



広帯域デジタルロックインアンプ
WIDEBAND DIGITAL LOCK-IN AMPLIFIER

LI 5655 / LI 5660

取扱説明書（基本編）

DA00053266-005

広帯域デジタルロックインアンプ
WIDEBAND DIGITAL LOCK-IN AMPLIFIER

LI 5655 / LI 5660

取扱説明書（基本編）

登録商標について

National Instruments, LabVIEW は、米国 National Instruments Corporation の登録商標です。

この取扱説明書で使われているその他の会社名、商品名などは、一般に各社の商標または登録商標です。

——— はじめに ———

このたびは、「**LI5655 / LI5660 広帯域デジタルロックインアンプ**」をお買い求めいただき、ありがとうございます。

電気製品を安全に正しくお使いいただくために、まず、次項の「安全にお使いいただくために」をお読みください。

■ この説明書の注意記号について

この説明書では、次の注意記号を使用しています。機器の使用者の安全のため、また、機器の損傷を防ぐためにも、この注意記号の内容は必ず守ってください。

警告

機器の取扱いにおいて、感電など、使用者の生命や身体に危険が及ぶおそれがあるときに、その危険を避けるための情報を記載しています。

注意

機器の取扱いにおいて、使用者が傷害を負う、または物的損害が生じるおそれを避けるための情報を記載しています。

- LI5655 / LI5660 には、以下の取扱説明書があります。
 - LI5655 / LI5660 取扱説明書（基本編）
LI5655 / LI5660 をパネルから操作する方法や仕様、保守など基本的な事柄を説明します。
 - LI5655 / LI5660 取扱説明書（リモート制御）
LI5655 / LI5660 をリモート制御する方法を説明します。
-
- この説明書（基本編）の章構成は次のようになっています。
初めて使用する方は、1章からお読みください。
1. 概 説
この製品の概要・特長・応用・機能および簡単な動作原理を説明しています。
 2. 使用前の準備
設置や操作の前にはしなければならない大事な準備作業について説明しています。
 3. パネル操作一覧
パネル面各部の機能や操作方法、初期値、測定値の表示画面の内容をまとめて示しています。全容を概観したいときにお読みください。
 4. 基本操作
LI5655 / LI5660 を通常の1周波数、2位相ロックインアンプとしてお使いになるときの、基本的な操作方法を説明しています。機器を操作しながらお読みください。
 5. 応用操作
1周波数、2位相ロックインアンプとしての、より高度な使用方法について説明しています。
 6. 2周波数測定
2系統の2位相検波器を用いて、2つの周波数で同時に測定するときの操作方法を説明しています。
 7. トラブルシューティング
エラーメッセージや故障と思われるときの対処方法を記載しています。
 8. 保守
保管、再梱包、輸送の他、性能試験の方法について説明しています。
 9. 仕様
仕様（機能・性能）について記載しています。

————— 安全にお使いいただくために —————

安全にご使用いただくため、下記の警告や注意事項は必ず守ってください。

これらの警告や注意事項を守らずに発生した損害については、当社はその責任と保証を負いかねますのでご了承ください。

なお、この製品は、JIS や IEC 規格の絶縁基準 クラス I 機器(保護導体端子付き)です。

● **取扱説明書の内容は必ず守ってください。**

取扱説明書には、この製品を安全に操作・使用するための内容を記載しています。

ご使用に当たっては、この説明書を必ず最初にお読みください。

この取扱説明書に記載されているすべての警告事項は、重大事故に結びつく危険を未然に防止するためのものです。必ず守ってください。

● **必ず接地してください。**

この製品は、ラインフィルタを使用しており、接地しないと感電します。

感電事故を防止するため、必ず「電気設備技術基準 D 種(100 Ω以下)接地工事」以上の接地に確実に接続してください。

3 ピン電源プラグを、保護接地コンタクトを持った電源コンセントに接続すれば、この製品は自動的に接地されます。

この製品には、3 ピン-2 ピン変換アダプタを添付しておりません。ご自身で 3 ピン-2 ピン変換アダプタを使用するときは、必ず変換アダプタの接地線をコンセントのそばの接地端子に接続してください。

● **電源電圧を確認してください。**

この製品は、取扱説明書の「2.3 接地および電源接続」の項に記載の電源電圧で動作しません。

電源接続の前に、コンセントの電圧がこの製品の定格電源電圧に適合しているかどうかを確認してください。

● **ヒューズの定格を守ってください。**

発火などの恐れがあります。取扱説明書の「2.3 接地および電源接続」の項に記載された定格のヒューズを使用してください。

また、ヒューズを交換するときは、必ず電源コードをコンセントから抜いてください。

● **おかしいと思ったら**

この製品から煙が出てきたり、変な臭いや音がしたら、直ちに電源コードを抜いて使用を中止してください。

このような異常が発生したら、修理が完了するまで使用できないようにして、直ちに当社または当社代理店にご連絡ください。

● **ガス雰囲気中では使用しないでください。**

爆発などの危険性があります。

- **カバーは取り外さないでください。**
この製品の内部には、高電圧の箇所があります。カバーは絶対に取り外さないでください。
内部を点検する必要があるときでも、当社の認定したサービス技術者以外は内部に触れないでください。
- **改造はしないでください。**
改造は、絶対に行わないでください。新たな危険が発生したり、故障時に修理をお断りすることがあります。
- **製品に水が入らないように、また濡らさないようご注意ください。**
濡らしたまま使用すると、感電および火災の原因になります。水などが入った場合は、直ちに電源コードを抜いて、当社または当社代理店にご連絡ください。
- **近くに雷が発生したとき、電源スイッチを切り、電源コードを抜いてください。**
雷によっては、感電、火災および故障の原因になります。
- **安全関係の記号**
製品本体や取扱説明書で使用している安全上の記号の一般的な定義は、次のとおりです。



取扱説明書参照記号

使用者に危険の潜在を知らせるとともに、取扱説明書を参照する必要がある箇所に表示されます。



感電の危険を示す記号

特定の条件下で、感電の可能性のある箇所に表示されます。



警告記号

機器の取扱いにおいて、使用者が死亡または重傷を負うおそれがある場合、その危険を避けるための情報を記載しております。



注意記号

機器の取扱いにおいて、使用者が傷害を負う、または物的損害が生じるおそれを避けるための情報を記載しております。



- **その他の記号**



電源スイッチのオン位置を示します。



電源スイッチのオフ位置を示します。



ケースに接続されていることを示します。



コネクタの外部導体が、筐体から絶縁されていることを示します。

ただし安全のため、接地電位からの電位差 42 Vpk 以下に制限されていることを示します（この製品は接地して使用しますので、筐体電位は接地電位と等しくなります）。

- **電磁両立性について**

この製品は、CISPR 11 Group 1 Class A 適合機器です。工業地域以外では使用しないでください。一般の事務所や住宅で使用すると、他の機器に電磁妨害を与える恐れがあります。

- **廃棄処分時のお願い**

環境保全のため、この製品を廃棄処分するときは、次の内容に留意してください。

- a) この製品は、電池を内蔵していません。
- b) この製品の LCD バックライトには、水銀は含まれていません。
- c) この製品は、産業廃棄物を取り扱う業者を通して廃棄処分してください。

目次

	ページ
1. 概説.....	1-1
1.1 特長.....	1-2
1.2 応用.....	1-3
1.3 動作原理.....	1-6
2. 使用前の準備.....	2-1
2.1 使用前の確認.....	2-2
2.2 設置.....	2-4
2.3 接地および電源接続.....	2-10
2.4 簡単な動作チェック.....	2-13
2.5 校正.....	2-14
3. パネル操作一覧.....	3-1
3.1 パネル各部の名称と動作.....	3-3
3.2 入出力端子.....	3-6
3.3 測定画面の概要.....	3-13
3.4 操作画面の概要.....	3-18
3.5 操作ツリー.....	3-21
3.6 操作画面リファレンス.....	3-31
3.7 初期設定.....	3-63
4. 基本操作.....	4-1
4.1 電源投入時の表示と動作.....	4-3
4.2 初めてお使いになるときの簡単な操作方法.....	4-4
4.3 測定パラメタの設定, 出力および表示.....	4-8
4.4 参照信号の設定と接続.....	4-11
4.5 入力端子の設定と接続.....	4-15
4.6 時定数フィルタの設定と特性.....	4-23
4.7 感度とダイナミックリザーブの設定.....	4-28
4.8 位相調整.....	4-33
5. 応用操作.....	5-1
5.1 測定値のオフセットと拡大.....	5-3
5.2 電源周波数雑音の除去.....	5-5
5.3 調波測定 (高調波, 低調波, 分数調波).....	5-6
5.4 外部10MHz同期.....	5-7
5.5 演算 (ノーマライズ, レシオ).....	5-8
5.6 雑音密度の測定.....	5-12

5.7	PSD入力オフセット調整.....	5-15
5.8	直流電圧の測定 (AUX IN)	5-17
5.9	直流電圧の出力 (AUX OUT)	5-19
5.10	プリアンプへの電源供給.....	5-20
5.11	設定メモリ	5-21
5.12	その他の機能.....	5-23
6.	2周波数測定.....	6-1
6.1	2周波数測定の概要.....	6-3
6.2	検波モードの設定	6-7
6.3	測定パラメタの設定, 出力および表示 (2周波数測定)	6-8
6.4	内部発振器の周波数設定 (2周波数測定)	6-10
6.5	時定数フィルタの設定 (2周波数測定)	6-11
6.6	感度の設定 (2周波数測定)	6-12
6.7	位相調整 (2周波数測定)	6-12
6.8	測定値のオフセット調整と拡大 (2周波数測定)	6-13
6.9	レシオ測定 (2周波数測定)	6-14
7.	トラブルシューティング	7-1
7.1	エラーメッセージ	7-2
7.2	故障と思われるとき.....	7-6
7.3	Q & A.....	7-7
8.	保 守.....	8-1
8.1	はじめに.....	8-2
8.2	日常の手入れ.....	8-3
8.3	保管・再梱包・輸送.....	8-3
8.4	バージョンの確認	8-4
8.5	主な機能の確認.....	8-5
8.6	性能試験.....	8-6
8.7	校正	8-28
8.8	保守情報.....	8-29
9.	仕 様.....	9-1
9.1	測定信号系	9-2
9.2	位相検波部	9-7
9.3	参照信号系	9-11
9.4	演算処理.....	9-15
9.5	測定値出力, 表示部.....	9-17
9.6	モニタ出力	9-18
9.7	AUX IN (DC電圧測定)	9-19
9.8	AUX OUT (DC電圧出力).....	9-19

9.9 自動設定機能.....	9-19
9.10 データメモリ.....	9-20
9.11 リモート制御インターフェース.....	9-21
9.12 一般仕様.....	9-22
9.13 外形寸法図.....	9-23

付 図 ・ 付 表

	ページ
図 1-1 ロックインアンプの基本原理.....	1-6
図 1-2 LI5655 / LI5660ブロック図	1-7
図 2-1 ラックマウントキット組立図 (JIS)	2-6
図 2-2 ラックマウントキット組立図 (EIA)	2-7
図 2-3 ラックマウント寸法図 (JIS)	2-8
図 2-4 ラックマウント寸法図 (EIA)	2-9
図 3-1 正面パネル	3-3
図 3-2 背面パネル	3-4
図 4-1 ノイズフィギュア (参考値)	4-16
図 4-2 CMRR (参考値)	4-17
図 4-3 I端子の周波数特性 (参考値)	4-19
図 4-4 I端子の入力換算雑音密度 (参考値)	4-19
図 5-1 電源周波数フィルタの特性	5-5
図 5-2 10MHz同期システムの例	5-7
図 5-3 レシオ測定の応用例 (デュアルビーム法)	5-10
図 5-4 雑音の測定と帯域幅	5-14
図 9-1 LI 5655 外形寸法図.....	9-23
図 9-2 LI 5660 外形寸法図.....	9-24
図 9-3 LI 5655 パネル図	9-25
図 9-4 LI 5660 パネル図	9-26
表 2-1 構成表	2-2
表 3-1 設定項目と初期値.....	3-63
表 7-1 おかしいと思ったら	7-6

(空白)

1. 概 説

1.1 特長	1-2
1.2 応用	1-3
1.3 動作原理	1-6
1.3.1 ロックインアンプの基本原理	1-6
1.3.2 ブロック図	1-7

1.1 特長

「LI5655 / LI5660 広帯域デジタルロックインアンプ」は、周波数範囲 0.5 Hz ~ 11 MHz (LI5655 は、0.5 Hz ~ 3 MHz) の 2 位相×2 周波数 ロックインアンプです。

以下の特長を活かして、雑音に埋もれがちな微小な交流信号の「大きさ」や「位相」の測定に広くお使いいただけます。

ロックインアンプの基本的な機能、用語の詳細は、☞ 「1.3 動作原理」

- 広帯域

電圧入力では 3 MHz までの信号を測定できます。LI5660 では、専用の入力端子 (HF) を用いると最高 11 MHz まで使用できます (一部機能に制約があります)。

電流入力における -3 dB 帯域幅は 1 MHz です (信号源容量 + 接続ケーブル容量 = 150 pF における公称値)。

- 多彩な参照信号

一般的な外部参照信号、内部発振器、参照信号なしでの被測定信号への同期機能に加えて、外部 10 MHz (10MHz IN 端子) を使うと、他の機器の周波数基準と同期できます。

- 多彩な検波機能

一般的な高調波測定に加え、以下の機能を持ちます。

- a) 分数調波測定

高調波だけでなく、基本波の分数倍の周波数 ($\times 1/1 \sim 63/63$) が測定できます。

- b) 2 周波数同時測定

2 位相検波器を二組備え、1 つの入力信号に含まれる 2 つの周波数成分を同時に測定できます。2 成分のレシオ演算 (比) や、検波器の縦続接続も可能です。

- デジタル処理による高い安定度と優れたダイナミックリザーブ

位相検波とそれ以降の処理をデジタル的に行います。アナログ方式に比べて高利得時の出力ゼロドリフトが小さいため、最高 100 dB のダイナミックリザーブが得られます (感度すなわち信号フルスケールの 100 000 倍の雑音下で測定できます)。

- 高速で滑らかな出力応答

最高更新レート 約 1.5 M サンプル/s、振幅分解能 16 ビットです。

- 低い周波数でも高速にロック

低い周波数では約 2 周期で参照信号にロックします。さらに、信号周期に同期した移動平均フィルタにより、リップルが小さい高速応答が得られます。

- 10 Vrms 信号入力 (LI5660 のみ)

最大 10 Vrms の信号を測定できます (C 端子)。外部プリアンプの大信号出力に対して、余裕を持って入力できます。

- リモート制御

USB, GPIB, RS-232, LAN を備えているので、自動測定システムへの組み込みに便利です。測定値の転送レートは、最高 100k サンプル/s です (USB)。

- 薄型

高さ 88mm (2U) なので、ラックへの組込みが容易です。

1.2 応用

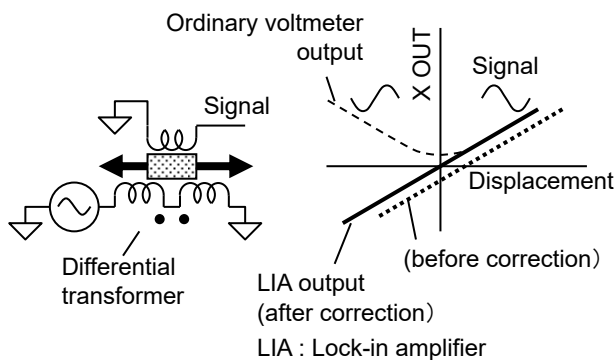
LI5655 / LI5660 は、その特長を活かして、次のような分野でお使いいただけます。

- 走査型プローブ顕微鏡の信号検出
- 分光（オージェ電子分光，光音響分光，ラマン分光などによる物性研究）
- 光学特性の測定（強度，吸収，散乱，透過など）
- 光応用測定（光ジャイロ，距離・速度・振動などの検出）
- 磁気測定（磁性材料の評価，振動型磁力計，SQUID による磁気検出）
- ホール係数の測定
- 各種センサの評価（光，磁気，圧電素子，化学変化などで検出した物理量の測定）
- インピーダンスブリッジのヌル検出
- インピーダンス測定（微小インピーダンス，微小容量，ケミカルインピーダンス）
- 薄膜材料の熱拡散率の測定

■ 位相検波器としての代表的な応用例

特定位相成分を検出できる位相検波の性質を利用すると，以下のような測定が可能です。

a) 差動トランスによる位置検出

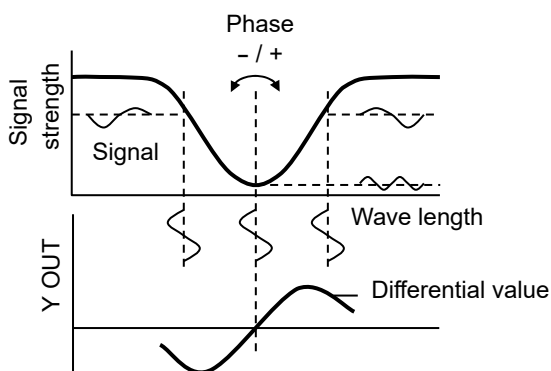


位相検波を用いると，直線性の良い双方向位置検出が可能です。位置のフィードバック制御にも適しています。

通常の電圧計では，方向が分からないうえ，雑音の混入やクロストークにより，ゼロ点付近の直線性が悪化します。

ロックインアンプなら，直線性が良好で，ゼロ点誤差の補正も容易です。

b) 分光特性曲線のピーク検出



波長の掃引に微小な「変動」を重畳して，ロックインアンプで信号強度の「変動」を測定すると，特性曲線の微分値が得られます。この値は，特性曲線のピークまたはボトムでゼロを通過する（正負反転する）ので，その位置を求めるのが容易です。

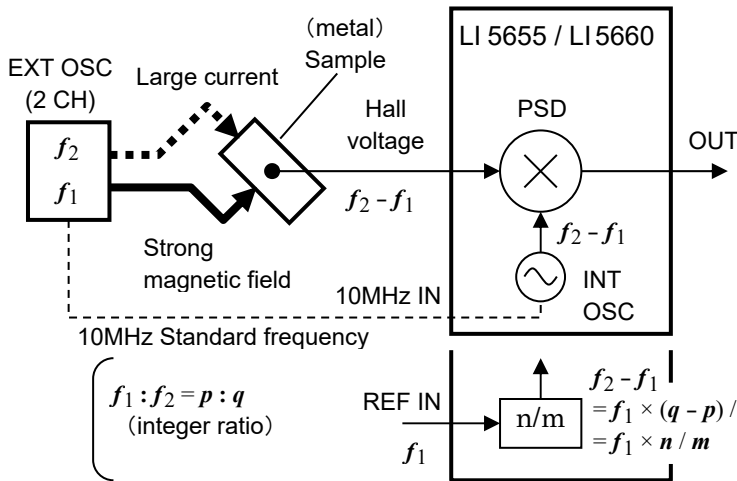
ずれ方向が分かるので，ピーク波長に追従する自動制御に応用できます。

■ LI 5655 / LI 5660 の特長を生かした応用例

LI 5655 / LI 5660 の多彩な機能を利用すると、以下のような測定が可能です。

a) ホール係数の測定 (差周波数信号の測定)

ホール電圧は、2 信号 (電流と磁界) の積に比例し、その周波数は 2 信号の差 (および和) 周波数になります。電流と磁界を発生する外部信号源と LI 5655 / LI 5660 を外部 10 MHz に同期させると、相異なる任意の 2 周波数に対して、外部参照信号 (差周波数) を用意しなくても、差周波数信号を測定できます。



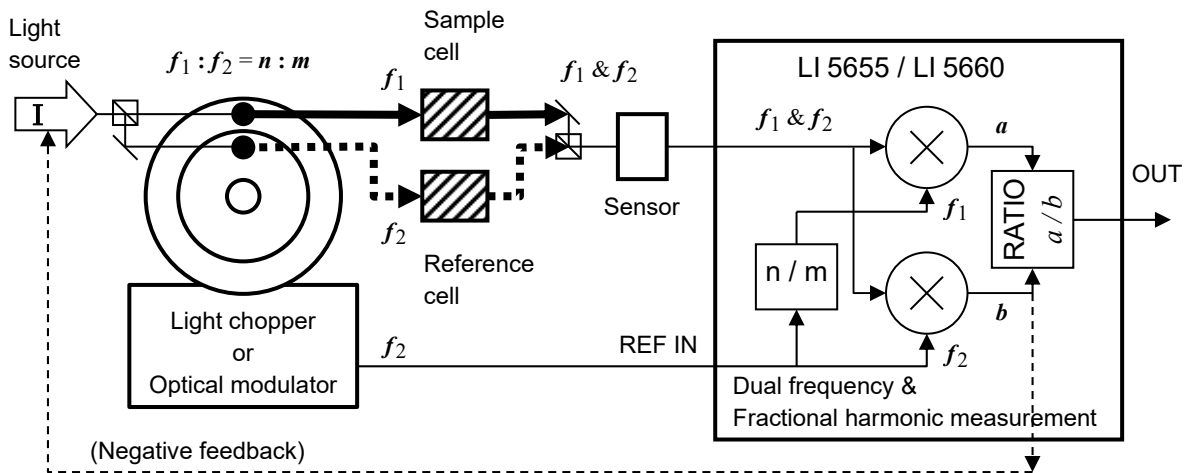
LI 5655 / LI 5660 内部での相互変調を避けるために、入力に含まれる元の f_1 、 f_2 成分は、十分に抑制しておきます。

元の周波数が整数比であれば、分数調波測定機能を利用して差周波数信号を測定することもできます。どちらでも、外部参照信号からのクロストーク妨害を避けられます。

b) 光透過率や吸光率の測定, 光源変動の抑制

2 周波数同時測定と分数調波測定機能を併用すると、LI 5655 / LI 5660 1 台で、デュアルビーム法 (レシオ測定) による光源などの変動補正が可能です。

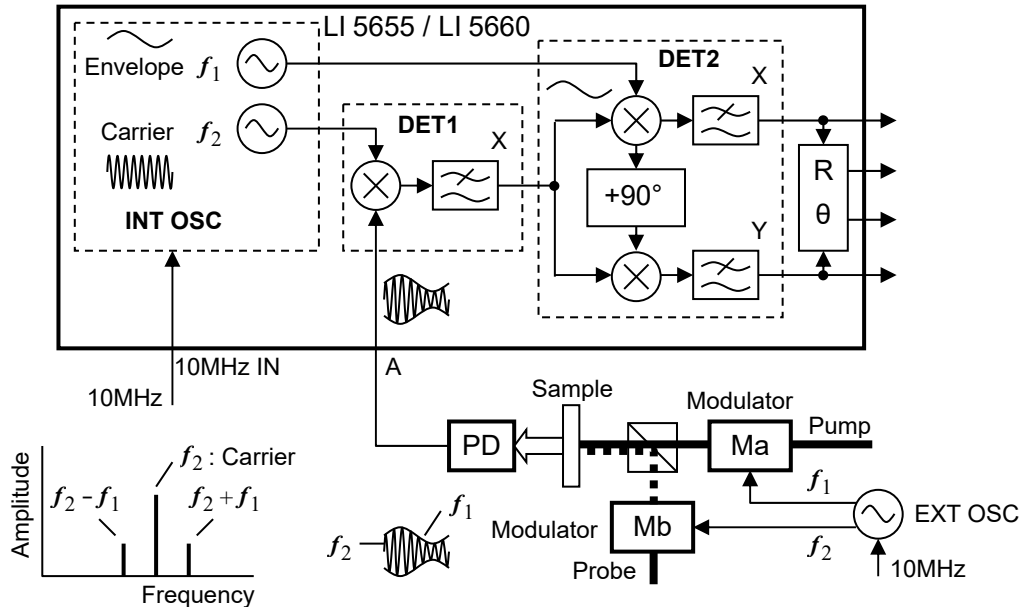
基準セルの信号で負帰還をかけて、光源を安定化することもできます。



相互干渉を避けるために、2 つの周波数は、高調波や低調波の関係を避けます。10 MHz 同期機能を用いて外部の信号発生器と同期を取ると、任意の 2 周波数による変調、検出も可能です。

c) 二重復調

ポンプ光とプローブ光を異なる周波数で変調したり、変調周波数が異なる2つのポンプ光で試料を励起したとき、センサから振幅変調信号が得られ、その包絡線に情報が含まれていることがあります。LI 5655 / LI 5660 は、内部で2つの検波器を縦続接続することで、振幅変調された信号を復調し、得られた包絡線信号をさらに検波できます。

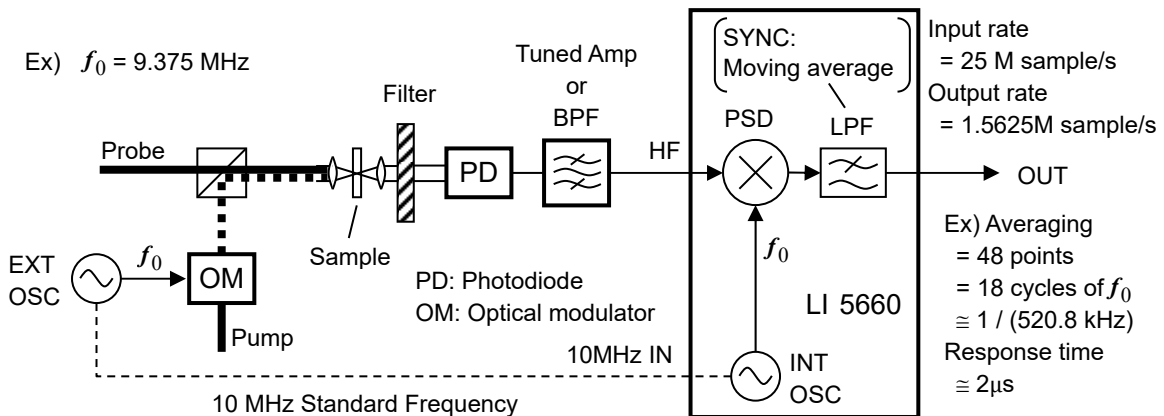


振幅変調信号の上下側波帯を検波して、包絡線の情報を得ることもできます。

d) 高周波検波器 (LI 5660 のみ)

TA (Transient Absorption)や SRS (stimulated Raman scattering)などでは、半導体レーザーの雑音を避けると共に高速化を図るために、高い周波数(10MHz~)で変調されたレーザー光を用います。HF 端子と 10MHz 同期機能を用いると、外部参照信号の干渉を受けずに測定できます。HF 端子を用いるときは、帯域通過フィルタ (BPF) や同調増幅器を前置して、LI 5660 の測定帯域外 (> 11 MHz) の雑音を抑えます。

周波数を適切に選び、移動平均フィルタ (SYNC) を利用すると、高速応答が得られます。



1.3 動作原理

1.3.1 ロックインアンプの基本原理

一般に、雑音は広い周波数に分布しています。ロックインアンプは、周波数の違いを利用して信号と雑音を分離し、信号を増幅する装置です。等価的に中心周波数が信号に追従する狭帯域フィルタ / 同調増幅器として働きます。

雑音を含む信号は、まず位相検波器 (PSD : Phase Sensitive Detector) を用いて DC (直流) に周波数変換されます。このとき、信号周波数近傍の雑音も DC 近傍に変換されます。その後、低域通過フィルタ (LPF) で雑音や検波で生じたリップルを除去して DC 成分を得ます。これを元の周波数に戻して見ると、等価帯域幅が LPF の遮断周波数 f_c の 2 倍である帯域通過フィルタ (BPF) と等価になります。フィルタの時定数 (応答時間) や減衰傾度 (段数) を大きくするほど、 f_c が低くなり、雑音をより多く除去できます。LPF で雑音を除去した後は、雑音で飽和することなく、信号を増幅できます。位相検波前の AC 利得と後の DC 利得は、感度とダイナミックリザーブ (DR) の設定から決まります。(DR = 許容できる最大雑音レベル / 感度フルスケール)

ロックインアンプは、周波数と位相の基準として参照信号 (REF IN) を必要とします。

PSD は、被測定信号と参照信号 (両方とも正弦波、同周波数) の乗算器です。PSD に与える参照信号の振幅は一定であり、位相はシフトできます。PSD 出力は、被測定信号の大きさ R と、参照信号との位相差 θ に依存します ("Phase Sensitive"です)。

2 位相ロックインアンプは PSD を 2 つ備えていて、直交する 2 つの成分 X と Y (言い替えると R と θ) を同時に得られるベクトル電圧計として機能します。 Y がゼロになるように PSD に与える参照信号の位相を調整し、 X で信号の大きさを測定すると、 R 出力で測定するよりランダム雑音の影響を軽減できます。

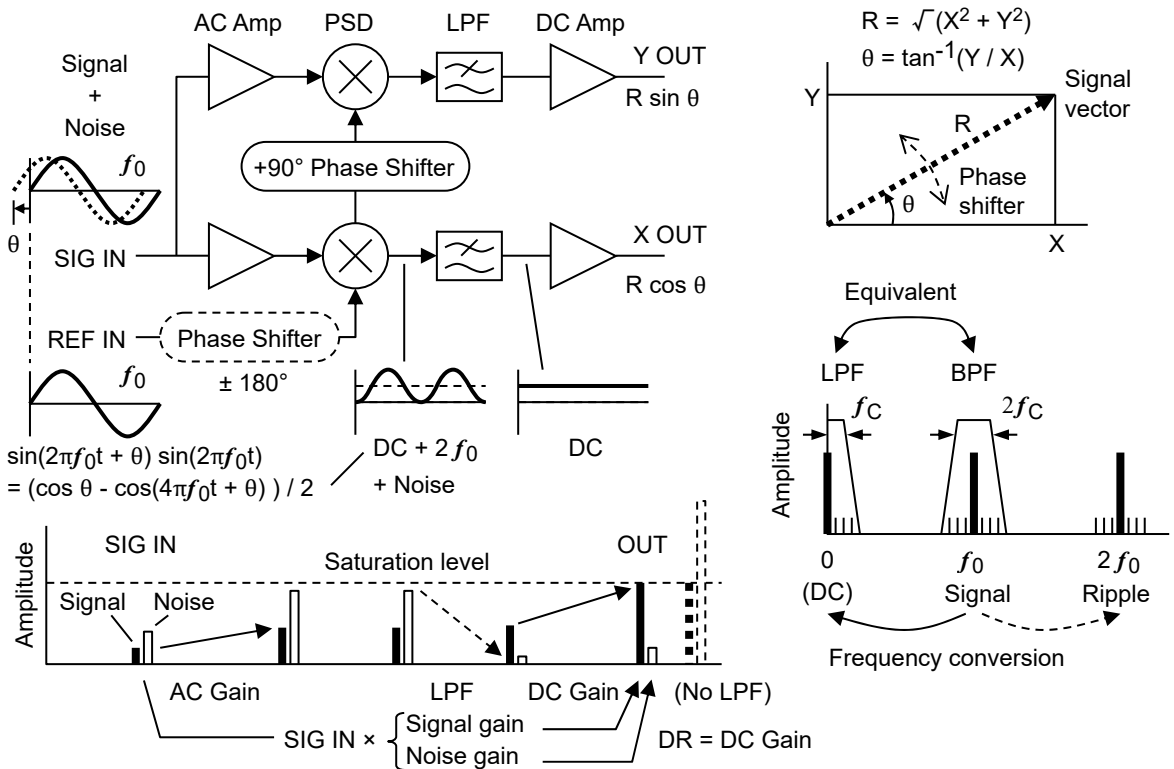


図 1-1 ロックインアンプの基本原理

1.3.2 ブロック図

ここでは、LI 5655 / LI 5660 の概略ブロック図を示し、主要な機能を説明します。

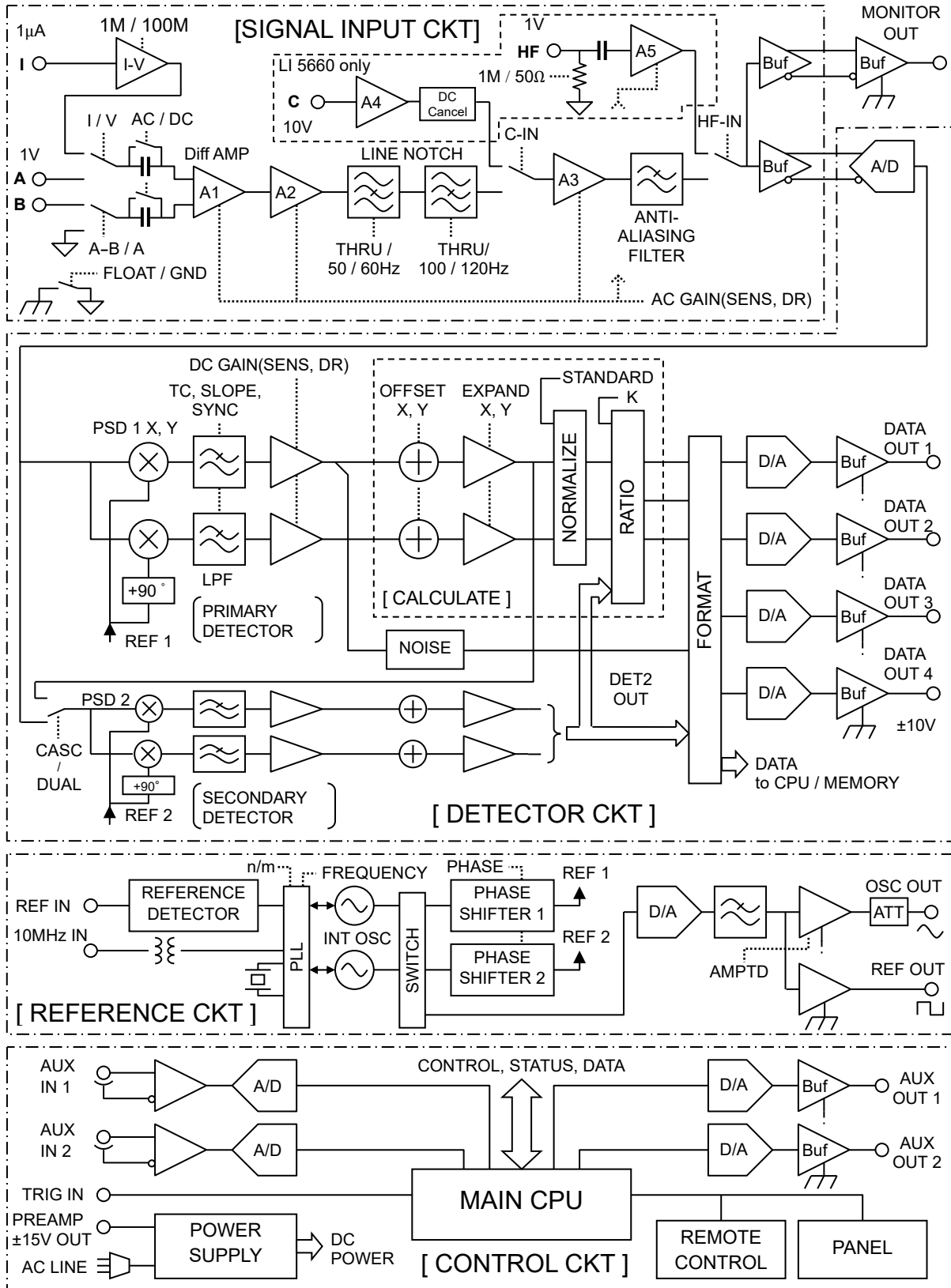


図 1-2 LI 5655 / LI 5660 ブロック図

a) 信号入力部 (SIGNAL INPUT CKT)

信号入力部は、以下の機能を持ちます。(C, HF 端子は LI 5660 のみ装備)

入力端子の選択 (A, A-B, C, I, HF)

入力結合の選択 (AC, DC)

信号の増幅 (AC 増幅)

電源周波数雑音の除去 (LINE NOTCH)

アンチエイリアスフィルタ (ANTI-ALIASING FILTER)

サンプリングにより、帯域外の雑音が信号帯域内に折り返すのを防ぎます。

HF 端子を用いるときは、信号がアンチエイリアスフィルタを通らないため、フィルタを前置して、測定帯域外の雑音を抑制する必要があります。

b) 検波器 (DETECTOR CKT)

サンプリング

入力信号は、25 M サンプル/s で 16 ビットのデジタル信号に変換されます。図では省略されていますが、量子化雑音を分散させるディザ信号 (一種の雑音) を加えることで、狭帯域信号に対する有効ビット数を向上させています。

位相検波 (PSD)

信号は位相検波器 (PSD) により DC に周波数変換されます。

直交する 2 つの位相で検波することで、信号の大きさと位相の情報が保存されます。位相検波は、入力信号と内部参照信号の乗算です。PSD に与えられる参照信号は正弦波なので、単純な方形波参照信号を用いたとき問題になる入力信号の高調波の影響がありません。被測定信号と参照信号の積で信号周波数の 2 倍のリプルが生じるほか、入力の DC オフセットと参照信号の積で信号周波数と同じリプルが生じますが、次段の時定数フィルタで除去されます。ロックインアンプは、交流信号だけ測定するので、熱起電力 (直流) の影響を受けない利点があります。

時定数フィルタ (TC, SLOPE, SYNC)

時定数フィルタは、雑音および検波で生じたリプルを除去します。通常、時定数フィルタは 1 次の低域通過フィルタ (LPF) × 1~4 段 (減衰傾度 6 / 12 / 18 / 24 dB/oct 相当) の縦続接続です。時定数 (TC) と減衰傾度 (SLOPE) を大きくするほど、帯域幅が狭くなり雑音を除去できますが、出力応答は遅くなります。時定数フィルタの動作を同期フィルタ (SYNC, 整数周期の移動平均) に切り換えると、検波出力のリプルを大きく低減できるため、小さな時定数を適用して高速な応答を得ることが容易になります。

増幅 (DC GAIN)

雑音を取り除くと、雑音で飽和することなく、信号増幅が可能になります。位相検波前の AC 利得と、位相検波後の DC 利得は、感度とダイナミックリザーブから決定されます。位相検波器、時定数フィルタ、DC 信号増幅はデジタル演算なので、アナログ方式で問題になる DC ドリフトによるダイナミックリザーブの制限がありません。

2 周波数同時測定 (PSD1, PSD2)

LI5655 / LI5660 は、2 位相検波器を 2 系統 (主検波器, 副検波器) 備えています。2 つの周波数で同時に測定できます。2 系統の検波器は縦続接続して用いることもできます。

c) 演算部 (CALCULATE / FORMAT)

ロックインアンプによる測定値 X, Y は、直交位相成分の実効値です。

X と Y から計算される R は、信号 (正弦波) の実効値です。

必要に応じて、出力オフセット調整 (OFFSET), 拡大 (EXPAND), ノーマライズ演算 (% , dB など), レシオ演算 (RATIO) が行えます。

d) 参照信号系 (REFERENCE CKT)

PSD で用いる内部参照信号 (一定振幅の正弦波) は、内部発振器が供給します。

外部参照信号

ロックインアンプは、原則として、外部参照信号 (REF IN) を周波数と位相の基準にして測定を行います。参照信号源が外部参照信号のとき、内部発振器は、PLL (Phase Locked Loop) により外部参照信号に同期した (周波数と位相が一致した) 正弦波を発生します。

内部発振器

参照信号源が内部 (INT OSC) のとき、内部発振器は、数値で設定された周波数で発振します。内部発振器は、デジタル直接合成方式なので、周波数は設定後すぐに安定します。

内部発振器の信号は、正弦波 (OSC OUT) および TTL レベルの方形波 (REF OUT) として出力されます。OSC OUT の振幅をゼロに設定すると、特に高い周波数で問題になりがちな、参照信号から被測定信号への干渉 (クロストーク) を低減できます。

内部発振器は、調波 (高調波, 低調波, 分数調波) を発生させる機能を持っています。

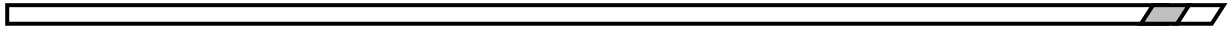
2 周波数同時測定では、2 つの参照信号を発生します。基本波と調波、または主周波数とそれとは独立した任意の副周波数 (数値設定) を用いることができます。

被測定信号への同期

参照信号源として被測定信号自身 (SIGNAL) を指定すると、位相の測定値がゼロになるように (周波数と位相が一致するように) 内部発振器が制御されます。

外部 10MHz 同期

周波数合成用の基準周波数を外部から (10MHz IN に) 与えると、その基準周波数に同期した参照信号を内部発振器から発生できます。したがって、外部参照信号 (REF IN) を与えることなく測定できます。信号周波数だけでなく、信号のサンプリングレート、出力更新レート、内部タイマによるデータメモリへの記録レートも、外部 10 MHz に同期します。



(空白)

2. 使用前の準備

2.1 使用前の確認.....	2-2
2.2 設置.....	2-4
2.2.1 設置時の一般的な注意事項.....	2-4
2.2.2 設置条件.....	2-4
2.2.3 ラックマウント.....	2-5
2.3 接地および電源接続.....	2-10
2.4 簡単な動作チェック.....	2-13
2.5 校正.....	2-14

2.1 使用前の確認

■ 安全の確認

LI5655 / LI5660 をご使用になる前に、この取扱説明書の巻頭に記載されている「安全にお使いいただくために」をご覧ください。安全性の確認を行ってください。

また電源に接続する前に「2.3 接地および電源接続」をお読みになり、安全のための確認を十分に行ってください。

■ 開梱時の確認

まず最初に、輸送中の事故などによる損傷がないことをお確かめください。

開梱したら、「表 2-1 構成表」と照らし合わせて員数をご確認ください。

表 2-1 構成表

LI5655 または LI5660 本体	1
付属品	
取扱説明書（基本編）	1
CD-ROM（内容 次ページ）	1
電源コードセット（3 極, 2m）	1
ヒューズ（タイムラグ, 1.0 A / 250 V, $\phi 5.2 \times 20$ mm）	1
保護キャップ（電流入力端子用）	1

警告

機器の内部には、高電圧の箇所があります。カバーは取り外さないでください。
機器内部の点検は、危険防止に精通している訓練されたサービス技術者以外の方は行わないでください。

■ 付属 CD-ROM の内容

- **LI5655 / LI5660 取扱説明書（基本編）**
この説明書です（PDF 形式）。
- **LI5655 / LI5660 取扱説明書（リモート制御）**
LI5655 / LI5660 をリモート制御する方法を説明します（PDF 形式）。
- **IVI(Interchangeable Virtual Instruments) 計測器ドライバ**
LI5655 / LI5660 の主要なコマンドやクエリを扱うドライバで、各種のプログラミング言語で利用できます。LabVIEW では、IVI 計測器ドライバをインポートして vi または llb に変換して使用できます。
- **サンプルプログラム**
C#, VB.NET などのプログラミング言語で、各種インタフェースを用いて、LI5655 / LI5660 を制御する例を示します。

ここには概要だけを示しています。詳細な内容や取扱い方法については、CD-ROM に納められている説明書をご覧ください。

2.2 設置

2.2.1 設置時の一般的な注意事項

⚠ 注意

LI5655 / LI5660 を破損することがあるので、下記の事項にご注意ください。

- ・ LI5655 / LI5660 は、ファンによる強制空冷をおこなっています。
排気口のある背面や吸気孔のある両側面を塞がないでください。
- ・ LI5655 / LI5660 は、背面や側面を下にして（立てて）使用すると、転倒する危険があります。
必ず底面のフットが、4 個とも机などの平らな面に乗るようにおいてください。

2.2.2 設置条件

- ・ この製品は、下記の温度、湿度条件を満たす場所に設置してください。
動作：0～+40℃，5～85%RH（ただし、絶対湿度は1～25g/m³，結露がないこと）
保管：-10～+50℃，5～95%RH（ただし、絶対湿度1～29g/m³，結露がないこと）
- ・ 高度 2000 m 以下の場所に設置してください。
- ・ 強い放射無線周波電磁界の環境でのご使用は、一時的に測定値が変動する場合がありますので避けてください。

⚠ 注意

下記のような場所に設置することは避けてください。

- ・ 可燃性ガスのある場所
爆発の危険性があります。絶対に設置したり使用したりしないでください。
- ・ 屋外や直射日光が当たる場所、火気や熱の発生源の近く
性能を満足しなかったり、故障の原因になります。
- ・ 腐食性ガスや水気、塵や埃、塩気や油煙、金属粉などが多い場所
腐食したり、故障の原因になります。
- ・ 振動が多い場所
誤動作や故障の原因になります。
- ・ 電磁界発生源や高電圧機器、動力線、パルス性雑音源の近く
誤動作の原因になります。

また、LI5655 / LI5660 や他の機器の電源コードなど、雑音を誘導するおそれのある部分と、信号ケーブルは離して設置してください。これらが近づいていると、誤動作や測定誤差の原因になります。

正確な測定を行うために、お使いになる前に 30 分以上のウォームアップを行ってください。

2.2.3 ラックマウント

LI 5655 / LI 5660 は、ラックマウントキット（別売）を取り付けると、19 インチ IEC ラック、EIA 規格ラック、または JIS 標準ラックに収納できます。ラックマウントキットは、ミリラック用（JIS）とインチラック用（EIA）が用意されています。

まず「**図 2-1 ラックマウント組立図（JIS）**」「**図 2-2 ラックマウント組立図（EIA）**」のようにラックマウントキットを取り付けてから、ラックに収納してください。

警告

ラックに収納するときは、必ずラックレールなどを設置して、LI 5655 / LI 5660 を支えてください。さもないと、落下により怪我をしたり、LI 5655 / LI 5660 を破損することがあります。

注意

- ・ラックには十分な通風孔を設けるか、冷却ファンを設けて空冷してください。
- ・LI 5655 / LI 5660 の吸気孔は両側面にあります。
側面は壁などから 20 mm 以上空けてください。
- ・排気口は背面にあります。
背面は壁などから 50 mm 以上離してください。
規定以上の周囲温度になったり、吸排気が妨げられると、性能を維持できなかつたり、LI 5655 / LI 5660 を破損することがあります。

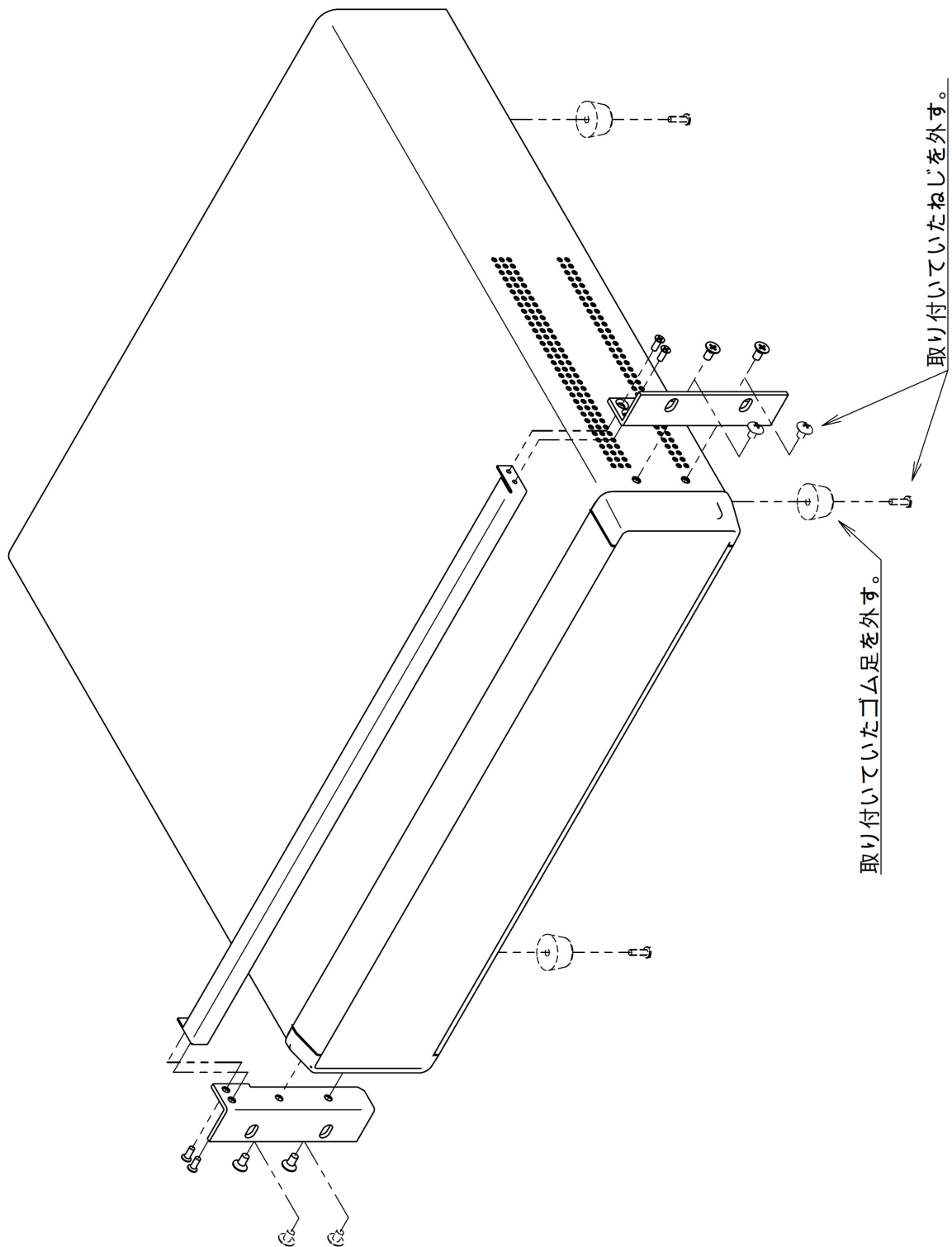


図 2-1 ラックマウントキット組立図 (JIS)

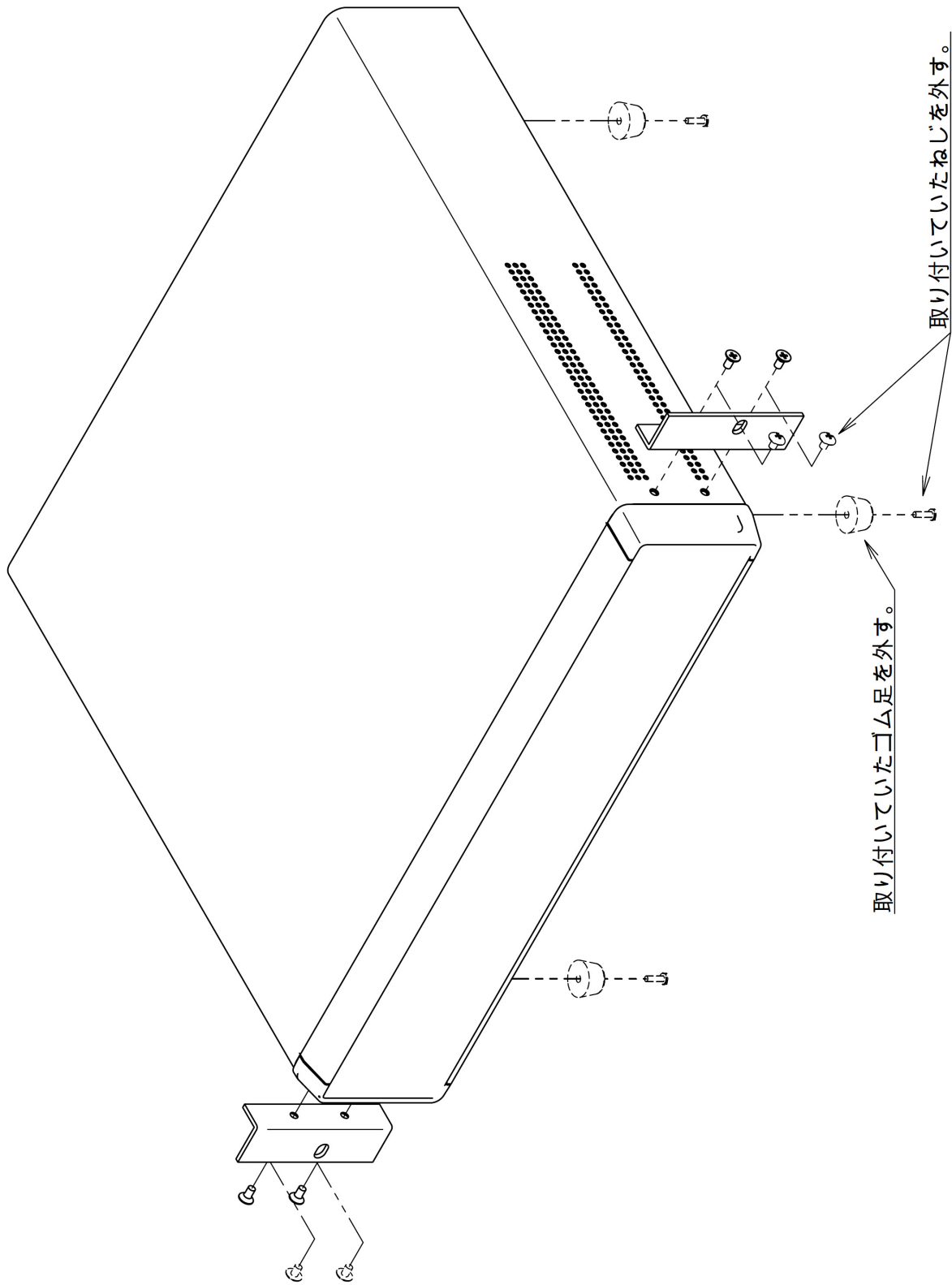
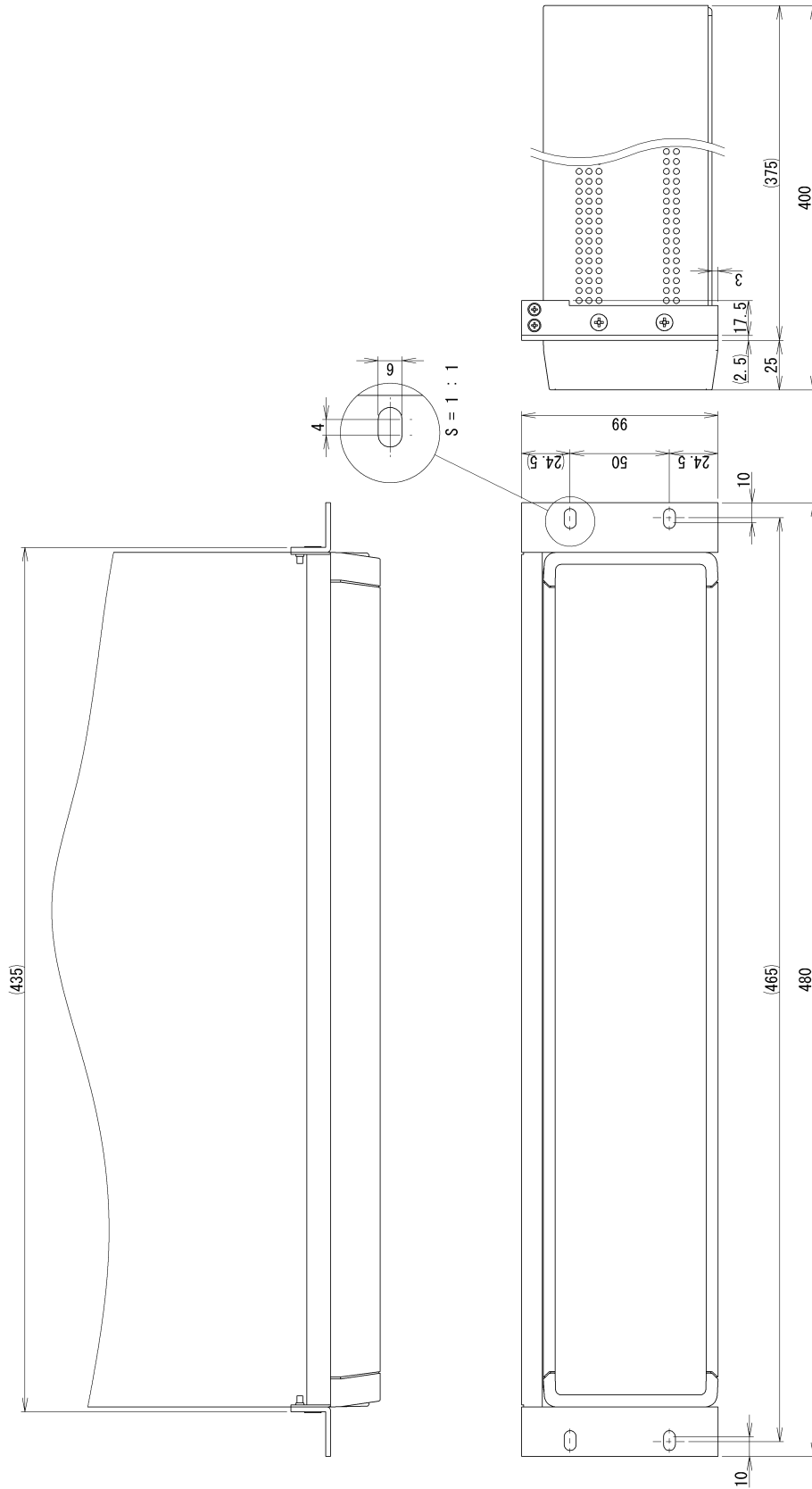
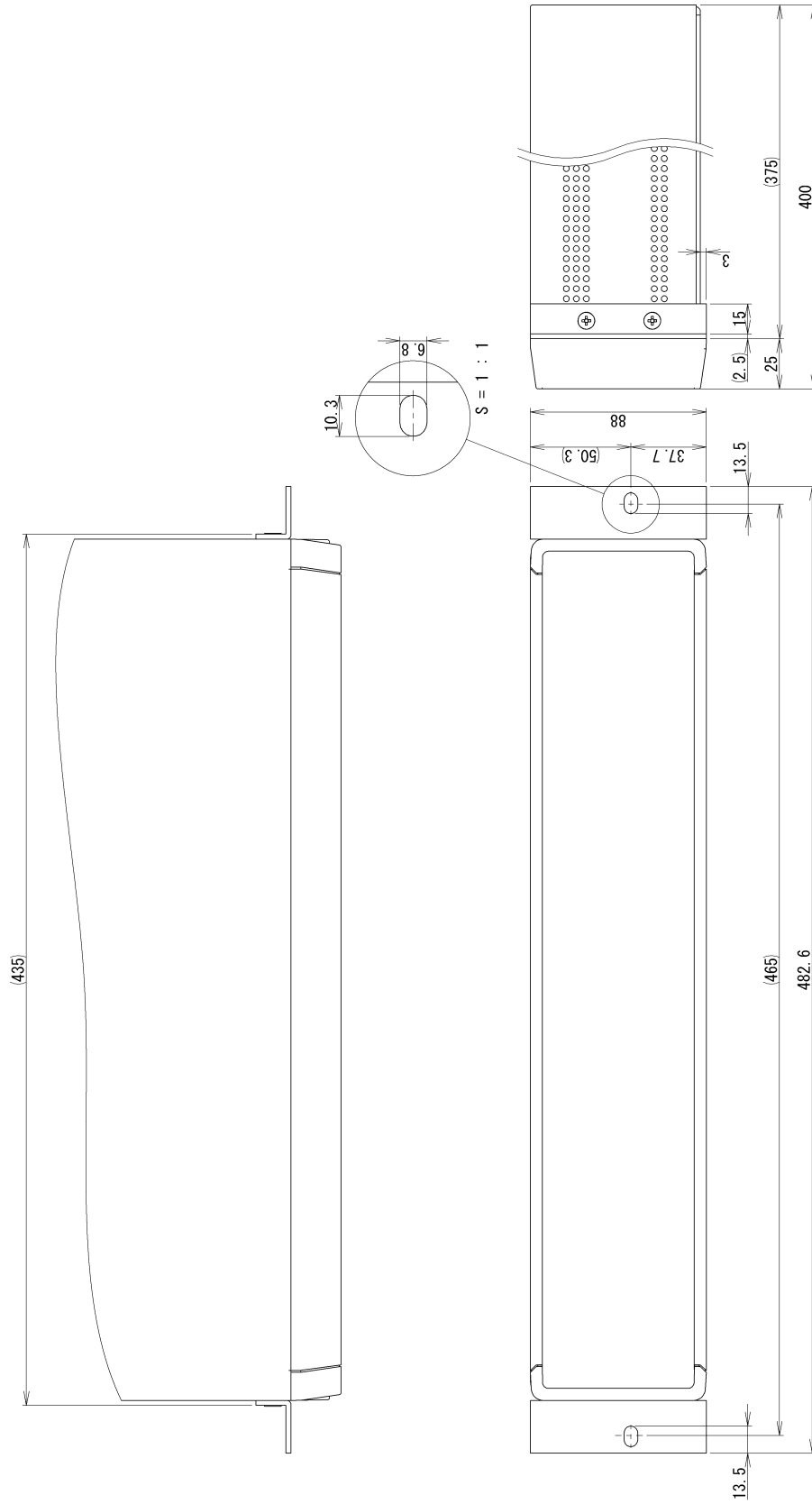


図 2-2 ラックマウントキット組立図 (EIA)



ご注意
 ラックに収納するときは、ラックマウントキットだけで保持しないでください。
 必ずラック側に金具またはシエルフを設けて本体を保持してください。

図 2-3 ラックマウント寸法図 (JIS)



ご注意
 ラックに収納するときは、ラックマウントキットだけで保持しないでください。
 必ずラック側にL金具またはシェルフを設けて本体を保持してください。

図 2-4 ラックマウント寸法図 (EIA)

2.3 接地および電源接続

- 必ず接地してください。

警告

LI5655 / LI5660 はラインフィルタを使用しており、接地しないと感電します。感電を防止するため、必ず「電気設備技術基準 D 種（100 Ω 以下）接地工事」以上の接地に確実に接続してください。

3 極電源プラグを、保護接地コンタクトを持った 3 極電源コンセントに接続すれば、LI5655 / LI5660 は自動的に接地されます。

LI5655 / LI5660 には、3 極-2 極変換アダプタを添付しておりません。ご自身で 3 極-2 極変換アダプタを使用するときは、必ず変換アダプタの接地線（緑色）をコンセントのそばの接地端子に接続してください。

- この製品の電源条件は次のとおりです。

電源電圧範囲 : AC 100V ± 10% / AC 120V ± 10% / AC 230V +10%, -14%
 ただし、250V 以下
 電源周波数範囲 : 50 Hz / 60 Hz ± 2 Hz
 過電圧カテゴリ : II
 消費電力は、最大 75 VA です。

この製品は背面に電源電圧切替スイッチがあります。コンセントの電圧と電源電圧切替スイッチで設定した電圧とが一致していることを確認してください。

電源電圧を切り替えるときは電源コードを外した後、コインドライバ等にてキーの向きが設定電圧になるように、カチッと音が鳴るまで、ゆっくり回して切り替えてください。

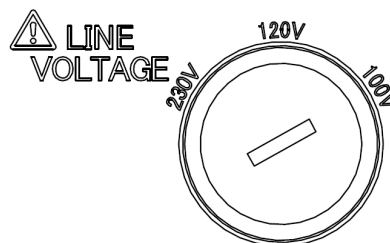


図 2-5 電源電圧切替スイッチ

注意

電源電圧切替スイッチは、標準出荷時に AC 100 V に設定されています。ご確認ください。電源電圧切替スイッチは、スイッチが中途半端な位置にならないように、カチッと音がする位置に設定してください。

電源電圧切替スイッチの設定を確認してから、電源を接続してください。

■ 電源は次の手順で接続します。

- 1) 接続する商用電源電圧が、この製品の電圧範囲内であることを確認する。
- 2) この製品の電源スイッチをオフにする。
- 3) この製品の背面電源インレットに電源コードを差し込む。
- 4) 電源コードのプラグを保護接地コンタクトを持った電源コンセントに差し込む。

⚠ 注意

付属品の電源コードセットは、電気用品安全法適合品で、日本国内専用です。定格は AC 125 V で、耐電圧は AC 1250 Vrms です。AC 125 V を超える電源電圧および国外では使用できません。

なお、付属品の電源コードセットは、LI 5655 / LI 5660 の専用品です。

他の製品および用途には使用しないでください。

商用電源との接続には、必ず付属品の電源コードセットを使用してください。

電源電圧が AC 125 V を超えたり国外で使用するときは、電源コードセットとヒューズの交換が必要です。当社または当社代理店にご相談ください。

電源を切り、再び電源を投入するときは、5 秒以上の間隔をあけてください。

■ 電源コードは、緊急時に商用電源から LI 5655 / LI 5660 を切り離すために使用できます。

⚠ 警告

電源コードを LI 5655 / LI 5660 の電源インレットから抜くことができるように、インレット周辺に十分な空間を確保してください。または、電源プラグをコンセントから抜けるように、容易に手の届く場所にあるコンセントを使用し、コンセント周辺に十分な空間を確保してください。

機器から、煙、異常な臭いや音が発生したら、直ちに電源コードを抜き、修理が完了するまで使用しないでください。

■ 電源ヒューズは定格を守ってください。

LI5655 / LI5660 のヒューズの定格は、下記のとおりです。

電源電圧 100V, 120V : 定格電流 1.0 A, 定格電圧 250V

電源電圧 230V : 定格電流 0.5 A, 定格電圧 250V

その他の特性

電気的特性 : タイムラグ

寸法 : $\phi 5.2 \times 20 \text{ mm}$

ヒューズを交換するときは電源コードを抜いて、背面パネルのヒューズをホルダをマイナスドライバで左に回して引き抜きます。ヒューズを交換した後、ヒューズホルダに差し込み、ドライバで押し込み右に回してロックします。



図 2-6 ヒューズ交換

⚠ 警告

電源と接続する前に、電源電圧切り換えスイッチの設定とヒューズの定格が、電源に適合していることを確認してください。

電源電圧切り換えスイッチの設定変更およびヒューズの交換は、必ず電源コードをLI5655 / LI5660 の電源インレットまたはコンセントから抜いた状態で行ってください。

さもないと、LI5655 / LI5660 の破損、感電、火災発生の恐れがあります。

⚠ 警告

機器の内部には、高電圧の箇所があります。カバーは取り外さないでください。

2.4 簡単な動作チェック

ここでは、購入されたとき、長期間使用しなかったときは、以下の手順で LI 5655 / LI 5660 の動作をチェックすることをお勧めします。(発振器および BNC ケーブル 1 m を 2 本ご用意ください。)

1. 電源を接続してから、電源スイッチをオンにしてください。
起動画面が消えて、測定画面が表示されるまで待ちます。
起動時の詳細は、☞ 「4.1.2 起動画面と起動時の動作」
2. 設定を初期化します。
[UTIL] キー、[RESET>] ソフトキー、[Exec] ソフトキーを順に押します。
3. 参照信号源を内部発振器 (INT OSC) に設定します。
[REF] キー、[SOURCE] ソフトキーを順に押します。
アップダウンキーないしモディファイノブを操作し、INT OSC に設定します。
4. OSC OUT 端子と SIGNAL INPUT A 端子を BNC ケーブルで接続します。
5. 正しく測定できることを確認します。
内部発振器の出力振幅を変えて、振幅設定と測定値 (R : 信号の大きさ) がほぼ同じであることを確認します。
[REF] キー、[OSC SET>] ソフトキーを順に押し、さらに [FREQ>] ソフトキーを押し周波数の変更、また、[AMPTD>] ソフトキーを押し振幅の変更ができます。
6. 参照信号源を外部参照信号 (REF IN) に設定します。
[REF] キー、[SOURCE] ソフトキーを順に押します。
アップダウンキーないしモディファイノブを操作し、REF IN に設定します。
[EDGE] ソフトキーを押し、アップダウンキーないしモディファイノブを操作することで、SIN (上昇+), TTL レベル方形波 (上昇 +, 降下 -) の選択ができます。
7. 別に発振器 (当社、マルチファンクションジェネレータ WF1947 など) を用意して、以下のように設定します。
波形 : 正弦波 (SYNC OUT は TTL レベル, Duty 50% の方形波)
発振モード : 連続発振
周波数 : 1 kHz (確認したい範囲で変更します)
振幅 : 1 Vrms (確認したい範囲で変更します)
8. 発振器の出力信号を LI 5655 / LI 5660 に接続します。
発振器 同期信号 (SYNC OUT) → LI 5655 / LI 5660 REF IN 端子
発振器 主出力 (FUNC OUT) → LI 5655 / LI 5660 A 端子
9. 外部参照信号への同期機能を確認します。
同期すると、測定画面の UNLOCK アイコンが消えて、外部発振器と同じ周波数が表示されます。外部発振器の周波数や振幅を変えて、正しく測定できることを確認します。

以上で簡単な動作チェックは完了です。

最後に、設定を初期化しておくことをお勧めします。

2.5 校正

LI5655 / LI5660 は、使用環境や使用頻度にもよりますが、少なくとも1年に1回は「8.6 性能試験」を行ってください。また、重要な測定や試験に使用するときは、使用直前に性能試験を行うことをお勧めします。

性能試験で仕様を満足しないときは、当社で調整または校正を行い、性能を回復させます。校正や調整が必要なときは、当社または当社代理店にご連絡ください。校正や調整は有償にて承っております。

3. パネル操作一覧

3.1	パネル各部の名称と動作	3-3
3.1.1	正面パネル	3-3
3.1.2	背面パネル	3-4
3.2	入出力端子	3-6
3.2.1	信号入力端子	3-7
3.2.2	参照信号入力端子	3-9
3.2.3	アナログ出力	3-10
3.2.4	補助入出力端子	3-11
3.2.5	その他入出力端子	3-12
3.3	測定画面の概要	3-13
3.3.1	測定画面の種類と切り換え	3-13
3.3.2	測定画面	3-13
3.3.3	測定画面の詳細	3-15
3.3.4	測定画面における操作	3-17
3.4	操作画面の概要	3-18
3.4.1	操作キー および モディファイノブ	3-18
3.4.2	操作画面の構成	3-20
3.5	操作ツリー	3-21
3.5.1	測定画面における操作ツリー	3-21
3.5.2	操作画面における操作ツリー (SINGLE)	3-22
3.5.3	操作画面 における操作ツリー (DUAL1)	3-27
3.5.4	操作画面 における操作ツリー (DUAL2/CASCADE)	3-30
3.6	操作画面リファレンス	3-31
3.6.1	AUTO : {自動設定画面}	3-32
3.6.2	DATA : {出力信号設定画面}	3-34
3.6.3	SENS : {感度設定画面}	3-42
3.6.4	TC : {時定数フィルタ設定画面}	3-43
3.6.5	SIG : {入力信号選択画面}	3-45
3.6.6	PHASE : {位相調整画面}	3-47
3.6.7	REF : {参照信号設定画面}	3-48
3.6.8	AUX : {補助入出力設定画面}	3-53
3.6.9	UTIL : {ユーティリティ画面}	3-55
3.7	初期設定	3-63

この章では、パネル各部の名称や、操作体系、色々な操作で共通する基本的な事柄を説明しています。

4章以降をお読みになる前に、まず**3.1**、**3.3**、**3.4** 項をご覧ください。

操作体系の全体を一覧したいときや、特定の操作対象がどの操作画面に割り当てられているかを確認したいときは、「**3.5 操作ツリー**」が便利です。

4章以降で詳細が説明されていない操作については、「**3.6 操作画面リファレンス**」をご覧ください。

3.1 パネル各部の名称と動作

ここでは、正面パネル、背面パネルの各部名称、機能、および動作の概要を説明します。

3.1.1 正面パネル

*1 : C, HF は LI5660 のみ装備。

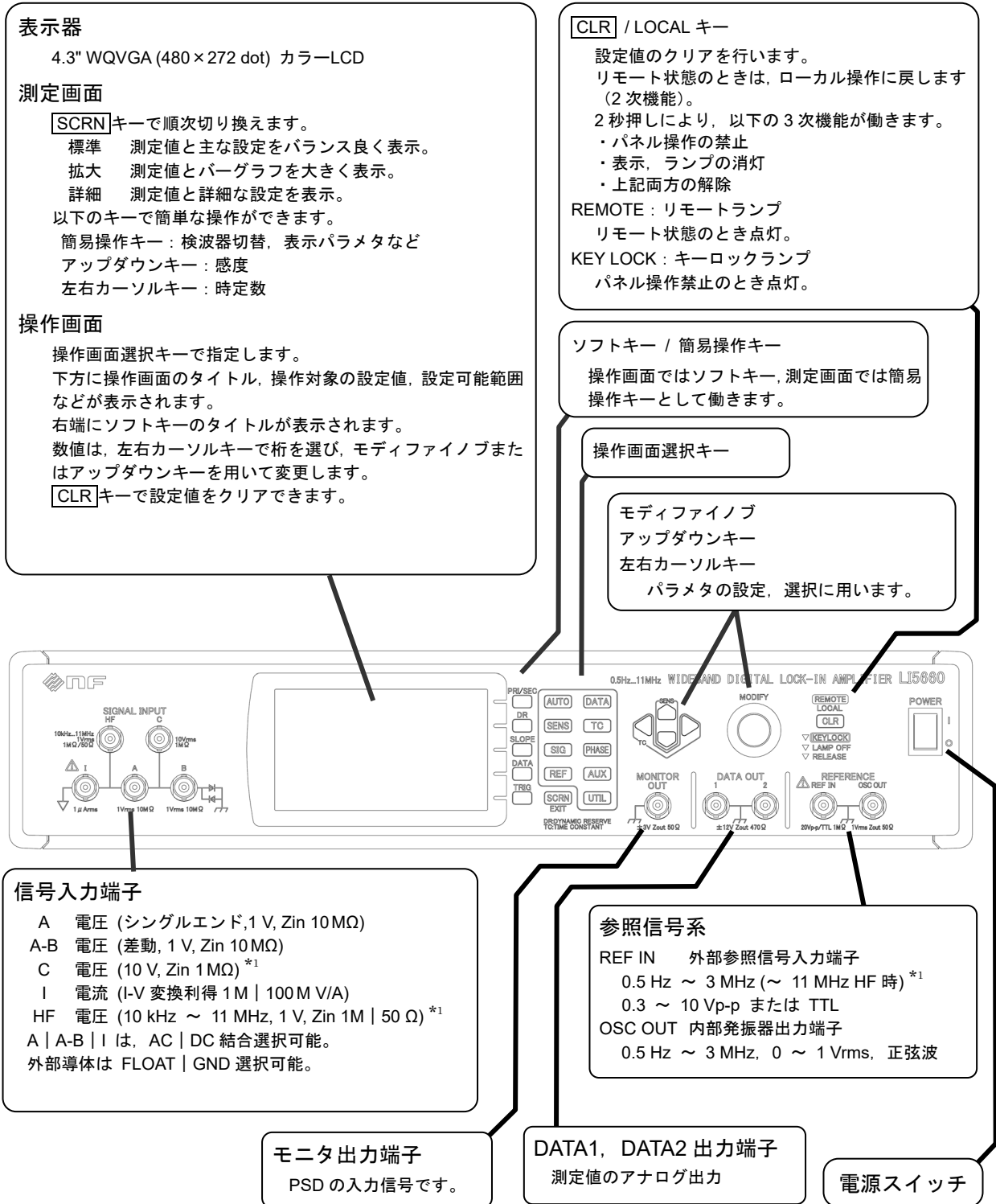


図 3-1 正面パネル

3.1.2 背面パネル

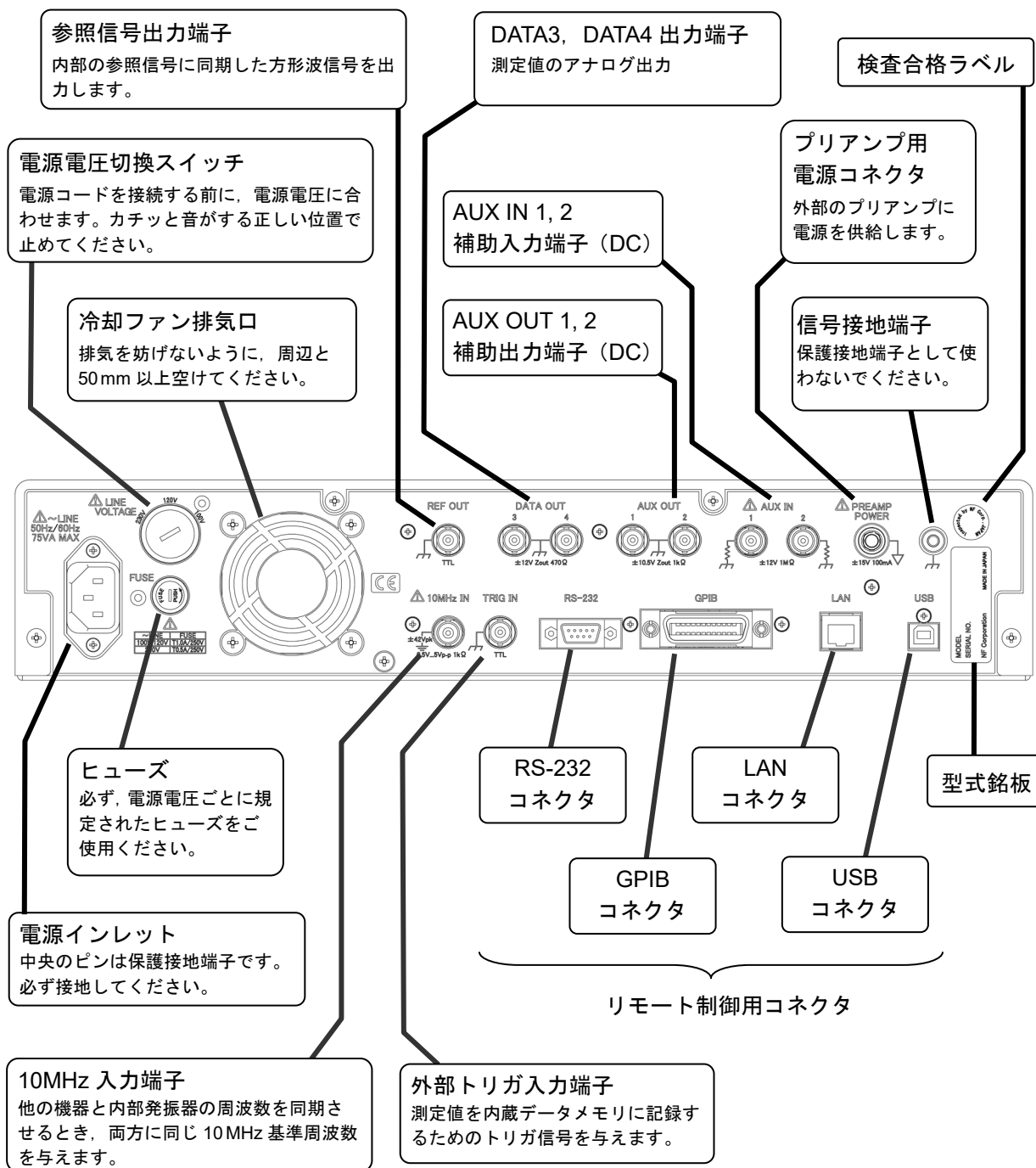


図 3-2 背面パネル

詳細については、4章以降の操作説明および「9.仕様」をご覧ください。

リモート制御については、付属 CD-ROM 内の「LI5655 / LI5660 取扱説明書（リモート制御）」をご覧ください。

■ この説明書における画面とキーの表記

{画面名称}

表示器に表示される画面の名称です。主に以下の2種類に大別されます。

測定画面 { 標準 | 拡大 | 詳細 }

主な測定値と設定を表示します。

操作画面

以下を表示します。

- ・ 主な測定値と設定
- ・ 操作対象のパラメタ名と値, 設定可能範囲などのコメント
- ・ ソフトキーの機能

ハードキー タイトル

キートップにこの名称や記号が刻印されたキーを示します。

カーソルキーは、その形状で方向を示し、タイトルは刻印されていません。

ハードキー タイトル / 副機能名

キートップに刻印された主機能の他に、周辺に記載された副機能を持つキーを示します。

この説明書では、副機能を実行するとき、"/ 副機能名" を添えた表記を用います。主機能を実行するときには、"/ 副機能名" を添えません。

[ソフトキー タイトル]

この機能を持つソフトキーを示します。

ハードキーとは

機能がひとつまたは少数に定まっていて、物理的な実体のあるキーです。

複数の機能を持つハードキーは、状況に応じて副機能が有効になることがあります。

ソフトキーとは

状況に合わせて機能が様々に変化するキーです。

操作画面では、表示器内の画面右端に表示された機能が有効です。

測定画面では、簡易操作キーとして働き、キー直上に記された副機能が有効です。

副機能とは

キートップではなく、キーの周辺（上下）に記載された機能です。

3.2 入出力端子

警告

感電を避けるため、筐体から絶縁された BNC の補助入力端子 (AUX IN) および外部 10 MHz 同期端子 (10MHz IN) は、BNC コネクタ (中心導体およびグラウンド) と筐体間に、 $\pm 42\text{Vpk}$ (DC+AC peak) を超える電圧を加えないでください。

また、同様に感電を避けるため、補助入力端子 (AUX IN) と外部 10 MHz 同期端子 (10MHz IN) の BNC コネクタ間に、 $\pm 42\text{Vpk}$ (DC+AC peak) を超える電圧を加えないでください。

この電圧を超えると、内部の電圧制限素子が働き電圧を抑えようとしませんが、加えられた電圧が大きいと、この製品を破損する恐れがあります。

注意

入力端子に最大入力電圧範囲を超える電圧を加えないでください。この製品を破損する恐れがあります。

注意

出力端子に外部から電圧を加えないでください。この製品を破損する恐れがあります。

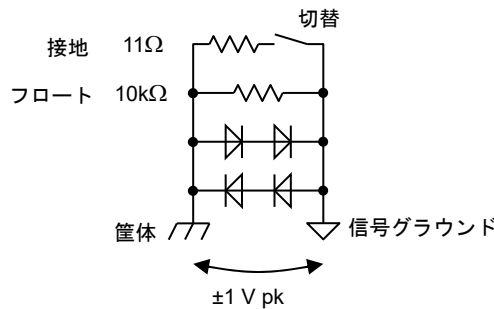
3.2.1 信号入力端子

*1 : C, HF は LI5660 のみ装備。

1) 信号グラウンド

信号入力端子（以下の A, B, C *1, HF *1, I 端子）の信号グラウンドは筐体に対して、 $\pm 1\text{ V}$ の範囲で絶縁されています。

フローティング電圧（対接地許容電圧）	: $\pm 1\text{ V}_{\text{peak}}$ (DC+AC)
対筐体インピーダンスフロート時	: $10\text{ k}\Omega$ (公称値)
接地時	: $11\ \Omega$ (公称値)



信号グラウンドと筐体間の接地インピーダンスは、フロートと接地に切り替え可能です。 $\pm 1\text{ V}$ を超える電圧を加えると、この絶縁は保てません。

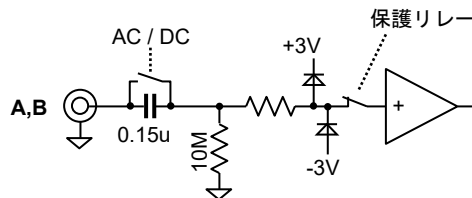
注意

信号グラウンドと筐体の間に、 $42\text{ V}_{\text{peak}}$ (DC+AC) を印加することはできません。 1.0 V を超える電圧を加えると大電流が流れ内部回路が破損します。

2) 電圧測定入力端子 (A, B)

電圧測定端子 A および B について示します。

入力インピーダンス	: $10\text{ M}\Omega$ (公称値), 並列に 50 pF (参考値)
最大入力電圧 (線形動作範囲)	: $\pm 3\text{ V}$ (DC 結合における各端子電圧および差動電圧)
非破壊最大入力電圧 AC 結合	: 正弦波 10 V_{rms} , DC $\pm 42\text{ V}$
DC 結合	: $\pm 14\text{ V}$

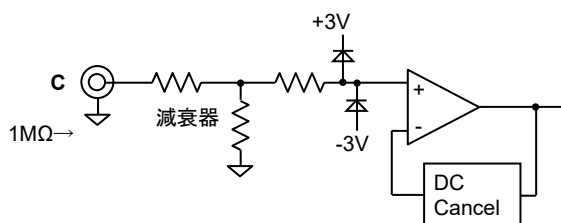


注意

信号が最大入力電圧範囲を大きく超えると保護のため、一時的に入力端子が内部と切り離されることがあります。

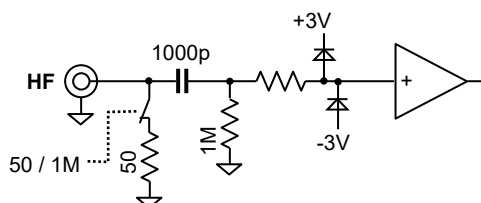
3) 電圧測定入力端子 *1 (C)

入力インピーダンス	: 1 M Ω (公称値), 並列に 50 pF (参考値)
最大入力電圧 (線形動作範囲)	: ± 30 V
非破壊最大入力電圧	: ± 42 V



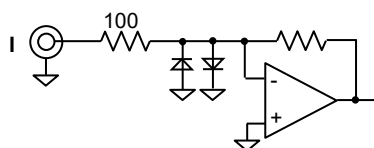
4) 電圧測定入力端子 *1 (HF)

入力インピーダンス	: 1 M Ω (公称値), 並列に 50 pF (参考値) 50 Ω (公称値)
最大入力電圧 (線形動作範囲)	: ± 3 V
非破壊最大入力電圧	: ± 5 V



5) 電流測定入力端子 (I)

入力インピーダンス	: 1 k Ω (変換利得 1M, 参考値) : 100 k Ω (変換利得 100M, 参考値)
最大入力電流 (線形動作範囲)	: ± 3 μ A (変換利得 1M, DC 結合)
非破壊最大入力電流	: ± 10 mA



⚠ 注意

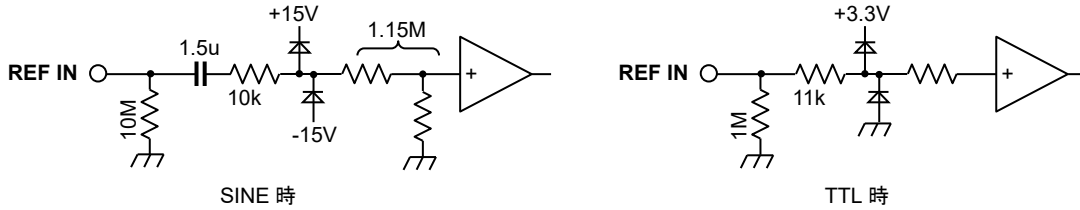
± 10 mA 以上の電流を流すと内部回路を破損します。電流入力を使用しないときは、付属の保護キャップを取り付けておいてください。

3.2.2 参照信号入力端子

1) 参照信号入力 (REF IN)

参照信号入力端子は、EDGE 設定を切り替えると内部回路も切り替わります。

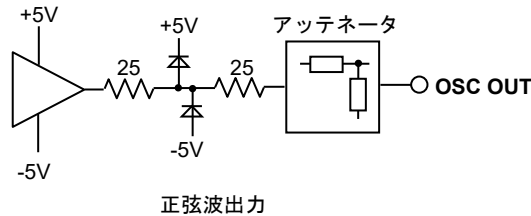
入力インピーダンス	:	1 M Ω (公称値), 並列に 100 pF (参考値)
入力電圧範囲	SINE	: 0.3 V ~ 20 V _{p-p}
	TTL	: 0 ~ 5 V (Low 0.8 V 以下, High 2.6 V 以上)
非破壊最大入力電圧	:	± 15 V



2) 正弦波出力 (OSC OUT)

内部発振器と同期した正弦波が OSC OUT 端子から出力されます。外部参照信号 (REF IN) を同期源として動作しているときは、外部参照信号源に同期した出力が得られます。

出力電圧範囲	:	0.00 mV _{rms} ~ 1.000 V _{rms}
最大出力電流	:	± 15 mA
出力インピーダンス	:	50 Ω (公称値)

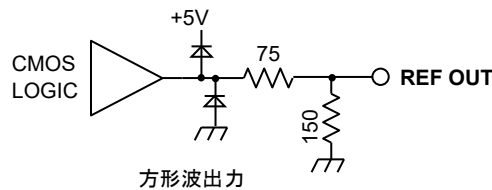


周波数が 3.2 MHz 以上のときは、設定に関わらず、出力が 0 V_{rms} になります。

3) 方形波出力 (REF OUT)

OSC OUT と同期したロジック信号が出力されます。

信号レベル	:	TTL (0 ~ 3.3 V, 公称値)
最大出力電流	:	± 8 mA



周波数が 3.2 MHz 以上のときは、出力レベルが HIGH あるいは LOW レベル固定です。

△ 注意

OSC OUT には出力電流の制限があります。

REF OUT のグラウンドまたは+3.3 V への負荷は 500 Ω 以上にしてください。

3.2.3 アナログ出力

1) 測定値出力 (DATA OUT)

正面パネルの DATA OUT1, 2 および背面パネルの DATA OUT3, 4 について示します。

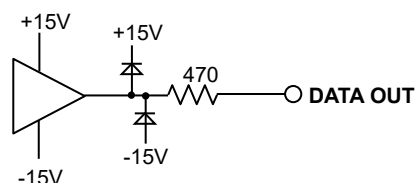
測定表示値 (R, X, Y など) に比例した電圧が出力されます。

詳細は、☞ 「4.3 測定パラメタの設定, 出力および表示」

出力電圧範囲 : ±12 V (無負荷時)

最大出力電流 : ±10 mA

出力インピーダンス : 470 Ω (公称値)



2) モニタ出力 (MONITOR OUT)

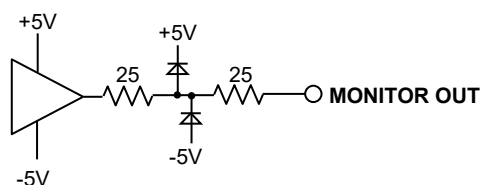
位相検波器の信号です。

詳細は、☞ 「4.7.3 信号オーバレベル表示とモニタ出力」

最大出力電圧 : ±3 V (無負荷時)

最大出力電流 : ±20 mA

出力インピーダンス : 50 Ω (公称値)



3.2.4 補助入出力端子

1) 補助入力 (AUX IN1, AUX IN2)

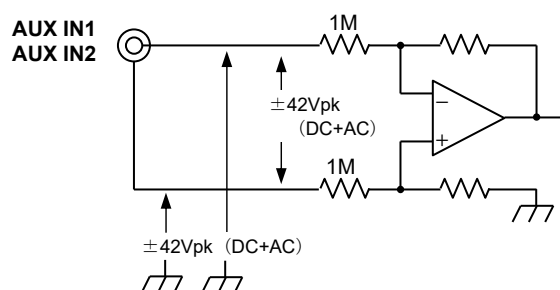
AUX IN1 はレシオ測定で使用されます。

詳細は、☞ 「5.8 直流電圧の測定 (AUX IN)」

入力インピーダンス : 1 M Ω (公称値), 並列に 50 pF (参考値)
信号グラウンドが筐体電位に等しいとき

最大入力電圧 (線形動作範囲) : ± 12 V

非破壊最大入力電圧 : ± 42 V_{peak} (DC+AC)



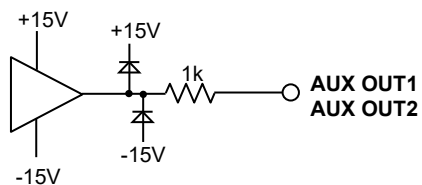
2) 補助出力 (AUX OUT1, AUX OUT2)

詳細は、☞ 「5.9 直流電圧の出力 (AUX OUT)」

出力電圧範囲 : ± 10.500 V

最大出力電流 : ± 5 mA

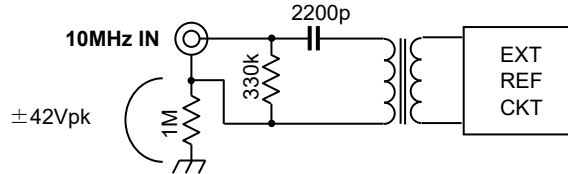
出力インピーダンス : 1 k Ω (公称値)



3.2.5 その他入出力端子

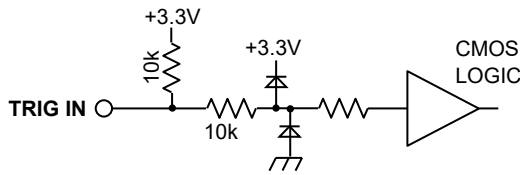
1) 外部 10MHz 同期 (10MHz IN)

- 入力インピーダンス : 1 kΩ (公称値), AC 結合
- 信号レベル : 0.5 Vp-p ~ 5 Vp-p
- 非破壊最大入力電圧 : 10 Vp-p
- フローティング電圧 (対接地許容電圧) : ±42 Vpeak (DC+AC)



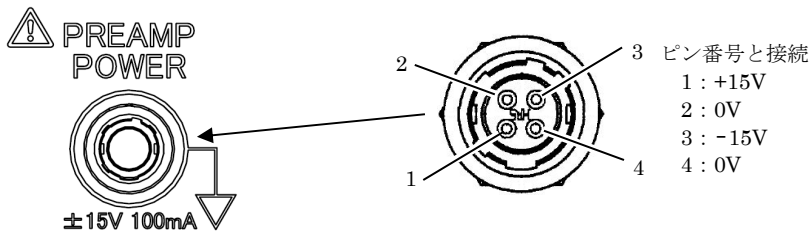
2) トリガ入力 (TRIG IN)

- 内蔵データメモリへの記録開始トリガ入力です。
- 入力インピーダンス : 10 kΩ (公称値)
- 信号レベル : TTL (Low 0.8 V 以下, High 2.6 V 以上)
- 非破壊最大入力電圧 : ±15 V



3) プリアンプ用電源出力 (PREAMP POWER)

- プリアンプ用電源出力のグラウンドは、信号グラウンドです。
- 最大出力電流 : ±100 mA



⚠ 注意

PREAMP POWER は、外部プリアンプへの電源供給を目的としています。測定に悪影響を与えることや、故障の原因にもなりますので、他の目的には使用しないでください。

3.3 測定画面の概要

3.3.1 測定画面の種類と切り換え

測定画面の表示は、標準測定画面、拡大測定画面、詳細測定画面の3通りあります。

SCRN キーを押すと、以下のとおり順次切り換わります。

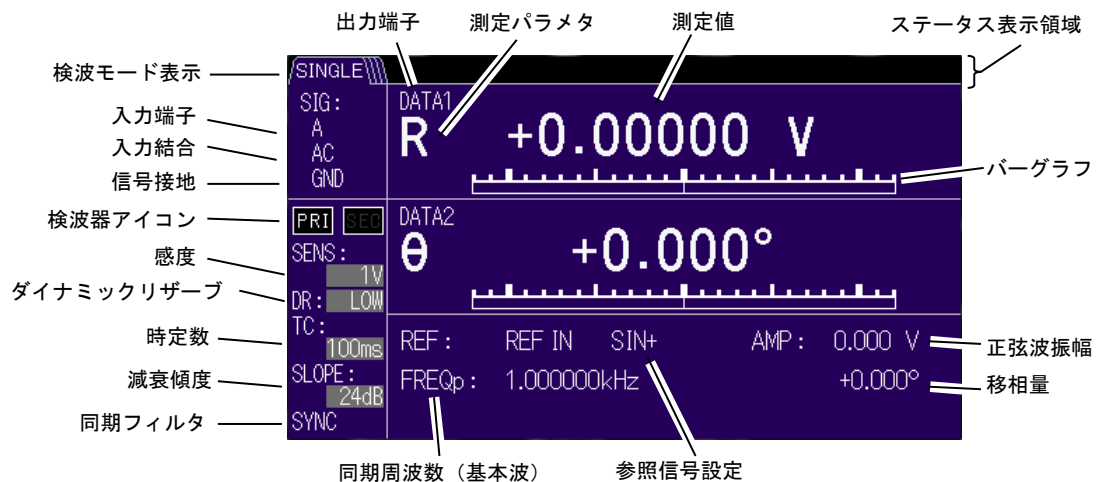
- a) 標準測定画面（初期値）
測定値、バーグラフ、主な設定をバランス良く表示します。
- b) 拡大測定画面
測定値とバーグラフを大きく表示します。
設定情報の表示は少なくなります。
- c) 詳細測定画面
できるだけ多くの設定情報を表示します。
測定値の表示は小さくなります。
バーグラフ表示はありませんが、DATA1 から DATA4 まで全て表示します。

SCRN / EXIT キーは、上位の操作画面に移動したり、測定画面に戻るためにも使用します。

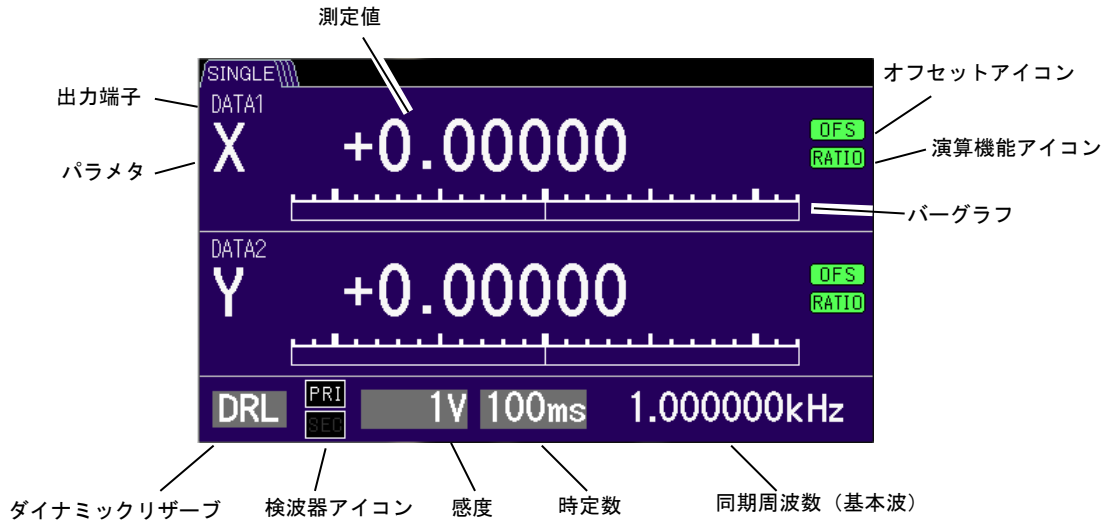
3.3.2 測定画面

各測定画面表示の例（検波モードが SINGLE のとき）を示します。

1) 標準測定画面



2) 拡大測定画面



3) 詳細測定画面

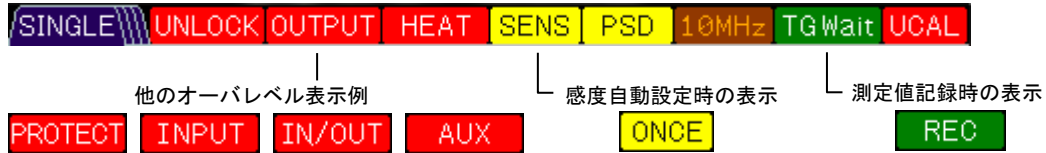


3.3.3 測定画面の詳細

ステータス表示領域や 2 周波数測定時の測定画面説明をします。

■ステータス表示領域





ステータス表示領域に表示されるアイコンについて説明します。



ステータス	内 容
UNLOCK	同期外れ表示。参照信号に同期していない。 参照信号が正しく接続・設定されていない、参照信号レベルが小さい、測定できる周波数範囲を外れているなどの可能性があります。
OUTPUT 他	信号オーバーレベル表示。 入力信号が大きい、増幅器での飽和、位相検波器以降の時定数フィルタで飽和すると表示されます。 詳細は、☞ 「4.7.3 信号オーバーレベル表示とモニタ出力」
HEAT	過熱状態表示。製品の内部温度が異常に高くなっているときに表示されます。 周囲温度 40℃以下、設置方法が正しい状態において、この表示が出る場合は故障ですので、当社または当社代理店までご連絡ください。
SENS	自動感度調整の動作中表示。 “ONCE” は一度だけ自動感度調整の動作中の表示。
PSD	自動 PSD オフセット調整の動作中表示。
10MHz	外部 10MHz の同期有効・無効表示。
TGWait 他	外部トリガ待ち表示 “REC” は測定値記録時の表示 詳細は、☞ 「LI5655 / LI5660 取扱説明書 (リモート制御)」 の 「5. コマンド解説」:TRIGger:SOURce
UCAL	未校正状態表示。何らかの不具合により、製品の校正情報が失われ、所定の性能を維持できないときに表示されます。 故障ですので、当社または当社代理店までご連絡ください。

■検波モードの表示

検波モードを変更するとアイコン表示が切り替わります。

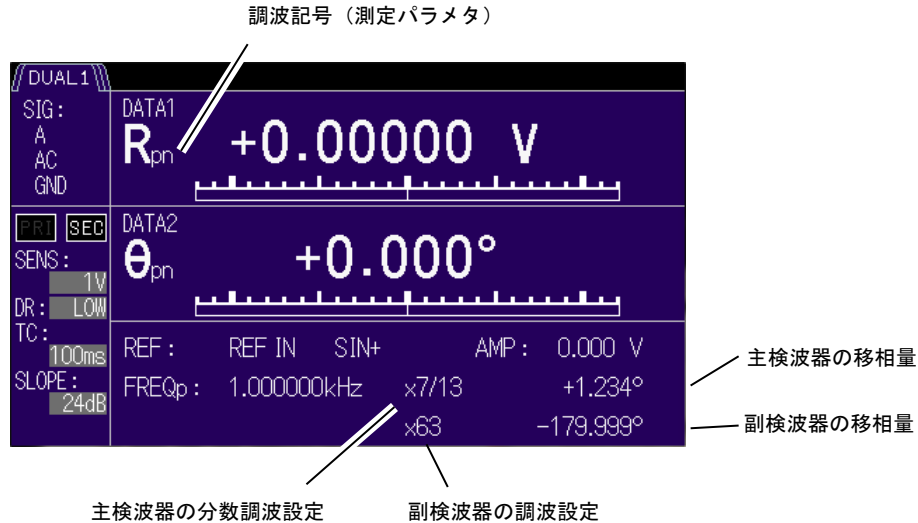
-  : SINGLE . . . シングルモード (通常の 1 周波数測定)
-  : DUAL1 . . . 分数調波モード
-  : DUAL2 . . . 独立周波数モード
-  : CASCADE . . . カスケードモード

■ 調波測定を表示

調波設定したときの画面表示について説明します。

検波モードを SINGLE ないし DUAL1 にして、調波 (HARMONICS) 設定を有効にすると、測定パラメタの末尾に調波記号の “n” が追加されます。

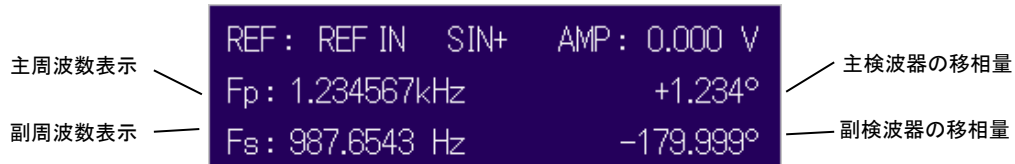
また、調波の次数が同期周波数 (基本波) 表示の横に表示されます。



■ 2 周波数表示の表示

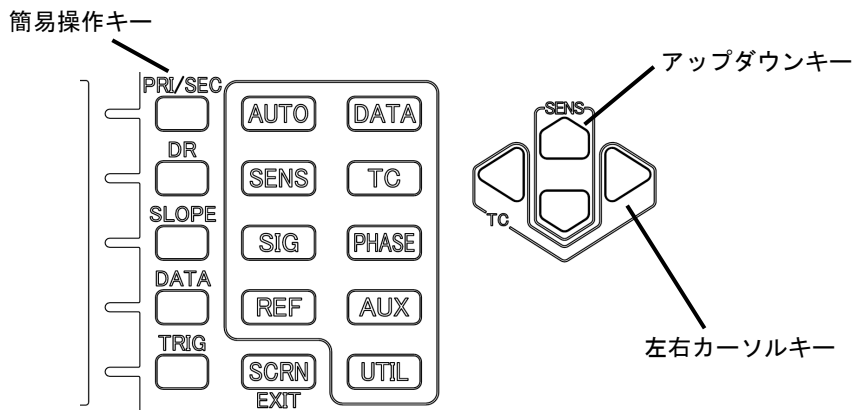
調波設定したときの画面表示について説明します。

検波モードが DUAL2 や CASCADE のときは、主周波数と副周波数が表示されます。



3.3.4 測定画面における操作

測定画面のままでも、以下のように一部のパラメタを設定することができます。



操作箇所	機能
簡易操作キー	
<input type="checkbox"/> / PRI SEC	検波器の選択 PRI (主検波器) → SEC (副検波器) → ※検波モードが DUAL1, DUAL2, CASCADE の時のみ使用可能
<input type="checkbox"/> / DR	ダイナミックリザーブの選択 (詳細は、☞ 「4.7 感度とダイナミックリザーブの設定」 LOW → MED → HIGH →
<input type="checkbox"/> / SLOPE	時定数フィルタの減衰傾度選択 6dB → 12dB → 18dB → 24dB →
<input type="checkbox"/> / DATA	DATA1-DATA2 パラメタ選択 (詳細は、☞ 「4.3 測定パラメタの設定, 出力および表示」 SINGLE (変更前 →) R-θ → X-Y → DUAL1 (変更前→) Rpn-θpn → Xpn-Ypn → Xsn-Ysn → Xpn-Xsn → DUAL2 / CASCAde (変更前→) Rp-θp → Xp-Yp → Xs-Ys → Xp-Xs → ※DATA3 と DATA4 は変更されません。
<input type="checkbox"/> / TRIG	手動トリガ 詳細は、☞ 「LI5655 / LI5660 取扱説明書 (リモート制御)」の 「5. コマンド解説」:TRIGger:SOURce
アップダウンキー	感度 (SENS) 選択
左右カーソルキー	時定数 (TC) 選択

■感度や時定数の変更



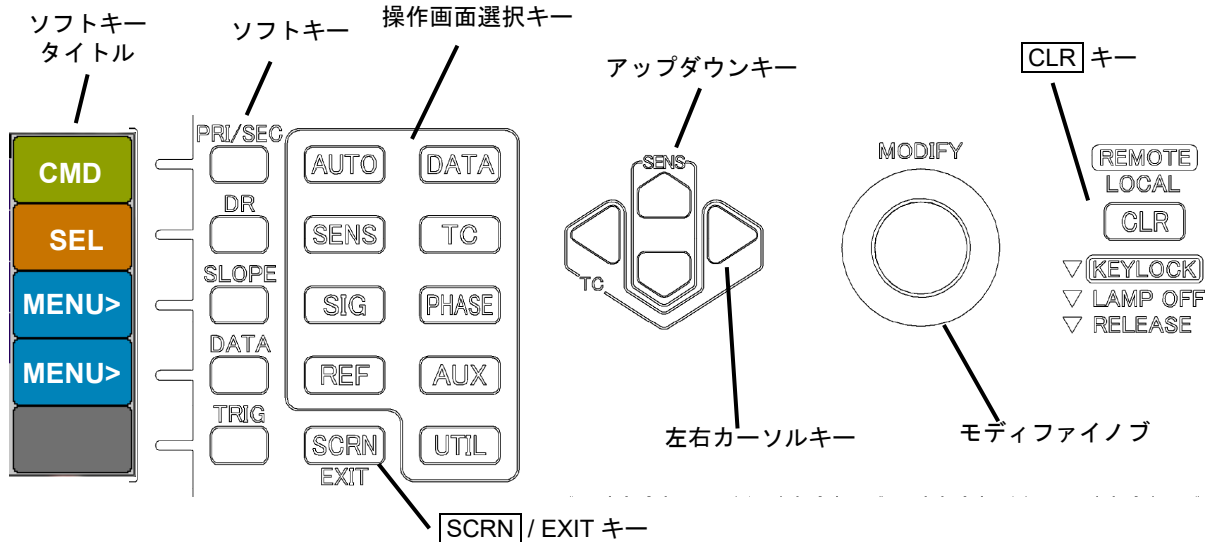
設定値枠

感度や時定数など、背景色とは異なる設定値枠のパラメタは測定画面上からでも簡易操作キーで設定できます。

3.4 操作画面の概要

3.4.1 操作キー および モディファイノブ

LI5655 / LI5660 の詳細な設定は、操作画面で行います。



操作画面選択キー

機能毎にまとめられた操作画面を表示するキーです。

対応する操作画面（トップページ）に移動します。

ソフトキー

操作画面ごとに機能が変化する操作キーです。

操作画面の右端に、各ソフトキーの機能を示すタイトルが表示されます。

左右カーソルキー（カーソルキー）

多桁の数値を入力するとき、変更する桁（カーソル桁）を選択します。

左右端から先には進みません。

アップダウンキー / モディファイノブ

どちらも同じ機能です。

数値設定では、カーソル桁から上位を変更します。

複数の選択肢からひとつを選択する場面では、順次切り換えます。

CLR キー

設定値のクリアを行います。

SCRN / EXIT キー

ひとつ上位の操作画面、または元の測定画面に戻ります。

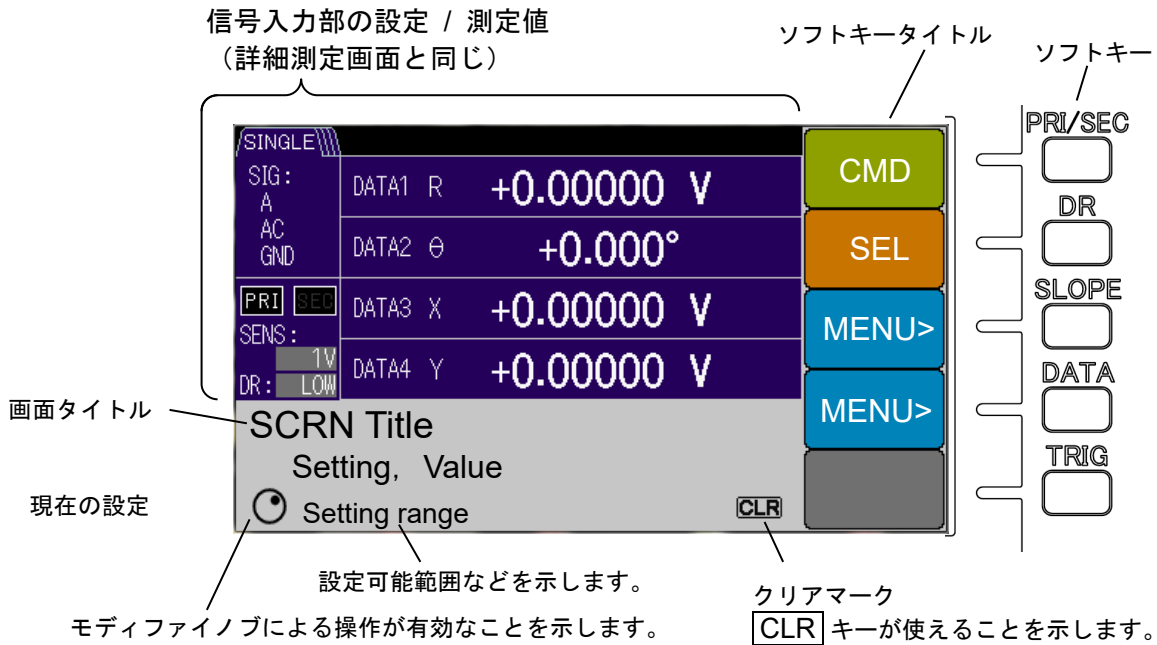
手順：

- 1) 設定したい機能が含まれている操作画面選択キーを押します。
- 2) 設定したい機能名が表示されたソフトキーを押します。
- 3) アップダウンキーやモディファイノブなどを用いてパラメタを変更します。
- 4) **SCRN / EXIT** キーを押して、測定画面に戻ります。

操作画面選択キー機能一覧：

キー名称	画面名称	主な機能
AUTO	{自動設定画面}	感度や時定数などの自動設定
DATA	{出力信号設定画面}	DATA1 から 4 への測定パラメタ選択 レシオ演算, ノーマライズ演算等の指定
SENS	{感度設定画面}	感度, ダイナミックリザーブの設定
TC	{時定数フィルタ設定画面}	時定数, 減衰傾度 (SLOPE), 同期フィルタ (SYNC) の設定
SIG	{入力信号選択画面}	入力端子の選択 入力結合の選択 信号接地の選択 電源周波数ノッチフィルタの設定 電流入力における I-V 変換利得の選択
PHASE	{位相調整画面}	参照信号移相量の設定
REF	{参照信号設定画面}	参照信号と極性の選択 内部発振器の周波数, 出力振幅の設定 調波 (高調波次数など) の設定 検波モードの設定
AUX	{補助入出力設定画面}	AUX IN スムージングの設定 AUX OUT 電圧の設定
UTIL	{ユーティリティ画面}	設定の初期化 設定メモリへの保存, 復帰 リモート制御インターフェースの設定 システム設定 (保守など)

3.4.2 操作画面の構成



ソフトキーは、次の種類に分類できます。

動作指示 (CMD)

特定の動作を実行します。自動設定などの実行を行います。

縦棒 “|” 表示されたキーは、選択肢の区切りです。“ON | OFF” など、キー押すたびに ON と OFF が切り替わり、実行されます。

選択 (SEL)

設定項目を選択します。選択された設定項目は、操作画面内にカーソルが移動し、アップダウンキーやモディファイノブにより設定変更ができます。

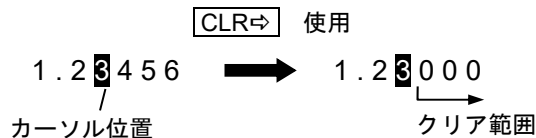
縦棒 “|” 表示されたキーは、選択肢の区切りです。“PRI | SEC” など、キー押すたびに PRI と SEC が切り替わり、選択されます。

下位画面移動 (MENU>)

ソフトキー名称の末尾に “>” がある場合、関連する下位の操作画面に移動します。

クリアマーク

- CLR : 文字列を入力するとき、文字列全てをクリアします。
- CLR⇨ : 多桁の数値を入力するとき、カーソル桁より下位の桁を全て 0 にします。



なお、ソフトキータイトル CMD, SEL, MENU> は説明用の例です。実際に表示されるタイトルとは異なります。

3.5 操作ツリー

LI5655 / LI5660 をパネルから操作するときの操作ツリーを以下に示します。

キーや画面の表記については、「3.1 パネル各部の名称と動作」をご覧ください。

*1：この記号は、下位の操作ツリーが検波モード SINGLE と同じであるため、ツリーを省略していることを示します。

*2：この記号は、下位の操作ツリーが検波モード DUAL1 と同じであるため、ツリーを省略していることを示します。

詳細は、☞ 「3.5.2 操作画面における操作ツリー (SINGLE)」
 「3.5.3 操作画面 における操作ツリー (DUAL1)」
 「3.5.4 操作画面 における操作ツリー (DUAL2/CASCADE)」

3.5.1 測定画面における操作ツリー

正面パネル

—	SCRN / EXIT キー	: 測定画面選択 (標準 拡大 詳細)
	(簡易操作キー)	
—	□ / PRI SEC	: 検波器選択
—	□ / DR	: ダイナミックリザーブ選択
—	□ / SLOPE	: 減衰傾度選択
—	□ / DATA	: 出力信号選択
—	□ / TRIG	: 手動トリガ (外部参照信号)
—	アップダウンキー	: 感度選択
—	左右カーソルキー	: 時定数選択
—	CLR / LOCAL キー	: ローカル制御 (パネル操作) に移行
—	CLR 長押し	: キーロック, ランプオフ。および解除。
	(操作画面選択キー)	
—	AUTO	: {自動設定画面}
—	DATA	: {出力信号設定画面}
—	SENS	: {感度設定画面}
—	TC	: {時定数設定画面}
—	SIG	: {入力信号設定画面}
—	PHASE	: {位相調整画面}
—	REF	: {参照信号設定画面}
—	AUX	: {補助入出力設定画面}
—	UTIL	: {ユーティリティ画面}

3.5.2 操作画面における操作ツリー (SINGLE)

検波モードが SINGLE (通常の 1 周波数) のときの操作ツリーを示します。

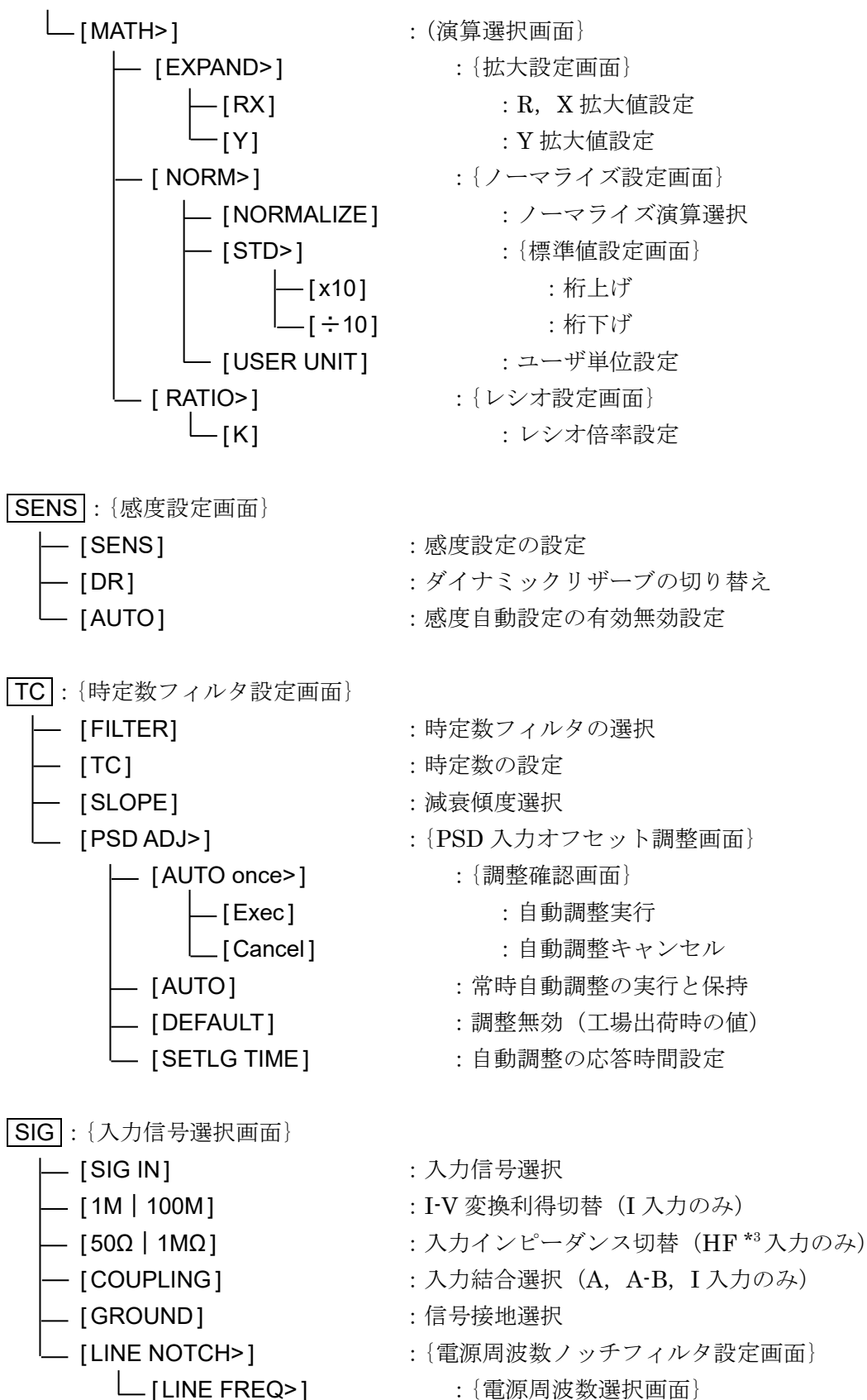
(操作画面選択キー)

AUTO : {自動設定画面}

- [MEASURE] : 簡易測定設定
- [SENS] : 自動感度設定
- [TIME CONST] : 自動時定数設定
- [PHASE] : 自動位相調整

DATA : {出力信号設定画面}

- [BASIC>] : {基本測定パラメタ設定画面}
 - [R- θ] : DATA1 に R, DATA2 に θ を選択
 - [X-Y] : DATA1 に X, DATA2 に Y を選択
 - [X-AUX1] : DATA1 に X, DATA2 に AUX1 を選択
 - [AUX1-AUX2] : DATA1 に AUX1, DATA2 に AUX2 を選択
 - [NOISE-AUX1] : DATA1 に NOISE, DATA2 に AUX1 を選択
- [CUSTOM>] : {個別測定パラメタ設定画面}
 - [DATA1] : DATA1 の個別測定パラメタ設定
 - [DATA2] : DATA2 の個別測定パラメタ設定
 - [DATA3] : DATA3 の個別測定パラメタ設定
 - [DATA4] : DATA4 の個別測定パラメタ設定
 - [OUTPUT>] : {出力有効無効設定画面}
 - [DATA1 ON | OFF] : DATA1 の出力有効無効設定
 - [DATA2 ON | OFF] : DATA2 の出力有効無効設定
 - [DATA3 ON | OFF] : DATA3 の出力有効無効設定
 - [DATA4 ON | OFF] : DATA4 の出力有効無効設定
- [NOISE] : NOISE 測定設定
- [OFFSET>] : {オフセット調整画面}
 - [AUTO once] : XY オフセット自動調整
 - [X | Y] : XY 切替
 - [OFFSET] : オフセット量設定
 - [ON | OFF] : オフセット有効無効設定



*3 : HF 入力は, LI5660 のみ装備。

PHASE : {位相調整画面}

- ├─ [+90°R] : 移相量 90°増
- ├─ [-90°R] : 移相量 90°減
- └─ [ZERO] : 移相量 0°に設定

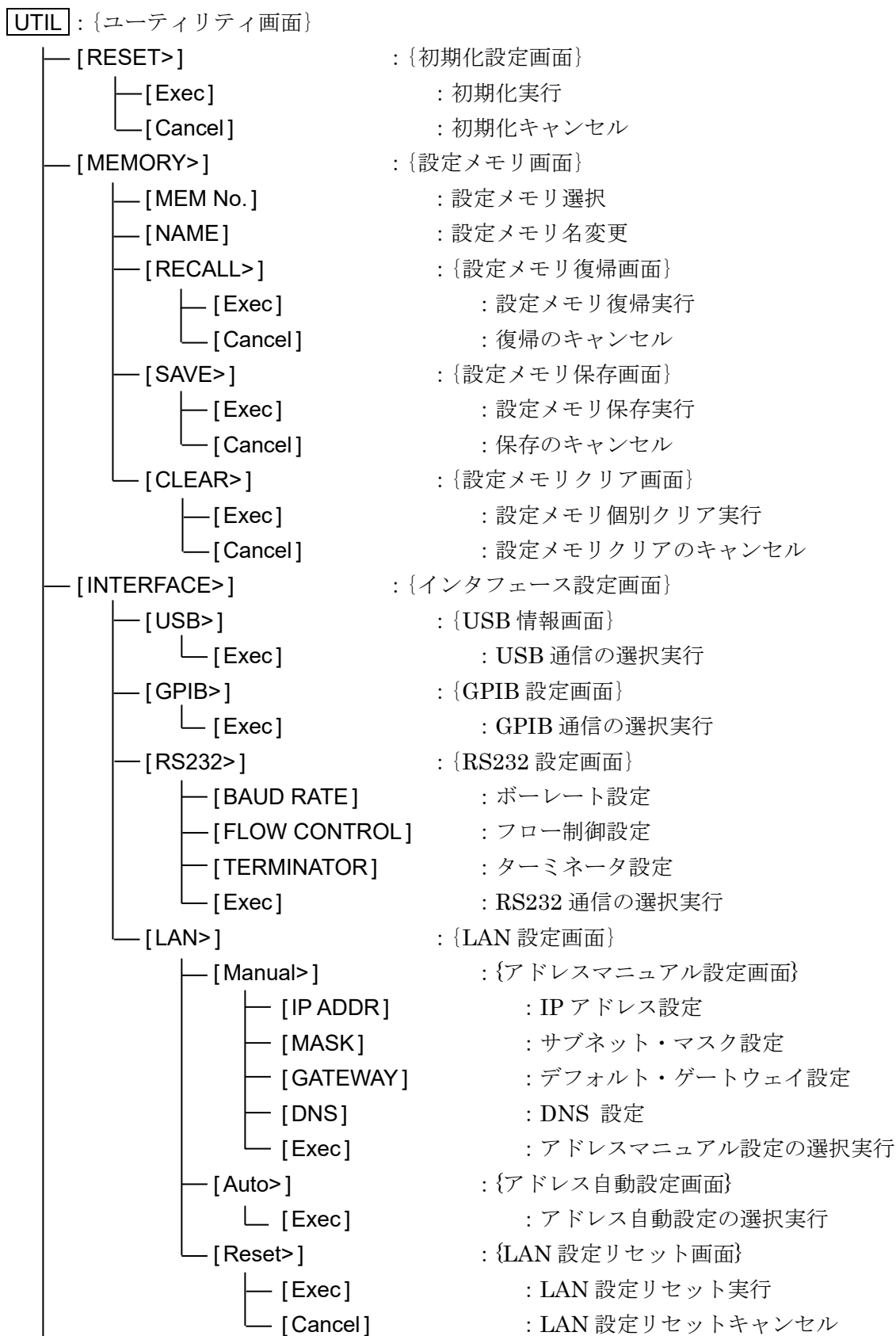
REF : {参照信号設定画面}

- ├─ [SOURCE] : 参照信号源の選択
- ├─ [EDGE] : 参照信号波形選択
- ├─ [OSC SET>] : {発振器設定画面}
 - ├─ [FREQ>] : {周波数設定画面}
 - ├─ [x10] : 周波数桁上げ
 - └─ [÷10] : 周波数桁下げ
 - ├─ [AMPTD>] : {振幅設定画面}
 - ├─ [AMPTD] : 振幅設定
 - ├─ [x10] : 振幅値桁上げ
 - ├─ [÷10] : 振幅値桁下げ
 - └─ [RANGE] : 振幅レンジ設定
 - └─ [10MHz In>] : {外部 10MHz 設定画面}
 - └─ [ON | OFF] : 10MHz の有効無効
- ├─ [HMNC>] : {調波設定画面}
 - ├─ [ON | OFF] : 調波有効無効
 - ├─ [n] : n 次調波設定
 - └─ [m] : 1/m 分数調波設定
- └─ [DET MODE>] : {検波モード設定画面}
 - ├─ [Exec] : 検波モード設定実行
 - └─ [Cancel] : 検波モード設定キャンセル

AUX : {補助入出力設定画面}

- ├─ [AUX IN>] : {補助入力設定画面}
 - ├─ [IN1] : AUX IN1 のスムージング時定数選択
 - ├─ [IN2] : AUX IN2 のスムージング時定数選択
 - └─ [INPUT>] : {AUX IN 設定画面}
 - ├─ [AUX IN1 ON | OFF] : AUX IN1 有効無効
 - └─ [AUX IN2 ON | OFF] : AUX IN2 有効無効
- └─ [AUX OUT>] : {補助出力設定画面}
 - ├─ [OUT1] : AUX OUT1 電圧設定
 - └─ [OUT2] : AUX OUT2 電圧設定

つづく



└─ [SYSTEM>]	: {システム設定画面}
├─ [VERSION>]	: {バージョン情報画面}
├─ [SELF TEST>]	: {自己診断画面}
│ ├─ [Exec]	: 自己診断の実行
│ └─ [Cancel]	: 自己診断のキャンセル
├─ [SERVICE>]	: {保守情報画面}
└─ [INIT>]	: {イニシャライズ実行画面}
│ ├─ [Exec]	: イニシャライズ実行
│ └─ [Cancel]	: イニシャライズのキャンセル

(その他の操作)

正面パネル

モディファイノブ

パラメタの選択 または カーソル桁 (カーソルがある桁) から上位の数値変更

アップダウンキー

モディファイノブと同じ

左右カーソルキー

多桁数値入力時のカーソル移動

CLR

数値, 文字列などのクリア

SCRN / EXIT

上位設定画面または元の測定画面への復帰

3.5.3 操作画面 における操作ツリー (DUAL1)

検波モードが DUAL1 (分数調波モード) のときの操作ツリーを示します。

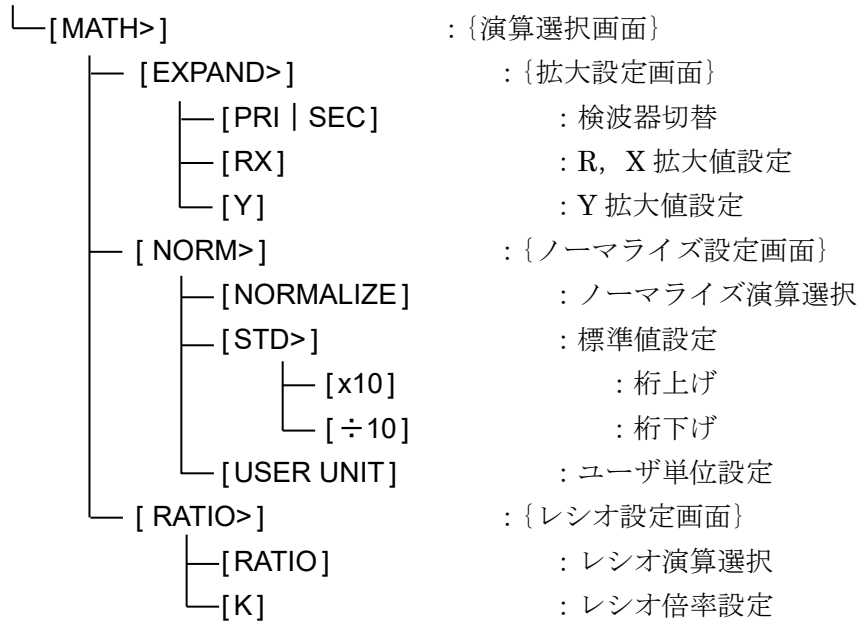
(操作画面選択キー)

AUTO : {自動設定画面}

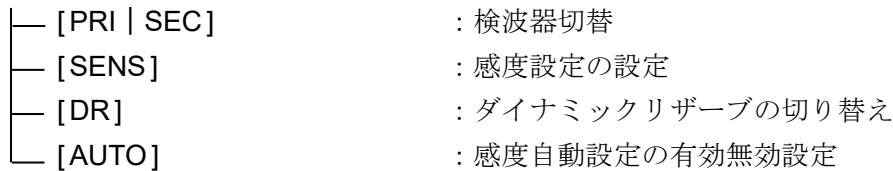
— [MEASURE]	: 簡易測定設定
— [SENS]	: 自動感度設定
— [TC]	: 自動時定数設定
— [PHASE PRI]	: 主検波器自動位相調整
— [PHASE SEC]	: 副検波器自動位相調整

DATA : {出力信号設定画面}

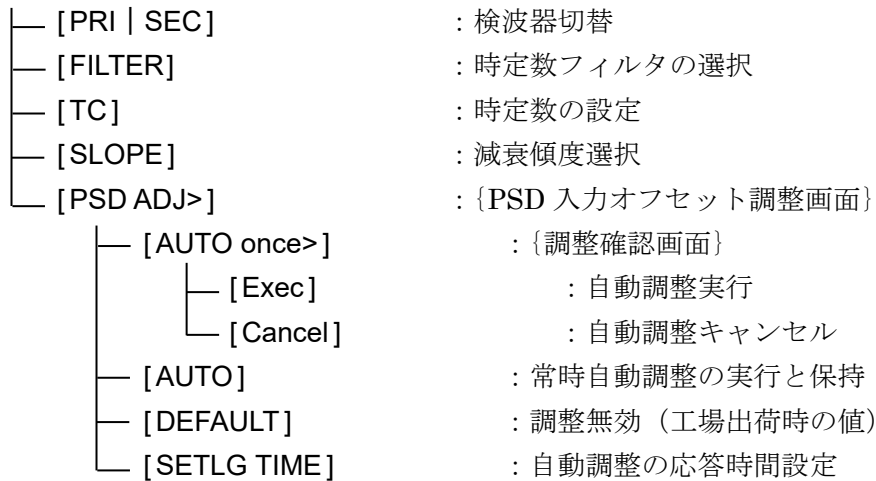
— [BASIC>]	: {基本測定パラメタ設定画面}
— [Rp- θ p]	: DATA1 に Rp, DATA2 に θ p を選択
— [Rp-Rs]	: DATA1 に Rp, DATA2 に Rs を選択
— [Xp-Xs]	: DATA1 に Xp, DATA2 に Xs を選択
— [Xp-AUX1]	: DATA1 に Xp, DATA2 に AUX1 を選択
— [NOISE-AUX1]	: DATA1 に NOISE, DATA2 に AUX1 を選択
— [CUSTOM>]	: {個別測定パラメタ設定画面}
— [DATA1]	: DATA1 の個別測定パラメタ設定
— [DATA2]	: DATA2 の個別測定パラメタ設定
— [DATA3]	: DATA3 の個別測定パラメタ設定
— [DATA4]	: DATA4 の個別測定パラメタ設定
— [OUTPUT>]	: {出力有効無効設定画面}
— [DATA1 ON OFF]	: DATA1 の出力有効無効設定
— [DATA2 ON OFF]	: DATA2 の出力有効無効設定
— [DATA3 ON OFF]	: DATA3 の出力有効無効設定
— [DATA4 ON OFF]	: DATA4 の出力有効無効設定
— [NOISE]	: NOISE の設定
— [OFFSET>]	: {オフセット調整画面}
— [PRI SEC]	: 検波器切替
— [AUTO once]	: XY オフセット自動調整
— [X Y]	: XY 切替
— [OFFSET]	: オフセット量設定
— [ON OFF]	: オフセット有効無効設定



SENS : {感度設定画面}



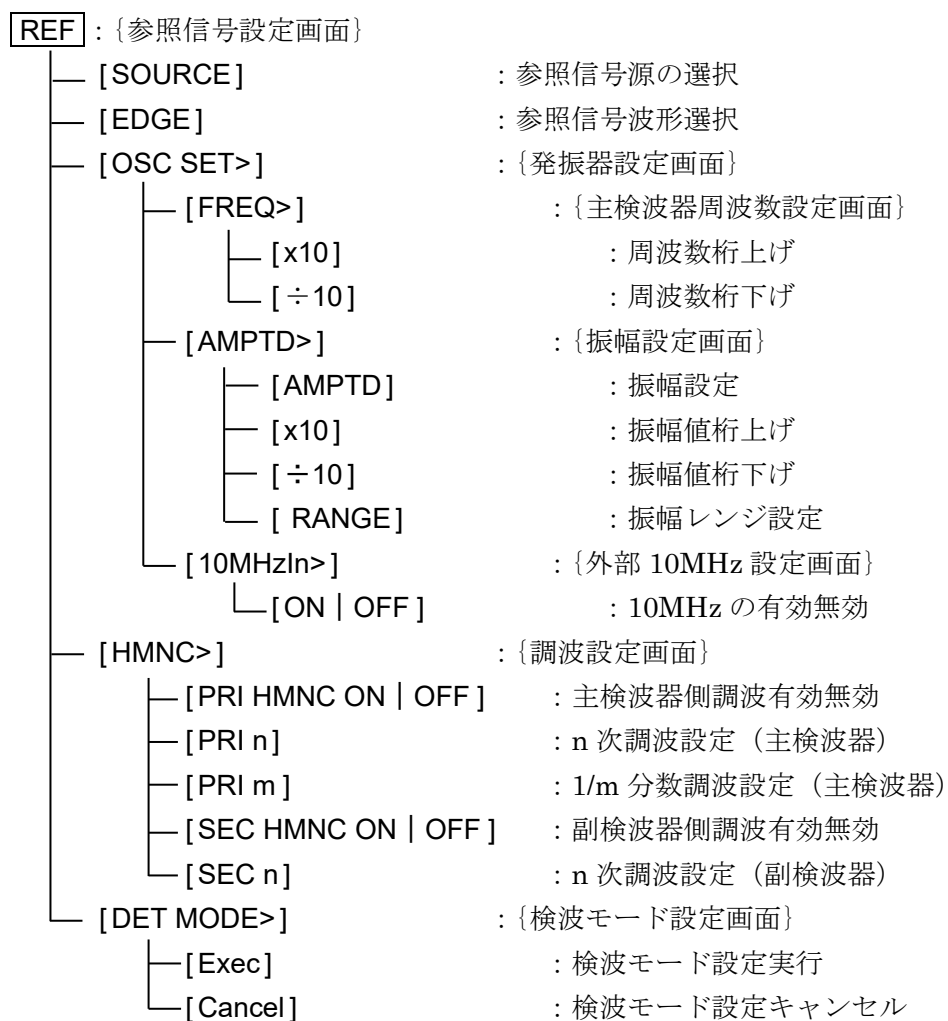
TC : {時定数フィルタ設定画面}



SIG : {入力信号選択画面} *1

PHASE : {位相調整画面}





AUX : {補助入出力設定画面} *1

UTIL : {ユーティリティ画面} *1

(その他の操作)

正面パネル *1

3.5.4 操作画面 における操作ツリー (DUAL2/CASCADE)

検波モードが DUAL2 (独立周波数モード), CASCADE (カスケードモード) のときの操作ツリーを示します。

(操作画面選択キー)

AUTO : {自動設定画面} *2

DATA : {出力信号設定画面} *2

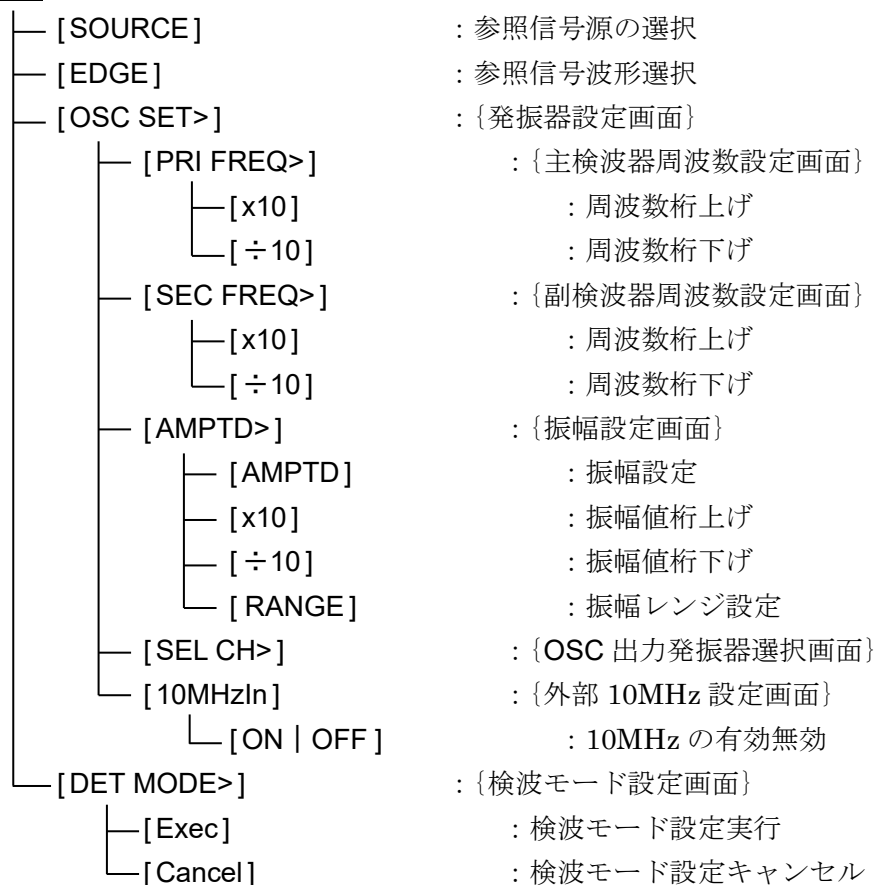
SENS : {感度設定画面} *2

TC : {時定数フィルタ設定画面} *2

SIG : {入力信号選択画面} *1

PHASE : {位相調整画面} *2

REF : {参照信号設定画面}



AUX : {補助入出力設定画面} *1

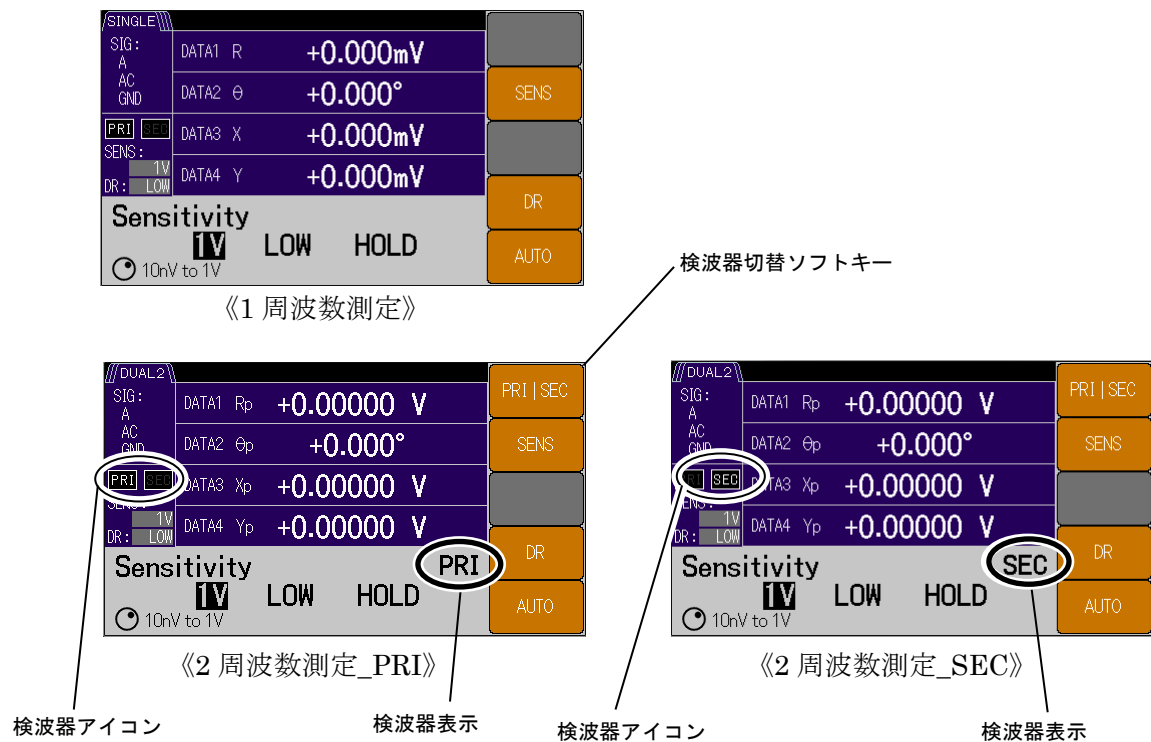
UTIL : {ユーティリティ画面} *1

(その他の操作)

正面パネル *1

3.6 操作画面リファレンス

各操作画面の以下の項に示します。



■ 2周波数設定時表示されるソフトキー

[PRI | SEC]

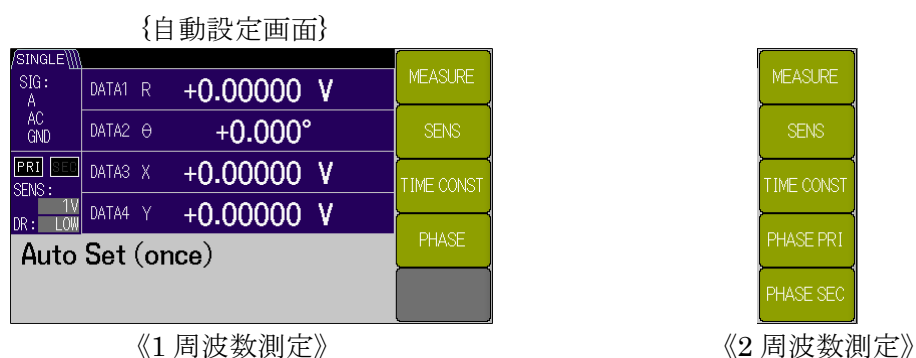
検波モードが SINGLE では非表示ですが、検波モードが DUAL1, DUAL2 あるいは CASCADE では、このソフトキーが表示されます。

操作画面が **SENS** , **TC** , **PHASE** で TOP メニューを表示しているときに、設定する検波器を PRI (主検波器 : Primary PSD) あるいは SEC (副検波器 : Secondary PSD) に切り替えることができます。

どちらの検波器が選択されているかは、設定画面上の検波器アイコン (“PRI” あるいは “SEC”) で確認出来ます。

3.6.1 **AUTO** : {自動設定画面}

この設定画面に入ると自動設定画面に切り替わります。

**[MEASURE]** : 簡易測定設定

簡易測定設定を実行します。

以下の TIME CONST → SENS → PHASE PRI の順に各自動設定を実行します。

2周波数測定では、PHASE SEC → PHASE PRI の順に設定されます。

[SENS] : 自動感度設定

自動感度設定を実行します。詳細は、☞ 「4.7 感度とダイナミックリザーブの設定」

信号や雑音の大きさに合わせて、感度 (SENS) とダイナミックリザーブ (DR) を調整します。

2周波数測定では主検波器、副検波器のダイナミックリザーブは共通設定になります。

[TIME CONST] : 自動時定数設定

自動時定数フィルタ設定を実行します。詳細は、☞ 「4.6 時定数フィルタの設定と特性」

参照信号の周波数に合わせて、時定数 (TC)、減衰傾度 (SLOPE) を設定します。

同期フィルタ機能 (SYNC : 整数周期の移動平均フィルタ) を設定している場合は解除されます。

[PHASE] : 自動位相調整

2周波数測定では、キー名称が**[PHASE PRI]**になります。

自動位相調整を実行します。詳細は、☞ 「4.8 位相調整」

Y および θ 出力がゼロになるように、PSD に与える参照信号の移相量を設定します。

[PHASE SEC] : 自動位相調整

1周波数測定では、このソフトキーは非表示となります。

2周波数測定では、副検波器の自動位相調整を実行します。

動作メッセージ

自動設定を完了すると、短時間"Done"が表示され、測定画面に戻ります。

中断（キャンセル）時は、"Canceled"が表示されます。

以下の操作が行われると簡易測定設定および自動感度設定は強制的に中断されます。

- **DATA** キー， [OFFSET>] ソフトキーによるオフセット値の変更。
- **DATA** キー， [MATH>] ソフトキーによる演算の変更。
- **TC** キーによる時定数フィルタ設定全般の変更。
- **SIG** キーによる入力端子設定全般の変更。
- **PHASE** キーによる移相量の変更。
- **REF** キーによる参照信号設定全般の変更。
- 測定画面および操作画面より，感度およびダイナミックリザーブの変更。

エラーメッセージ

自動設定を行えなかったときは、"Error"およびエラーメッセージが表示されます。

「Error No.-206 Auto-once failed duo to unlock」

参照信号（REF IN， SIGNAL）に同期していないため、自動設定できませんでした。

3.6.2 **DATA** : {出力信号設定画面}

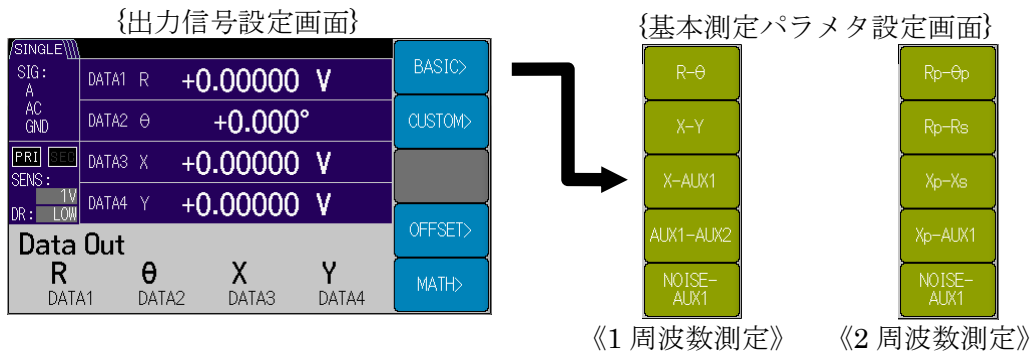
この設定画面に入ると、DATA1 から DATA4 の測定パラメタを設定できます。

[BASIC>] : {基本測定パラメタ設定画面}

このソフトキーを押すと、よく使われる測定パラメタの組み合わせに、ソフトキー表示が切り替わります（下図参照）。切り替わったソフトキーを実行すると DATA1 から DATA2 が一括設定されます。DATA3 と DATA4 は変更されません。

基本測定パラメタの組み合わせは下表の通りになります。

例えば、1 周波数測定において[X-Y]を実行すると、DATA1 に X、DATA2 に Y の測定パラメタが設定されます。



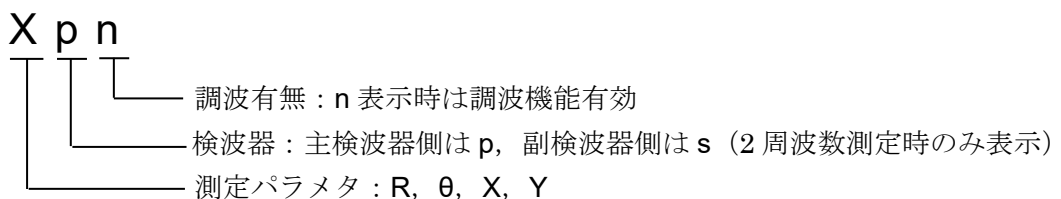
《1 周波数測定での組み合わせ》

ソフトキー	測定パラメタ			
	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4
[R-θ]	R	θ	No Change	No Change
[X-Y]	X	Y	No Change	No Change
[X-AUX1]	X	AUX1	No Change	No Change
[AUX1-AUX2]	AUX1	AUX2	No Change	No Change
[NOISE-AUX1]	NOISE	AUX1	No Change	No Change

《2 周波数測定での組み合わせ》

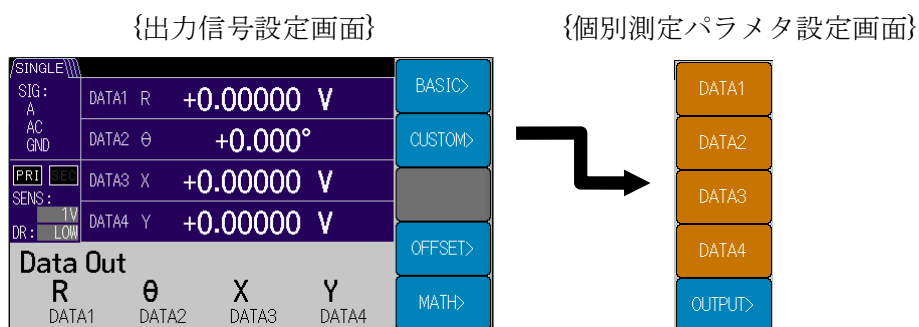
ソフトキー	測定パラメタ			
	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4
[Rp-θp]	Rp	θp	No Change	No Change
[Rp-Rs]	Rp	Rs	No Change	No Change
[Xp-Xs]	Xp	Xs	No Change	No Change
[Xp-AUX1]	Xp	AUX1	No Change	No Change
[NOISE-AUX1]	NOISE	AUX1	No Change	No Change

測定パラメタ記号



[CUSTOM>]: {個別測定パラメタ設定画面}

このソフトキーを押すと、DATA1 から DATA4 にソフトキーが切り替わります。
各 DATA に個別測定パラメタ設定ができます。
個別設定できるパラメタの下表の通りになります。



《1 周波数測定での測定パラメタ》

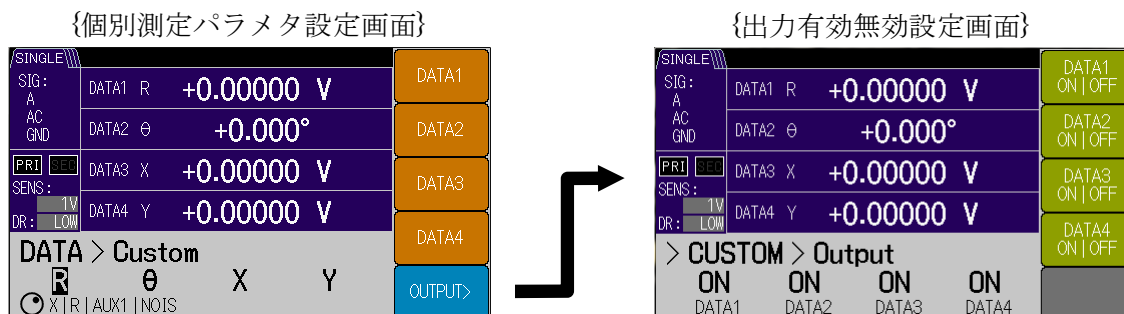
ソフトキー	測定パラメタ
[DATA1]	X R AUX1 NOISE
[DATA2]	Y θ AUX1 AUX2
[DATA3]	X R
[DATA4]	Y θ

《2 周波数測定での測定パラメタ》

ソフトキー	測定パラメタ
[DATA1]	Xp Rp Yp θp Xs Rs AUX1 NOISE
[DATA2]	Yp θp Xs Rs Ys θs AUX1 AUX2
[DATA3]	Xp Rp Yp θp Xs Rs
[DATA4]	Yp θp Xs Rs Ys θs

[OUTPUT>] : {出力有効無効設定画面}

このソフトキーを押すと、DATA1 から DATA4 の電圧出力を個別に有効無効 {ON (有効) | OFF (無効)} を切り替えます。



■ DATA OUT 出力端子の停止

出力有効無効を OFF (無効) にすると、画面測定値はそのままに、DATA OUT 出力を停止 (約 0V) します。内部の D/A コンバータのクロックが停止するので、雑音 (外乱) が減り、微小信号測定をする際、妨害を受けにくくなります。

[NOISE] : NOISE 測定設定

測定パラメタに NOISE を選択すると、このソフトキーが表示されます。

このソフトキーでは、雑音の平滑化係数を設定できます。設定範囲は {1 | 4 | 16 | 64} で、大きくするほど測定値の揺らぎは小さくなりますが、整定するのに時間がかかります (平滑化係数に比例)。

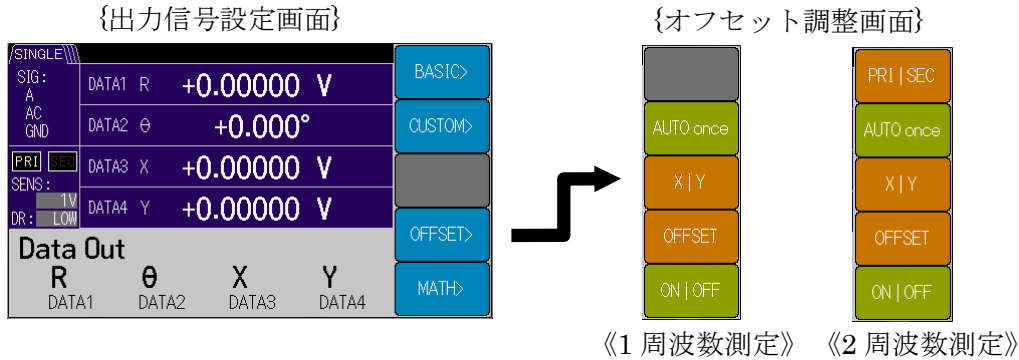


[OFFSET>]: {オフセット調整画面}

このソフトキーを押すと、{オフセット調整画面}に切り替わります。

この設定画面に入ると左右カーソルキーで桁移動し、モディファイノブおよびアップダウンキーにより、オフセット量が設定できます。

検波器毎に測定パラメタ X と Y を別々にオフセット設定できます。



[PRI | SEC]: 検波器切替

1周波数測定では、このソフトキーは非表示となります。

2周波数測定では、検波器毎に測定パラメタ X と Y のオフセットを設定できます。

[AUTO once]: XY オフセット自動調整

一度だけ、測定パラメタ X と Y を両方ともゼロにするようにオフセットを自動的に調整します。

オフセット自動設定を実行すると、オフセット有効無効設定が ON になります。

[X | Y]: XY 切替

オフセットを設定する測定パラメタ X と Y を切り替えます。

[OFFSET]: オフセット量設定

カーソルが移動し、オフセット量が設定可能になります。

設定範囲は {−105.000%から+105.000%} です。

[ON | OFF]: オフセット有効無効設定

測定パラメタ X と Y のオフセット設定を、個別に有効無効 {ON (有効) | OFF (無効)} を切り替えます。

動作メッセージ

自動調整が正常に完了すると、オフセット調整量の後ろに、短時間"Done"が表示されます。

エラーメッセージ

自動設定を行えなかったときは、"Error"およびエラーメッセージが表示されます。

「Error No.-206 Auto-once failed duo to unlock」

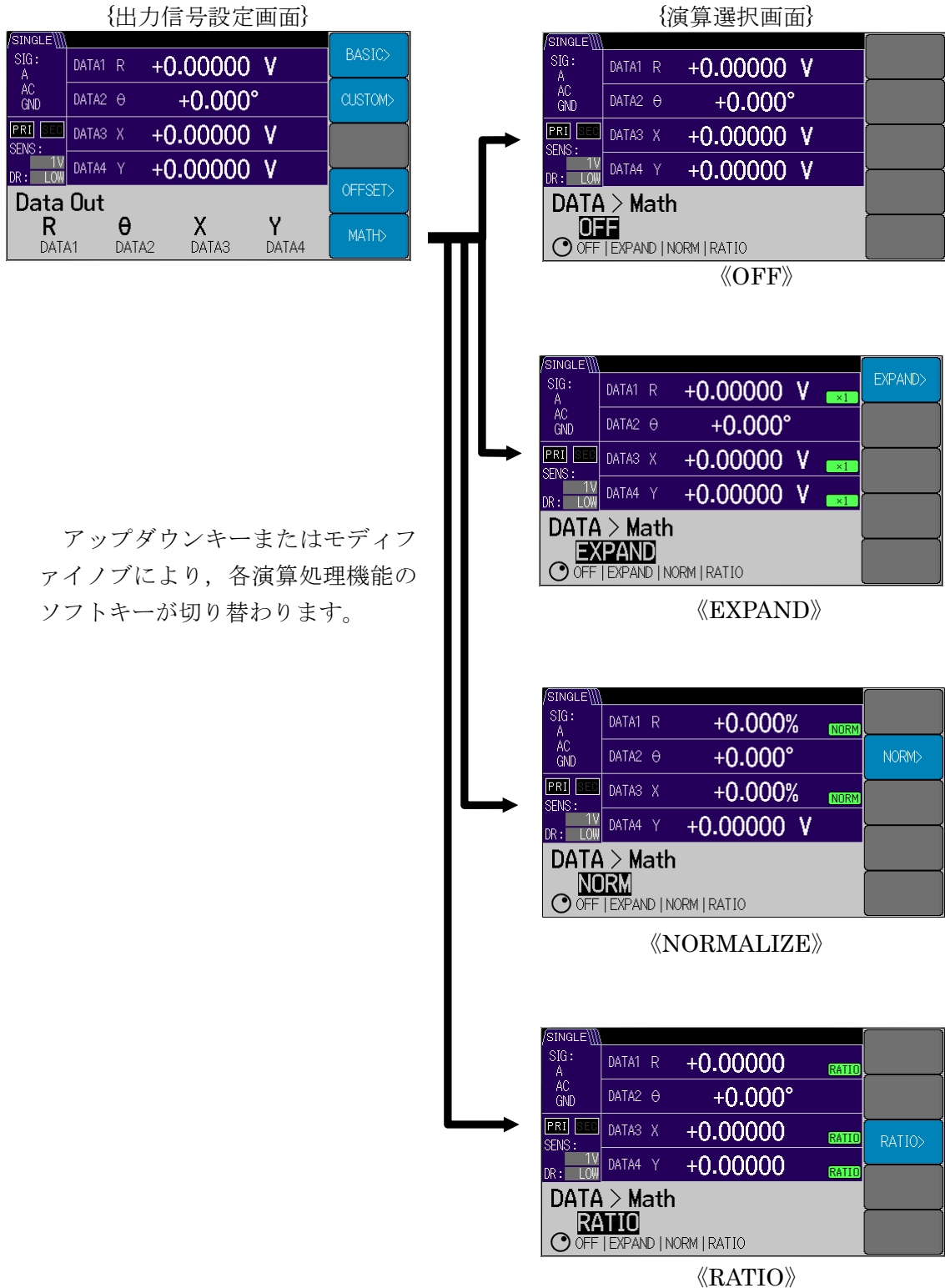
参照信号 (REF IN, SIGNAL) に同期していないため、自動調整できませんでした。

「Error No.-207 X,Y out of range」

X,Y の測定値が調整範囲外になったため、自動調整できませんでした。

[MATH>]: {演算選択画面}

このソフトキーを押すと、測定パラメタ X, Y および R に対する演算処理機能を {OFF | EXPAND | NORMALIZE | RATIO} から選択できます。



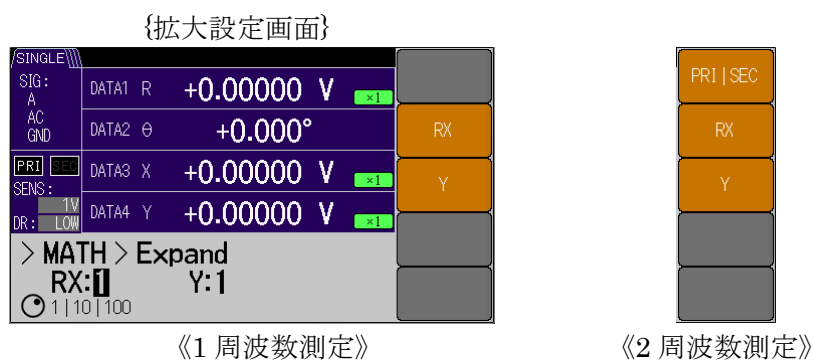
各演算処理機能を実行中に、**AUTO** キー{自動設定画面}の **[MEASURE]** ソフトキー、**[SENS]** ソフトキーおよび **SENS** キー{感度設定画面}の **[AUTO]** ソフトキーを押すと演算処理機能は解除されます。

[EXPAND>]: {拡大設定画面}

演算処理機能で **EXPAND** を選択すると {拡大設定画面} に切り替わります。

X と R は共通の倍率設定、Y は独立倍率設定ができます。

EXPAND の無効は、拡大値 1 倍に相当します。



[PRI | SEC]: 検波器切替

1 周波数測定では、このソフトキーは非表示となります。

2 周波数測定では、検波器毎に測定パラメタ R および X と Y の拡大値を設定できます。

[RX]: R, X 拡大値設定

測定パラメタ R と X を {1 | 10 | 100} 倍に設定できます。

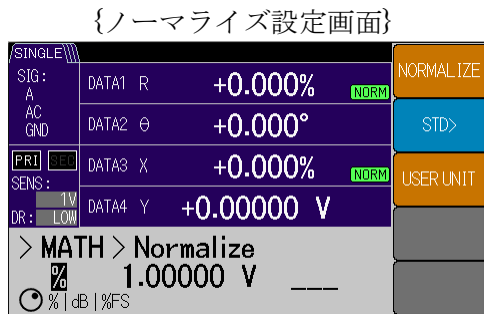
[Y]: Y 拡大設定

測定パラメタ Y を {1 | 10 | 100} 倍に設定できます。

[NORMALIZE >] : {ノーマライズ設定画面}

演算処理機能で NORMALIZE を選択すると {ノーマライズ設定画面} に切り替わります。

DATA1 に設定された主検波器測定パラメタ X ないし R の測定値に対して、ノーマライズ演算を行い DATA1 に表示、出力します。

**[NORMALIZE] : ノーマライズ演算選択**

ノーマライズ演算式を {% | dB | %FS} から選択できます。

- ・ % : (測定値 ÷ 標準値) × 100 [%]
- ・ dB : $20 \times \log_{10} (| \text{測定値} \div \text{標準値} |)$ [dB]
- ・ %FS : (測定値 ÷ 感度設定) × 100 [%FS]

[STD>] : {標準値設定画面}

このソフトキーを押すと {標準値設定画面} に切り替わり、カーソルが移動し標準値が設定できます。

標準値の設定範囲は {電圧測定時 : 1 nV から 10 V, 電流測定時 : 1 fA から 1 μA (分解能 6 桁)} になります。

[×10] : 桁上げ

標準値の桁上げをすることができます。

[÷10] : 桁下げ

標準値の桁下げをすることができます。

[USER UNIT] : ユーザ単位設定

このソフトキーを押すとカーソルが移動しユーザ単位文字列が設定できます。

数値の後ろに付与するユーザ単位文字列は、{空白 A~Z a~z 0~9 # @ -} から最大 3 文字を指定できます。(例, “USR”)

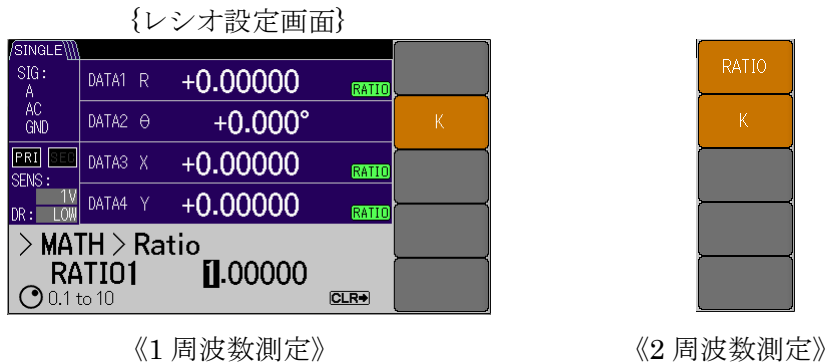
[RATIO >]: {レシオ設定画面}

演算処理機能で RATIO を選択すると {レシオ設定画面} に切り替わります。

主検波器測定パラメタ Xp, Yp または Rp の測定値を分子に、補助入力 AUX IN1 または副検波器測定パラメタ Xs の測定値を分母としてレシオ演算します。

レシオ演算実行状態、かつ主検波器測定パラメタ Xp, Yp ないし Rp を DATA に選択することで表示、出力ができます。

この設定画面に入ると左右カーソルキーで桁移動し、モディファイノブおよびアップダウンキーにより、レシオ倍率が設定できます。



[RATIO]: レシオ演算選択

レシオ演算式を {RATIO1 | RATIO2} から選択できます。

ただし、検波モードが DUAL1 および DUAL2 時のみ、RATIO2 が表示、選択可能になります。

RATIO 選択	演算内容	検波モード
RATIO1	$K \times (\text{主検波器 (Xp, Yp, Rp)} \div \text{AUX IN1})$ [%FS]	SINGLE DUAL1 DUAL2
	$K \times (\text{副検波器 (Xs, Ys, Rs)} \div \text{AUX IN1})$ [%FS]	CASCADE
RATIO2	$K \times (\text{主検波器 (Xp, Yp, Rp)} \div \text{副検波器 Xs})$ [%FS]	DUAL1 DUAL2

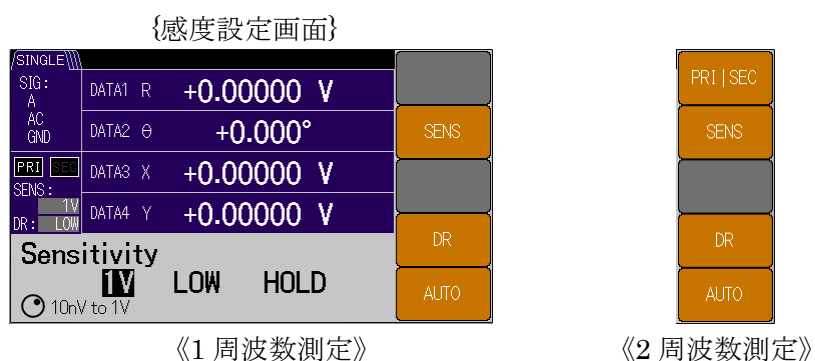
[K]: レシオ倍率設定

このソフトキーを押すとカーソルが移動しレシオ倍率が設定できます。

レシオ倍率の設定範囲は {0.1 から 10 (分解能 6 桁)} になります。

3.6.3 **SENS** : {感度設定画面}

この設定画面に入るとモディファイノブおよびアップダウンキーにより、SENS（感度）が調整できます。

**[PRI | SEC]** : 検波器切替

1 周波数測定では、このソフトキーは非表示となります。

2 周波数測定では、主検波器と副検波器ごとに感度を設定できます。

[SENS] : 感度設定

感度を設定できます。

[DR] : ダイナミックリザーブ

ダイナミックリザーブを{LOW | MED | HIGH}から選択できます。

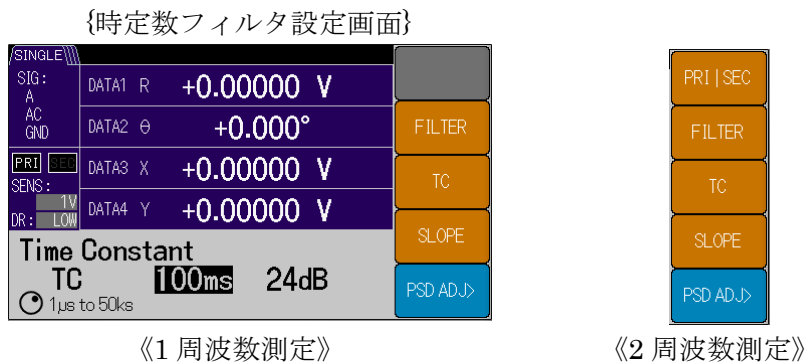
[AUTO] : 感度自動設定

信号や雑音の大きさに合わせて、感度とダイナミックリザーブを、常時自動調整するか、固定するか {AUTO | HOLD} を選択できます。

常時自動調整中に、**AUTO** キー{自動設定画面}の **[MEASURE]** ソフトキーないし **[SENS]** ソフトキーを押すと常時自動調整は解除されます。

3.6.4 **TC** : {時定数フィルタ設定画面}

この設定画面に入るとモディファイノブおよびアップダウンキーにより、TC（時定数）が調整できます。

**[PRI | SEC] : 検波器切替**

- 1 周波数では、このソフトキーは非表示となります。
- 2 周波数では、主検波器と副検波器ごとに時定数フィルタ設定ができます。

[FILTER] : フィルタ選択

検波器後のフィルタを {TC | SYNC } から選択できます。

- ・ TC : 時定数フィルタのみ
- ・ SYNC : 同期フィルタ+時定数フィルタ

[TC] : 時定数設定

時定数を {1 μ s から 50 ks (1-2-5 シーケンス)} に設定できます。

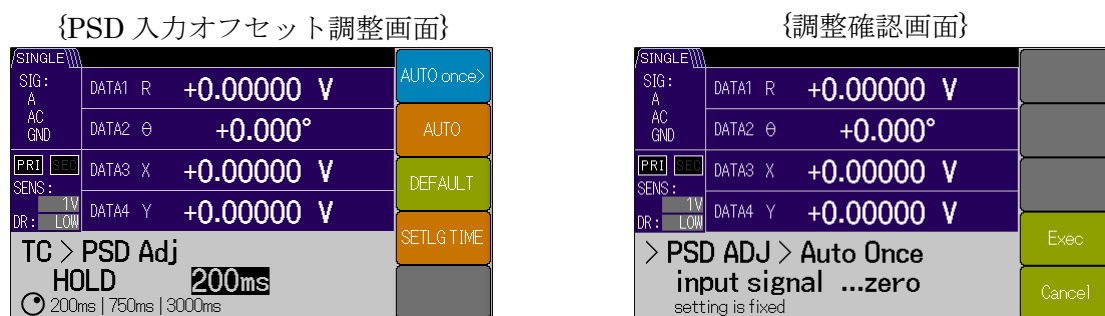
[SLOPE] : 減衰傾度設定

減衰傾度を {6 dB | 12 dB | 18 dB | 24 dB} に設定できます。

[PSD ADJ>] : {PSD 入力オフセット調整画面}

このソフトキーを押すと、PSD（位相検波器）の入力オフセットをキャンセルする{PSD 入力オフセット調整画面}に切り替わります。

詳細は、☞ 「5.7 PSD入力オフセット調整」

**[AUTO once>] : {調整確認画面}**

一度だけ自動で PSD 入力オフセットを調整します。

このソフトキーを押すと、{調整確認画面}に切り替わります。

[Exec] : 自動調整実行

調整が実行されます。調整完了後は HOLD 設定になります。

[Cancel] : 自動調整キャンセル

調整は実行されず PSD 調整画面に戻ります。

[AUTO] : 常時自動調整の実行と保持

常時自動 PSD 入力オフセット調整を {AUTO | HOLD} に設定できます。

HOLD に設定すると、最後に行った PSD 入力オフセット調整量が適用されます。

AUTO に設定すると、常に PSD 入力オフセットが自動調整されます。

[DEFAULT] : 調整無効（工場出荷時の値）

PSD 調整量を無効（工場出荷時の値）にします。

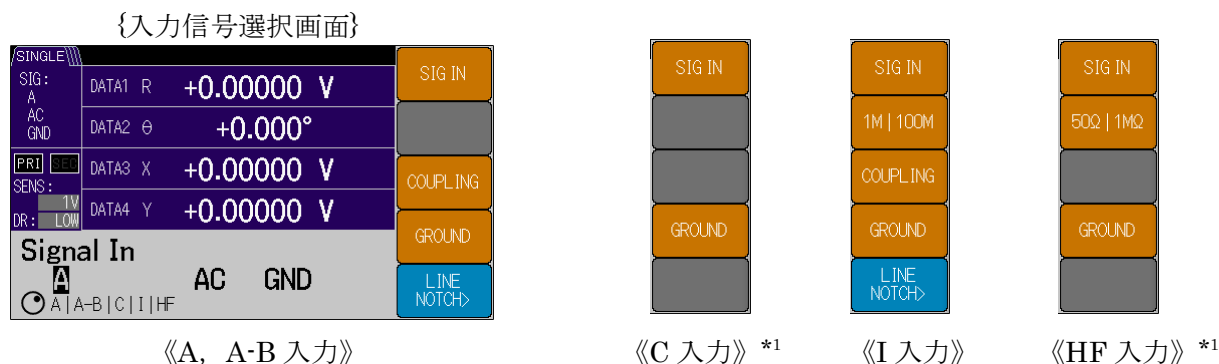
[SETLG TIME] : 自動調整の応答時間設定

自動 PSD 入力オフセット調整の時定数を { 200 ms | 750 ms | 3000 ms } から選択できます。

3.6.5 [SIG] : {入力信号選択画面}

この設定画面に入るとモディファイノブおよびアップダウンキーにより、入力端子を選択できます。

*1 : C, HF 入力は, LI5660 のみ装備。



[SIG IN] : 入力信号選択

このソフトキーを押すと、入力端子を {A | A-B | C*1 | I | HF*1} から選択できます。また、選択された入力に合わせて設定可能パラメタのソフトキーが表示されます。

[1M | 100M] : 電流電圧変換利得切替

I 入力選択時のみ表示されます。

電流電圧変換係数を {1M | 100M} から選択できます。

[1MΩ | 50Ω] : 入力インピーダンス切替

HF*1 入力選択時のみ表示されます。

入力抵抗を {1MΩ | 50Ω} から選択できます。

[COUPLING] : 入力結合選択

A, A-B および I 入力選択時のみ表示されます。

入力の結合方式を {AC | DC} から選択できます。ただし、I 入力では電流電圧変換の結合になります。

入力端子	A A-B	C*1	I		HF*1
変換係数	——	——	1M (10 ⁶)	100M (10 ⁸)	——
入力抵抗	10MΩ	1MΩ	——	——	1MΩ 50Ω
COUPLING	AC DC	AC	AC	DC	AC
感度範囲	10nV~1V	1mV~10V	100fA~1μA	10fA~10nA	1mV~1V
周波数範囲	0.5Hz~3MHz				10kHz~11MHz

詳細は、🔗 「4.5 入力端子の設定と接続」

[GROUND] : 信号接地選択

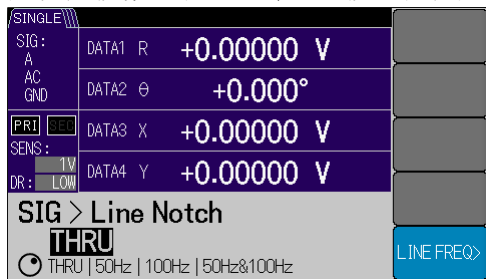
信号グラウンドの処理を { FLOAT | GND } から選択できます。

- FLOAT : 筐体からフロート (対筐体インピーダンス 10 kΩ)
- GND : 筐体に接地 (対筐体インピーダンス 10Ω)

[LINE NOTCH >] : { 電源周波数ノッチフィルタ設定画面 }

このソフトキーを押すと、{ 電源周波数ノッチフィルタ設定画面 } に切り替わります。

{ 電源周波数ノッチフィルタ設定画面 }



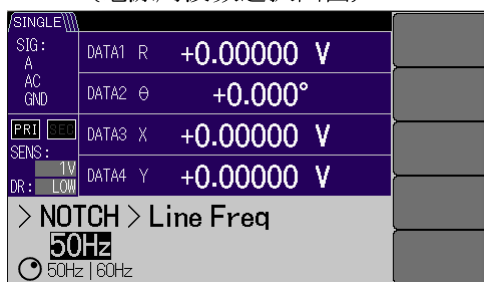
電源周波数フィルタの機能 (除去周波数) を選択できます。

- 電源周波数 50 Hz の時 : { THRU | 50 Hz | 100 Hz | 50 Hz & 100 Hz }
- 電源周波数 60 Hz の時 : { THRU | 60 Hz | 120 Hz | 60 Hz & 120 Hz }

[LINE FREQ >] : { 電源周波数選択画面 }

このソフトキーを押すと、{ 電源周波数選択画面 } に切り替わります。

{ 電源周波数選択画面 }



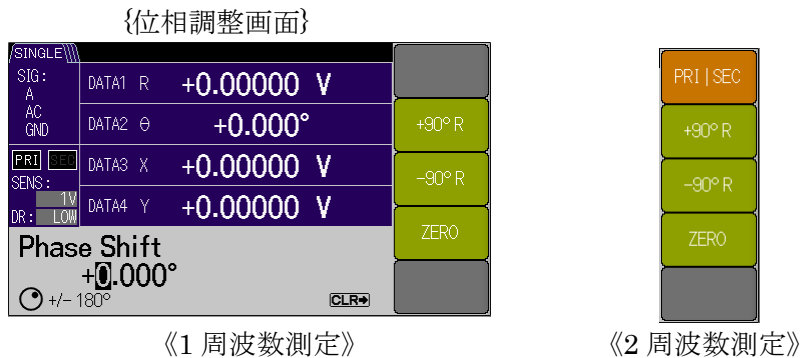
電源周波数 (除去周波数基本波) を { 50 Hz | 60 Hz } から選択できます。

3.6.6 PHASE : {位相調整画面}

この設定画面に入ると左右カーソルキーで桁移動し、モディファイノブおよびアップダウンキーにより、参照信号の移相量が調整できます。

設定可能範囲は $\{-180.000^\circ$ から $+179.999^\circ$ } です。

移相量は $+179.999^\circ$ を超えると -180.000° 側に、 -180.000° を下回ると $+179.999^\circ$ 側に折り返します。



[PRI | SEC] : 検波器切替

1 周波数測定では、このソフトキーは非表示となります。

2 周波数測定では、主検波器と副検波器ごとに移相量が調整できます。

[+90°R] : 移相量 90° 増

このソフトキー押すと、参照信号の移相量を 90° 増やします。

[-90°R] : 移相量 90° 減

このソフトキー押すと、参照信号の移相量を 90° 減らします。

[ZERO] : 移相量 0° に設定

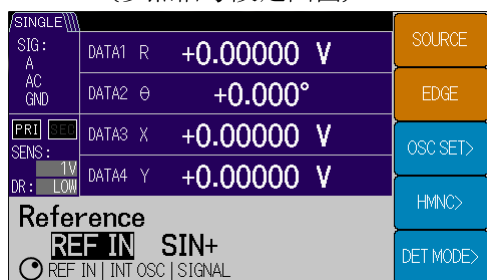
このソフトキー押すと、参照信号の移相量を 0° にします。

3.6.7 [REF] : {参照信号設定画面}

この設定画面に入るとモディファイノブおよびアップダウンキーにより, SOURCE が選択できます。

*1 : 入力端子 C, HF は, LI5660 のみ装備。

{参照信号設定画面}



[SOURCE] : 参照信号源の選択

参照信号を {REF IN | INT OSC | SIGNAL} から選択できます。

- REF IN : 外部参照信号 (REF IN 端子)
- INT OSC : 内部発振器
- SIGNAL : 測定信号 (入力端子 A などの測定信号)

[EDGE] : 参照信号波形選択

REF IN 選択時のみ表示されます。

外部参照信号の波形を {SIN+ | TTL+ | TTL-} から選択できます。

- SIN+ : 正弦波等の上昇ゼロクロス点
(入力端子が HF の時は非表示になります。)
- TTL+ : TTL レベル方形波の上昇エッジ
- TTL- : TTL レベル方形波の降下エッジ

[OSC SET>] : {発振器設定画面}

このソフトキーを押すと, 内部発振器および正弦波出力 (OSC OUT) の設定を行う {発振器設定画面} に切り替わります。

{発振器設定画面}



《検波モード SINGLE・DUAL1》



《検波モード DUAL2・CASCADE》

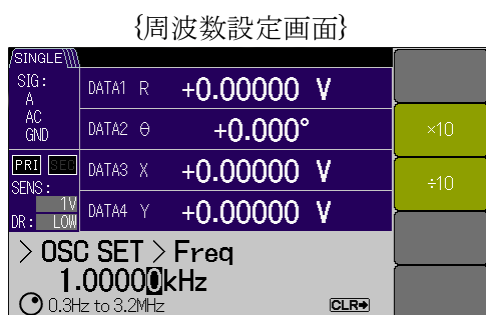
[FREQ>]: {周波数設定画面}

このソフトキーを押すと、内部発振周波数（主検波器側）の{周波数設定画面}が表示されます。

この設定画面に入ると左右カーソルキーで桁移動し、モディファイノブおよびアップダウンキーにより、周波数が設定できます。

参照信号に INT OSC あるいは SIGNAL を選択したとき、このソフトキーが表示されません。

また、検波モードが DUAL2 かつ参照信号に INT OSC あるいは SIGNAL を選択したとき、検波モードが CASCADE のときは、このソフトキーは[PRI FREQ>]と表示されます。



内部発振器の周波数が設定できます。設定範囲は入力信号により異なります。

- ・ A, A-B, C^{*1}, I 端子 : 0.3 Hz～3.2 MHz (6 桁分解能, 100 Hz 以下は 0.1 mHz)
- ・ HF^{*1} 端子 : 8 kHz～11.5 MHz (6 桁分解能)

測定画面上では、標準画面において FREQ_p, 詳細画面において F_p で表示されます。

[×10]: 周波数桁上げ

周波数設定の桁上げをすることができます。

[÷10]: 周波数桁下げ

周波数設定の桁下げをすることができます。

[SEC FREQ>]: {副周波数設定画面}

内部発振周波数（副検波器側）の設定画面が表示されます。

検波モードが DUAL2 を選択したとき、検波モードが CASCADE かつ参照信号に INT OSC を選択したとき、このソフトキーが表示されます。

内部発振器の周波数が設定できます。設定範囲は入力信号により異なります。

- ・ A, A-B, C^{*1}, I 端子 : 0.3 Hz～3.2 MHz (6 桁分解能, 100 Hz 以下は 0.1 mHz)
- ・ HF^{*1} 端子 : 8 kHz～11.5 MHz (6 桁分解能)

測定画面上では、標準画面において FREQ_s, 詳細画面において F_s で表示されます。

[×10]: 周波数桁上げ

周波数設定の桁上げをすることができます。

[÷10]: 周波数桁下げ

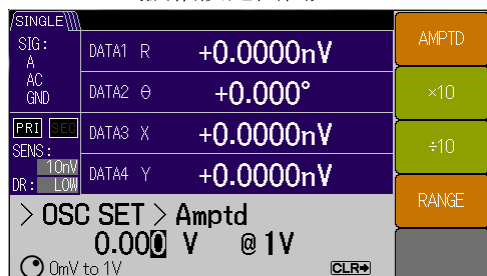
周波数設定の桁下げをすることができます。

[AMPTD>] : {振幅設定画面}

正弦波出力（OSC OUT）の {振幅設定画面} が表示されます。

この設定画面に入ると左右カーソルキーで桁移動し、モディファイノブおよびアップダウンキーにより、振幅値が設定できます。

{振幅設定画面}

**[AMPTD] : 振幅設定**

振幅値が設定できます。

[× 10] : 振幅値桁上げ

振幅設定値の桁上げをすることができます。

[÷ 10] : 振幅値桁下げ

振幅設定値の桁下げをすることができます。

[RANGE] : 振幅レンジ設定

正弦波出力の振幅レンジが設定できます。

レンジ	10 mV	100 mV	1 V
振幅範囲	0~10.00 mVrms	0~100.0 mVrms	0~1.000 Vrms
分解能	0.01 mVrms	0.1 mVrms	0.001 Vrms

入力端子 HF*¹ の場合、設定に関わらず出力が 0 Vrms になります。

周波数が 3.2 MHz を超えた場合、設定に関わらず出力が 0 Vrms になります。

■ 振幅値を 0Vrms に設定

振幅値をモディファイノブおよびアップダウンキーにより 0 Vrms に設定すると、正弦波発振源の D/A コンバータのクロックが停止します。

機器内部の雑音が減るため、微小信号測定をする際、妨害を受けにくくなります。

《注意》 機器内部では画面表示より多くの桁を持っているため、[÷ 10] ソフトキーを用いて、0 Vrms に設定することはできないため、D/A コンバータのクロックは停止しません。

[SEL CH>] : {OSC 出力発振器選択画面}

検波モードに DUAL2・CASCADE を選択した時、表示されます。

正弦波出力する対象の内部発振器 {PRI | SEC} を選択できます。

- PRI : 主検波器側発振器の FREQ_p の周波数を出力します。
- SEC : 副検波器側発振器の FREQ_s の周波数を出力します。

[10MHz IN>] : {外部 10MHz 設定画面}

リアパネル 10MHz IN の有効無効 {ON | OFF} を選択できます。

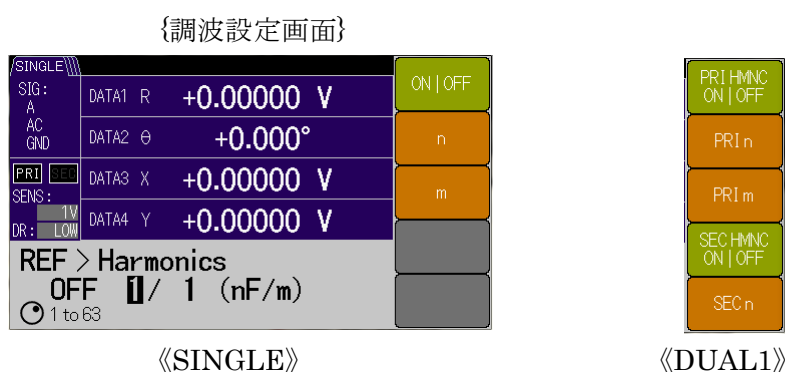
信号発生器など、他の機器と LI 5655 / LI 5660 を共通の 10 MHz 周波数源に同期させることができます。詳細は、☞ 「5.4 外部10MHz同期」

[HMNC>] : {調波設定画面}

検波モードに SINGLE, DUAL1 を選択したときに表示されます。

このソフトキーを押すと、{調波設定画面} に切り替わります。

この設定画面に入るとモディファイノブおよびアップダウンキーにより、設定（主検波器側）の有効無効が設定できます。



[ON | OFF] : 調波有効無効

調波設定（主検波器側）の有効無効 {ON | OFF} が選択できます。

検波モードが DUAL1 選択時には[**PRI HMNC ON | OFF**]と表示されます。

[n] : n 次調波設定

参照信号の高調波 n 倍 {n : 1 から 63} を設定できます。

検波モードが DUAL1 選択時には[**PRI n**]と表示されます。

[m] : 1/m 分数調波

参照信号の低調波 1/m 倍 {m : 1 から 63} を設定できます。

高調波と低調波を組み合わせ、分数調波 (n/m 倍) の設定ができます。

検波モードが DUAL1 選択時には[**PRI m**]と表示されます。

[SEC HMNC] : 副検波器側調波有効無効

検波モードが DUAL1 選択したときに表示されます。

調波設定（副検波器側）の有効無効 {OFF | ON} が選択できます。

[SEC n] : n 次調波設定（副検波器）

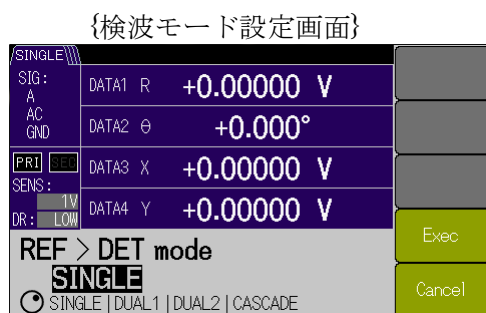
検波モードが DUAL1 選択したときに表示されます。

参照信号（副検波器側）の高調波 n 倍 {n : 1 から 63} を設定できます。

[DET MODE >] : [検波モード設定画面]

このソフトキーを押すと、{検波モード設定画面} に切り替わります。

この設定画面に入るとモディファイノブおよびアップダウンキーにより、検波モードが選択できます。



LI5655 / LI5660 は、2 位相の PSD を 2 系統備えています。

検波モードは、{SINGLE | DUAL1 | DUAL2 | CASCADE} が選択できます。

検波モード	機能説明
SINGLE 通常モード	通常の 1 周波数，基本波 (1F) または分数調波 (nF/m) の信号成分を測定します。
DUAL1 分数調波モード	主検波器により分数調波 (nF/m) の信号成分，副検波器により調波 (nF) の信号成分を同時測定します。
DUAL2 独立周波数モード	主検波器により主周波数の信号成分，副検波器により副周波数の信号成分を同時に測定します。
CASCADE カスケードモード	主検波器により主周波数信号を検波した結果を，さらに副検波器により副周波数で検波します。

[Exec] : 検波モード設定実行

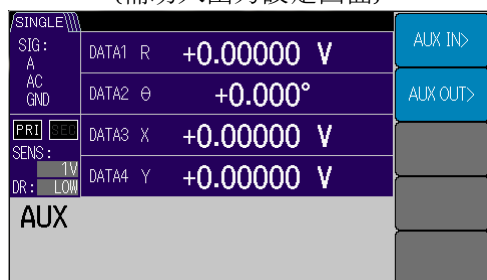
選択された検波モードが実行されます。

[Cancel] : 検波モード設定キャンセル

選択された検波モードは実行されず参照信号設定画面に戻ります。

3.6.8 **AUX** : {補助入出力設定画面}

{補助入出力設定画面}



[AUX IN>] : {補助入力設定画面}

このソフトキーを押すと、{補助入力設定画面}に切り替わります。

{補助入力設定画面}



[IN1] : AUX IN1 のスムージング時定数選択

補助入力 AUX IN1 のスムージング時定数を {THRU | 125µs | 500µs | 2000µs} から選択できます。

[IN2] : AUX IN2 のスムージング時定数選択

補助入力 AUX IN2 のスムージング時定数を {THRU | 125µs | 500µs | 2000µs} から選択できます。

[INPUT>]: {AUX IN 有効無効画面}

このソフトキーを押すと、{AUX IN 有効無効画面} に切り替わります。

{AUX IN 有効無効画面}

/SINGLE				AUX IN1 ON OFF
SIG: A	DATA1 R	+0.00000 V		AUX IN2 ON OFF
AC	DATA2 θ	+0.000°		
GND				
PRI	DATA3 X	+0.00000 V		
SENS:	DATA4 Y	+0.00000 V		
DR: 1V LOW				
> AUX IN > Input				
ON ON				
AUX IN1 AUX IN2				

[AUX IN1 ON | OFF]: AUX IN1 有効無効

補助入力 AUX IN1 測定機能の有効無効 {ON | OFF} が選択できます。

[AUX IN2 ON | OFF]: AUX IN2 有効無効

補助入力 AUX IN2 測定機能の有効無効 {ON | OFF} が選択できます。

■ AUX IN 入力の機能停止

AUX IN の測定機能を OFF にすると、内部の A/D コンバータのクロックが停止します。機器内部で発生する雑音が減るので、微小信号測定をする際、妨害を受けにくくなります。

[AUX OUT>]: {補助出力設定画面}

このソフトキーを押すと、{補助出力設定画面} に切り替わります。

{補助出力設定画面}

/SINGLE				OUT1
SIG: A	DATA1 R	+0.00000 V		OUT2
AC	DATA2 θ	+0.000°		
GND				
PRI	DATA3 X	+0.00000 V		
SENS:	DATA4 Y	+0.00000 V		
DR: 1V LOW				
AUX > Aux Out1				
+0.000VDC				
⊙ +/-10.5VDC CLR				

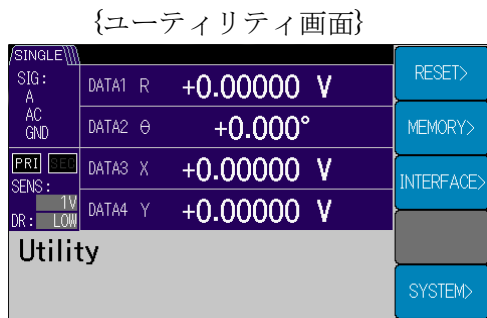
[OUT1]: AUX OUT1 電圧設定

補助出力 AUX OUT1 に、設定した直流電圧 {-10.500V から +10.500V, 0.001V 分解能} を出力することができます。

[OUT2]: AUX OUT2 電圧設定

補助出力 AUX OUT2 に、設定した直流電圧 {-10.500V から +10.500V, 0.001V 分解能} を出力することができます。

3.6.9 UTIL : {ユーティリティ画面}



[RESET>] : {初期化画面}

このソフトキーを押すと、{初期化画面} に切り替わります。



[Exec] : 初期化実行

初期化を実行します。

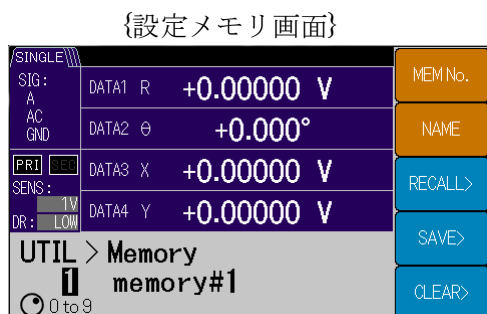
[Cancel] : 初期化キャンセル

初期化は実行されず、ユーティリティ画面に戻ります。

[MEMORY>]: {設定メモリ画面}

このソフトキーを押すと、{設定メモリ画面} に切り替わります。

この設定画面に入るとモディファイノブおよびアップダウンキーにより、メモリ番号が選択できます。

**[MEM No.]: 設定メモリ選択**

本体メモリに保存、復帰およびクリアする設定メモリ番号を指定できます。

[NAME]: 設定メモリ名変更

設定メモリ名を編集できます。

文字列は、{空白 A~Z a~z 0~9 # @ -} から最大 8 文字を指定できます。

[RECALL>]: {設定メモリ復帰画面}

このソフトキーを押すと、設定メモリ復帰の確認画面に切り替わります。

[Exec]: 設定メモリ復帰実行

選択された設定メモリから設定復帰が実行されます。

[Cancel]: 復帰のキャンセル

設定復帰は実行されず設定メモリ画面に戻ります。

[SAVE>]: {設定メモリ保存画面}

このソフトキーを押すと、設定メモリ保存の確認画面に切り替わります。

[Exec]: 設定メモリ保存実行

選択された設定メモリに設定保存を実行します。

[Cancel]: 保存のキャンセル

設定保存は実行されず設定メモリ画面に戻ります。

[CLEAR>]: {設定メモリクリア画面}

このソフトキーを押すと、設定メモリクリア画面に切り替わります。

[Exec]: 設定メモリ個別クリア実行

選択された設定メモリのクリア（消去）を実行します。

[Cancel]: 設定メモリクリアのキャンセル

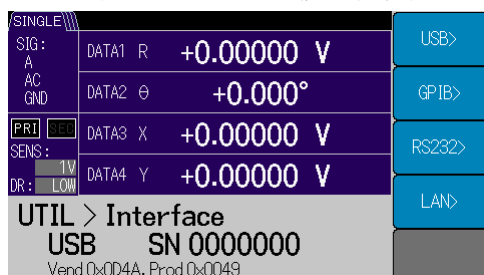
クリアは実行されず設定メモリ画面に戻ります。

[INTERFACE>]: {インタフェース設定画面}

このソフトキーを押すと、{インタフェース設定画面} に切り替わります。

詳細は、☞ 「LI5655 / LI5660 取扱説明書 (リモート制御)」

{インタフェース設定画面}

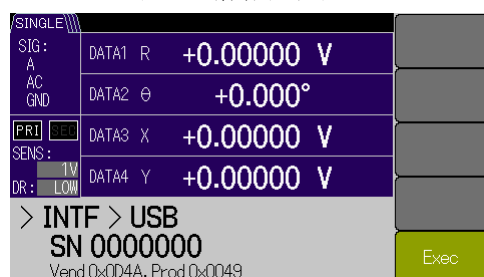


[USB>]: {USB 情報画面}

このソフトキーを押すと、{USB 情報画面} に移動します。

USB では特に設定はありませんが、設定画面内にベンダーID、プロダクト ID、シリアル番号が表示されます。

{USB 情報画面}



[Exec]: USB 通信の選択実行

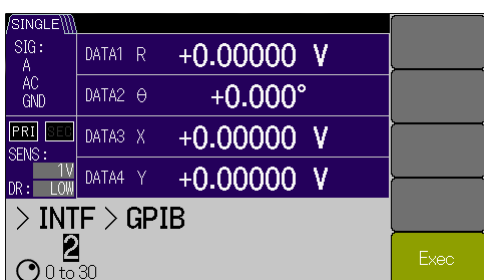
インタフェースに USB が選択されます。

[GPIB>]: {GPIB 設定画面}

このソフトキーを押すと、{GPIB 設定画面} に移動します。

この設定画面に入ると左右カーソルキーにより桁移動し、モディファイノブおよびアップダウンキーにより、GPIB アドレスを {0 から 30} に設定できます。

{GPIB 設定画面}



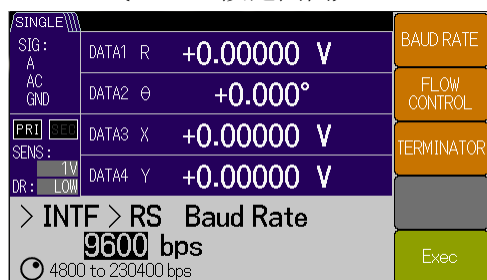
[Exec]: GPIB 通信の選択実行

GPIB アドレス確定およびインタフェースに GPIB が選択されます。

[RS232>] : {RS232 設定画面}

このソフトキーを押すと、{RS232 設定画面} に移動します。

この設定画面に入るとモディファイノブおよびアップダウンキーにより、ボーレートが設定できます。

{RS232 設定画面}**[BAUD RATE] : ボーレート設定**

ボーレート {4800 | 9600 | 19200 | 38400 | 57600 | 115200 | 230400[bps]} が設定できます。

[FLOW CONTROL] : フロー制御設定

フロー制御 {NONE | SOFT | HARD} が設定できます。

- ・NONE : ハンドシェイクなし
- ・SOFT : ソフトウェア・ハンドシェイク (X-ON/X-OFF)
- ・HARD : ハードウェア・ハンドシェイク (RTS, CTS)

[TERMINATOR] : ターミネータ設定

ターミネータ {LF | CRLF} が設定できます。

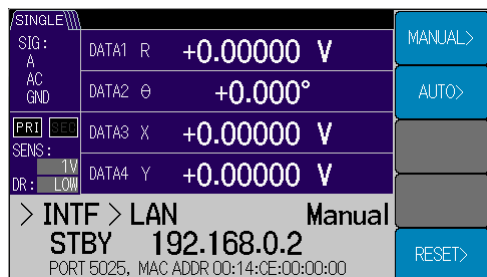
- ・LF : ターミネータを LF (Line Feed) 1 文字にします。
- ・CRLF : ターミネータを CR (Carriage Return) と LF の 2 文字にします。

[Exec] : RS232 通信の選択実行

各種設定の確定およびインタフェースに RS232 が選択されます。

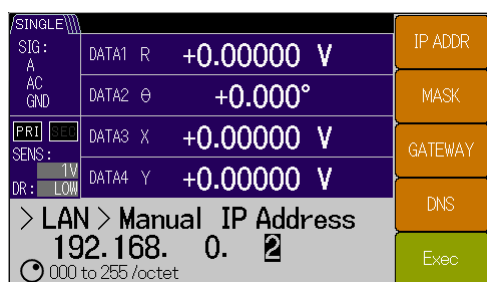
[LAN>]: {LAN 設定画面}

このソフトキーを押すと、{LAN 設定画面}に移動します。

{LAN 設定画面}**[MANUAL>]: {アドレスマニュアル設定画面}**

このソフトキーを押すと、{アドレスマニュアル設定画面}に移動します。

この設定画面に入ると左右カーソルキーにより桁移動し、モディファイノブおよびアップダウンキーにより、IP アドレスを設定できます。

{アドレスマニュアル設定画面}**[IP ADDR]: IP アドレス設定**

IP アドレスが設定できます。

[MASK]: サブネット・マスク設定

サブネット・マスクが設定できます。

[GATEWAY]: デフォルト・ゲートウェイ設定

デフォルト・ゲートウェイが設定できます。

[DNS]: DNS 設定

DNS の設定ができます。

[Exec]: アドレスマニュアル設定実行

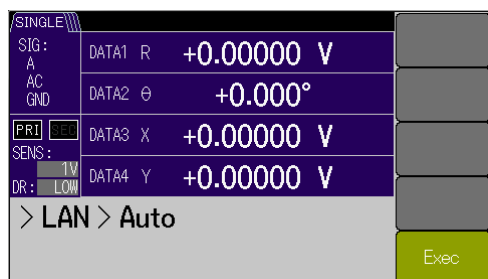
各種設定の確定およびインタフェースに LAN が選択されます。

このとき、ネットワークのアドレス設定は固定アドレス設定で動作します。

[AUTO>]: {アドレス自動設定画面}

このソフトキーを押すと、{アドレス自動設定画面}に移動します。

(ファームウェアバージョン 1.50 以降)

{アドレス自動設定}**[Exec]: アドレス自動設定実行**

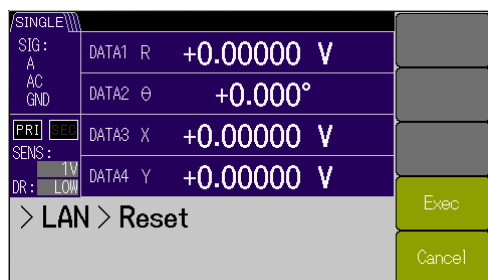
各種設定の確定およびインタフェースに LAN が選択されます。

このとき、ネットワークのアドレス設定は DHCP と APIPA (Automatic Private IP Addressing) による自動設定が行われます。

[RESET>]: {LAN 設定リセット}

このソフトキーを押すと、{LAN 設定リセット}に移動します。

(ファームウェアバージョン 1.50 以降)

{LAN 設定リセット}**[Exec]: LAN 設定リセット実行**

LAN に関する各種設定の初期化を行い、アドレス自動設定が有効な状態でインタフェースに LAN が選択されます。

[Cancel]: LAN 設定リセットキャンセル

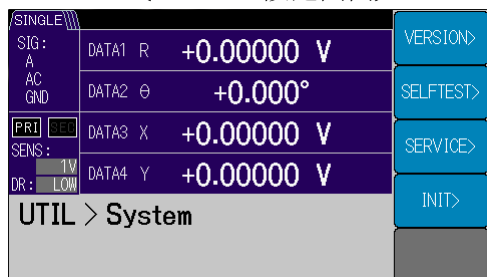
LAN 設定リセットの実行を行わず {LAN 設定画面}に移動します。

[SYSTEM>] : {システム設定画面}

このソフトキーを押すと、{システム設定画面} に切り替わります。

LI 5655 / LI 5660 の保守・管理のための画面です。

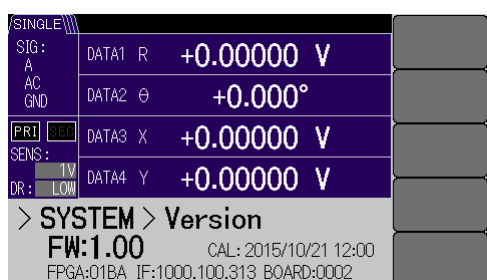
{システム設定画面}



[VERSION>] : {バージョン情報画面}

このソフトキーを押すと、機体の {バージョン情報画面} が表示されます。

{バージョン情報画面}



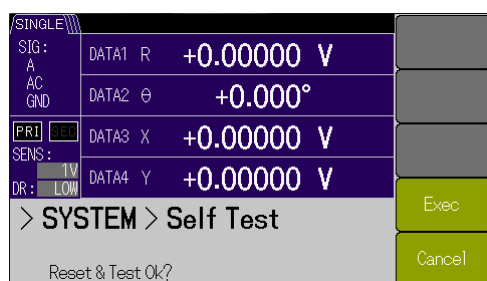
ファームウェアバージョンや最終調整日時が表示されます。

[SELF TEST>] : {自己診断画面}

このソフトキーを押すと、{自己診断画面} に切り替わります。

自己診断には外部接続等が必要になります。詳細は、☞ 「8.5.1 自己診断」

{自己診断画面}



[Exec] : 自動診断の実行

自己診断を実行します。

[Cancel] : 自己診断のキャンセル

自己診断を中止して、システム設定画面に戻ります。

動作メッセージ

実行中は、経過が表示されます ("Executing . . .").

正常に完了すると、短時間"Done"と表示されます。

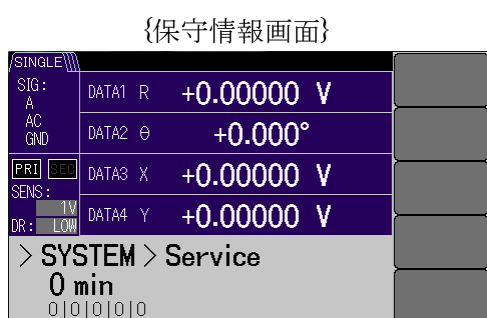
問題があると、エラーメッセージと"Error"と表示されます。この場合は、元の測定画面に戻らず、この画面に留まります。

中止または中断すると、"Canceled"が表示され、元の測定画面に戻ります。

[SERVICE>]: {保守情報画面}

このソフトキーを押すと、機体の {保守情報画面} が表示されます。

稼働時間 (分) や電源投入回数が表示されます。

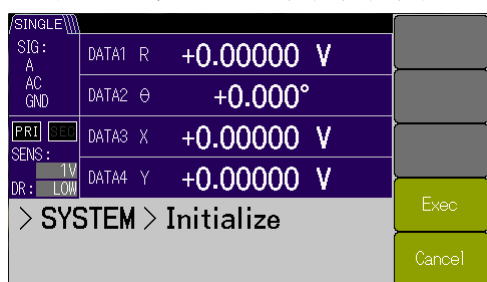


[INIT>]: {イニシャライズ実行画面}

このソフトキーを押すと、{イニシャライズ実行画面} が表示されます。

イニシャライズは工場出荷時の状態になります。

{イニシャライズ実行画面画面}



[Exec]: イニシャライズ実行

イニシャライズを実行します。

[Cancel]: イニシャライズのキャンセル

イニシャライズは実行されず、ユーティリティ画面に戻ります。

3.7 初期設定

LI5655 / LI5660 は、次のときに初期設定状態になります。

- 工場出荷時

すべての設定が初期値の状態です。設定メモリの内容は空です。

UTIL : {ユーティリティ画面}から, [SYSTEM>]-[INIT>]を実行したときも工場出荷時の状態になります。

ただし, 保守情報は変更されません。

- 初期化を指示したとき

設定メモリ, 電源周波数, インタフェース設定およびキーロックなどの設定以外を初期化します。

パネル操作

UTIL : {ユーティリティ画面}にて, [RESET], [Exec] の順にソフトキーを押したとき。

リモート制御コマンド

*RST コマンド

- 設定の初期化を指示したとき

インタフェース設定以外を全て初期化します。

リモート制御コマンド

:SYSTem:RST,

- 電源を入れたとき, 最後の設定を記憶しているレジュームメモリに異常がある場合

異常があった部分が初期化されます。

(すべて正常なときは, 最後の設定に戻ります)

初期設定の対象と内容の詳細は, ☞ 「表 3-1 設定項目と初期値」

併せて, 自動設定機能, 設定メモリ, およびレジュームと, 各パラメタとの関係を示します。

*1 : C, HF 入力, LI5660 のみ装備。

3.7 初期設定

表 3-1 設定項目と初期値 1/4

設定項目	パラメタの範囲	初期値	:SYST:RST	*RST	AUTO MEAS	設定メモリ	レジューム
<測定画面>	NORMal LARGe FINE	NORM	↑	↑	N	Y	Y
<測定データ>							
DATA1		R (SINGLE)	↑	←	←	Y	Y
SINGLE	X R AUX 1 NOIS	R	↑	←	↑	Y	Y
DUAL1 DUAL2 CASCADE	Xp Rp Yp θp Xs Rs AUX 1 NOIS	Rp	↑	←	↑	Y	Y
DATA2		θ (SINGLE)	↑	←	←	Y	Y
SINGLE	Y θ AUX1 AUX2	θ	↑	←	↑	Y	Y
DUAL1 DUAL2 CASCADE	Yp θp Xs Rs Ys θs AUX1 AUX2	θp	↑	←	↑	Y	Y
DATA3		X (SINGLE)	↑	←	←	Y	Y
SINGLE	X R	X	↑	←	↑	Y	Y
DUAL1 DUAL2 CASCADE	Xp Rp Yp θp Xs Rs	Xp	↑	←	↑	Y	Y
DATA4		Y (SINGLE)	↑	←	←	Y	Y
SINGLE	Y θ	Y	↑	←	↑	Y	Y
DUAL1 DUAL2 CASCADE	Yp θp Xs Rs Ys θs	Yp	↑	←	↑	Y	Y
DATA OUTPUT							
DATA1 DATA2 DATA3 DATA4	ON OFF ON OFF ON OFF ON OFF	ON ON ON ON	←	←	←	Y	Y
<雑音スミージング係数>	1 4 16 64	1	←	←	N	Y	Y
<オフセット>	(主・副 検波器 独立)						
X オフセット オンオフ 範囲	OFF ON ±105.000 %	OFF 0 %	↑ ↑	← ←	← ←	Y Y	Y Y
Y オフセット オンオフ 範囲	OFF ON ±105.000 %	OFF 0 %	↑ ↑	← ←	← ←	Y Y	Y Y
<演算機能>	OFF EXPAND NORM RATIO	OFF	↑	←	N	Y	Y
<EXPAND倍率>	(主・副 検波器 独立)						
X, R EXPAND倍率	1 10 100	1	↑	←	←	Y	Y
Y EXPAND倍率	1 10 100	1	↑	←	←	Y	Y
<ノーマライズ>							
表示形式	% dB %FS	%	↑	←	←	Y	Y
標準値 V I	1 nV~10 V 1 fA~1 μA	1 V 1 μA	↑ ↑	← ←	← ←	Y Y	Y Y
ユーザ単位	3文字まで (規定文字種)	空白	↑	←	←	Y	Y

3.7 初期設定

表 3-1 設定項目と初期値 2/4

設定項目	パラメタの範囲	初期値	:SYST:RST	*RST	AUTO MEAS	設定メモリ	レジューム
<レシオ演算形式>							
SINGLE DUAL1 DUAL2 CASCADE	RATIO1 RATIO1 RATIO2 RATIO1 RATIO2 RATIO1	RATIO1	←	←	←	Y	Y
レシオ倍率 K	0.10000 to 10.0000	1	←	←	←	Y	Y
<感度> (主・副 検波器 独立)							
感度 *1	A, A-B 10 nV ~ 1 V C 1 mV ~ 10 V I (1M) 100 fA ~ 1 μA I (100M) 10 fA ~ 10 nA HF 1 mV ~ 1 V (1-2-5)	1 V (1 V) (1 μA) (10 nA) (1 V)	←	←	A	Y	Y
常時自動選択	OFF ON	OFF	←	←	←	Y	Y
<ダイナミックリザーブ>							
	HIGH MED LOW	LOW	←	←	A	Y	Y
<時定数フィルタ> (主・副 検波器 独立)							
時定数	1 μs~50 ks (1-2-5)	100 ms	←	←	A	Y	Y
減衰傾度	6 12 18 24 dB/oct	24 dB/oct	←	←	←	Y	Y
フィルタタイプ	TC SYNC	TC	←	←	A	Y	Y
<PSD入力オフセット> (主・副 検波器 共通)							
PSD常時自動調整	HOLD AUTO	AUTO	←	←	←	Y	Y
セトリング時間	200 ms 750 ms 3000 ms	200 ms	←	←	N	Y	Y
調整量	非公開	工場出荷時の値	←	←	N	Y	Y
<信号入力>							
入力端子 *1	A A-B C I HF	A	←	←	N	Y	Y
電流電圧変換利得	1 M 100 M	1 M	←	←	A	Y	Y
入力結合	AC DC	AC	←	←	A	Y	Y
信号接地	FLOAT GROUND	GROUND	←	←	N	Y	Y
HF入力インピーダンス *1	1 MΩ 50 Ω	1 MΩ	←	←	N	Y	Y
<信号フィルタ>							
電源周波数ノッチフィルタ	THRU L1 L2 L1&L2 L1は50 Hzないし60 Hz L2は100 Hzないし120 Hz	THRU (OFF)	←	←	←	Y	Y
電源周波数	50 60 Hz	50 Hz(工場出荷時)	N	N	N	N	W
<位相調整> (主・副 検波器 独立)							
移相量	-180.000 to +179.999°	0°	←	←	←	Y	Y
<検波モード>							
	SINGLE DUAL1 DUAL2 CASCADE	SINGLE	←	←	N	Y	Y
<参照信号>							
参照信号源	REF IN INT OSC SIGNAL	REF IN	←	←	N	Y	Y
波形 (REFERENCE INPUT)	SIN+ TTL+ TTL-	SIN+	←	←	N	Y	Y

3.7 初期設定

表 3-1 設定項目と初期値 3/4

設定項目	パラメタの範囲	初期値	:SYST:RST	*RST	AUTO MEAS	設定メモリ	レジューム
<内部発振器>							
周波数 *1	検波モード {SINGLE, DUAL1, DUAL2}						
A, A-B, C, I入力 主・副周波数共に	0.3000 Hz~3.20000 MHz	1.00000 kHz	←	←	N	Y	Y
HF入力 主・副周波数共に	8 kHz~11.5000 MHz	10.0000 kHz	←	←	N	Y	Y
周波数 *1	検波モード CASCADE						
A, A-B, C, I入力 主・副周波数共に	0.3000 Hz~3.20000MHz	1.00000 kHz	←	←	N	Y	Y
HF入力 主周波数	8.00000 kHz~11.5000 MHz	10.0000 kHz	←	←	N	Y	Y
副周波数	0.3000 Hz~3.20000 MHz	1.00000 kHz	←	←	N	Y	Y
出力電圧レンジ	10m 100m 1 Vrms	1 Vrms	←	←	N	Y	Y
出力電圧 (振幅)	0.00m to 1.000 Vrms	0.000 Vrms	←	←	N	Y	Y
出力選択	PRI SEC	PRI	←	←	N	Y	Y
10MHz In	OFF ON	OFF	←	←	N	Y	Y
<調波>							
主検波器	OFF ON	OFF	←	←	N	Y	Y
副検波器	OFF ON	OFF					
主検波器n	1~63	1					
主検波器m	1~63	1	←	←	N	Y	Y
副検波器n	1~63	1					
<補助入力>							
AUX IN 1 時定数	THRU 125 μs 500 μs 2000 μs	2000 μs	←	←	N	Y	Y
AUX IN 2 時定数	THRU 125 μs 500 μs 2000 μs	2000 μs	←	←	N	Y	Y
AUX INPUT							
AUX IN 1	ON OFF	ON	←	←	←	Y	Y
AUX IN 2	ON OFF	ON	←	←	←	Y	Y
<補助出力>							
AUX OUT 1 範囲	±10.5000 V	0 V	←	←	N	Y	Y
AUX OUT 2 範囲	±10.5000 V	0 V	←	←	N	Y	Y
<キーロック>	OFF ON	OFF (解除)	←	N	N	N	N
<ランプ制御>	OFF ON	ON (点灯)	←	N	N	N	N
<データ転送フォーマット>	ASCII 実数 整数	ASCII	←	←	N	N	N
測定データセット (問合せ用)	STATUS, DATA1, DATA2, DATA3, DATA4, FREQ	DATA1+DATA2	←	←	N	N	N
<測定データバッファ>							
測定データセット (記録用)	STATUS, DATA1, DATA2, DATA3, DATA4, FREQ	DATA1+DATA2	←	←	N	N	N
FEED:CONTRol BUF1, BUF2, BUF3	送る 送らない	送らない	←	←	←	N	N
バッファサイズ BUF1, BUF2, BUF3	(単位 : サンプル点) 16 to 8192 16 to 65536	(最大値) 8192 65536	←	←	N	N	N

表 3-1 設定項目と初期値 4/4

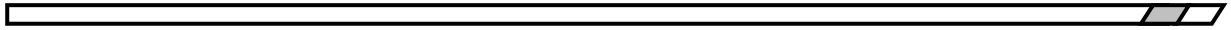
設定項目	パラメタの範囲	初期値	:SYST:RST	*RST	AUTO MEAS	設定メモリ	レジューム
<トリガ>							
トリガ源	MAN EXT BUS	BUS	←	←	N	Y	Y
トリガ遅延時間	0 to 100 s 640 ns ×N	0 s	↑	←	N	Y	Y
タイマ機能	ON OFF	OFF	↑	←	N	Y	Y
タイマ周期	1.92E-6 to 20 s 640 ns ×N	10 ms	←	←	N	Y	Y
<インタフェース>							
種類	USB GPIB RS232 LAN	USB	N	N	N	N	W
GPIBアドレス	0 to 30	2	N	N	N	N	W
RS-232 ボーレート	4800 to 230400	9600	N	N	N	N	W
RS-232 フロー制御	LF CR LF	CR LF	N	N	N	N	W
RS-232 ターミネット	NONE SOFT HARD	NONE	N	N	N	N	W
LAN IPアドレス	0.0.0.0 to 255.255.255.255	192.168.0.2	N	N	N	N	W
LAN サブネット・マスク	0.0.0.0 to 255.255.255.255	255.255.255.0	N	N	N	N	W
LAN デフォルト・ゲートウェイ	0.0.0.0 to 255.255.255.255	0.0.0.0	N	N	N	N	W
LAN DNS	0.0.0.0 to 255.255.255.255	0.0.0.0	N	N	N	N	W
<設定メモリ>							
内容	—	初期値	←	N	N	—	W

■ 備考

- 初期値 工場出荷時。
- :SYST:RST リモート制御 :SYSTem:RST コマンド実行時。
- *RST リモート制御 *RST コマンド実行時。
- 操作画面での **UTIL** [RESET] 操作は、
:INIT:CONT 系に影響しないことを除き、*RST コマンドと同じ。
- ← 左と同じ（初期値）。
- ↑ 上方参照。
- A 自動設定機能による（結果は状況により異なる）。
- N 機能なし（影響なし）。
- Y 機能あり。
- W 機能あり。ただし、一般のレジューム対象と独立に保持。
リモート制御で設定/問合せができません。
- 意味のない項目。

以下はレジュームの対象外です。

- 測定データバッファに保存された測定データ。
- 最新測定データ。
- 常時自動で選択した感度とダイナミックリザーブ



(空白)

4. 基本操作

4.1 電源投入時の表示と動作	4-3
4.1.1 電源投入前の確認	4-3
4.1.2 起動画面と起動時の動作	4-3
4.2 初めてお使いになるときの簡単な操作方法	4-4
4.3 測定パラメタの設定, 出力および表示	4-8
4.4 参照信号の設定と接続	4-11
4.5 入力端子の設定と接続	4-15
4.6 時定数フィルタの設定と特性	4-23
4.6.1 フィルタの設定方法	4-23
4.6.2 時定数フィルタの特性	4-24
4.6.3 時定数の自動設定	4-27
4.7 感度とダイナミックリザーブの設定	4-28
4.7.1 感度の設定方法	4-28
4.7.2 感度とダイナミックリザーブの自動設定	4-30
4.7.3 信号オーバレベル表示とモニタ出力	4-31
4.8 位相調整	4-33

この章では、通常の 1 周波数、2 位相検波における基本的な操作方法を説明しています。
より高度な使用方法の詳細は、☞ 「5. 応用操作」
2 周波数測定の詳細は、☞ 「6. 2周波数測定」

4.1 電源投入時の表示と動作

4.1.1 電源投入前の確認

電源スイッチをオンにする前に、「2.3 接地および電源接続」をご覧になり、機器の接地や、電源電圧切換えスイッチの設定をご確認ください。

4.1.2 起動画面と起動時の動作

電源スイッチをオンにすると、起動画面が表示されます。また、動作確認のために、最初の数秒間すべてのランプが点灯します。



起動画面

この間、内部の初期設定と自己診断を行っています。異常が発見されると、エラーメッセージが表示されます。

重大な異常が発見されると、エラーメッセージを表示したまま、それ以上動作しません。



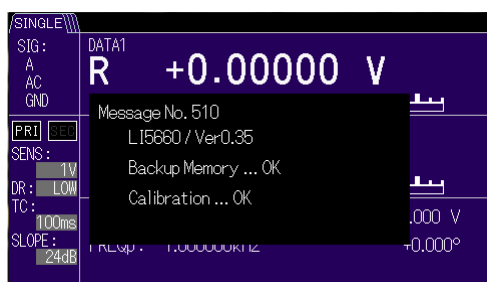
起動時エラーメッセージ (参考)

最後の設定が失われていると、エラーメッセージが表示されますが、異常のあったパラメタが初期化されて起動します。このエラーメッセージは何かキーを押すことで解除できます。

詳細は、☞ 「7.1.1 電源投入時のエラー」

初期化内容の詳細は、☞ 「3.7 初期設定」

最後の設定を記憶しているレジュームメモリに異常がなければ、前回電源を切ったときの設定に戻ります。



正常起動時のメッセージ

正常に起動すると、メッセージが数秒表示されたのち、測定画面が表示されます。

詳細は、☞ 「3.4 操作画面の概要」

これ以降、測定およびパネルの操作が可能です。

リモート制御機能が使えるようになるまでに、起動から約 30 秒かかります。

その間、REMOTE ランプが点滅しますが、操作キーによる設定および測定は可能です。

4.2 初めてお使いになるときの簡単な操作方法

正弦波または方形波（デューティ約 50%）の適切な参照信号が得られるときは、次の手順で簡単に測定できます。

- 初期化（**UTIL** → [RESET>] → [Exec]）
 - 被測定信号（→ A）と参照信号（→ REF IN）の接続
 - 自動設定（**AUTO** → [MEASURE]）
 - 手動調整（感度：□□，時定数：◀▶）
 - 測定データの選択（□□ / DATA キー：R-θ または X-Y から選択）
- 測定画面にて

1) 初期化

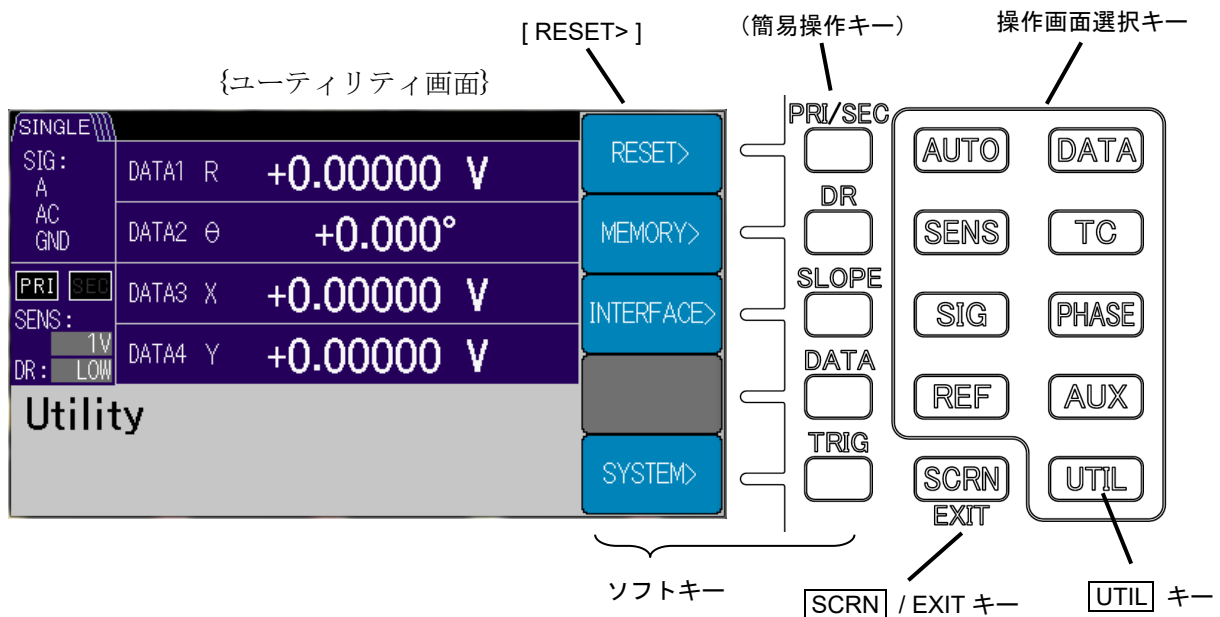
- **UTIL** キーを押して、{ユーティリティ画面}を表示させる。
- [RESET>]ソフトキー，続いて下位画面の [Exec]ソフトキーを押す。

初期化は [Cancel]ソフトキーで中止できます。

SCRN / EXIT キーで，上位の操作画面や測定画面に戻ることができます。

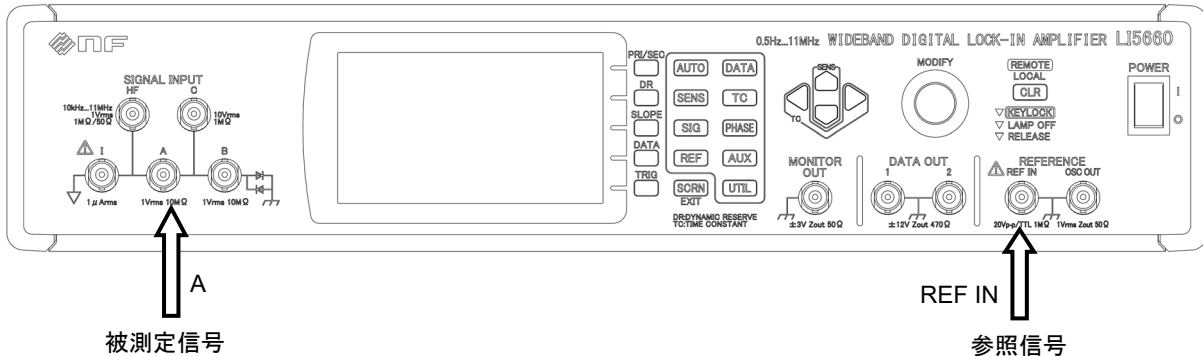
上記の初期化操作により，以下の設定になります。

信号入力端子	A（シングルエンド）
入力結合	AC
参照信号源	REF IN, SIN+（位相基準：正弦波の上昇ゼロクロス点）
検波モード	SINGLE（1 周波数測定）
調波	1 / 1（基本波の測定）
測定画面	標準（測定値，バーグラフ，主要な設定を表示）
測定データ	DATA1 - DATA2：R・θ（信号の大きさ - 位相）



2) 被測定信号と参照信号の接続

「3) 自動設定」の前に、被測定信号と参照信号の両方を接続します。ロックインアンプを用いるときは、一般に、周波数と位相の基準となる参照信号が必要です。



ここでは、以下を前提としています。

被測定信号：シングルエンド、波形が分かる程度の雑音レベル

外部参照信号：数 Vp-p の正弦波または方形波（デューティ ≒ 50%）

他の信号入力端子や、他の参照信号は、各々の設定画面か操作画面で選択します。

他の操作画面への移動

信号入力の詳細は、 **SIG** キー

参照信号の詳細は、 **REF** キー

測定画面への復帰：**SCRN** / **EXIT** キー

3) 自動設定

- **AUTO** キー{自動設定画面}で **[MEASURE]** ソフトキーを押して、自動設定を行う。

これにより、以下が順次、自動設定されます。

a) 時定数フィルタ（時定数，減衰傾度）

参照信号の周波数に合わせて自動設定されます。

b) 感度（信号フルスケール）と ダイナミックリザーブ

信号と雑音の状態に合わせて1ステップずつ調整するため、時間がかかります。

c) 位相（参照信号の移相量）

Y 出力および θ 出力がゼロになるように、移相量が設定されます。

このとき、X 出力は、信号の大きさ R と等しくなります。この X 出力は、R 出力よりランダム雑音の影響を受け難い利点があります。

自動設定が完了すると、測定画面に戻ります。

4) 手動調整

自動設定でうまく測定できないときは、手動で調整します。

以下のパラメタは、測定画面のままでも調整できます。

感度 (SENS)

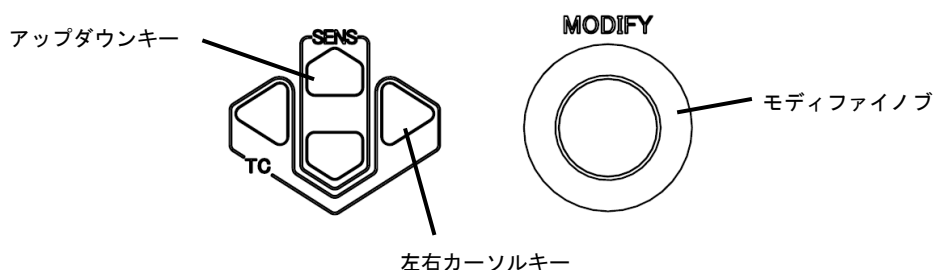
アップダウンキーで選択できます。

オーバレベルにならない範囲で、測定値がフルスケールに近くなる感度を選択します。本体内部の信号経路のどこかが飽和すると、画面上部のステータスエリアに **INPUT** や **OUTPUT** などのアイコン (赤色) が表示されます。この状態では、正しい測定値が得られません。

時定数 (TC)

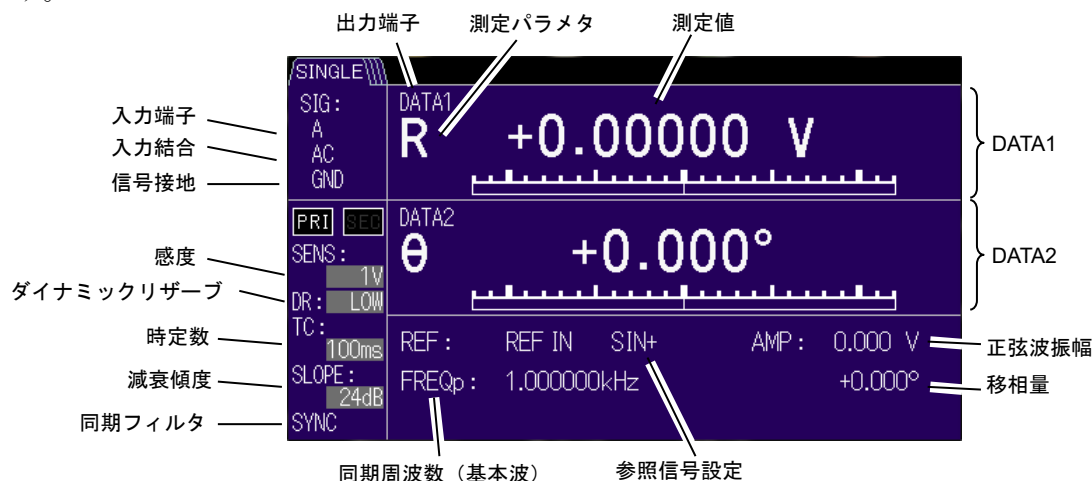
左右カーソルキーで選択できます。

測定値が雑音でばらつくときは、時定数を大きくします。



5) 測定データの選択

測定画面において、 / DATA キーを用いて、DATA1-DATA2 を R- θ 、X-Y から選択できます。



なお、 **SCRN** キーで拡大表示や詳細表示に切り換えることができます。

詳細は、☞ 「3.3 測定画面の概要」

6) 詳細な設定

その他の詳細な設定は、操作画面選択キーを押し、各操作画面に移動して行います。

詳細は、☞ 「3.4 操作画面の概要」または、「3. パネル操作一覧」、「5. 応用操作」。

測定値がフルスケールに達しないのにオーバレベルになるときは、ダイナミックリザーブ (DR) を大きくすると測定できることがあります。

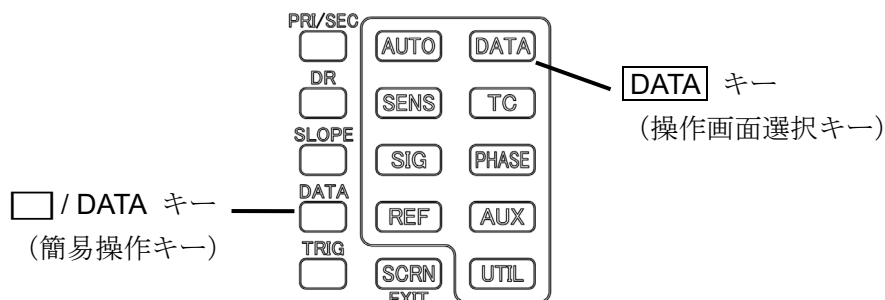
詳細は、☞ 「4.7 感度とダイナミックリザーブの設定」

測定値が十分に安定したのを確認してから、**AUTO** キー：{自動設定画面}で [PHASE]ソフトキーを押すと、正確な位相調整を行えます ($\theta = 0$, $Y = 0$)。

手動で調整するときの詳細は、☞ **PHASE** キー：{位相調整画面} 「4.8 位相調整」

4.3 測定パラメタの設定, 出力および表示

出力および表示する測定パラメタを DATA1 から DATA 4 に指定する方法を示します。



1) 測定画面での操作

DATA1 と DATA2 に限り, DATA キーを用いて, 以下のどちらかに設定できます。

DATA1 - DATA2 : R- θ または X-Y (順次切り換え)

2) 操作画面での操作

まず DATA キーを押して以下の {出力信号選択画面} に移動します。

出力信号設定の詳細は, 「3.6.2 DATA : {出力信号設定画面}」



現在の DATA 1, DATA2, DATA3, DATA4 出力・表示パラメタ

{基本測定パラメタ設定画面}



次に[BASIC>]ソフトキーを押すと, {基本測定パラメタ設定画面}に移動し, 基本的な組み合わせをソフトキーが表示されます。

ソフトキーの表示内容が, DATA1 と DATA2 に指定されます。

[X-Y]ソフトキーを押すと, DATA1 に X, DATA2 に Y が設定されます。

DATA3 と DATA4 は変更されません。

{個別測定パラメタ設定画面}



設定範囲 現在の設定

[CUSTOM>]ソフトキーを押すと、{個別測定パラメタ設定画面}に移動し、DATA1 から DATA4 に任意の測定パラメタが設定できます。

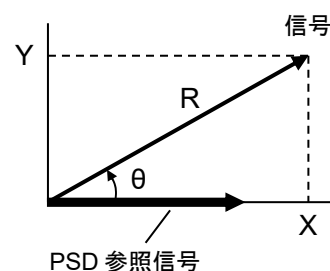
DATA1 のパラメタを変更する場合、[DATA1]ソフトキーを押し、次にモディファイノブないしアップダウンキーで測定パラメタを選択します。

DATA1 に NOISE (雑音密度) が指定されると、{出力信号選択画面}に[NOISE]ソフトキーが表示され、平滑化係数が設定できます。

NOISE (雑音密度) の詳細は、☞ 「5.6 雑音密度の測定」

各パラメタの意味は、以下のとおりです。

パラメタ	説明
X	同相成分 ($=R \cos \theta$)
Y	直交成分 ($=R \sin \theta$)
R	信号の大きさ ($=\sqrt{X^2 + Y^2}$)
θ	信号の位相 ($=\tan^{-1} Y/X$)
AUX1, AUX2	直流入力電圧 (背面パネル)
NOISE	雑音密度

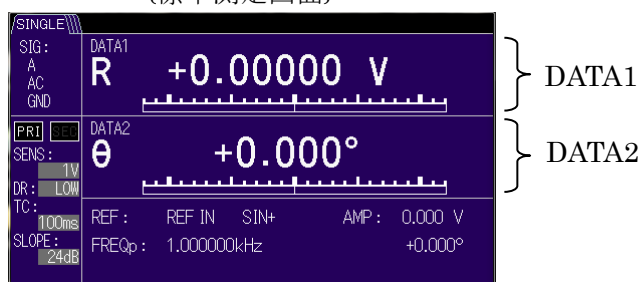


DATA1 から DATA4 の数値は、測定画面でも操作画面でも表示されます。

標準測定画面と拡大測定画面では、DATA1 と DATA2 の数値とバーグラフが表示されます。

以下は、標準測定画面の例です。

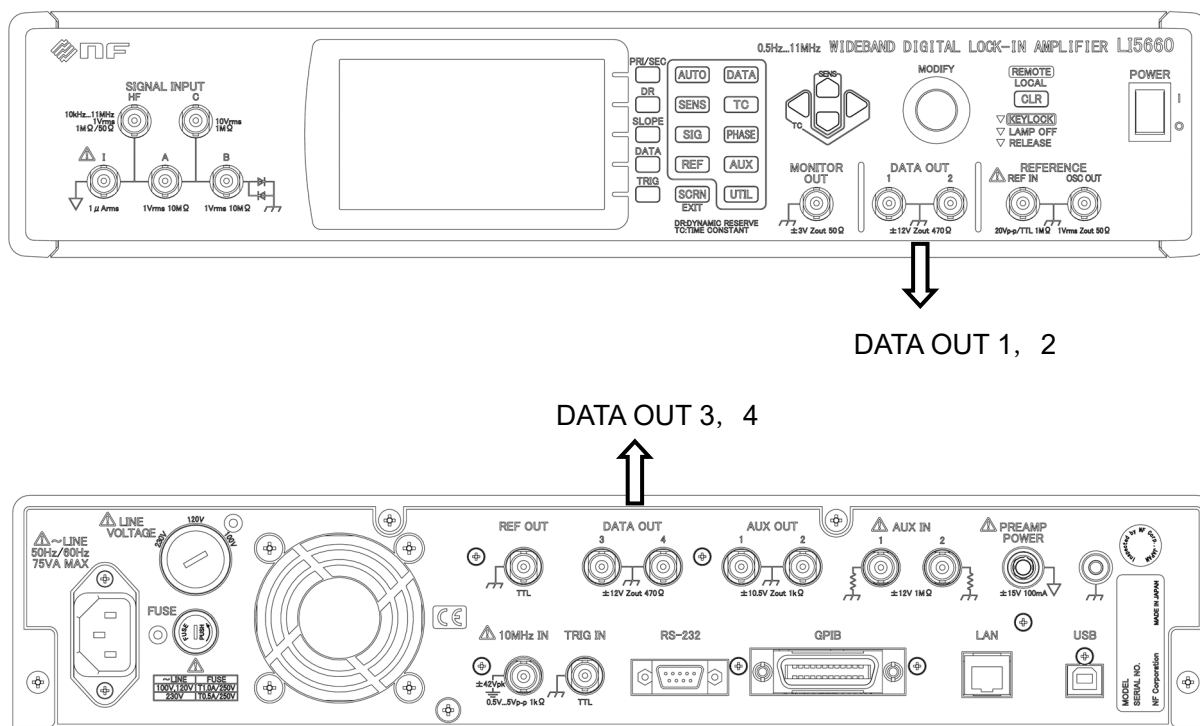
{標準測定画面}



各測定画面の詳細は、☞ 「3.3 測定画面の概要」

4.3 測定パラメタの設定, 出力および表示

DATA1 から DATA4 のアナログ信号は, 対応する DATA OUT 1 から DATA OUT 4 の出力端子から得られます。



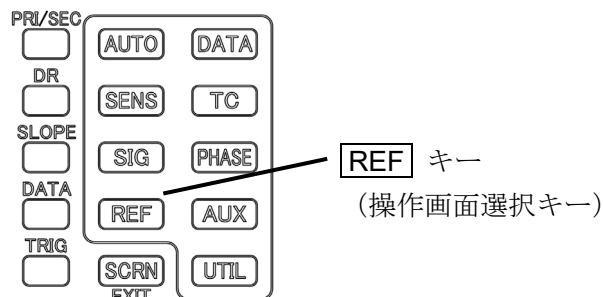
DATA OUT 1, 2

DATA OUT 3, 4

4.4 参照信号の設定と接続

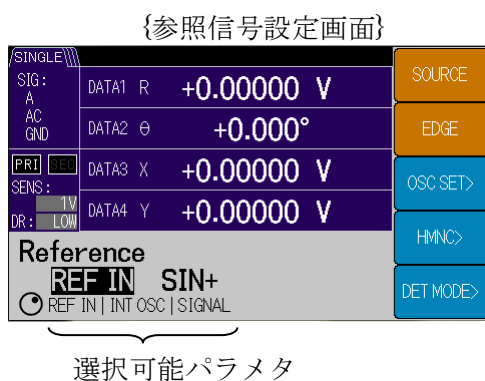
周波数と位相の基準となる参照信号の指定方法を示します。

*1 : HF 端子は、LI5660 のみ装備。



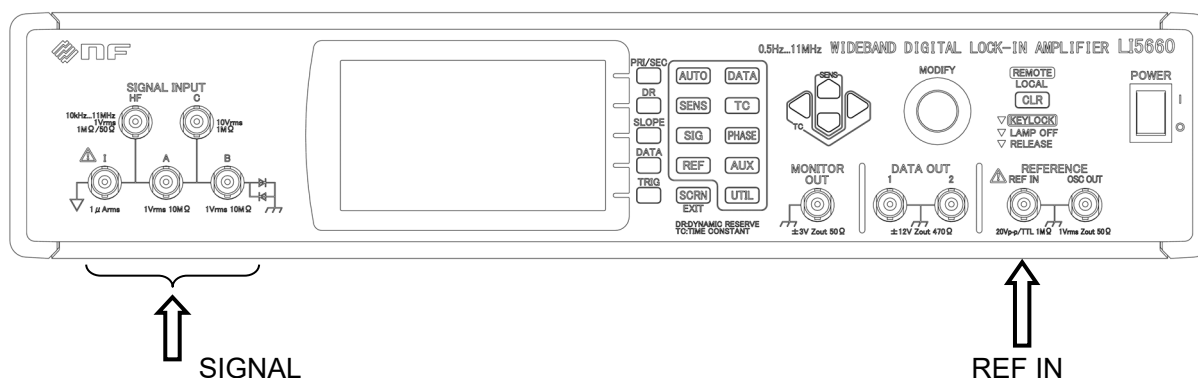
1) 参照信号源の選択

まず **REF** キーを押して、以下の {参照信号設定画面} に移動します。



次に[SOURCE]ソフトキーを押して、参照信号源を以下から選択します。

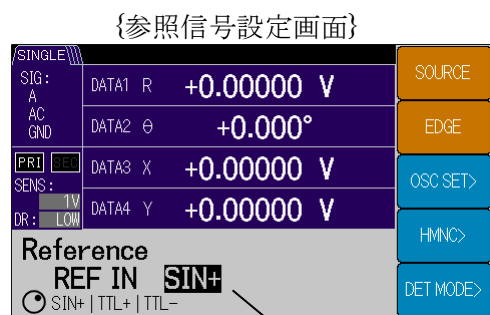
- REF IN (外部参照信号)
REF IN 端子から参照信号を入力します。
- INT OSC (内部発振器)
指定した周波数を機器内部で発生します。
(外部接続不要です)
- SIGNAL (測定信号)
A 端子などの被測定信号から同期信号を内部で作ります。



2) 外部参照信号 (REF IN)

外部参照信号を選択すると, [EDGE]ソフトキーが表示されます。

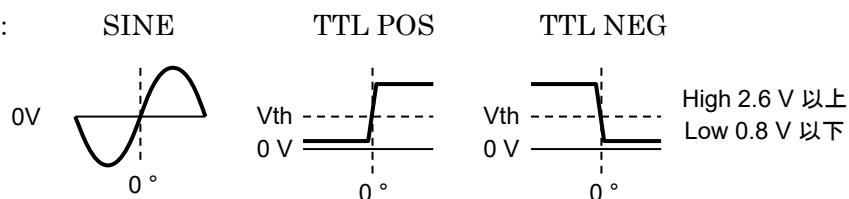
[EDGE]ソフトキーを押して, 外部参照信号の波形やエッジを選択します。



選択可能パラメタ 現在のエッジ

- SIN+ : 正弦波 (0.3~20 Vp-p, 3.2 MHz max),
 平均値を下から上によぎる点
- TTL+ : 方形波 (TTL レベル), 上昇エッジ
- TTL- : 方形波 (TTL レベル), 下降エッジ

REF IN 波形 :



■ UNLOCK

参照信号源が外部参照信号 (REF IN) または測定信号 (SIGNAL) に設定されていて, それらに同期していないときは, 測定画面に UNLOCK ステータスが表示されます。

UNLOCK 状態では, 表示される周波数や測定値は, 実際の信号に正しく対応しておらず, 値も変動します。

同期しないときは, 参照信号の周波数や大きさ, 波形が設定と異なっていると考えられます。また, 参照信号に含まれる雑音や周波数・振幅変動が大きいと, 同期できないことがあります。

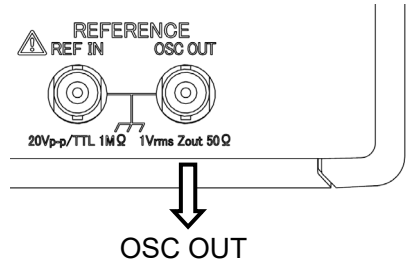
3) 内部発振器 (INT OSC)

{発振器設定画面}



内部発振器を用いるときは、[OSC SET>]ソフトキーを押して、{発振器設定画面}に移動します。

次に内部発振器の周波数および (OSC OUT の) 出力振幅を設定します。



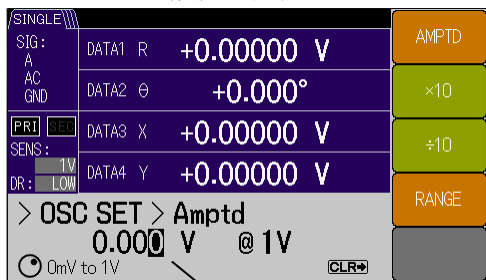
{周波数設定画面}



設定範囲 現在の設定

[FREQ>]ソフトキーを押して、{周波数設定画面}に移動し、カーソルおよびモディファイノブを使用して、周波数を設定します。

{振幅設定画面}

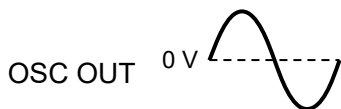


設定範囲 現在の設定

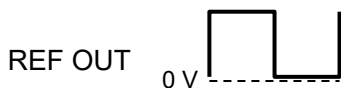
[AMPTD>]ソフトキーを押して、{振幅設定画面}に移動し、カーソルおよびモディファイノブを使用して、振幅を設定します。

[RANGE]ソフトキーにより、出力レンジを設定 (10 mVrms, 100 mVrms, 1 Vrms) できます。

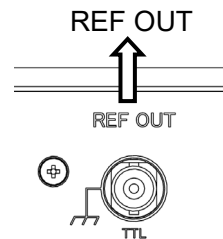
正面パネルの OSC OUT から設定した周波数・振幅の正弦波が、背面の REF OUT から OSC OUT に同期した TTL レベルの方形波信号が出力されます。



1 Vrms max
(> 3.2 MHz では 0 Vrms 固定)



3.3 Vp-p 公称値
(>3.2 MHz では High ないし Low レベルに固定)



周波数が高くなると OSC OUT と REF OUT 間に位相ずれが発生します。

内部発振器出力 OSC OUT（正弦波）の振幅は、参照信号源に関わらず設定できます。周波数 > 3.2 MHz では、振幅設定に関わらず、出力振幅が 0 Vrms に固定されます。このとき、背面 REF OUT（方形波）信号は、高レベルないし低レベルに固定されます。振幅レンジを切り換えると、短時間のグリッジ（ディップやピーク）が発生します。検波モードが DUAL2 および CASCADE の時、副周波数を出力設定しているときは、参照信号源に関わらず副周波数の設定周波数が出力されます。

■ 制約事項（HF 端子*1 使用時）

HF 端子を選択したとき、振幅設定できません。また、出力が 0 Vrms になります。

■ クロストークの軽減

OSC OUT（正弦波）や REF OUT（方形波）を用いないときは、OSC OUT の振幅を 0 V に設定すると、参照信号から被測定信号へのクロストーク妨害を軽減できます。

4) 測定信号（SIGNAL）

参照信号源を SIGNAL にして被測定信号自身に同期させるときは、まず [OSC SET>] ソフトキーを押して、{発振器設定画面} に移動します。次に [FREQ>] ソフトキーを押して、{周波数設定画面} に移動し、カーソルおよびモディファイノブを使用して、できるだけ被測定信号に近い周波数に設定します。遠く離れた周波数からでは、同期できなかつたり、同期するのに時間がかかることがあります。

入力信号に大きな雑音が含まれているときは、時定数フィルタを適切に設定して、雑音の影響を抑えてください。安定した測定値が得られない状態では、同期できないことがあります。

■ 制約事項（HF 端子*1 使用時）

HF 端子を選択したとき、被測定信号周波数によらず SIGNAL は選択できません。

5) 内部発振器の動作と出力

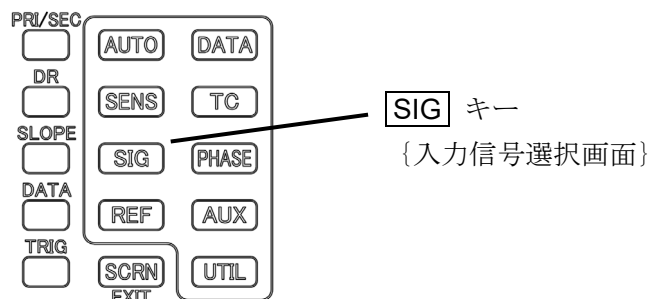
参照信号源に依存して、以下のように動作します。

参照信号源	内部発振器の動作
REF IN	外部参照信号 REF IN に同期します。
INT OSC	数値で設定した周波数で発振します。 他の参照信号源に切り換えると、内部発振器は、それまでの周波数から新たな参照信号源の周波数および位相に引き込まれます。ただし、数値で設定した周波数は保存されます。参照信号源を INT OSC に戻すと、前の（数値で設定した）周波数に復帰します。
SIGNAL	被測定信号（A 端子など）に同期します。

4.5 入力端子の設定と接続

測定する信号入力端子の設定方法を示します。

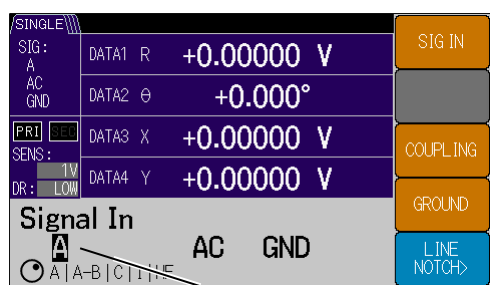
*1 : C, HF 端子は, LI5660 のみ装備。



1) 信号入力端子の選択

まず **SIG** キーを押して, 以下の {入力端子選択画面} に移動します。

{入力端子選択画面}



選択可能パラメタ

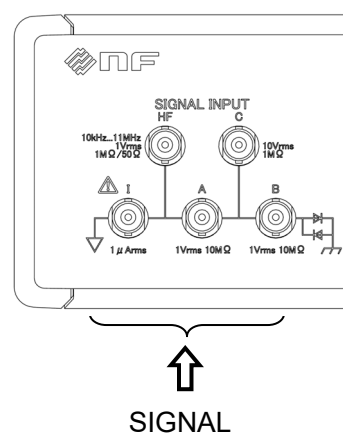
現在の入力設定

- A 電圧 (1 Vrms max)
- A-B 電圧 (差動, 1 Vrms max)
- C 電圧 (10 Vrms max) *1
- I 電流 (1 μArms max)
- HF 電圧 (10 kHz ~ 11 MHz, 1 Vrms max) *1

選択した入力端子に, ケーブルを接続します。

測定信号が小さいとき, 選択されなかった入力端子には, 不要なケーブルを接続しないでください。

不要なケーブルから不要信号 (妨害) として, 測定信号に混入する恐れがあります。



2) A

A (A 端子) は、もっとも汎用に使われるシングルエンド電圧信号用入力端子です。

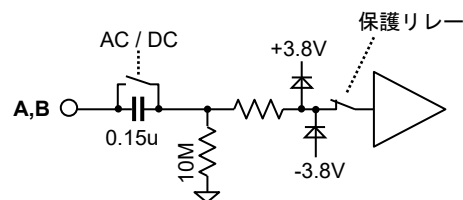
電圧感度 : 10nV~1V (信号の実効値)

周波数範囲 : 0.5Hz~3.2MHz

入力インピーダンス : 10MΩ (公称値), 並列に 50pF (参考値)

最大入力電圧 : ±3V (対信号基準電位)

信号が最大入力電圧範囲を大きく超えると保護のため、一時的に入力端子が内部と切り離されることがあります。



■ ノイズフィギュア (NF) とは

増幅器は内部で雑音を発生するので、増幅器を使うと必ず S/N 比が悪くなります。ノイズフィギュアは S/N 比が劣化する度合いを表します。NF が小さいほど雑音特性が良いことを表します。

$$\text{NF [dB]} = \text{出力 S/N 比 [dB]} - \text{入力 S/N 比 [dB]}$$

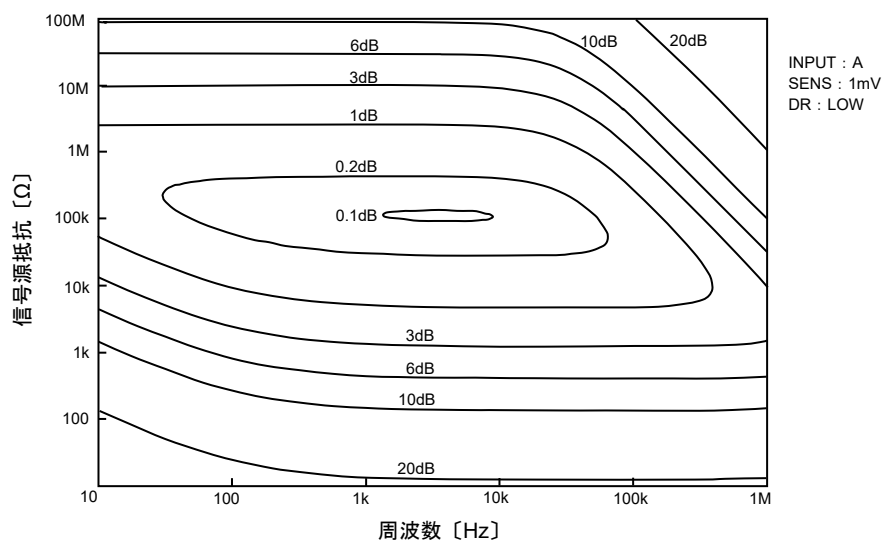


図 4-1 ノイズフィギュア (参考値)

NF は周波数と信号源抵抗によって異なります。高い周波数では、入力容量だけでなくケーブル長にも依存します。

また、NF が最小となる信号源抵抗を最適信号源抵抗と言いますが、最適信号源抵抗値になるように信号源抵抗に直列に抵抗器を挿入しても、S/N 比は改善されません。

特に低雑音が必要なときは、適切なプリアンプを用いてください。プリアンプは、できるだけ信号源の近くに設置してコモンモード雑音の影響を抑えます。

プリアンプは、信号源の近くで接地します。

3) A-B

A-B は、A 端子と B 端子による差動接続です。信号源の接地電位と LI 5655 / LI 5660 の信号基準電位にコモンモード雑音があっても、影響を低減して測定できます。A-B では B 端子を基準にして A 端子の電圧信号を測定します。

電圧感度	: 10nV~1V (信号の実効値)
周波数範囲	: 0.5 Hz~3.2MHz
入力インピーダンス	: 10MΩ (公称値), 並列に 50pF (参考値)
最大入力電圧	: ±3V (対信号基準電位および A-B 差動間)

■ CMRR (同相モード除去比)

両入力共通に加わる信号 (雑音) 成分を除去できる能力を CMRR (同相モード除去比) と言います。

CMRR は周波数, 感度 (SENS), ダイナミックリザーブ, 入力結合 (AC | DC) によって異なります。

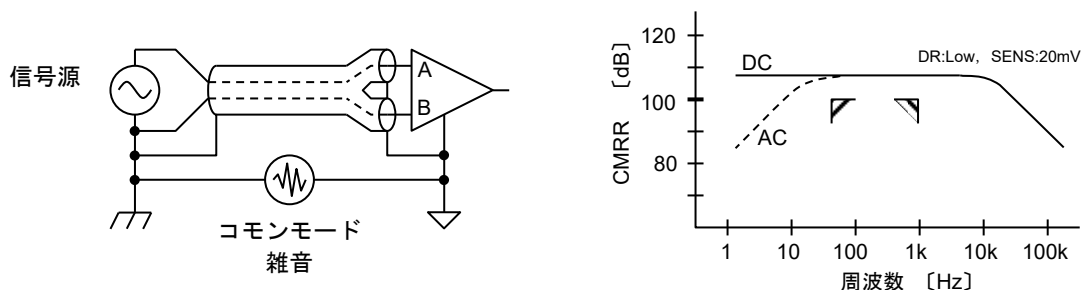


図 4-2 CMRR (参考値)

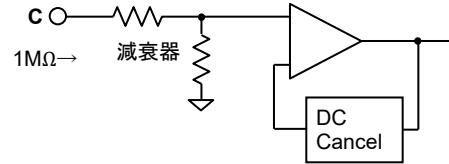
CMRR 劣化の要因

- 高い信号源インピーダンスと信号源インピーダンスの不一致
 信号源インピーダンスが十分に低いときは問題になりませんが、信号源インピーダンスが高くなると A と B の信号源インピーダンスの不一致による CMRR の劣化が顕著になります。
- ケーブル容量の不一致
 両信号ケーブルの種類や長さが異なると、各信号ラインの対接地容量も異なり、高い周波数で CMRR が劣化します。

4) C*¹

C (C 端子) は、プリアンプの出力電圧信号が大きい時や、雑音を含めた大きな電圧信号など、A 端子では直接測定できない電圧範囲を測定するための、シングルエンド電圧信号用入力端子です。

電圧感度	: 1 mV~10 V (信号の実効値)
周波数範囲	: 0.5 Hz~3.2 MHz
入力インピーダンス	: 1 MΩ (公称値) 並列に 50 pF (参考値)
最大入力電圧	: ±30 V (対信号基準電位)

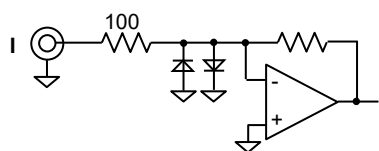


■ 制約事項 (C 使用時)

入力結合 (AC | DC) の設定に関わらず、C 端子は常に DC 結合です。ただし、入力に含まれる DC 成分は、DC キャンセル機能によって補正されるため、AC 結合とほぼ同じ動作になります。

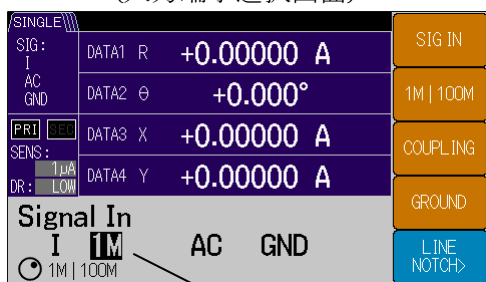
5) I

I (I 端子) は、電流信号を電流-電圧変換器により、電圧信号に変換して測定します。
I を選択したとき、電流信号の大きさや周波数を考慮して、電流-電圧変換利得を選択します。
仕様の詳細は、☞ 「9.1 測定信号系 b) 電流入力」



電流の極性は、I 端子から信号源側に流れ出す方向が正です。

{入力端子選択画面}



設定可能パラメタ 現在の設定

- 変換利得 1M : 変換利得 10^6 V/A
電流感度 100 fA ~ 1 μ A
帯域幅 1 MHz *2
- 変換利得 100M : 変換利得 10^8 V/A
電流感度 10 fA ~ 10 nA
帯域幅 10 kHz *2

*2 : Cs は信号源の容量 (接続ケーブルを含む)
Cs=150 pF における -3 dB 帯域幅 (参考値)

電流入力では、Cs により周波数特性が変化します。また、Cs が大きくなると、高い周波数において雑音密度が上昇します。感度やダイナミックリザーブの設定によっては、雑音の影響で LI 5655 / LI 5660 内部でオーバレベルに達することもあります。適宜、感度やダイナミックリザーブを調整してください。

また、雑音の影響を極力避けるためには、別途、電流入力アンプ (当社、広帯域電流増幅器 SA-600 シリーズなど) を信号源のなるべく近くに設けて電流電圧変換を行い、電圧信号として A や C *1 入力に接続してください。

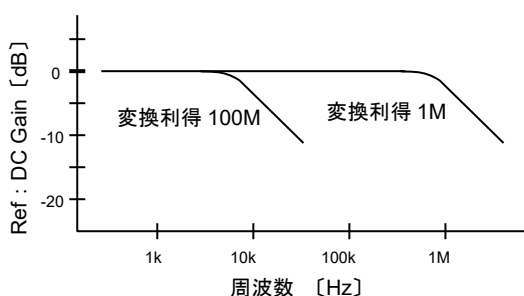


図 4-3 I 端子の周波数特性 (参考値)

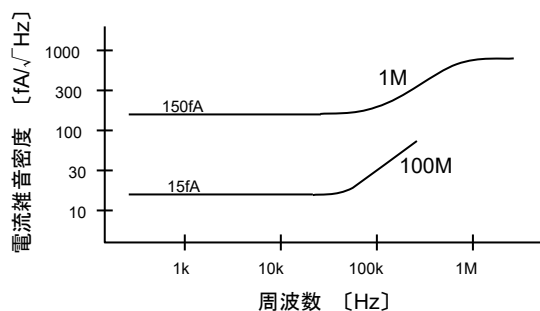


図 4-4 I 端子の入力換算雑音密度 (参考値)

6) HF *1

HF (HF 端子) は、3 MHz を超える周波数を測定するシングルエンド電圧信号用入力端子です。HF 端子を用いるときは、入力インピーダンス (1MΩ | 50Ω) を選択します。

電圧感度	: 1 mV~1 V (信号の実効値)
周波数範囲	: 10 kHz~11 MHz
入力インピーダンス	: 1MΩ (公称値), 並列に 50 pF (参考値)。または 50Ω の切替
最大入力電圧	: ±3 V (対信号基準電位)

{入力端子選択画面}



設定可能パラメタ

現在の設定

周波数が MHz を超えて、信号の反射を無視できないときは、接続ケーブルの特性インピーダンスおよび HF 端子の入力インピーダンスを 50Ω に統一することをお勧めします。

■ 制約事項 (HF 端子使用時)

- ・ アンチエイリアスフィルタがバイパスされます。このため、適切な低域通過フィルタ、帯域通過フィルタ、同調増幅器などを前置して、不要な高い周波数にある雑音を除去してください。さもないと、出力の揺らぎが大きくなる恐れがあります。
- ・ HF 端子は、他の入力端子とは別に参照信号設定を保持しています。他の入力端子から切り替えたとき、参照信号源、外部参照信号、内部発振器の周波数などが、HF 端子の設定に切り替わります。
- ・ 外部参照信号は TTL レベル方形波に限られます。正弦波では正常に動作しません。
- ・ HF 端子は常に AC 結合です。

■ アンチエイリアスフィルタとは

LI5655 / LI5660 は、アナログ信号を 25 M サンプル/s でデジタル信号に変換したのち、デジタル信号処理を行います。LI5655 / LI5660 に内蔵されているアンチエイリアスフィルタは、3 MHz より高い周波数成分を除去します。これにより、高い周波数にある雑音は、サンプリングによって信号周波数の近くに折り返して、見かけの雑音が増大するのを防いでいます。

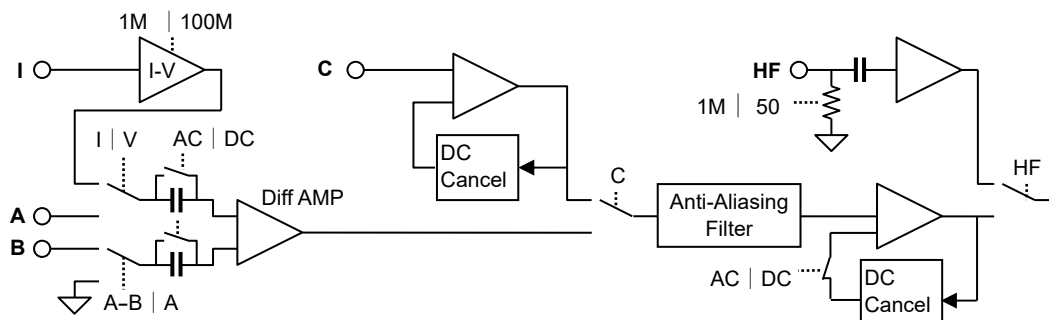
7) 入力結合 *1

A, A-B, I を設定したとき、入力結合[AC | DC]の選択ができます。

入力端子により様子が異なるので、詳細については下図をご覧ください。

C 端子は常に DC 結合ですが、自動的に DC 成分がキャンセルされます。

HF 端子は常に AC 結合です。



- AC (交流結合)

入力信号に大きな DC 成分が含まれているとき、DC 成分をカットして、微小な交流信号を、感度を上げて測定することができます。DC 成分をカットせずに感度を上げると内部回路が飽和する恐れがあります。

AC 結合 (DC キャンセル機能) の周波数特性は補正されますが、下限周波数の近くでは測定精度が低下します。また、信号が変化したとき過渡応答の整定に時間がかかります。

周波数が 1Hz 以上では AC 結合をお使いください。

- DC (直流結合)

AC 結合では、低い周波数において信号減衰や位相誤差が大きくなることがあります。

このため、DC 成分が含まれない交流信号のみの場合でも、周波数が 1Hz 以下では DC 結合での使用をお奨めします。

ただし、DC 成分も雑音とみなされますので、ダイナミックリザーブや感度設定には十分注意が必要です。

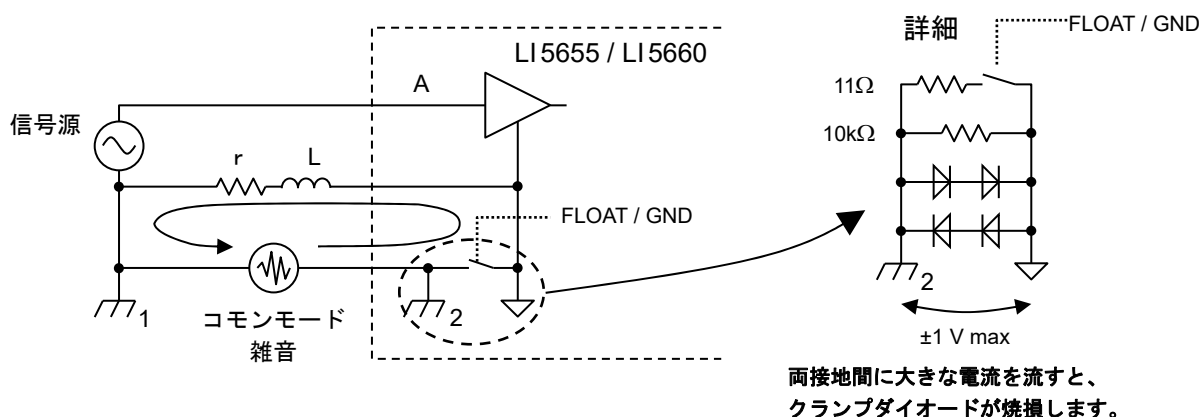
8) グラウンドの選択

信号グラウンド[FLOAT | GND]の選択ができます。

FLOAT : 筐体 (接地) からフローティング。対筐体インピーダンス $10\text{k}\Omega$ 。

GND : 筐体に接続。対筐体インピーダンス 11Ω 。

信号源と LI 5655 / LI 5660 の信号グラウンドを、それぞれ離れた場所に接地すると、接地間電位差 (コモンモード雑音) によりグラウンドループに雑音電流が流れ、信号グラウンド線に生じる電圧降下が雑音として信号に加算されることがあります。このようなときは、**FLOAT** を選択します。



信号源が接地されていないときは、**GND** を選択し信号グラウンドを LI 5655 / LI 5660 の筐体と接続し、電位基準の安定を保ちます。

信号源が接地されていない、かつ、LI 5655 / LI 5660 も **FLOAT** 状態のときは、対接地インピーダンスが高くなり、雑音源との静電結合などにより信号グラウンドの電位 (対地間) が変動します。信号グラウンド電位の変動は、**CMRR** と似た特性のアイソレーションモード除去比で、信号の測定に悪影響を与えます。

環境の雑音が大いとき

- ・ 信号源の接地電位と LI 5655 / LI 5660 の信号基準電位にコモンモード雑音がある場合、差動接続 (A-B) を用いる。
- ・ 参照信号系のグラウンド (LI 5655 / LI 5660 の筐体) が、測定する信号源のグラウンドと共通の場合、信号をトランスで絶縁する。
- ・ 外部機器による電源や接地を介して雑音が入るときは、商用電源ラインにノイズカット・トランス (当社、ノイズフィルタトランス **NT** シリーズなど) を設けることで雑音電流を低減できます。また、両接地間を低インピーダンスで接続し、接地間電位差を低減することで、雑音を抑制できる場合もあります。

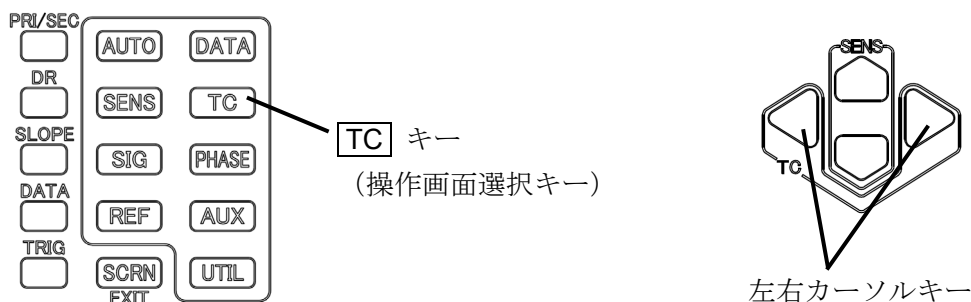
4.6 時定数フィルタの設定と特性

時定数フィルタと減衰傾度の設定方法を示します。

時定数フィルタの特性は、次の3つのパラメタで決まります。

- 時定数 (TC)
- 減衰傾度 (SLOPE)
- 同期フィルタ (SYNC)

信号の周波数や雑音、位相検波器 (PSD) によって生じたリップルを除去するよう設定をします。

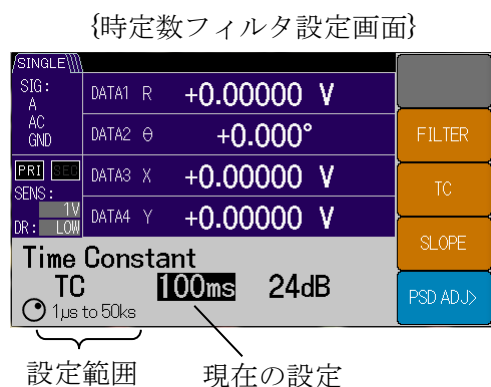


4.6.1 フィルタの設定方法

測定画面では、時定数を左右カーソルキーにより、 $1\mu\text{s}$ ~ 50ks の範囲で設定できます。

操作画面では、まず [TC] キーを押して、以下の {時定数フィルタ設定画面} に移動します。

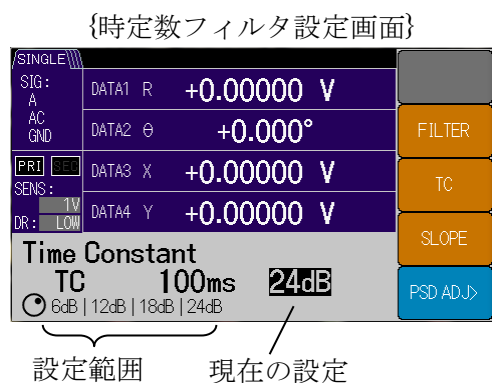
1) 時定数の設定



[TC]ソフトキーを押すと時定数をモディファイノブまたはアップダウンキーで設定できます。

設定範囲は $1\mu\text{s}$ ~ 50ks (1-2-5step) です。

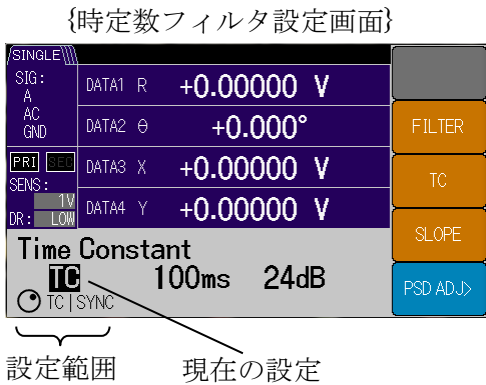
2) 減衰傾度の設定



[SLOPE]ソフトキーを押すと減衰傾度をモディファイノブないしアップダウンキーで設定できます。

設定範囲は 6, 12, 18, 24 dB/oct です。

3) フィルタの選択

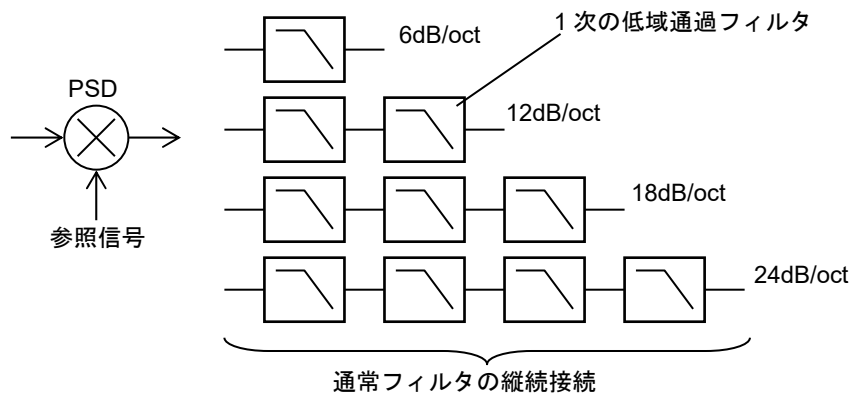


[FILTER]ソフトキーを押すと、通常のフィルタ (TC フィルタ) と SYNC (同期フィルタ) をモディファイノブまたはアップダウンキーで設定できます。

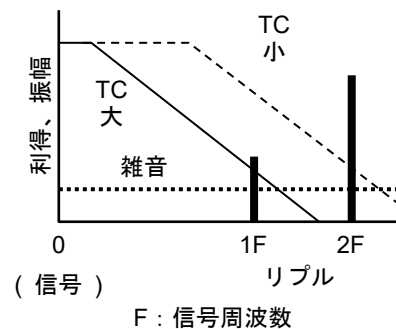
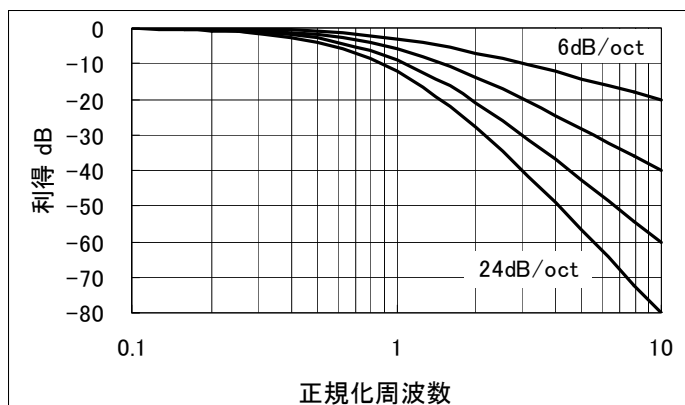
4.6.2 時定数フィルタの特性

1) 通常フィルタ

同期フィルタ機能が無効なときは、1 次の低域通過フィルタ (遮断周波数 f_c) を縦続接続した特性になります。1 段当たりの減衰傾度は 6 dB/oct (20 dB/dec) です。これは、減衰域において、周波数が 2 倍になると 1/2 に減衰する (周波数が 10 倍になると 1/10 に減衰する) 特性です。このフィルタを 1 ~ 4 段縦続接続して 6 ~ 24 dB/oct (20 ~ 80 dB/dec) の減衰傾度を得ます。

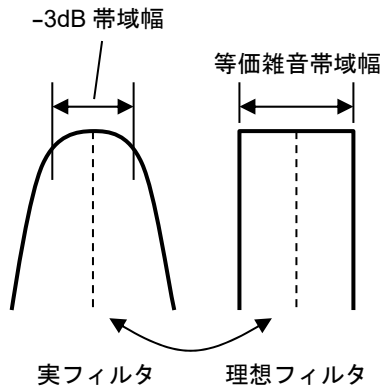


a) 周波数特性



正規化周波数 = |信号との周波数差| / 遮断周波数 (f_c)
 $f_c = 1 / (2\pi T)$ 。ここで T は時定数。

b) 等価雑音帯域幅 B_N



白色雑音に対する感度は、等価雑音帯域幅で表されます。雑音に対する感度（言い換えると出力雑音の実効値）が、実際のフィルタと等しい理想フィルタの帯域幅を、そのフィルタの等価雑音帯域幅と言います。

LI 5655 / LI 5660 の等価雑音帯域幅 B_N は、時定数 T と減衰傾度で決まる低域通過フィルタの等価雑音帯域幅の 2 倍であり、次式で求められます。

$$B_{N6} = \frac{1}{2T}, \quad B_{N12} = \frac{1}{4T}, \quad B_{N18} = \frac{3}{16T}, \quad B_{N24} = \frac{5}{32T} \quad (6, 12, 18, 24 \text{ dB/oct に対応})$$

出力（測定値）に含まれる雑音の実効値 V_m は、入力の雑音密度 V_n と等価雑音帯域幅 B_N から次式で求められます。

$$V_m = V_n \times \sqrt{B_N}$$

c) -3dB 帯域幅 B_{3dB}

$$B_{3dB} = \sqrt{\sqrt[m]{2} - 1} / (\pi T)$$

ここで T は時定数、 $m=1, 2, 3, 4$ (6, 12, 18, 24 dB/oct に対応)。

d) ステップ応答時間

位相検波後の低域通過フィルタにステップ状の信号を与えたときの応答 $y(t)$ は、次式で表されます。

$$y(0) = 0, \quad y(t) = 1 - \left\{ \sum_{n=1}^m \frac{t^{n-1}}{T^{n-1} (n-1)!} \right\} e^{-\frac{t}{T}} \quad \text{ただし } t > 0.$$

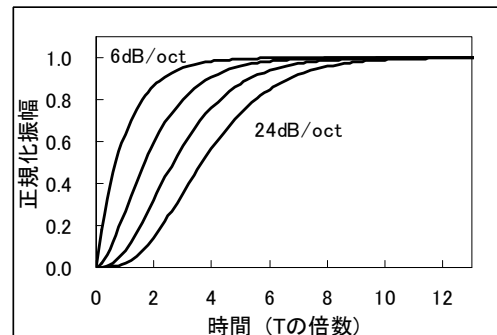
ここで T は時定数、 $m=1, 2, 3, 4$ (6, 12, 18, 24 dB/oct に対応)。

ステップ応答時間

応答	SLOPE (dB/oct)			
	6	12	18	24
90 %	2.3 T	3.9 T	5.3 T	6.7 T
99 %	4.6 T	6.6 T	8.4 T	10.0 T
99.9 %	6.9 T	9.2 T	11.2 T	13.1 T

これはアナログフィルタの場合です。デジタル処理でフィルタを実現している本機では、時定数が小さいときの特性は、上記と多少異なります。

ステップ応答波形



2) 同期フィルタ (SYNC)

同期フィルタ機能を有効にすると、時定数フィルタに、平均化区間が信号周期の整数倍に等しい移動平均フィルタが追加されます。

通常フィルタで時定数を小さくすると、検波で生じるリップルが減衰しません。

雑音小さくても、ある程度時定数を大きくする必要がありますので、特に低い周波数では出力応答が遅くなります。

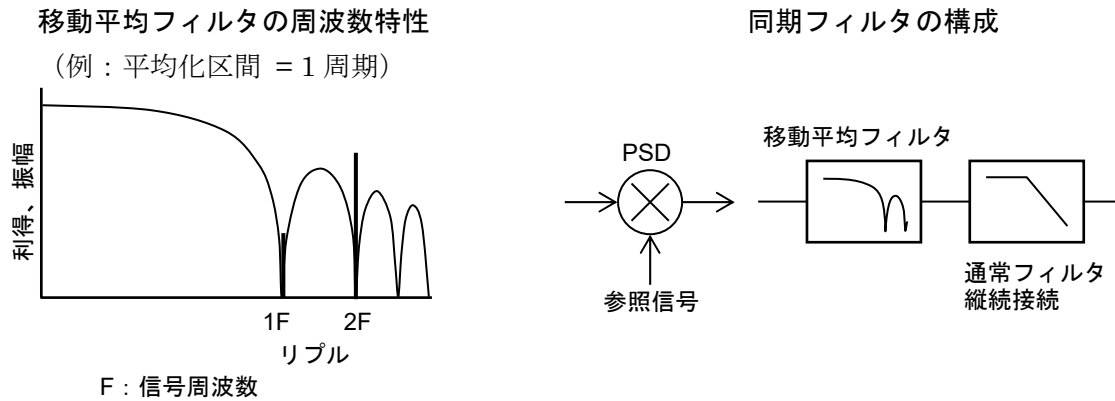
整数周期の移動平均フィルタでは、検波で生じるリップルが大きく減衰します。

このため、雑音小さければ、時定数（ほぼ平均化区間に対応）を小さくすることで高速応答が得られます。

信号周期より時定数を小さくすると、ステップ応答は、ほぼ1信号周期で整定します。

実際には、移動平均フィルタの後段に通常フィルタを置く構成になっています。

このため、時定数を大きくすると、通常フィルタに近い応答になります（リップルはさらに大きく減衰します）。



高速応答が必要なときは、減衰傾度を 6 dB/oct に設定してください。ただし、出力波形が多少階段状に見えます。

同期フィルタの実用上の上限周波数は、およそ 1MHz です。信号周波数が高くなると、平均化区間が整数周期から多少ずれて、十分にリップルを低減できないことがあります。

4.6.3 時定数の自動設定

{自動設定画面} (**AUTO** キー) の[TIME CONST]を押すと、周波数に合わせて、時定数、減衰傾度が以下のように自動設定されます。

- 減衰傾度 (SLOPE) = 24 dB/oct
- 同期フィルタ (SYNC) = 周波数 ≤ 100 Hz なら有効, 周波数 > 100 Hz なら無効
- 時定数 (TC) = $10 \div (2 \times \pi \times \text{信号周波数})$
 - ※ただし、計算値は近傍設定値に切り上げ。時定数範囲は $20 \mu\text{s} \leq \text{TC} \leq 20 \text{s}$ 。
 - ※ファームウェアバージョン 1.60 以降

自動設定でうまく測定できないときは、手動で調整します。

雑音やリップルの除去が不十分で測定値がばらつくときは、時定数を大きくします。

より速い応答が必要なときは、時定数を小さくします。

一般に、減衰傾度を大きく、時定数を小さく設定した方が、雑音の低減と応答時間のバランスが良くなります。ただし、LI5655 / LI5660 を自動制御ループ内で用いると、高次フィルタの特性により制御系が不安定になることがあります。このようなときは、減衰傾度を 6 dB/oct にします。検波により生じるリップルが十分に減衰しないことがあるので、同期フィルタの使用も検討してください。

PSD の入力に DC オフセットがあると、位相検波した出力に信号周波数と同じ周波数のリップルが含まれるので、これを取り除くために大きな時定数が必要になります。

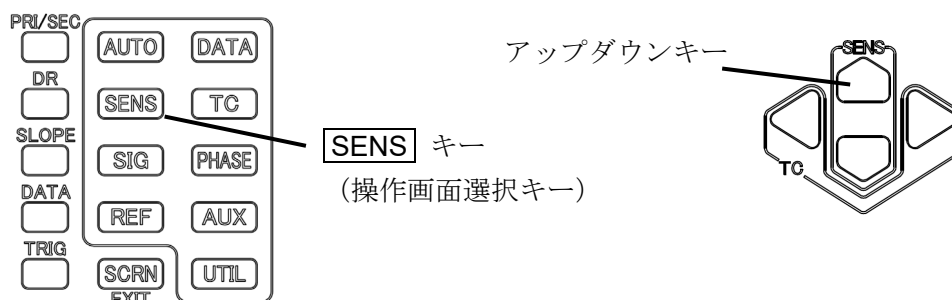
結果として応答が遅くなります。

PSD 入力オフセットをゼロに調整することにより、このリップルの発生を抑制でき、必要以上の大きい時定数設定を不要にできます。

PSD 入力オフセットの調整の詳細は、☞ 「5.7 PSD入力オフセット調整」

4.7 感度とダイナミックリザーブの設定

感度（信号フルスケール）とダイナミックリザーブ（雑音余裕度）の設定方法を示します。



4.7.1 感度の設定方法

測定画面では、感度を上下カーソルキーにより、下記の入力端子ごとに範囲設定できます。

入力端子 *4		測定設定	感度範囲 *2
A A-B		電圧感度	10 nV ~ 1V
		電圧雑音密度	20 nV ~ 1V *3
C *1		電圧感度	1 mV ~ 10V
		電圧雑音密度	1 mV ~ 10V *3
I	1M [V/A]	電流感度	100 fA ~ 1μA
		電流雑音密度	1 pA ~ 1μA *3
	100M [V/A]	電流感度	10 fA ~ 10 nA
		電流雑音密度	100 fA ~ 10 nA *3
HF *1		電圧感度	1 mV ~ 1V
		電圧雑音密度	1 mV ~ 1V *3

*1 : C, HF 端子は, LI5660 のみ装備。

*2 : 表示される信号の大きさは実効値 (rms) です。

感度設定値は 100%フルスケール, 1-2-5 シーケンスです。

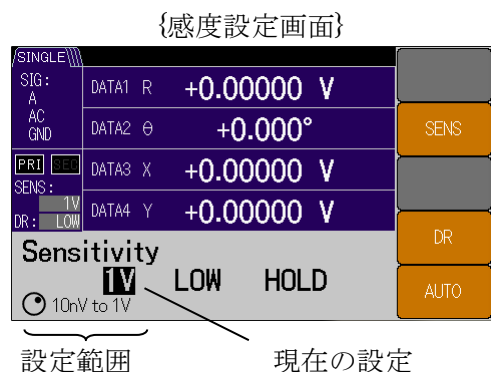
表示範囲の詳細は, ☞ 「9.5 測定値出力, 表示部 e) 数値表示」

*3 : 雑音密度 (NOISE) 表示したときは, 表示された単位に $\sqrt{\text{Hz}}$ を補って読んでください。

*4 : 感度設定は, 端子毎に設定を保持しています。A と A-B 端子は共通, I 端子の 1M と 100M 変換は, 個々に設定を保持しています。

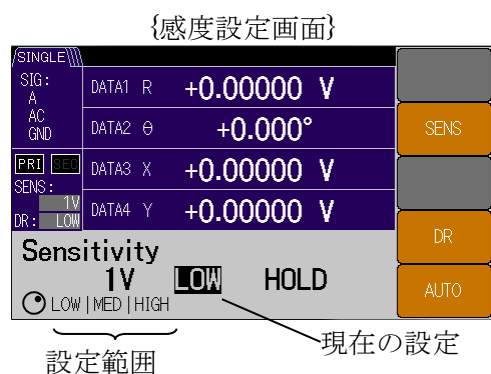
操作画面では、まず [SENS] キーを押して、以下の {感度設定画面} に移動します。

1) 感度の設定



[SENS] ソフトキーを押すと感度をモディファイまたはアップダウンキーで設定できます。

2) ダイナミックリザーブの設定

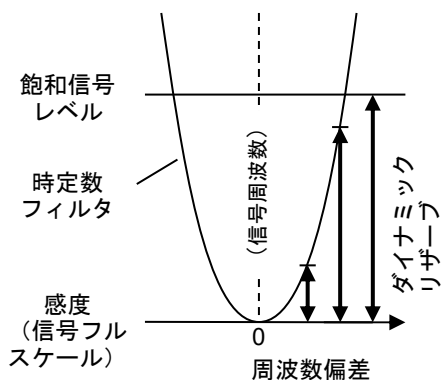


[DR] ソフトキーを押すとダイナミックリザーブをモディファイまたはアップダウンキーで設定できます。

設定パラメタは、LOW, MED, HIGH です。
雑音に対する余裕度は、HIGH 側ほど大きくなります。

ダイナミックリザーブは、必要最小限に設定してください。HIGH 側ほど、入力換算雑音が大きくなったり、測定値のドリフトが大きくなります。

■ 特定の周波数におけるダイナミックリザーブ



ダイナミックリザーブの値は、特定の感度（信号フルスケール）における本体内部の飽和信号レベルと、時定数フィルタによる雑音の除去特性に依存します。つまり周波数に依存します。

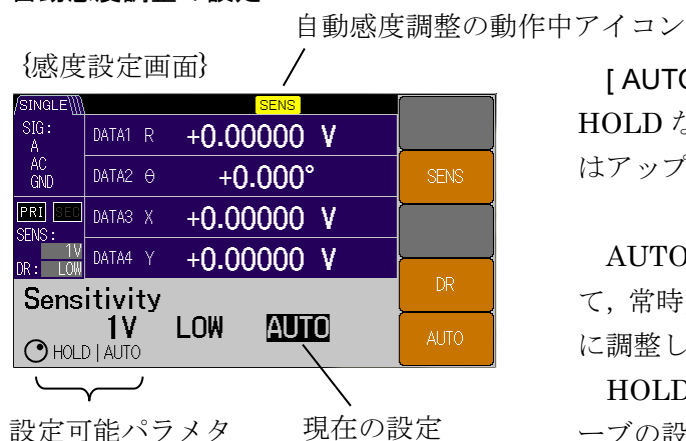
時定数フィルタで雑音が十分に減衰する周波数におけるダイナミックリザーブの値

詳細は、☞ 「9. 仕様」 ダイナミックリザーブの項

■ ランダム雑音に対するダイナミックリザーブ

ランダム雑音（広帯域雑音）に対しては、そのピーク値が本体内部の飽和信号レベルに達するまで許容できます。正弦波と雑音では、実効値が等しくても、雑音の方が数倍以上ピーク値が大きくなります。ピーク値を考慮して、ダイナミックリザーブを設定してください。

3) 自動感度調整の設定



[AUTO]ソフトキーを押すと自動感度調整の HOLD ないし AUTO 状態を、モディファイまたはアップダウンキーで設定できます。

AUTO 状態は、信号や雑音の大きさに合わせて、常時、感度とダイナミックリザーブを自動的に調整します。

HOLD 状態は、感度およびダイナミックリザーブの設定を保持します。手動設定を有効にします。

■ 制約事項 (AUTO 状態における操作)

AUTO 状態のとき、以下の操作が行われると自動感度調整は HOLD 状態に強制的に変更されます。

- [DATA] キー, [OFFSET>] ソフトキーによるオフセット値の変更。
- [DATA] キー, [MATH>] ソフトキーによる演算の変更。
- [TC] キーによる時定数フィルタ設定全般の変更。
- [SIG] キーによる入力端子設定全般の変更。
- [PHASE] キーによる移相量の変更。
- [REF] キーによる参照信号設定全般の変更。
- 測定画面および操作画面より、感度およびダイナミックリザーブの変更。

4.7.2 感度とダイナミックリザーブの自動設定

{自動設定画面} ([AUTO] キー) の [SENS] ソフトキーを押すと、信号や雑音の大きさに合わせて、一度だけ感度とダイナミックリザーブを自動設定されます。

下記の場合、感度を何回か切り替えた後、自動設定が強制終了されるため、適切な感度にならないことがあります。

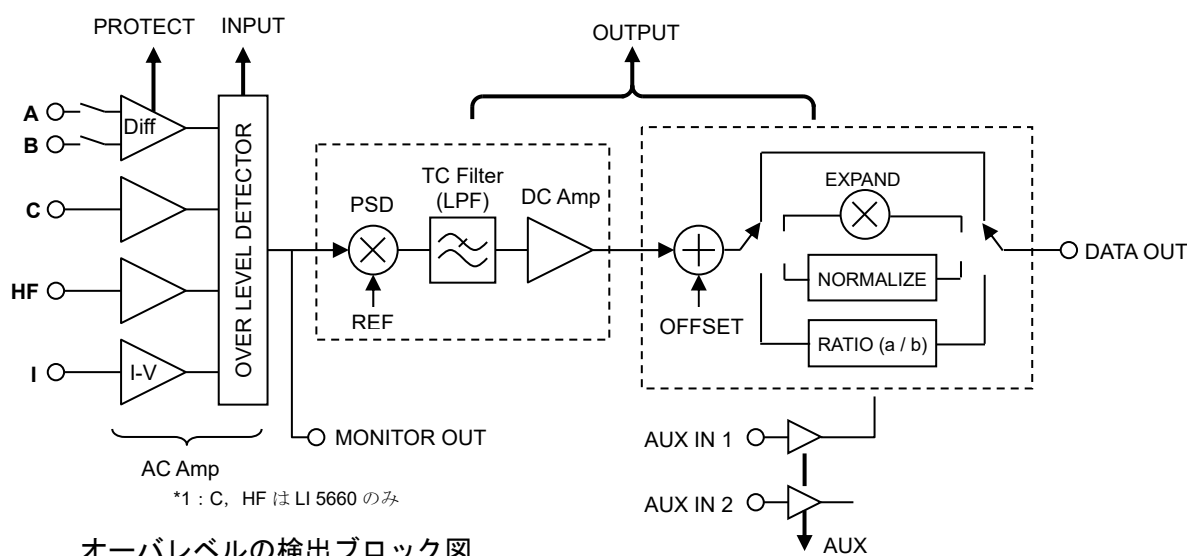
- 信号の変動が激しいとき
- 雑音が大きいとき
- 信号が小さいとき

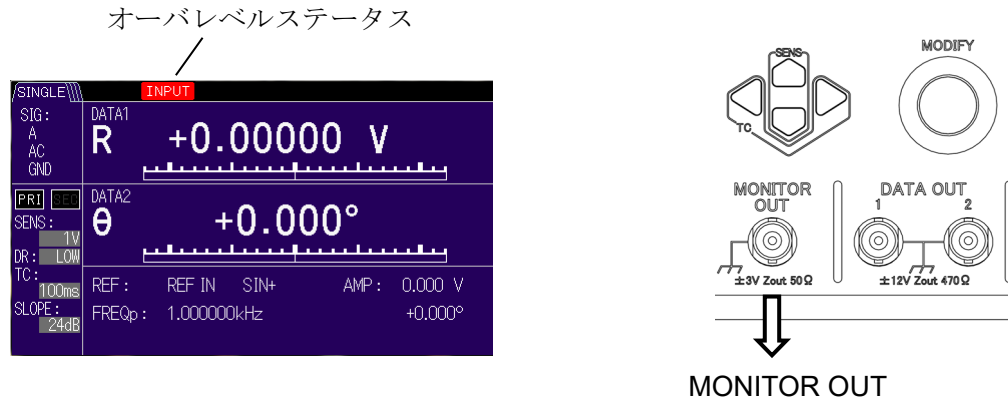
信号の変動が大きいときは、自動感度設定した後、やや大きめなレンジに手動操作してください。雑音による変動が大きいときは、時定数および減衰傾度を大きく設定した後、再度自動設定を行ってください。信号が小さいときは、手動操作にて感度とダイナミックリザーブを設定してください。

4.7.3 信号オーバレベル表示とモニタ出力

LI5655 / LI5660 の入力から出力に至る信号経路のどこかで過大な信号レベルが検出され、正しく測定できないときは、画面上にアイコンが表示されます。

オーバレベルステータス	内容	対処方法
PROTECT	A または B 端子に、最大入力電圧を超える電圧が検出されました。保護のため、一時的に A, B 両端子が内部で切り離されます。	A または B 端子に印加される信号レベルを下げる。 C 端子を利用する。(LI5660 のみ)
IN/OUT	下記 INPUT, OUTPUT 両方の事象が生じています。	(下記をご覧ください)
INPUT	信号入力端子から PSD (主検波器) 入力までの AC 増幅部でオーバレベルが生じています。PSD の入力信号は、MONITOR OUT 端子で確認できます。	感度 (信号フルスケール) を大きくする。 ダイナミックリザーブを大きくする。 入力信号に直流成分が含まれているときは、AC 結合にする。 電源から混入した雑音を減衰させるため、電源周波数フィルタを有効にする。
OUTPUT	PSD 出力の信号処理部 (時定数フィルタや DC 増幅部) でオーバレベルが生じています。OFFSET, EXPAND, NORMALIZE, RATIO などの演算結果による出力電圧範囲を超えています。出力・表示されていない測定パラメタも対象となります。	時定数や減衰傾度を大きくして、雑音を減衰させます。 感度 (信号フルスケール) を大きくする。 一度演算を無効にして、元の信号 (X, Y, R, AUX IN 1) を確認してください。そのうえで、出力がオーバレベルにならない設定でお使いください。
AUX	AUX IN 1 または AUX IN 2 端子の過大入力です。	AUX IN 1 または AUX IN 2 端子に印加される信号レベルを下げてください。





同時に複数の事象があるときは、もっとも優先度の高いステータスが前面に表示されます。

測定に影響を与える恐れがあるため、不要な信号を LI 5655 / LI 5660 に接続しないでください。入力端子の最大入力レベルを超える信号は、正しく測定できません。オシロスコープなどを用いて、信号レベルが仕様の範囲内であることを確認してください。

■ モニタ出力

PSD（主検波器）の入力信号を MONITOR OUT 端子で確認できます。

思ったように測定できないときは、一度モニタ出力を、オシロスコープなどを用いて確認してください。

入力（A, A-B, C *1, I, HF *1）からモニタ出力までの利得は、AC 利得相当になります。

AC 利得は感度設定とダイナミックリザーブ設定から、「9.2 位相検波部 c) ダイナミックリザーブ (DR)」の表をご覧ください。

入力 I のときは、電流－電圧変換利得（1M のとき 10^6 V/A, 100M のとき 10^8 V/A）を乗じてください。

入力 C のときは、AC 利得に減衰器分の 1/10 を乗じてください。

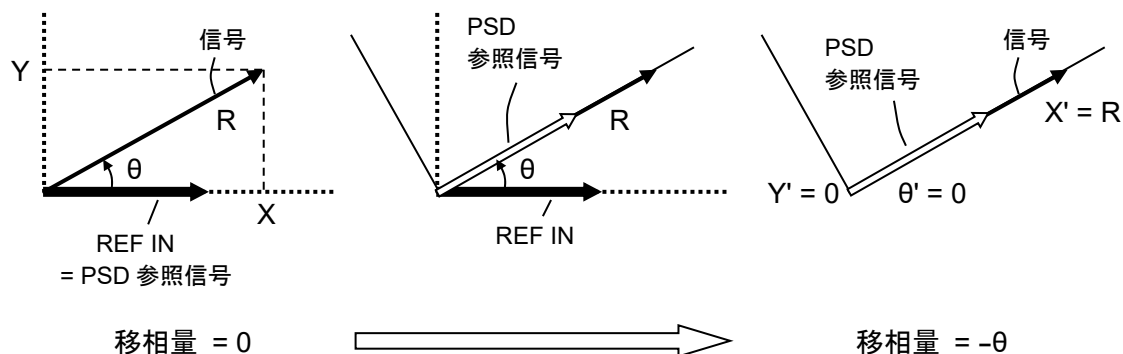
なお、アンチエイリアシングフィルタにより位相が大きく回転するため、モニタ出力の位相は測定される位相と大きく異なります。そのため、信号位相の確認には不向きです。

*1 : C, HF 端子は、LI5660 のみ装備。

4.8 位相調整

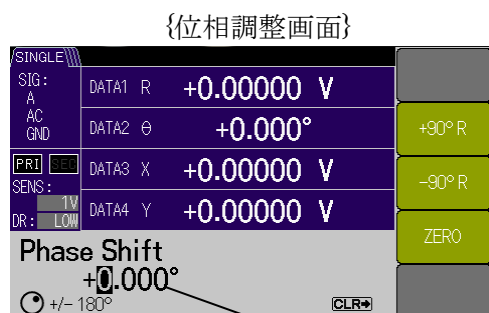
一般に、ロックインアンプでは、位相の基準 (0°) を任意にシフトできます。

$Y = 0$ ($\theta = 0$) になるように PSD に与える参照信号の位相を調整して、X 出力で信号の大きさを、Y 出力で位相の変化を測定するのが基本的な使い方です。ランダム雑音による揺らぎは、この X 出力より R 出力の方が $\sqrt{2}$ 倍大きくなります。信号の大きさが一定であれば、ゼロに近い Y 出力は、ほぼ θ に比例し、EXPAND 倍率 (10 倍, 100 倍) 拡大することにより、微小な位相変化を高感度に検出できます。



1) 位相の設定

まず **PHASE** キーを押して、以下の {位相調整画面} に移動します。



設定可能範囲

現在の設定値

操作画面に入ると、左右カーソルキーで桁移動し、モディファイノブないしアップダウンキーで数値設定ができます。

[ZERO] ソフトキーを押すと、参照信号の移相量を 0° にします。

[+90°R] ソフトキーを押すと、参照信号の移相量を 90° 増やします。

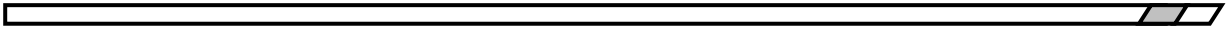
[-90°R] ソフトキーを押すと、参照信号の移相量を 90° 減らします。

LI 5655 / LI 5660 では、移相量を増やす (減らす) と、位相測定値が増える (減る) 動作になります。

2) 自動位相調整

{自動設定画面} (**AUTO** キー) の [PHASE] ソフトキーを押すと、Y 出力、 θ 出力がゼロになるように、一度だけ、参照信号の移相量を設定します。

参照信号に同期していないときに実行すると、エラーになります。



(空白)

5. 応用操作

5.1 測定値のオフセットと拡大	5-3
5.2 電源周波数雑音の除去	5-5
5.3 調波測定（高調波，低調波，分数調波）	5-6
5.4 外部10MHz同期	5-7
5.5 演算（ノーマライズ，レシオ）	5-8
5.5.1 ノーマライズ（%，dB など）	5-8
5.5.2 レシオ測定	5-10
5.6 雑音密度の測定	5-12
5.6.1 雑音密度測定の実操作	5-12
5.6.2 雑音密度測定の実原理	5-14
5.7 PSD入力オフセット調整	5-15
5.8 直流電圧の測定（AUX IN）	5-17
5.9 直流電圧の出力（AUX OUT）	5-19
5.10 プリアンプへの電源供給	5-20
5.11 設定メモリ	5-21
5.12 その他の機能	5-23
5.12.1 パネル操作の禁止（KEY LOCK）	5-23
5.12.2 ランプオフ（LAMP OFF）	5-23

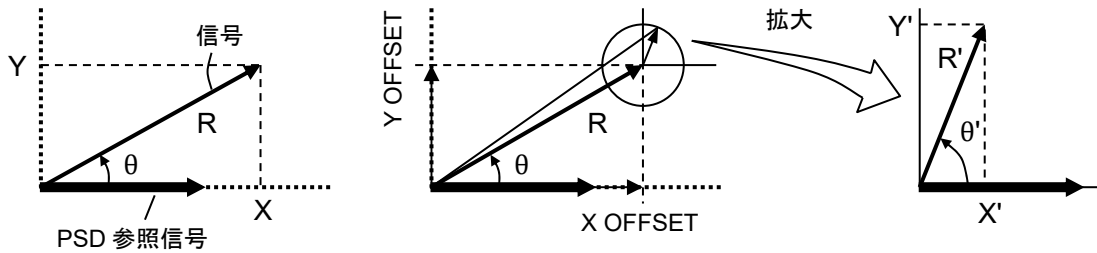
この章では、「4. 基本操作」で説明していない、より高度な使用方法について説明しています。
2周波数測定の詳細は、☞ 「6. 2周波数測定」

5.1 測定値のオフセットと拡大

測定値 (X, Y) にオフセット (OFFSET) を与えることができます。

オフセット機能を用いると、入力信号に含まれる一定のクロストーク成分をキャンセルできます。

またオフセット調整して測定値をゼロ付近に移動させ、小さな変化を拡大 (EXPAND) して、観測することができます。



{詳細測定画面}

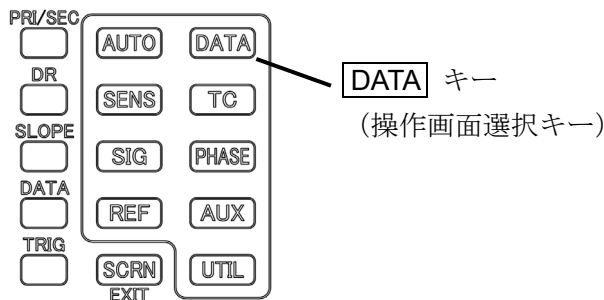


オフセット機能を有効にすると測定データ欄に“OFS”アイコンが表示されます。

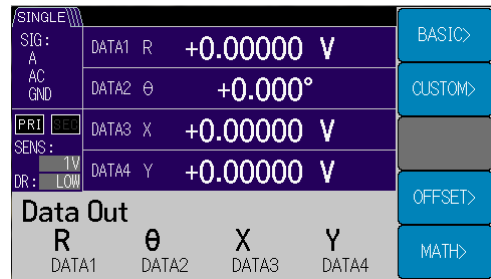
オフセット調整量は、詳細測定画面右下の MATH SETTING 内に表示されます。

EXPAND 機能を有効にすると測定データ欄に“x10”など設定拡大値を示したアイコンが表示されます。

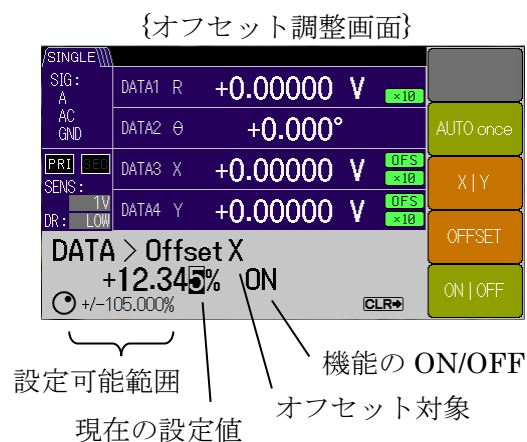
まず **DATA** キーを押して、{出力信号設定画面} に移動します。



{出力信号設定画面}



1) オフセット



次に[OFFSET>]ソフトキーを押して、{オフセット設定画面}に移動します。

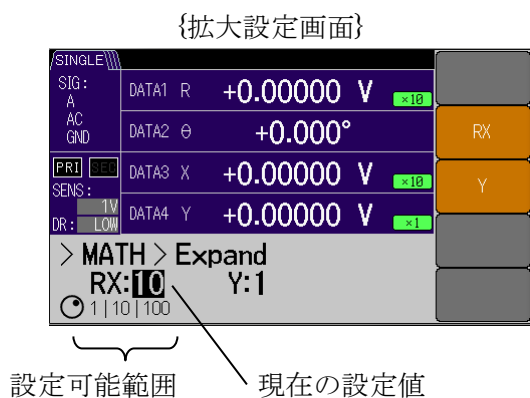
[OFFSET]ソフトキーを押して、左右カーソルキーで桁移動し、モディファイノブないしアップダウンキーで数値設定できます。

[X | Y]ソフトキーを押すと、オフセット量を設定する対象 (X または Y) を選択できます。

[ON | OFF]ソフトキーを押すと、オフセット調整の ON (有効)、OFF (無効) を切り替えられます。X, Y 対象毎に設定できます。

[AUTO once]ソフトキーを押すと、一度だけ自動オフセット調整を実行し、X, Y 出力を共にゼロ設定します。自動設定が完了するとオフセット調整は ON (有効) に設定されます。

2) 拡大 (EXPAND)



次に[MATH>]ソフトキーを押して、{演算設定画面}に移動します。モディファイノブないしアップダウンキーで“EXPAND”を選択し、[EXPAND>]ソフトキーを出現させます。

[EXPAND>]ソフトキーを押すと、{拡大設定画面}に移動します。

[RX]または[Y]のソフトキーを押して、モディファイノブないしアップダウンキーで拡大値を {×1 | ×10 | ×100} に設定できます。

測定データ R と X の拡大値は共通、Y の拡大値は独立設定です。

EXPAND を使用することで、見かけの感度 (信号フルスケール) を 0.1 倍または 0.01 倍にできます。

■ 制約事項

拡大できるのは検波器出力 X, Y, R だけです。X, Y オフセット調整した場合は、設定後の値に対して拡大されます。

その他のパラメタ (位相, 雑音密度, AUX IN) は拡大できません。

ノーマライズ演算またはレシオ演算を実行しているときは、EXPAND は行われません。

5.2 電源周波数雑音の除去

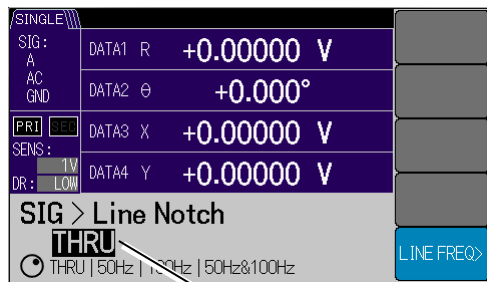
入力信号に含まれる電源由来の雑音を除去する電源周波数フィルタ（ノッチフィルタ）を備えています。電源周波数雑音を除去すると、次のような利点があります。

- ダイナミックリザーブを小さく設定できるため、測定確度を改善できる。
- 時定数や減衰傾度を小さくできるため、応答を速くできる。

ただし、電源周波数フィルタの過渡応答の影響を受けることがあります。

電源周波数フィルタの設定は、まず **[SIG]** キーを押して {入力信号選択画面} に移動します。

{電源周波数ノッチフィルタ設定画面}



設定可能範囲

現在の設定

次に **[LINE NOTCH>]** ソフトキーを押して、{電源周波数ノッチフィルタ設定画面} に移動します。

モディファイノブないしアップダウンキーでノッチフィルタの周波数を {THRU | 50 Hz | 100 Hz | 50 Hz&100 Hz} から選択できます。

[LINE FREQ>] ソフトキーを押して、{電源周波数選択画面} に移動します。

モディファイノブないしアップダウンキーで電源周波数（基本波）を {50 Hz | 60 Hz} から選択できます。

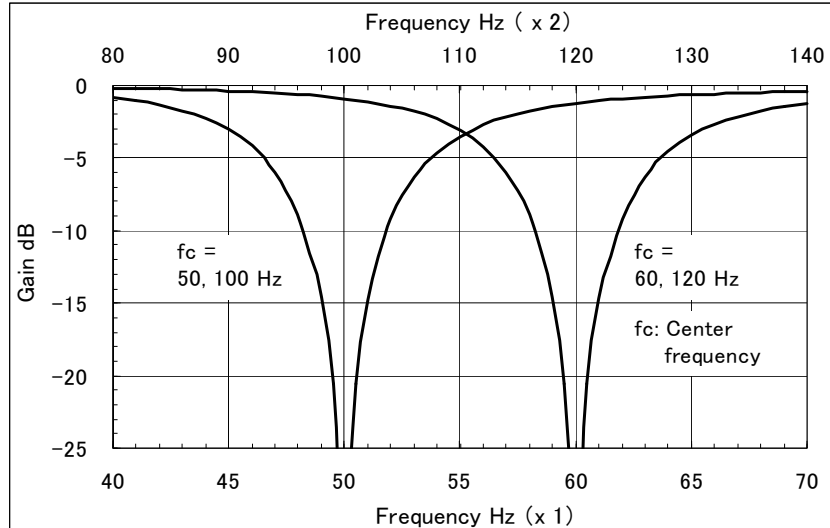


図 5-1 電源周波数フィルタの特性

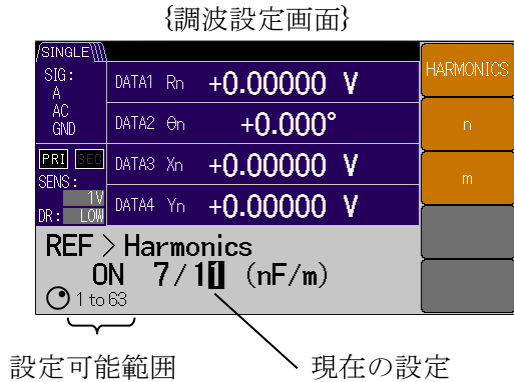
50 Hz (60 Hz) と 100 Hz (120 Hz) は縦続接続できます。測定値は、利得 -6 dB 程度までおよびその特性が補正され、減衰しません。補正限界を超えると、補正量は限界値に固定されます。

■ 制約事項 (LI5660 のみ)

C および HF 端子を選択したとき、電源周波数フィルタは設定できません。

5.3 調波測定（高調波，低調波，分数調波）

基準となる参照信号の周波数を F として，基本波 (F)，高調波 ($n \times F$)，低調波 (F/m)，分数調波 ($n \times F/m$) が測定できます。



調波測定の設定は，まず **REF** キーを押して {参照信号設定画面} に移動します。

次に[HMNC>]ソフトキーを押して，{調波設定画面} に移動します。

[HARMONICS]ソフトキーを押して，モディファイノブないしアップダウンキーで，調波の ON (有効)，OFF (無効) を選択できます。

[n]ソフトキーにより高調波側の次数，[m]ソフトキーにより低調波側の次数，左右カーソルキーで桁移動し，モディファイノブないしアップダウンキーで数値設定できます。

設定範囲は n, m とともに 1 ~ 63 です。

調波設定が有効になると，調波次数に関わらず，測定パラメタに小文字“n”が追加されます。

■ 制約事項

- 参照信号源に測定信号 (SIGNAL) を選択しているときは，調波設定の n, m に関わらず，常に 1 倍で動作します。
- 測定できる調波の周波数範囲は，各入力の同期周波数範囲に限定されます。
同期周波数範囲を超えると周波数表示欄に，“OVER-FREQ”や“UNDER-FREQ”と表示されます。

```
REF: REF IN SIN+ AMP: 0.000 V
FREQp: OVER-FREQ x63/1 +0.000°
```

5.4 外部 10MHz 同期

LI5655 / LI5660 の周波数基準源を、他の機器（信号発生器など）と同期することができます。

10MHz IN 端子に外部 10MHz 周波数基準源を接続すると、LI5655 / LI5660 の内部発振器を構成する周波数合成器は外部 10MHz に同期します。

同期して動作させることで、外部参照信号（REF IN）を用いることなく、任意の周波数（数値設定）に同期します。数値設定（INT OSC）だけでなく、外部参照信号（REF IN）や被測定信号（SIGNAL）に同期した測定も可能です。

ただし、位相は一致しないため、周波数変更する度に位相調整が必要です。一般に、信号（発振）が一度停止したときも位相がずれるので、再度の位相調整が必要です。

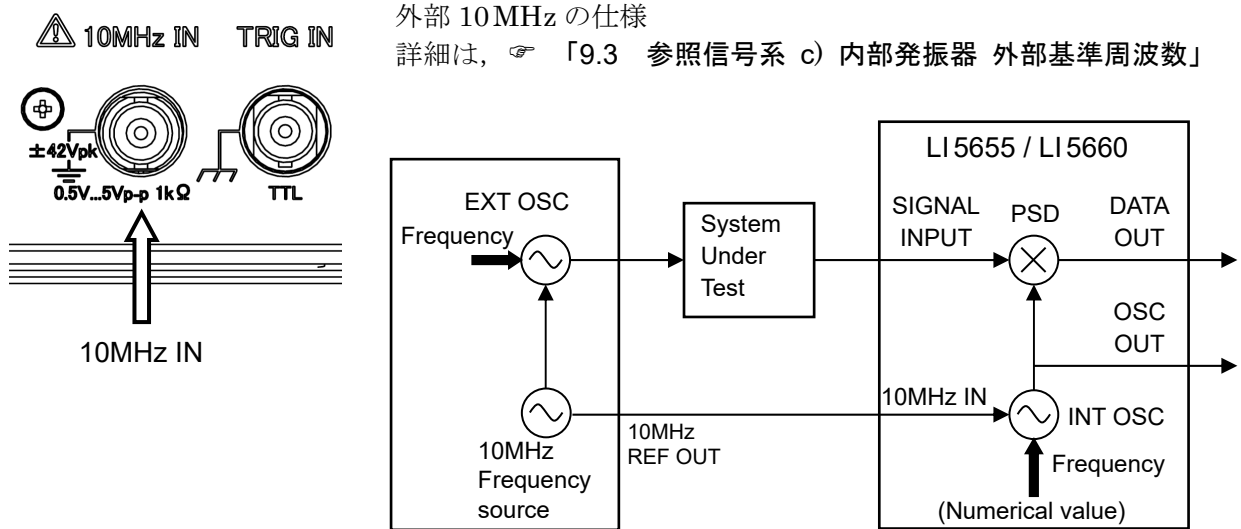


図 5-2 10MHz 同期システムの例

外部 10MHz の設定は、まず **REF** キーを押して {参照信号設定画面} に移動します。



現在の設定

次に[OSC SET>]ソフトキーを押して、{内部発振設定画面} に移動します。

[10MHz In>]ソフトキーを押して、{外部 10MHz 設定画面} に移動します。

モディファイノブないしアップダウンキーで、ON（有効）、OFF（無効）を選択できます。

設定が ON のとき、10MHz アイコンが表示されます。

この状態で外部から 10MHz 信号を入力すると、アイコン色が変わり 10MHz、同期状態になります。

5.5 演算（ノーマライズ，レシオ）

演算（ノーマライズ，レシオ）を行うには，まず **DATA** キーを押して {出力信号設定画面} に移動します。



設定可能パラメタ 現在の設定

次に[**MATH>**]ソフトキーを押して，{演算選択画面} に移動します。

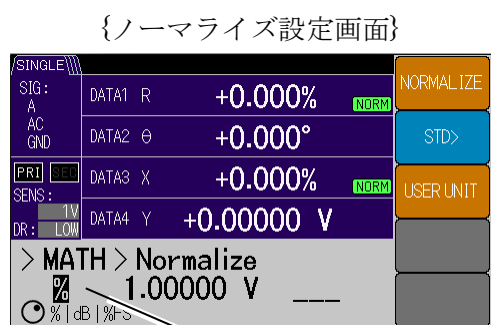
モディファイノブないしアップダウンキーで演算処理 **EXPAND**，**NORMALIZE**，**RATIO** を選択すると，各演算処理のソフトキーが表示されます。

選択した演算処理ソフトキーを押して，各演算処理の設定ができます。

5.5.1 ノーマライズ（％，dB など）

標準値や感度（信号フルスケール）に対する測定値 X と R の比を，％または dB で出力・表示することができます。

1) 演算式の選択



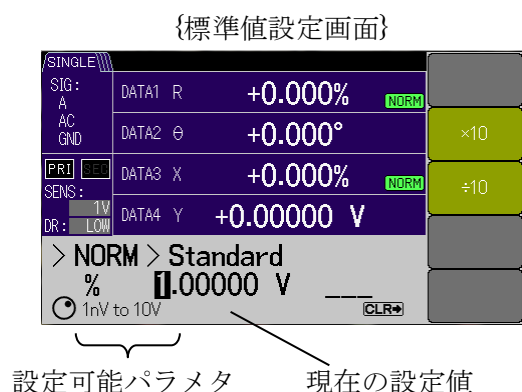
設定可能パラメタ 現在の設定

[**NORMALIZE**]ソフトキーを押すと，{ノーマライズ設定画面} に移動します。

モディファイノブないしアップダウンキーでノーマライズ演算式が選択できます。

- ・％ : (測定値 ÷ 標準値) × 100 [%]
表示範囲は±240%
- ・dB : $20 \times \log_{10} | \text{測定値} \div \text{標準値} |$ [dB]
表示範囲は±120 dB
- ・％FS : (測定値 ÷ 感度設定) × 100 [%FS]
表示範囲は±120% of FS

2) 標準値の設定



[STD>]ソフトキーを押すと、{標準値設定画面}に移動します。

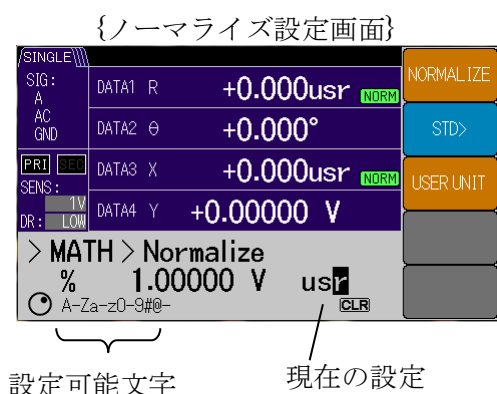
左右カーソルキーで桁移動し、モディファイノブないしアップダウンキーで数値設定ができます。

設定範囲は、下記の通りです。

- ・電圧：1nV～10V（分解能6桁）
- ・電流：1fA～1μA（分解能6桁）

電圧測定時と電流測定時で設定範囲が切り替わります。

3) ユーザ単位の設定



[USER UNIT]ソフトキーを押すと、左右カーソルキーで位置移動し、モディファイノブないしアップダウンキーでユーザ単位文字列（1～3文字）を設定できます。

通常の単位（%など）に代りユーザ単位文字列が表示されます。使用できる文字は、英数字（A-Z a-z 0-9）と一部の記号（# @ -）および空白です。"_"を設定すると空白" "が表示されます。

初期設定および [CLR] キーを押すと、設定画面が"_"となり、通常の単位に戻ります。

■ 制約事項

ノーマライズ演算は、検波器出力 X, R に対して行われます。その他のパラメタ（Y, θ, 雑音密度, AUX IN）に対して、ノーマライズ演算は行われません。

レシオ演算と EXPAND を実行しているときは、ノーマライズ演算は実行できません。

5.5.2 レシオ測定

LI5655 / LI5660 は，検波器出力 X, Y, R を，大きさの基準となる信号（AUX IN 1）に対する比として出力・表示できます。

信号源やセンサの特性が変動する状況下で，信号経路に挿入された試料を測定する場合，別途，基準となる経路の特性を測定して，それらの比を取ると，共通部の変動が補正され，正確に測定できます。以下に示すデュアルビーム法では，2 台のロックインアンプを用いて，基準となる経路の特性を別の周波数で測定し，光源やセンサの特性が補正された結果が得られます。

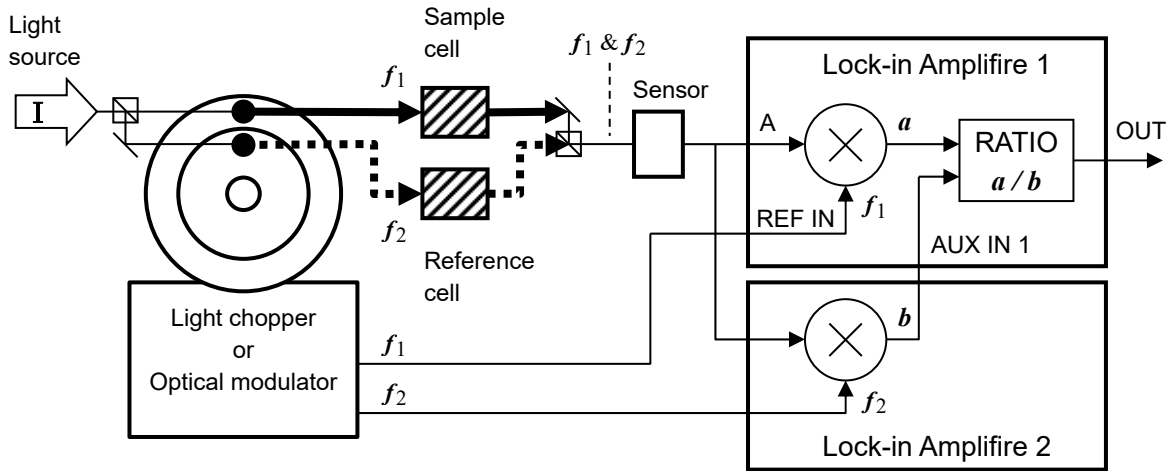
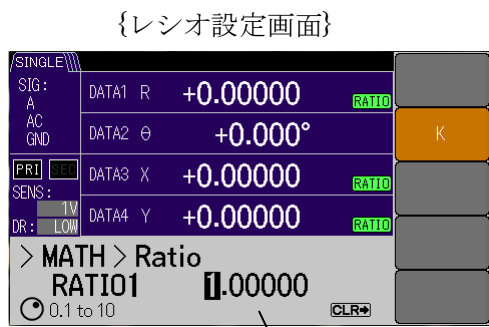


図 5-3 レシオ測定の応用例（デュアルビーム法）

LI5655 / LI5660 は，このレシオ測定を 1 台で行うことができます。

詳細は，☞ 「6.9 レシオ測定（2周波数測定）」

1) レシオの設定



設定可能範囲

現在の設定値

{レシオ設定画面}にて，[K]ソフトキーを押すと，左右カーソルキーで桁移動し，モディファイのないシフトアップダウンキーで K 定数の設定ができます。

$$\text{レシオ表示値} = K \times (A \div B)$$

K: レシオ倍率設定値

(範囲 0.1 ~ 10, 分解能 6 桁)

A: 測定表示値 (X, Y, R) ÷ 感度設定値
X, Y オフセット調整後の値。

B: AUX IN 1 [V] ÷ 10V

レシオ表示範囲は，±2.4

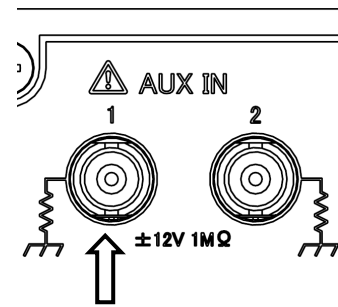
レシオ演算結果が+2.0 のとき，アナログ出力は+10V になります。

2) 基準値（AUX IN 1）

基準信号は背面パネルの **AUX IN 1** 端子に入力します。

レシオ演算の分母となる基準信号は，誤差を小さくするために，1V 以上の電圧にしてください（最大許容入力電圧は±12V です）。

AUX IN の周波数帯域幅は 5kHz ですが，レシオ測定では急峻に変化する信号には追従できませんので，およそ 100 Hz 以下のゆっくり変動する信号を入力してください。



■ 制約事項

レシオ演算は，検波器出力 X，Y，R に対して行われます。その他のパラメタ（ θ ，雑音密度，AUX IN）に対して，レシオ演算は行われません。

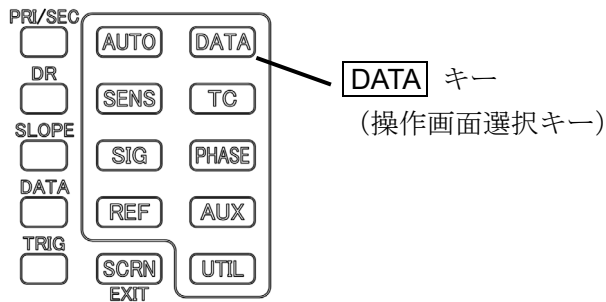
ノーマライズ演算と EXPAND を実行しているときは，レシオ演算は実行できません。

5.6 雑音密度の測定

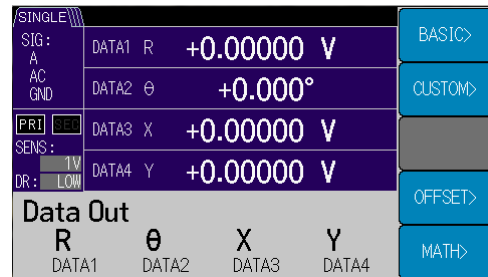
5.6.1 雑音密度測定の実行

雑音密度の測定方法を示します。

まず **DATA** キーを押して、{出力信号設定画面} に移動します。

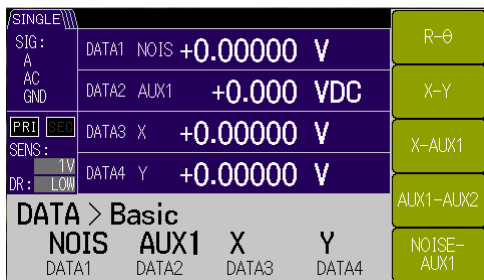


{出力信号設定画面}



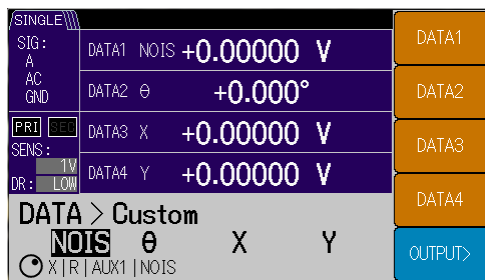
1) 雑音密度を表示させる。

{基本測定パラメタ設定画面}



雑音密度を表示させるには、[BASIC>] ソフトキーを押した場合、つぎに[NOISE-AUX1] ソフトキーを押します。DATA1 に NOISE, DATA2 に AUX IN 1 が設定されます。(他の設定は変更されません。)

{個別測定パラメタ設定画面}



[CUSTOM>] ソフトキーを押した場合、次に [DATA1] ソフトキーを押して、モディファイノブないしアップダウンキーで、“NOIS” を選択します。DATA1 に NOISE が設定されます。(他の設定は変更されません。)

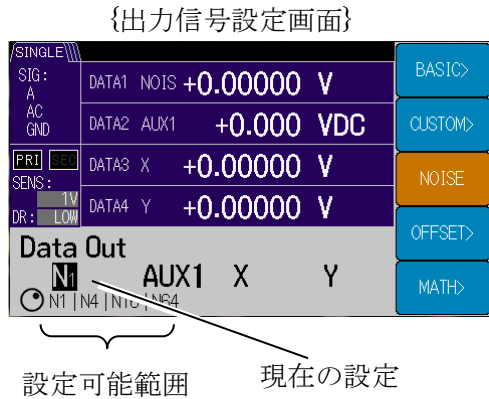
2) 時定数を設定する

時定数 (TC) は 1 ms 以上または測定する信号周期の 10 倍以上、減衰傾度 (SLOPE) は特に支障が無い限り 24 dB/oct を目安に設定します。

時定数や減衰傾度が不足していると、離れた周波数にある雑音や位相検波で生じるリップルも一緒に測定してしまいます。このため、雑音密度が大きく見ることがあります。

時定数や減衰傾度を大きくして、雑音密度が低下するようなら、時定数や減衰傾度が不足しています。時定数を大きくすると測定に要する時間が長くなりますが、適宜手動調整をしてください。

3) 平滑化係数を設定する。



{出力信号設定画面}に戻ると,[NOISE] ソフトキーが出現します。

[NOISE] ソフトキーを押しモディファイノブないしアップダウンキーで平滑化係数 (1, 4, 16, 64) が設定できます。

表示例) N16 : 平滑化係数=16

平滑化係数を4倍にすると、測定値の揺らぎがおよそ1/2に小さくなります。

ただし、整定するまでは長時間がかかるため、およそ次式の時間経過後の揺らぎを観測して、中央値を読み取って測定結果とすることをお勧めします。

$$200 \times \text{平滑化係数} \times \text{時定数} \quad [\text{秒}]$$

4) 感度を設定する。

雑音密度の測定フルスケールは、感度 (SENS) で設定します。

入力端子	測定設定	感度範囲*2
A, A-B	電圧雑音密度	20 nV ~ 1 V *3
C *1	電圧雑音密度	1 mV ~ 10 V *3
I	1M [V/A]	電流雑音密度 1 pA ~ 1 μA *3
	100M [V/A]	電流雑音密度 100 fA ~ 10 nA *3
HF *1	電圧雑音密度	1 mV ~ 1 V *3

*1 : C, HF 端子は、LI5660のみ装備。

*2 : 雑音密度の感度設定値は100%フルスケール、1-2-5シーケンスです。

表示範囲の詳細は、☞ 「9.5 測定値出力、表示部 e) 数値表示」

*3 : 雑音密度 (NOISE) の単位は $V_{\text{rms}}/\sqrt{\text{Hz}}$ (電圧), $A_{\text{rms}}/\sqrt{\text{Hz}}$ (電流) です。

測定画面では、単に V または A と表示されます。

表示された単位に $/\sqrt{\text{Hz}}$ を補って読んでください。

測定周波数と同じ周波数成分があると、雑音密度は正しく測定できません。また、測定周波数以外の雑音が大きいたときは、ダイナミックリザーブを大きくする必要があります。

測定値がフルスケールより十分に小さいにも関わらず、OVER 表示する場合は、ダイナミックリザーブを大きくしたり、感度 (信号フルスケール) を大きくしてください。ただし、ダイナミックリザーブを大きくすると、本機の入力換算雑音が大きくなります。

白色雑音において、下記の関係があります。

$$\text{雑音密度の測定値} = \sqrt{\text{本機の入力換算雑音密度}^2 + \text{入力信号の雑音密度}^2}$$

仕様の雑音密度 $4.5 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ (参考値) は、ダイナミックリザーブが LOW, 1kHz, 感度が 1mV 以下の場合です。

LI5655 / LI5660 の雑音より小さい雑音は測定困難です。外部に低雑音プリアンプ (当社, SA シリーズ等) で増幅して測定してください。

■ 補足説明

雑音密度の測定には、いくつか注意点があります。

- 感度, ダイナミックリザーブ, 時定数, 減衰傾度の選択によって雑音密度測定結果が異なります。
- 時定数や減衰傾度が不足していると, 別の信号と一緒に測定してしまうことがあります。感度や時定数などの設定を決めたら, 一度, 無信号状態で LI5655 / LI5660 の雑音密度を確認してください。電圧測定であれば入力を短絡し, 電流測定であれば入力を開放 (周囲雑音を拾いやすいのでシールドキャップを付けてください。) して, 雑音を測定します。

その後, 測定する信号 (雑音) を入力し, LI5655 / LI5660 自身の雑音より十分に大きい測定結果となることを確認してください。

5.6.2 雑音密度測定の原理

等価雑音帯域幅が B_N のフィルタを通して, ある信号の実効値 V_m が測定されたとすると, 雑音密度 V_n は次の式で求めることができます。

$$V_n = V_m / \sqrt{B_N}$$

ロックインアンプは, 参照信号の周波数 f_r を中心周波数とする帯域通過フィルタとして働きます。通常の測定は中心周波数だけの測定を目的としていますが, 雑音の測定では, 帯域内の全成分の実効値を測定します。

実際には, 帯域制限フィルタの後に高域通過フィルタを設けて, 参照信号周波数成分 (位相検波後の直流成分) を取り除いて実効値を求めます。これにより, 参照信号の漏れ込みの影響や, 雑音測定値の周期的なふらつきを抑えられます。

雑音測定時の等価雑音帯域幅 B_{bp} は, 信号の大きさを測定するときよりやや狭くなっています。このため, 雑音密度用の等価雑音帯域幅を用いて雑音密度の計算を行っています。

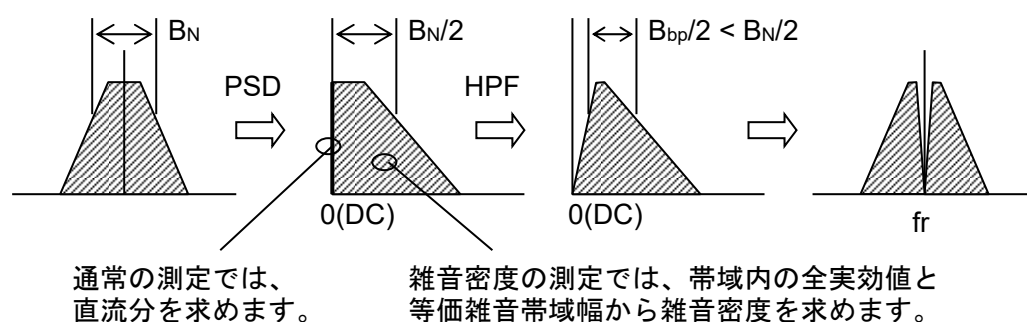
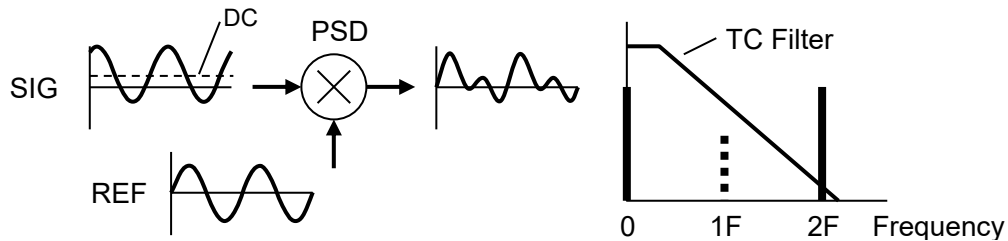


図 5-4 雑音の測定と帯域幅

5.7 PSD 入力オフセット調整

LI5655 / LI5660 には、PSD 入力の DC オフセットをキャンセルする機能があります。

PSD の入力に DC 成分が含まれていると、検波出力に測定周波数 F と等しい $1F$ リプルが発生します。 $1F$ リプルを取り除くには大きな時定数が必要です。このため出力応答が遅くなります。高い周波数で高速応答が必要なときは、PSD 入力オフセット調整を行うことをお勧めします。低い周波数では同期フィルタとの併用が有効です。

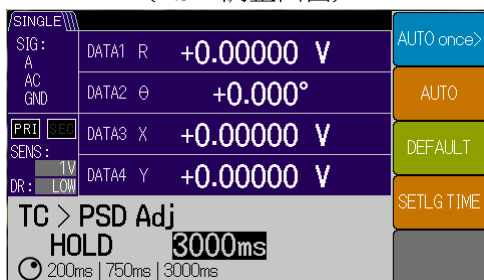


入力信号に大きな DC 成分が含まれているときは、入力結合を AC に設定してください。

LI5655 / LI5660 の PSD オフセット調整機能は、LI5655 / LI5660 内部で発生する小さな DC オフセットをキャンセルします。

1) PSD 入力オフセット調整の操作。

{PSD 調整画面}



まず **[TC]** キーを押して、{時定数設定画面} に移動します。

[PSD ADJ>] ソフトキーを押し、{PSD 調整画面} に移動します。

一度だけ PSD 入力オフセットを自動調整するには、**[AUTO once>]** ソフトキーを押します。

{PSD 調整確認画面}



{PSD 調整確認画面}になりますので、入力端子を無信号状態に保ってください。

[Exec] ソフトキーを押すことで自動調整が実行されます。

[Cancel] ソフトキーを押すと前の画面にもどります。

■ 入力信号をゼロにする方法

電圧測定：ショートプラグや 50Ω ターミネータを用いて、入力端子を短絡します。

電流測定：入力端子にシールドキャップを装着するか、開放のままにします。

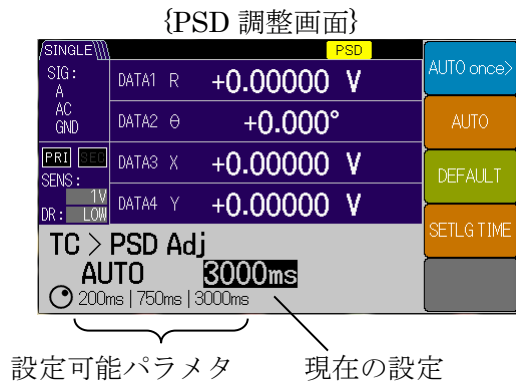
中心導体をシールドせず開放にするときは、電位が変動する金属や誘電体を遠ざけて、雑音の結合を避けます。

■ 事前準備

AUTO once を実行するときは、以下の事前準備が必要です。

- 実際に使用する条件に固定する。
信号入力端子、感度などの測定条件を変更したときは、再度調整が必要です。
- 入力信号をゼロにする。
- 十分なヒートランを実施する。
調整後のドリフトを抑制できます。
また、電源電圧や環境温度をできるだけ一定に保ってください。
常時自動調整を用いるときは、これらの事前準備は不要です。

2) PSD 入力オフセット常時自動調整の操作。



{PSD 調整画面}から、[AUTO] ソフトキーを押し、モディファイノブないしアップダウンキーで常時自動設定の AUTO, HOLD が選択できます。

- AUTO：常時自動調整します。
- HOLD：直前の調整量を保持します。

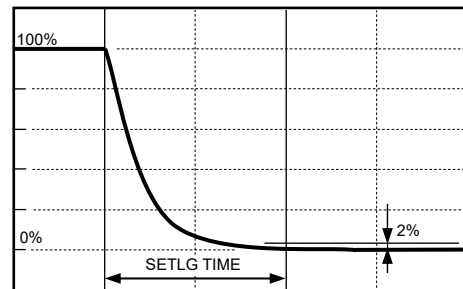
常時調整実行中は、PSD アイコンが表示されません。

[DEFAULT] ソフトキーを押すと、調整量は工場出荷時の値に戻り、HOLD 状態になります。

[SETLG TIME] ソフトキーを押し、モディファイノブないしアップダウンキーでセトリングタイム(収束時間)を 200 ms, 750 ms, 3000 ms に設定できます。

入力オフセット (DC 成分) は、感度フルスケールの 25%まで調整可能です。

セトリングタイムは、入力オフセットを 100%としたとき、約 2%まで収束する時間です。



応答特性 (常時自動調整時)

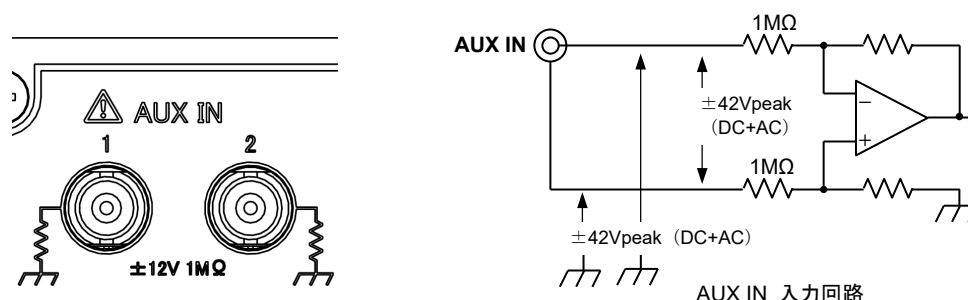
常時自動調整では、低い周波数で信号利得が低下するため測定誤差が大きくなります。

概ね 200 ms 設定では 320 Hz 以上、750 ms 設定では 85 Hz 以上、3000 ms 設定では 21 Hz 以上でお使いください。

調整可能範囲を超えると、最大限の調整値になります。このとき、エラーメッセージは表示されません。

5.8 直流電圧の測定 (AUX IN)

LI5655 / LI5660 には、背面パネルに直流電圧測定用端子を 2 つ備えています。



測定電圧範囲は、 $\pm 12\text{V}$ 、表示分解能は 0.001V です。

サンプリングレートは、 125k サンプル/s ですが、周波数帯域幅は約 5kHz (-3dB) です。

最大入力電圧 (非破壊) は、BNC コネクタの中心導体と外部導体間は $\pm 42\text{V}$ 、中心導体と筐体間ならびに外部導体と筐体間は $\pm 42\text{Vpeak (DC+AC)}$ です。

信号グラウンド (外部導体) の電位は、できる限り筐体電位 (接地電位) に保ってください。

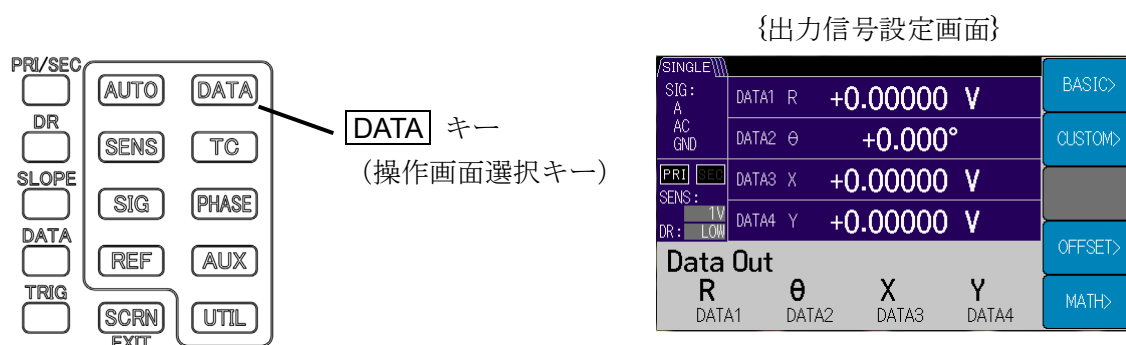
信号グラウンド (外部導体) の電位が、筐体電位から $\pm 1\text{V}$ の範囲を超えたり、 1kHz を超える周波数で変動すると、追加誤差が発生する恐れがあります。

測定ばらつきが大きいときは、スムージング時定数を大きくして (帯域幅を狭めて) ばらつきを抑えます。ただし、応答が遅くなります。

入力電圧がステップ状に変化したとき、測定値が最終値の 99.9% に整定するのに要する時間は、時定数の約 7 倍になります。

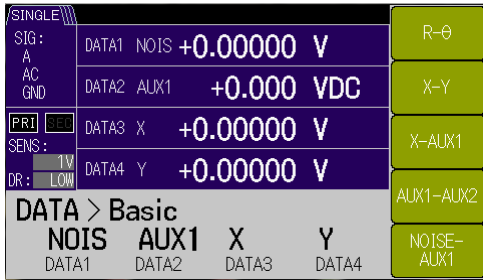
直流電圧の測定方法を示します。

まず **DATA** キーを押して、{出力信号設定画面} に移動します。



1) AUX を表示させる。

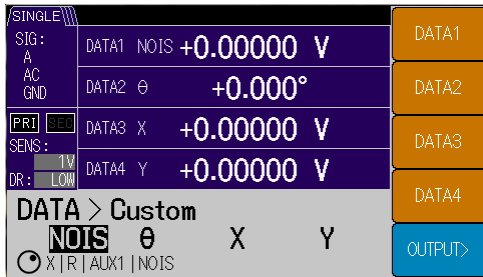
{基本測定パラメタ設定画面}



[BASIC>] ソフトキーを押した場合、つぎに [AUX1-AUX2] ソフトキーを押します。

DATA1 に AUX1, DATA2 に AUX IN 2 が設定されます。(他の設定は変更されません。)

{個別測定パラメタ設定画面}

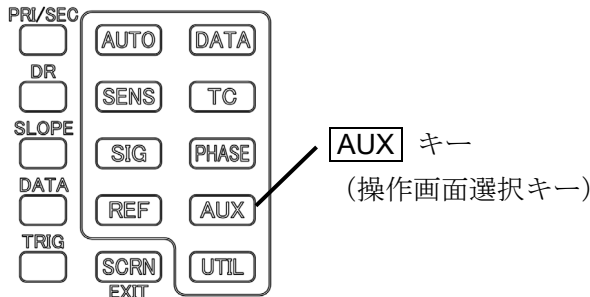


[CUSTOM>] ソフトキーを押した場合、次に [DATA1] ソフトキーを押して、モディファイノブないしアップダウンキーで、“AUX1”を選択します。

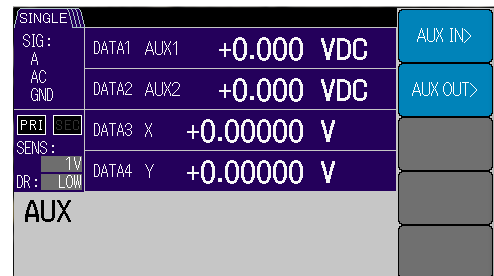
[DATA2] ソフトキーを押して、モディファイノブないしアップダウンキーで、“AUX1”または“AUX2”が選択できます。(他の設定は変更されません。)

2) スムージング時定数を設定する。

まず [AUX] キーを押して、{補助入出力設定画面} に移動します。



{補助入出力設定画面}



{補助入力設定画面}



設定可能パラメタ 現在の設定値

{補助入出力設定画面}から[AUX IN>] ソフトキーを押し、{補助入力設定画面}に移動します。

次に AUX IN1 側のスムージング時定数を設定するには、[IN1] ソフトキーを押して、モディファイノブないしアップダウンキーで時定数を選択します。

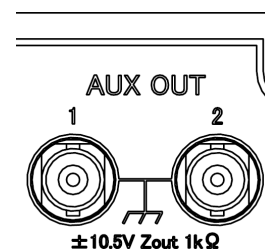
AUX IN2 側を設定するには、[IN2] ソフトキーを押して同様の操作をしてください。

5.9 直流電圧の出力 (AUX OUT)

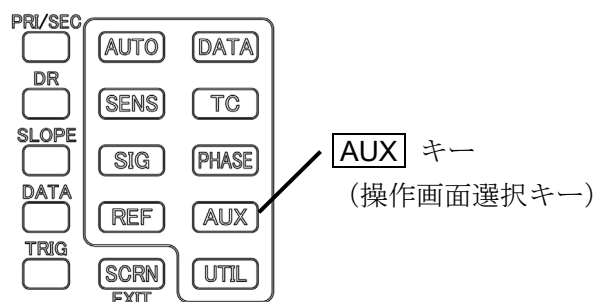
LI5655 / LI5660 には、背面に直流電圧出力端子を 2 つ備えています。

出力インピーダンスは、約 $1\text{k}\Omega$ です。

直流出力電圧端子の信号グラウンドは筐体に接続されています。



まず **AUX** キーを押して、{補助入出力設定画面} に移動します。



{補助入出力設定画面}

SINGLE				AUX IND
SIG: A	DATA1	AUX1	+0.000 VDC	AUX IND
AC GND	DATA2	AUX2	+0.000 VDC	AUX OUT>
PRI: 100	DATA3	X	+0.00000 V	
SENS: 1V	DATA4	Y	+0.00000 V	
DR: LOW	AUX			

{補助出力設定画面}

SINGLE				OUT1
SIG: A	DATA1	R	+0.00000 V	OUT1
AC GND	DATA2	θ	+0.000°	OUT2
PRI: 100	DATA3	X	+0.00000 V	
SENS: 1V	DATA4	Y	+0.00000 V	
DR: LOW	AUX > Aux Out1			
+0.000VDC				
+/-10.5VDC				CLR

設定範囲

現在の設定値

{補助入出力設定画面}から[AUX OUT>] ソフトキーを押して、{補助出力設定画面}に移動します。

AUX OUT1 側の出力電圧値を設定するには、[OUT1] ソフトキーを押して、左右カーソルキーで桁移動し、モディファイノブないしアップダウンキーで数値設定ができます。

AUX OUT2 側を設定するには、[OUT2] ソフトキーを押して同様の操作をしてください。

出力電圧範囲は $\pm 10.500\text{V}$ 、分解能は 0.001V です。

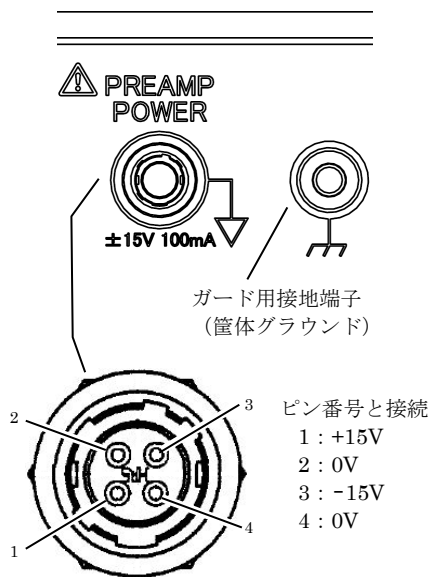
⚠ 注意

外部から出力端子に電圧を加えないでください。内部回路が破損する可能性があります。出力電流に制限があります。負荷インピーダンスは $1.1\text{k}\Omega$ 以上としてください。

5.10 プリアンプへの電源供給

別売りの当社製プリアンプ（超低雑音増幅器 SA シリーズなど）をお使いになるときは、それぞれの推奨電源（低雑音直流電源 LP シリーズなど）の利用をお勧めします。

一般に、プリアンプおよびその電源は、信号源の近くに配置した方が外来雑音の影響を受け難くなります。信号源と増幅器の信号グラウンド（基準電位）をできるだけ接近させてコモンモード雑音の影響を抑え、信号を増幅してから伝送した方が、雑音の影響を受け難くなります。



ヒロセ電機製 HR10-7R-4S(73)

適合プリアンプ

LI5655 / LI5660 と組み合わせて動作が確認されているプリアンプは、以下のとおりです。

- 広帯域電流増幅器 SA-600 シリーズ
- 超低雑音増幅器 SA-400 シリーズ

これは、この説明書を作成した時点における情報です。最新の情報は、当社または当社代理店にお問い合わせください。

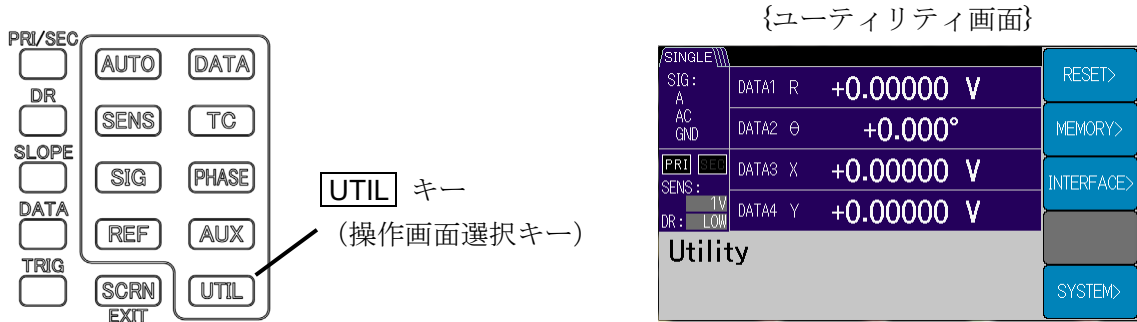
注意

当社が適合性を保証していない機器を、PREAMP POWER コネクタに接続しないでください。さもないと、接続した機器や LI5655 / LI5660 を破損したり、けがを負う恐れがあります。

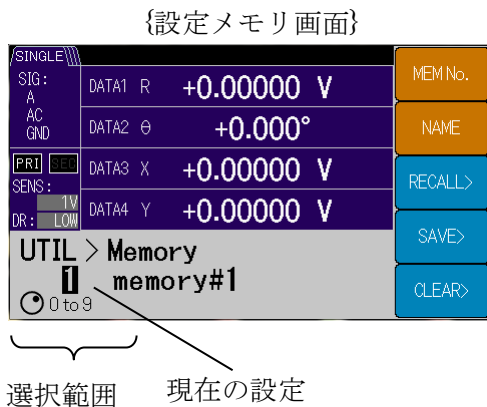
5.11 設定メモリ

LI5655 / LI5660 は、9組の設定メモリを備えています。使用頻度の高い設定を設定メモリに保存しておき、必要なときに復帰できます。

設定メモリに保存や復帰の操作を行うには、まず、**UTIL** キーを押して{ユーティリティ画面}に移動します。



1) 設定メモリを選択するには



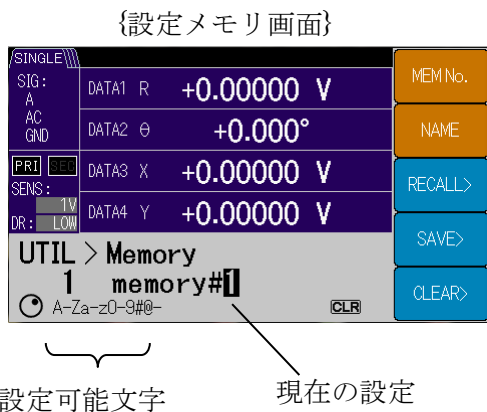
選択範囲 現在の設定

{ユーティリティ画面}から **[MEMORY>]** ソフトキーを押して{設定メモリ画面}に移動します。

設定メモリを選択するには、**[MEM No.]** ソフトキーを押して、モディファイノブないしアップダウンキーで0から9の番号を選択します。

設定メモリ“0”は、電源オフまたは電源切断直前の設定値(レジュームメモリ)が保存されています。電源投入時は、設定メモリ“0”が復帰されます。

2) 設定メモリの名前を変えるには



設定可能文字 現在の設定

設定メモリの名前を変えるには、**[NAME]** ソフトキーを押すと、左右カーソルキーで位置移動し、モディファイノブないしアップダウンキーでメモリ名(1~8文字)を設定ができます。

使用できる文字は、英数字(A-Z a-z 0-9)と一部の記号(#@-)です。

名前の変更は即時反映されますので、確認作業はありません。

3) 設定メモリを復帰するには

{設定メモリ復帰画面}



選択中の設定メモリ

{設定メモリ画面}にて選択した設定メモリを復帰させるには、[RECALL>]ソフトキーを押します。すると、確認画面が表示されますので、実行する場合は[Exec]ソフトキー、キャンセルする場合は[Cancel]ソフトキーを押してください。

復帰できる設定メモリ番号は、0から9になります。

4) 設定メモリに保存するには

{設定メモリ保存画面}

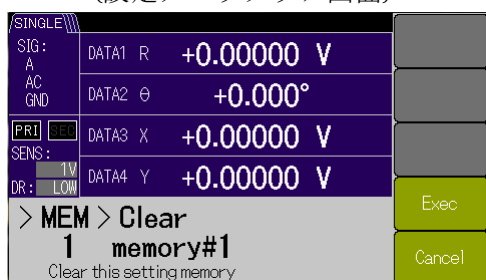


{設定メモリ画面}にて選択した設定メモリに保存するには、[SAVE>]ソフトキーを押します。すると、確認画面が表示されますので、実行する場合は[Exec]ソフトキー、キャンセルする場合は[Cancel]ソフトキーを押してください。

保存できる設定メモリ番号は、1から9になります。

5) 設定メモリを消去するには

{設定メモリクリア画面}



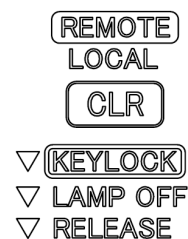
{設定メモリ画面}にて選択した設定メモリを消去するには、[CLEAR>]ソフトキーを押します。すると、確認画面が表示されますので、実行する場合は[Exec]ソフトキー、キャンセルする場合は[Cancel]ソフトキーを押してください。

消去できる設定メモリ番号は、1から9になります。

5.12 その他の機能

5.12.1 パネル操作の禁止 (KEY LOCK)

誤操作を避けるために、パネルのキーおよびノブの操作を禁止したいときは、測定画面において **CLR** キーを 2 秒以上押し続けて、KEY LOCK ランプを点灯させます。点灯したらすぐに放します。



KEY LOCK ランプが点灯しているときは、正面パネルのキーやノブによる操作ができません。ただし、「ランプオフの操作」および「キーロックとランプオフの解除」は可能です。

5.12.2 ランプオフ (LAMP OFF)

光学測定において、周囲の光による妨害を避けたいときは、**CLR** キーを 2 秒以上押して KEY LOCK ランプを点灯させたのち、さらに 2 秒以上押し続けて、すべてのランプと表示器のバックライトを消灯します。消灯したら離します。キーロックとランプオフが両方とも有効な状態になります。

背面パネルの LAN コネクタに付属する表示ランプもランプオフに連動して消灯します。

■ キーロックとランプオフの解除 (RELEASE)

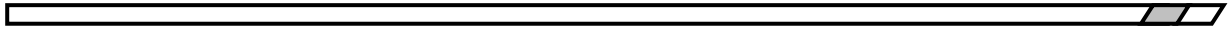
ランプオフの状態では、**CLR** キーを 2 秒以上押すと、キーロックとランプオフ両方の機能が解除されます。電源を入れ直したときも、両機能が解除されます。

■ LOCAL キー (リモート制御)

リモート状態のとき (パネル操作禁止、REMOTE ランプ点灯)、**CLR** キーを押すと、ローカル状態に戻ります (パネル操作可能)。

詳細は、☞ 「LI5655 / LI5660 取扱説明書 (リモート制御)」

2. リモート/ローカル状態の切り換え



(空白)

6. 2周波数測定

6.1 2周波数測定の概要.....	6-3
6.1.1 SINGLE (1周波数測定)	6-3
6.1.2 DUAL1 (分数調波モード)	6-4
6.1.3 DUAL2 (独立周波数モード)	6-5
6.1.4 CASCADE (カスケードモード)	6-6
6.2 検波モードの設定.....	6-7
6.3 測定パラメタの設定, 出力および表示 (2周波数測定)	6-8
6.4 内部発振器の周波数設定 (2周波数測定)	6-10
6.5 時定数フィルタの設定 (2周波数測定)	6-11
6.6 感度の設定 (2周波数測定)	6-12
6.7 位相調整 (2周波数測定)	6-12
6.8 測定値のオフセット調整と拡大 (2周波数測定)	6-13
6.9 レシオ測定 (2周波数測定)	6-14

この章では、2 周波数測定（検波モード DUAL1, DUAL2 および CASCADE）について説明しています。

1 周波数測定（検波モード SINGLE）と同じ操作の説明は省略しています。この章をお読みになる前に、1 周波数測定についての操作説明（4 章, 5 章）をお読みください。

6.1 2周波数測定の概要

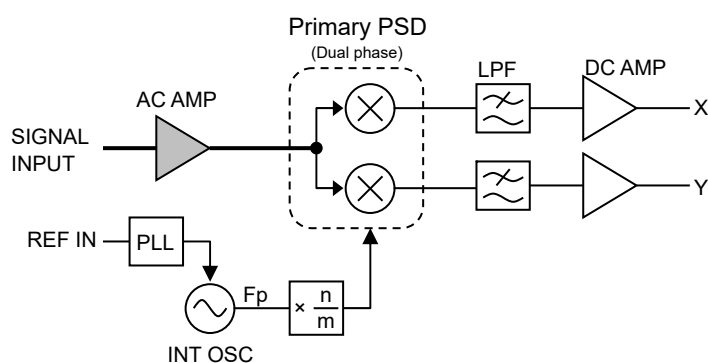
LI 5655 / LI 5660 は、2位相の検波器を主検波器・副検波器の2系統備えています。これにより、ひとつの入力信号に含まれている2つの周波数成分を同時に測定することができます。通常の1周波数測定を含めて、LI 5655 / LI 5660 には、次の4つの検波モードがあります。

*1 : C, HF 端子は、LI 5660 のみ装備。

6.1.1 SINGLE (1周波数測定)

通常の1周波数測定を行います。

基本波 (F) または分数調波 ($n \times F / m$) の信号成分を測定します。副検波器は使用されません。



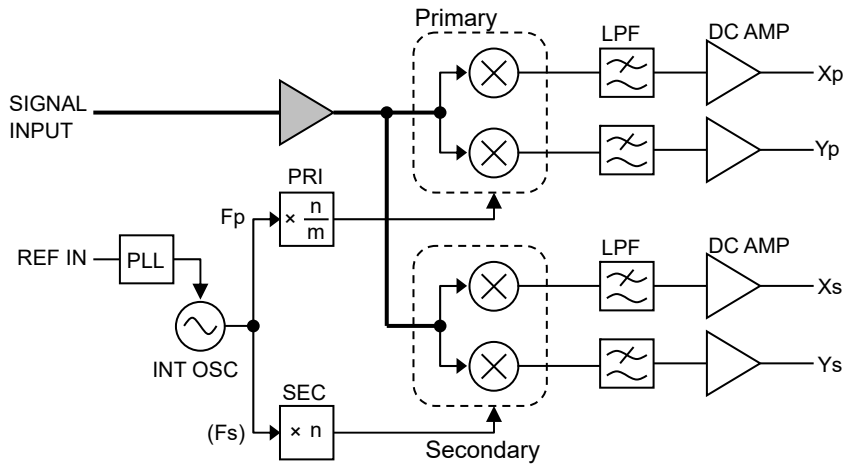
設定周波数範囲

信号入力	主検波器	
	参照信号源	主周波数 (Fp) 範囲
A A-B C *1 I	REF IN SIN POS TTL POS TTL NEG INT OSC SIGNAL	0.3 Hz ~ 3.2 MHz
HF *1	REF IN TTL POS TTL NEG INT OSC	8 kHz ~ 11.5 MHz

6.1.2 DUAL1（分数調波モード）

主検波器と副検波器は並列接続されます。

基本波 (F) に対して、主検波器により分数調波 ($n \times F / m$) の信号成分、副検波器により調波 ($n \times F$) の信号成分を同時測定することができます。



設定周波数範囲

信号入力	主検波器		副検波器	
	参照信号源	主周波数 (Fp) 範囲	参照信号源	副周波数 (Fs) 範囲
A A-B C *1 I	REF IN SIN POS TTL POS TTL NEG INT OSC SIGNAL	0.3 Hz ~ 3.2 MHz	主検波器と共通	
HF *1	REF IN TTL POS TTL NEG INT OSC	8 kHz ~ 11.5 MHz	主検波器と共通	

■ 制約事項

測定できる調波の周波数範囲は、各入力の同期周波数範囲に限定されます。

参照信号源に測定信号 (SIGNAL) を選択しているときは、調波設定の n, m に関わらず、常に PRI 側は 1/1 倍, SEC 側は 1 倍で動作します。

■ 補足説明

調波設定の “n” は共通ではありません。

主検波器側、分数調波 ($n \times F / m$) の n は “PRI n”, m は “PRI m” です
副検波器側、調波 ($n \times F$) の n は “SEC n” です。

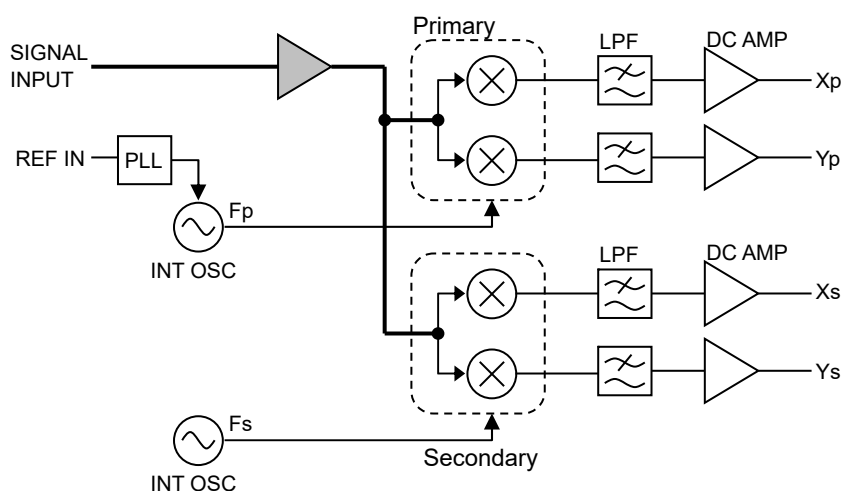
各々設定することができます。

6.1.3 DUAL2（独立周波数モード）

主検波器と副検波器は並列接続されます。

主検波器により主周波数 (F_p) の信号成分, 副検波器により副周波数 (F_s) の信号成分を同時に測定します。

主検波器は, 参照信号に REF IN, INT OSC, SIGNAL が選択できますが, 副検波器には, INT OSC しか選択できません。



設定周波数範囲

信号入力	主検波器		副検波器	
	参照信号源	主周波数 (F_p) 範囲	参照信号源	副周波数 (F_s) 範囲
A A-B C *1 I	REF IN SIN POS TTL POS TTL NEG INT OSC SIGNAL	0.3 Hz ~ 3.2 MHz	INT OSC	0.3 Hz ~ 3.2 MHz
HF *1	REF IN TTL POS TTL NEG INT OSC	8 kHz ~ 11.5 MHz	INT OSC	8 kHz ~ 11.5 MHz

■ 補足説明

REF IN から入力される外部参照信号（同期周波数）と, 副周波数には同期関係がありません。

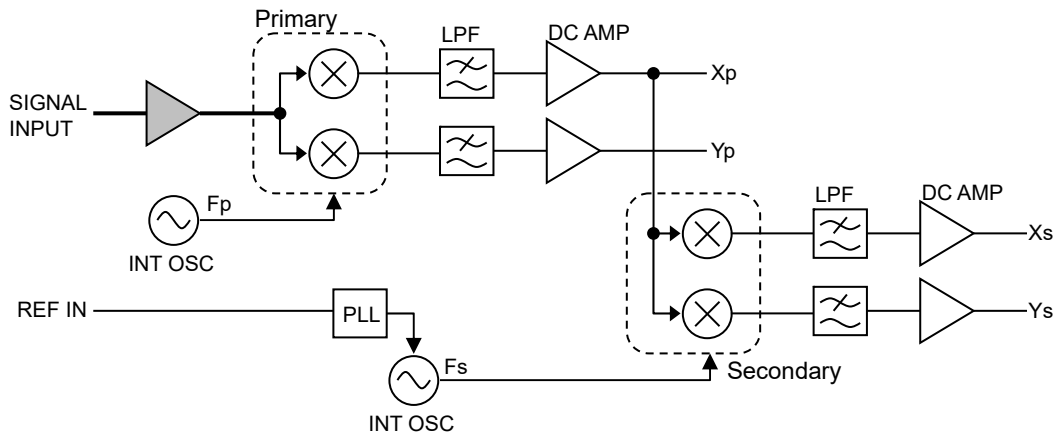
REF IN に入力する参照信号源が 10MHz 基準周波数に同期していれば, 外部 10MHz 同期機能により同期させることができます。

6.1.4 CASCADE（カスケードモード）

主検波器と副検波器は縦続接続されます。

主検波器により主周波数信号を検波した結果を、さらに副検波器により副周波数で検波します。

CASCADE では、参照信号源の外部参照信号（REF IN）は、主検波器ではなく副検波器に接続されます。このため、副検波器は、参照信号源に REF IN、INT OSC が選択できますが、主検波器には、INT OSC しか選択できません。



設定周波数範囲

信号入力	主検波器		副検波器	
	参照信号源	主周波数 (Fp) 範囲	参照信号源	副周波数 (Fs) 範囲
A A-B C *1 I	INT OSC	0.3 Hz ~ 3.2 MHz	REF IN SIN POS TTL POS TTL NEG INT OSC	0.3 Hz ~ 3.2 MHz
HF *1	INT OSC	8 kHz ~ 11.5 MHz	REF IN SIN POS TTL POS TTL NEG INT OSC	0.3 Hz ~ 3.2 MHz

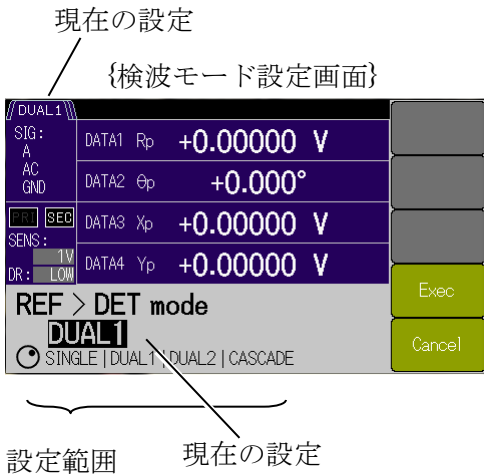
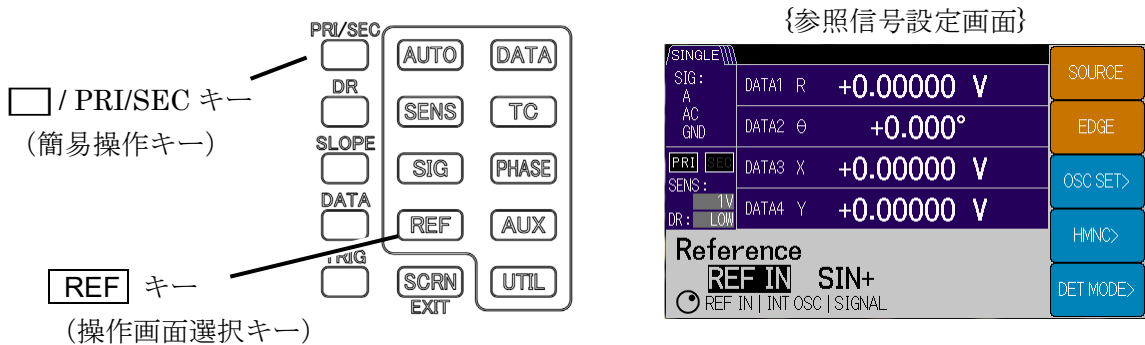
■ 制約事項

カスケードモードにはいくつかの制約事項があります。

- 参照信号源に測定信号（SIGNAL）は選択できません。
- HF *1 入力設定時、主周波数 Fp の周波数範囲は 8 kHz ~ 11.5 MHz ですが、副検波器 Fs の周波数範囲は 0.3 Hz ~ 3.2 MHz に制限されます。

6.2 検波モードの設定

検波モードを選択するには、まず **REF** キーを押して、{参照信号設定画面} に移動します。



{参照信号設定画面}から[DET MODE>] ソフトキーを押して、{検波モード設定画面}に移動します。

モディファイノブないしアップダウンキーで検波モードを選択します。

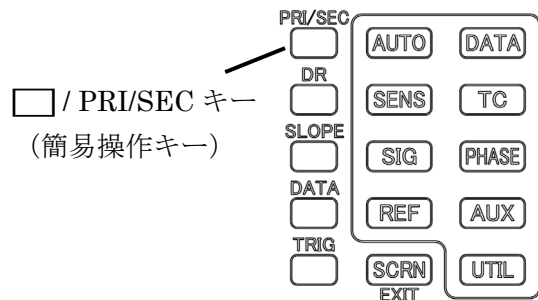
[Exec] ソフトキーを押して設定を実行します。

[Cancel] ソフトキーを押すと、一つ前の画面に戻ります。

検波モードに DUAL1, DUAL2 または CASCADE を選択すると、測定画面において、**REF** / **SEC** キーが有効になります。

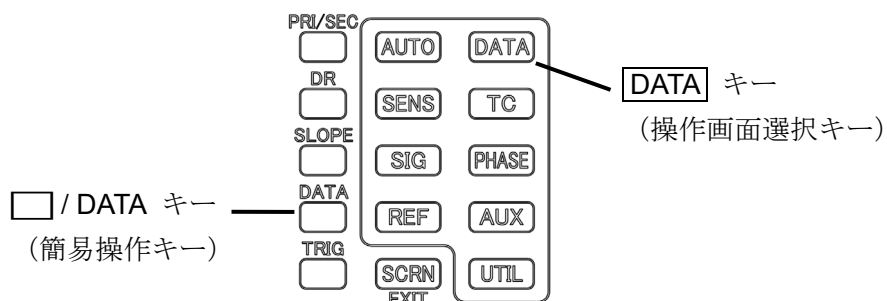
測定画面から、**REF** / **SEC** キーを押すと画面上の **PRI** (主検波器) アイコンと **SEC** (副検波器) アイコンが切り替わります。点灯している検波器の感度 (SENSE), 時定数 (TC), 減衰傾度 (SLOPE) を設定できます。

ただし、ダイナミックリザーブは主検波器, 副検波器共通設定になります。



6.3 測定パラメタの設定, 出力および表示 (2周波数測定)

2周波数測定では, 1周波数測定と比較して, 出力および表示できる測定パラメタの選択肢が増えます。



1) 測定画面での操作

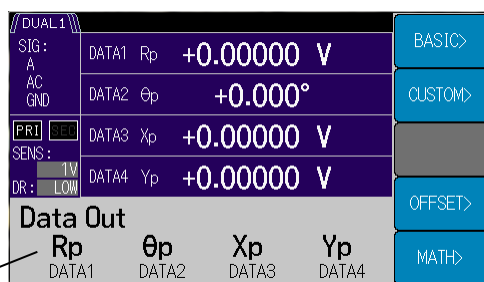
DATA1 と DATA2 に限り, □ / DATA キーを用いて, 以下のように切り替わります。

DATA1 - DATA2 : (変更前) → $R_p - \theta_p$ → $X_p - Y_p$ → $X_s - Y_s$ → $X_p - X_s$ → $R_p - \theta_p$

2) 操作画面での操作

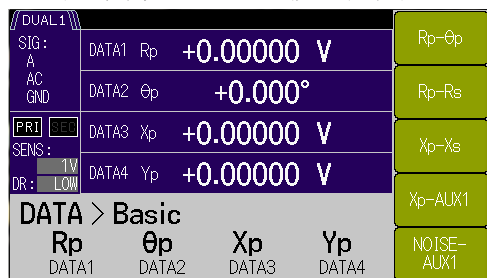
まず [DATA] キーを押して {出力信号選択画面} に移動します。

{出力信号選択画面}



現在の DATA 1, DATA2, DATA3, DATA4 出力・表示パラメタ (DUAL1 時)

{基本測定パラメタ設定画面}



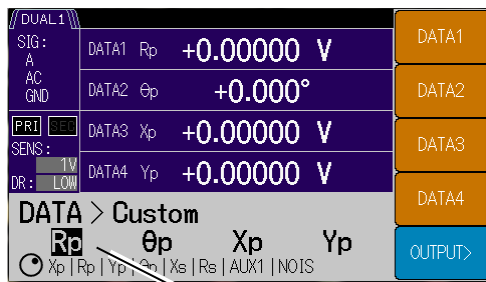
次に [BASIC>] ソフトキーを押すと, 基本的な組み合わせをソフトキーが表示されます。

ソフトキーの表示内容が, DATA1 と DATA2 に指定されます。

[Xp-Yp] ソフトキーを押すと, DATA1 に Xp, DATA2 に Yp が設定されます。

また, DATA3 と DATA4 は変更されません。

{個別測定パラメタ設定画面}



設定範囲 現在の設定

[CUSTOM>]ソフトキーを押すと, DATA1 から DATA4 に任意の測定パラメタが設定できます。

DATA1 のパラメタを変更する場合, [DATA1]ソフトキーを押し, 次にモディファイノブないしアップダウンキーで測定パラメタを選択します。

設定できる測定パラメタは下表の通りです。

出力 / 表示	検波モード	
	SINGLE	DUAL1 DUAL2, CASCADE
DATA1	X, R, AUX IN 1, NOISE	X _p ,R _p ,Y _p , θ _p ,X _s , R _s ,AUX IN 1,NOISE
DATA2	Y, θ, AUX IN 1, AUX IN 2	Y _p ,θ _p ,X _s ,R _s , Y _s ,θ _s ,AUX IN 1,AUX IN 2
DATA3	X, R	X _p ,R _p ,Y _p , θ _p ,X _s , R _s
DATA4	Y, θ	Y _p ,θ _p ,X _s ,R _s , Y _s ,θ _s
備考: X, Y, R, θ 添字	n : 調波 (調波設定時末尾に n がつきます。例 Xn)	p : 主検波器 s : 副検波器 n : 調波 (調波設定時末尾に n がつきます。例 Xpn)

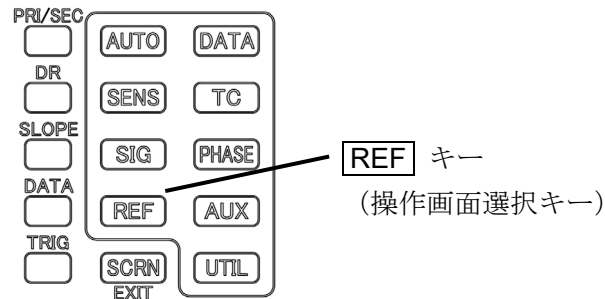
■ 制約事項

- 測定パラメタの設定を, 検波モード SINGLE, DUAL1, DUAL2 (CASCADE は DUAL2 と共通) 毎に, 保持しています。
- 雑音密度を測定できるのは, 主検波器のみです。

6.4 内部発振器の周波数設定 (2周波数測定)

検波モード DUAL2 および CASCADE では、内部発振器の周波数設定が主周波数と副周波数で別々に設定できます。

また、発振器出力 (OSC OUT) に出力する周波数を、主周波数と副周波数に選択できます。



1) 内部発振器の周波数設定

{発振器設定画面}



まず **REF** キーを押して、{参照信号設定画面}に移動します。

次に[**OSC SET>**]ソフトキーを押して、{発振器設定画面}に移動します。

検波モードが SINGLE および DUAL1 では、内部発振器 [**FREQ>**]ソフトキーでしたが、DUAL2 および CASCADE では、主周波数側を[**PRI FREQ>**]ソフトキー、副周波数側を[**SEC FREQ>**]ソフトキーにより設定できます。

参照信号設定が、REF IN のときは、DUAL2 では[**PRI FREQ>**]ソフトキーが、CASCADE ではを[**SEC FREQ>**]ソフトキーが非表示になります。

2) 内部発振器の出力選択

{OSC 出力発振器選択画面}



内部発振器に同期した信号を OSC OUT 端子から出力できます。

[**SEL CH>**]ソフトキーを押すと、{OSC 出力発振器選択画面}に移動します。

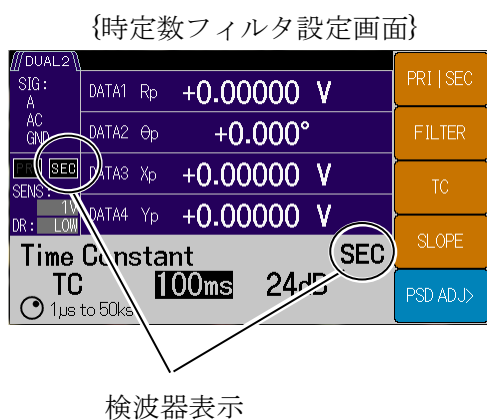
モディファイノブないしアップダウンキーで内部発振器を選択します。

PRI : 主周波数に同期

SEC : 副周波数に同期

6.5 時定数フィルタの設定 (2周波数測定)

主検波器と副検波器の時定数フィルタを独立に設定できます。



時定数を設定するには、まず **TC** キーを押して {時定数フィルタ設定画面} に移動します。

[**PRI | SEC**]ソフトキーを押すと、主検波器と副検波器の設定を切り替えることができます。検波器ごとに設定してください。

フィルタの選択 (**FILTER**)、時定数 (**TC**)、減衰傾度 (**SLOPE**) の設定方法は、検波モードが **SINGLE** のときと同じです。

詳細は、☞ 「4.6 時定数フィルタの設定と特性」

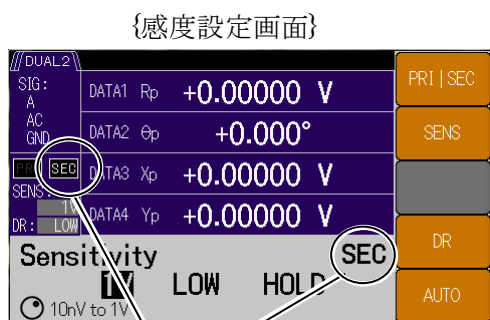
PSD 入力オフセット調整は、両検波器共通設定となります。

検波モードが **CASCADE** のとき、主検波器側の時定数や減衰傾度の設定によっては、副検波器側に伝えたい信号が減衰することがあります。副検波器の出力信号が検出できないときは、主検波器側の時定数や減衰傾度を小さくしてみてください。

6.6 感度の設定（2周波数測定）

主検波器と副検波器の感度は独立に設定します。

感度を設定するには、まず **[SENS]** キーを押して {感度設定画面} に移動します。



検波器表示

[PRI | SEC]ソフトキーを押すと、主検波器と副検波器の設定を切り替えることができます。検波器ごとに設定してください。

感度 (SENS), ダイナミックリザーブ (DR) の設定方法は、検波モードが SINGLE のときと同じです。

ダイナミックリザーブと自動感度調整は、両検波器共通設定となります。

詳細は、☞ 「4.7 感度とダイナミックリザーブの設定」

■ 制約事項

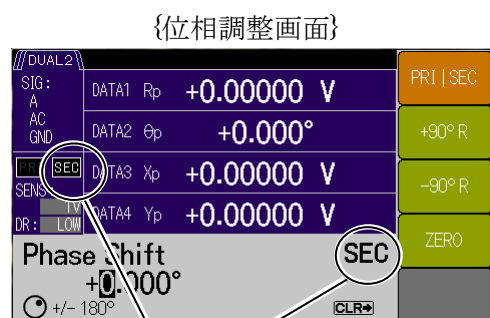
副検波器側の感度設定は主検波器側の感度設定以下（高感度）となります。

たとえば、主検波器の感度が 100 mV のとき、副検波器の感度は 100 mV 以下（50 mV, 20 mV など）に制限されます。

6.7 位相調整（2周波数測定）

主検波器と副検波器の参照信号移相量を独立に設定します。

位相を調整するには、まず **[PHASE]** キーを押して {位相調整画面} に移動します。



検波器表示

[PRI | SEC]ソフトキーを押すと、主検波器と副検波器の設定を切り替えることができます。検波器ごとに設定してください。

位相調整の設定方法は、検波モードが SINGLE のときと同じです。

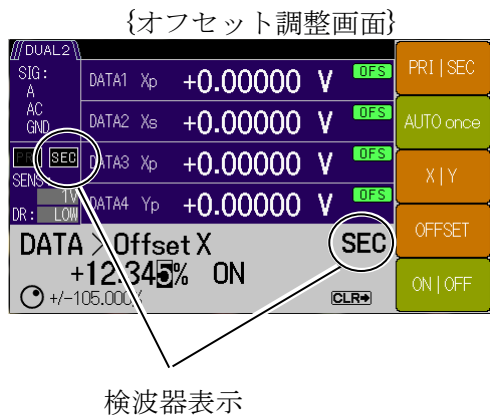
詳細は、☞ 「4.8 位相調整」

6.8 測定値のオフセット調整と拡大（2周波数測定）

主検波器と副検波器のオフセット調整と拡大を独立に設定します。
まず以下の手順で各々の設定画面に移動します。

1) オフセット調整

まず **[DATA]** キーを押して{出力信号設定画面}に移動します。



[OFFSET>] ソフトキーを押して、{オフセット調整画面}に移動します。

[PRI|SEC] ソフトキーを押すと、主検波器と副検波器の設定を切り替えることができます。

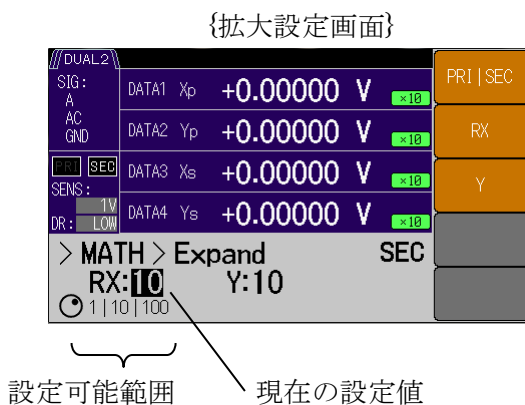
検波器ごとに設定してください。

オフセット調整方法は、検波モードが **SINGLE** のときと同じです。

詳細は、☞ 「5.1 測定値のオフセットと拡大」

2) 拡大 (EXPAND)

まず **[DATA]** キーを押して{出力信号設定画面}に移動します。



[MATH>] ソフトキーを押して、{演算設定画面}に移動します。モディファイノブないしアップダウンキーで“**EXPAND**”を選択し、**[EXPAND>]** ソフトキーを出現させます。

[EXPAND>] ソフトキーを押すと、{拡大設定画面}に移動します。

[PRI|SEC] ソフトキーを押すと、主検波器と副検波器の設定を切り替えることができます。検波器ごとに設定してください。

[RX] または **[Y]** のソフトキーを押して、モディファイノブないしアップダウンキーで { ×1 | ×10 | ×100 } に倍率設定できます。

測定データ **R** と **X** の拡大倍率は共通、**Y** の倍率は独立設定です。

EXPAND を使用することで、見かけの感度（信号フルスケール）を 0.1 倍または 0.01 倍にできます。

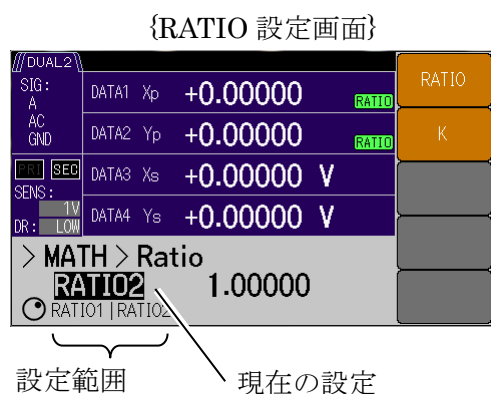
■ 制約事項

拡大できるのは検波器出力 X, Y, R (X, Y オフセット調整後) だけです。その他のパラメタ (位相, 雑音密度, AUX IN) は拡大できません。

ノーマライズ演算またはレシオ演算を実行しているときは, EXPAND は行われません。

6.9 レシオ測定（2周波数測定）

レシオ演算の分子は常に主検波器の出力 (Xp, Yp, Rp) です。検波モード DUAL1 および DUAL2 では, 分母として通常の AUX IN 1 の他に, 副検波器の出力 (Xs) を指定できます。



まず **DATA** キーを押して {測定データ設定画面} に移動します。

[MATH>] ソフトキーを押して, {演算設定画面} に移動します。モディファイノブないしアップダウンキーで “RATIO” を選択し, [RATIO>] ソフトキーを出現させます。

[RATIO>] ソフトキーを押すと, {RATIO 設定画面} に移動します。

[RATIO] ソフトキーを押し, モディファイノブないしアップダウンキーで RATIO 演算を下表のように選択できます。

RATIO 選択	演算内容	検波モード
RATIO1	$K \times (\text{主検波器 (Xp, Yp, Rp)} \div \text{AUX IN1})$ [%FS]	SINGLE DUAL1 DUAL2
	$K \times (\text{副検波器 (Xs, Ys, Rs)} \div \text{AUX IN1})$ [%FS]	CASCADE
RATIO2	$K \times (\text{主検波器 (Xp, Yp, Rp)} \div \text{副検波器 Xs})$ [%FS]	DUAL1 DUAL2

分母の更新レートは, 最高 10k サンプル/s になります。

ただし, 内部処理によっては遅くなることがあります。

7. トラブルシューティング

7.1 エラーメッセージ.....	7-2
7.1.1 電源投入時のエラー.....	7-3
7.1.2 パネル操作時のエラー.....	7-3
7.1.3 測定中のエラー.....	7-4
7.1.4 信号オーバレベル.....	7-5
7.1.5 同期外れ.....	7-5
7.2 故障と思われるとき.....	7-6
7.3 Q & A.....	7-7

7.1 エラーメッセージ

ここでは、電源投入時の自己診断や、パネル操作、通常の測定において発生する主なエラーと、その原因、必要な処置を示します。

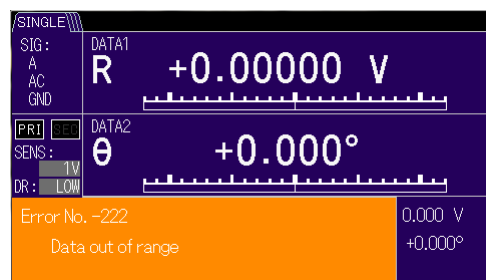
修理が必要なときは、当社または当社代理店までご連絡ください。

LI5655 / LI5660 の修理をご依頼になるとき、エラーメッセージが表示されていたら、エラーメッセージの内容をお知らせください。

強い外来雑音による誤動作など稀な事象では、この説明書に記載されていないエラーメッセージが表示されることがあります。

ファームウェアのアップデートなど、通常とは異なる操作を行うと、この説明書に記載されていないエラーメッセージが表示されることがあります。他に提供された説明書があるときは、その説明書も併せてご覧ください。

リモート制御でだけ発生するエラーについては、「LI5655 / LI5660 取扱説明書(リモート制御)」をご覧ください。リモート制御におけるエラーに対しては、下記のようにメッセージボックスが表示されます。このエラーメッセージは数秒で自動解除されます。



エラーメッセージ (参考)

7.1.1 電源投入時のエラー

電源投入時に自己診断を行い、異常があると起動画面に以下のエラーメッセージを表示します。

エラーメッセージ	内容と原因	対処方法
Error No.-510 Backup Memory ...Initialized	レジュームメモリの内容が消失したため、初期化が行われました。	電源を入れ直してください。エラーが繰り返し起きる場合は、故障ですので修理が必要です。
Calibration ...Uncalibrated	校正データを消失しました。	故障ですので修理が必要です。



エラー表示画面の例

7.1.2 パネル操作時のエラー

パネル操作に伴う、エラー表示について以下に示します。

エラーメッセージ	内容と原因	対処方法										
Error No.-206 Auto-once failed due to unlock	自動設定実行中に UNLOCK になったため、自動設定が中断されました。 対象となる自動設定 <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr><td>AUTO</td><td>→[MEASURE]</td></tr> <tr><td>AUTO</td><td>→[SENS]</td></tr> <tr><td>AUTO</td><td>→[PHASE (PHASE PRI)]</td></tr> <tr><td>AUTO</td><td>→[PHASE SEC]</td></tr> <tr><td>DATA</td><td>→[OFFSET>]→[AUTO once]</td></tr> </table>	AUTO	→[MEASURE]	AUTO	→[SENS]	AUTO	→[PHASE (PHASE PRI)]	AUTO	→[PHASE SEC]	DATA	→[OFFSET>]→[AUTO once]	測定画面上の UNLOCK が表示されないように、参照信号の周波数や振幅が正常であることを確認してください。
AUTO	→[MEASURE]											
AUTO	→[SENS]											
AUTO	→[PHASE (PHASE PRI)]											
AUTO	→[PHASE SEC]											
DATA	→[OFFSET>]→[AUTO once]											
Error No.-207 X, Y out of range	X または Y の測定値が調整範囲外のため、自動オフセット調整が正しく実行されませんでした。	感度（信号フルスケール）を大きくしてください。または減衰器などで入力信号を小さくしてください。										
Error No.-208 DC compensation value saturation occurred	PSD Adj の自動調整範囲外（PSD Adj の AUTO once のみで発生）	無信号状態として実行してください。エラーが繰り返し起きる場合は、故障の可能性があります。当社または当社代理店にお問い合わせください。										

7.1 エラーメッセージ

<p>Error No.-330 Self-test failed</p>	<p>セルフテストの結果が不合格となりました。</p>	<p>接続を確認して、再度セルフテストを実行してください。エラーが繰り返し起きる場合は、故障の可能性があります。当社または当社代理店にお問い合わせください。</p>
---	-----------------------------	--

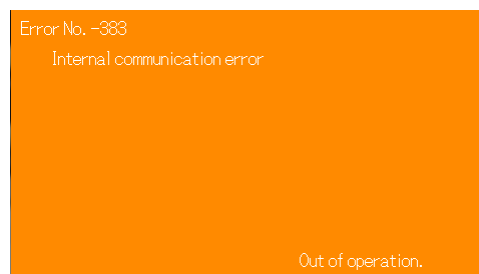
7.1.3 測定中のエラー

測定中に発生する可能性がある、エラー表示について以下に示します。

エラーメッセージ	内容と原因	対処方法
<p>Error No.-381 Overheat</p>	<p>筐体内温度が過熱状態になっています。</p> <p>1) 周囲温度が高い。</p> <p>2) 冷却ファンの故障。</p>	<p>1) 温度が低い場所に移すか、十分な通風を確保してください。電源を切り、内部温度が十分下がるまで待つから、再度電源を入れ直してください。</p> <p>2) 当社または当社代理店に修理をお申し付けください。</p>
<p>Error No.-382 Line over voltage</p>	<p>電源電圧に過電圧を検出しました。</p>	<p>電源を切り、接続する商用電源電圧が製品の電圧範囲内であることを確認してください。または電源切替スイッチの設定を適切に行ってから、再起動してください。</p>
<p>Error No.-383 Internal communication error</p>	<p>内部の通信異常</p>	<p>電源を入れ直してください。エラーが繰り返し起きる場合は、故障ですので修理が必要です。</p>

上記エラーメッセージは表示されたままになります。キーロックとランプオフは解除されませんが、パネル操作もリモート操作も受け付けられず、画面も更新されません。

電源を切り、対処方法を実施してください。



Internal communication error
は、全画面表示されます。

エラー表示画面の例

7.1.4 信号オーバレベル

入力から出力に至る信号経路のどこかで過大な信号レベルが検出され、正しく測定できないときは、画面上にアイコンが表示されます。

詳細は、🔗 「4.7.3 信号オーバレベル表示とモニタ出力」

オーバレベルステータス	内容	対処方法
PROTECT	A または B 端子に、最大入力電圧を超える電圧が検出されました。保護のため、一時的に A, B 両端子が内部で切り離されます。	A または B 端子に印加される信号レベルを下げる。 C 端子を利用する。(LI5660 のみ)
IN/OUT	下記 INPUT, OUTPUT 両方の事象が生じています。	(下記をご覧ください)
INPUT	信号入力端子から PSD (主検波器) 入力までの AC 増幅部でオーバレベルが生じています。 PSD の入力信号は、MONITOR OUT 端子で確認できます。	感度 (信号フルスケール) を大きくする。 ダイナミックリザーブを大きくする。 入力信号に直流成分が含まれているときは、AC 結合にする。 電源から混入した雑音を減衰させるため、電源周波数フィルタを有効にする。
OUTPUT	PSD 出力の信号処理部 (時定数フィルタや DC 増幅部) でオーバレベルが生じています。 OFFSET, EXPAND, NORMALIZE, RATIO などの演算結果による出力電圧が、許容範囲を超えています。 出力・表示されていない測定パラメタも対象となります。	時定数や減衰傾度を大きくして、雑音を減衰させます。 感度 (信号フルスケール) を大きくする。 一度演算を無効にして、元の信号 (X, Y, R, AUX IN 1) を確認してください。そのうえで、出力がオーバレベルにならない設定でお使いください。
AUX	AUX IN 1 または AUX IN 2 端子の過大入力です。	AUX IN 1 または AUX IN 2 端子に印加される信号レベルを下げてください。

同時に複数の事象が発生すると、表の上方にあるステータスが優先して表示されます。

7.1.5 同期外れ

参照信号源が外部参照信号または測定信号に設定されていて、それらに同期していないときは、測定画面に UNLOCK ステータスが表示されます。

このようなときは、外部参照信号の波形選択、および実際の参照信号の大きさや波形、周波数を確認して、同期できる範囲でお使いください。

詳細は、🔗 「4.4 参照信号の設定と接続」, 「9.3 参照信号系」

雑音や変動のない、仕様範囲内の参照信号に同期しないときは故障ですので、当社または当社代理店に修理をお申し付けください。

7.2 故障と思われるとき

故障と思われるときは、一度以下の一覧表に対処方法が記載されていないかご確認ください。問題が解決しないか、対処方法を試みても回復しないときは、当社または当社代理店にご連絡ください。

表 7-1 おかしいと思ったら

内 容	考えられる原因	対処方法
電源が入らない	電源コードが正しく装着されていない。	電源コードをしっかりと挿入してください。
	定格範囲外の電源を使用している。	電源コンセントの電圧をテストなどで確認してください。 背面の電源電圧切り換えスイッチの設定を確認してください。電源電圧の設定を変更するときは、必ず電源コードを抜いてから行ってください。
	ヒューズが溶断している。	電源コードを抜き、電源コンセントの電圧と背面の電源電圧切り換えスイッチの設定が合っていることを確認してから、新しいヒューズに交換してください。それでもヒューズが溶断するときは、故障ですので、当社または当社代理店に修理をお申し付けください。
パネル操作ができない	キーがロックされている。	KEY LOCK ランプが点灯していたら、一度測定画面が消え、再び表示されるまで、 [CLR] キーを押し続けます。画面が表示されたら、すぐに離します。KEY LOCK ランプが消灯してパネルから操作できるようになります。
	リモート状態になっている。	REMOTE ランプが点灯していたら、 [CLR] / LOCAL キーを押してローカル状態に戻してください。 ローカルロックアウト状態のときは、この操作は無効です。外部制御コントローラからローカルに戻す操作を行ってください。
取扱説明書の通りにならない	設定が初期化されていない。	多くの説明は設定初期化後を前提にしています。 [UTIL] , [RESET>] , [Exec] キー操作で初期化してからお試しください。
冷却ファンの音が大きくなった	ファンの劣化または故障の可能性あります。	当社または当社代理店に修理をお申し付けください。

7.3 Q & A

Q1 パルス信号の波高値を測定したい。

ロックインアンプの電圧表示は単位が V になっているが、V_{peak} ですか。

A1 ロックインアンプでは、波高値は測定できません。

本機は、繰り返し信号の基本波成分の実効値 (V_{rms}) を測定します。

ロックインアンプでパルス信号を測定すると、パルス波形 (波高値, パルス幅, デューティなど) に依存して測定値が変化します。波形が既知であれば、実効値から波高値を計算できますが、デューティが低いと、信号がない (雑音だけの) 期間がほとんどになるため、S/N (信号対雑音比) が低下します。孤立した単発のパルス信号も測定できません。

Q2 信号の波形を見たい。雑音に埋もれている波形を再生できますか。

A2 ロックインアンプでは、波形は表示できません。

連続的に繰り返す信号であれば、基本波成分と高調波成分を測定して、およその波形を合成できますが、誤差が大きいため、お勧めできません。特に、周波数が高いと、高調波の位相がずれるため、正しい波形は得られません。

Q3 直流電圧を測定できますか。

A3 ロックインアンプでは、直流は測定できません。

測定できるのは交流信号に限られます。何らかの手段で振幅変調して交流信号にすれば測定できますが、この場合、変調器の利得を校正する必要があります。

(空白)

8. 保守

8.1	はじめに	8-2
8.2	日常の手入れ	8-3
8.3	保管・再梱包・輸送	8-3
8.4	バージョンの確認	8-4
8.5	主な機能の確認	8-5
8.5.1	自己診断	8-5
8.6	性能試験	8-6
8.6.1	はじめに	8-6
8.6.2	アイソレーションの確認	8-8
8.6.3	電圧測定確度	8-10
8.6.4	電流測定確度	8-16
8.6.5	測定値のアナログ出力電圧確度	8-18
8.6.6	コモンモード除去比	8-20
8.6.7	入力換算雑音	8-21
8.6.8	位相確度	8-22
8.6.9	周波数確度	8-24
8.6.10	内部発振器正弦波出力振幅確度	8-25
8.6.11	AUX IN 直流電圧測定確度	8-26
8.6.12	AUX OUT 直流電圧確度	8-27
8.7	校正	8-28
8.8	保守情報	8-29

8.1 はじめに

機器を最良の状態でご使用いただくためには、下記のような保守が必要です。

- 動作点検 機器が正しく動作しているかどうかをチェックします。
- 性能試験 機器が定格を満足しているかどうかをチェックします。
- 調整, 校正 定格を満足していない場合は、当社で調整または校正を行い、性能を回復させます。
- 故障修理 それでも改善されないときは、当社で故障の原因や故障箇所を調べ、修理します。

この取扱説明書には、容易に行うことができる動作確認と性能試験の方法を記載しています。より高度な点検、調整、校正や故障修理については、当社または当社代理店までお問い合わせください。

警告

機器の内部には、高電圧の箇所があります。カバーは取り外さないでください。
機器内部の点検は、危険防止に精通している訓練されたサービス技術者以外の方は行わないでください。

8.2 日常の手入れ

LI5655 / LI5660 は、設置条件を満たす場所に設置してお使いください。

設置条件の詳細は、☞ 「2.2.2 設置条件」

LI5655 / LI5660 の正面パネルはプラスチック製です。鋭利なものや高温のもので損傷しないようご注意ください。

パネルやケースの表面が汚れたときは、柔らかい布で拭いてください。汚れがひどい時は、中性洗剤に浸し堅くしぼった布で拭いてください。シンナーやベンジンなどの有機溶剤や化学雑巾等で拭くと、変質や曇りを生じたり、塗装がはがれたりすることがありますので避けてください。

8.3 保管・再梱包・輸送

LI5655 / LI5660 は、設置条件を満たす場所に保管してください。

設置条件の詳細は、☞ 「2.2.2 設置条件」

輸送などのために再梱包するときは、十分な強度と余裕のある大きさの箱に、重さに耐えられる詰め物をして、機器が十分保護されるようにしてください。

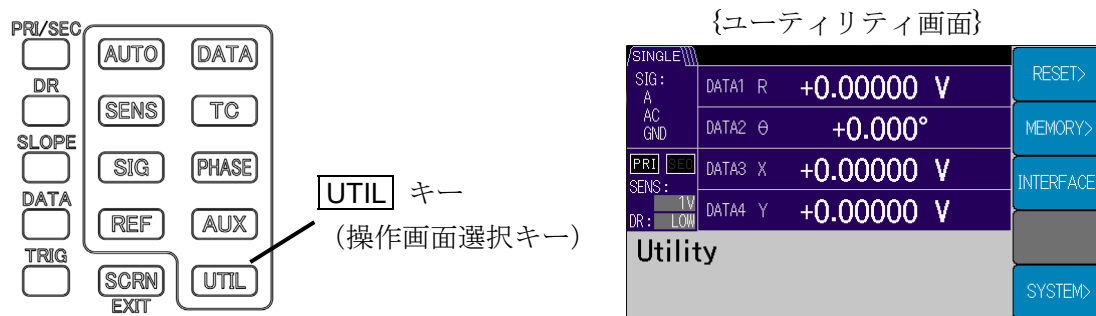
輸送時は、強い衝撃が加わることがないように注意してお取扱ってください。

8.4 バージョンの確認

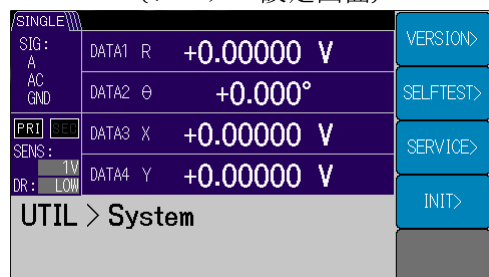
製品の機能改良や不具合修復のために、同じ型名の製品でも個々にバージョンが異なることがあります。バージョン違いにより動作が異なることがありますので、異常を発見されたときは、症状と共にバージョンをお知らせください。

当社ホームページにて、新しいファームウェアへのアップデートをご案内することがあります。起動後は、次の手順でバージョンを確認できます。

まず、**UTIL** キーを押して、{ユーティリティ画面}に移動します。



{システム設定画面}



[**SYSTEM**>] ソフトキーを押して、{システム設定画面}に移動します。

[**VERSION**>] ソフトキーを押して、{バージョン情報画面}に移動します。

{バージョン情報画面}



FW : ファームウェアバージョン
 CAL : 最終校正日
 FPGA : FPGA バージョン
 IF : インタフェースバージョン
 BOARD : ボードバージョン

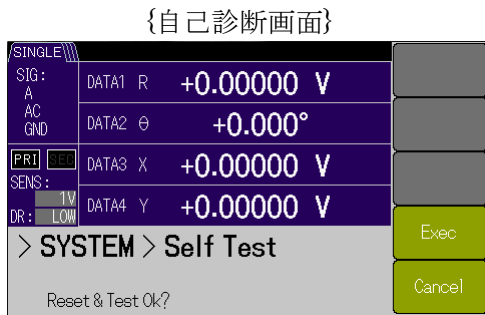
SCRN / **EXIT** キーを押すと、上位の操作画面に戻ります。

8.5 主な機能の確認

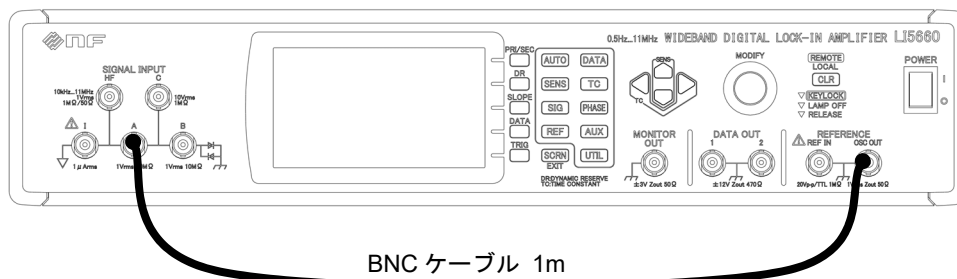
性能試験の前に、「2.4 簡単な動作チェック」を参照して、LI5655 / LI5660 の基本的な動作を確認してください。

8.5.1 自己診断

LI5655 / LI5660 の自己診断を実行するには、{自己診断画面}に移動します。



まず、**UTIL** キーを押して、{ユーティリティ画面}に移動し、**[SYSTEM>]** ソフトキーを押して、{システム設定画面}に移動し、さらに**[SELF TEST>]**ソフトキーを押して、{自己診断画面}に移動する。



OSC OUT と SIGNAL INPUT の“A”に BNC ケーブル (1m) を接続します。

{自己診断画面} から**[Exec]**ソフトキーを押して、自己診断を実行します。

自己診断には、数十秒時間が掛かります。

8.6 性能試験

8.6.1 はじめに

性能試験は、LI5655 / LI5660 の性能劣化を未然に防止するため、予防保守の一環として行います。

性能試験は、受入検査、定期検査、修理後の性能確認などが必要なときに実施します。

ここでは、市販の標準器や測定器を用いて実施できる簡単な性能試験について記載しています。より高度な試験につきましては、当社または当社代理店にご依頼ください。有償にて承っております。

性能試験の結果、仕様を満足しないときは、校正または修理が必要です。当社または当社代理店にご連絡ください。

1) 試験環境の確認

性能試験は、次の環境で行ってください。

- ・周囲温度 23 ± 5 °C
- ・周囲湿度 20 ~ 70 %RH, 結露がないこと
- ・電源電圧 AC 100 V \pm 10% / AC 120 V \pm 10% / AC 230 V+10%, -14%
- ・ウォームアップ 30 分以上

2) 試験前の準備

性能試験の前に、設定を初期化してください。

設定の初期化は、**UTIL** キーを押して、**[RESET>]**ソフトキー、**[Exec]**ソフトキーの順に押してください。詳細は、☞ 「4.2 初めてお使いになるときの簡単な操作方法」

3) 使用機器

動作点検および性能試験には、下記の測定器が必要です。

品名	必要性能	機種例
発振器	波形 : 正弦波 周波数 : 0.5 Hz~11 MHz 振幅 : 100 mVrms~7 Vrms 正弦波に同期した TTL 出力	WF1947 (NF Corp.)
デジタル マルチメータ	AC 電圧計 (真の実効値) (100 mV~10 V レンジ) 確度±0.1% (10 Hz~20 kHz) DC 電圧計 (100 mV~100 V レンジ) 確度±0.04% 抵抗計 (100 kΩ レンジ (10 μA)) (100 Ω レンジ (1 mA)) 確度±0.05%	34401A (Keysight)
交流電圧計 (真の実効値)	(100 mV~10 V レンジ) 周波数応答補正を有効にする。 確度±0.5% (~100 kHz) 確度±0.7% (~1 MHz) 確度±1% (~3 MHz) 確度±4% (~11 MHz)	URE3 (Rohde&Schwarz)
周波数カウンタ	確度 : ±10 ppm, 分解能 1 ppm 以上	53131A (Keysight)
オシロスコープ	帯域幅 10 MHz 以上, 10 s/div 以上	GDS2842 (NF Corp.)
その他		
同軸ケーブル	50 Ω, BNC, RG58 /U 相当	
ワニロケーブル	BNC ワニロケーブル等	
ターミネータ	50 Ω, BNC	
ショートプラグ	BNC	
ディバイダー	BNC, T 型	
パワースプリッタ	BNC, 50 Ω, 2 分配	

8.6.2 アイソレーションの確認

信号入力部のフローティング機能を確認します。

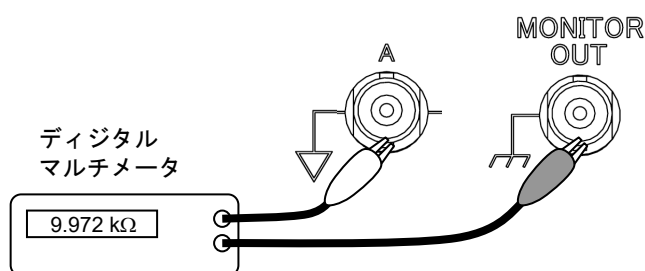
以下の設定説明において、LI5655 / LI5660 を LI56xx と呼びます。

1) フローティング抵抗の確認

LI56xx 設定	: 信号グラウンドをフロート (FLOAT) にする。
測定器設定	: デジタルマルチメータを抵抗測定モードにする。 測定レンジを 100 k Ω (試験電流 10 μ A 以下) とする。
接続	: デジタルマルチメータの HOT を信号入力端子 (例として A) の COLD 側に接続します。デジタルマルチメータの COLD を筐体グラウンド (例として MONITOR OUT の COLD) に接続します。
測定方法	: デジタルマルチメータの HOT から COLD までの直流抵抗を測定します。
判定 (合格範囲)	: 直流抵抗 = 8 k Ω ~ 11 k Ω (およそ 9.6 k Ω)

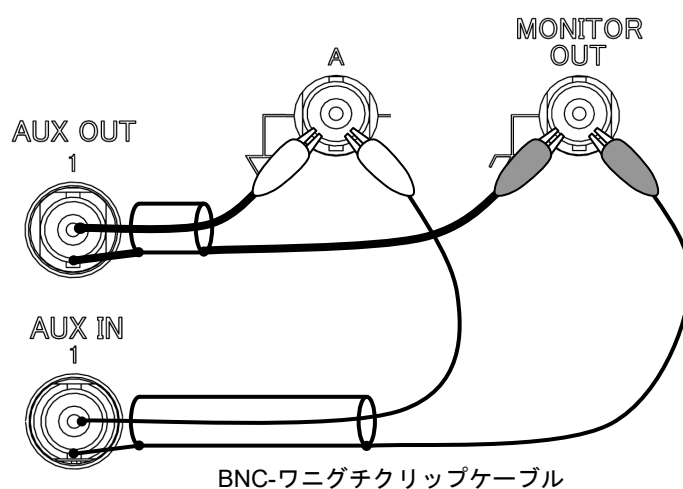
2) 接地抵抗の確認

LI56xx 設定	: 信号グラウンドをグラウンド (GND) にする。
測定器設定	: デジタルマルチメータを抵抗測定モードにする。 測定レンジを 100 Ω (試験電流 10 mA 以下) とする。
接続	: デジタルマルチメータの HOT を信号入力端子 (例として A) の COLD 側に接続します。デジタルマルチメータの COLD を筐体グラウンド (例として MONITOR OUT の COLD) に接続します。
測定方法	: デジタルマルチメータの HOT から COLD までの直流抵抗を測定します。
判定 (合格範囲)	: 直流抵抗 = 10 Ω ~ 13 Ω (およそ 11 Ω)



3) クランプダイオードの確認

- LI56xx 設定 : 信号グラウンドをフロート (FLOAT) にする。
DATA1 に AUX IN1 を表示する。
AUX OUT1 を +10 V, -10 V
- 測定器設定 : ———
- 接続 : AUX IN1 と AUX OUT1 の HOT を信号入力端子 (例として A の COLD 側) に接続します。AUX IN1 と AUX OUT1 の COLD を筐体グラウンド (例として MONITOR OUT の COLD 側) に接続します。
- 測定方法 : AUX OUT1 を +10 V にしたとき, また -10 V にしたときの DATA1 (AUX IN1) の測定値 (表示値) を読みます。
- 判定 (合格範囲) : AUX IN 1 測定値 = +1.2 V ~ +1.6 V (およそ +1.4 V) または, -1.6 V ~ -1.2 V (およそ -1.4 V)



8.6.3 電圧測定精度

以下に示す方法は、微小信号の測定精度試験は行えません。微小信号の測定精度を試験するには、別途精密な減衰器が必要なため、当社または当社代理店にご相談ください。

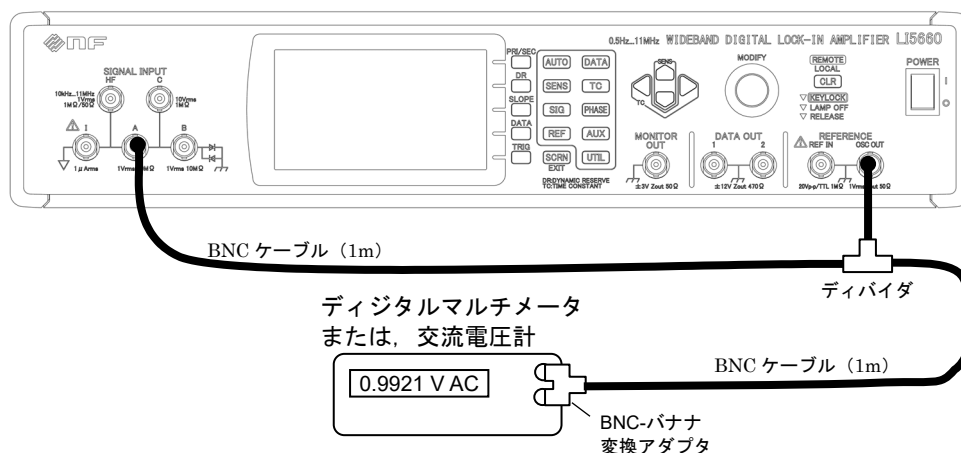
ロックインアンプは、基本波だけを測定します。これに対して、標準とする一般の電圧計は、高調波ひずみや雑音を含めた実効値を測定します。そのため、小さな電圧では十分な測定精度が得られません。

以下の設定説明において、LI5655 / LI5660 を LI56xx と呼びます。また、接続図は代表として LI5660 としてあります。

*1 : C, HF 端子は、LI5660 のみ装備。

1) A 端子

- LI56xx 設定 : 信号入力端子を A に、入力結合を AC にする。
 信号接地を FLOAT にする。
 参照信号源を INT OSC (内部発振器) にする。
 DR の設定を LOW にする。
 時定数を 100 ms にする。
 減衰傾度を 24 dB/oct (SYNC OFF) にする。
 測定パラメタは DATA1 を R にする。
 周波数, 振幅, 感度は, 下表による。
- 測定器設定 : 100 kHz 以下は, デジタルマルチメータを AC 電圧モードにして使用する。
 100 kHz から 3 MHz は, 交流電圧計を使用する。
- 接続 : LI56xx の OSC OUT 端子からディバイダを用いて, 一方を A 端子に同軸ケーブルを接続する。また, もう一方デジタルマルチメータに同軸ケーブルを接続する。
- 測定方法 : 下表指定の周波数, 振幅, 感度に設定したとき, DATA1 とデジタルマルチメータ (交流電圧計) の測定値を読み取る。
- 判定 (合格範囲) : 下表による。



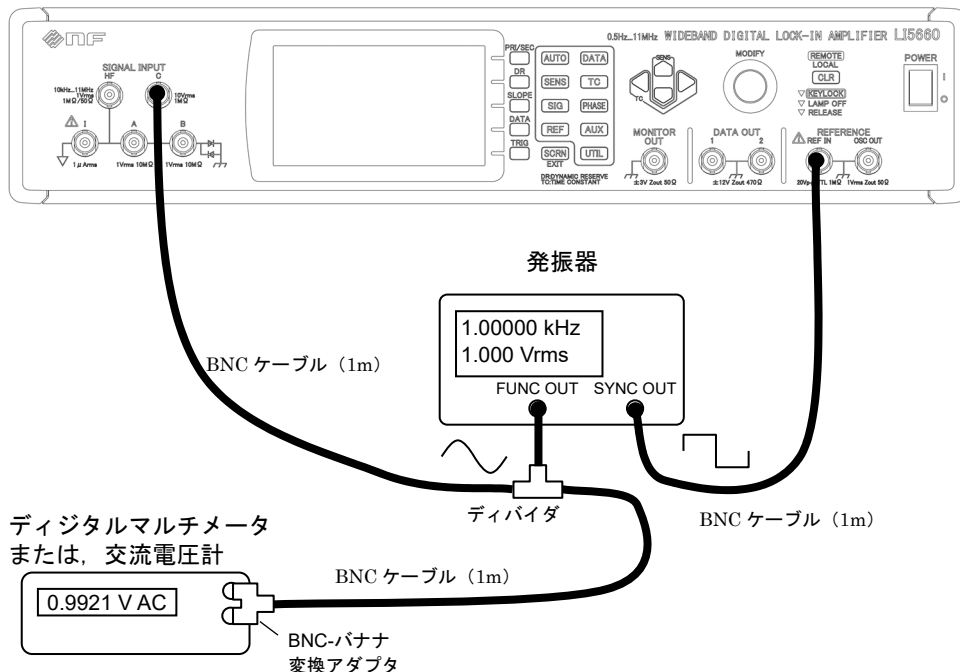
8.6 性能試験

判定

周波数	感度 [rms]	INT OSC 振幅設定 [rms]	R : 測定値 [rms] S : 電圧計の読み [rms] R / S	合格範囲 (R / S)
20 kHz	1 V	1 V	-. V -. V 	0.995 ~ 1.005
	500 mV	500 mV	-. . . . mV -. . . . mV 	
	200 mV	200 mV	-. . . . mV -. . . . mV 	
	100 mV	100 mV	-. . . . mV -. . . . mV 	
50 kHz	1 V	1 V	-. . . . mV -. . . . mV 	0.99 ~ 1.01
	500 mV	500 mV	-. . . . mV -. . . . mV 	
	200 mV	200 mV	-. . . . mV -. . . . mV 	
	100 mV	100 mV	-. . . . mV -. . . . mV 	
100 kHz	1 V	1 V	-. . . . mV -. . . . mV 	0.98 ~ 1.02
	200 mV	500 mV	-. . . . mV -. . . . mV 	
	100 mV	200 mV	-. . . . mV -. . . . mV 	
	100 mV	100 mV	-. . . . mV -. . . . mV 	
1 MHz	1 V	1 V	-. V -. V 	0.97 ~ 1.03
	500 mV	500 mV	-. . . . mV -. . . . mV 	
	200 mV	200 mV	-. . . . mV -. . . . mV 	
	100 mV	100 mV	-. . . . mV -. . . . mV 	
3 MHz	1 V	1 V	-. V -. V 	0.95 ~ 1.05
	500 mV	500 mV	-. . . . mV -. . . . mV 	
	200 mV	200 mV	-. . . . mV -. . . . mV 	
	100 mV	100 mV	-. . . . mV -. . . . mV 	

2) C 端子 *1

- LI56xx 設定** : 信号入力端子を C にする。
 信号接地を FLOAT にする。
 参照信号源を REF IN (外部参照信号) にする。
 参照信号波形を TTL+ にする。
 DR の設定を LOW にする。
 時定数を 100 ms にする。
 減衰傾度を 24 dB/oct (SYNC OFF) にする。
 測定パラメタは DATA1 を R にする。
 周波数, 振幅, 感度は, 下表による。
- 測定器設定** : 100kHz 以下は, デジタルマルチメータを AC 電圧モードにして使用する。
 100kHz から 3MHz は, 交流電圧計を使用する。
 発振器を正弦波にする。
- 接続** : 発振器の同期出力 (SYNC OUT) 端子から LI56xx の REF IN 端子に同軸ケーブルを接続する。発振器の出力端子にディバイダを用いて, 一方を C 端子に同軸ケーブルを接続する。また, もう一方デジタルマルチメータに同軸ケーブルを接続する。
- 測定方法** : 下表指定の周波数, 振幅, 感度に設定したとき, DATA1 とデジタルマルチメータ (交流電圧計) の測定値を読み取る。
- 判定 (合格範囲)** : 下表による。

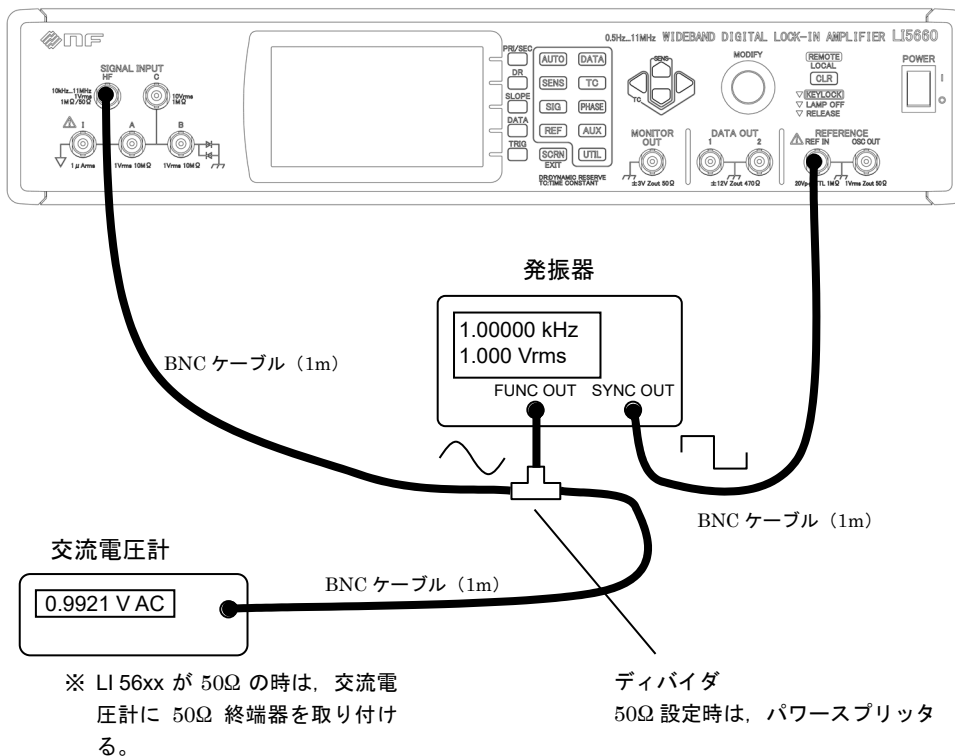


判定

周波数	感度 [rms]	発振器 (無負荷時) 振幅設定 [rms]	R : 測定値 [rms] S : 電圧計の読み [rms] R / S	合格範囲 (R / S)
20 kHz	10 V	7 V	-.---V -.---V -.---	0.995 ~ 1.005
	5 V	5 V	-.---V -.---V -.---	
	2 V	2 V	-.---V -.---V -.---	
	1 V	1 V	-.---V -.---V -.---	
50 kHz	10 V	7 V	-.---V -.---V -.---	0.99 ~ 1.01
	5 V	5 V	-.---V -.---V -.---	
	2 V	2 V	-.---V -.---V -.---	
	1 V	1 V	-.---V -.---V -.---	
100 kHz	10 V	7 V	-.---V -.---V -.---	0.98 ~ 1.02
	5 V	5 V	-.---V -.---V -.---	
	2 V	2 V	-.---V -.---V -.---	
	1 V	1 V	-.---V -.---V -.---	
1 MHz	10 V	7 V	-.---V -.---V -.---	0.97 ~ 1.03
	5 V	5 V	-.---V -.---V -.---	
	2 V	2 V	-.---V -.---V -.---	
	1 V	1 V	-.---V -.---V -.---	
3 MHz	10 V	7 V	-.---V -.---V -.---	0.95 ~ 1.05
	5 V	5 V	-.---V -.---V -.---	
	2 V	2 V	-.---V -.---V -.---	
	1 V	1 V	-.---V -.---V -.---	

3) HF 端子 *1

- LI56xx 設定 : 信号入力端子を HF にする。
 信号接地を FLOAT にする。
 参照信号源を REF IN にする。
 参照信号波形を TTL+ にする。
 DR の設定を LOW にする。
 時定数を 100 ms にする。
 減衰傾度を 24 dB/oct (SYNC OFF) にする。
 測定パラメータは DATA1 を R にする。
 周波数, 振幅, 感度, 入力インピーダンスは, 下表による。
- 測定器設定 : 交流電圧計を使用する。
 発振器を正弦波にする。
- 接続 : 発振器の同期出力 (SYNC OUT) 端子から LI56xx の REF IN 端子に同軸ケーブルを接続する。発振器の出力端子にディバイダを用いて, 一方を HF 端子に同軸ケーブルを接続する。また, もう一方デジタルマルチメータに同軸ケーブルを接続する。
 入力インピーダンスを 50 Ω とした場合, 交流電圧計には 50 Ω 終端器を接続する。また, ディバイダの代わりにパワースプリッタを使用する。
- 測定方法 : 下表指定の周波数, 振幅, 感度, 入力インピーダンスに設定したとき, DATA1 と交流電圧計の測定値を読み取る。
- 判定 (合格範囲) : 下表による。

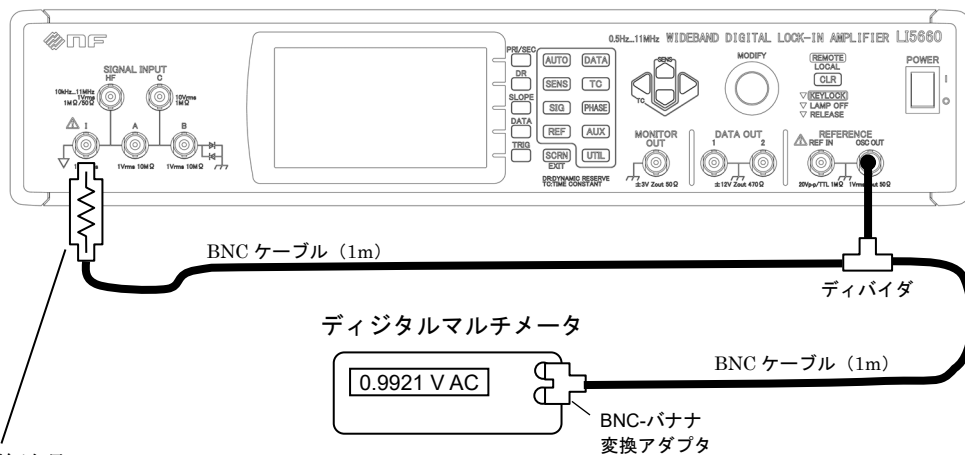


判定

周波数 (Zin)	感度 [rms]	発振器 (無負荷時) 振幅設定 [rms]	R : 測定値 [rms] S : 電圧計の読み [rms] R / S	合格範囲 (R / S)
1MHz (1 MΩ)	1 V	1 V	-. V -. V	0.97 ~ 1.03
	500 mV	500 mV	-. . . . mV -. . . . mV	
	200 mV	200 mV	-. . . . mV -. . . . mV	
	100 mV	100 mV	-. . . . mV -. . . . mV	
3MHz (1 MΩ)	1 V	1 V	-. V -. V	0.95 ~ 1.05
	500 mV	500 mV	-. . . . mV -. . . . mV	
	200 mV	200 mV	-. . . . mV -. . . . mV	
	100 mV	100 mV	-. . . . mV -. . . . mV	
10MHz (50 Ω)	1 V	3 V	-. V -. V	0.93 ~ 1.07
	500 mV	1.5 V	-. . . . mV -. . . . mV	
	200 mV	600 mV	-. . . . mV -. . . . mV	
	100 mV	300 mV	-. . . . mV -. . . . mV	
11MHz (50 Ω)	1 V	3 V	-. V -. V	0.86 ~ 1.14
	500 mV	1.5 V	-. . . . mV -. . . . mV	
	200 mV	600 mV	-. . . . mV -. . . . mV	
	100 mV	300 mV	-. . . . mV -. . . . mV	

8.6.4 電流測定確度

LI56xx 設定	: 信号入力端子を I にする。 入力結合を DC にする。 信号接地を FLOAT にする。 参照信号源を INT OSC にする。 DR の設定を LOW にする。 時定数を 200 ms にする。 減衰傾度を 24 dB/oct (SYNC OFF) にする。 測定パラメタを DATA1 : R にする。 周波数, 振幅, 感度, 電流入力の変換利得は, 下表による。
測定器設定	: デジタルマルチメータを AC 電圧モードにする。
接続	: LI56xx の OSC OUT 端子からディバイダを用いて, 一方は同軸ケーブルで V-I 変換治具を経由して I 端子に接続する。また, もう一方ディジタルマルチメータに同軸ケーブルを接続する。
測定方法	: 下表指定の周波数, 振幅, 感度, 電流入力の変換利得に設定したとき, DATA1 とデジタルマルチメータの測定値を読み取る。
判定 (合格範囲)	: 下表による。



V-I 変換治具:

正確に値の分かった抵抗器を用いる。
雑音を避けるために, 抵抗器は BNC コネクタ付きのシールドケースに納める。

- ・変換利得 1 M には 1 M Ω 抵抗器
 - ・変換利得 100 M には 100 M Ω 抵抗器
- を用意する

判定

感度 [rms] 変換利得	周波数	INT OSC 振幅設定 [rms]	P : 治具抵抗値 R 測定値 [rms] S : 電圧計の読み [rms] P × R / S	合格範囲 (P × R / S)
1 μA 1 M	1 kHz	1 V MΩ μA V 	0.99 ~ 1.01
10 nA 100 M	125 Hz	1 V MΩ nA V 	0.99 ~ 1.01

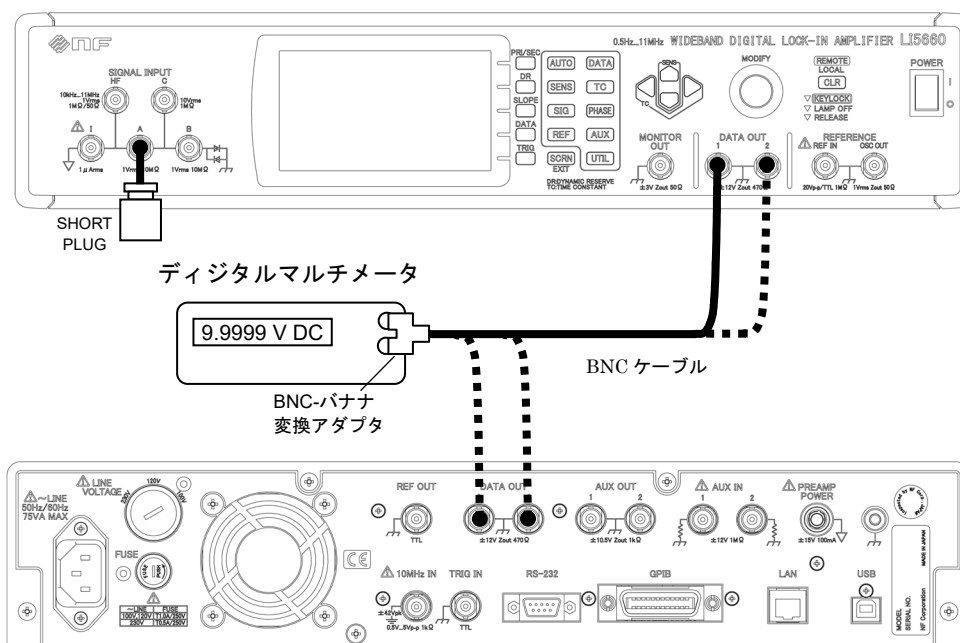
100 MΩ の抵抗器確度が、たとえば±1%しか得られないときは、合格範囲を 0.98 ~ 1.02 に広げて、およその判定を行います。確度を改善するために、100 MΩ の代わりに 10 MΩ の抵抗器を用い、LI56xx INT OSC 振幅設定を 1/10 にすることもできます。この場合、LI56xx の入力インピーダンス 約 100 kΩ の影響を受けるため、合格範囲を 0.98 ~ 1.00 として、およその判定を行います。

8.6.5 測定値のアナログ出力電圧確度

- LI56xx 設定 : 信号入力端子を A にする。
 入力結合を AC にする。
 信号接地を FLOAT にする。
 参照信号源を INT OSC (内部発振器) にする。
 周波数は 1kHz, 振幅は 0V (rms) にする。
 感度を 1V (rms), DR の設定を LOW にする。
 時定数を 100 ms にする。
 減衰傾度を 24 dB/oct (SYNC OFF) にする。
 測定パラメータを DATA1 に X, DATA2 に Y, DATA3 に X, DATA4 に Y とする。
 オフセット機能を X, Y 共にオンにする。
- 測定器設定 : デジタルマルチメータを DC 電圧モードにする。
- 接続 : LI 56xx の A 端子にショートプラグ (ないし 50 Ω 終端器) を接続する。
 LI 56xx の DATA OUT1~4 端子をデジタルマルチメータに同軸ケーブルを接続する。
- 測定方法 : オフセット設定値を +100%, 0%, -100% に設定したとき, 各 DATA OUT 端子をデジタルマルチメータの測定値を読み取る。
- 判定 (合格範囲) : 下表による。

測定方法

判定 : 下表による。

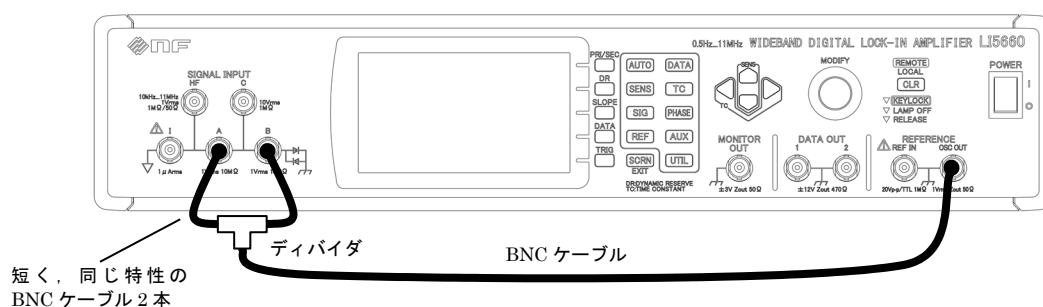


判定

オフセット量	電圧計の読み 合格範囲 (±100%のとき±10.040V, 0%のとき±10mV)			
	DATA1 (X)	DATA2 (Y)	DATA3 (X)	DATA4 (Y)
+100%	+ _ . _ _ V	+ _ . _ _ V	+ _ . _ _ V	+ _ . _ _ V
0%	_ . _ mV	_ . _ mV	_ . _ mV	_ . _ mV
-100%	- _ . _ _ V	- _ . _ _ V	- _ . _ _ V	- _ . _ _ V

8.6.6 コモンモード除去比

- LI56xx 設定 : 信号入力端子を A-B にする。
 入力結合を AC にする。
 信号接地を FLOAT にする。
 電源周波数フィルタを THRU (通過) にする。
 参照信号源を INT OSC (内部発振器) にする。
 振幅は 1V (rms) にする。
 感度を 200 μ V (rms), DR の設定を LOW にする。
 時定数を 100 ms とする。
 減衰傾度を 24 dB/oct (SYNC OFF) とする。
 測定パラメタ DATA1 を R とする。
 周波数は下表による。
- 測定器設定 : BNC ケーブルとディバイダのみ。
- 接続 : LI56xx の OSC OUT 端子からディバイダを用いて、一方を A 端子に同軸ケーブルを接続する。また、もう一方は B 端子に同軸ケーブルを接続する。
- 測定方法 : 下表の周波数に設定したとき、DATA1 の表示値を読み取る。
- 判定 (合格範囲) : 下表による。

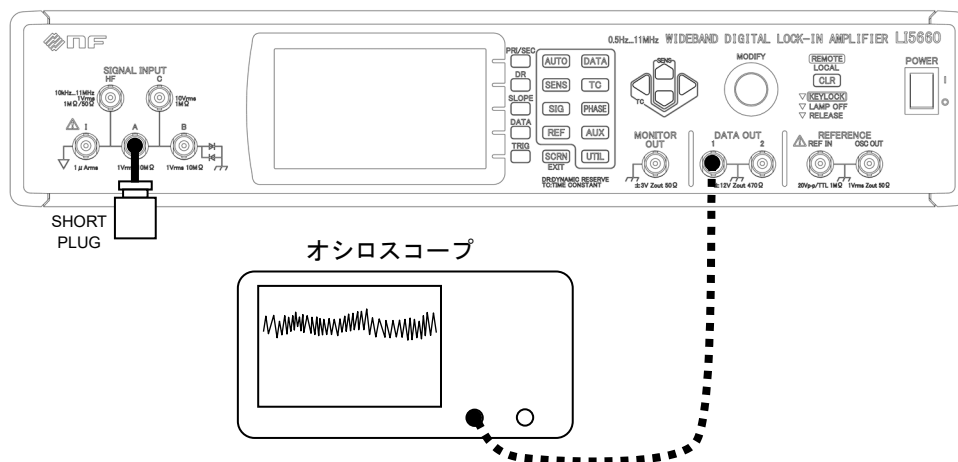


判 定

周波数	時定数	DATA1 [rms]	合格範囲
55 Hz	200 ms	---.--- μ V	< 10 μ V
1 kHz	100 ms	---.--- μ V	< 10 μ V

8.6.7 入力換算雑音

- LI56xx 設定 : 信号入力端子を A にする。
 入力結合を AC にする。
 信号接地を FLOAT にする。
 参照信号源を INT OSC (内部発振器) にする。
 振幅は 0V (rms) にする。
 測定パラメタ DATA1 を NOISE にする。
 感度を $200\text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$, DR の設定を LOW にする。
 時定数を 100 ms にする。
 減衰傾度を 24 dB/oct (SYNC OFF) とする。
 周波数は下表による。
- 測定器設定 : ショートプラグ
 (必要に応じて, オシロスコープを使用する)
- 接続 : A 端子にショートプラグを接続する。
- 測定方法 : DATA1 の表示値を読み取る。
 (補足: 変動が大きく読み取りにくいとき, LI56xx の DATA OUT1 にオシロスコープを接続します。時間軸 10 s/div 以上に設定し, 雑音の振れ幅の中心値を読み取る。)
- 判定 (合格範囲) : 下表による。



判定

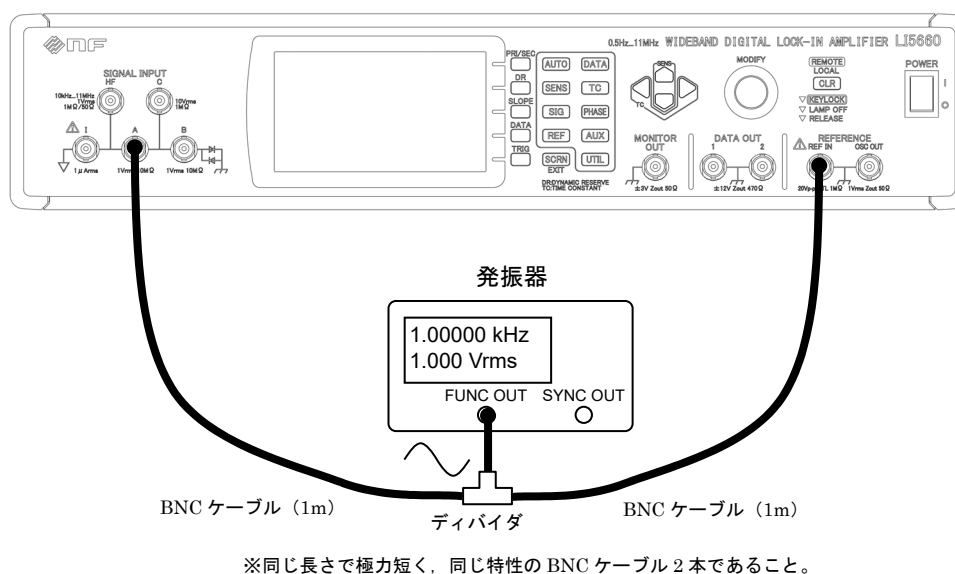
NOISE	判定基準 *2
$_ _ \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$	$4.5 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$

*2 : 参考値。保証値ではありません。周波数 1 kHz。

8.6.8 位相確度

1) 対 外部参照信号

- LI56xx 設定 : 信号入力端子を A にする。
 入力結合を DC にする。
 信号接地を FLOAT にする。
 参照信号源を REF IN (外部参照信号) にする。
 参照信号波形を SIN+ にする。
 感度を 1V (rms), DR の設定を LOW にする。
 減衰傾度を 24 dB/oct (SYNC OFF) とする。
 測定パラメタは DATA2 を θ とする。
 周波数, 時定数は下表による。
- 測定器設定 : 発振器を正弦波にする。
- 接続 : 発振器の出力端子にディバイダを用いて, 一方を A 端子に同軸ケーブルを接続する。また, もう一方 REF IN に同軸ケーブルを接続する。
- 測定方法 : 下表指定の周波数, 時定数に設定したとき, DATA2 の表示値を読み取る。
- 判定 (合格範囲) : 下表による。



判定

周波数	時定数	θ	判定基準 *2
10 Hz	1 s	---.---°	-1 ~ +1°
1 kHz	100 ms	---.---°	-1 ~ +1°
10 kHz	10 ms	---.---°	-1 ~ +1°
100 kHz	10 ms	---.---°	-2 ~ +2°
1 MHz	10 ms	---.---°	-5 ~ +5°
3 MHz	10 ms	---.---°	-10 ~ +10°

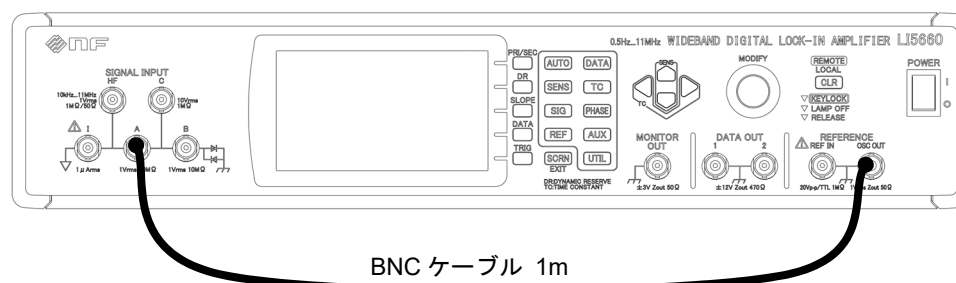
*2：参考値。保証値ではありません。

概ね、この範囲に入ることを確認します。

大幅に外れているときは、故障している恐れがあります。

2) 対 内部発振器

- LI56xx 設定 : 「1) 外部参照信号」の設定に対して、以下の設定変更を行う。
参照信号源を INT OSC（内部発振器）にする。
振幅を 1 Vrms にする。
- 測定器設定 : BNC ケーブルのみ。
- 接続 : LI56xx の OSC OUT 端子から、A 端子に同軸ケーブルを接続する。
- 測定方法 : 下表指定の周波数、時定数に設定したとき、DATA2 の表示値を読み取る。
- 判定（合格範囲） : 下表による。



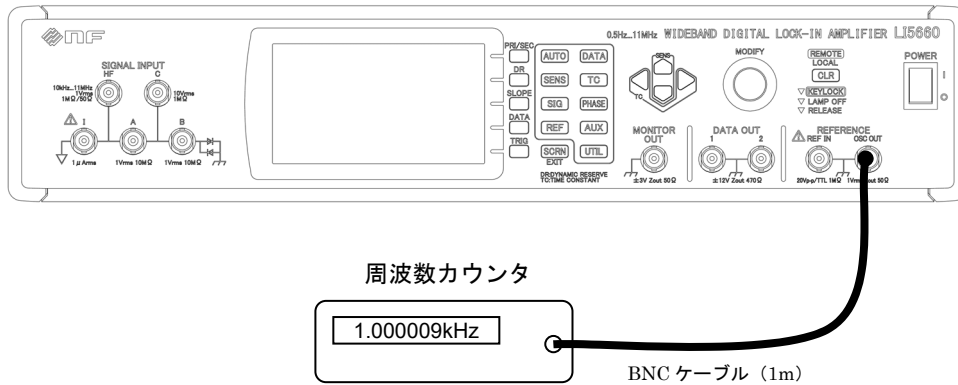
判定（「1) 外部参照信号」と同じ）

周波数	時定数	θ	判定基準 *3
10 Hz	1 s	---.---°	-1 ~ +1°
1 kHz	10 ms	---.---°	-1 ~ +1°
10 kHz	10 ms	---.---°	-1 ~ +1°
100 kHz	10 ms	---.---°	-2 ~ +2°
1 MHz	10 ms	---.---°	-5 ~ +5°
3 MHz	10 ms	---.---°	-10 ~ +10°

*3：参考値。保証値ではありません。

8.6.9 周波数確度

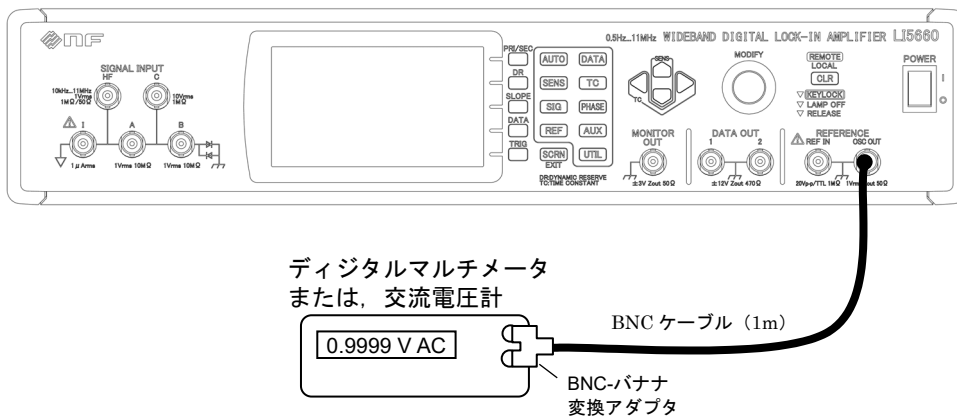
- LI56xx 設定 : 参照信号源を INT OSC (内部発振器) にする。
周波数を 1kHz, 振幅を 1V (rms) にする。
10MHz IN (外部 10MHz 同期) は開放にする。
信号入力端子, 入力結合, 信号接地, 測定パラメタ, 感度, DR の設定, 時定数, 減衰傾度等は任意設定。
- 測定器設定 : 周波数カウンタを使用する。
- 接続 : LI56xx の OSC OUT を同軸ケーブルにて周波数カウンタに接続する。
- 測定方法 : 周波数カウンタの測定値を読み取る。
- 判定 (合格範囲) : 下表による。



判定
 合格範囲 : 0.999960 ~ 1.000040 kHz
 測定値 _ . _ _ _ _ _ kHz

8.6.10 内部発振器正弦波出力振幅確度

- LI56xx 設定 : 参照信号源を INT OSC (内部発振器) にする。
信号入力端子, 入力結合, 信号接地, 測定パラメタ, 感度, DR の設定, 時定数, 減衰傾度等は任意設定。
周波数, 振幅, 振幅レンジは下表による。
- 測定器設定 : 1 kHz はデジタルマルチメータを AC 電圧モードにする。
100 kHz から 3 MHz は交流電圧計を使用する。
- 接続 : LI56xx の OSC OUT を同軸ケーブルにて, デジタルマルチメータ (交流電圧計) に接続する。
- 測定方法 : デジタルマルチメータ (交流電圧計) の測定値を読み取る。
- 判定 (合格範囲) : 下表による。

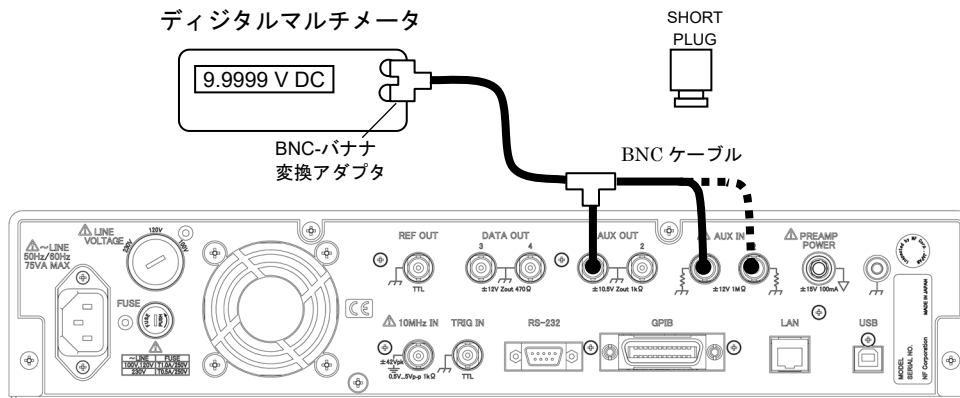


判定

振幅レンジ [rms]	振幅設定 [rms]	合格範囲 電圧計の読み [rms]		
		1 kHz	1 MHz	3 MHz
1 V	1 V	0.979 ~ 1.021 _ . _ _ _ V	0.958 ~ 1.042 _ . _ _ _ V	0.925 ~ 1.075 _ . _ _ _ V
1 V	100 mV	97.0 ~ 103.0 _ _ _ . _ mV	94.0 ~ 106.0 _ _ _ . _ mV	88.0 ~ 112.0 _ _ _ . _ mV
100 mV	100 mV	97.0 ~ 103.0 _ _ _ . _ mV	94.0 ~ 106.0 _ _ _ . _ mV	88.0 ~ 112.0 _ _ _ . _ mV
10 mV	10 mV	8.80 ~ 11.20 _ . _ _ _ mV	4.30 ~ 12.40 _ . _ _ _ mV	4.30 ~ 15.70 _ . _ _ _ mV

8.6.11 AUX IN 直流電圧測定確度

- LI56xx 設定 : 測定パラメタは DATA1 に AUX IN1, DATA2 に AUX IN2 とする。参照信号源, 周波数, 振幅, 信号入力端子, 入力結合, 信号接地, 感度, DR の設定, 時定数, 減衰傾度等は任意設定。
AUX OUT1 は下表による。
- 測定器設定 : デジタルマルチメータを DC 電圧モードにする。
- 接続 : LI 56xx の AUX OUT1 端子からディバイダを用いて, 一方を AUX IN1 (ないし AUX IN2) に同軸ケーブルを接続する。また, もう一方デジタルマルチメータに同軸ケーブルを接続する。
- 測定方法 : AUX OUT1 の出力電圧設定にたいする, デジタルマルチメータの測定値, および, DATA1 (ないし DATA2) の表示値を読み取る。AUX IN1 (ないし AUX IN2) にショートプラグを接続したときの値も読み取る。
- 判定 (合格範囲) : 下表による。

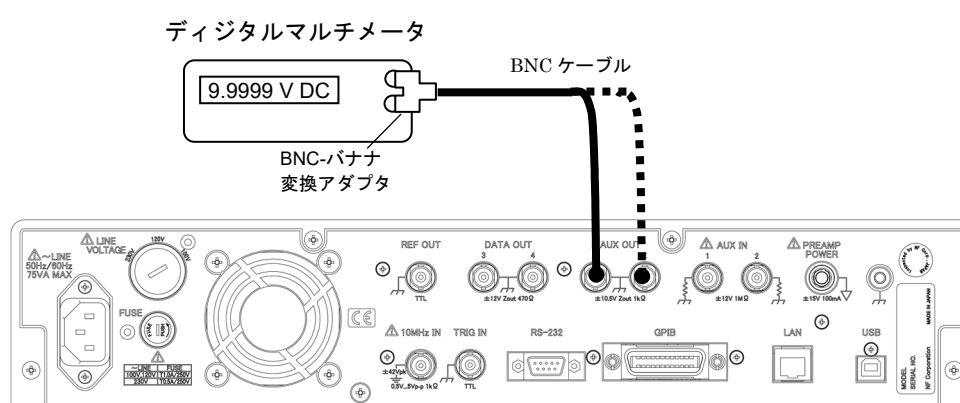


判定

AUX OUT 1	マルチメータの読み値 : M	合格範囲	測定値	
			AUX IN 1	AUX IN 2
+10 V	+ _ _ . _ _ _ V	$M \times 0.997 - 0.01 : + _ _ . _ _ _ _ _ _$ ~ $M \times 1.003 + 0.01 : + _ _ . _ _ _ _ _ _$	+ _ _ . _ _ _ V	+ _ _ . _ _ _ V
(入力短絡)		-10 mV ~ +10 mV	_ _ . _ _ mV	_ _ . _ _ mV
-10 V	- _ _ . _ _ _ V	$M \times 0.997 + 0.01 : - _ _ . _ _ _ _ _ _$ ~ $M \times 1.003 - 0.01 : - _ _ . _ _ _ _ _ _$	- _ _ . _ _ _ V	- _ _ . _ _ _ V

8.6.12 AUX OUT 直流電圧確度

- LI56xx 設定 : 測定パラメタ, 参照信号源, 周波数, 振幅, 信号入力端子, 入力結合, 信号接地, 感度, DR の設定, 時定数, 減衰傾度等は任意設定。
AUX OUT1, AUX OUT2 は下表による。
- 測定器設定 : デジタルマルチメータを DC 電圧モードにする。
- 接続 : LI56xx の AUX OUT1 (ないし AUX OUT2) 端子から同軸ケーブルにて, デジタルマルチメータに接続する。
- 測定方法 : AUX OUT1 (ないし AUX OUT2) の出力電圧設定に対する, デジタルマルチメータの測定値を読み取る。
- 判定 (合格範囲) : 下表による。



判定

AUX OUT 1, 2 電圧設定	合格範囲 マルチメータの読み	
	AUX OUT 1	AUX OUT 2
+10 V	+9.96 ~ +10.04 + _ . _ _ _ V	+9.96 ~ +10.04 + _ . _ _ _ V
0 V	-10 ~ +10 _ _ _ . _ mV	-10 ~ +10 _ _ _ . _ mV
-10 V	-10.04 ~ -9.96 - _ . _ _ _ V	-10.04 ~ -9.96 - _ . _ _ _ V

8.7 校正

性能試験で仕様を満足しなかった場合は、当社で調整または校正を行い、性能を回復させます。
校正が必要なときは、当社または当社代理店にご連絡ください。
保証期間外の調整・校正は有償にて承ります。

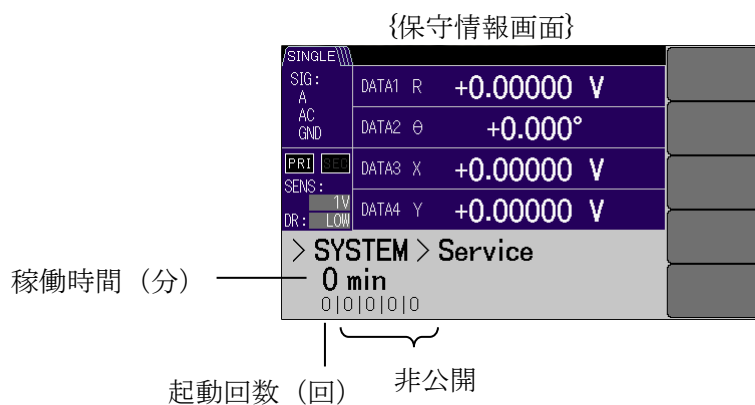
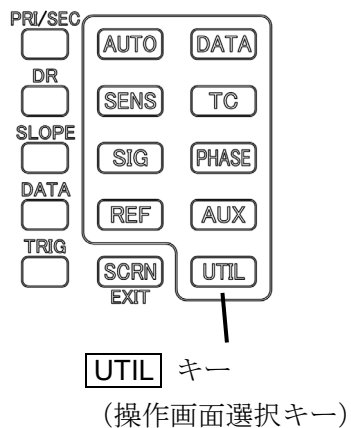
8.8 保守情報

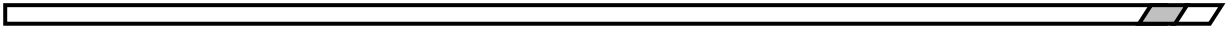
以下に示す{保守情報画面}は、修理や校正など保守のための画面です。ユーザが操作する箇所はありません。

{保守情報画面}を表示するには、**UTIL** キーを押して、{ユーティリティ画面}を表示させる。

[**SYSTEM**>] ソフトキーを押すと、{システム設定画面}に切り替わります。

[**SERVICE**>] ソフトキーを押すと、機体の {保守情報画面} が表示されます。





(空白)

9. 仕様

9.1 測定信号系	9-2
9.2 位相検波部	9-7
9.3 参照信号系	9-11
9.4 演算処理	9-15
9.5 測定値出力, 表示部	9-17
9.6 モニタ出力	9-18
9.7 AUX IN (DC電圧測定)	9-19
9.8 AUX OUT (DC電圧出力)	9-19
9.9 自動設定機能	9-19
9.10 データメモリ	9-20
9.11 リモート制御インターフェース	9-21
9.12 一般仕様	9-22
9.13 外形寸法図	9-23

公称値, 代表値, 参考値, 約

これらの表記がある値は, 製品を使用するにあたり参考となる補足データを示し, 性能を保証するものではありません。

9.1 測定信号系

*1 : C, HF 端子は LI5660 のみ装備されており, LI5655 には装備されていません。
従って, C, HF 端子に関する仕様は LI5660 にのみ適用されます。

a) 電圧測定

入力端子 BNC (正面パネル A, B, C^{*1}, HF^{*1})

B は A-B (差動入力時) に用います。

入力形式 A, C^{*1}, HF^{*1} シングルエンド

A-B 差動

周波数範囲

A, A-B, C^{*1} 0.5 Hz ~ 3 MHz

HF^{*1} 10 kHz ~ 11 MHz

感度

A, A-B 10 nV ~ 1 V フルスケール (1-2-5 シーケンス)

C^{*1} 1 mV ~ 10 V フルスケール (1-2-5 シーケンス)

HF^{*1} 1 mV ~ 1 V フルスケール (1-2-5 シーケンス)

- 1-2-5 シーケンスとは

1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 . . . のように繰り返す数列。

電圧確度

A, A-B ± 0.5 % (1 kHz, 信号レベル ≥ 1 mV, 23 ± 5 °C) ^{*2}
 ± 2 % (1 kHz, 信号レベル ≥ 1 μ V) ^{*2}
 ± 0.5 % (≤ 20 kHz, 感度 100 mV ~ 1 V, 23 ± 5 °C) ^{*3}
 ± 1 % (≤ 50 kHz, 感度 100 mV ~ 1 V) ^{*3}
 ± 2 % (≤ 100 kHz, 感度 100 mV ~ 1 V) ^{*3}
 ± 3 % (≤ 1 MHz, 感度 100 mV ~ 1 V) ^{*3}
 ± 5 % (≤ 3 MHz, 感度 100 mV ~ 1 V) ^{*3}

*2 : 信号フルスケール (感度) の 30 % 以上にて,
ダイナミックリザーブ LOW

*3 : DC 結合, ダイナミックリザーブ LOW, 信号フルスケールにて

ダイナミックリザーブの詳細は,

☞ 「9.2 位相検波部」c)ダイナミックリザーブ

C^{*1} ± 0.5 % (≤ 20 kHz)

± 1 % (≤ 50 kHz)

± 2 % (≤ 100 kHz)

± 3 % (≤ 1 MHz)

± 5 % (≤ 3 MHz)

感度 1 V ~ 10 V, 信号フルスケールにて,

ダイナミックリザーブ LOW

HF *1	$\pm 3\%$ (≤ 1 MHz, 入力インピーダンス 1 M Ω) $\pm 5\%$ (≤ 3 MHz, 入力インピーダンス 1 M Ω) $\pm 7\%$ (≤ 10 MHz, 入力インピーダンス 50 Ω) $\pm 14\%$ (≤ 11 MHz, 入力インピーダンス 50 Ω) ダイナミックリザーブ LOW, 感度 100 mV ~ 1 V, 信号フルスケールにて
-------	---

電圧確度温度ドリフト

A, A-B	± 100 ppm / $^{\circ}\text{C}$ 1 kHz, ダイナミックリザーブ LOW, A 入力, 感度 1 V, 感度フルスケールにおける参考値
--------	---

入力インピーダンス

A, B	10 M Ω (公称値), 並列に 50 pF (参考値)
C *1	1 M Ω (公称値), 並列に 50 pF (参考値)
HF *1	1 M Ω (公称値), 並列に 50 pF (参考値) 50 Ω (公称値) から選択

入力換算雑音

A, A-B	4.5 nV / $\sqrt{\text{Hz}}$ (参考値) ダイナミックリザーブ LOW, 感度 1 mV 以下, 周波数 1 kHz, 入力短絡のとき
--------	--

CMRR (コモンモード除去比)

A-B	100 dB 以上 AC 結合, 50 Hz ~ 1 kHz, 信号源インピーダンス 0 Ω , ダイナミックリザーブ LOW かつ 感度 20 mV 以下 (または MED かつ 2 mV 以下) にて
-----	--

高調波ひずみ

A, A-B	-80 dBc 以下 (10 Hz ~ 5 kHz, 2~3 次高調波, 各次) ダイナミックリザーブ LOW, 感度 1 V, 信号フルスケールの 30%
--------	---

最大入力電圧 (線形動作範囲)

A, B, A-B	± 3 V (DC 結合における各端子電圧および差動電圧) ダイナミックリザーブ HIGH, 感度 1 V にて
C *1	± 30 V ダイナミックリザーブ HIGH, 感度 10 V にて
HF *1	± 3 V ダイナミックリザーブ HIGH, 感度 1 V にて

非破壊最大入力電圧

A, B

AC 結合 : 正弦波 10 Vrms, DC ± 42 V

DC 結合 : ± 14 V

信号がこの範囲を超えると、保護のため、一時的に入力端子が内部と切り離されることがあります。

C *1

± 42 V

HF *1

± 5 V

b) 電流測定

入力端子

BNC (正面パネル 1)

入力形式

シングルエンド

周波数範囲

0.5 Hz ~ 下表に示す上限値 (公称値, 3dB 低下点)

Cs *4	変換利得	
	1M (10 ⁶) [V/A]	100M (10 ⁸) [V/A]
なし	1 MHz	10 kHz
150 pF	1 MHz	10 kHz
1 nF	150 kHz	1.5 kHz

*4 信号源容量 + 接続ケーブル容量

感度

100 fA ~ 1 μA フルスケール (変換利得 1M V/A 時)

10 fA ~ 10 nA フルスケール (変換利得 100M V/A 時)

どちらも 1-2-5 シーケンス

電流確度

± 1 %

23 ± 5 °C, ダイナミックリザーブ LOW,

感度 1 μA (変換利得 1M V/A, 1 kHz) および

感度 10 nA (変換利得 100M V/A, 125 Hz),

信号フルスケールの 30 %以上にて

どちらも代表値

電流確度温度ドリフト ± 150 ppm / °C

ダイナミックリザーブ LOW,

(変換利得 1M V/A, 1 kHz) および

(変換利得 100M V/A, 125 Hz) における 参考値

入力換算雑音

150 fA / √Hz (変換利得 1M V/A, 1 kHz)

15 fA / √Hz (変換利得 100M V/A, 125 Hz)

どちらも参考値

入力インピーダンス

1 kΩ (変換利得 1M V/A)

100 kΩ (変換利得 100M V/A)

どちらも参考値

最大入力電流（線形動作範囲）

$\pm 3 \mu\text{A}$

DC 結合，ダイナミックリザーブ HIGH，変換利得 1M V/A，

感度 1 μA にて

非破壊最大入力電流

$\pm 10 \text{ mA}$

c) 雑音密度測定

感度	電圧	$20 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}} \sim 1 \text{ V}/\sqrt{\text{Hz}}$ (A, A-B 入力時)
		$1 \text{ mV}/\sqrt{\text{Hz}} \sim 10 \text{ V}/\sqrt{\text{Hz}}$ (C 入力時 * ¹)
		$1 \text{ mV}/\sqrt{\text{Hz}} \sim 1 \text{ V}/\sqrt{\text{Hz}}$ (HF 入力時 * ¹)
電流		$1 \text{ pA}/\sqrt{\text{Hz}} \sim 1 \mu\text{A}/\sqrt{\text{Hz}}$ (I 入力 1M V/A 時)
		$100 \text{ fA}/\sqrt{\text{Hz}} \sim 10 \text{ nA}/\sqrt{\text{Hz}}$ (I 入力 100M V/A 時)
		すべて 1-2-5 シーケンス

d) 入力結合 *¹

A, A-B	AC DC 切り換え AC 結合は 1 次ハイパスフィルタの 2 段縦続接続 1 次ハイパスフィルタ遮断周波数：0.1 Hz（公称値）
I	電圧に変換後に AC DC 切り換え
C * ¹	DC 結合。ただし，常時自動的に直流成分をキャンセル。
HF * ¹	AC 結合。ただし，入力インピーダンス 50 Ω のときは，50 Ω 終端後に AC 結合。 AC 結合の遮断周波数：1 kHz（公称値）

e) 信号グラウンド

フロート 接地（筐体に接続）	切り換え
フローティング電圧（対接地許容電圧）	
$\pm 1 \text{ V}_{\text{peak max}} (\text{DC}+\text{AC})$	
対筐体インピーダンス	
フロート時	10 k Ω （公称値）
接地時	11 Ω （公称値）

備考：入力端子 A, B, C *¹, HF *¹, I の外部導体，および プリアンプ用の電源出力 (PREAMP POWER) のグラウンドライン(0V)は，内部で接続されています。

その他の信号グラウンドについて個別に規定がない入出力端子の信号グラウンドは，筐体に接続されています。

f) 電源周波数フィルタ

除去周波数（基本波）

50 Hz | 60 Hz から選択

機能

以下から選択

- ・通過（無効）
- ・基本波除去（50 Hz または 60 Hz）
- ・2 次高調波除去（100 Hz または 120 Hz）
- ・基本波 と 2 次高調波の両方を除去

中心周波数における減衰量

20 dB 以上

制約事項

このフィルタは、入力が A, A-B, I のとき有効です。

C^{*1}, HF^{*1} のときは、設定に関わらず常に通過（無効）です。

9.2 位相検波部

*1 : C, HF 端子は LI 5660 のみ装備されており, LI 5655 には装備されていません。
従って, C, HF 端子に関する仕様は LI 5660 にのみ適用されます。

a) PSD (位相検波器)

- 2 位相 ($R\cos\theta$, $R\sin\theta$)
- 2 系統 (主検波器, 副検波器)

設定項目	主検波器	副検波器
感度	任意	任意 *2
時定数	任意	任意
位相調整	任意	任意
XY オフセット調整	任意	任意
ダイナミックリザーブ設定	任意	主検波器と共通

*2 : 副検波器の感度は, 主検波器の感度の制限を受けます。
副検波器の感度は, 主検波器より上げることはできますが, 下げることにはできません。(例えば, 主検波器が 1mV の場合, 副検波器は 500 μ V にはできますが, 2mV にはできません。)

b) 検波モード

検波モード	測定周波数	
	主検波器	副検波器
SINGLE *3	基本波 分数調波	なし
DUAL1 *4	基本波 分数調波	基本波 調波
DUAL2 *5	主周波数	副周波数
CASCADE *6	主周波数	副周波数

- *3 : 1 周波数での 2 位相検波です。
- *4 : 1 つの入力信号に含まれる基本波とその調波成分を同時に測定します。
- *5 : 1 つの入力信号に含まれる独立した 2 つの周波数成分 (主周波数と副周波数) を同時に測定します。
- *6 : 主検波器に副検波器を縦続接続して, 信号を主検波器で検波したのち, さらに副検波器で検波します。

主, 副周波数 の詳細は, ☞ 「9.3 参照信号系」 c) 内部発振器

c) ダイナミックリザーブ (DR)

実用範囲 100 dB 以上 (参考値)
 設定 LOW | MEDIUM | HIGH 3点切り換え

実際の値は、感度、ダイナミックリザーブの設定、信号と雑音の周波数差、時定数フィルタの設定に依存して変化します。下表の値は、時定数フィルタにより雑音が十分に減衰する周波数における公称値です。100 dB を超える設定では、大きな時定数が必要であり、また測定値のドリフトや誤差が大きくなることがあります。

- ダイナミックリザーブ (DR) とは
 $DR = \text{許容できる最大雑音レベル} \div \text{感度 (信号フルスケール)}$

入力 : A, A-B, I

DR 設定			LOW		MEDIUM		HIGH	
感度 (各入力)			AC 利得 dB	DR dB	AC 利得 dB	DR dB	AC 利得 dB	DR dB
I (1M)	I (100M)	A, A-B						
1 μ A	10 nA	1 V	0	6	0	6	0	6
500 nA	5 nA	500 mV	6	6	0	12	0	12
200 nA	2 nA	200 mV	14	6	6	14	0	20
100 nA	1 nA	100 mV	20	6	12	14	0	26
50 nA	500 pA	50 mV	26	6	14	18	0	32
20 nA	200 pA	20 mV	34	6	20	20	0	40
10 nA	100 pA	10 mV	40	6	26	20	0	46
5 nA	50 pA	5 mV	42	10	32	20	0	52
2 nA	20 pA	2 mV	48	12	32	28	0	60
1 nA	10 pA	1 mV	54	12	32	34	0	66
500 pA	5 pA	500 μ V	56	16	32	40	0	72
200 pA	2 pA	200 μ V	56	24	32	48	0	80
100 pA	1 pA	100 μ V	56	30	32	54	0	86
50 pA	500 fA	50 μ V	56	36	32	60	0	92
20 pA	200 fA	20 μ V	56	44	32	68	0	100
10 pA	100 fA	10 μ V	56	50	32	74	0	106
5 pA	50 fA	5 μ V	56	56	32	80	0	112
2 pA	20 fA	2 μ V	56	64	32	88	0	120
1 pA	10 fA	1 μ V	56	70	32	94	0	126
500 fA	- - -	500 nV	56	76	32	100	0	132
200 fA	- - -	200 nV	56	84	32	108	0	140
100 fA	- - -	100 nV	56	90	32	114	0	146
- - -	- - -	50 nV	56	96	32	120	0	152
- - -	- - -	20 nV	56	104	32	128	0	160
- - -	- - -	10 nV	56	110	32	134	0	166

AC 利得 : 位相検波器 (PSD) より前の利得 (主検波器, 副検波器共通)

利得 dB = $20 \times \log_{10}$ (線形利得) dB

例 : 10 倍 $\rightarrow 20 \times \log_{10} 10 = 20$ dB

入力 : C *1

DR 設定	LOW		MEDIUM		HIGH	
	AC 利得 dB	DR dB	AC 利得 dB	DR dB	AC 利得 dB	DR dB
10 V	0	6	0	6	0	6
5 V	6	6	0	12	0	12
2 V	14	6	6	14	0	20
1 V	14	12	6	20	0	26
500 mV	14	18	6	26	0	32
200 mV	14	26	6	34	0	40
100 mV	14	32	6	40	0	46
50 mV	14	38	6	46	0	52
20 mV	14	46	6	54	0	60
10 mV	14	52	6	60	0	66
5 mV	14	58	6	66	0	72
2 mV	14	66	6	74	0	80
1 mV	14	72	6	80	0	86

入力 : HF *1

DR 設定	LOW		MEDIUM		HIGH	
	AC 利得 dB	DR dB	AC 利得 dB	DR dB	AC 利得 dB	DR dB
1 V	0	6	0	6	0	6
500 mV	6	6	0	12	0	12
200 mV	14	6	6	14	0	20
100 mV	20	6	6	20	0	26
50 mV	20	12	6	26	0	32
20 mV	20	20	6	34	0	40
10 mV	20	26	6	40	0	46
5 mV	20	32	6	46	0	52
2 mV	20	40	6	54	0	60
1 mV	20	46	6	60	0	66

副検波器のダイナミックリザーブは、主検波器のダイナミックリザーブに感度比を加算します。

副検波器 DR = 主検波器 DR + $20 \times \log_{10}$ (主検波器感度 ÷ 副検波器感度) dB

例) A 入力, DR 設定 HIGH, 主検波器感度 2 mV (DR 値 : 60 dB),

副検波器感度 1 mV の時

副検波器 DR = 60 dB + $20 \times \log_{10}$ (2 mV ÷ 1 mV) dB = 66 dB

d) 時定数フィルタ

時定数	1 μ s ~ 50 ks (1-2-5 シーケンス)
減衰傾度	6, 12, 18, 24 dB/oct
同期フィルタ	オン オフ

- 時定数フィルタとは

1 次の低域通過フィルタを縦続接続し、雑音の除去、位相検波に伴うリップルの除去を行います。

この低域通過フィルタには、アナログフィルタと同じ指数応答を示すデジタルフィルタを用いています。

時定数設定は1次の低域通過フィルタの応答時間に、減衰傾度はフィルタの縦続段数(1段あたり6 dB/oct)に対応します。

各設定を大きくするほど雑音およびリップル除去率が大きくなります。

以下の同期フィルタ型に切り換えることもできます。

- 同期フィルタとは

整数周期の移動平均フィルタです。

検波に伴うリップルが大幅に軽減され、また平均化区間(整数周期)で出力がほぼ整定するので、時定数を小さくできます(高速応答が得られます)。

ただし、信号周波数が高くなると、リップルの抑制効果が十分に得られないことがあります。

e) その他

位相ノイズ	0.001 ° rms (1 kHz, 減衰傾度 18 dB/oct 以上)
	0.003 ° rms (100 kHz, 減衰傾度 12 dB/oct 以上)
	0.01 ° rms (3 MHz, 減衰傾度 12 dB/oct 以上)
	参照信号が外部正弦波 1 Vrms, 時定数 100 ms, 同期フィルタ オフ における参考値
位相温度ドリフト	± 0.01 %/°C (100 Hz \leq 周波数 \leq 10 kHz)
	± 0.03 %/°C (10 kHz < 周波数 \leq 100 kHz)
	± 0.2 %/°C (100 kHz < 周波数 \leq 3 MHz)
	A 入力, 外部参照信号が共に正弦波 1 Vrms における参考値

9.3 参照信号系

*1 : C, HF 端子は LI 5660 のみ装備されており, LI 5655 には装備されていません。
従って, C, HF 端子に関する仕様は LI 5660 にのみ適用されます。

a) 参照信号源	REF IN	外部参照信号 *2
	INT OSC	内部発振器
	SIGNAL	測定信号 *3

SIGNAL では, 位相の測定値がゼロになるように参照信号を制御することで, 被測定信号自身にロックします。

*2 : 検波モードが SINGLE, DUAL1, DUAL2 では, 主検波器の周波数
CASCADE では, 副検波器の周波数になります。

*3 : HF 入力では, 使用できません。

b) 外部参照信号

波形	SIN POS	1 周期につき 2 回だけ平均値をよぎる波形。 平均値を負から正によぎる点を 0°とする。
	TTL POS	1 周期につき 2 回だけ閾値をよぎる方形波。 上昇エッジを 0°とする。
	TTL NEG	1 周期につき 2 回だけ閾値をよぎる方形波。 下降エッジを 0°とする。
入力端子	BNC (正面パネル REF IN)	
入力インピーダンス	1 MΩ (公称値), 並列に 100 pF (参考値)	
入力電圧範囲	SIN	0.3 ~ 20 Vp-p (正弦波)
	TTL	0 ~ 5 V, High 2.6V 以上, Low 0.8V 以下 (方形波)
パルス幅(方形波)	40 ns 以上 (高 / 低レベル 共)	
非破壊最大入力電圧	± 15 V	
同期周波数範囲	下表による	

信号入力	検波モード	外部参照信号波形	同期周波数範囲
A A-B C *1 I	SINGLE DUAL1 DUAL2 CASCADE	SIN POS TTL POS TTL NEG	0.3 Hz ~ 3.2 MHz
HF *1	SINGLE DUAL1 DUAL2	TTL POS TTL NEG	8 kHz ~ 11.5 MHz
	CASCADE	SIN POS TTL POS TTL NEG	0.3 Hz ~ 3.2 MHz

同期時間	2 周期 + 50 ms (参考値)
周波数表示分解能	6 桁 (< 100 Hz では 0.1 mHz)
周波数測定確度	± (40 ppm + 1 カウント)

c) 内部発振器 *1

周波数 (主周波数, 副周波数)	設定範囲	0.3 Hz ~ 11.5 MHz
		A, A-B, C *1, 1入力するとき, 0.3Hz~3.2MHz
		HF *1入力するとき, 8kHz~11.5MHz
分解能	6桁 (< 100 Hz では 0.1 mHz)	
	確度	± 40 ppm
	数値設定では, 設定後直ちに周波数が安定します。	

● 主周波数, 副周波数とは

検波モードが DUAL2 または CASCADE のとき, 独立した 2 つの周波数を発生します。主周波数とは, 主検波器に接続された内部発振器の周波数を言います。また, 副周波数とは, 副検波器に接続された内部発振器の周波数を言います。

基準周波数源	内部 外部 切り換え (外部 10MHz 同期機能)	
外部基準周波数	入力端子	BNC (背面パネル 10MHz IN)
	周波数範囲	10 MHz ± 0.2 %
	波形	正弦波 または 方形波 (デューティ 45 ~ 55 %)
	信号レベル	0.5 Vp-p ~ 5 Vp-p
	非破壊最大入力電圧	10 Vp-p
	入力インピーダンス	1 kΩ (公称値)
	入力結合	AC
	フローティング電圧 (対接地許容電圧)	± 42 Vpeak max (DC+AC)

● 外部 10MHz 同期機能とは

周波数合成用の基準周波数 10 MHz を, 発振器等の外部機器から与えると, その基準周波数と同期することができます。したがって, 外部参照信号 (REF IN) がなくても, 内部発振器の周波数を数値設定することで同期が可能です。

正弦波出力

出力端子

BNC (正面パネル OSC OUT)

周波数

主周波数 (検波モードが SINGLE, DUAL1 の時)

主周波数 | 副周波数

(検波モードが DUAL2, CASCADE の時, 選択可能)

振幅

以下の表による。

レンジ	10 mV	100 mV	1V
範囲	0 ~ 10.00 mVrms	0 ~ 100.0 mVrms	0 ~ 1.000 Vrms
分解能	0.01 mVrms	0.1 mVrms	0.001 Vrms

精度 \pm (設定の 2 % + 1 mV) \leq 20 kHz

\pm (設定の 3 % + 1 mV) \leq 100 kHz

\pm (設定の 4 % + 2 mV) \leq 1 MHz

\pm (設定の 7 % + 5 mV) \leq 3 MHz

> 3.2 MHz のときは, 設定に関わらず, 出力が 0 Vrms になります。

最大出力電流

 ± 15 mA

負荷: 信号グラウンドに接続した抵抗器。以下同様。

出力インピーダンス

50 Ω (公称値)

高調波ひずみ

-80 dBc 以下 (20 Hz \leq 周波数 \leq 5 kHz) *4-70 dBc 以下 (5 kHz < 周波数 \leq 100 kHz) *4-60 dBc 以下 (100 kHz < 周波数 \leq 1 MHz) *5-50 dBc 以下 (1 MHz < 周波数 \leq 3 MHz) *5

ただし, 出力電圧設定 1 Vrms。

*4: 無負荷, 2~5 次高調波 (各次), 参考値。

*5: 50 Ω 負荷, 2~3 次高調波 (各次), 参考値。

方形波出力

出力端子

BNC (背面パネル REF OUT)

周波数

正弦波出力と同じ

信号レベル

TTL (0 ~ 3.3 V 無負荷時の公称値), ± 8 mA max

制約事項

周波数 > 3.2 MHz, および 正弦波振幅 = 0 Vrms では, 出力レベルが不定です (高または低レベルに固定)。

d) 調波測定

- ・検波モードが **SINGLE** の時

検波器に与える主周波数を参照信号の n/m 倍にして測定します。

n 範囲 (高調波) 1 ~ 63

m 範囲 (低調波) 1 ~ 63

- ・検波モードが **DUAL1** の時

主検波器に与える主周波数を参照信号の n/m 倍に, 副検波器に与える副周波数を参照信号の n 倍にして測定します。

n PRI 範囲 (主検波器側高調波) 1 ~ 63

m PRI 範囲 (主検波器側低調波) 1 ~ 63

n SEC 範囲 (副検波器側高調波) 1 ~ 63

調波は, 以下の条件下で測定できます。

参照信号源	基本波の周波数範囲	調波の周波数範囲
REF IN	外部参照信号への同期周波数範囲	同左
INT OSC	内部発振器の周波数設定範囲	同左
SIGNAL	外部参照信号への同期周波数範囲	n, m の設定に関わらず, 常に 1/1 倍で動作

e) 位相調整

参照信号移相量 範囲 -180.000° ~ +179.999°
分解能 0.001°

f) その他

直交性 ± 0.001°以内 (参考値)
位相確度 ± 1° (DC 結合, ≤ 10 kHz)
± 2° (DC 結合, ≤ 100 kHz)
± 5° (DC 結合, ≤ 1 MHz)
± 10° (DC 結合, ≤ 3 MHz)
参照信号源 = REF IN
信号入力端子 = A (感度 1V),
被測定信号と参照信号が同じ正弦波 (1Vrms)
における参考値。

9.4 演算処理

測定値 X, Y, R に対して以下の演算が可能です。

測定値 X, Y, R は、☞ 「9.5 測定値出力, 表示部」

- a) オフセット調整
- | | |
|-----|------------------------------------|
| 制御 | 有効 無効 |
| 範囲 | X : 感度の ± 105 %
Y : 感度の ± 105 % |
| 分解能 | 0.001 % |
- 主検波器および副検波器共に設定可能。

● オフセット調整とは

検波器の X, Y 出力から一定量を差し引く機能です。入力に含まれるクロストーク成分をキャンセルできます。また, X, Y をゼロ付近に移動すると, 以下の拡大機能により, 見かけの感度や分解能を向上して, 小さな変化を測定できます。

b) 拡大 (EXPAND)

EXPAND 倍率	X, R	1, 10, 100 (X と R の倍率は共通)
	Y	1, 10, 100

主検波器および副検波器共に設定可能。

見かけの感度すなわち信号フルスケールが $(1 \div \text{EXPAND 倍率})$ になります。

ノーマライズまたはレシオ演算実行時は, 拡大できません。

c) ノーマライズ

演算内容 : 以下から選択

- ・ ノーマライズ演算なし
- ・ %値 $= (\text{測定値} \div \text{標準値}) \times 100$
- ・ dB 値 $= 20 \times \log_{10} (|\text{測定値} \div \text{標準値}|)$
- ・ %FS 値 $= (\text{測定値} \div \text{感度}) \times 100$

検波モードが, SINGLE, DUAL1, DUAL2 の時
上記の 測定値 = 主検波器出力 (X または R)。

検波モードが, CASCADE の時
上記の 測定値 = 副検波器出力 (X または R)。

標準値範囲 電圧 1 nV ~ 10 V

電流 1 fA ~ 1 μA

分解能 6 桁

拡大またはレシオ演算実行時は, ノーマライズ演算を行えません。

d) レシオ

演算内容：以下から選択

- ・レシオ演算なし
- ・レシオ = $K \times A \div B$

K 範囲 0.1 ~ 10
 分解能 0.00001

A, B 下表の組み合わせから選択

A (測定値)	B (基準値)	検波モード
主検波器出力 (X, Y, R) / 感度	AUX IN 1 測定値 / 10V	SINGLE DUAL1 DUAL2
主検波器出力 (X, Y, R) / 感度	副検波器 X 出力 / 感度	DUAL1 DUAL2
副検波器出力 (X, Y, R) / 感度	AUX IN 1 測定値 / 10V	CASCADE

B の最高更新レートは約 10k サンプル/s です。

拡大またはノーマライズ演算実行時は、レシオ演算を行えません。

- レシオとは

測定値 A と基準値 B の比です。比を求めると、測定系と基準系で共通な部分(信号源, 信号経路, センサ) の特性変動をキャンセルできます。

使用例は、☞ 「1.2 応用」 ■ LI 5655 / LI 5660 の特長を生かした応用例

b) 光透過率や吸光率の測定, 光源変動の抑制

9.5 測定値出力, 表示部

a) パラメタ

以下から選択。

出力 / 表示	検波モード	
	SINGLE	DUAL1 DUAL2, CASCADE
DATA1	X, R, AUX IN 1, NOISE	$X_p, R_p, Y_p, \theta_p, X_s, R_s, \text{AUX IN 1, NOISE}$
DATA2	Y, θ , AUX IN 1, AUX IN 2	$Y_p, \theta_p, X_s, R_s, Y_s, \theta_s, \text{AUX IN 1, AUX IN 2}$
DATA3	X, R	$X_p, R_p, Y_p, \theta_p, X_s, R_s$
DATA4	Y, θ	$Y_p, \theta_p, X_s, R_s, Y_s, \theta_s$
備考： X, Y, R, θ 添字	n : 調波 (調波設定時末尾に n がつきます。例 Xn)	p : 主検波器 s : 副検波器 n : 調波 (調波設定時末尾に n がつきます。例 Xpn)

X	同相成分 ($=R \cos \theta$)
Y	直交成分 ($=R \sin \theta$)
R	信号の大きさ
θ	信号の位相
NOISE	雑音密度 (主検波器)
AUX IN 1	直流電圧 (背面パネル AUX IN 1)
AUX IN 2	直流電圧 (背面パネル AUX IN 2)

b) アナログ出力

正面パネル

出力端子	BNC (DATA OUT 1, DATA OUT 2 : DATA1, 2 に対応)
最高更新レート	312.5 k サンプル/s

背面パネル

出力端子	BNC (DATA OUT 3, DATA OUT 4 : DATA3, 4 に対応)
最高更新レート	1.5625 M サンプル/s

共通仕様

フルスケール電圧	$\pm 10 \text{ V}$ (両極性信号), $+10 \text{ V}$ (片極性信号)
出力電圧範囲	$\pm 12 \text{ V}$ (無負荷時)
最大出力電流	$\pm 10 \text{ mA}$
出力インピーダンス	470Ω (公称値)
出力電圧確度	$\pm (0.3 \% + 10 \text{ mV})$, 対 測定値対応電圧値 測定値対応電圧値については, e) 項の表の最右列参照

c) 測定画面

測定値を表示する画面を、以下から選択。

標準	測定値 (DATA1, DATA2) と主要な設定を表示
拡大	測定値 (DATA1, DATA2) を大きく表示
詳細	測定値 (DATA1, DATA2, DATA3, DATA4) と詳細な設定を表示

d) バーグラフ

測定画面が 標準 または 拡大 のとき、測定値を数値だけでなくバーグラフでも表示。

e) 数値表示

パラメタ	数値表示		アナログ出力のフルスケール電圧に対応する測定値
	範囲	分解能	
X, Y	感度 / EXPAND 倍率の $\pm 120\%$	6 桁 感度フルスケールにて	\pm 感度 / EXPAND 倍率
R	感度 / EXPAND 倍率の $0 \sim 120\%$	6 桁 感度フルスケールにて	感度 / EXPAND 倍率
θ	$-180.000 \sim +179.999^\circ$	0.001°	$\pm 180^\circ$
NOISE (雑音密度)	感度の $0 \sim 120\%$	6 桁 感度フルスケールにて	感度
AUX IN 1, 2	$\pm 12\text{ V}$	0.0001 V	$\pm 10\text{ V}$
レシオ	± 2.4	0.00001	± 2
ノーマライズ %	$\pm 240\%$	0.001%	$\pm 200\%$
ノーマライズ %FS	$\pm 120\%$ of FS	0.001% of FS	$\pm 100\%$ of FS
ノーマライズ dB	$\pm 120\text{ dB}$	0.001 dB	$\pm 100\text{ dB}$

9.6 モニタ出力

モニタ信号	位相検波器の入力信号
出力端子	BNC (正面パネル MONITOR OUT)
最大出力電圧	$\pm 3\text{ V}$ (無負荷時)
	出力は、入力のおよそ AC 利得倍になります。
	AC 利得の詳細は、☞ 「9.2 位相検波部」 c) ダイナミックリザーブ
最大出力電流	$\pm 20\text{ mA}$
出力インピーダンス	$50\ \Omega$ (公称値)

9.7 AUX IN (DC 電圧測定)

チャンネル数	2
入力端子	BNC (背面パネル AUX IN 1, 2)
最大入力電圧 (線形動作範囲)	$\pm 12 \text{ V}$
非破壊最大入力電圧	$\pm 42 \text{ V}$
入力インピーダンス	1 M Ω (公称値), 並列に 50 pF (参考値) 信号グラウンドが筐体電位に等しいとき。
電圧測定精度	$\pm (0.3 \% + 10 \text{ mV})$, 信号グラウンドが筐体電位に等しいとき。
周波数帯域	最高 5 kHz (-3 dB) (参考値)
サンプリングレート	最高 125 k サンプル/s
フローティング特性	信号グラウンド 対接地最大電圧 (非破壊) $\pm 42 \text{ V}_{\text{peak max}} (\text{DC}+\text{AC})$ 接地インピーダンス 1 M Ω (公称値) 信号 対接地最大電圧 (非破壊) $\pm 42 \text{ V}_{\text{peak max}} (\text{DC}+\text{AC})$

9.8 AUX OUT (DC 電圧出力)

チャンネル数	2
出力端子	BNC (背面パネル AUX OUT 1, 2)
出力電圧範囲	$\pm 10.500 \text{ V}$ (分解能 0.001 V)
最大出力電流	$\pm 5 \text{ mA}$
出力インピーダンス	1 k Ω (公称値)
出力電圧精度	$\pm (0.3 \% + 10 \text{ mV})$, 無負荷時

9.9 自動設定機能

項目	機能
測定	下記の項目「時定数」, 「感度」, 「位相」を実行
時定数	参照信号の周波数に合わせて, 時定数, 減衰傾度を設定
感度	入力信号に合わせて, 感度とダイナミックリザーブを設定
位相	Y および位相出力 θ がゼロになるように参照信号の移相量を設定
オフセット	X, Y 出力がゼロになるように, 各オフセットを設定

9.10 データメモリ

記録データ 1 サンプル当たり，以下の記録データから最大 5 ワードまで任意に選択可能。

記録データ	ワード数	データ分解能
STATUS	1 ワード	16 ビット
DATA 1	1 ワード	16 ビット
DATA 2	1 ワード	16 ビット
DATA 3	1 ワード	16 ビット
DATA 4	1 ワード	16 ビット
参照信号周波数	2 ワード	32 ビット

STATUS は，以下の信号を検出します。

- ・ UNLOCK (同期外れ)
- ・ PROTECT (A, B 入力オーバレベル)
- ・ INPUT (PSD 前オーバレベル)
- ・ OUTPUT (PSD 後オーバレベル)
- ・ AUX (AUX 入力オーバレベル)

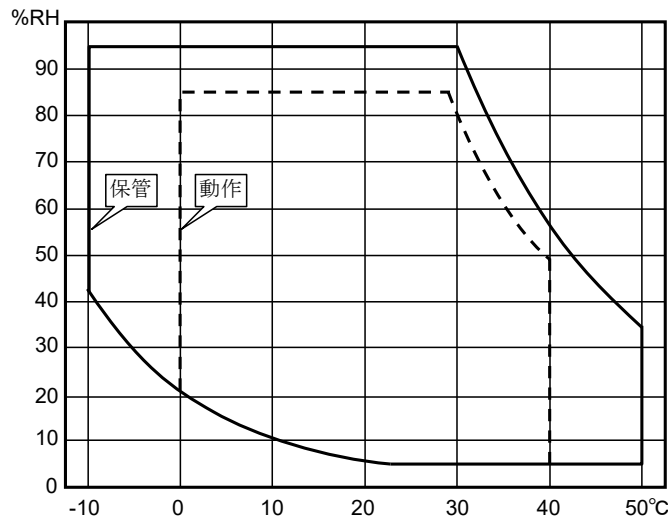
記録容量	バッファ 1, 2	16 ~ 8192 サンプル
	バッファ 3	16 ~ 65536 サンプル (FIFO)
トリガ信号	内部タイマ / 外部トリガ / リモート制御コマンド / 手動トリガ トリガ信号を受けた時点で，1 サンプル記録します。	
サンプリング間隔	内部タイマ	
	範囲	1.92 μ s ~ 20 s, 等間隔で繰り返し
	分解能	640 ns, 6 桁 max
	外部トリガ / リモート制御コマンド / 手動トリガ	
	範囲	\geq 2.6 μ s, 任意間隔
	内部遅延ジッタ	640 ns (公称値)
外部トリガ	入力端子	BNC (背面パネル TRIG IN)
	信号レベル	TTL (High 2.6V 以上, Low 0.8V 以下)
	最小パルス幅	500 ns (高 / 低レベル 共)
	有効エッジ	下降
	入力インピーダンス	10 k Ω (公称値)
	非破壊最大入力電圧	\pm 15 V
トリガ遅延時間	範囲	0 ~ 100 s
	分解能	640 ns, 6 桁 max
	トリガ信号から遅延時間だけ待って，データを記録します。	
操作	リモート制御による。 パネルからは操作できません (手動トリガだけ可能)。	

9.11 リモート制御インタフェース

USB	USBTMC, USB 2.0 ハイスピード
RS-232	通信速度 4800 / 9600 / 19200 / 38400 / 57600 / 115200 / 230400 bps 19200 bps を超える通信速度では、ケーブルやコントローラの特性により、 通信を行えないことがあります。 フロー制御 なし、ソフトウェア (X-ON/X-OFF), ハードウェア (RTS/CTS)
GPIB	準拠規格 IEEE 488.1, IEEE 488.2
LAN	10BASE-T / 100BASE-TX, TCP/IP, LXI

9.12 一般仕様

- ・表示器 4.3 インチ, WQVGA, カラーLCD
- ・電源 電圧 AC 100 V $\pm 10\%$ / AC 120 V $\pm 10\%$ / AC 230 V $+10\%$, -14%
ただし, 250 V 以下
周波数 50 / 60 Hz ± 2 Hz
消費電力 75 VA 以下
過電圧カテゴリ II
- ・環境条件
 - 動作 温度 0 \sim +40 $^{\circ}$ C
湿度 5 \sim 85 %RH。ただし絶対湿度は 1 \sim 25 g/m³, 結露がないこと
高度 2000 m 以下
 - 保管 温度 -10 \sim +50 $^{\circ}$ C
湿度 5 \sim 95 %RH。ただし絶対湿度は 1 \sim 29 g/m³, 結露がないこと



汚染度 2 (屋内使用)

- ・ウォームアップタイム 30 分
- ・設定メモリ 9 組
- ・レジューム あり (電源投入時に最後の設定に復帰)
- ・プリアンプ用電源出力 ± 15 V (公称値), 100 mA max (背面パネル PREAMP POWER)
- ・キーロック あり (オン / オフ)
- ・ランプ制御 あり (オン / オフ)

備考: 冷却ファンは常時オン。オフにできません。

- ・RoHS Directive 2011/65/EU
- ・安全性および EMC EN 61010-1, EN61010-2-030,
EN 61326-1, EN 61326-2-1
備考: リアパネルに CE マーキング表示のある製品に適用
- ・外形寸法 430(W) \times 88(H) \times 400(D) mm, 突起部を除く
- ・質量 約 7.5 kg, 付属品を除く

9.13 外形寸法図

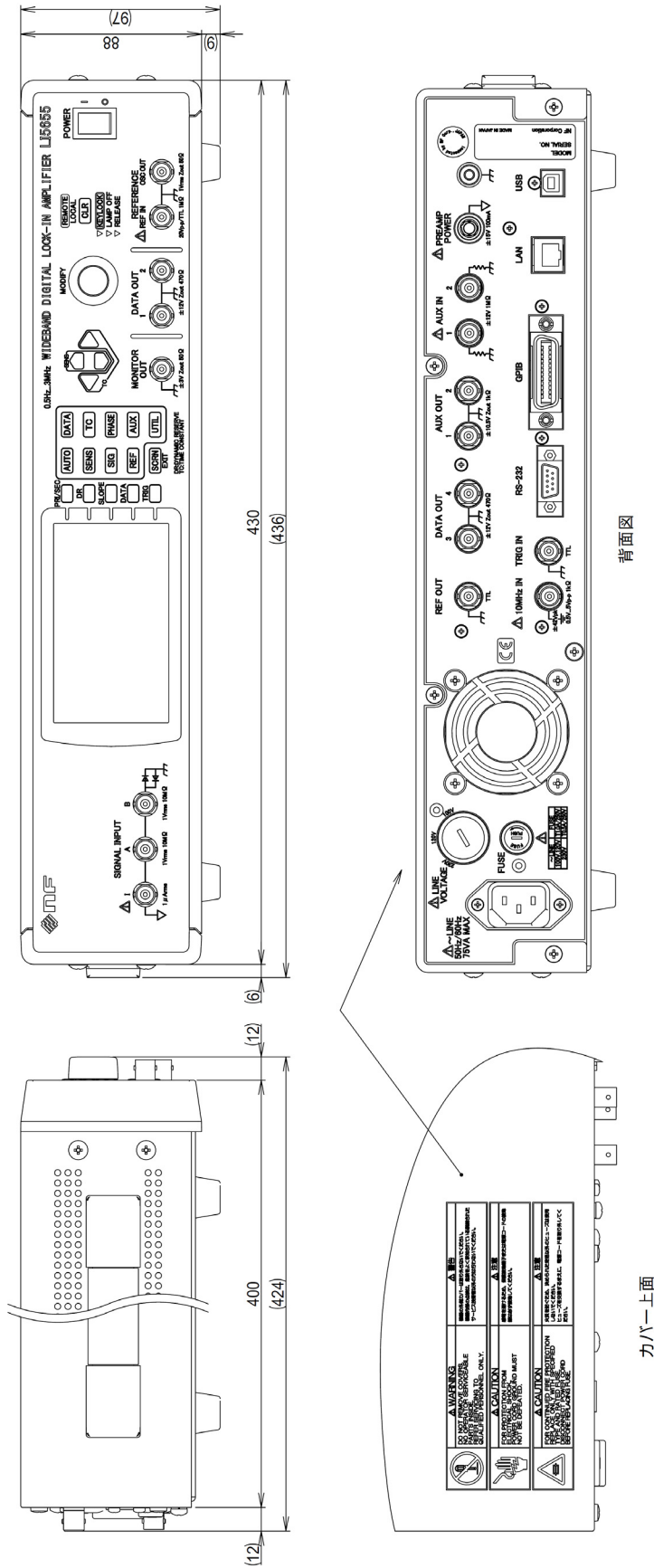


図 9-1 LI 5655 外形寸法図

表面処理
 フロントパネル：プラスチックシート ヴォルトラライツグレー（マンセル6PB9.2 / 0.1半ツヤ）
 リアパネル：塗装 ライトグレー（マンセル6PB7.6 / 1.2半ツヤ）
 カバー：塗装 ライトグレーサートン（マンセル6PB7.6 / 1.2レザートン）

9.13 外形寸法図

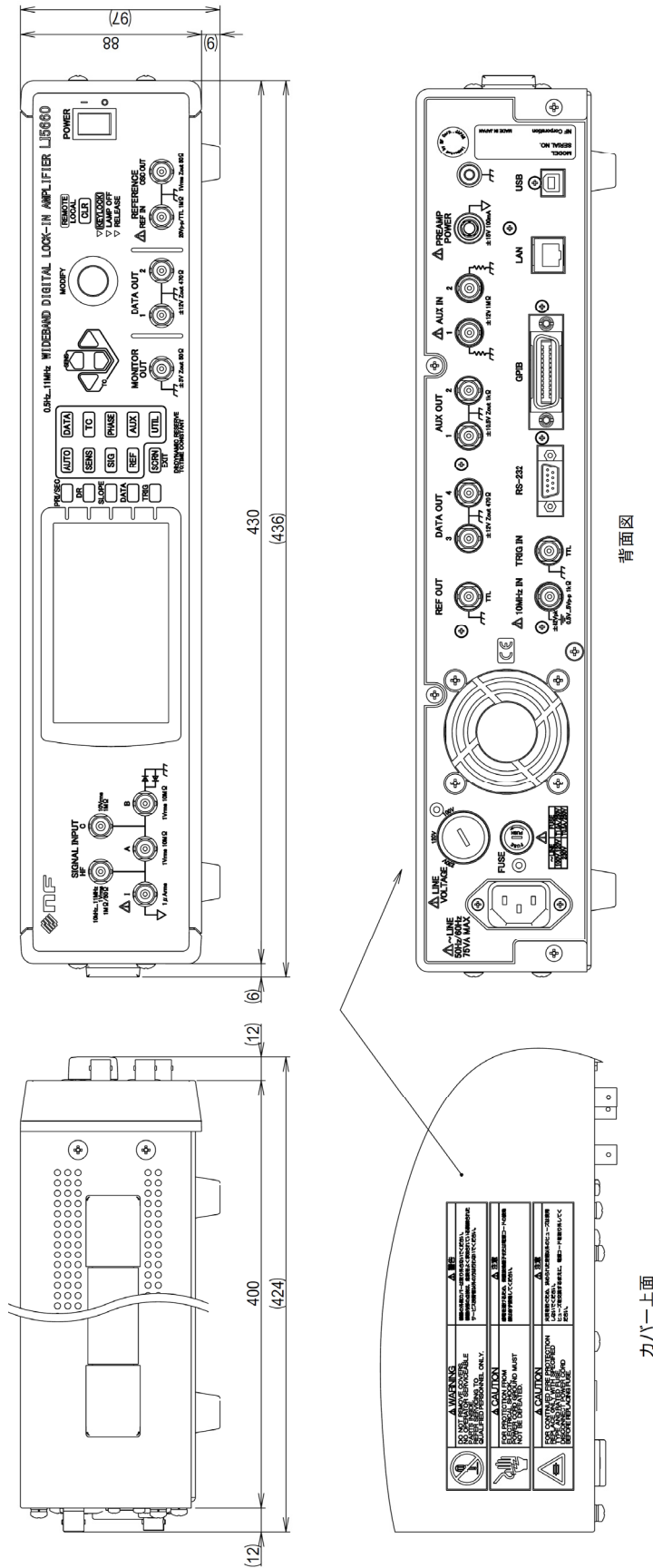


図 9-2 LI 5660 外形寸法図

表面処理
 フロントパネル：プラスチックシート ウルトラライトグレー（マンセル6PB9.2/0.1半ツヤ）
 リアパネル ：塗装 ライトグレー（マンセル6PB7.6/1.2半ツヤ）
 カバー ：塗装 ライトグレーレザータン（マンセル6PB7.6/1.2レザータン）

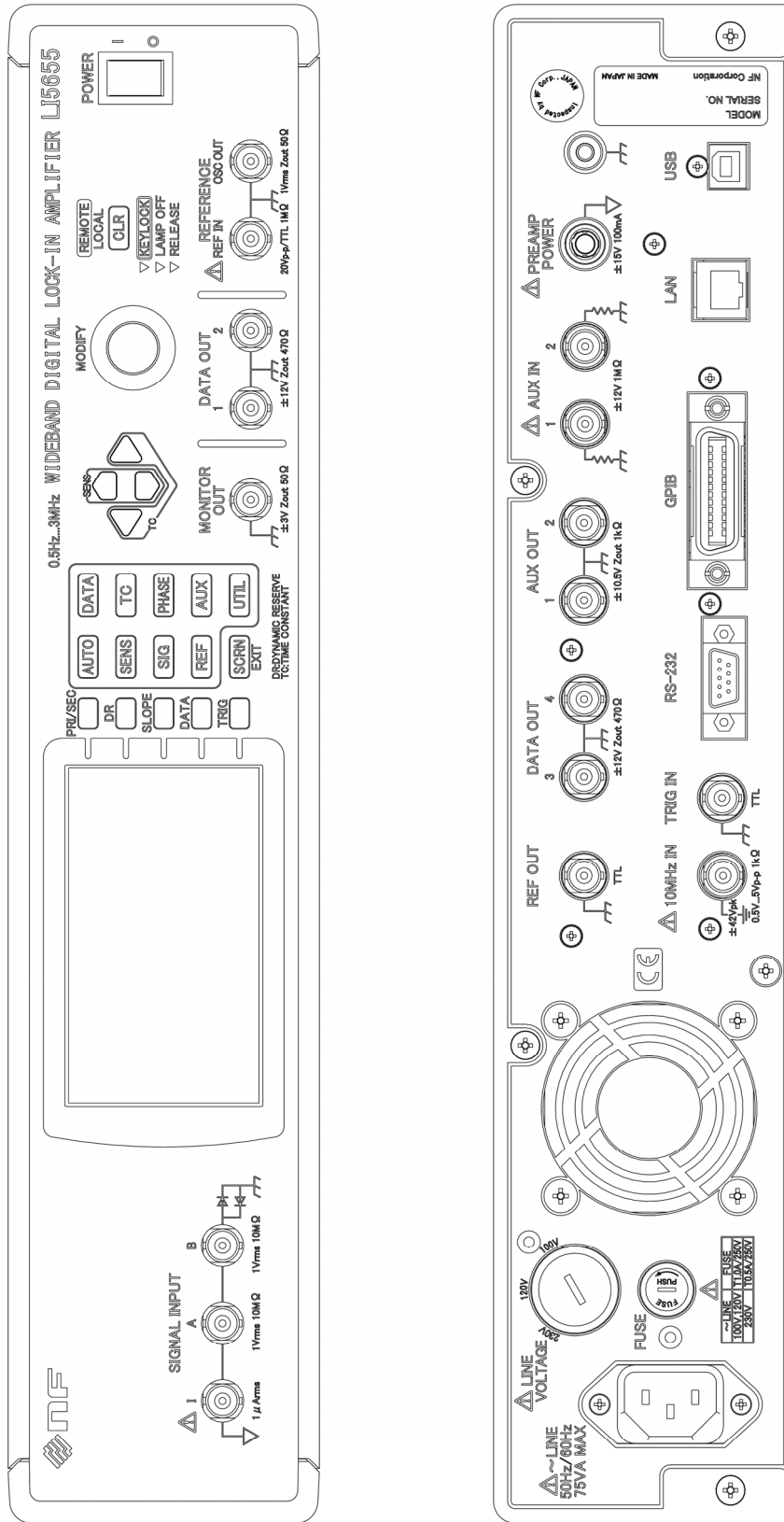


図 9-3 LI 5655 パネル図

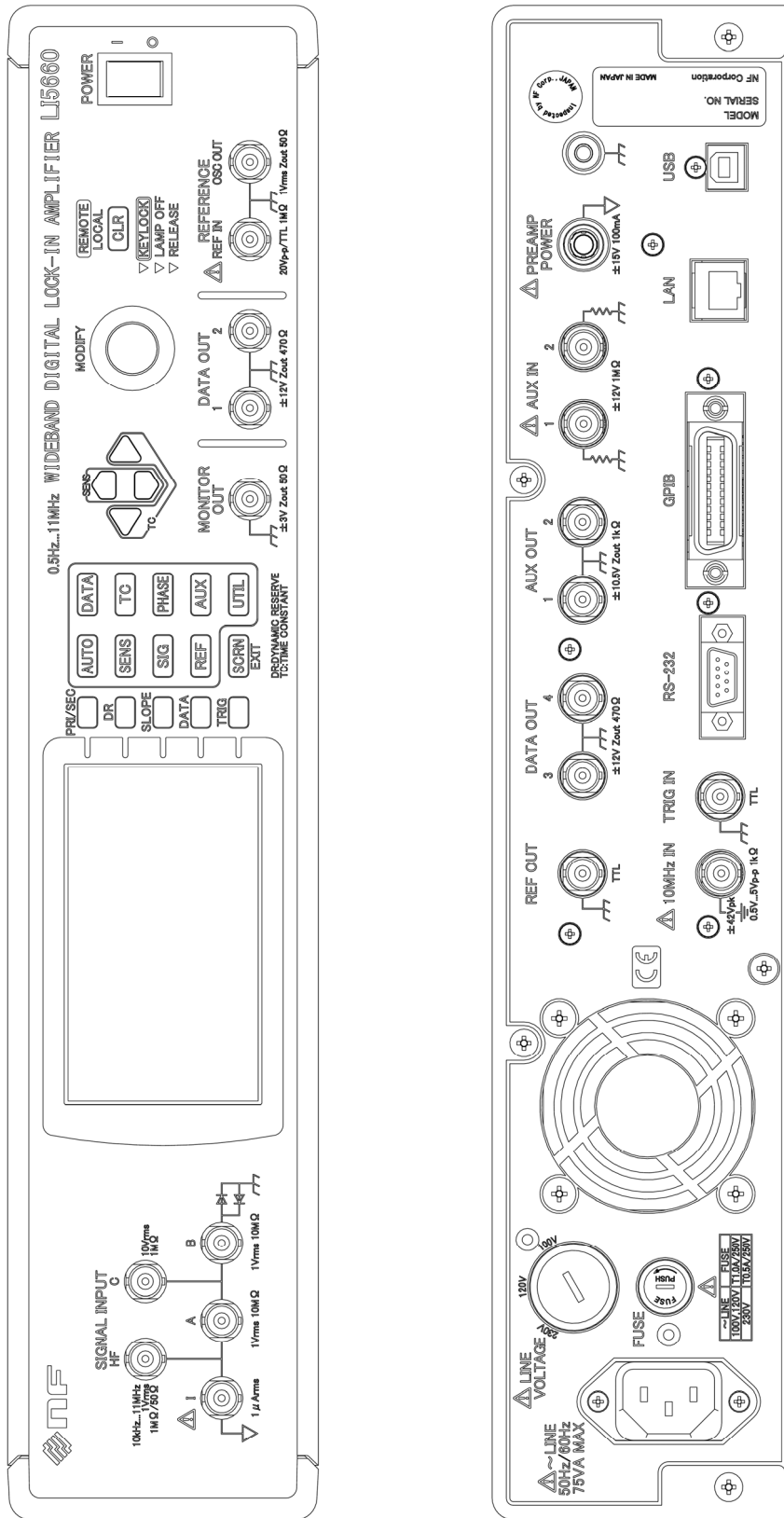


図 9-4 LI 5660 パネル図

保 証

この製品は、株式会社 エヌエフ回路設計ブロックが十分な試験及び検査を行って出荷しております。

万一ご使用中の故障又は輸送中の事故などによる故障がありましたら、当社又は当社代理店までご連絡ください。

この保証は、当社又は当社代理店からご購入された製品で、取扱説明書、本体貼付ラベルなどの記載内容に従った正常な使用状態において発生した、部品又は製造上の不備による故障など当社の責任に基づく不具合について、納入後 1 年間の保証期間内に当社又は当社代理店にご連絡いただいた場合に、無償修理をお約束するものです。

なお、この保証は日本国内においてだけ有効です。日本国外で使用する場合は、当社又は当社代理店にご相談ください。

次の事項に該当する場合は、保証期間内でも有償修理となります。

- 取扱説明書に記載されている使用方法及び注意事項（定期点検や消耗部品の保守・交換を含む）に反する取扱いや保管によって生じた故障の場合
- お客様による輸送や移動時の落下、衝撃などによって生じた故障、損傷の場合
- お客様によって製品に改造（ソフトウェアを含む）が加えられている場合や、当社及び当社指定サービス業者以外による修理がなされている場合
- 外部からの異常電圧又はこの製品に接続されている外部機器（ソフトウェアを含む）の影響による故障の場合
- お客様からの支給部品又は指定部品の影響による故障の場合
- 腐食性ガス・有機溶剤・化学薬品等の雰囲気環境下での使用に起因する腐食等による故障や、外部から侵入した動物が原因で生じた故障の場合
- 火災、地震、水害、落雷、暴動、戦争行為、又はその他天災地変などの不可抗力的事故による故障、損傷の場合
- 当社出荷時の科学技術水準では予見できなかった事由による故障の場合
- 電池などの消耗品の補充

修理にあたって

万一不具合があり、故障と判断された場合やご不明な点がありましたら、当社又は当社代理店にご連絡ください。

ご連絡の際は、型式名（又は製品名）、製造番号（銘板に記載の SERIAL NO.）とできるだけ詳しい症状やご使用の状態をお知らせください。

修理期間はできるだけ短くするよう努力しておりますが、ご購入後 5 年以上経過している製品のときは、補修パーツの品切れなどによって、日数を要する場合があります。

また、補修パーツが製造中止の場合、著しい破損がある場合、改造された場合などは修理をお断りすることがありますのであらかじめご了承ください。

お願い

- 取扱説明書の一部または全部を、無断で転載または複製することは固くお断りします。
 - 取扱説明書の内容は、将来予告なしに変更することがあります。
 - 取扱説明書の作成に当たっては万全を期しておりますが、内容に関連して発生した損害などについては、その責任を負いかねますのでご了承ください。
もしご不審の点や誤り、記載漏れなどにお気づきのことがございましたら、お求めになりました当社または当社代理店にご連絡ください。
-

LI 5655 / LI 5660 取扱説明書（基本編）

株式会社エヌエフ回路設計ブロック

〒223-8508 横浜市港北区綱島東 6-3-20

TEL 045-545-8111

<http://www.nfcorp.co.jp/>

© Copyright 2015-2022, **NF Corporation**

