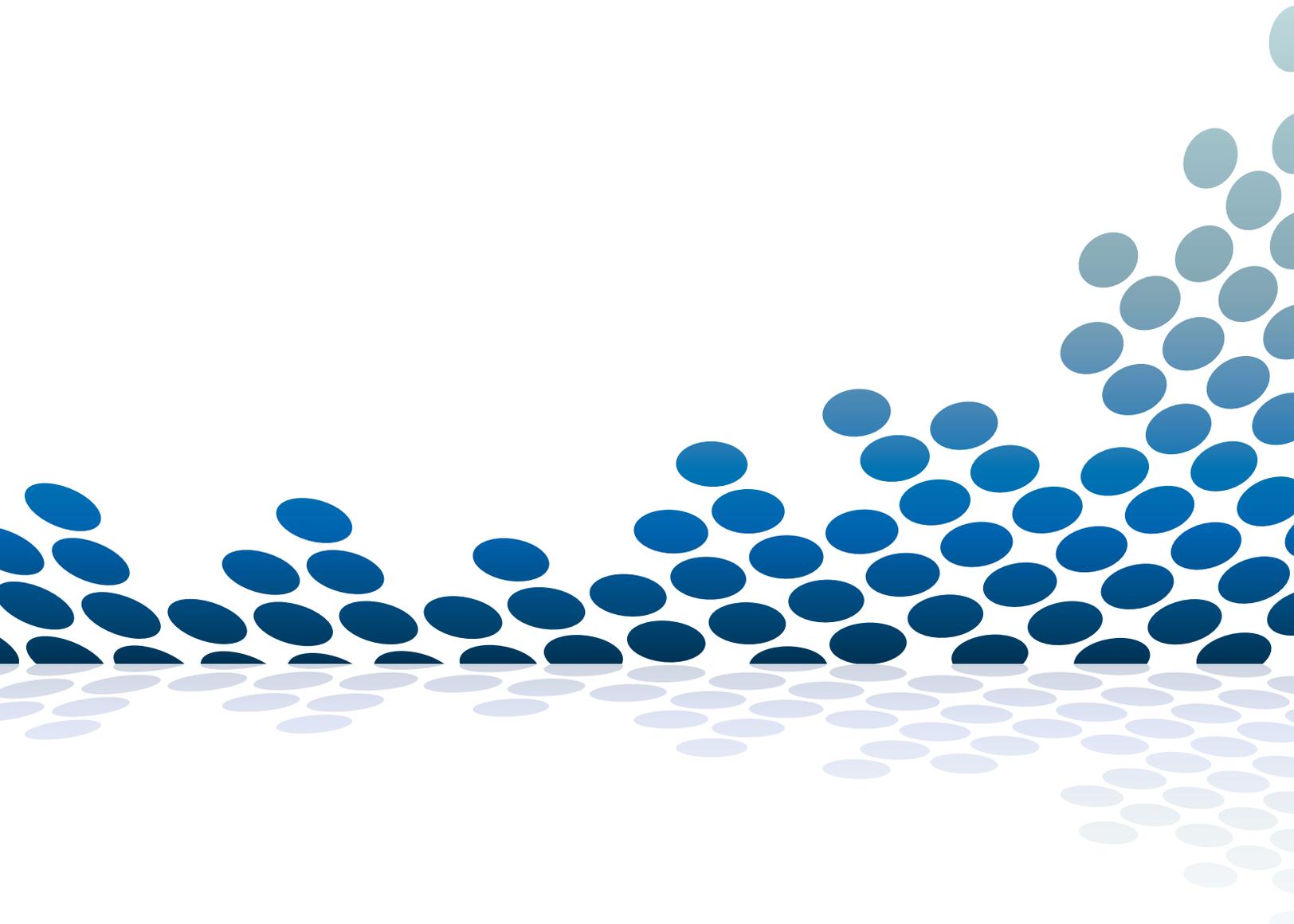


GRASマイクロホンに ファンタム電源を使用できますか？

GRAS Sound & Vibration
Tech Note // By Santiago Rayes



GRASマイクロホンに ファンタム電源を使用できますか？

ファンタム電源とは、一般的にオーディオ業界で、アクティブ電子回路を持つマイクロホン（スタジオコンデンサーマイクロホンなど）やその他のオーディオ機器の電源として使用される直流電力のことです。ファンタム電源は通常、XLRタイプのコネクタを備えたバランスケーブルを通して伝送され、最新のミキシングコンソールやオーディオインターフェースなどの機器に搭載されています（図1参照）。Audio PrecisionのAPx517オーディオアナライザやAPx1701トランスデューサーインターフェースなどの最先端のテスト機器には、ファンタム電源も内蔵されています（図2参照）。



図 1

上段：RMEオーディオインターフェース、+48Vファンタム電源内蔵。
下段：SSL ミキシングコンソール、+48 V ファンタム電源内蔵。

ファンタム電源については、IEC 61938規格（マルチメディアシステム-相互運用性を達成するためのアナログインターフェースの推奨特性ガイド）で言及されており、そこではシステムの基本仕様が定められています。ファンタム電源には+12、+24、+48VDCなど複数の種類がありますが、最近のオーディオインターフェースやコンソールでは+48VDC（一般的には+/-4V）が最も一般的なファンタム電源です。標準化された+48Vファンタム電源は "P48" と呼ばれ、6.8k Ω の抵抗を通して最大10mA（公称7mA）を供給することができます。

"P12 "や "SP48 "など、異なる仕様のフォーマットもあります。



図 2

上段：APx1701トランスデューサーインターフェース、+48Vファンタム電源付き
下段：APx517オーディオアナライザー、+48Vファンタム電源付き

測定用マイクロホンのテクノロジー

測定用マイクロホンセットは、マイクロホンカプセルとコネクタ付きプリアンプの2つの主要部品から構成されています（図3参照）。マイクロホンカプセルはダイアフラムを内蔵しており、音圧変動にさらされるとダイアフラムが動くように設計されています。一方で、プリアンプは、マイクロホンカプセルからくる高インピーダンス信号を変換し、アナライザやデータ収集システム（DAQ）に信号を送るケーブルに供給できる低インピーダンス信号に変えるように設計された装置です。

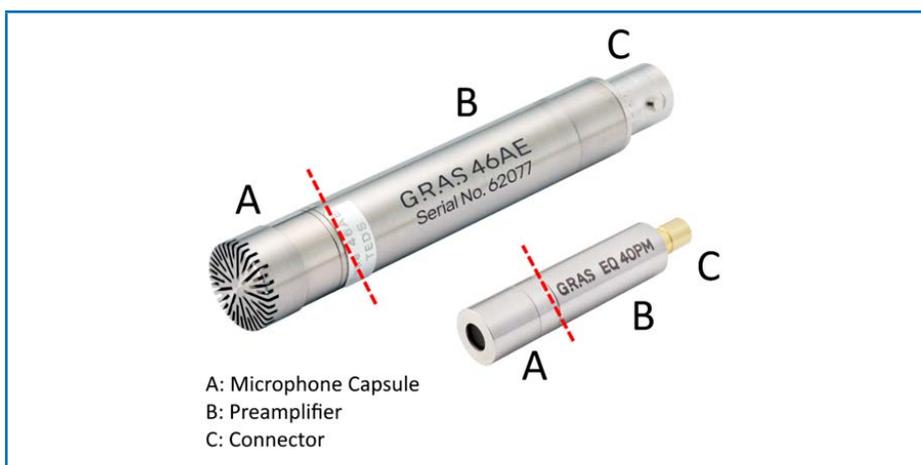


図 3

GRAS 46AE (左) と 40PM (右) のマイクロホンセットは、マイクロホンカプセルとコネクタ付きプリアンプで構成されている。

マイクロホンカプセルを偏極させる方法によって、測定用マイクロホンカプセルは2つのカテゴリーに分けられます。

外部偏極型はカプセルの偏極電圧（通常+200V）を供給する外部電源を必要とします。

成極済み型はバックプレートに電荷を帯びた薄い層があり、この層が分極電圧を与え、プレートコンデンサが機能します。

一方、プリアンプには2つの異なる技術があります。**伝統的なLEMO**は、マルチピンLEMOコネクタを使用し、シングルサイド電源とデュアルサイド電源の両方を使用する電圧駆動型です（一部のプリアンプは、 $\pm 15\text{V}$ 、 $\pm 60\text{V}$ 、 $+28\text{V}$ 、 $+120\text{V}$ など、両方のタイプの電源をサポートしています）。

CCP (Constant Current Power) プリアンプ

は、IEPE、ICP、CCLDとも呼ばれますが、これらは互換性のある技術に対する異なる名称で、同一仕様とご理解ください。CCPプリアンプは2線式同軸ケーブルを使用し、1本のワイヤーをプリアンプ回路の定電流供給と信号出力の両方に使用します。もう一方の線はアース接続に使用されます。マイクロホンからの出力信号

は、DCレベルを中心に変動が重なります。典型的なCCP電源は $2\text{--}20\text{ mA}$ @ $24\text{--}30\text{ VDC}$ を出力します。

測定用マイクロホンの技術については、GRASのウェブサイトから入手可能なテクニカルノート「Measurement Microphone Capsule and Preamplifier Technologies」をご参照ください。

測定用マイクロホンとファンタム電源

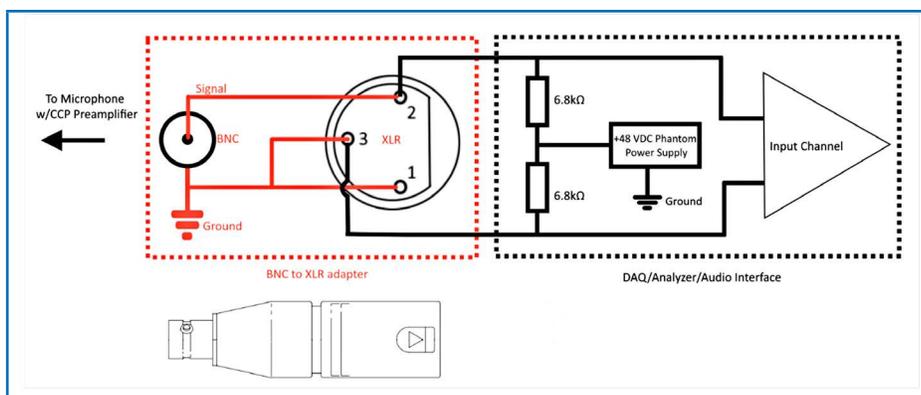
前のセクションで述べたように、ファンタム電源は測定用マイクロホンを駆動する一般的な方法ではありません。しかし、GRASのCCPプリアンプを使用した測定用マイクロホンは、ファンタム電源で駆動することが可能です。

ファンタム電源は、バランスオーディオコネクタの2つの信号コネクタを介してDC48Vの直流電源を印加する回路を使用します。一般的にはXLRコネクタが使用され、2番ピンと3番ピンが信号線、1番ピンがグラウンドに相当します。しかし前述したように、測定用マイクロホンのCCPプリアンプは、アンバランス接続である2線式（信号とグラウンド）を採用しています。つまり、XLRバランスコネクタからCCPプリアンプのアンバランス接続にアダプタを使用する必要があります。CCPを使用するセンサを扱うほとんどのDAQは、アンバランス信号に使用されるBNCコネクタを使用します。そのため、CCPプリアンプを使用する場合は、BNCコネクタ付きの同軸ケーブルを使用するのが一般的です。

XLR-BNCアダプタを使用すると、GRASマイクロホンセットとCCPプリアンプを、XLR入力コネクタを使用するDAQ/アナライザ/オーディオインターフェースにファンタム電源で接続することができます（図4参照）。GRASは、図5に示すAG0003 BNC - XLRアダプターを提供しています。このアダプタの配線は図4と同じです。AG0003のようなアダプタはGRASのCCPプリアンプでは動作しますが、他のベンダーのプリアンプでは正しく動作しない可能性があることを考慮することが重要です。したがって、このような接続を試みる前に、必ずプリアンプのメーカーに再確認することをお勧めします。



イヤースミュレーターやCCPプリアンプ付きマイクロホンを組み合わせたGRASの測定治具は、GRAS AG0003のようなアダプターを使用してファンタム電源で駆動することが可能です。これには、上記のような測定治具のCCPバージョンが含まれます：GRAS KEMAR、GRAS 45CC、GRAS 45CA、GRAS 43AG、GRAS 43AA、GRAS 43ACなどの小型卓上治具のCCPバージョンなどです。



GRAS AG0003は、XLR入力とファンタム電源を備えたカードにCCPプリアンプを接続する簡単な方法を提供します。このアダプタはXLRコネクタからBNCに直接接続するため、信号チャンネルはアンバランス信号となります。AG0003は、IEC 60268-12 (「サウンドシステム機器。Part 12: Application of Connectors for Broadcast and Similar Use」)に従って配線され、図4に見られるように、ピン1と3は接地されています。したがって、マイクロホンから出力される信号とファンタム電源回路を通じて定電流を供給するために使用されるのはピン2のみです。

ほとんどのCCPプリアンプは2~20mAの定電流で動作しますが、最低4mAが必要な場合もあります。



図4
ファンタム電源と
BNC-XLRアダプタの配
線図。

図5
GRAS AG0003 アダプ
タ CCP プリアンプと
XLR 入力 (ファンタム電
源)。

ほとんどのCCP測定用マイクロホンセットとプリアンプのメーカーは、製品の技術仕様書にこの情報を記載しています。したがって、使用するファンタム電源が、マイクセットを駆動するために必要な電流を供給できるかどうかを知ることが重要です。“P48”フォーマットのファンタム電源は、今日のオーディオインターフェースで最も一般的なファンタム電源であり、通常、最大7~10mAの電流を供給することができます。オーディオインターフェースの性能に疑問がある場合は、各メーカーにお問い合わせください。ファンタム電源テスターまたは電圧計を使用して、ファンタム電源の無負荷性能をテストすることもできます。電圧計をピン1とピン2/3の間に接続すると、+48VDC (+/-4V) と0VACを読み取るはずですが。

CCPとファンタム電源を使用した マイクロホンセットのダイナミックレンジ

システムのダイナミックレンジは、システムのノイズフロアとシステムが扱える最高レベルとの間の範囲として定義され、通常dBで表されます：

ダイナミックレンジ[dB]=上限ダイナミックレンジ-下限ダイナミックレンジ（ノイズフロア）

測定用マイクロホンセットの場合、ダイナミックレンジはマイクロホンカプセルの感度、システムのトータルノイズフロア、プリアンプの駆動に使用する電源に連動します。

ファンタム電源は、特にコスト効率の高いオーディオインターフェースに内蔵されている電源は、テスト&計測データ収集システムに含まれる最新のCCP/ICP/IEPE/CCLD電源に比べてノイズフロアが高い傾向があります。GRAS マイクロホンセットのダイナミックレンジは、CCP 電源を使用した高品質の低ノイズ機器で測定されているため、異なるタイプのマイクロホン電源（ファンタム電源など）を使用する場合は、このダイナミックレンジが影響を受ける可能性があることを知っておくことが重要です。

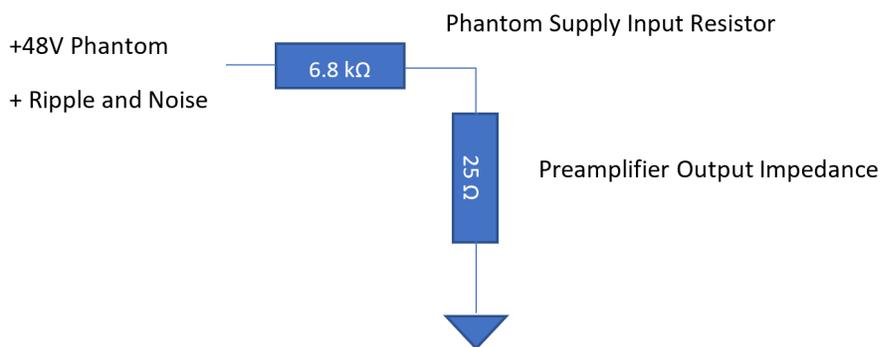
ファンタム電源のノイズが大きくなる原因は、リップルとノイズです。リップルはプリアンプによって減衰され、ファンタム電源から来るリップルやノイズは、下図のように、マイクロホンセット固有のノイズに追加される二次的なノイズ源と考えることができます：



前述したプリアンプのリプルとノイズの減衰は、以下の方法で計算できます：

$$\text{Preamp Damping [dB]} = 20 \times \log_{10} \left(\frac{\text{Preamp Output Impedance } [\Omega]}{\text{Phantom Power Resistor } [\Omega]} \right)$$

ファンタム電源の抵抗は通常、6.8k k Ω （許容差1%）で、プリアンプの出力インピーダンスは下図のように約25 Ω です：



これらの値では、ダンピングは約-48.7dBとなります。

つまり、ファンタム電源のノイズレベルが相対的に高い場合、測定システムのダイナミックレンジ下限に影響を与えることになります。電源ノイズを考慮した新しいダイナミックレンジ下限値は、以下のように計算できます：

$$\text{System Lower Dynamic Range [dB]} = 94 - \left(20 \times \log_{10} \left(\frac{\text{Microphone Sensitivity [mV/Pa]}}{\left(\frac{\text{Loaded Phantom Supply Noise [mV]}}{\text{Preamp Damping Factor}} \right)} \right) \right)$$

$$\text{Preamp Damping Factor} = \frac{\text{Preamp Output Impedance } [\Omega]}{\text{Phantom Power Resistor } [\Omega]}$$

通常、ファンタム電源のノイズは1mV以下と低く、ノイズフロアへの余分な寄与は2~4 μ V程度です。つまり、感度が50mV/Paのマイクロホンの場合、ダイナミックレンジの下限は約0.5~1.5dB増加します。

下のグラフは、同じGRAS 46AEの1/3オクターブノイズフロアを、高品質CCP電源と高品質+48Vファンタム電源(P48フォーマット)で測定したものです：

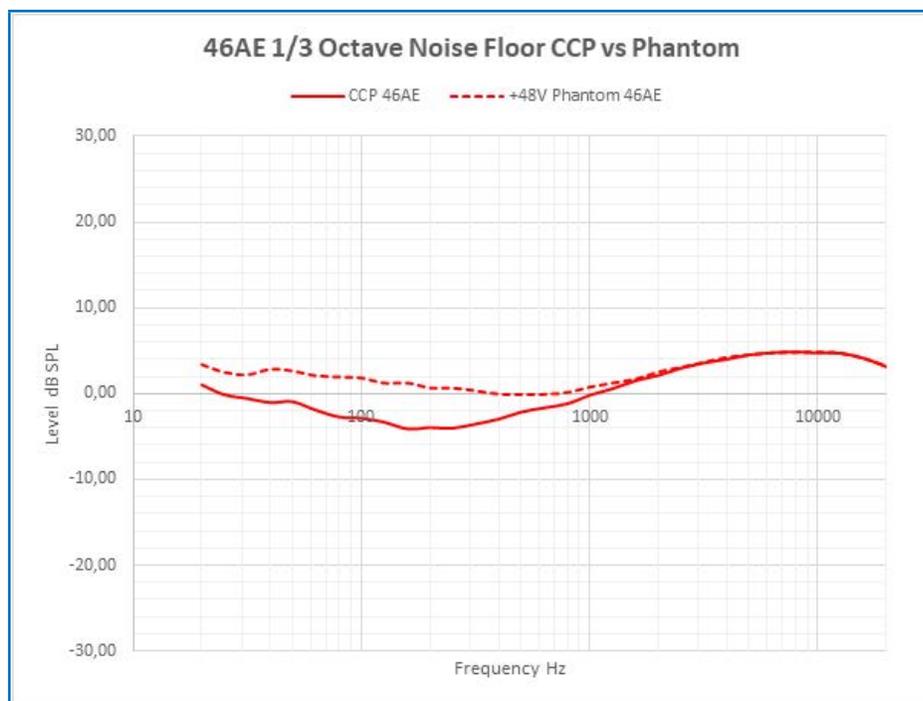


図 6

GRAS 46AEマイクロホンセットの1/3オクターブノイズフロア（CCPおよび+48Vファンタム電源使用時）。

見てわかるように、+48Vファンタム電源を使用したシステムのノイズフロアは、1kHz以下の周波数で高くなっています。これにより、システムのノイズフロアは、CCP電源を使用した場合の16.26 dB SPLから、+48Vファンタム電源を使用した場合の17.56 dB SPLに増加します。トータルノイズは1.3dB増加し、異なる電源の使用に関連するだけです。これは、前述の0.5～1.5dBの予想値の範囲内です。

ダイナミックレンジの上限に関しては、+48V ファンタム電源（P48）を使用しても、マイクロホンセットの規定値には影響しません。これは、電源がマイクロホンセットに必要な電流を供給できる場合にのみ有効です。しかし、前述したように、ほとんどの最新のファンタム電源は7～10mAの電流を供給することができ、これは市場で入手可能なほとんどの測定用マイクロホンセットには十分すぎるほどです。たとえ+24Vのファンタム電源を使用したとしても、ダイナミックレンジの上限に対するファンタム電源の影響は無視できる程度です。24Vより低い電圧は、プリアンプの最大電圧スイングを制限するため、ダイナミックレンジの上限を制限することになります。

その他の考慮事項

アナログ入力とファンタム電源を内蔵したオーディオインターフェースは、さまざまな品質の製品があります。高品質のデバイスは、安定した出力で低ノイズの供給を保証しますが、一般的に高価格になります。低品質のデバイスはノイズフロアが高く、測定システムのダイナミックレンジが制限され、マイクロホンセットの性能に影響を与える不安定な電源にさらされる可能性があります。もうひとつ考慮しなければならないのは、ユニットの電源を入れたり切ったりするとき、あるいは電源を入れたり切ったりするとき、プリアンプが電圧スパイクにさらされる可能性があるということです。GRASのプリアンプは過電圧に対する保護機能を備えていますが、他のプリアンプはそのような状況に耐えられないかもしれません。その場合、XLRアナログ入りにプリアンプを接続したまま、オーディオインターフェースとファンタム電源のON/OFFを行わないでください。

48Vファンタム電源を持つことは、非対称信号（インパルスのような）を測定する場合に有利です。標準的なCCP電源では、CCPプリアンプの出力電圧スイングは $\pm 8\text{Vpk}$ です。48Vファンタム電源を使用すると、電圧スイングのプラス側が拡張されるため、より高い音圧（マイクロホンにプラスの電圧出力を発生させる）を測定することができます（図7参照）。とはいえ、プリアンプの正電圧スイングをこれだけ大きくすることができても、マイクロホンの振動板の機械的な動きには限界があります。したがって、正の音圧のダイナミックレンジ上限におけるゲインは、わずか10dB程度に制限されます。

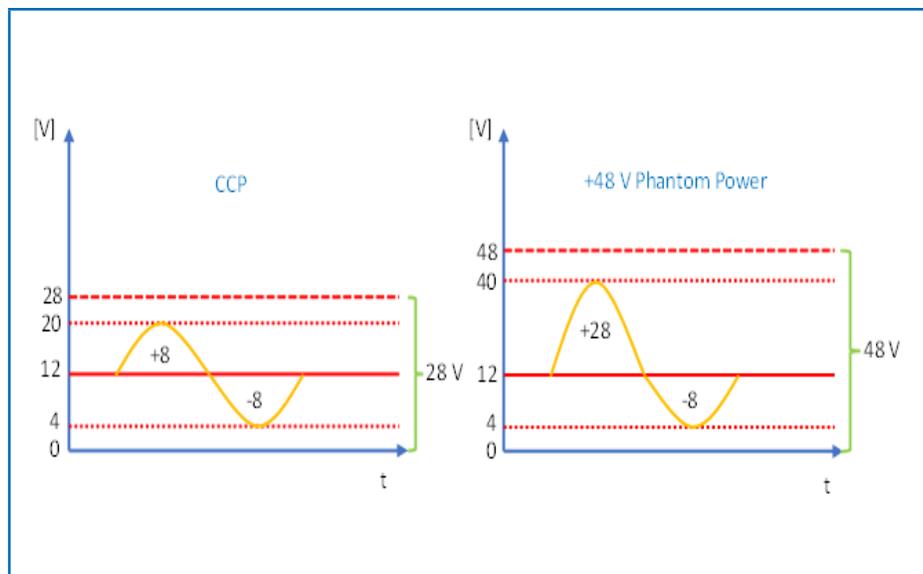


図 7

CCP電源 vs +48Vファンタム電源のプリアンプ出力電圧スイング。これはプリアンプのみを考慮したものです。実際には、マイクロホンのダイヤフラムの動きが機械的に制限されるため、マイクロホンカプセルは測定可能な最大音圧レベルを制限します。それにもかかわらず、+48Vファンタム電源は、CCP電源と比較して、正の音圧のダイナミックレンジ上限を数dB拡張します。

結論

GRASの測定用マイクロホンは、研究開発ラボからフィールドテスト、生産ラインまで、幅広い用途で使用されています。技術的またはコスト的な理由から、XLRアナログ入力を備えたオーディオインターフェースをデータ収集システムとして使用する必要がある場合があります。最近のオーディオインターフェースの多くは、アナログ入力に+48Vファンタム電源（P48フォーマット）を内蔵しています。本来、測定用マイクロホンはファンタム電源で駆動することを想定していませんが、GRAS AG0003のようなアダプタのおかげで、GRASマイクロホンを+48Vファンタム電源に接続することが可能で、また+24Vのような低電圧のファンタム電源に接続しても、マイクロホンの性能にほとんど影響を与えません。

以下は、生産ライン環境でのポータブルスピーカーのニアフィールド音響テストにオーディオインターフェースが必要なテストセットアップの例です。このオーディオインターフェースは、+48Vファンタム電源を内蔵したXLRアナログ入力を備えています。このため、GRAS AG0003アダプタをGRAS CCPマイクロホンセットと組み合わせて使用することが可能です。このアプリケーションの優れたセットアップは、EQsetテクノロジー搭載のGRAS 40PMマイクロホンセット（GRAS 40PMとEQsetテクノロジーに関する詳細はGRASのウェブサイトをご覧ください）と、APxFlexキー（ASIO対応オーディオインターフェースで強力なAPx500ソフトウェアを使用できるようにする）を使用することで、Audio Precision APx500ソフトウェアで完成します。

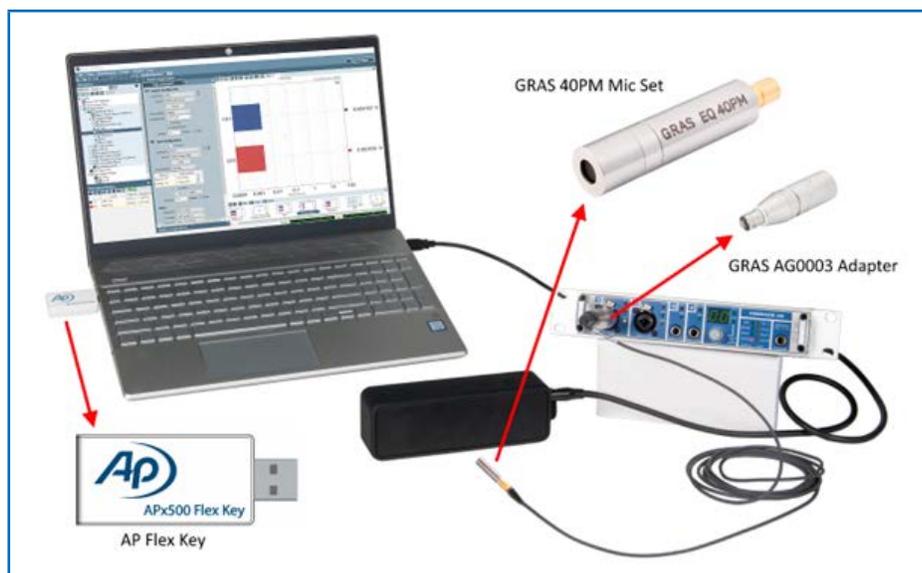


図 8

GRAS AG0003アダプタを介して+48Vファンタム電源を備えたオーディオインターフェースに接続されたGRAS 40PMマイクロホンセットとAPxFlexキーを使用した小型ラウドスピーカーの生産ラインテスト用のAudio PrecisionとGRASのセットアップ。