。

図 B-2

グラウンドループの除去



摩擦電気効果

摩擦電流の原因は導体と絶縁体間の摩擦によって生ずる電荷です。摩擦によって導体から自由電子が剥ぎ取られて電荷のバランスが崩れるために電流が発生します。例えば、3 軸ケーブルを曲げると中心の導体 (HI) とそれを囲む絶縁体が摩擦を起こして摩擦電流が発生します。摩擦電流をできるだけ抑えるには次の方法が有効です：

- ・「低ノイズ」ケーブルを使用する。このタイプのケーブルは電荷発生が最小になるように設計されており、グラファイトを使用することによって摩擦を小さくしています。Model 6485 にはケースレーの Models 4801、4802、および 4803 同軸ケーブルを使用してください。また、Model 6487 用の Models 237 と 7078 3 軸ケーブルは低ノイズタイプです。
- ・可能な限り短いケーブルを用い、振動のない表面にしっかりと固定 (テープ、紐で縛るなど) してケーブルが動かないようにしてください。

圧電効果と電荷蓄積効果

ある種の絶縁材料 (例：結晶) に機械応力がかかると圧電電流が発生します。また、ある種のプラスチックでは微小電荷があちこちに蓄積される結果、圧電電流と同様な効果が発生します。

試験ジグを組み立てるときは、良い絶縁材料を選択して構造体同士をできるだけ頑強に接続してください。その際、絶縁体に機械応力が発生しないようにしてください。

電気化学効果

回路基板上にイオン性化学物質が弱い電池を形成する場合にも電気化学効果によって誤差電流が生じます。このような電池により、導体間に数 nA の電流が流れることがあります。皮膚の油分や塩分、半田フラックスなどがイオン性汚染の原因になります。湿度 (水分) が高いと絶縁抵抗が低下しますから、問題がさらに深刻になります。

試験ジグを組み立てるときは、水分を吸収しない絶縁体を選択し、あまり湿度の高くならない環境でジグを使用するのが重要です。また、絶縁体は常にクリーンに保ち、汚れが付着しないように注意してください。

湿度

過度の湿度は PC 基板や試験用接続の絶縁抵抗を低下させます。勿論、絶縁抵抗の低下は高インピーダンス測定に深刻な影響を与えます。さらに、湿度 (水分) と汚染物質との相乗作用による電気化学効果によってオフセット電流を発生させる原因になります。水分の影響を極力抑えるためには、湿度をできるだけ低く (理想的には <50%) 保つとともに試験システムの部品やコネクタを常に清浄に保ってください。

光

半導体接合部や半導体ウェーハ上の MOS キャパシタ等を含むある種の部品は優れた光検出器でもあります。このため、これらの部品は光が侵入しない環境で試験しなければなりません。多くの試験ジグは適切な遮光機能を備えていますが、一部には相当量の光を透過させるものがあり試験結果に影響を与えます。遮光性をチェックしなければならない部分としては、ドアとそのヒンジ、配管導入部、コネクタ、コネクタパネルなどがあります。この点に留意して、Model 6485/6487 はディスプレイを消灯させるための :DISP:ENAB OFF コマンドを備えています。

静電気干渉

静電気による干渉は、荷電した物体が荷電していない物体に近づいたためにそれまで電荷の存在しなかった物体に電荷が誘起されることによって起こります。通常の低いインピーダンスレベルを扱っている範囲では誘起された電荷は速やかに散逸しますから、このような静電作用に気付くことはありません。しかし、多くの測定ではインピーダンスが高いため電荷が十分な速さで減衰せず、誤差や不安定な読み取り値の原因になります。このように誤った、不安定な読み取り値は次のような経路で起こります：

1. DC 静電場が読み取り値に検出されない誤差やノイズを引き起こす
2. AC 静電場が入力ブリアンプを飽和させ、整流作用によって発生する DC 誤差が読み取りに誤差を引き起こす

静電干渉があるときにまず気付くのは、手や体の一部を実験セットアップの近傍で動かしたときに読み取り値がフラつくことです。AC 電場からの拾い込みについては、ピコアンメータのアナログ出力をオシロスコープで観察すれば影響を受けているかどうか分ります。出力に電源周波数の信号が現われるならば、静電気干渉を受けていると考えられます。

静電気干渉を最小に抑える方法：

1. シールドを施す。シールドが有効な部位：部屋自体をシールド、ブースをシールド、敏感な回路部分をシールド、シールド付きケーブルの使用。シールドは常に、信号の LOW 側に接続されたコネクタ(隙間なく遮蔽されていること) に落としてください。回路の LOW が GND よりも高電位でフローティングになっている場合は、安全に注意してシールドには触らないようにしてください。網目スクリーンやシールド線を粗く編んだケーブルは高インピーダンス測定や強い電場での使用に不適です。ただし、シールドは測定回路のキャパシタンスを増加させ、応答を遅くすることがあることに注意が必要です。
2. 静電場を弱くする。電源ラインその他の電場発生源を試験セットアップから遠ざけることによって、測定に現われる静電気干渉を減少させることができます。

磁場

試験回路内のループを磁束が貫通することによって磁気 EMF(電圧) が発生し、その大きさは磁場の強度、ループの面積、およびこれらの因子の時間変化率によって決まります。以下のガイドラインに従って磁場強度を小さくしてください：

- 試験回路を磁場発生源(モーター、トランス、磁石など) からできるだけ遠ざけてください。
- 試験回路のいかなる部分も磁場内で動かないようにしてください。
- 導線をできるだけ短くする、ツイストする、などの方法でループ面積を可能な限り小さくしてください。

電磁気干渉 (EMI)

電磁気干渉に対する Model 6485/6487 の特性は欧州共同体が規定する EMC(Electromagnetic compatibility) 指針に準拠しており、CE マーク貼付の認証を受けています。しかし、高感度測定ではそれでも外部発生源からの影響が皆無とは言いきれません。このような場合には測定のセットアップにあたって以下の注意事項を考慮してください。

EMI 発生源には次のタイプがあります：

- ラジオや TV 放送送信機
- 通信用発信器(携帯電話、ポータブルラジオなども含みます)
- マイクロプロセッサや高速デジタル回路を内蔵する機器
- パルス源、例えば高電圧印加によるアークの発生

望ましくない信号が大きな強度で存在している場合は、装置性能に対してかなりの影響を及ぼしていると考えられます。EMI の影響は、異常に大きなオフセットや(発生源がパルス性の場合は) 表示される読み取り値が不規則にフラつくといった現象として現われます。

装置と実験回路を EMI の疑いのある発生源からできる限り遠ざけてください。多くの場合は装置や実験回路、試験導線に追加のシールドを施すことによって EMI を許容レベルに抑えられます。極端なケースでは、問題となる信号成分を十分に減衰させるために専用の静電遮蔽室を作らなければならないことさえあります。

入力信号経路の外部フィルタリングが必要となることがあります。単純な 1 ポールフィルタで十分な場合もありますが、より複雑な状況では問題となる周波数帯に合わせてチューニングしたマルチポールノッチ、帯域阻止フィルタなどが必要になります。広い周波数範囲に渡って低いインピーダンスを維持するには容量の大幅に異なる複数のキャパシタを並列接続することが有効です。ただし、このようなフィルタリングが測定に好ましくない影響(例えば応答時間が長くなる) を及ぼす可能性があることにも注意が必要です。

C プログラム例

- **プログラミング例** — 3 種類の応用例を挙げてそのプログラムについて説明します。

プログラミング例

このセクションではバッファサイズを指定して高速取り込みを行うプログラム例(擬似コード)を説明します。

毎秒 1000 回読み込んで内蔵バッファに保存します

注 このプログラムでは Model 6485/6487 を 0.01 PLC、デジタルフィルタ OFF、前面パネル OFF、自動ゼロ機能 OFF に設定し、2000 個の読み取り値を保存します。

*RST	′ 6485/6487 を RST デフォルトへ戻します。
TRIG:DEL 0	′ トリガ遅延を 0 秒に設定
TRIG:COUN 2000	′ トリガのカウント数を 2000 にセット
NPLC .01	′ 積分速度を 0.01 PLC にセット
RANG .002	′ 2mA レンジを使用
SYST:ZCH OFF	′ ゼロチェック機能をオフにします
SYST:AZER:STAT OFF	′ 自動ゼロ機能をオフにします
DISP:ENAB OFF	′ ディスプレイをオフにします
*CLS	′ ステータスモデルをクリア
TRAC:POIN 2000	′ バッファサイズを 2000 にセット
TRAC:CLE	′ バッファをクリア
TRAC:FEED:CONT NEXT	′ 次回の読み込みに同期して保存コントロールをスタート
STAT:MEAS:ENAB 512	′ バッファフル測定イベントをアクティブにします
*SRE 1	′ バッファフル測定イベント発生時の SRQ をアクティブにします
*OPC?	′ 操作完了クエリ
	′ (コマンド完了を同期させます)
opc? の結果を読み戻し	
INIT	′ 読み取りとその値の保存開始
	′ GPIB SRQ ラインが True になるのを待ちます
DISP:ENAB ON	′ ディスプレイを再びオンにします
TRAC:DATA?	′ バッファからのデータ読み出し要求
結果の読み戻し	

毎回 900 個のデータを IEEE-488 バスに送出

このプログラムではバスを介してリアルタイム高速測定を実現するためにマルチ読み込みクエリを使用します。読み込みの連続性を向上させたい場合はトリガカウントを減らしてください。スループットを向上させたい場合はトリガカウントを増やしてください。

注 このプログラムでは Model 6485/6487 を 0.01 PLC、デジタルフィルタ OFF、前面パネル OFF、自動ゼロ機能 OFF、バイナリ転送に設定し、言語として IEEE-488.1 を使用します。

Model 6485/6487 を IEEE-488.1 で動作させるためには前面パネルからの設定が必要です。まず CONFIG、続いて COMM を押し、LANG: 488.1 を選択してから ENTER を押します。詳細についてはインストラクションマニュアル/リファレンスマニュアルをご覧ください。

*RST	′ 6485/6487 を RST デフォルトへ戻します。
FORM:ELEM READ	′ 読み込み専用に戻します
FORM:BORD SWAP	′ バイト並びをスワップにセット
FORM:DATA SRE	′ 単精度浮動点少数バイナリで値を返す
TRIG:DEL 0	′ トリガ遅延を 0 秒に設定
TRIG:COUN 8	′ トリガのカウント数を 8 にセット
NPLC .01	′ 積分速度を 0.01 PLC にセット
RANG .002	′ 2mA レンジを使用
SYST:ZCH OFF	′ ゼロチェック機能をオフにします
SYST:AZER:STAT OFF	′ 自動ゼロ機能をオフにします
DISP:ENAB OFF	′ ディスプレイをオフにします
*OPC?	′ 操作完了クエリ
	′ (コマンド完了を同期させます)
opc? の結果を読み戻し	
for i = 1 to 1000	
"talk" Model 6485/6487.	′ In 488.1 モードでは自動的に READ? 実行
	′ (リファレンスマニュアル参照)
バイナリデータ読み戻し	
next i	
DISP:ENAB ON	′ ディスプレイを再びオンにします

3000 個の読み取り値を内蔵バッファに保存します

注 このプログラムは Model 6487 専用です。メモリ上の制約のため、トリガカウントとアームカウントの積は 2,048 を超えられません。したがって、バッファの上限 3000 個までの完全な書き込みを行うには 2 つのトリガが必要になります。トリガ出力の詳細については『Model 6487 リファレンスマニュアル』のセクション7 を参照してください。

*RST	′ 6487 を RST デフォルトへ戻します。
TRIG:DEL 0	′ トリガ遅延を 0 秒に設定
TRIG:COUN 1500	′ トリガのカウント数を 1500 にセット
NPLC .01	′ 積分速度を 0.01 PLC にセット
RANG .002	′ 2mA レンジを使用
SYST:ZCH OFF	′ ゼロチェック機能をオフにします
*CLS	′ ステータスモデルをクリア
TRAC:POIN 3000	′ バッファサイズを 3000 にセット
TRAC:CLE	′ バッファをクリア
TRAC:FEED:CONT NEXT	′ 次回の読み込みに同期して保存コントロールをスタート
STAT:MEAS:ENAB 512	′ バッファフル測定イベントをアクティブにします
*SRE 1	′ バッファフル測定イベント発生時の SRQ をアクティブにします
*OPC?	′ 操作完了クエリ(コマンド完了を同期させます)
opc? の結果を読み戻し	
INIT	′ 最初のトリガで 1500 回の読み込み
	′ 読み取り値の保存完了待ち
INIT	′ 残りの 1500 個を読み取って保存
	′ GPIB SRQ ラインが True になるのを待つ
TRAC:DATA?	′ バッファからのデータ読み出し要求
結果の読み戻し	

予告なしに仕様書を変更することがあります。

ケースレー (Keithley) のすべての登録商標および商品名は、Keithley Instruments, Inc. が所有権を有します。

他のすべての登録商標および商品名は、それぞれの会社が所有権を有します。



Keithley Instruments, Inc.

28775 Aurora Road • Cleveland, Ohio 44139 • 440-248-0400 • Fax: 440-248-6168
1-888-KEITHLEY (534-8453) • www.keithley.com

Sales Offices:	BELGIUM:	Bergensesteenweg 709 • B-1600 Sint-Pieters-Leeuw • 02-363 00 40 • Fax: 02/363 00 64
	CHINA:	Yuan Chen Xin Building, Room 705 • 12 Yumin Road, Dewai, Madian • Beijing 100029 • 8610-8225-1886 • Fax: 8610-8225-1892
	FINLAND:	Tietäjäntie 2 • 02130 Espoo • Phone: 09-54 75 08 10 • Fax: 09-25 10 51 00
	FRANCE:	3, allée des Garays • 91127 Palaiseau Cédex • 01-64 53 20 20 • Fax: 01-60 11 77 26
	GERMANY:	Landsberger Strasse 65 • 82110 Germering • 089/84 93 07-40 • Fax: 089/84 93 07-34
	GREAT BRITAIN:	Unit 2 Commerce Park, Brunel Road • Theale • Berkshire RG7 4AB • 0118 929 7500 • Fax: 0118 929 7519
	INDIA:	1/5 Eagles Street • Langford Town • Bangalore 560 025 • 080 212 8027 • Fax: 080 212 8005
	ITALY:	Viale San Gimignano, 38 • 20146 Milano • 02-48 39 16 01 • Fax: 02-48 30 22 74
	JAPAN:	New Pier Takeshiba North Tower 13F • 11-1, Kaigan 1-chome • Minato-ku, Tokyo 105-0022 • 81-3-5733-7555 • Fax: 81-3-5733-7556
	KOREA:	2FL., URI Building • 2-14 Yangjae-Dong • Seocho-Gu, Seoul 137-888 • 82-2-574-7778 • Fax: 82-2-574-7838
	NETHERLANDS:	Postbus 559 • 4200 AN Gorinchem • 0183-635333 • Fax: 0183-630821
	SWEDEN:	c/o Regus Business Centre • Frosundaviks Allé 15, 4tr • 169 70 Solna • 08-509 04 600 • Fax: 08-655 26 10
	TAIWAN:	13F-3, No. 6, Lane 99 Pu-Ding Road • Hsinchu, Taiwan, R.O.C. • 886-3-572-9077 • Fax: 886-3-572-9031