

○寺尾道仁, 関根秀久, 大川真平 (神奈川大・工)

1. はじめに 比較的小さな試料による斜入射反射係数手法としてダクト内測定法の可能性を数値解析により検討する。その基礎段階としてダクト内測定法により得られる反射係数について、無限大試料に対する理論値および自由空間内の有限面積試料による反射係数と比較する。

2. 測定対象反射面 局所作用かつ表面ノーマルインピーダンス  $z_n$  が一様な無限平面を対象とする。このとき斜入射の複素音圧反射係数  $R_\theta$  は、式(1)により求められる。

$$R_\theta = (z_n - \rho c / \cos \theta) / (z_n + \rho c / \cos \theta) \quad (1)$$

以下の数値解析は境界要素法 (寸法 5mm の一定要素) により、反射面を構成する試料は密度  $32\text{kg/m}^3$ 、流動抵抗係数  $8500\text{Pa} \cdot \text{s/m}^2$ 、50mm 厚のグラスウールとして、その音響特性には Delany らの経験式を用いる[1]。

3. ダクト内法 測定ダクトは Fig.1 に示すように、その一端に音源、他端に試料を配置する。音源は所要の斜入射モード波成分を十分に励起するため複数のラウドスピーカを配置し、それぞれの位相と振幅を調整する。多点音圧観測により、次に述べるようにモード別・周波数別に入・反射波の複素音圧振幅を分離検出する。

#### 4. モード別平面進行波音圧の検出方法

Fig.1 に示すように、座標をとり反射面の定義位置を  $x=0$ 、また、ダクト (幅  $W$ ) の断面方向には一方の壁面を  $y=0$  とする。対象とする周波数における伝搬モード最大次数を  $N$ 、伝

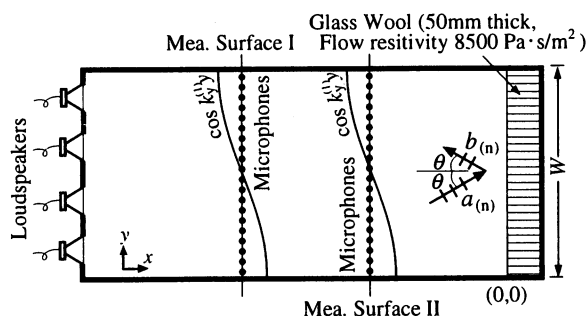


Fig.1 Induct measurement method of oblique incidence reflection factor  $R_\theta$

搬モード次数を  $n(=0,1,2, \dots, N)$ 、また、座標  $(0,0)$  におけるモード次数  $n$  の外向きおよび内向き進行波音圧振幅を  $a_{(n)}$  および  $b_{(n)}$  とすれば、2次元剛壁直管内の遠距離伝搬場音圧  $p(x,y)$  は

$$p(x,y) = \sum_{n=0}^N a_{(n)} \exp(-jk_x^{(n)} x) \cos(k_y^{(n)} y) + \sum_{n=0}^N b_{(n)} \exp(+jk_x^{(n)} x) \cos(k_y^{(n)} y) \quad (2)$$

により表わされる。ここで、

$$k_x^{(n)} = \sqrt{(\omega/c)^2 - (n\pi/W)^2} \quad (3)$$

$$k_y^{(n)} = n\pi/W, \quad \sin \theta^{(n)} = nc/2Wf \quad (4,5)$$

は  $n$  次モード波の波数ベクトルの  $x$ 、 $y$  方向成分、および入射角である。複素音圧反射係数は

$$R_\theta = b_{(n)} / a_{(n)} \quad (6)$$

により求められる。

#### 5. モード別平面進行波音圧の検出

$a_{(n)}$  および  $b_{(n)}$  の分離検出手法としては、未知量  $a_{(n)}$  および  $b_{(n)}$  の数だけの座標点における音圧  $p(x,y)$  を測定し、式(2)を連立して解く多点音圧測定法がある[2]。しかし、ここでは、簡単なモード別音圧の陽的抽出法として、断面方向モードの直交性を利用する以下の手法をとる。すなわち、ある断面  $x$  の音圧について  $\varepsilon_{(l)} \cos(k_y^{(l)} y)$  の加重平均  $\bar{p}^{(l)}(x)$ 、すなわち、

$$\bar{p}^{(l)}(x) = \frac{1}{W} \int_0^W p(x,y) \varepsilon_{(l)} \cos(k_y^{(l)} y) dy \quad (7)$$

をとる。ここで、 $\varepsilon_{(l)}$  は  $l=0$  のとき  $\varepsilon_{(l)}=1$ 、 $l \neq 0$  のとき  $\varepsilon_{(l)}=2$  である。これに式(2)を代入して、

$\int_0^W \cos(k_y^{(n)} y) \cos(k_y^{(l)} y) dy$  が  $l \neq n$  のとき 0、 $l=n$  のとき  $W/\varepsilon_{(l)}$  であることを考慮すれば、 $l$  次モード成分のみが抽出され、

$$\bar{p}^{(l)}(x) = a_{(l)} \exp(-jk_x^{(l)} x) + b_{(l)} \exp(+jk_x^{(l)} x) \quad (8)$$

の関係が得られる。Fig.1 に示したような 2 断面の荷重音圧平均  $\bar{p}^{(l)}(x_1)$  と  $\bar{p}^{(l)}(x_2)$  を測定すれば、式(8)により  $l$  次モードの  $a_{(l)}$  と  $b_{(l)}$  とが分離検出される。

6. 実行結果 Fig.2 に音場の数値解析例、また、Fig.3 には、このような音場から求められた斜入射反射係数を吸音率  $\alpha_\theta = 1 - |R_\theta|^2$  によ

\* A basic study on an induct measurement method of oblique incidence reflection factors of a surface.  
By M. Terao, H. Sekine S. Ohkawa (Kanagawa university).

り示す。ダクト内法は大きな入射角の場合にも理論値と良好な一致を示す。比較のため、自由音場内・有限寸法試料法による結果（塗潰し記号）を加えた。入射波と反射波の分離検出の方法としては、TSP法[3]、空間フーリエ変換法[4]などがあるが、ここでは、局所的分離法[5]を用いた。Fig.2の音圧分布から分かるように、自由音場内・有限寸法試料法は入射角が大きくなると、有限大試料の周辺効果が無視できる領域が非常に小さくなる。それにはたいしダクト内法では有限大試料の周辺効果が現れない。

7. 終わりに 斜入射音圧振幅反射係数のダクト内測定法の基本的な有用性を数値解析により示した。

参考文献  
 [1]寺尾,関根;騒音制御工学会講論集,1995年9月.  
 [2]寺尾,関根;騒音制御工学会講論集,1997年9月.  
 [3]Tamura, JASA, 88, 1990, 2259-64.  
 [4]木村,山本;音響学会講演論文梗概集,2000年9月.  
 [5]寺尾,関根;建築学会環境工学論文集,1984年11月.

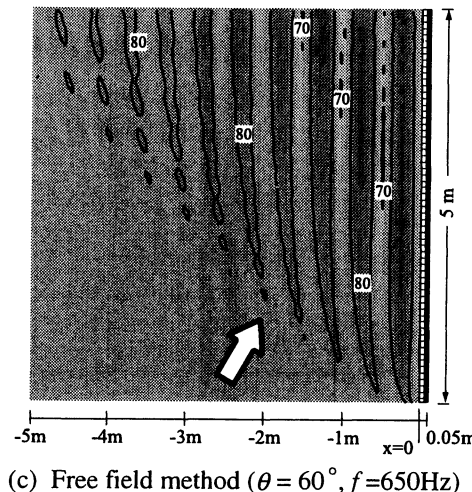
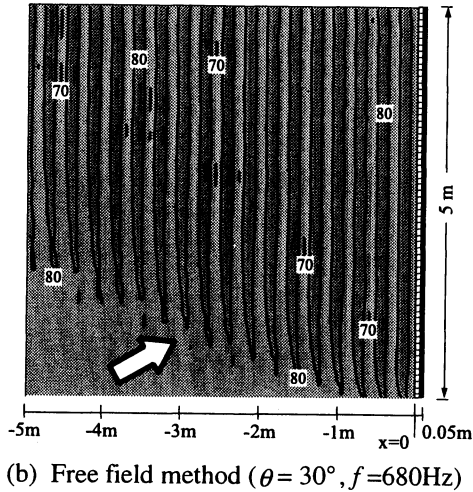
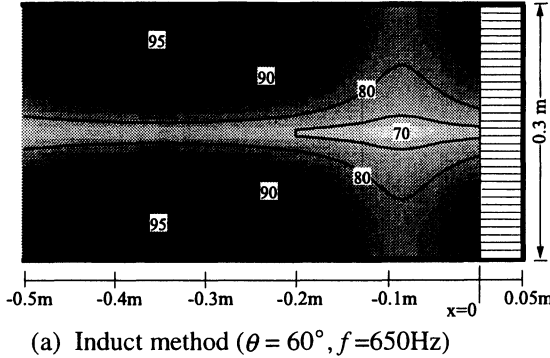


Fig.2 Sound pressure distribution (dB)

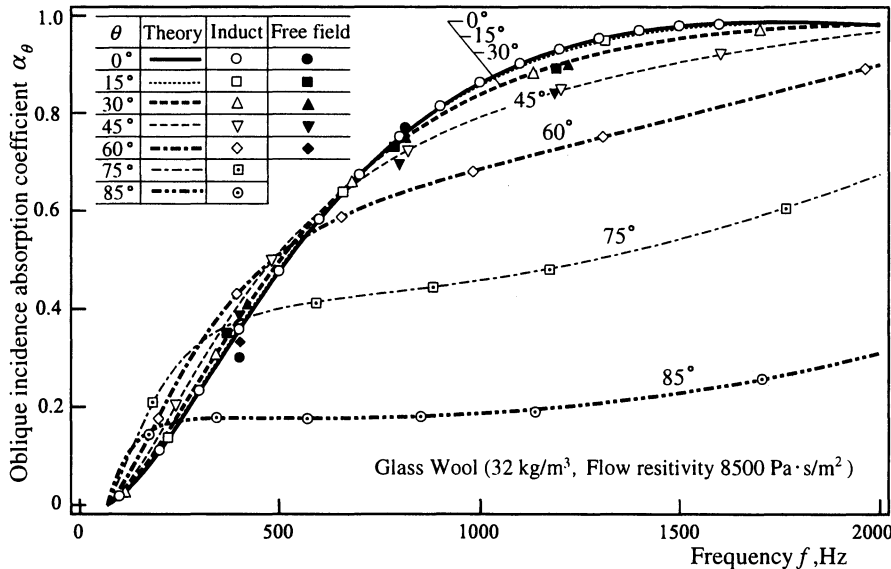


Fig.3 Comparison of  $\alpha_\theta$  given by different measurement methods