

○寺尾道仁, 関根秀久 (神奈川大)

1. はじめに 壁面の空気粘性および熱伝導境界層における散逸の予測が重要になる場合がある. ヘルムホルツ共鳴器の吸音力はこの壁面粘性・熱伝導散逸に依存する. 吸音率などのチューブ内計測ではチューブ内壁散逸による減衰係数が重要であるが, 2点音圧法では推定によらざるを得ない(ただし, 試料面近傍の平面波条件が成立する場合には定在波法で観測し得る). 前報[1]ではFig.1に示すようなスリット共鳴器についてこの壁面散逸を考慮したの吸音特性の数値解析結果を示した. ここでは, その音圧, 粒子速度およびインテンシティ分布の計算を試み, 壁面粘性・熱伝導散逸について考察を加えた結果を述べる.

2. 音響境界層連成数値計算法

数値解析は角周波数 $\omega$ の調和波動について疎密波モード場のHelmholtz-Kirchhoff積分定理に基づく2次元部分領域型境界要素法により一定要素で離散化した. 精度が要求されるためすべて倍精度計算とし特異積分[2]は解析的に求めている.

疎密波モードの壁面粘性および熱伝導境界層との境界は次のアドミッタンス[1]により結合している. すなわち,

$$\beta = \left[ \frac{1}{z_w} + (1+j) \left\{ \frac{R_h}{\rho^2 c^2} - \frac{R_v \nabla_{\tan}^2}{\rho^2 \omega^2} \right\} \right] \quad (1)$$

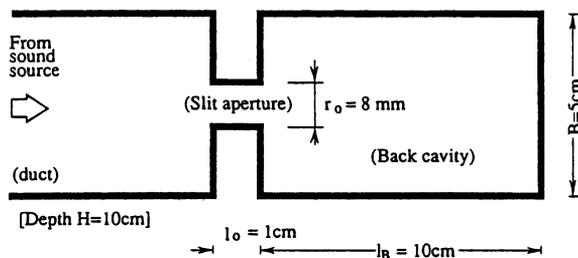


Fig.1 Slit resonator used in the test.

\*Introduction of viscothermal boundary in numerical analysis of acoustic field.  
By M.Terao and H.Sekine (Kanagawa university)

ここで,  $z_w$ :壁面のインピーダンス(計算では剛壁),  $\rho$ :空気の密度,  $c$ :空気の音速,  $\nabla_{\tan}^2$ は壁面の接線方向成分に関するラプラシアン,  $R_v$ と $R_h$ は粘性および熱伝導による損失係数で $f$ を周波数として

$$R_v/\rho c = 2.0\sqrt{f} \times 10^{-5}, \quad R_h/\rho c = 0.96\sqrt{f} \times 10^{-5} \quad (2)$$

3. 数値解析結果

Fig.2は数値計算誤差をスリット共鳴器の吸音率により評価したものである. 壁面粘性・熱伝導損失を0と与えて計算した. 吸音率が0であるべきところ面素寸法が5mmの場合には吸音率が約-1%と系統的に負の数値減衰を示す. この数値誤差を小さくするために以下では面素寸法は1mmと微細化している.

Fig.3にHelmholtz共鳴器近傍の音圧, 粒子速度およびインテンシティの分布を示す. (a)および(b)はそれぞれ壁面粘性・熱伝導損失が存在しない場合と存在する場合である. この場合, 吸音率が小さく両者の相違は少ない. 音圧ノードは開口直前に位置する. そこでの音圧低下は壁面損失がある場合の方が少ない. 空洞内の音圧はダクト側のそれに較べて10dB程度大きい. 空洞内の音圧・粒子速度分布は開口近傍を除いて平面波に近い. 開口部

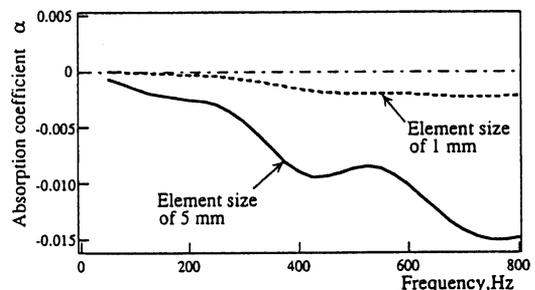


Fig.2 Numerical error in absorption coefficient of a slit resonator ( $r_0=8\text{mm}$ ,  $R_v=R_h=0$ ).

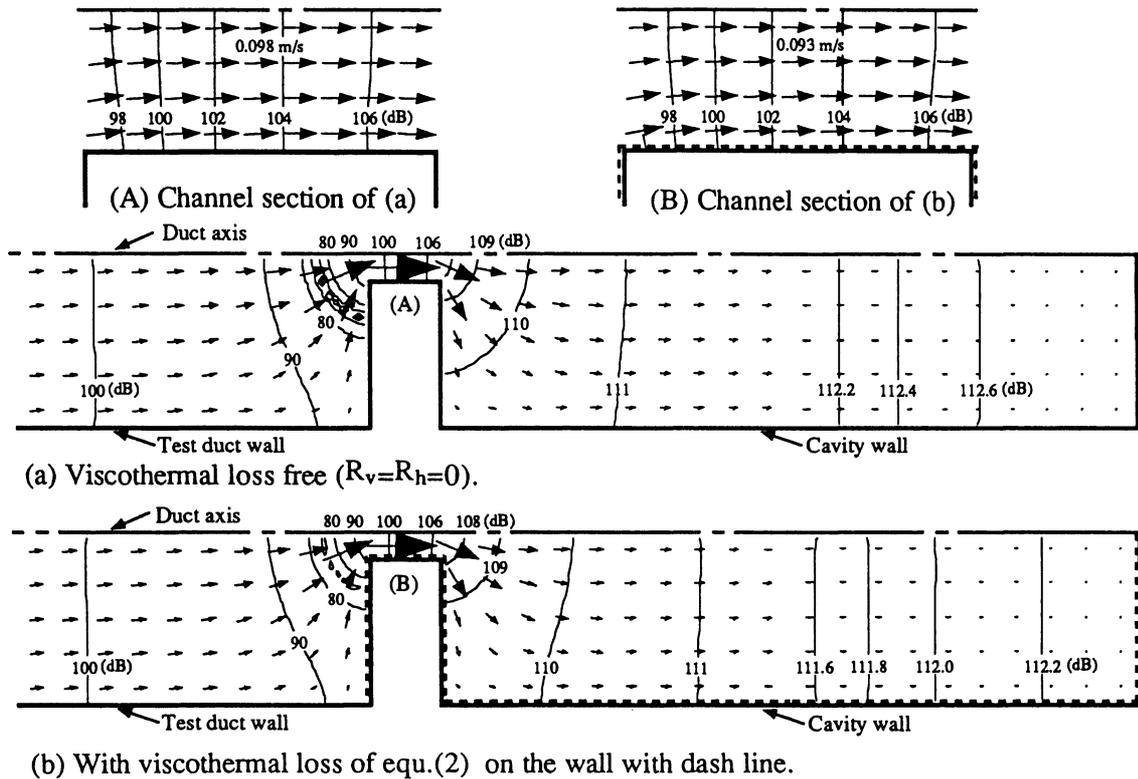


Fig.3 Pressure, velocity and intensity distribution around slit resonator at 450 Hz. Half side region about the axis of symmetry is shown.

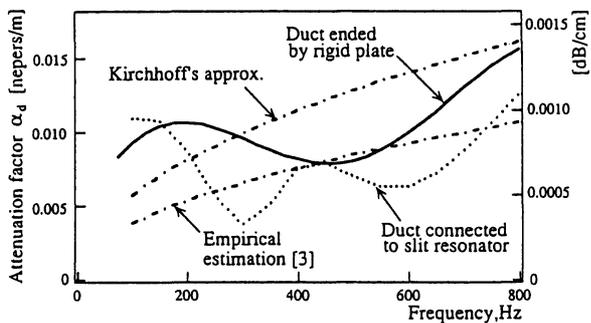


Fig.4 Difference in attenuation factor by pressure distribution in a straight duct.

内の音圧はダクト側から空洞側になだらかに上昇し、平面波による分布形に近いが両開口端付近ではそれが崩れているな

ど、共鳴器の理論モデルの応用上重要な知見を与える。(c)は開口部内のみ壁面粘性・熱伝導損失が存在する場合のインテンシティ分布を示す。音響パワ散逸は開口部キャビティ端側に集中している。これは開口部キャビティ端側からさらに0.1 mm程度の薄い音響境界層内を遡って散逸する可能性がある。

Fig.4 に端末被測定対象から音源側30cmのダクト区間の壁面粘性・熱伝導による減衰係数を示す。減衰係数は反射波などによる音圧・粒子速度分布に強く依存する。剛壁端接続とスリット共鳴器接続とで異なる主たる原因は、前者にたいし後者が開口近傍での平面波条件の崩れが大きい (Fig.3参照) ことが挙げられる。

6. まとめ 壁面の空気粘性および熱伝導散逸を含む数値解析により、ヘルムホルツ共鳴器の周辺の音圧・粒子速度・インテンシティ分布などを調べ、その測定や予測に必要な条件等を示した。

参考文献

- [1] 寺尾ほか, 音響学会講演論文集, 1995.3.
- [2] 寺尾ほか, 境界要素法研究会論文集, 1987.
- [3] F.P. Mechel, "Schallabsorber", vol.II, 1991.