



生産ラインテストの最適化— 新型マイクロホンと画期的な技術

GRAS Sound & Vibration

Application Note // By Rémi Guastavio and Kim Boldt

はじめに

新しいGRAS EQ 40PM EQset™ 小型生産ラインマイクロホンは、生産ラインのテストにおける一般的な不足に対応したものです。この「不足」は、投資効果を考えて最適なソリューションを組み立てるといった従来の考え方の結果です。測定用マイクロホンは投資コストが高く、生産ラインでは多くのマイクロホンが必要になることもあるため、投資を最小限に抑えるために、安定性が低く、付加機能（TEDS（Transducer Electronic Data Sheet）など）のない安価な生産試験型マイクロホンが使用されています。過去には、これらのマイクロホンは、その用途に応じた機能を果たしていましたが、現在のテスト要件では、安定性、精度、効率性が不足しています。そのため、適切なデータを取得するための校正や補正に多くの時間と労力を要します。また、許容できない誤差が生じ、良いユニットが不合格になり、悪いユニットが合格することもあります。EQset™は、マイクロホンができることを再評価し、コストに見合った投資で、より高い品質要求を満たし、それを上回るマイクロホンを提供することができ、校正、補正、事前または事後処理に費やす余分な時間や労力を必要としないようにするものです。

本アプリケーションノートでは、新しいマイクロホン技術であるEQset™と、新しいマイクロホンであるEQ 40PMについて、以下のような点を取り上げています：

- » EQsetとは
- » 新型マイクロホンに関する情報
- » 測定公差が誤った合格と失敗をもたらすか
- » 生産ラインの最適化



EQsetとは

マイクロホン技術は、マイクロホンカプセルとプリアンプの組み合わせで、測定シーンやニーズに合わせて様々な機能を持たせるという、かなり昔から同じような機能を備えています。プリアンプに追加されたツール（例えばTEDS）によって、マイクロホンの識別、キャリブレーション、感度、応答/補正データの保存など、一部のプロセスを自動化して作業負担を軽減するために使用できる特定の作業が容易になりました。しかし、これらの機能は、時間と労力を節約し、より使いやすいデータを提供する一方で、セットアップにおけるハードウェアとソフトウェアのコストを増加させます。

設計段階からEQsetに課せられた目標は、同等の費用増を伴わずに優れたデータ品質を提供できるマイクロホンでした。そのため、設計・構築のプロセスを見直す必要がありました。マイクロホンが信号を計測器に送り、そのデータを手動で補正するのではなく、もしくは補正データを前処理や後処理を行う専用装置に提供するプレミアムシステムでもなく、GRASは、すでに正しいデータを提供するマイクロホンを想定しています。そのため、信号はマイクロホンから出力される際に、基本的にイコライズされます。その結果、固定された感度とフラットなレスポンスカーブを持つ1つのマイクロホンユニットが完成し、セットアップのパラメータを調整したり、追加の補正を行うことなく、セットアップ中の他のEQsetマイクロホンと交換することができるようになりました。

なぜTEDSがないのか？

計測・生産ライン用マイクロホンの世界では、主力のプレミアム機能としてTEDSがあります。TEDSは、マイクロホン固有の情報を計測器に提供し、計測器がマイクロホンを特定し、感度データを用いて特定の周波数（通常250Hz）で校正し、補正曲線を用いてマイクロホンの測定範囲内で特定の校正周波数以外の周波数を出力補正することができる非常に有用なツールです。しかし、各EQsetマイクロホンの感度は全周波数帯域で機能的に同じであるため（20Hzから10kHzまでは0.5dB以下、10kHzから20kHzまでは2dB以下のずれ）、マイクロホンごとに個別に補正する必要がなく、したがってTEDSを介してマイクロホンにその補正情報を保存する必要がありません。

TEDSが不要になることのメリット

EQset対応マイクロホンは、SMBコネクタを備えており、生産ラインで既に使用されているCCP電源のシステムに接続することが可能です。しかし、その精度は校正や応答曲線に基づく前処理や後処理による補正に依存しないため、必ずしもTEDSを読み取ることができるシステムとの組み合わせは不要です。つまり、48Vファンタム電源を使用するオーディオサウンドカードをベースにしたシステムで、EQsetマイクロホンを使用することができるのです（図1）。そのため、新規生産ラインの立ち上げ費用や既存ラインの品質向上など、コスト削減の可能性があります。



図 1 .

EQset対応のマイクロホンは、48Vファンタム電源を供給できるオーディオインターフェースアナライザー（Audio Precision社のAPx500 Flexなど）、もしくはCCP対応の計測器で使用することが可能です。

校正

校正は、生産ラインの運用コストに大きな影響を与えます。生産ライン上のマイクロホンを校正するためには、そのラインを停止しなければならず、ラインが稼働していなければ、収益が失われることとなります。校正を省略する方法もありますが、その場合、不良品が市場に出回り、顧客満足度が低下したり、返品に対応するための費用が発生したりと、それなりのコストがかかります。また、頻繁な校正が不要なマイクロホンを使用することで、ダウンタイムを短縮する方法もあります。

固定感度

EQsetのマイクロホンは、感度が一定に固定されており（EQ 40PMでは25 mv/Pa (-32.04 dB re 1 v/Pa)）、個々のマイクロホン間の差分は公称感度から0.2 dB未満です（図2参照）。生産ラインで使用されるマイクロホンは、歴史的に ± 2 dB以上の感度の広がりがあります。EQset マイクロホンの固定感度は、不良品を出荷する心配がなく、生産ラインをより長く稼働させることができます。

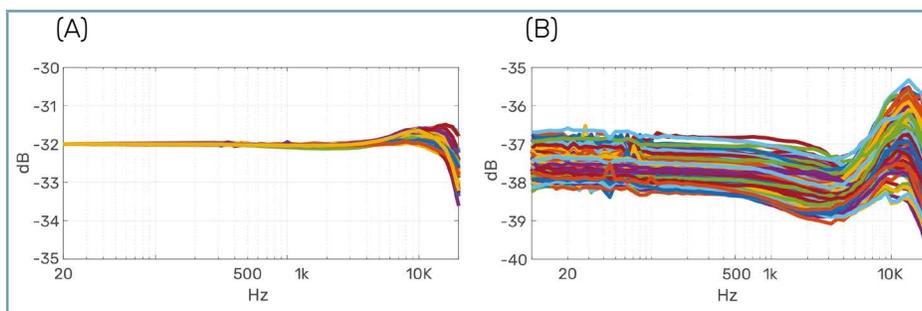


図 2 .

(A) EQsetマイクロホン100本と (B) 同ブランド・同タイプの生産ライン用マイクロホン100本を比較したものの。

不確実性の低減

フラットな周波数特性

EQset マイクロホンの周波数特性は、20 Hz から 10 kHz までで 0.5 dB 以下、10 kHz から 20 kHz までで 2 dB 以下となっています。歴史的に、生産テスト用マイクロホンの応答変動は、50 Hzから10 kHzで ± 2 dB、10 kHzから20 kHzで最大 ± 3 dBです。これは、後述の合否判定画面の項目でわかるように、不確実性や誤った合格・不合格のリスクに大きな影響を及ぼします。

EQsetセットアップの簡略化

固定感度とフラットな応答曲線のため、セットアップなどの作業が非常に簡略化されます。その結果、オペレーターのトレーニングの必要性が大幅に軽減されます。しかし、EQsetの簡略化によって得られる最も重要なメリットの1つは、市場にある他の生産ライン用マイクロホンを使用する際によく見られる、ヒューマンエラーによる誤認識や故障をなくすことです。EQsetを搭載したGRAS EQ 40PMを使用することで、QA部門はマイクロホンではなく測定データに焦点を当て、製品品質に対する信頼性を高めることができます。

“ EQset技術を導入することで、私たちは、世界中の生産ラインにおける新しい、コスト効率の良い、高精度の検査ソリューションを常に追求するという姿勢を表しています。。EQsetを搭載したGRAS EQ 40PMは、私たちの最新の取り組みで、市場は近い将来、GRASからさらに多くの製品が登場することを期待されています。

”

*Dr Rémi Guastavino
Director of Product
Management at
GRAS Sound & Vibration*

生産ライン用マイクロホン EQ 40PMを探究する

GRAS EQ 40PMは、周波数範囲20kHzの圧力型マイクロホンで、ダイナミックレンジは30dB (A) ~120dB SPL (<3% THD) で、直径1/4"、長さ34mmで、どんな生産ラインにもフィットする業界標準の生産ラインマイクロホンです。EQ 40PMは、EQsetテクノロジーを搭載した最初のマイクロホンです。しかし、マイクロホン自体も、独自の設計と製造工程により、短納期で安定性の高いマイクロホンを実現しています。

環境安定性

一般的な生産ラインの温度と湿度は、以下のように変化します。15~30℃、相対湿度は20~80%の範囲で使用できます。このような温度や湿度の変化は、マイクロホンの感度に大きな影響を及ぼします。データの有効性を確保するためには、ライン上の各マイクロホンに再校正や、時間のかかる後処理での補正を行う必要があります。しかし、それでも250Hz（または校正された周波数）においてのみ有効なデータとなります。なぜなら、温度や湿度が変化すると、従来の生産用テストマイクロホンの応答曲線も影響を受けるため、推定補正の可能性しかないためです。

考慮しなければならないのは、1日の環境変化だけではありません。近年のパンデミック（世界的な大流行）やそれに伴う地域的な隔離により、多くの企業が世界のさまざまな地域に生産ラインを設置しなければならなくなりました。このように分散したラインは、それぞれ異なる環境条件になります。従来の生産テスト用マイクロホンは、温度、静圧、湿度の違いに大きく影響されるため、異なる現場間の測定結果の差分になります。



不必要な校正を必要としない高い安定性

従来、生産ラインのマイクロホンは、環境的に安定した、あるいは長期にわたって安定性を維持できるようには設計されていないセンシングエレメントをベースにしていました。つまり、生産環境における温度や相対湿度の変化は、深刻な感度ドリフトにつながります。現在のテスト品質に対する要求からすると、これでは十分とは言えません。新しいEQ 40PMは、この安定性の問題を解決し、その安定性を標準的な生産ラインのマイクロホンよりも測定用マイクロホンに近いものにしました。実際、EQ 40PMは、最も厳しいケースであっても、一般的な生産ラインでの最大偏差は0.3dBであり、ローカルでもグローバルな生産ラインでも、データ取得後に再校正による補正や推測による補正を行う必要がないことを意味しています。

合否判定画面

生産ラインでは、被試験デバイス（DUT）は、研究開発や顧客からの仕様準拠する必要があります。これは、グラフ上のウィンドウとして見ることができます（図3参照）。テストでは、レスポンスがウィンドウの枠内に収まれば合格、枠外へ外れると不合格となります。これは、不確実性を考慮するまでは単純なプロセスです。不確実性はさまざまな分野から生じますが、主要なものは感度や応答曲線の公差です。

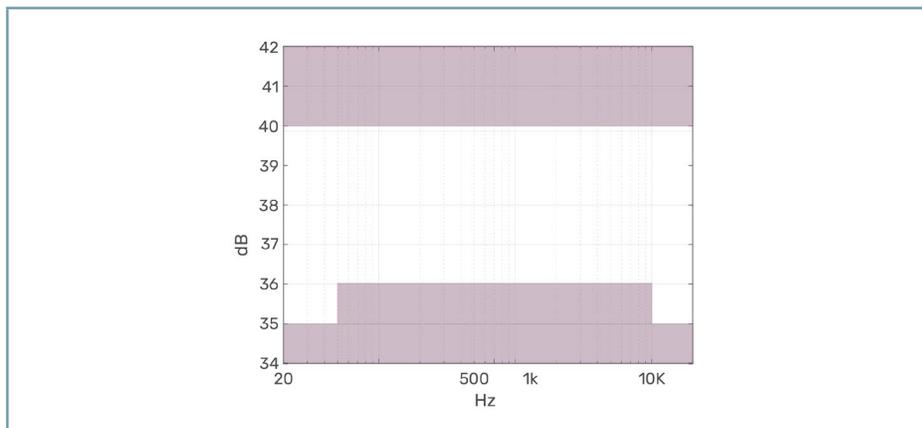


図 3 .

赤の斜線部分は、簡略化した仮定の合否判定画面を示します。

許容範囲、誤った合格、誤った不合格

すべてのマイクロホンには、測定精度に差がありますが、より精度の高いものもあります。前述したように、多くの生産ライン用マイクロホンは、50Hzから10kHzの範囲でマイクロホン間の応答バラツキが $\pm 2\text{dB}$ （図1）です。

単純化した例を用いると、DUTが合格するためにはある周波数で36~40dBの信号を出力する必要があり、実際の信号が39.5dBである場合、（例えば100個のマイクロホン）測定結果39.5 dBの広がり（ばらつき）は37.5~41.5dBとなります。ライン中のどのマイクロホンが試験に使用されているかによって、そのDUTは偽不良となる場合があることを意味します。つまり、良品をスクラップまたはリサイクルする必要が生じます。同様に、DUTの実際の出力が40.5dBの場合、結果の広がり（ばらつき）は42.5~38.5dBの間になります。つまり、相当数の試験場で、そのユニットについて誤った合格が報告されることとなります（図4）。

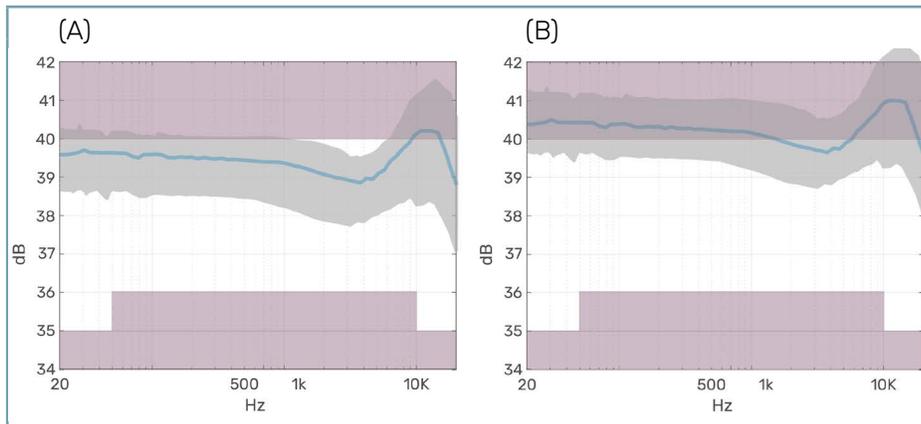


図 4.

これらのグラフは、不確実性の高いマイクロホンが、(A)偽不良、(B)偽合格をもたらすことを表しています。青い線は実際に取得された信号を表し、グレーのゾーンは図2から取った広がりを透過させたものです。

不確実性の低減

製造公差から誤った合格や不合格を減らすには、不確かさを減らす必要があります。EQsetマイクロホンは、個々のマイクロホン間で ± 0.5 dBの公差があります。つまり、上記の例からすると、誤った合格や不合格はゼロだったこととなります（図5）。

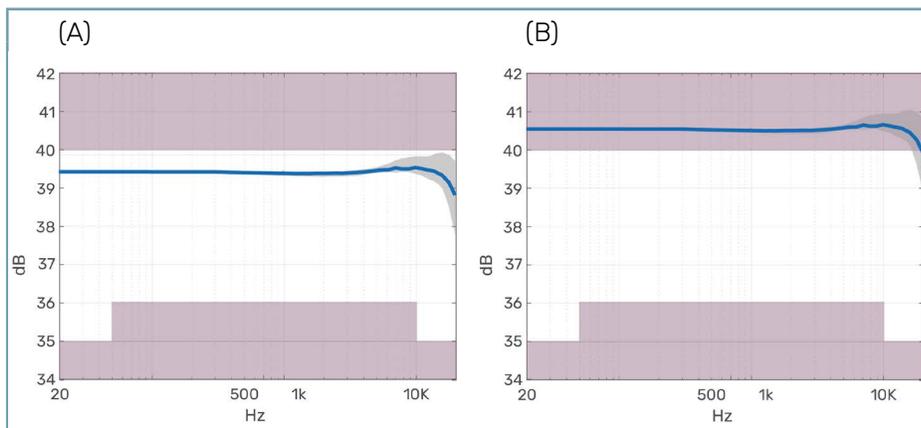


図 5.

これらのグラフは、EQ40PMとEQsetマイクロホンが、どのように不確実性を減らし、図4の例から(A)誤った失敗と(B)誤った合格を回避するかを表したものです。青い線は実際に取得された信号を表し、グレーのゾーンは図2から取得されたスプレッドの透明度である。

EQsetがない日とある日の比較

以下のシナリオでは、校正が生産ラインのダウンタイムに大きな影響を与えることが容易に理解できます。これは、生産ラインの運用コストにかなりの影響を与えます。

問題は、校正の作業量を減らせるかどうかです。しかし、従来のマイクロホンは、不良品が市場に出回り、顧客満足度が低下したり、返品に伴う費用が発生したりすることがありました。また、頻繁に校正しなくても安定した精度の高いマイクロホンを使用するののも一つの手段です。

従来の生産ライン用マイクロホンで生産ラインを構築する

ジョンは、90台のテストステーションを使用するラインのセットアップを任せられ、90台のマイクロホンを発注した後、マイクロホンの製造と梱包を待ちます。最終的には90箱のマイクロホンを受け取り、箱の開封から保管までを行います。

接続について

マイクロホンを箱から出して置くと、ジョンは90個のTEDS（TEDS対応マイクロホンの場合）を読み取ったり、90個の感度を入力したりして、配置、シリアルナンバー、チャンネルを注意深く記録します。そして、90本の補正カーブを、以下のいずれかの方法で解析ソフトに取り込みます：

- » ミニCDリーダーで90枚のCDからデータを個別に取り込む
- » オンラインサーバーからデータを取り込む
- » カンマ区切り値（CSV）ファイルでUSBメモリから取り込む

そして、ジョンは正しい補正を正しいマイクロホンに計画的に適用し、補正曲線の記録媒体と予備のマイクロホンを箱と一緒に保管します。

測定、校正、メンテナンス

一旦稼働すると、ラインはスムーズに稼働しますが、各シフトの最初と最後には、校正や著しい温度や湿度の変化による影響を軽減するために必要な修正や追加の校正を行うための休憩があります。ただし、測定チェーンを検証するための定期的な校正（通常の校正に加え）を推奨します。

もちろん、たまにマイクロホンが破損して交換が必要なこともあります。そんな時、ジョンはスペアの1台をラインに持っていき、TEDSを読む（TEDSが有効な場合）か、感度を入力し、配置、シリアルナンバー、チャンネルを注意深く記録するだけです。

注意深く記録します。再び前回と同じ方法で補正カーブを解析ソフトに取り込みます。そして、交換したマイクロホンに正しい補正を施します。



EQ 40PMで生産ラインを構築する

ジョンは、90台のテストステーションを使用するラインのセットアップを任せられ、90台のマイクロホンを発注した後、マイクロホンの製造と梱包を待ちます。彼は、EQ40PMの生産工程における短いリードタイムのおかげで、すぐに4箱のマイクロホン（各箱に24本のマイクロホン）を受け取ることができました。

接続について

マイクロホンを箱から出して配置すると、ジョンは配置、シリアル番号、チャンネルに関係なく、すべてのマイクロホンの感度を25mv/Paと入力します。応答曲線はすべて均一で平坦なので、ジョンが補正カーブを取り込む必要はありません。

測定、校正、メンテナンス

一度立ち上げれば、ラインはスムーズに稼働し、各シフトの最初と最後に、校正や修正のための休憩や、温度や湿度の変化に対する追加の懸念はありません。ただし、測定チェーンを確認するための定期的な校正は推奨されます。

もちろん、時にはマイクロホンが破損して交換が必要になることもあります。そんなとき、ジョンはスペアの1本をラインまで持って行って交換するだけです。

まとめ

GRAS EQ 40PMは、長時間のセットアップ時間、ダウンタイム、交換といった通常の煩わしさなしに音響測定を行うことができ、同時に、市場にある他のどの生産ラインマイクロホンよりも測定誤差を最小限に抑えることができる、高い安定性と価格競争力のある効率的ソリューションです。



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
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