

GRAS

An Axiometrix Solutions Brand

ハンドブック

測定用マイクロホンの
セットアップの紹介



目次

1. はじめに	4
2. マイクロホンセレクション	4
2.1 自由音場、圧力、ランダム入射	4
2.2 マイクロホンのダイナミックレンジ	7
2.3 マイクロホンの周波数範囲	9
2.4 外部成極 vs 成極済み	11
3. マイクロホンセット	12
3.1 組立済みセット	12
3.2 簡単な選択	12
3.3 プラグ & プレイ	12
3.4 ケーブル	12
3.5 校正データ	12
3.6 検証と年1回の校正	13
3.7 保証	13
3.8 サービス	13
4. 特殊マイクロホン	14
4.1 Ultra-thin Precision (UTP) マイクロホン	14
4.2 SysCheck2™機能を搭載したマイクロホン	14

4.3	サーフェスマイクロホン	15
4.4	アレイマイクロホン	15
4.5	フラッシュマウントマイクロホン	15
4.6	プローブマイクロホン	15
4.7	乱流スクリーン	16
4.8	グラウンドアレイマイクロホンキット	16
4.9	超低周波マイクロホン	16
4.10	半球キット	16
4.11	屋外用マイクロホン	16
4.12	ローノイズ測定システム	17
4.13	インテンシティプローブ	18

5. プリアンプ 20

5.1	プリアンプのダイナミックレンジ	21
5.2	ダイナミックレンジの上限値	22
5.3	ダイナミックレンジの下限値	23

6. パワーモジュール 24

1. はじめに

このハンドブックの目的は、特定の測定用マイクロホンの設定を決定する際に、最も基本的な検討事項の概要を説明することです。このハンドブックでは、マイクロホンを選択する際に考慮すべき主な違いやパラメータを説明します。また、マイクロホンセットに関する情報、および特殊なマイクロホンの概要も記載されています。最後に、このハンドブックでは、プリアンプとその最も重要な仕様、およびパワーモジュールがどのようにセットアップの一部となるかを説明しています。

2. マイクロホンセレクション

測定用マイクロホンは多くの種類があり、様々な周波数帯域、ダイナミックレンジ、アプリケーションの状況をカバーしています。ある用途に適した測定用マイクロホンを選択するためには、多くの決定事項があります。これらは、以下のパラメータに関連しています。

- ✓自由音場、音圧、ランダム入射
- ✓ダイナミックレンジ
- ✓周波数範囲
- ✓外部成極 vs 成極済み

2.1 自由音場、圧力、ランダム入射

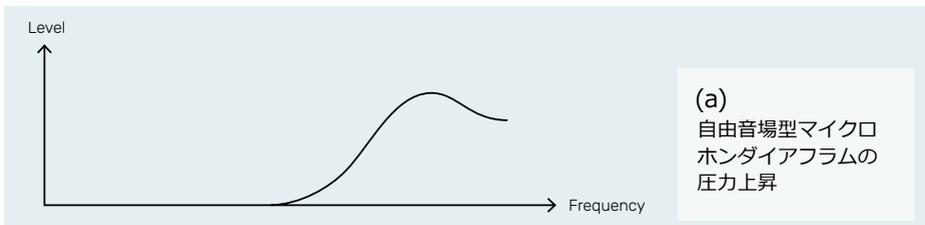
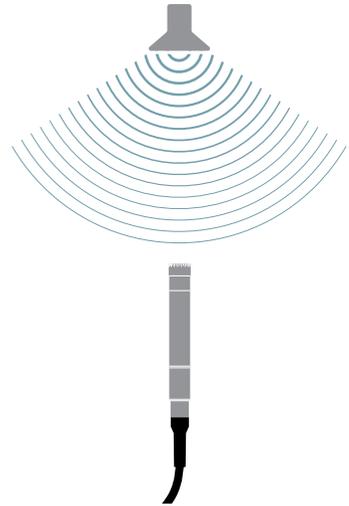
測定用マイクロホンは3つのグループに分けられる。自由音場型、圧力型、ランダム入射型である。グループごとのマイクロホンの違いは、マイクロホンの大きさが測定する音の波長に匹敵するようになる高い周波数にある。

※ 自由音場型マイクロホン

自由音場型マイクロホンは、マイクロホンが音場に導入される前の音圧を測定するように設計されています。高周波数帯では、音場にマイクロホン本体が存在することにより、局所的に音圧が乱れる。

一般に、マイクロホンカートリッジの周囲では、反射や回折により音圧が上昇します。

自由音場型マイクロホンの周波数特性は、この音圧の上昇を補正するように設計されている。したがって、自由音場型マイクロホンの出力は、マイクロホンが音場に導入される前の音圧に比例した信号です。自由音場型マイクロホンは、右図のように常に音源の方向（0°入射）に向けて設置する必要があります。このとき、マイクロホンのダイアフラムが音場に存在すると、音の波長とマイクロホンの直径に依存してダイアフラムの前方で圧力が増加します（下グラフの曲線（a）参照）。

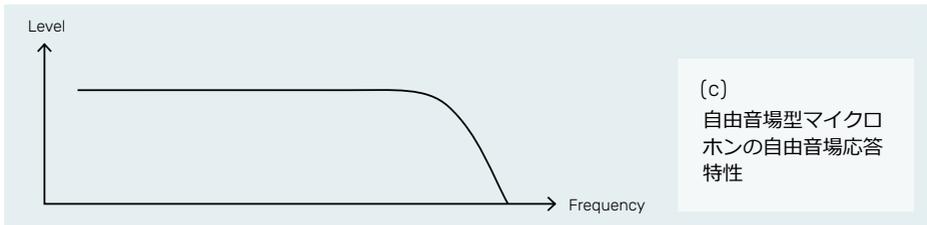
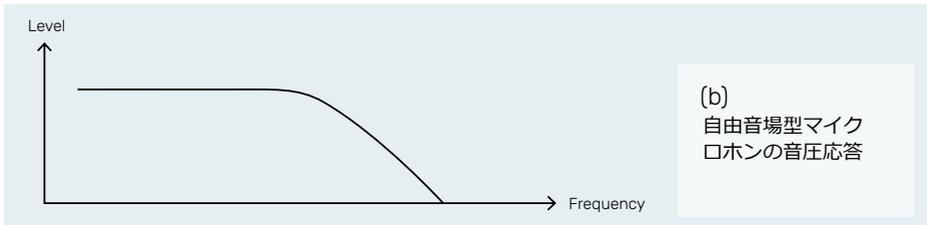


自由音場型マイクロホンは、騒音計、音響パワー測定、音響放射調査など、ほとんどの音圧レベル測定に推奨されます。

典型的な1/2インチマイクロホンでは、音圧の最大増加は、音の波長がマイクロホンの直径と一致する26.9kHzで起こります

$$\lambda = \frac{342 \text{ m/s}}{26.9 \text{ kHz}} \approx 12.7 \text{ mm} = \frac{1}{2} \text{''}$$

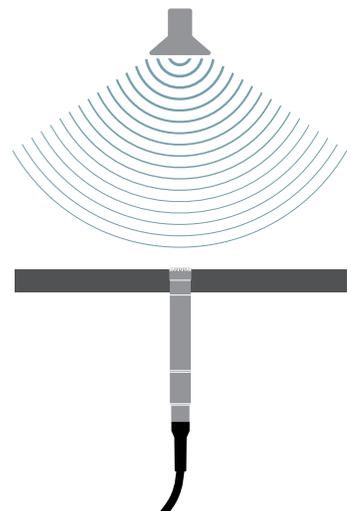
その結果、マイクロホンカートリッジからの出力は、マイクロホンが音場に導入される前の音圧に比例したものとなる（下記曲線（c）参照）。曲線(a)は自由音場補正曲線とも呼ばれ、曲線(b)のマイクロホンの音圧応答に加えて、曲線(c)の自由音場型マイクロホンの特性を得る必要があります。



※ 圧カマイクロホン

圧カマイクロホンは、マイクロホンのダイアフラムの表面で実際の音圧を測定するためのものです。典型的な用途としては、密閉されたカプラー内の音圧測定や、右図のように境界や壁面での音圧測定があり、この場合、マイクロホンが壁の一部を構成し、壁面自体の音圧を測定することになります。

音圧マイクロホンは、GRAS RA0045 IEC 60318-4やGRAS RA0038 IEC 60318-5などのカプラーと2ccカプラーで使用し、閉鎖空洞内の音圧を調査する場合に推奨されます。

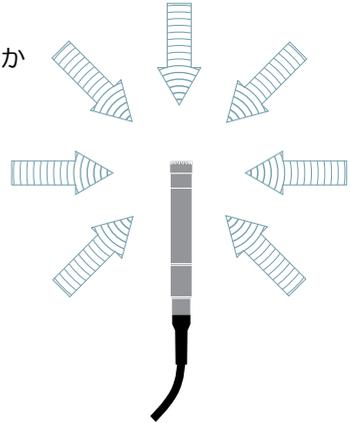


※ ランダム入射型マイクロホン

ランダム入射マイクロホンは、残響室など反射の多い環境での測定など、多方向から音が来る音場での測定に適しています。

あらゆる方向から来る音波の総合的な影響は、これらの音波が様々な方向にどのように分布しているかに依存します。測定用マイクロホンでは、統計的な考察に基づいて標準的な分布が定義され、標準化されたランダム入射型マイクロホンが実現されています。

一般的に、ANSI規格に基づく音圧レベルの測定にはランダム入射型が使用されます。



2.2 マイクロホンのダイナミックレンジ

マイクロホンのダイナミックレンジは、そのマイクロホンが扱える最小レベルから最大レベルまでの範囲と定義することができます。これはマイクロホン単体の機能だけでなく、マイクロホンと一緒に使用されるプリアンプの機能でもあります。マイクロホンのダイナミックレンジは、その感度に大きく関係しています。

一般に、感度の高いマイクロホンは非常に低いレベルを測定できますが、非常に高いレベルは測定できません。また、感度の低いマイクロホンは非常に高いレベルを測定できますが、非常に低いレベルは測定できません。

マイクロホンの感度は、主にマイクロホンの大きさとダイヤフラムの張力によって決まります。一般に、大きなマイクロホンでダイヤフラムがゆるいと感度が高くなり、小さなマイクロホンでダイヤフラムが硬いと感度が低くなります。

※ ダイナミックレンジ上限

ダイナミックレンジの上限は、純粋な1kHzの正弦波をマイクロホンに照射し、段階的に振幅を増加させ、マイクロホン出力で3%のTHDを測定することによって決定されます。結果はピークレベルとしてdB SPLで表される。

より高い音圧にさらされた場合、マイクロホンは線形トランスデューサとしては機能しなくなり、測定出力の精度は保証されません。

※ ダイナミックレンジ下限

ダイナミックレンジの下限は、電気的な制約とマイクロホンのダイアフラムのブラウン運動によって生じるマイクロホン固有のノイズによって定義されます。

ダイナミックレンジの下限値は、マイクロホンを防音室内に設置し、マイクロホン信号の出力を測定することで設定されます。

その結果、dB(A)で表される等価ノイズレベルが得られます。最小限の固有ノイズを保証するために、GRASマイクロホンはGRASパワーモジュールと組み合わせて使用されなければならないことにご注意ください。

この固有ノイズは通常 $5\mu\text{V}$ であり、マイクロホンの感度から計算できる音圧レベルに相当する。 $50\text{mV}/\text{Pa}$ の感度を持つマイクロホンでは、見かけ上の音圧に相当します。

$$\frac{5\ \mu\text{V}}{50\ \text{mV}/\text{Pa}} = 0.0001\ \text{Pa}; \text{つまり約 } 14\ \text{dB re. } 20\ \mu\text{Pa}$$

同様に、感度が $4\text{mV}/\text{Pa}$ のマイクロホンでは、見かけ上の音圧に相当する。

$$\frac{5\ \mu\text{V}}{4\ \text{mV}/\text{Pa}} = 0.00125\ \text{Pa}; \text{つまり約 } 36\ \text{dB re. } 20\ \mu\text{Pa}$$

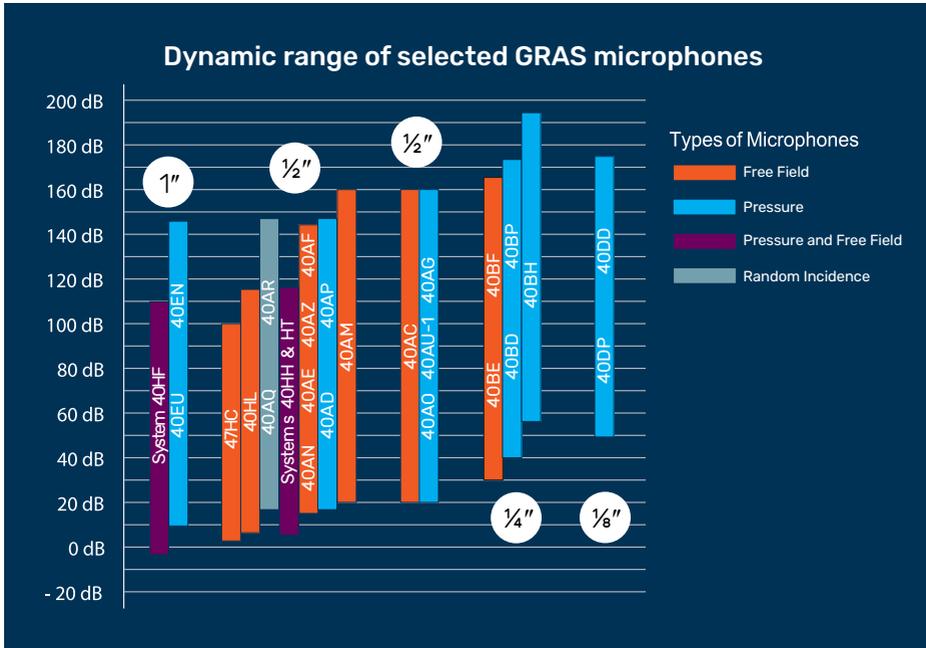
したがって、 $50\text{mV}/\text{Pa}$ の感度を持つマイクロホンは約14dBまで測定できるのに対し、 $4\text{mV}/\text{Pa}$ の感度を持つマイクロホンは約36dBまでしか測定できません。

実際には、マイクロホンからの非常に弱い出力信号を扱うために、マイクロホンは高インピーダンスのプリアンプに接続される必要があります。また、プリアンプには、マイクロホンから発生する熱ノイズに加え、ある程度のノイズが存在します。

各種GRASマイクロホンのダイナミックレンジは次のページの通りです。圧力型（青）、自由音場型（オレンジ）、ランダム入射型（ライトグレー）のマイクロホンを区別するために、異なる色が使用されています。

2.3 マイクロホンの周波数範囲

マイクロホンの周波数帯域は、上限周波数と下限周波数の間で定義されます。現在のマイクロホンでは、1 Hz付近から140 kHzまでの周波数帯域をカバーすることが可能です。



マイクロホンは外径の大きさによってグループ分けされています。i.e., 1", 1/2", 1/4" and 1/8". 各マイクロホンの部品番号やモデル番号も表示されます。

低周波の測定には、非常にゆっくりとしたバントで静圧を十分に制御したマイクロホンが必要です。超低周波測定用の特別なマイクロホンもあります。

高周波の測定は、ダイアフラムの剛性、ダンピング、質量、そして回折の影響を非常に受けやすい。

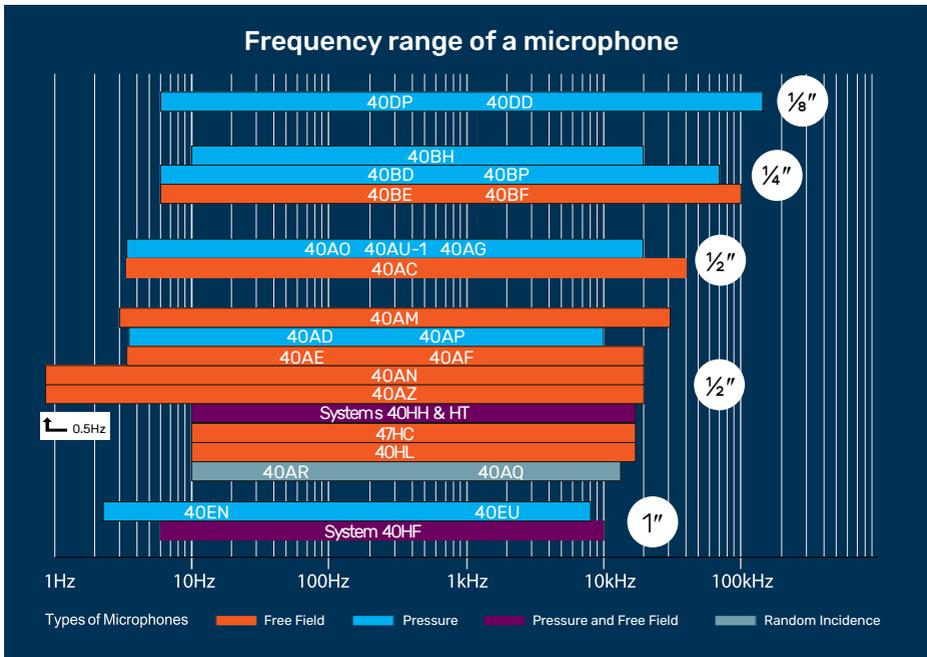
※ 上限周波数

上限周波数は、マイクロホンの大きさ、正確には音の波長とマイクロホンの大きさに関係しています。波長は周波数に反比例するので、周波数が高くなるほど短くなり、マイクロホンの直径が小さいほど、測定できる周波数が高くなります。一方、マイクロホンの感度も大きさに関係し、ダイナミックレンジに影響します。

※ 下限周波数

マイクロホンの下限周波数は、その静圧平衡システムによって決定されます。基本的には、マイクロホンはその内圧と周囲圧力との差を測定します。

もし、マイクロホンが完全に密閉されていれば、気圧や高度の変化により、マイクロホンのダイヤフラムが静的にたわみ、その結果、周波数特性や感度が変化してしまいます。



マイクロホンは外径の大きさによってグループ分けされています。—i.e., 1", 1/2", 1/4" and 1/8". 各マイクロホンの部品番号またはモデル番号も表示されています。

これを避けるために、マイクロホンは内圧を周囲圧力と等しくするための静圧平衡化チャンネルを備えて製造されています。一方、動的な信号の測定に影響を与えないよう、イコライジングは十分に遅くする必要があります。

各種GRASマイクロホンの周波数帯域を前ページに示します。圧力型（青）、自由音場型（オレンジ）、ランダム入射型（ライトグレー）のマイクロホンを区別するために異なる色が使用されています。

2.4 外部成極 vs 成極済み

GRASの測定用マイクロホンはすべてコンデンサー型です。このため、偏極電圧が必要となりますが、これは外部電源から供給するか、マイクロホンのバックプレート表面にある薄いPTFE層に永久電荷を注入して、マイクロホン自体を偏極させることが必要です。

∴ 外部成極型マイクロホン

これらのマイクロホンは、7ピンLEMOコネクタを持つGRAS 26AKのような標準的なプリアンプと組み合わせて使用されます。プリアンプは、マイクロホンカプセルの200V偏極と同時にプリアンプに電源を供給できるパワーモジュール（例：GRAS 12AK）またはアナライザ入力に接続する必要があります。

外部成極型マイクロホンは非常に安定しており、非常に重要な測定に適しています。

∴ 成極済みマイクロホン

一般的にこれらのマイクロホンは、GRAS 26CAのような定電流電源*（CCP）プリアンプと組み合わせて使用されます。成極済みマイクロホンは、CCPトランスデューサーの入カステージに接続するか、GRAS 12ALなどのCCPサプライから電源を供給する必要があります。

CCPプリアンプは標準的な同軸ケーブルを使用するため、コスト削減が可能です。一方、成極済みマイクロホンの長期安定性や高温安定性は、外部成極型マイクロホンに比べて劣ります。

* CCP は Integrated Electronics Piezo-Electric (IEPE) や Constant Current Line Drive (CCLD) と同じで、Deltatron® (Brüel & Kjaer), Isotron® (Endevco Corp.), ICP® (PCB Group, Inc) などの多くの定電流駆動製品に対応しています。

3. マイクロホンセット

3.1 組立済みセット

GRAS 46XX シリーズの組み立て済みマイクロホンとプリアンプは、可能な限り最高の特性と信頼性を得るために慎重に選択された組み合わせが用意されています。これにより、ユーザーのワークフローが最適化され、典型的な取り扱いミスを最小限に抑えることができます。

マイクロホンとプリアンプの間のインターフェースが汚染されないよう、ほこりのない環境で組み立てられています。これらは組み合わせてに校正され、ラベルで封印されています。このラベルは、ユーザーが希望すれば、取り外してセットを分解することができます。

3.2 簡単な選択

GRASの測定用マイクロホンセットは、典型的な測定ニーズを満たすように組み合わせられています。どのような測定システム、アプリケーションであっても、お客様のニーズに合ったセットを見つけることができるはずです。

3.3 プラグ & プレイ

マイクロホンセットは、あらゆるプロ仕様の測定システムに直接接続でき、前述の通り、CCPと7ピンLEMOの両方の入力に対応しています。

お使用の計測プラットフォームがIEEE 1451.4 Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) に準拠したスマートなトランスデューサをサポートしている場合、マイクロホンを接続するだけで、その固有の特性、タイプ、校正データを識別することが可能です。この機能は、特に多チャンネルのユーザーにとってありがたいものです。

3.4 ケーブル

CCPセットには高品質の同軸ケーブルが、LEMOセットには特殊なソフトタイプの多芯シールドケーブルが使用されています。なお、ケーブルが長くなると、高域やダイナミックレンジに影響が出るので注意が必要です。

3.5 校正データ

すべてのマイクロホンセットはユニットとして納品され、それに応じて校正されます。セットには、感度値や周波数応答カーブなどの校正チャートが付属しています。そのため、感度値はシステムセットアップに直接使用することができます。

3.6 検証と年1回の校正

測定チェーンの検証を頻繁に行うためには、音源が必要となります。GRASはこの目的のために、多数のピストンホンと多機能音響校正器を提供しています。用途や社内の品質管理要件にもよりますが、少なくとも1年ごとに再校正することをお勧めします。

3.7 保証

GRASでは、マイクロホンセットを5年間保証しています。

3.8 サービス

もし、誤ってGRASのマイクロホンのダイヤフラムを破損してしまった場合でも、当社の特殊技術により、非常にリーズナブルな価格で修理することが可能です。ケーブルとコネクタは通常交換可能で、マイクロホンカートリッジとプリアンプユニットも同様です。

GRASのマイクロホンセットは、通常、マイクロホンカプセルの名称が付けられています。従って、40AEマイクロホンはプリアンプと組み合わせると46AEマイクロホンセットとなります。



4. 特殊マイクロホン

測定方法や システム構成に特別な要求がある場合、特殊なマイクロホンが必要となることがあります。

4.1 Ultra-thin Precision (UTP) マイクロホン

UTPマイクロホンは、音場の乱れを最小限に抑えることが重要な航空音響試験に適しています。

これらのマイクロホンは、精密測定用マイクロホンの利点と小さなフォームファクター（わずか1mmの超薄型）を兼ね備え、境界層や乱流ノイズを定量的に理解する能力を提供します。

4.2 SysCheck2™機能を搭載したマイクロホン

SysCheck2™は、GRASが最近導入した新しい技術です。SysCheck2™はGRASが特許を持つ技術で、測定チェーン全体（マイクロホン、チャンネルゲイン、ケーブルの整合性）をワンクリックでリモートコントロールし、高速かつ正確に検証することができます。

SysCheck2™機能を内蔵したマイクロホンセットは、高精度な内蔵マイクロプロセッサを搭載し、測定チェーン全体のリモート検証を可能にする基準信号を生成することができます。

SysCheck2™は、物理的な操作を必要としません。標準的なケーブルで簡単にセットアップできるので、あらゆるテストのセットアップに適応でき、生産ラインと分散型測定のための両方のセットアップに強く推奨されています。

生産ラインのセットアップにおいて、SysCheck2™はダウンタイムの削減だけでなく、効率とデータの信頼性を高めることができます。また、危険な場所や手の届きにくい場所にマイクロホンを設置するテストセットアップや、短時間に多くのマイクロホンを検証する必要がある分散型測定セットアップにも欠かせません。

検証は、TEDS読み書きサポートと測定ソフトウェアを備えたCCP/IEPE/ICP/CCLDパワーモジュールに接続されたSysCheck2対応マイクロホンごとに簡単に行うことができます。SysCheck2™の機能は、オンデマンドで環境データ(温度、大気圧、湿度)も提供します。

4.3 サーフেসマイクロホン

サーフェスマイクロホンは、平面や曲面の測定に汎用的に使用でき、70kHzまでの広い有効周波数範囲と、約178dBの広いダイナミックレンジを有しています。

4.4 アレイマイクロホン

アレイマイクロホンは、アレイ内の複数のポイントで同時に測定が必要な場合に有効です。

例えば、以下のような解析において:

- ✓ サウンドフィールド
- ✓ サウンドパワー

GRASのアレイマイクロホンは、製造公差とTEDSの利点により、高い互換性を持っています。これは、アレイやマトリックスを形成するために複数個を使用する場合に大きな利点となります。すべての製品に同軸SMB出力コネクタが装備されています。

4.5 フラッシュマウントマイクロホン

フラッシュマウントマイクロホンは、音響アンテナやビームなど、非常に限られたスペースや狭い構造物にセンサーを適合させるために、設置高さを非常に低く抑えています。設置高さ10mm以下、細い同軸配線により、GRASフラッシュマウントシリーズは空力特性を犠牲にすることなく統合することが可能です。

4.6 プローブマイクロホン

測定が難しい、あるいはアクセスしにくい空洞、高温、気流のある条件下での測定では、プローブマイクロホンが非常に有効です。直角に設計されているため、特に排気系や機械全般の測定に適しており、スピーカーやキャビネットなどの表面のスキャンにも適しています。小型・軽量で、プローブ先端がオールステンレス製のため、頑丈で耐久性があり、取り扱いが簡単で、取り付けも簡単です。

4.7 乱流スクリーン

乱気流スクリーンは、固体壁風洞での空力音響試験用です。乱流の流体力学的成分は、最大25dBまで減衰します。これにより、対象となる音響信号を信頼性の高い分解能で識別・診断することができます。

4.8 グラウンドアレイマイクロホンキット

グラウンドアレイマイクロホンキットは、固定翼機や回転翼機のフライオーバー測定用に開発されたもので、調査や承認のために騒音のマッピングを行うものです。従来の上下逆さまのマイクロホンセットアップに代わる、実用的な選択肢を提供します。

4.9 超低周波マイクロホン

超低周波を測定する場合、低周波マイクロホンは最適なマイクロホンです。このマイクロホンの低周波カットオフ周波数は0.09Hzと非常に低くなっています。このマイクロホンは、特殊なマイクロホンと特殊なプリアンプ、低周波アダプタで構成されています。0 Hzに近い音圧の変動を考慮し、特殊な環境音圧平衡システムを使用しています。

4.10 半球キット

半球キットは、音響パワー測定に理想的なキットです。音響パワー測定用のISO 3744, 3745, 3746 (ANSI S12.54, S12.55, S12.56) 規格に準拠し、4、10、20のマイクロホンポジションに対応しています。

4.11 屋外用マイクロホン

保護されていない測定用マイクロホンは、風や雨、雪などの環境要因に弱いという欠点があります。この欠点を解消するため、マイクロホンとダイアフラムを屋外での使用から保護する特別設計のユニットを開発しました。また、ウィンドスクリーンの上部には4本爪の防鳥用スパイクがあり、鳥の足場として利用されるのを防いでいます。

鳥が止まると、その排泄物によって測定値が大きく歪んだり、測定器に負荷がかかったりすることがあります。また、従来の3本爪の鳥害防止スパイクの上に小さな鳥が巣を作ることが知られています。そのため、4本目の突起が導入されました。

GRASの屋外用マイクロホンは、以下の2種類を用意しています。

- ・ 空港騒音の監視のため、測定方向が上向き（0°入射）
- ・ 地域騒音や交通騒音の測定では、測定方向が水平面内（90°入射）

GRAS Sound & Vibrationは、極寒のノルウェーから湿度の高いマレーシアのジャングルまで、世界中に1500台以上のユニットを配備しています。

4.12 ローノイズ測定システム

通常の測定用マイクロホンは、非常に広いダイナミックレンジを持ち、ほとんどの実用的なアプリケーションをカバーしています。しかし、非常に低い音圧レベルの測定など、特殊なマイクロホンが必要とされる状況もあります。通常の測定用マイクロホンのノイズフロアは1/3オクターブバンドで16 dB(A) re. 20 μ Pa程度ですが、人間の耳は0dB程度まで感知することが可能です。実は、もともと0dBレベルは、1kHzにおける人間の聴覚能力の閾値として定義されたものです。

アプリケーションによっては、人間の耳の閾値以下まで測定することが要求されることがあります。これは、特殊な高感度マイクロホンと特殊な低ノイズプリアンプを組み合わせることで可能にしました。

このようなマイクロホンの応用として、ハイエンドパソコンの音響パワーを測定することがあります。これらの機器は、騒がしいオフィス環境だけでなく、リビングルームや会議室、ホテルの客室などでも使用される傾向にあります。ホテルの客室では、従来のテレビがコンピュータに置き換えられ、テレビの全チャンネルだけでなく、有料チャンネル、口座状況、モーニングコールなどのサービスが提供されているところもある。そのため、コンピュータの電源を常時入れておく必要があり、睡眠時の妨げにならないよう、騒音レベルは聴覚の閾値以下でなければならない。そのため、ハードディスクやファンなどの部品メーカーも、非常に低騒音なデバイスを提供する必要があります。

マイクロホンとプリアンプは、非常に低いノイズフロアを実現するために、特別なマッチングと調整が施されています。これにより、マイクロホンとプリアンプの組み合わせを自由音場測定用と音圧測定用に切り替えて使用することができます。

特殊なプリアンプとマッチング回路のため、従来のマイクロホンプリアンプ用電源より大きな電流が必要なため、GRAS 40HFは低ノイズシステム電源GRAS 12HFと組み合わせて使用する必要があります。従来のマイクプリアンプの電源にダメージを与えないように、ローノイズプリアンプの7ピンLEMOは、通常マイクプリアンプに使用される7ピンLEMOとは異なるものを使用しています。

ローノイズマイクロホンの感度は極めて高いため、校正に使用する音圧レベルは、オーバーロードを避けるために94 dBに制限する必要があります。

ピストンホンGRAS 42AAまたはGRAS 42AP用の特殊カプラーRA0090を使用すると、114 dBから94 dBにレベルを下げるができます。

4.13 インテンシティプローブ

インテンシティ測定は、音源の位置特定、順位付け、放射される音響パワーの決定に使用される有力なツールです。この方法は、間隔が狭く、対面する2つのマイクロホンを使って、音圧と粒子速度を同時に測定することに基づいています。音響インテンシティプローブは、音場の乱れを最小限に抑えながら、マイクロホン間の音響的な間隔を明確に保つ必要があります。

一般にインテンシティ測定は、間隔の近い2つのマイクロホンの到達時間の差を検出することで音波の方向を決定する技術です。

もし、音波が最初にマイクAに到達し、少し遅れてマイクBに到達した場合、音波はAからBの方向に進んでいるはずですが、一方、マイクロホンBに先に到達した場合、音波は逆方向へ進行しているはずですが、また、2つのマイクロホンに同時に到達する場合は、2つのマイクロホンに垂直な方向に進行しているはずですが。

一対のマイクロホンがわずかな到達時間の差を正確に判断する能力は、2つのマイクロホンの位相応答の差がいかに小さいかに依存します。従って、位相整合は一対のインテンシティマイクロホンにとって非常に重要なファクターです。

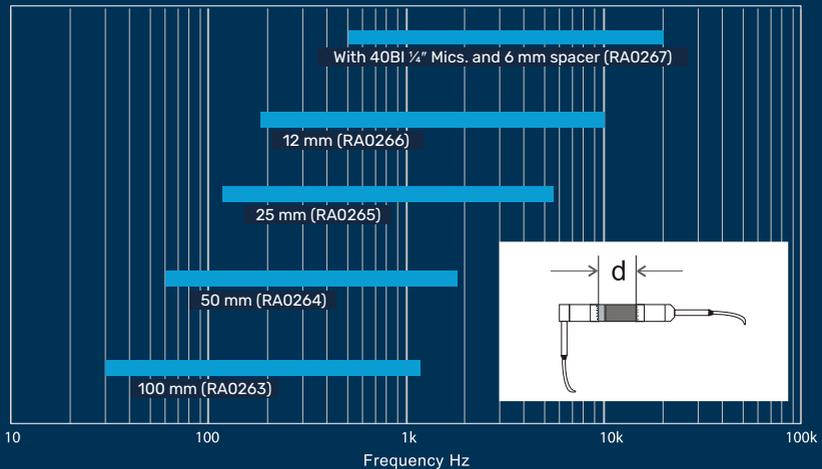
GRAS 40AIとGRAS 40BIのインテンシティマイクロホンペアは、位相差が最小になるように慎重に製造、選択されています。

測定精度を最大にするためには、マイクロホン間の間隔を測定条件に応じて最適化する必要があります。低周波や残響の多い環境では間隔を大きくし、高周波では小さくする必要があります。

GRAS 50AIおよびGRAS 50GIインテンシティプローブには、12 mmから100 mmまでのマイクロホン間隔に対応する固体スペーサが付属しています。プローブを分解することなく、スペーサを交換できる設計になっています。

音響インテンシティプローブの有用な周波数範囲は、マイクロホンの位相応答とマイクロホン間の距離に依存します。GRASの音響インテンシティプローブは、異なる周波数範囲をカバーするために、異なるマイクロホン間隔を容易に切り替えられるように設計されています。異なるマイクロホンスペーサーの有用な周波数範囲を以下に示します。

各種インテンシティプローブの概要



測定精度を最大にするために、マイクロホン間の間隔(d)は測定条件によって最適化する必要があります。

5. プリアンプ

コンデンサーマイクからの出力は非常にハイインピーダンスな信号であるため、ケーブルの容量性負荷に非常に敏感です。そのため、入カインピーダンスが高く、出カインピーダンスの低いドライバを導入する必要があります。このようなドライバをプリアンプと呼びます。

プリアンプの周波数帯域は、その電子回路によって決まり、通常、高域は200kHz以上、低域は1~10Hzです。低域はプリアンプの入カインピーダンスとマイクロホンの静電容量によって決定されます。マイクロホンの静電容量が大きいと、カットオフ周波数が低くなります。

プリアンプのダイナミックレンジは、プリアンプが歪みなく扱える最高レベルと、測定できる最低レベルの間の範囲と定義されます。最高レベルはプリアンプの電源電圧に関係し、最低レベルはプリアンプ自体から発生する電気ノイズに関係します。

現在、音響の世界では2種類のプリアンプの方式が存在します。

1つは外部成極マイクロホン用の伝統的なタイプで、その7ピンコネクタから「LEMO」タイプと呼ばれ、業界標準となっています。電圧駆動であり、最大50Vpeakの高電圧信号を扱うことができます。

もうひとつの方式はCCP電源を使用するもので、1996年頃に高精度音響の世界に導入されました。それ以前は、CCPプリアンプの品質は電圧駆動のLEMOタイプには及びませんでしたが、現在ではそのようなことはありません。CCPプリアンプは、2mA~20mA（公称4mA）の定電流電源を使用して、一定の公称電圧レベル12V DC（バイアス電圧と呼ばれる）を生成します。

マイクロホンからの出力信号には、この直流レベルを中心とした揺らぎが重なっています。CCPプリアンプの大きな利点は、電流を一定に保った線に信号を重畳する2線式であることです。

このため、電圧駆動のLEMOタイプでは複雑な7芯のケーブルを使用する代わりに、シンプルな同軸ケーブルを使用することができます。しかし、定電流駆動のためダイナミックレンジの上限が低く、最大出力信号が約8Vpeakに制限されることや、成極済みマイクロホンを使用しなければならないことなどとトレードオフの関係にあります。GRASは世界で初めて $\frac{1}{4}$ "と $\frac{1}{8}$ "の成極済みマイクロホンを導入しましたが、利用できるプリポラライズドマイクロホンの範囲は外部成極マイクロホンに比べてまだ広くはありません。

GRASのマイクロホンプリアンプは、コンデンサマイクロホンをを用いた音響測定用に最適化された小型堅牢なユニットです。国際規格IEC 61094「Measurement Microphones, Part 4: Specifications for Working Standard Microphones」で定義された測定用マイクロホンと互換性があります。

GRASのプリアンプはすべて、非常に高い入力インピーダンスを持つ小型の厚膜精密アンプを中心に構成されています。T筐体はステンレス製で、振動や微小音に対する感度を最小限に抑え、最高の強度と耐久性を実現しています。

70℃までは仕様の範囲内で使用可能です。ご要望に応じて、120℃/248°Fまでの温度で使用できる特別仕様もご用意しています。°温度上昇の影響は、固有のノイズレベルがわずかに増加します。これにより、マイクロホンとプリアンプの組み合わせのダイナミックレンジの下限が変化し、非常に低い音圧レベルの測定が制限されません。

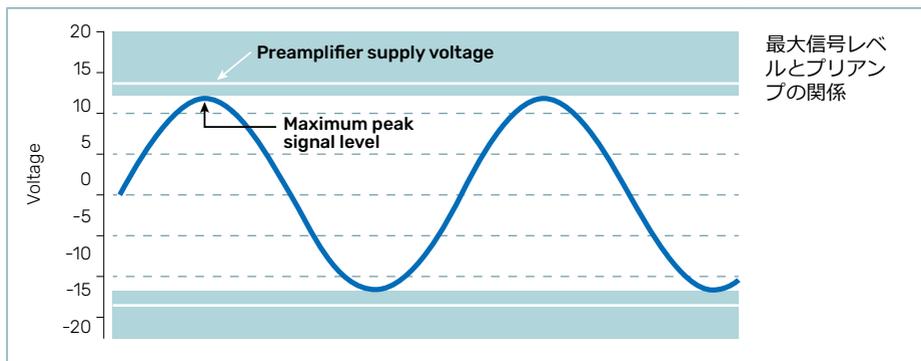
5.1 プリアンプのダイナミックレンジ

プリアンプのダイナミックレンジは、そのプリアンプが処理できる最高レベルから測定できる最低レベルまでの範囲と定義することができます。最高レベルはプリアンプに供給される電圧に関係し、最低レベルはプリアンプ自体から発生するノイズに関係します。

5.2 ダイナミックレンジの上限値

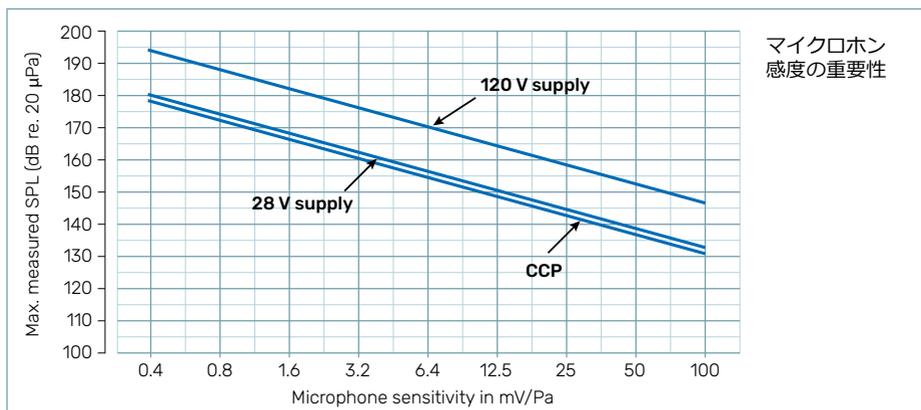
最高レベルはプリアンプに供給される電圧と関係があり、プリアンプが扱える信号レベルの peak-to-peak の変動は供給される電圧よりわずかに小さくなっています。

例えば、電源電圧が±14 V DCの場合、プリアンプは12 Vまでのピーク信号、または24 Vまでのpeak-to-peak信号を扱うことができます（下図参照）。



CCPプリアンプの場合、電源電圧は24Vに制限され、最大22Vのpeak-to-peak出力信号が得られます。

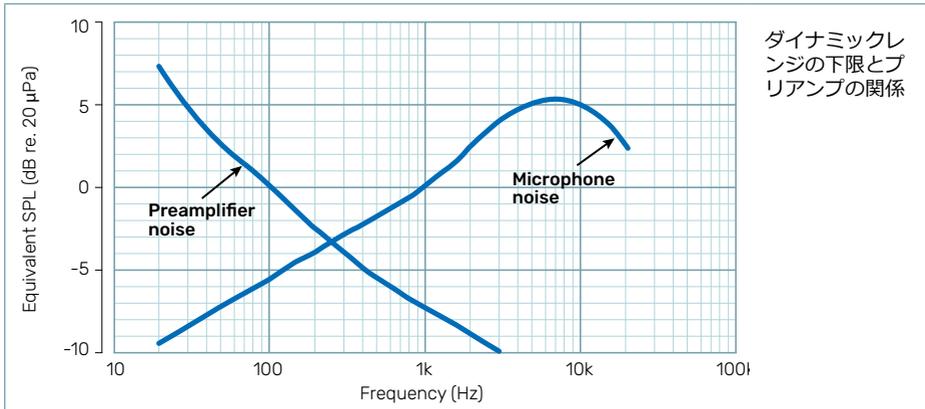
あるプリアンプで測定できる音圧レベルは、測定に使用するマイクロホンの感度に依存し、感度の低いマイクロホンは感度の高いマイクロホンより高いレベルを測定することができます（下図参照）。



5.3 ダイナミックレンジの下限値

プリアンプのダイナミックレンジの下限は、プリアンプのノイズフロアによって決定されます。一般的なプリアンプは、約 $3\mu\text{V}$ の広帯域ノイズ信号を発生し、これより低い値ではマイクロホンの信号をマスキングしてしまいます。

プリアンプのノイズスペクトルは、上のグラフのように低周波に支配されています。



マイクロホンを取り付けた場合、マイクロホン固有のノイズにプリアンプのノイズが加わり、システムのノイズフロアはマイクロホンとプリアンプの合成ノイズで決定されます。

上のグラフからわかるように、ダイナミックレンジの下限は、低域ではプリアンプのノイズ、高域ではマイクのノイズによって決定されます。

CCPは、統合電子圧電素子 (IEPE) や定電流ラインドライブ (CCLD) と同じで、Isotron® (Endevco Corp)、ICP® (PCB Group, Inc) など、多くの定電流駆動製品と互換性がある。

6. パワーモジュール

計測用マイクロホンやプリアンプには、電源と偏極に特別な電圧が必要です。電源の方式は2種類あります。1つは従来の電圧駆動型プリアンプ用、もう1つはCCPプリアンプ用です。また、音響測定では、A特性やハイパスフィルタリングなど、特殊な信号処理が必要になることがあります。また、信号の増幅や減衰が必要な場合もあります。

標準的な外部成極型コンデンサーマイクロホンは、正しく動作させるために200V DCの安定した偏極電圧を必要とします。この偏極電圧は、成極済みマイクロホンでも使用できるように、パワーモジュールでOFFにすることができます。

A特性は、音響測定において最も一般的に使用される周波数重み付けです。人間の耳の感度に近似しているため、より主観的な騒音測定が可能となります。

風の流れなどによって発生する低周波音響信号は、アナライザーの入力部や後続の測定チェーンに過負荷をかけることがあります。これは、パワーモジュールのハイパスフィルターで20Hz以下の周波数を除去することで回避できます。

GRASのパワーモジュールは、これらの要求に応えるべく、幅広いラインアップを揃えています。特殊電圧のみを供給するシンプルなものから、シグナルコンディショニングなどの機能を搭載したものもあります。

Power modules with TEDS support



CCP Power Modules: GRAS 12BA | GRAS 12BE | GRAS 12BB

GRAS CCPパワーモジュールは、GRAS CCPプリアンプ、標準CCPマイクロホンセット、特殊CCPマイクロホンなどのCCPトランスデューサを駆動するために一定レベルの電流を維持します。電流が一定なので、励起中のCCPトランスデューサで変化するものは、その出力信号に類似した供給電圧だけです。

さらに、電源は信号と同じラインから供給されるため、トランスデューサとパワーモジュールおよびその後のアナライザーの接続は同軸ケーブルのみとなります。

また、GRASローノイズ測定システム専用のパワーモジュールもあります。特殊なローノイズマイクロホンやプリアンプに電源を供給するための偏極電圧と電源電圧を供給します。パワーモジュールには、圧力または自由音場の応答設定を選択するためのスイッチが備わっており、切り替えて使用することができます。

8チャンネル以上のマルチチャンネル音響測定用の大型システムは、マルチチャンネルパワーモジュールを使用することで最も経済的に実現できます。ほとんどのGRASパワーモジュールは、オプションのGRAS 19"標準ラックキットに収まります。

レーザーやミニスピーカーなどの小型機器の電気音響試験用に、パワーモジュールとパワーアンプを組み合わせた製品も用意しています。



LEMO Power Modules: GRAS 12BC | GRAS 12BF | GRAS 12BD

GRAS WORLDWIDE

世界40カ国以上に子会社・代理店を展開

GRAS Sound & Vibrationについて

GRASは音響・振動分野における世界的なリーダーです。音響測定の精度と再現性が最も重要視される産業向けに、最先端の計測用マイクロホンと関連機器を開発・製造しています。

航空宇宙、自動車、聴覚、家電、その他要求の厳しい産業分野のお客様向けのアプリケーションやソリューションが含まれます。

GRASのマイクロホンは、お客様が期待し、信頼する高品質、耐久性、精度に応えるように設計されています。

GRAS Sound & Vibration は、世界40カ国以上に子会社や代理店を持ち、世界的に有名な計測ブランドで構成されるテストソリューションのリーディングカンパニー、Axiometrix Solutions の一員でもあります。





お問い合わせ先

丸文株式会社

E-mail: gras@marubun.co.jp

〒103-8577

東京都中央区日本橋大伝馬町8-1

システム事業本部営業第2部

TEL: 03-3639-9881

中部支社

〒450-0003

愛知県名古屋市中村区名駅南1-17-23

TEL: 052-563-1181



Marubun

Since 1844

www.GRASacoustics.com