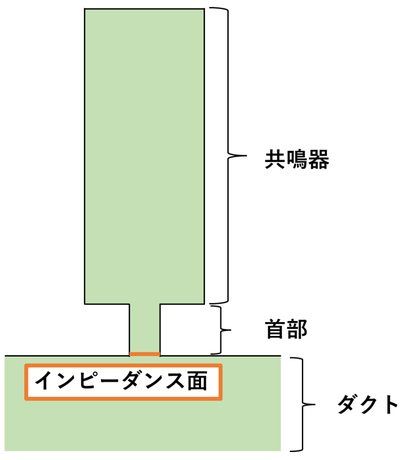
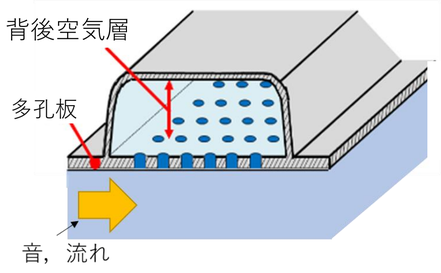
流れを伴う共鳴器開口部から発生する渦による音響抵抗の変化に関する数値解析

岩木優花　(2022年卒)

研究背景

問題：機械騒音，燃焼振動による機器の損傷
対策：共鳴器による騒音低減
例) 音響ライナ



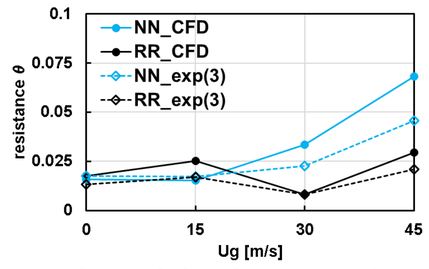


無次元比音響インピーダンス

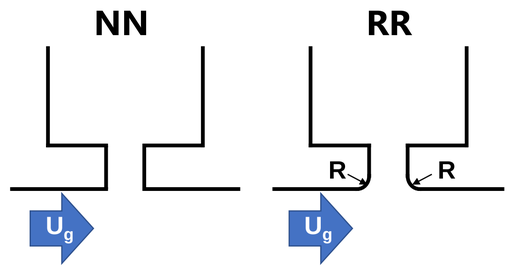
$$\zeta = \frac{1}{\rho c}\frac{p}{u} = \theta + i\chi$$

θ: レジスタンス　χ: リアクタンス
p: 音圧　u: 粒子速度　ρ: 密度　c: 音速

課題



流れの大きさによってθの値が変化



目的
音響抵抗θの変化の原因について共鳴器開口部で発生する流れ場がどのように関係しているのか調査

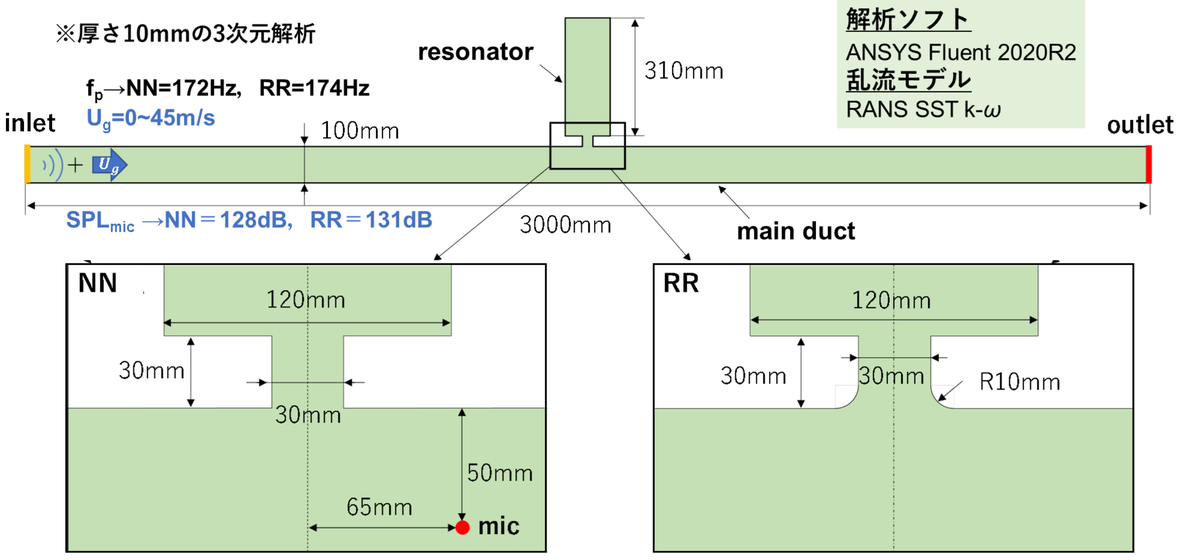
① 流れの大きさ，開口部の形状で渦度分布はどのように変化するのか

② 吸音，発音に影響のある渦がどこから発生しているのか

解析モデル

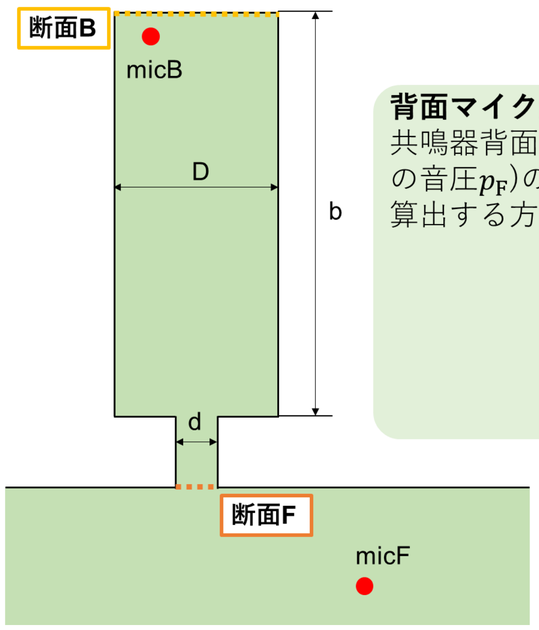
※厚さ10mmの3次元解析

f_p→NN=172Hz，RR=174Hz
inlet　U_g=0~45m/s



解析ソフト
ANSYS Fluent 2020R2
乱流モデル
RANS SST k-ω

インピーダンスの算出方法



背面マイク法
共鳴器背面(断面Bの音圧p_B)と共鳴器開口部(断面Fの音圧p_F)の伝達関数から，音響インピーダンスを算出する方法

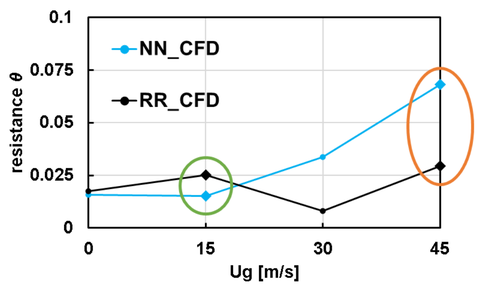
$$\zeta = -i\frac{1}{\sin kb}H_{BF}\frac{d}{D} = \theta + i\chi$$

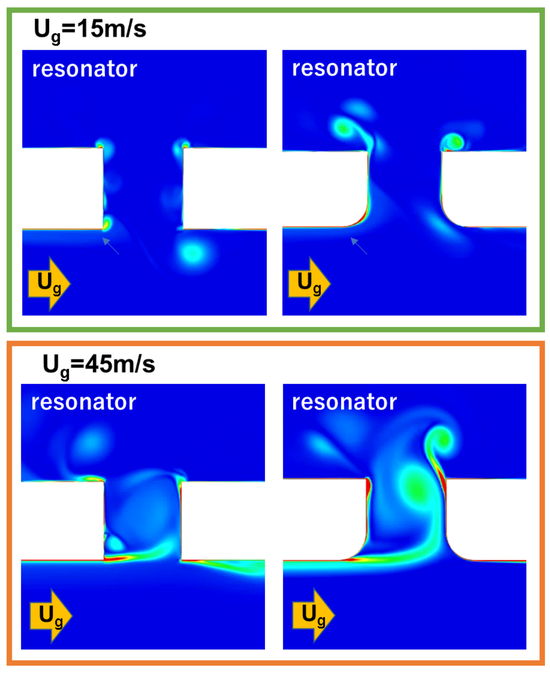
k：波数
$H_{BF} = \frac{p_F}{p_B}$：伝達関数

Ugによる渦度分布の違い

上流側の角部から渦が巻きあがる
(Ug=15m/s)

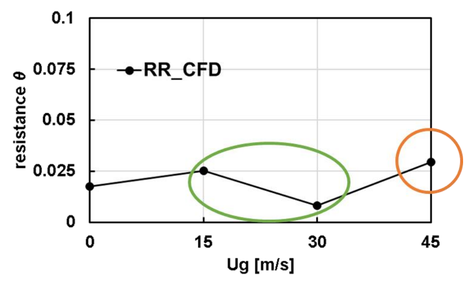
せん断層が首部内に進入
(Ug=45m/s)

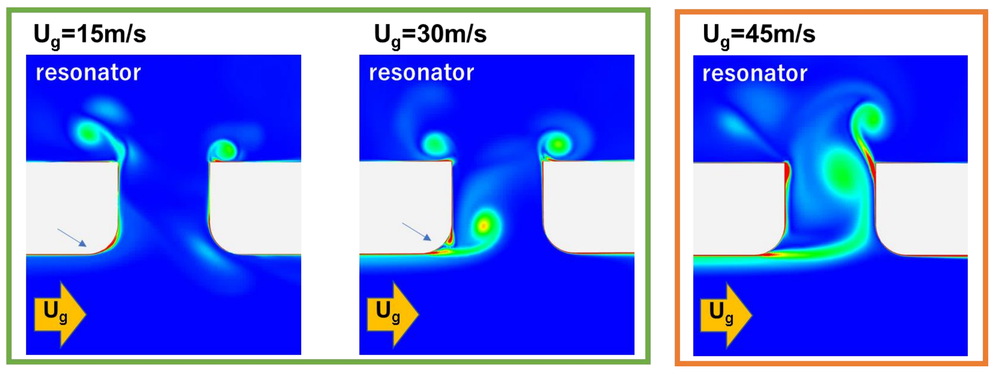




流れの大きさと渦度分布の違い（RR型）

上流側の角部から渦が巻きあがる
↓
Ugが大きくなると巻き上がる位置が変化





吸音領域，発音領域の調べ方

ある点における渦抵抗による吸音量ϵ　(音響エネルギー散逸率密度)
M.S.Howe, "Acoustics of fluid-structure interactions,"

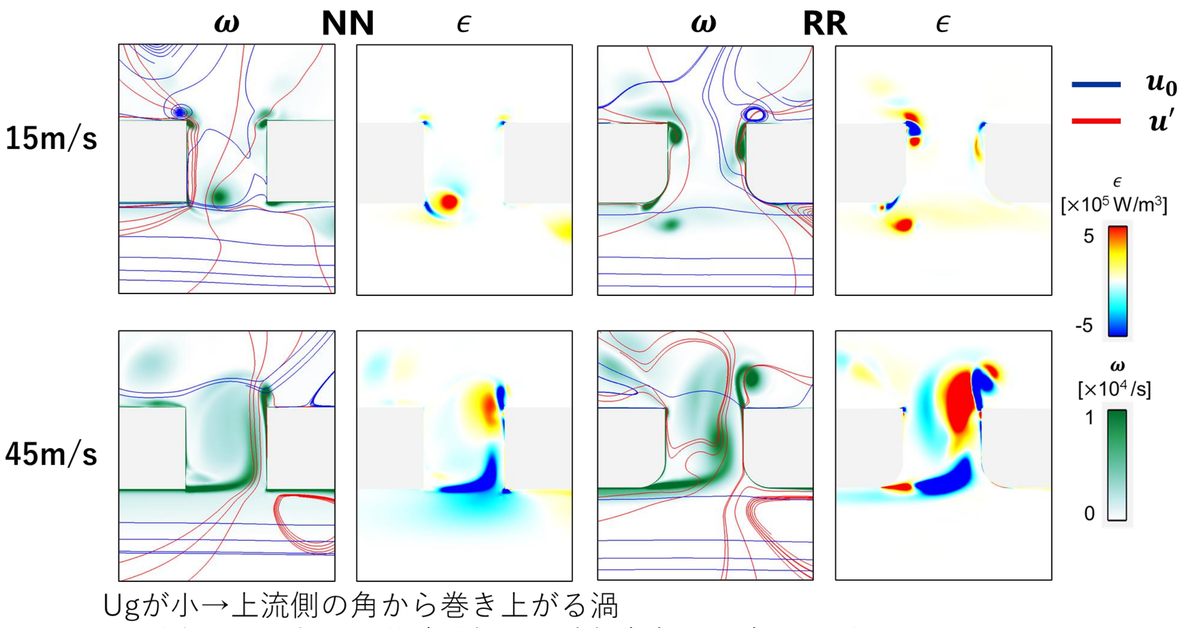
$$\epsilon = -\rho_0(\boldsymbol{\omega}\times\boldsymbol{u}_0)\cdot\boldsymbol{u}' = -\rho_0(\boldsymbol{u}_0\times\boldsymbol{u}')\cdot\boldsymbol{\omega}$$

ρ_0:密度　$\boldsymbol{\omega}$: 渦度　$\boldsymbol{u}_0$: 平均流速　$\boldsymbol{u}'$:変動流速

u_0とu'が交差する場所に渦度があると吸音，発音領域ができる

負の値で**吸音**，正の値で**発音**

ϵを用いて，吸音，発音に関係のある渦度がどこに分布しているかを調べる

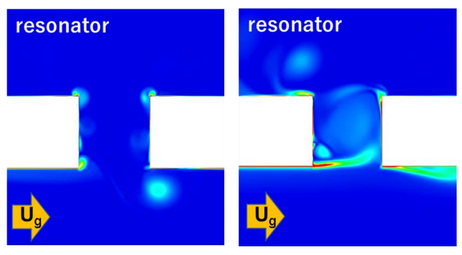


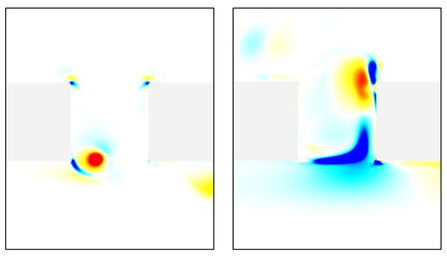
Ugが小→上流側の角から巻き上がる渦
Ugが大→せん断層，共鳴器側の下流側角部から巻き上がる渦

目的
音響抵抗θの変化の原因について共鳴器開口部で発生する渦度分布がどのように関係しているのか調査

① 流れの大きさ，開口部の形状で渦度分布はどのように変化するのか

流速Ug
小→角部から渦が巻きあがる
大→せん断層が首部に進入
　共鳴器側の下流側角部から渦が巻きあがる
開口部形状
角部を丸める→Ugが大きくなっても渦が巻きあがる





② 吸音，発音に影響のある渦がどこから発生しているのか

流速Ug
小→上流側角部から巻き上がった渦
大→せん断層，共鳴器側下流側の角部から巻き上がった渦