

○寺尾道仁 △関根秀久 (神奈川大)

1. 序 直角エルボ類による減音の機構について、曲り付近の各点ごとに複数の音波のインテンシティ (ベクトル) を分離検出として調べた。

## 2. 複数の音波の分離検出方法

ある音場点に到来する  $N$  個の音波のうちの一つ音波 (基準観測点での (複素) 音圧 (振幅)  $p_0$ , 波数ベクトル  $k_0 = k \cdot u_0$ ,  $k$ : 波長定数,  $u_0$ : 伝播方向の単位ベクトル) のおし観測点 (基準点との相対位置ベクトル  $r_0$ ) の音圧  $P_0$  への寄与  $p_{ij}$  は、 $|k_0|$  が小さく平面波とみれば添字でない  $j$  を  $j=1$  とし、

$$p_{ij} = p_0 \cdot \exp(j \cdot k_0 \cdot r_0) \quad (1)$$

そこで、おし観測点音圧  $P_i$  と基準点音圧  $P_0$  との音圧比を  $H_i$  として観測 (ここでは有限要素法数値計算による<sup>1)</sup>) すれば、(2) さらに (3) の関係が得られる。

$$H_i = P_i / P_0 = \sum_{j=1}^N p_{ij} / \sum_{j=1}^N p_0 \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^N p_0 \{ H_i - \exp(j \cdot k_0 \cdot r_0) \} = 0 \quad (3)$$

$j$  について  $N$  組の音波の音圧  $p_0$  と方向  $u_j$  を未知量として、 $i$  について  $m$  個 (観測点数, 2次元では  $m=3N/2-1$ ) の方程式を連立して解く。<sup>2)</sup>

$p_0$  と  $u_j$  が得られれば、任意の面 (法線方向の単位ベクトル  $m$ ) に対する一つの音波の (時間平均の) インテンシティ  $I_j$  の大きさ  $|I_j|$  は、 $m$  と  $u_j$  とのなす角を  $(m, u_j)$  とすれば、

$$|I_j| = m \cdot I_{mj} = |I_{mj}| \cos(m, u_j) \quad (4)$$

ただし、密度を  $\rho$ , 音速を  $C$  として、

$$I_{mj} = |I_{mj}| \cdot u_j = u_j \cdot |p_j|^2 / 2\rho C \quad (5)$$

次に、向きの異なる  $N$  個の音波によるインテンシティ (以下では、ネット

インテンシティ,  $I_T$  という) は、

$$|I_T| = \sum_{j=1}^N (I_{mj} \cdot m) = m \cdot \left( \sum_{j=1}^N I_{mj} \right) \quad (6)$$

$$= m \cdot I_{TM} = |I_{TM}| \cos(u_{TM}, m)$$

ここで、 $j$  について  $N$  個の音波の  $I_{mj}$  のベクトル和  $\sum_{j=1}^N I_{mj}$  を  $I_{TM}$ , その方向の単位ベクトルを  $u_{TM}$  としている。

(6) の性質を利用すれば、 $I_{TM}$  はより容易に、また  $N$  に無関係に求められる。たとえば2次元の場合、一次独立な2方向  $m_i$  ( $i=1, 2$ ) について、(8) などによりネットインテンシティ  $|I_{Ti}|$  を直接観測すれば、(7) を解いて  $I_{TM}$  に含まれる大きさ<sup>3)</sup> と方向の2つの未知量が求められる。

$$|I_{Ti}| = |I_{TM}| \cos(u_{TM}, m_i) \quad (7)$$

ただし、両波数  $k$  と、 $P_0^*$  と  $P_0$  の共役複素数として、クロススペクトル法によれば、

$$|I_{Ti}| = -\text{Im} \{ P_i^* \cdot P_0 / 2 \} / 2\pi \rho |k_i| \quad (8)$$

さて、(3) を解く際必要な音波の数  $N$  はあらかじめ知ることはできない、これに対処するため、 $N$  を仮定して求めた  $I_{mj}$  について、(6) による  $I_{TM}$  と  $N$  に無関係な (7) による  $I_{TM}$  とが一致すれば、主要な音波はすべて検出されたものと判断する。これが一致するまで  $N$  を大きくと

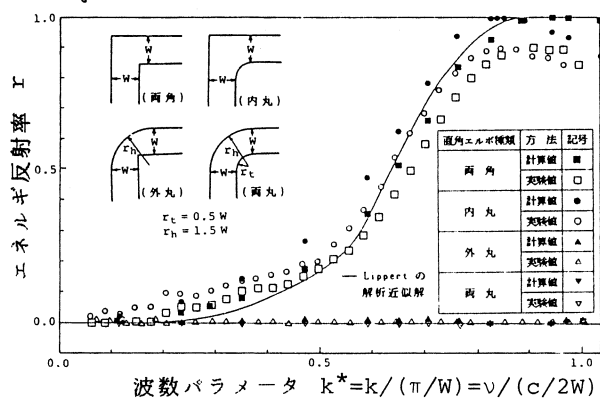


図1 直角エルボ類の反射率

\* On Mechanism of Sound Reduction by 90° Mitered Elbow.  
By Michihito Terao and Hidehisa Sekine (Kanagawa Univ.)

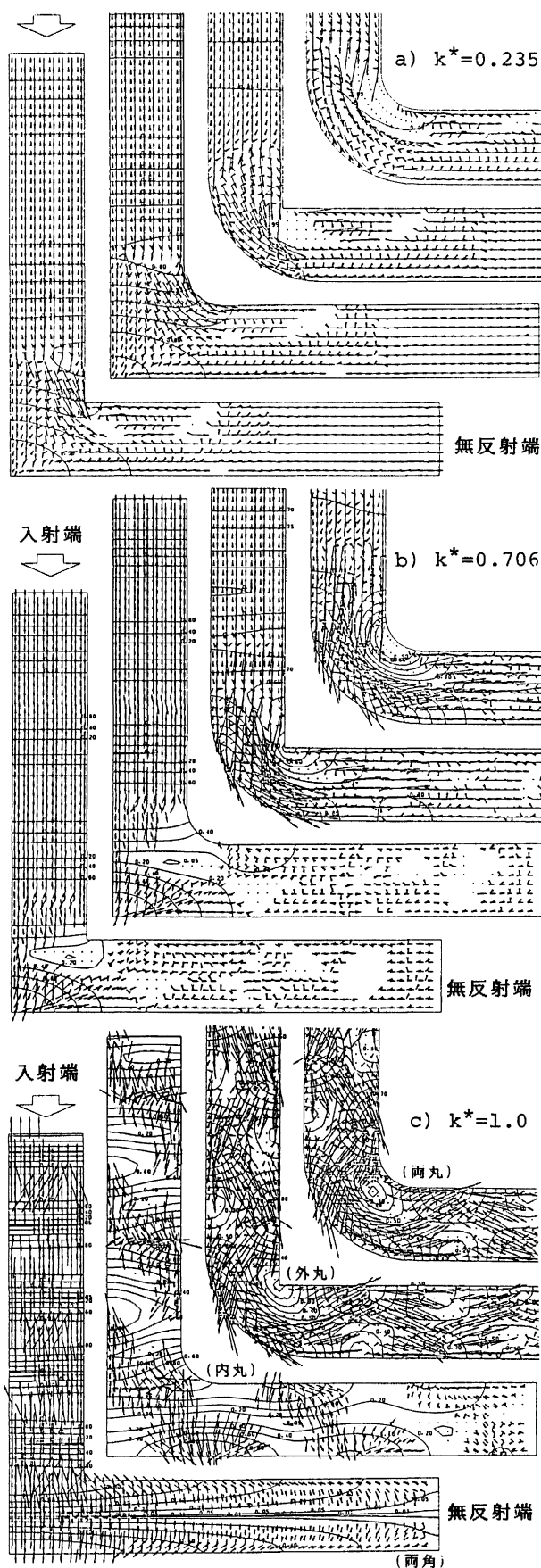


図2 直角エルボ類（剛壁，2次元）の主要2音波のインテンシティの分布

ばよいが、著者らの計算技法が初歩的な現状もあって、 $N=4$ でも（ここの音場点数680にたいして）1音場点当りCPU時間30秒の計算をさせて収束解が得られないところもかなりある。多少の改良では実行可能な $N$ の増加を期待できない。

## 5. 結果

図1に、それぞれ上・下流断面のインテンシティ  $I_{Mj}$  より求めたエルボ類の反射率を、実験値および解析解とに較べて示す。また、図2に各点の主要音波の  $I_{Mj}$  ( $j=1, 2$ ,  $T$ にたいし、 $d$ )のみ $j=1\sim 4$ )と主な波数パラメータ( $k^*=kD/\pi$ )について示す。外廻り壁面による反射方向をみれば、エルボ類の反射率がこの壁面により大きく異なる理由などがわからう。とくに反射率が1となる現象（両角では $k^*=1$ ）について波動的な補足を加えれば、曲り部の音圧分布がノード部を中心に逆相関係にあるため、曲り部から下流遠方への音響反射率が低減することによると説明される。ただし、下流遠方への非伝搬波

の減衰はさほど急激なものではなく、下流側の連続曲りや分岐などの配置には注意が必要であろう。

### 参考文献

- 1) 寺尾，関根：日本建築学会講演梗概集，58.9.
- 2) 寺尾，関根：日本音響学会講演論文集，59.3.
- 3) 寺尾，関根：日本建築学会建築環境工学論文集，第6号，発表会資料，59.6.
- 4) 寺尾，内田：日本建築学会建築環境工学論文集，第4号，57.11.
- 5) M. K. R. Lippert: Acustica, Vol. 4, 1954.

d)  $k^*=1.176$

(このdのみ主要4音波を分離)