

# 高周波吸音率測定システムの開発 —ACIMS-HF—

自動車やコンプレッサーなどの騒音対策を行ううえで、適切な吸音材の選定は重要な項目である。吸音材の吸音性能は周波数ごとの吸音率で表され、吸音材の選定時には最適な吸音特性を持ったものを選定するのが望ましい。

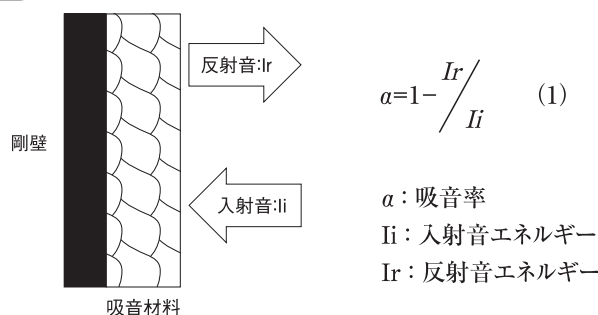
吸音率は第1図に示すように、吸音材に入る入射音のエネルギーと、反射音のエネルギーを使用して、式(1)にて表される。

一方、境界要素法などの音響予測シミュレーションを行うためには、吸音率を表すための音響インピーダンス、あるいは実効密度と伝播速度のパラメータが用いられている。

近年、自動車のHEV、EV化が進んだことによりエンジン車にはなかったインバータ、リアクトル等の電気機器から、10kHz付近までに存在するキャリア周波数が発生し問題となることがある。しかし一般的な吸音材の吸音率計測は、残響室吸音率法で5kHzバンドまで、垂直入射吸音率では概略6.4kHz以下の周波数結果までしか計測できていなかった。

本稿では当社で開発した、10kHzまでの垂直入射音響インピーダンス計測システム“ACIMS-HF”（アシムスーエイチエフ）での吸音率計測の実施例を紹介する\*1）。

第1図 吸音率の概念図



エンジニアリングメカニクス事業部  
CAE技術部 振動音響技術室

榎原 健男



エンジニアリングメカニクス事業部  
CAE技術部 振動音響技術室

森澤 吉孝



エンジニアリングメカニクス事業部  
CAE技術部 振動音響技術室

森 太介

## E-1 ACIMS-HF測定システムの概要

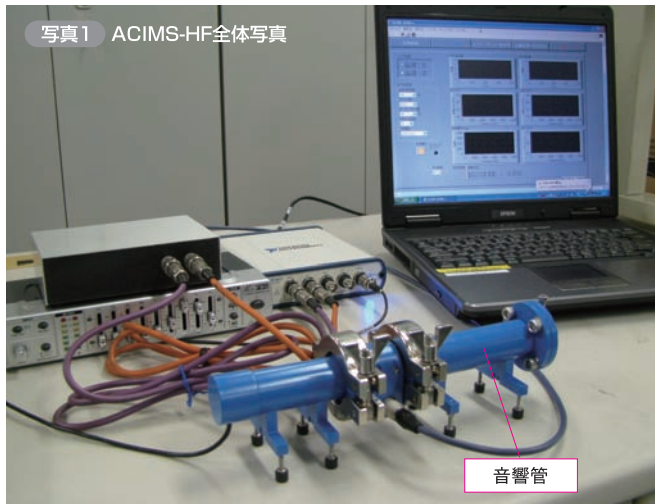
垂直入射吸音率の測定手法は1980年代に神戸製鋼での発表後\*2)、現在はJIS A 1405-02に規定されており、6.4kHz以下の周波数を計測する装置は各社から発売されて一般的なものになっている。

垂直入射吸音率計測は、音響管内において平面波で伝搬している音波の2点間の音圧伝達関数と位置

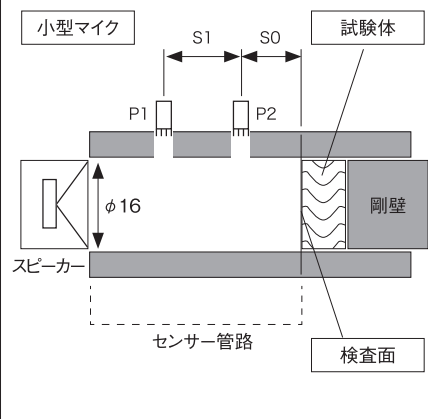
関係から音響インピーダンスを計算するものである。

今回開発したACIMS-HF（写真1）は、直径16mmの計測管路に小型マイクロフォンを固着して10kHzの高周波領域まで計測可能とした音響インピーダンス計測装置である（第2図）。

写真1 ACIMS-HF全体写真



第2図 音響管概要



### 参考文献

- \*1)  
 2012年5月25日自動車技術会春季学術講演会において発表  
 場所:パシフィック横浜  
 文献番号:20125332  
 2012年5月発行  
 No.61-12  
 \*2)  
 H.Utsuno, et al.:Journal of Acoustic Society of America, Vol.86, No.2 (1989)

## E-2 計測サンプルを用いた検証

### 2-1 理論値との比較

最初に計測システムの精度を確認するために、既知である空気で満たした音響管の音響インピーダンスにて検証した。

終端の境界条件が剛壁で、空気で満たされた音響管の比音響インピーダンス比は式(2)にて表される。

$$\text{Im}(Z) = -\cot(kL) \quad (2)$$

Z: 検査面の比音響インピーダンス比

K: 波長定数(1/m)

L: 音響管深さ(m)

式(2)で得られる理論比音響インピーダンス比と、音響管で計測した2点間の音圧伝達関数 $H(\omega)$ と式(3)、(4)、(5)を用いて計算した比音響インピーダンス比の虚部を比較した。

$$p = H(\omega) \frac{\sin k(s_1 + s_0)}{\sin ks_1} - \frac{\sin ks_0}{\sin ks_1} \quad (3)$$

$$u = \frac{j}{\rho c} \left\{ H(\omega) \frac{\cos k(s_1 + s_0)}{\sin ks_1} - \frac{\cos ks_0}{\sin ks_1} \right\} \quad (4)$$

$$\text{ただし、} H(\omega) = \frac{p_2}{p_1}, \zeta = \frac{p}{u\rho c} = r_a + jx_a \quad (5)$$

$$a = \frac{4r_a}{(r_a + 1)^2 + x_a^2} \quad (6)$$

P: 検査面音圧(Pa)

u: 検査面粒子速度(m/s)

$\zeta$ : 検査面比音響インピーダンス比

S1: センサー距離(m)

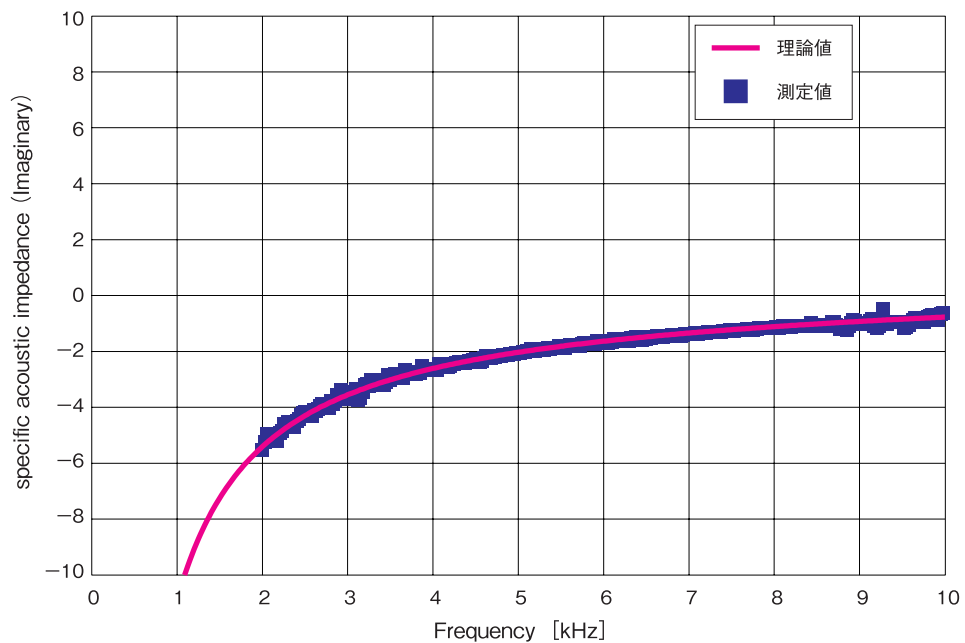
S0: センサー検査面距離(m)

$a$ : 吸音率

第3図に示すように、伝達関数測定値を用いて計算した比音響インピーダンス比が、2kHz ~ 10kHzまで理論値と一致している。

音響管内部の2点の音圧伝達関数が正確に計測可能であれば、10kHzの高周波まで比音響インピーダンス比は十分に求められることが確認された。

第3図 音響管の比音響インピーダンス比の理論値と実測値との比較



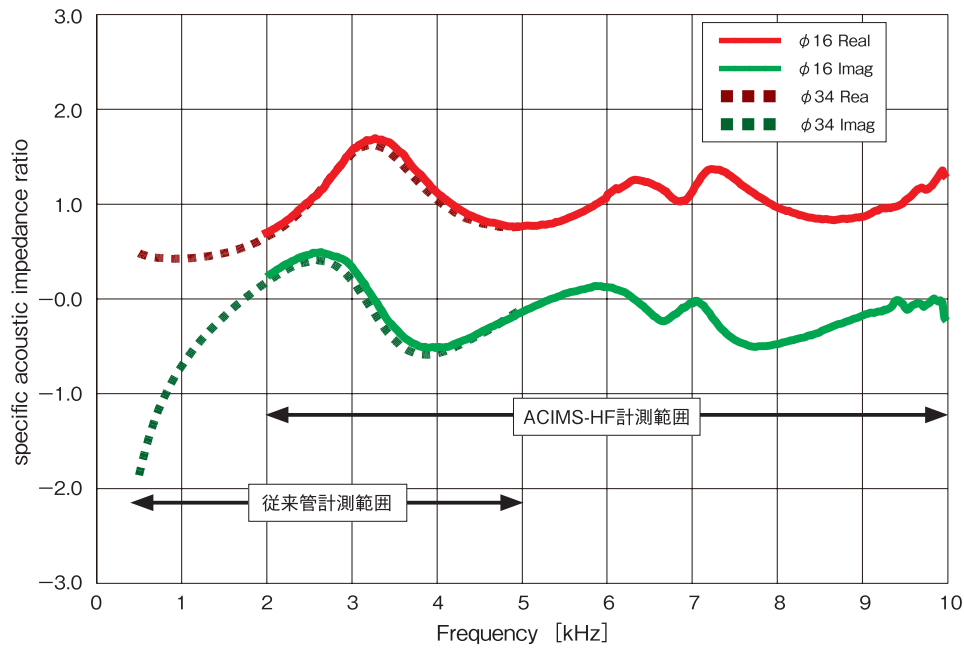
### 2-2 従来型音響管の計測結果との比較

従来から使用している音響管に対し、新たに製作した音響管は10kHzまで1次元の平面波を成立させるために物理的に直径を小さくする必要性があ

り、それにともない音響管に設置する試験体の直径も小さくする必要がある。

試験体の大きさの影響を検証するために、従来から使用している5kHzまで計測できるACIMS音響管測定データと比較した結果を第4図に示す。

第4図 従来音響管との比音響インピーダンス比測定結果の比較



第4図に示すように2種類の音響管での比音響インピーダンス比計測結果から、比較可能な周波数

領域である2kHz～5kHzにおいて、音響管の直径が変わっても計測結果が一致することを確認した。

この計測システムと式(6)を利用して、写真2に示す繊維系吸音材( $t=10\text{mm}$ )とウレタン系( $t=4\text{mm}$ )の吸音率計測を実施した結果を第5図に示す。

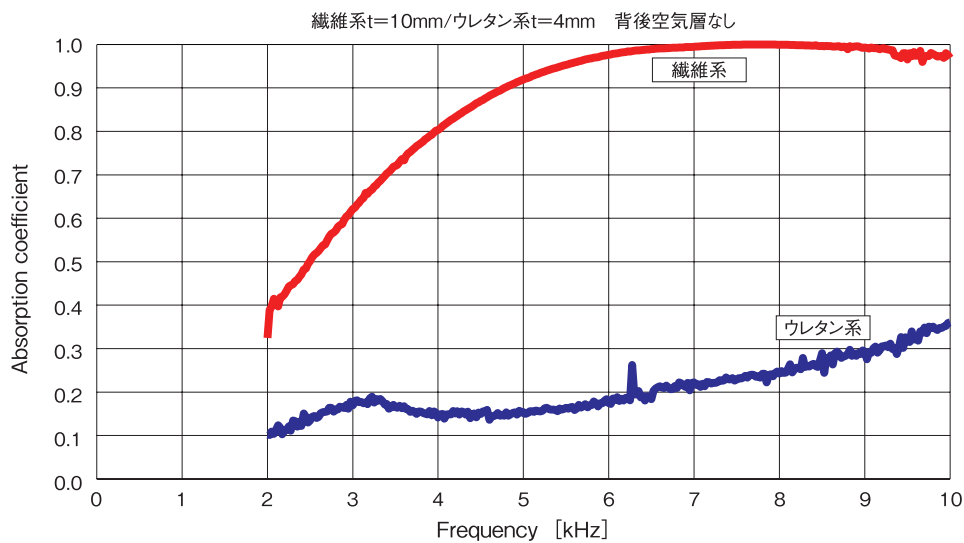
背後空気層のない厚み10mmの繊維系吸音材でも、6kHz以上の周波数領域で吸音率が約1.0を示しており吸音性能が良かったが、ウレタン系については、今回用いた厚みが4mmと薄いためか、2kHz～10kHzの領域では約0.25の吸音率程度であることが実測された。

写真2 試験体の設置例



試料

第5図 繊維系吸音材の吸音率測定結果



開発した高周波垂直入射音響インピーダンス計測システム“ACIMS-HF”を用いて、従来計測できなかった10kHzまでの比音響インピーダンス比を計測し、理論値と比較検証して良好な結果を得ることができた。

この音響管を用いて、従来は推測することしかでき

なかった6.4kHz以上の周波数帯域データを計測により明らかにすることができた。

本技術は自動車のHEV、EV化にともなう高周波領域の音響特性を把握するうえで重要な技術と考へており、実製品の吸音率測定にすでに利用されている。