

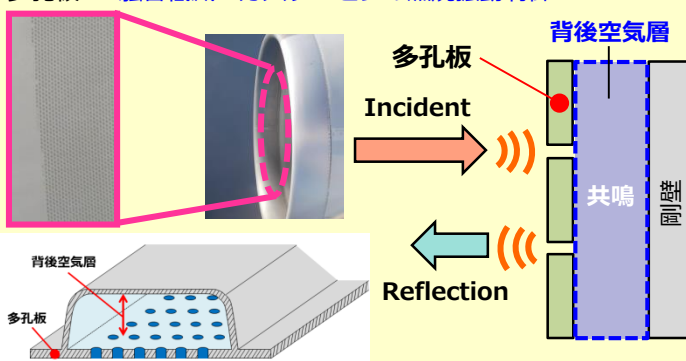
# 平行流を伴う多孔板の音響インピーダンスの新計測法

A New Method for Measuring Acoustic Impedance of Perforated Plates with Grazing Flow

## 研究背景

多孔板 → 騒音低減・ガスタービンの燃焼振動制御

多孔板の吸音性能 → 板表面の音響インピーダンス $\zeta$ で決定



$$\zeta \stackrel{\text{def}}{=} \frac{1}{\rho c u} p \quad r = \frac{\zeta - 1}{\zeta + 1} \quad \alpha \stackrel{\text{def}}{=} 1 - |r|^2$$

インピーダンス $\zeta$       反射率 $r$       吸音率 $\alpha$

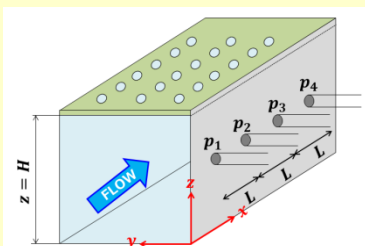
## <研究課題>

ジェットエンジン等、気流環境下でのインピーダンス計測<sup>[1]-[2]</sup>  
 → 現状、標準的な計測手法がない。  
 Ex. 音波と気流の干渉考慮が不十分、背後層深さの制約

本研究：新しい計測手法“伝播定数法”の提案

- [1] M. G. Jones and W. R. Watson, AIAA paper 2001-2266, (2001)  
 [2] C. Malmay, S. Carbonne and Y. Aurégan, V. pagneux, AIAA paper 2001-2193, (2001)

## 伝播定数法の手法概念



### x方向の伝播定数 $\kappa$ の計測

伝達関数の定義： $H_{1j} \stackrel{\text{def}}{=} p_j/p_1$  ( $j = 2, 3, 4$ )

$$\kappa_r \text{ or } \kappa_l = \frac{i}{L} \ln \left[ \frac{1}{2A} (-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}) \right]$$

ただし、  
 $A = H_{12}^2 - H_{13}$   
 $B = H_{14} - H_{12}H_{13}$   
 $C = H_{13}^2 - H_{12}H_{14}$

※ 複号処理...

$\kappa_r$  が第4象限 (+x 方向に伝播しながら減衰)

$\kappa_l$  が第2象限 (-x 方向に伝播しながら減衰)

音波の x 方向の伝播定数  $\kappa_r, \kappa_l$  から  
 多孔板の表面インピーダンスを算出

### z方向の伝播定数 $k_z$

$$k_{zr} = k \sqrt{1 - 2M \frac{\kappa_r}{k} - (1 - M^2) \frac{\kappa_r^2}{k^2}}$$

$$k_{zl} = k \sqrt{1 - 2M \frac{\kappa_l}{k} - (1 - M^2) \frac{\kappa_l^2}{k^2}}$$

### 多孔板の表面インピーダンス $\zeta$

$$\zeta = -\frac{k}{k_{zr}} \left(1 - M \frac{\kappa_r}{k}\right) \frac{1}{\tanh(ik_{zr}H)}$$

$$= -\frac{k}{k_{zl}} \left(1 - M \frac{\kappa_l}{k}\right) \frac{1}{\tanh(ik_{zl}H)}$$

$k$  は波数,  $M$  は平行流マッハ数

音圧波  $p$  を以下で定義

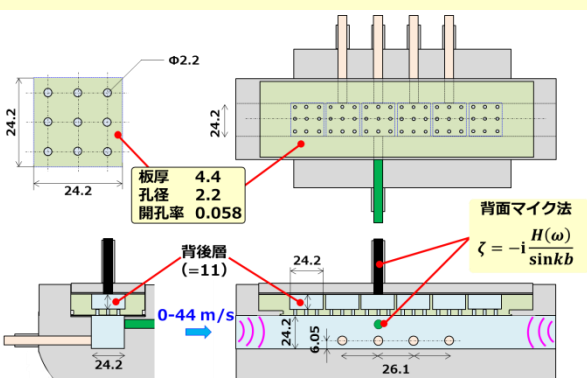
$$p \stackrel{\text{def}}{=} X(x)Y(y)Z(z)e^{i\omega t}$$

$$X(x) \stackrel{\text{def}}{=} p_r e^{-i\kappa_r x} + p_l e^{-i\kappa_l x}$$

右進行波      左進行波

## 音響気流試験

入力音圧レベル140 dB 流速 0-44 m/s



伝播定数法 → ダクト軸方向の並列4マイクを使用  
 進行波別にインピーダンス計測可能  
 背後層の深さに依らず計測可能

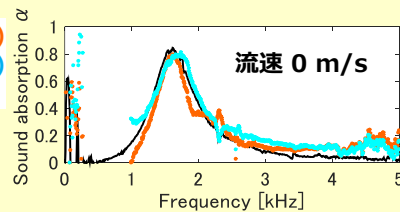
背面マイク法 → 従来測定法の一つ  
 背後層がサブミリオーダーの場合  
 インピーダンス計測が困難

伝播定数法と背面マイク法の2手法で計測実施  
 → 計測結果を比較し、伝播定数法の手法妥当性を検証

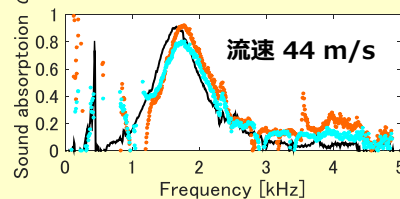
## 試験結果

伝播定数法 (右進行波から算出)  
 伝播定数法 (左進行波から算出)  
 背面マイク法

<流速 0 m/s>  
 吸音率ピークの1.6kHzで  
 3種の結果は概ね一致。



<流速 44 m/s>  
 背面マイク法  
 流速増で吸音率大(0.8→0.9)



伝播定数法 (右)  
 流速増 吸音率大

- ・ 関連研究<sup>[3]</sup>で述べられるように、流速増で吸音率も大。
- ・ 背面マイク法に同じく、伝播定数法もこの傾向を捉えている。
- ・ 3種の周波数特性は概ね一致するものの、伝播定数法の2種同士で吸音率値に差異。

[3] 渡辺美, 航空技術研究所報告TR-1133,(1991)

## 結言

- ・ 進行波別にインピーダンス (吸音率) の計測が可能。
- ・ 吸音率ピーク近傍で背面マイク法の結果と概ね一致。
- ・ 流速増でインピーダンス/吸音率増加の傾向が計測できる。