

平行流を伴う共鳴器開口部音響インピーダンスの推定に関する流体解析

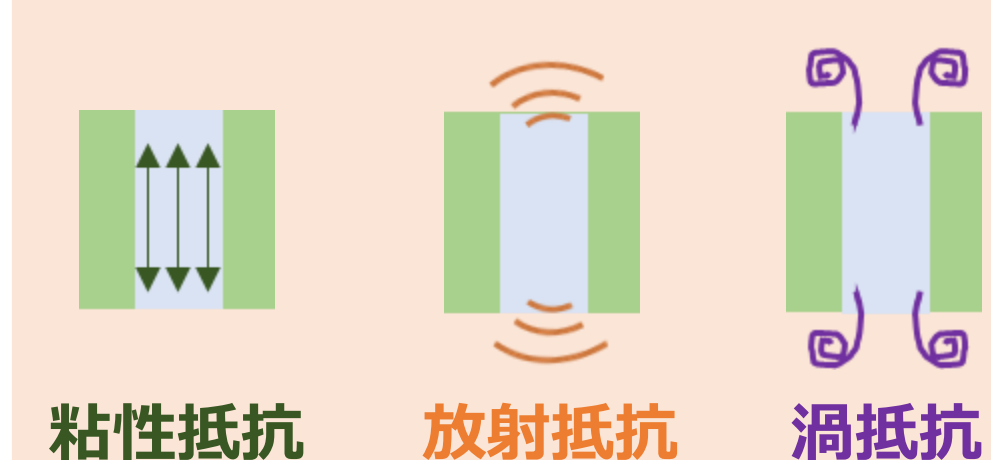
2020修了 宮下圭介

研究背景

問題：輸送機器の高速化に伴う振動騒音
対策：共鳴器を用いた吸音材

吸音メカニズム

共鳴により首部の空気振動が増幅

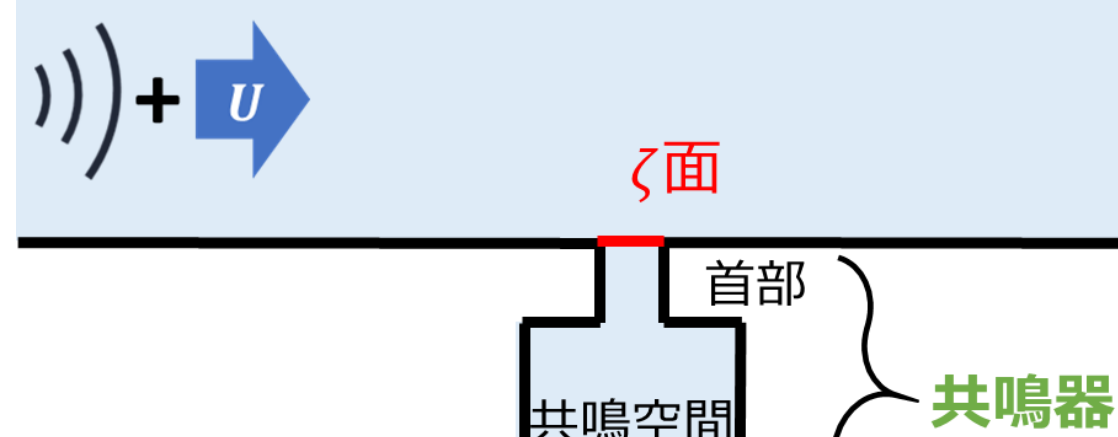


開口部の無次元比音響インピーダンス ζ

$$\zeta = \frac{1}{\rho_0 c_0} \frac{p'}{u'} = \theta + i\chi$$

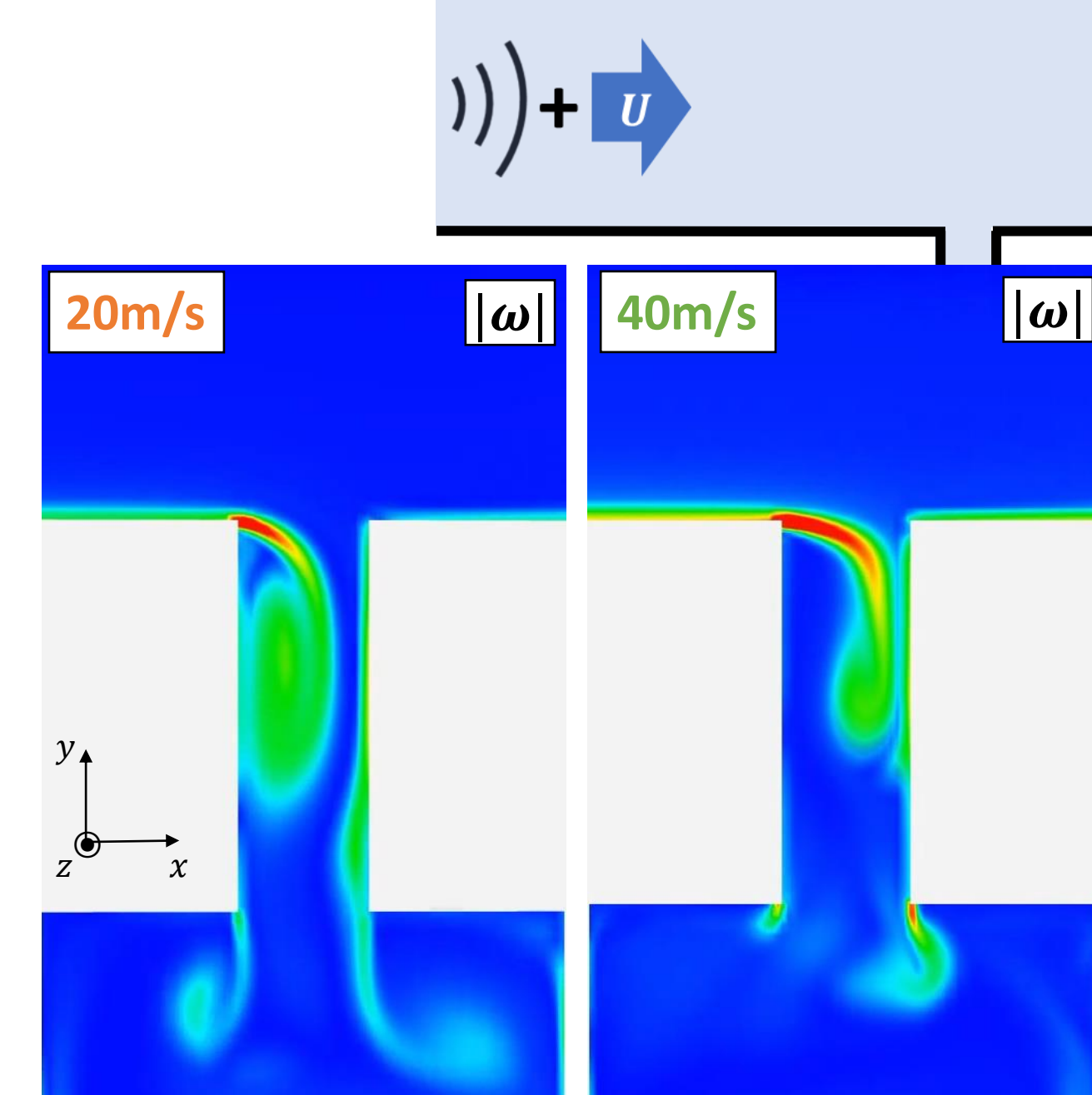
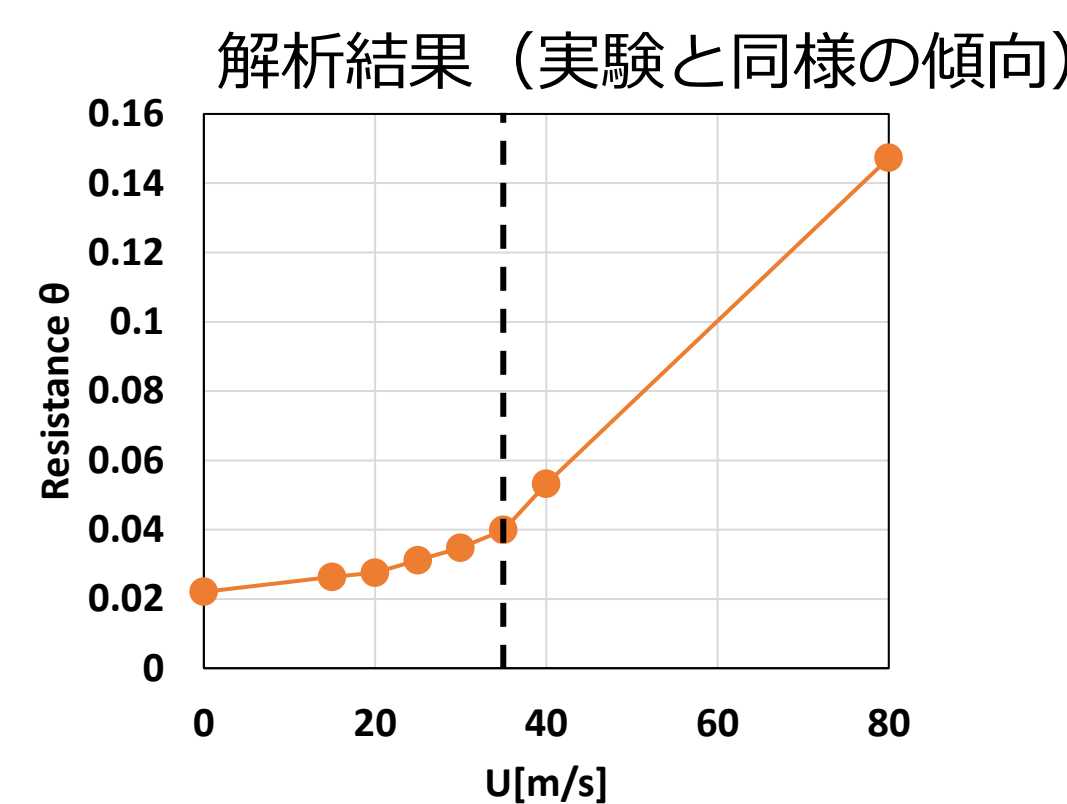
ρ_0 : 密度[kg/m³] p' : 音による圧力変動[Pa]
 c_0 : 音速[m/s] u' : 音による流速変動[m/s]
 θ : レジスタンス χ : リアクタンス

θ が大きいほど吸音率が高い



課題

平行流あり→レジスタンス変化



破線前後で様子が異なる
吸音メカニズムの解明が求められている

研究構成

③ 目的：レジスタンス変化の原因について、吸音領域と流れ場の関係を調査

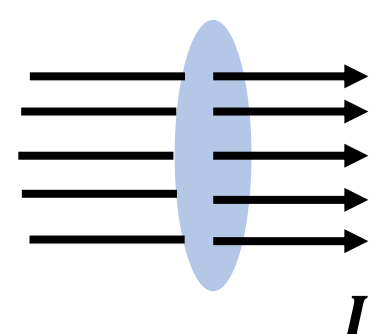
渦抵抗による吸音量の式から吸音領域を算出
利点：吸音領域と流れ場の関係を容易に把握できる

② 確認：吸音≈渦抵抗 例：吸音≈粘性抵抗→レジスタンス変化
→音響エネルギーから可視化した吸音領域≈渦抵抗による吸音領域

音響インテンシティ I [W/m²] から算出
吸音領域は $\nabla \cdot I$ で評価

① 確認： I による吸音領域は正しい？
→ I から適切な音響レジスタンスを算出できる

①→②→③の順に調査

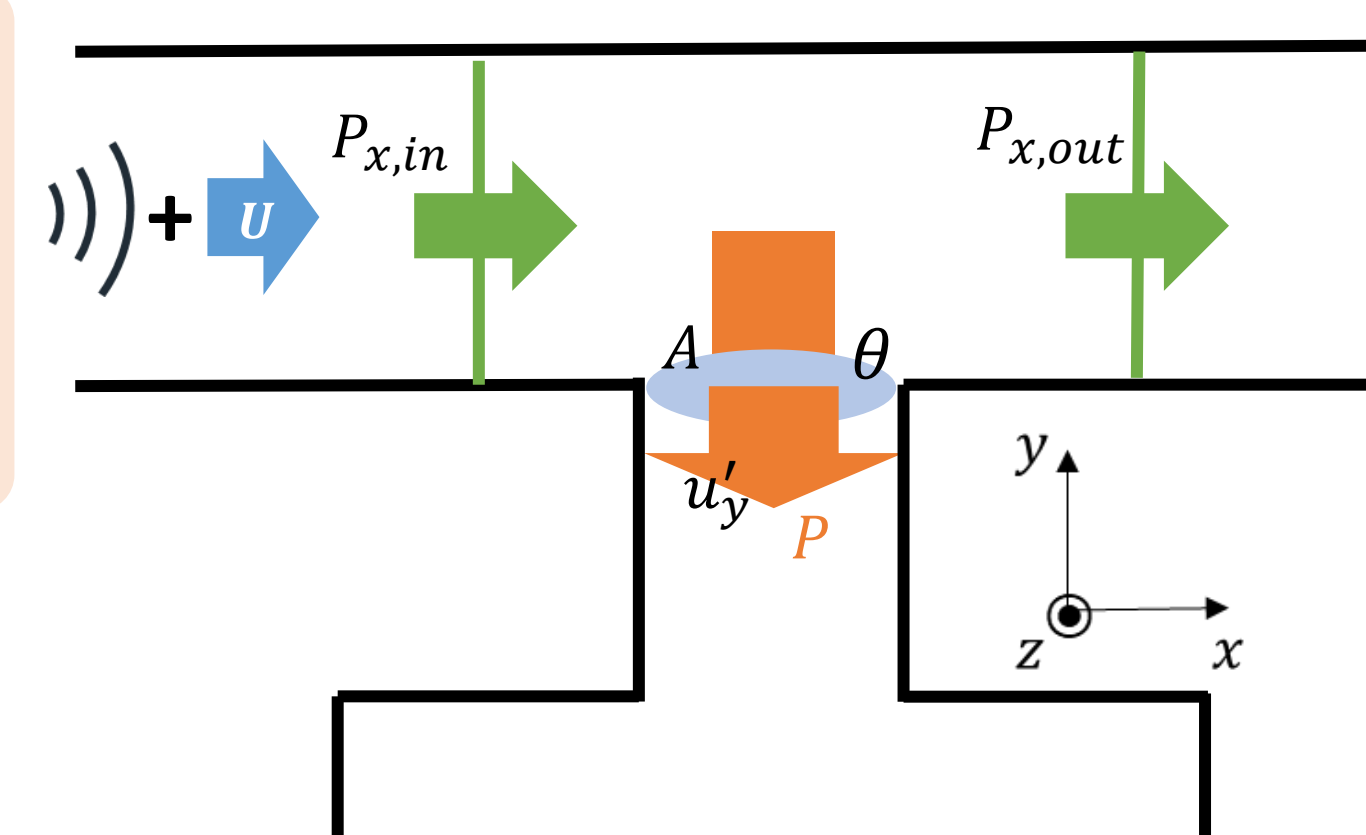


調査①

流れを考慮した音響インテンシティ M.E.Goldstein, "流体音響学,"

$$I = \left(\frac{p'}{\rho_0} + u_0 \cdot u' \right) (\rho_0 u' + \rho' u_0)$$

ρ_0 : 密度[kg/m³] p' : 音による圧力変動[Pa]
 u_0 : 平均流速[m/s] u' : 音による速度変動[m/s]
 ρ' : 音による変動密度[kg/m³]

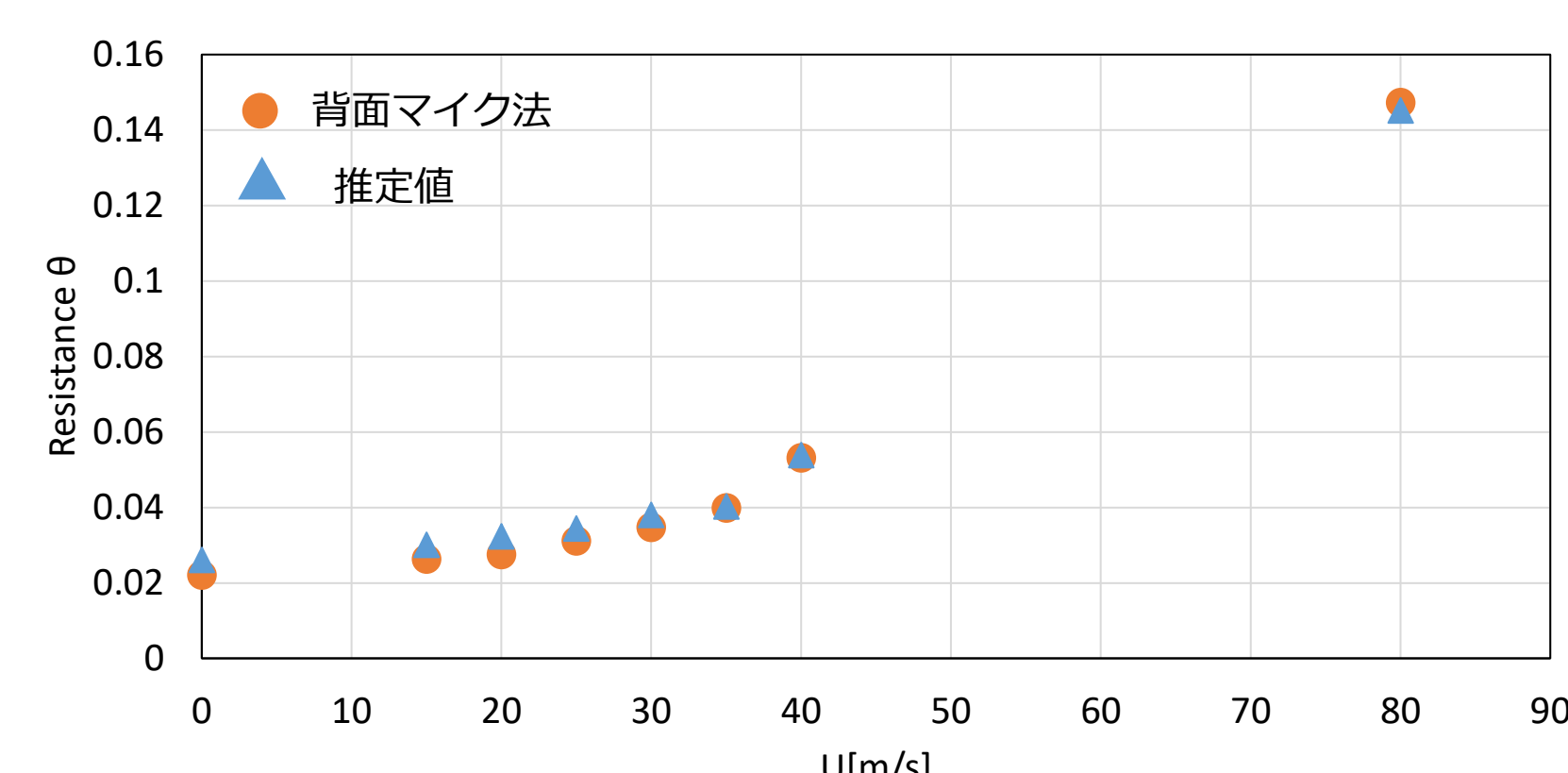


I に面積をかけた量：音響パワー P [W]

$$P \approx \frac{1}{2} \rho_0 c_0 u_y'^2 \theta A$$

共鳴器によって吸収された音響パワー $\Delta P_x = P_{x,in} - P_{x,out}$

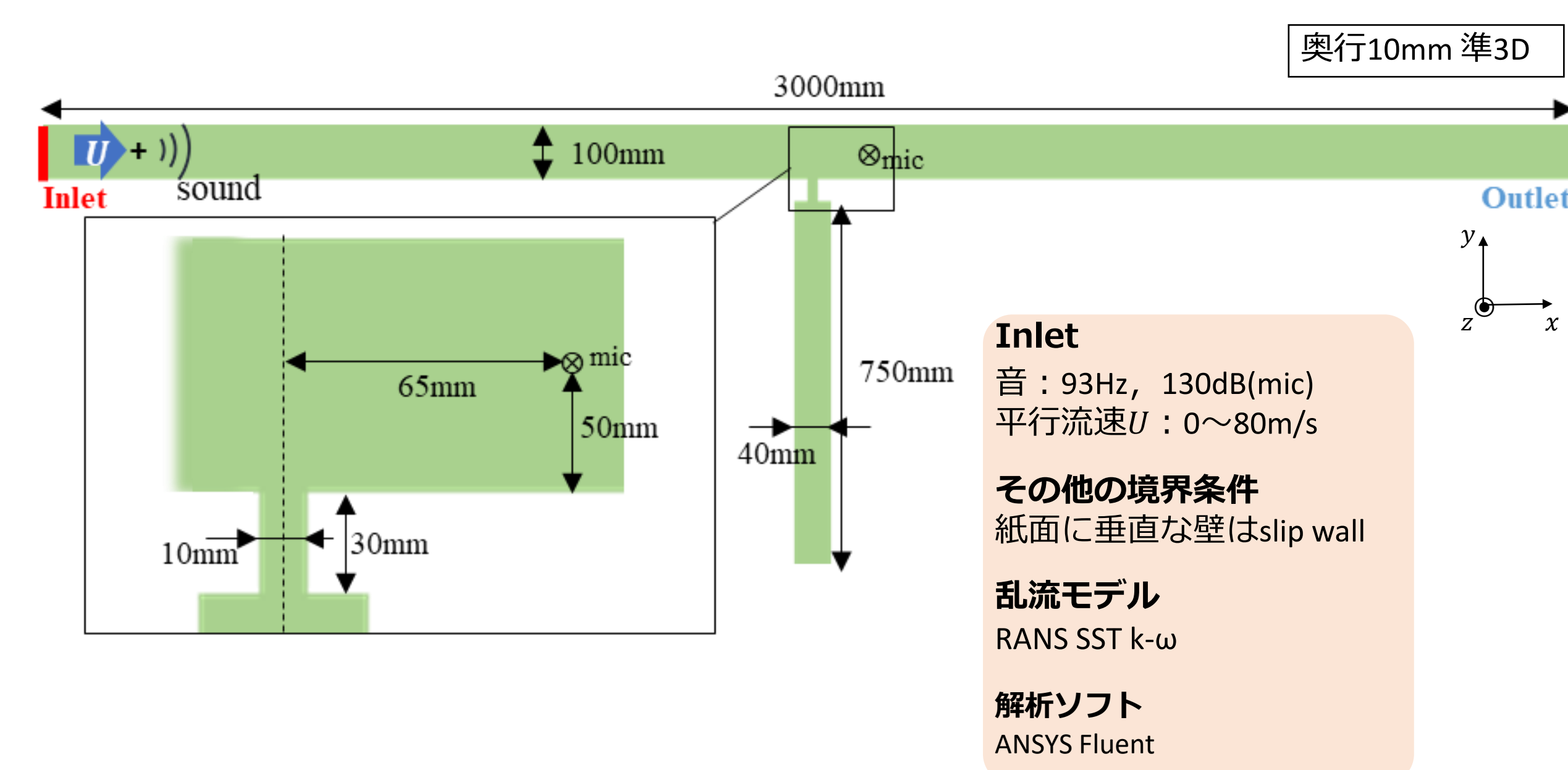
$$\theta = \frac{2\Delta P_x}{\rho_0 c_0 u_y'^2 A}$$



背面マイク法から算出した音響レジスタンスと一致

I から適切な音響レジスタンスを算出できる

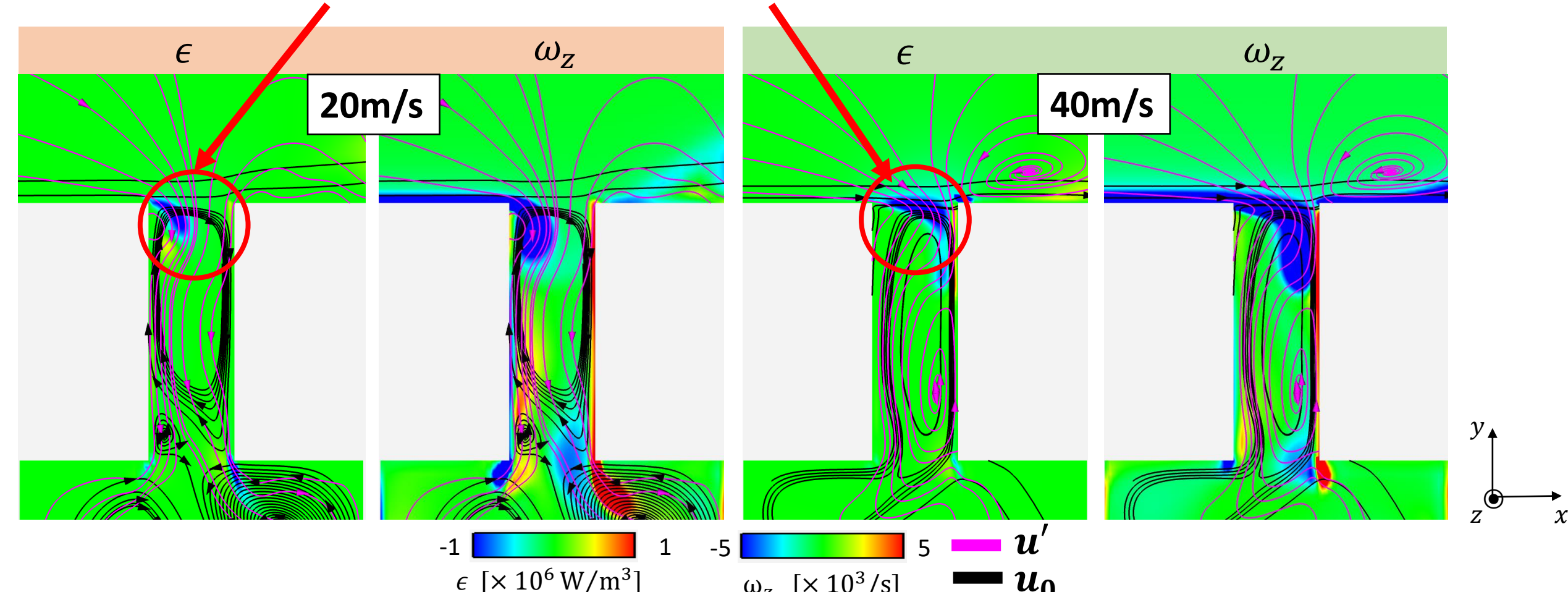
解析モデル



調査③

ϵ の式をベクトル三重積により変形
 $\epsilon = -\rho_0 (u_0 \times u') \cdot \omega$ → u_0 と u' がクロスする場所に渦度があれば、吸音/発音

吸音領域の異なる開口部に注目



- u_0 と u' の様子は20m/s, 40m/sでそれほど変わらない
- 開口部の渦度の分布の様子が違う

調査②

音響インテンシティ I から観る吸音領域

$\nabla \cdot I$ で評価 { 正の値→エネルギーの湧き出し→**発音**
負の値→エネルギーの吸い込み→**吸音**

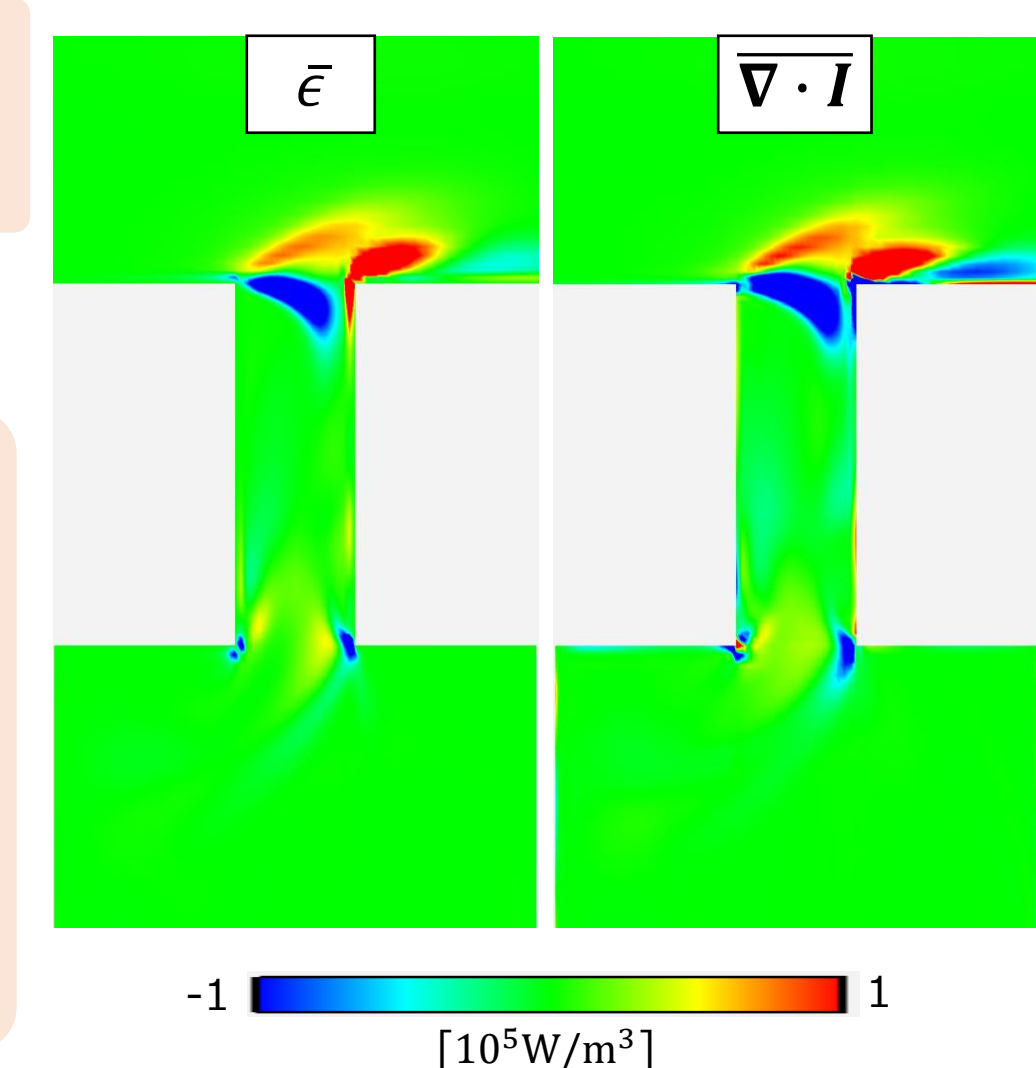
渦抵抗による吸音領域

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)

$$\epsilon = -\rho_0 (\omega \times u_0) \cdot u'$$

ρ_0 : 密度 ω : 渦度 u_0 : 平均流速 u' : 変動流速

負の値で**吸音**, 正の値で**発音**



ϵ と $\nabla \cdot I$ がほぼ一致 → 吸音のほとんどは渦運動によるもの (粘性による吸音はほぼない)

まとめ

レジスタンス変化の原因について、吸音領域と流れ場の関係を調査した

平行流によるレジスタンス変化の原因の1つは共鳴器開口部の渦度分布の変化であると考えられる