

直角エルボの一次モード波音響透過損失に与える整流ベーンの効果* - ベーン配置による検討 -

◎佐々木悠哉, 寺尾道仁, 関根秀久, 鈴木誠人 (神奈川大・工)

1 はじめに

消音エルボの欠点として1次モード cut-on よりやや高い周波数域における遮音欠損が挙げられる。これは一般の空調ダクト網では200~500Hzの音域にあたり、また、音声の主要周波数域にあるためその低減は重要である。前報[1]ではダクト軸に対し平行にベーンを配置したときの遮音効果を調べた。今回は数値解析の妥当性を実験により確認した後、ベーン配置が遮音性能に与える影響を2次元境界要素法数値解析により調べる。

2 平面進行波音圧の検出方法

各ダクトにおいて、軸方向を x 、断面方向を y 座標にとり検査面を $x=0$ とし、ダクトの断面方向座標の原点 $y=0$ を一つの壁面にとり、モードを n ($n=0,1$) とすれば、この2次元剛壁直管内の遠距離伝搬場音圧 $p(x,y)$ は式(1)により表される。すなわち、

$$p(x,y) = \sum_{n=0}^N a_{(n)} \exp(-jk_x^{(n)}x) \cos(k_y^{(n)}y) + \sum_{n=0}^N b_{(n)} \exp(+jk_x^{(n)}x) \cos(k_y^{(n)}y) \quad (1)$$

ただし、

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

各モードの外向きおよび内向き進行波音圧 $a_{(n)}$ と $b_{(n)}$ は、それを未知数 ($a_{(0)}, b_{(0)}, a_{(1)}, b_{(1)}$) としてそれ以上の観測点数 (4 以上, 図2参照) で音圧 p の観測を行いそれぞれに式(1)を適用して特異値分解法により求める。

3 数値解析および物理実験結果

図1に示すような直角エルボ近傍の進行波音圧の分離解析手法および実験方法は既報[1]による。多点音圧測定法により外向き進行波音圧, 内向き進行波音圧および反射係数を調べた。また、レーザドプラ速度計により音源スピーカの膜面速度を測定し音場の違いが音源の粒子速度に与える影響を調べた。数値解

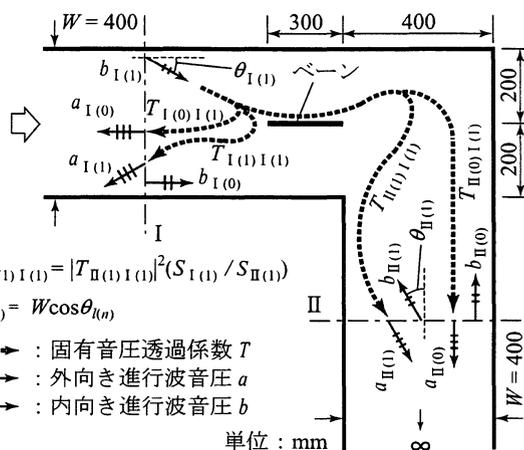


図1 進行波音圧と固有音圧透過

析では、ダクト内の上下面、左右面およびベーンの境界条件は剛壁、終端は低反射終端とした。分離解析した結果から進行波の固有パワー反射率, 固有パワー透過率を求めた。

図2(a), (b)に直角エルボ内の音圧分布 (数値解析) を例示する。これは音源が1次モード入射波で周波数525Hzの場合である。また、ここでは実験で使用するスピーカ幅に合わせ駆動音圧は矩形分布で与えている。ベーンで仕切られた流路空間は、ベーンが挿入されていない場合に1次モード波が支配的であったのに対し、ベーンで仕切られると0次モード波が支配する音場になっている。また、ベーン挿入によりエルボ内全体で大幅に (10~15dB) 音圧レベルが低減する傾向がみられる。

この結果についてその妥当性を確認するため物理実験を行った。図3に音源スピーカの膜面速度の測定結果を示す。レーザ光をスピーカ鉛直方向から放射しミラーに反射させスピーカ膜面の振動を測定した。また、スピーカから自由空間に音を放射させた場合 (自由音場) と厚さ10mmの塩化ビニル板のダクト内に音を放射させた場合で比較した。自由音場とダクト内音場とで膜面速度に大きな違いはみられない。したがって、数値解析におい

*Effect of vanes on 1st-order mode acoustic transmission of a right-angled duct elbow

- On optimization of vane configuration -

by SASAKI Yuya, TERAOKA Michihito, SEKINE Hidehisa and SUZUKI Masato (Kanagawa University)

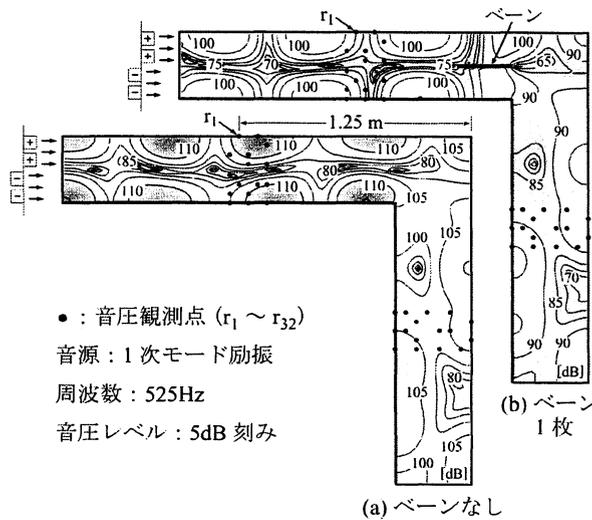


図2 ダクト内の音圧分布(数値解析)

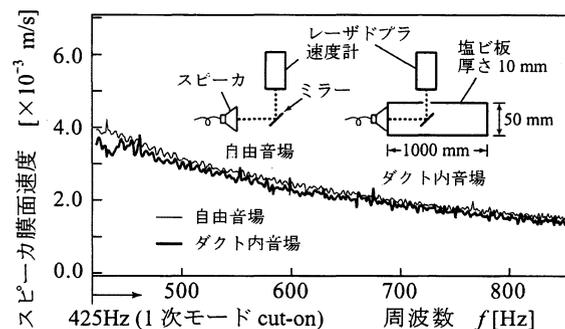


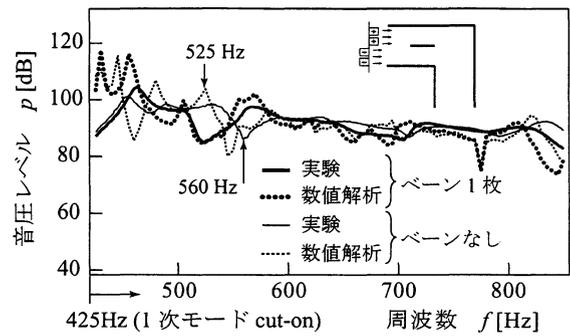
図3 スピーカ膜面速度の音場による変化

て音源速度分布がベーン挿入の有無に依存しないとみなしたが、それは妥当とってよい。

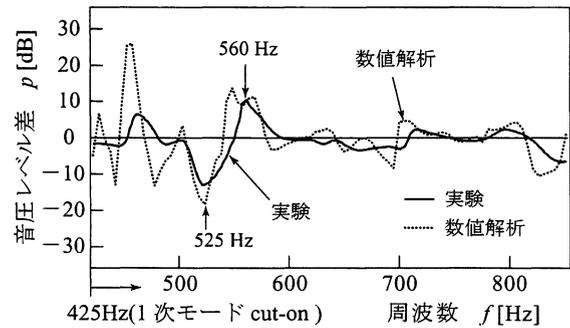
図4(a), (b)に図2の音圧観測点 r_1 における音圧レベルを示す。音圧スペクトルの傾向は数値解析値と実験値が概ね一致している。525Hz では数値解析、実験ともにベーンがない場合に対し、ベーンを挿入した場合に約15dB程度音圧レベルが低下することが確認される。なお、これとは逆に560Hz付近ではベーンがない場合に対しベーンを挿入した場合に15dB程度音圧が高くなっている。

4 ベーン配置の検討

図5に1次モード入射波に対する固有パワー透過率の数値解析結果を示す。 $\tau_{II(1)I(1)}$ は1次モード入射波が1次モード波として透過するときの固有パワー透過率である。700Hz付近においてベーンをダクト軸に平行に配置した場合(ベーン配置1)、固有パワー透過率が約0.8であるのに対し、ベーンをダクト軸に対して27°傾けてかつエルボの内回り側に近づけ



(a) 音圧スペクトルの比較



(b) ベーンなしの音圧レベルと有りのそれとの差

図4 音圧レベル(観測点 r_1)

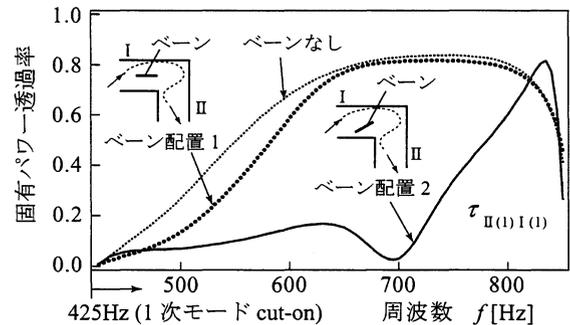


図5 ベーン配置による透過率低減効果

て配置した場合(ベーン配置2)には約0.1に低減されている。

5 おわりに

数値解析および物理実験により1次モード波伝搬領域の直角エルボ近傍の音場を観測した。数値解析においてベーン挿入のみで±10dBを超える大幅なダクト内の音圧変化が現れたが、その妥当性については物理実験により確認された。ベーン配置によっては直角エルボの固有音響パワー透過率が大きく低減される場合があることを示した。

参考文献

[1] 佐々木ほか, 音講論(春), 917-918, 2009.