

147AX マイクロホンの 振動感度について

By Per Rasmussen and Ole Theilgaard

April 2020



147AX マイクロホンの振動感度について

By Per Rasmussen and Ole Theilgaard

147AXマイクロホンは、空気中の音圧を測定するために、表面や構造物へ取付けることができる新しい設計のマイクロホンです。

考慮すべき技術的懸念点は下記になります。

Q. マイクロホンを振動する表面に取付けるとどうなるのか？

この問題には、2つの側面から考える必要があります。1つ目は、マイクロホンを振動構造物に取付けることで、マイクロホンの質量により、構造物に負荷がかかり、それにより振動レベルや周波数が変化する可能性があります。この影響は構造物の質量に対して、マイクロホンの相対的な質量を比較することで推定することができます。

マイクロホンの質量は約27gであり、500kgのディーゼルエンジンへ取付けた場合、振動レベルは大きく変化することはないでしょう。しかし、10cm×10cmあたり約30gの質量をもつ、1mmのアルミニウム板に取り付けた場合、マイクロホンの質量は振動パターンを変化させる可能性があります。しかし、板状構造物自身が支配的な音源でない場合には、このことによってマイクロホンで測定される結果を変えるものではありません。

2つ目は、マイクロホン自体の振動影響です。マイクロホンが振動する構造物に取付けられる場合、マイクロホンは構造物と一緒に振動します。しかし、マイクロホンはダイヤフラムの質量が非常に小さいため、振動に対して大きな影響は受けません。振動を測定するためには、構造物に圧電型加速度センサを取り付けて測定します。加速度センサは良い感度を得るために0.02kgから0.2kgほどのセラミックを使用しています。しかし、マイクロホンのダイヤフラムの質量は0.000001kg(1mg)であり、加速度センサの質量よりも20,000～200,000倍軽いいため、振動感度はほとんど影響しません。



図1
147AX を自動車エンジンへ取付

振動感度は、マイクロホンの質量、バネ、粘性ダンパーの単純な単一自由度の機械構造としてモデル化することで、より正確に推定できるかもしれません。

質量(M)はダイヤフラムの質量であり、バネ(S)は吊り下げられたダイヤフラムの張力です。粘性ダンパー(D)はダイヤフラムとマイクロホンのバックプレートとの間の隙間を移動する空気分子の減衰効果です。

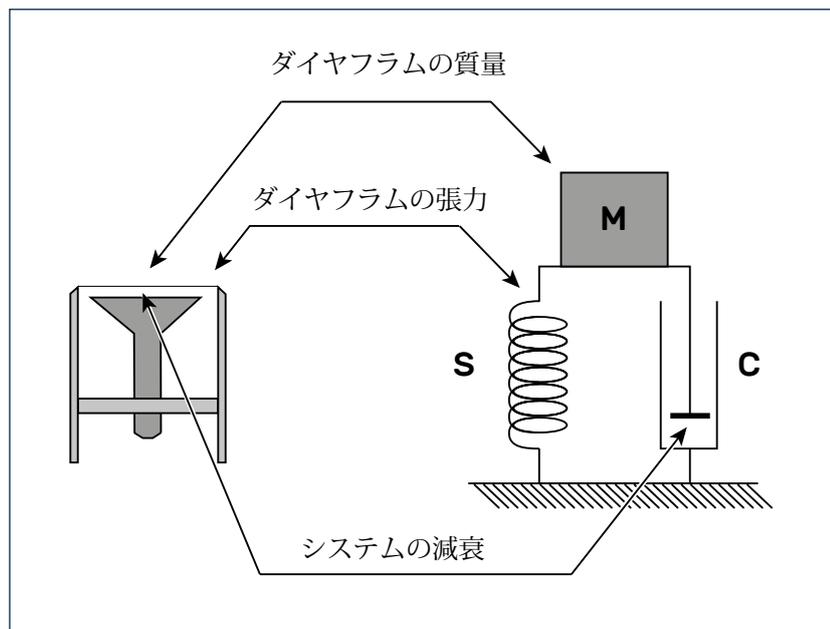


図2
147AXの振動感度を単一自由度の機械構造としてモデル化した。

振動感度はマイクロホンのダイヤフラムが内部のバックプレートに対してどれくらい動くかによって決まります。マイクロホンの共振周波数以下では、これらはダイヤフラムの剛性によって決まり、ダイヤフラムの質量のインピーダンスはバネのインピーダンスに比べて小さいです。共振周波数を超えると、ダイヤフラムの質量が支配的になり、マイクロホンは振動に敏感になります。しかし147AXの場合、共振周波数は18kHz付近のため、この周波数以下では振動感度が非常に低くなります。さらにマイクロホンの共振周波数付近では、ダイヤフラムシステムのインピーダンスはシステム内のダンピングによって決まり、加速度センサによくみられるような顕著な共振ピークはありません。

軸振動の影響

147AXの場合、 1m/s^2 での軸振動の典型的な影響は63dBです。このレベルで振動する物体にマイクロホンを取付けると、マイクロホンは次のように見えます。:

音響信号 (ノイズ) + 音響信号に変換された振動信号、つまり2つの音源の和

通常音響信号は、音響信号に変換された振動信号よりもはるかに高いため、振動信号を考慮する必要はありません。これが図5と図6の測定結果に表れています。

一般的には、音響信号と振動信号の差が10dB以上あれば、振動信号の影響は0.5dB以下となり、振動信号を網領する必要はありません。下のグラフは振動信号が測定に与える影響を示しています。

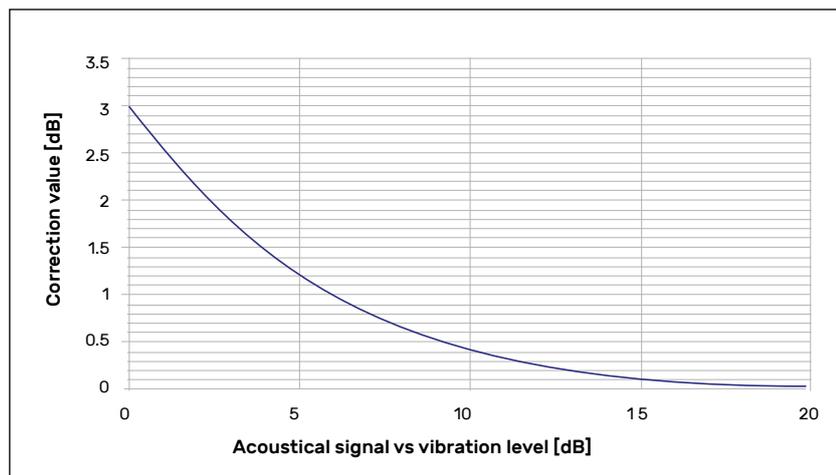


図3
音響信号と振動信号の差が非常に小さい場合(20dB未満)には、ここに示した補正曲線を使用することができます。

振動信号が測定に影響しすぎるかどうか疑わしい場合には、図4に示すような方法で2個の147AXマイクロホンを取付けることができます。

これらの2つのマイクロホンの測定値が大きく異なる場合は、軸方向の振動信号が影響している可能性があります。

実際の147AXの振動感度

自動車の音響測定は、道路やテストコースを走行して行われることが多いです。このような状況では、音圧信号と振動の両方が発生します。振動する部品は周囲の空気と相互作用して音響エネルギーを発生させ、一夫では音波は機械部品を振動させます。このような環境に置かれたマイクロホンは、マイクロホンのダイヤフラム上の音圧を測定します。

図4は、自動車のエンジンルーム内の測定位置の一例を示しており、2つのマイクロホンを実質同じ位置に取り付けています。一方のマイクロホンは、防振材としてスポンジの上にテープで取付けており、こちらは自由音場型マイクロホン146AEです。もう一方は圧力型マイクロホン147AXです。147AXはマグネットディスクを使用し、機械構造物に直接取り付けています。



図4
自動車エンジンルーム内に設置された2つのマイクロホン

通常の道路を時速100kmで走行し、音圧を測定したところ、図5のように、自由音場型マイクロホンは圧力型マイクロホンに比べて、高周波帯での感度が低下しているため、音圧を過小評価していることが分かる。

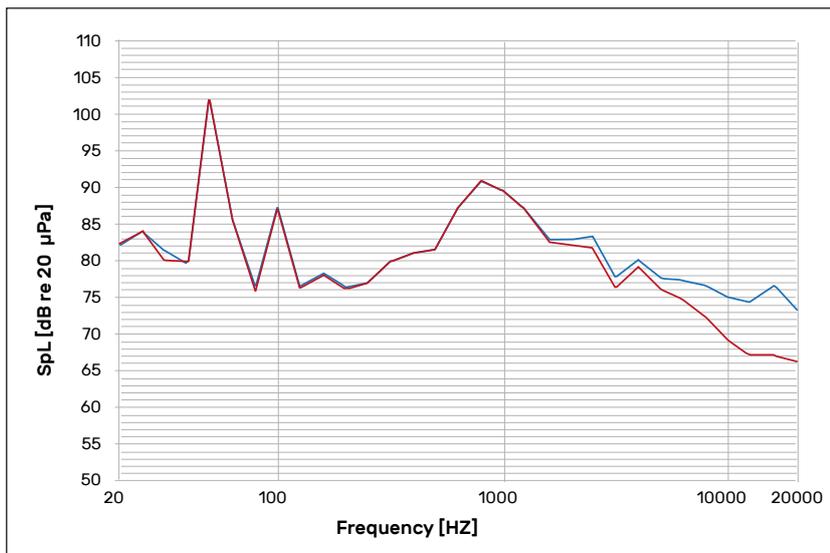


図5
146AEと147AXの同じ位置での測定結果

— 自由音場型 (146AE)
— 圧力型 (147AX)

自由音場型マイクロホンの結果に自由音場補正をかけると(図6を参照)2つのマイクロホンがほとんど同じ結果になることが分かります。音波の波長が短い高周波帯ではまだ小さな違いがありますが、これはマイクロホン間の距離が関係している可能性があります。

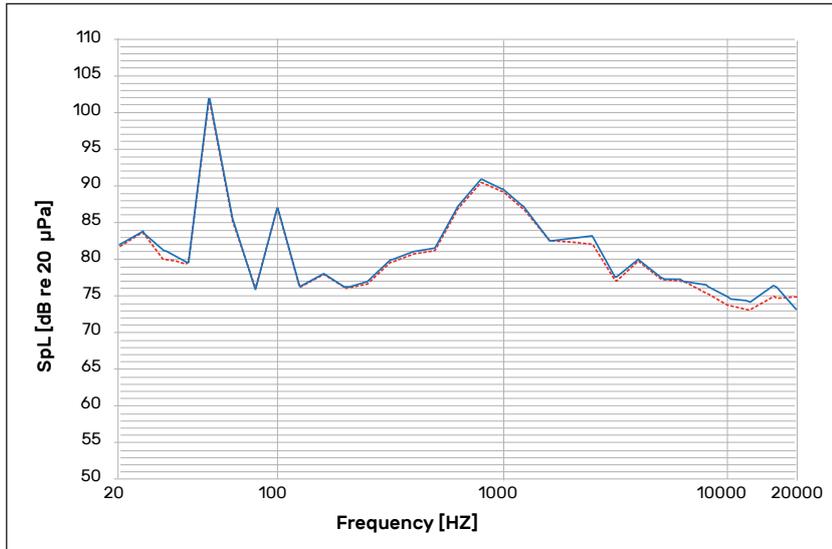


図6
図5と同じ測定ですが、高周波帯での自由音場マイクロホンの感度の低下を補正しています。

— 補正された自由音場応答
— 圧力応答

図6のデータは1/3オクターブで解析されていますが、フィルタの帯域幅によって2つのマイクロホンの応答の差が小さくなる可能性があるため、信号もナローバンド(FFT)解析で解析されています。

図7はスペクトルの低周波部分を示しており、振動による違いを示す局所的な共振周波数がないことがわかります。

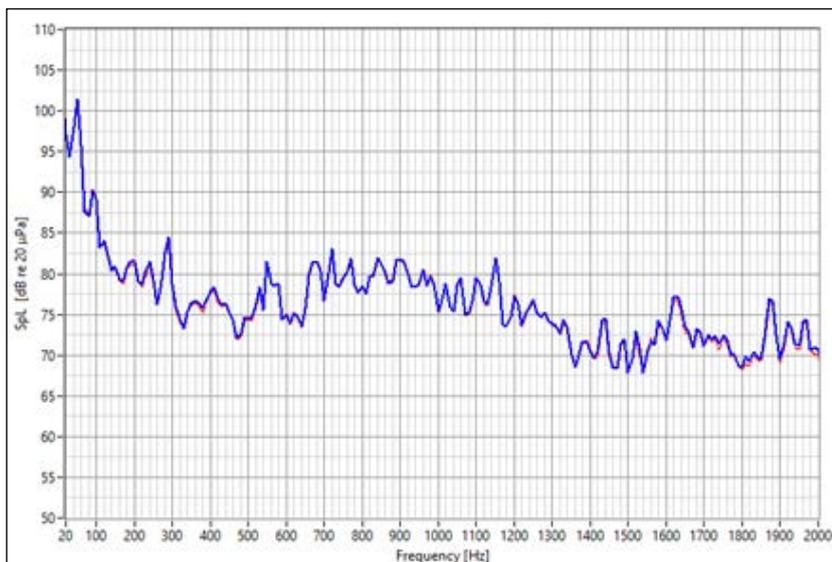


図7
147AXと自由音場補正された146AEのナローバンド(FFT)解析

同様に、スペクトルの高周波部分についても、図8に示すように、振動による違いを示す局所的な共振周波数は存在しない。

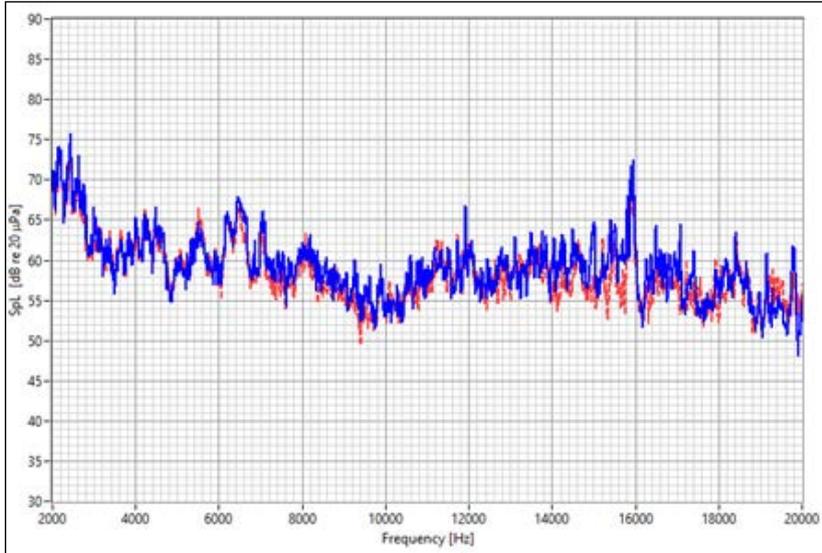


図8
147AXと自由音場補正された146AE
のナローバンド(FFT)解析

この例では、2つのマイクロホンが特定の状況下でほぼ同じ結果を測定していることがわかります。しかし、振動する構造物にマイクロホンを取付ける場合には、特定の状況に注意して取付けなければなりません。自由音場型マイクロホンの防振マウントとマグネットマウントの両方とも、マウントされた構造物に負荷がかかります。もし構造物が薄い板状の構造物だった場合、マイクロホンの質量が構造物に負荷を与えるため、振動パターンが変化し、これにより構造物周囲の音場が変化する可能性があります。

また、より強固な構造物にマイクロホンを取付けた場合でも、直接取付ける場合と防振して取付ける場合の両方で、構造物とマイクロホンのどちらとも意図しない共振が発生することがあります。これにより、マイクロホンの取付システムからガタツキなどの音が発生することがあります。

結論

共振周波数18kHz以下では、147AXの振動に対する感度は非常に低くなっています。共振周波数付近においても、減衰は加速度センサにみられるような共振ピークを防ぐのに十分です。図5から図8に示すように、147AXが同じ場所に防振材を使用して設置された標準的な自由音場型マイクロホンと比較しても、振動に敏感であるということはありません。

自由音場応答の補正後の応答は同じであり、振動による干渉を示すような局所的な共振ピークは見られません。したがって、147AXは非常に軽量で減衰のない構造物を除いて、測定結果に大きな影響を与えることなく、振動構造物に取付けることができます。



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

システム営業第1本部 営業第1部 計測機器課

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

システム営業第1本部営業第3部 システム営業第2課

TEL: 052-563-1181