

高橋公也(九州工業大学)

管楽器および音響機器の大規模流体音響解析

[概要]

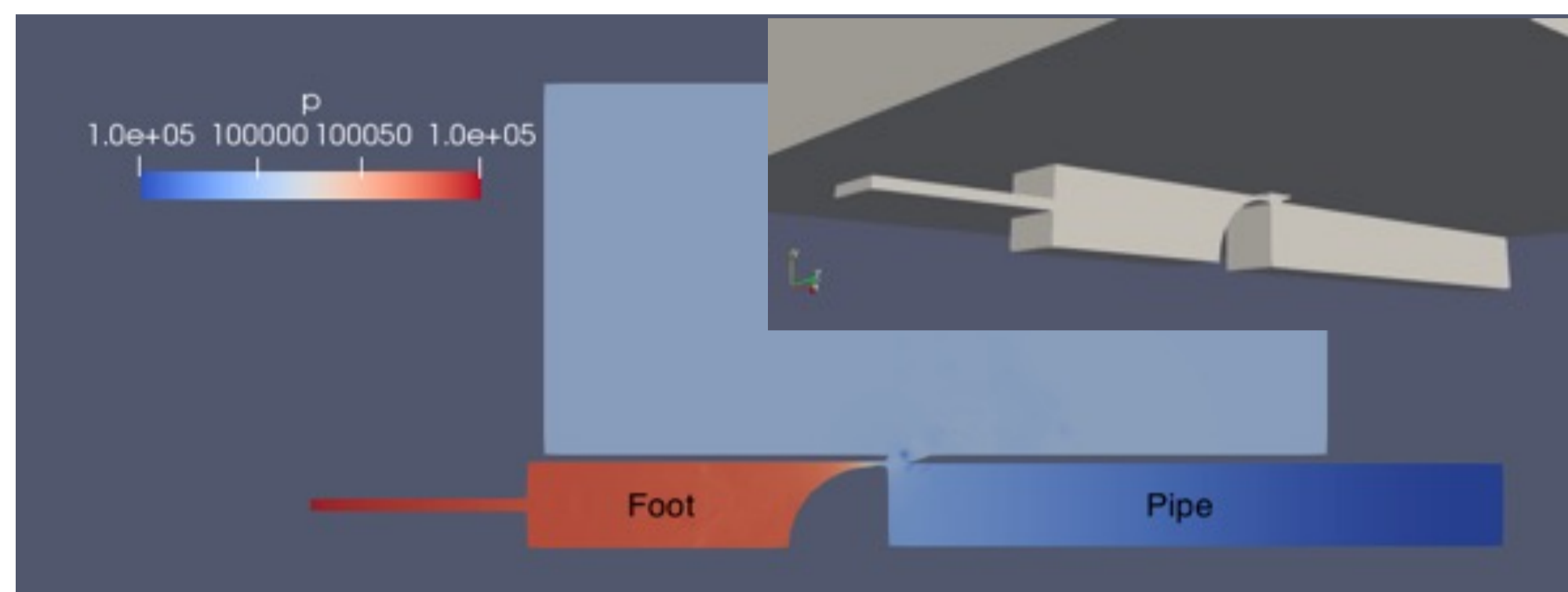
本研究では、管楽器の発音機構および音響機器の異音の問題を低マッハ数における流体音(空力音)の問題として捉え、流体と音を同時に再現可能な圧縮流体の高精度大規模解析を行い、その問題の解明を目指すことを目的とする。それを実現するために、大規模並列解析の効率化とそれに伴うプレポスト処理および可視化の問題に取り組む。さらに、低マッハ数領域の圧縮流体の計算に必要な OpenFOAM の開発改良を行う。それらの成果を利用拠点に共有・提供する。

[研究項目]

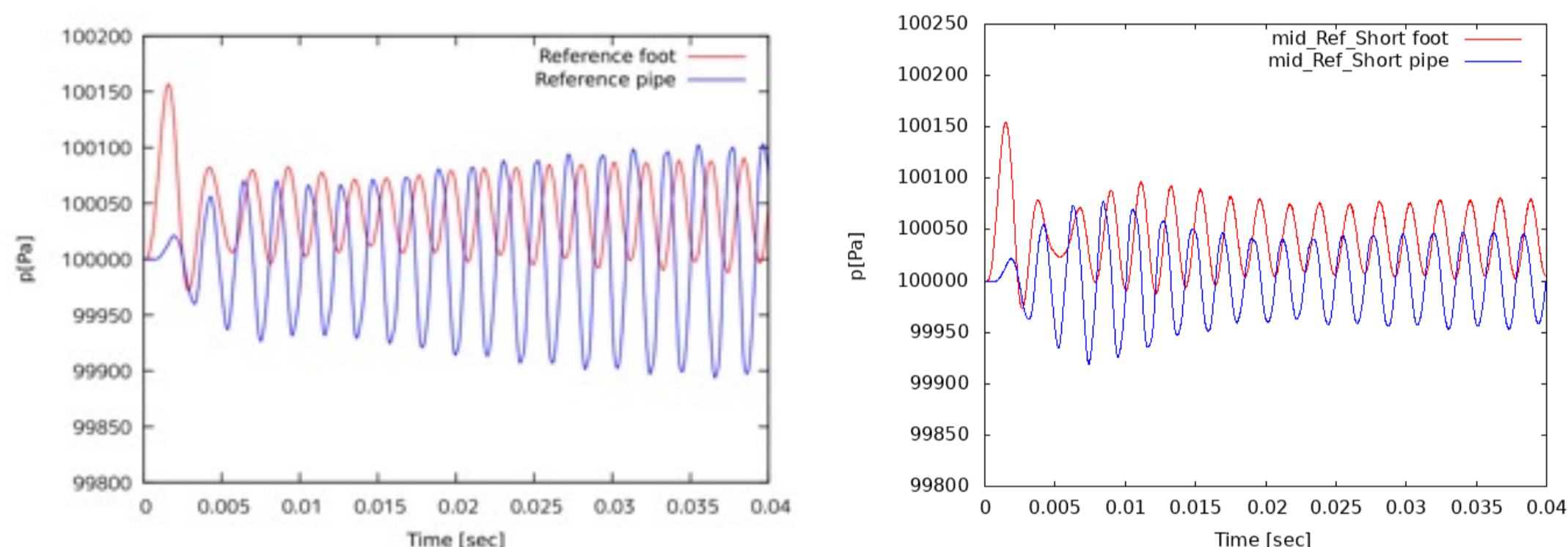
1. LESを用いた管楽器および音響機器の大規模計算解析

● オルガンパイプのフットの解析

これまでの3次元モデル解析で、フットがヘルムホルツ共鳴器として働き、その体積を変化させると発振状態が変化することが確認された。解析結果をまとめ原著論文としての発表を目指す。



モデルと圧力分布: 定常発振状態で管体とフットの逆同期状態

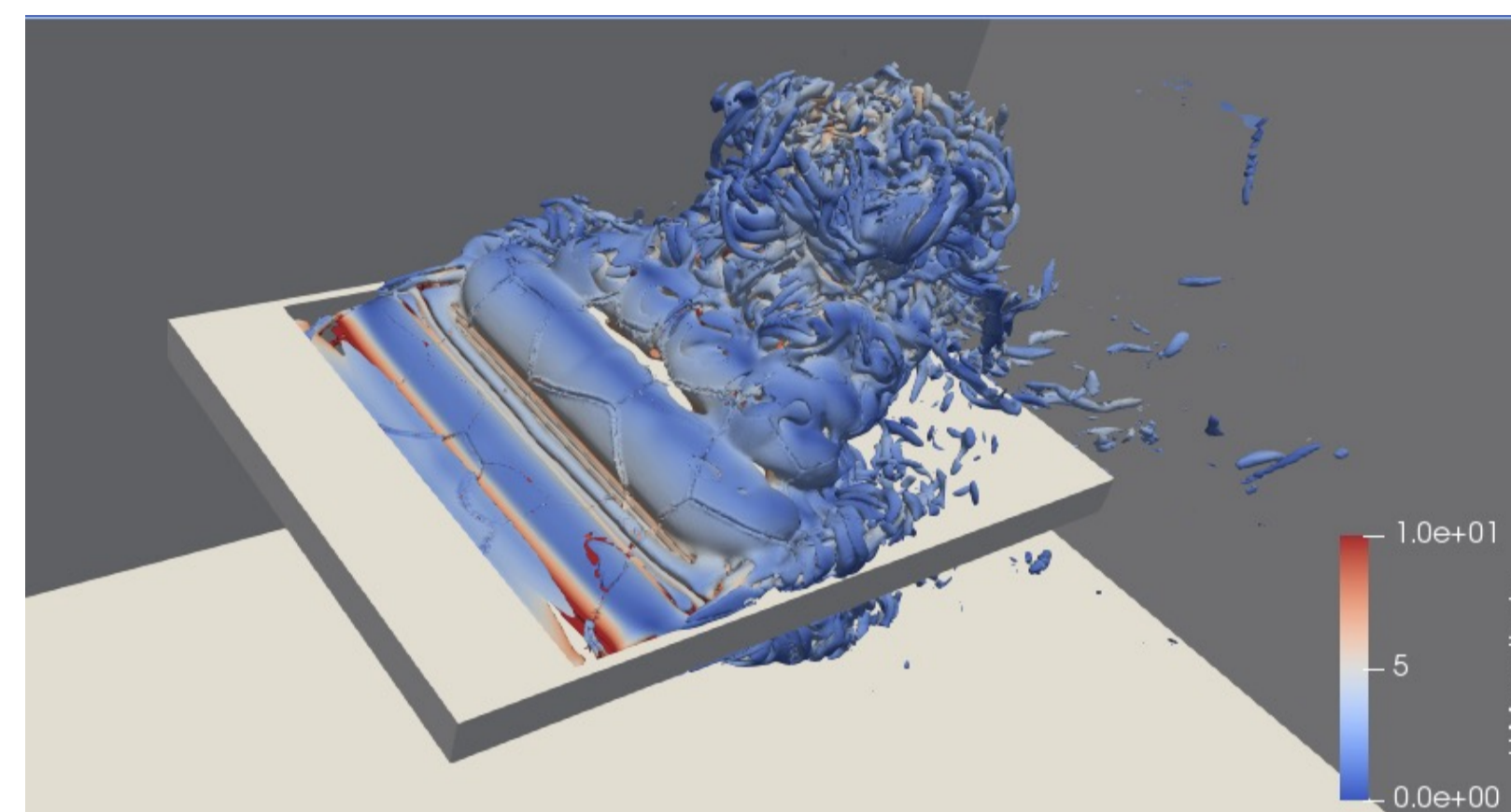


標準モデル: 管とフットの圧力振動

短いフット: 管とフットの圧力振動

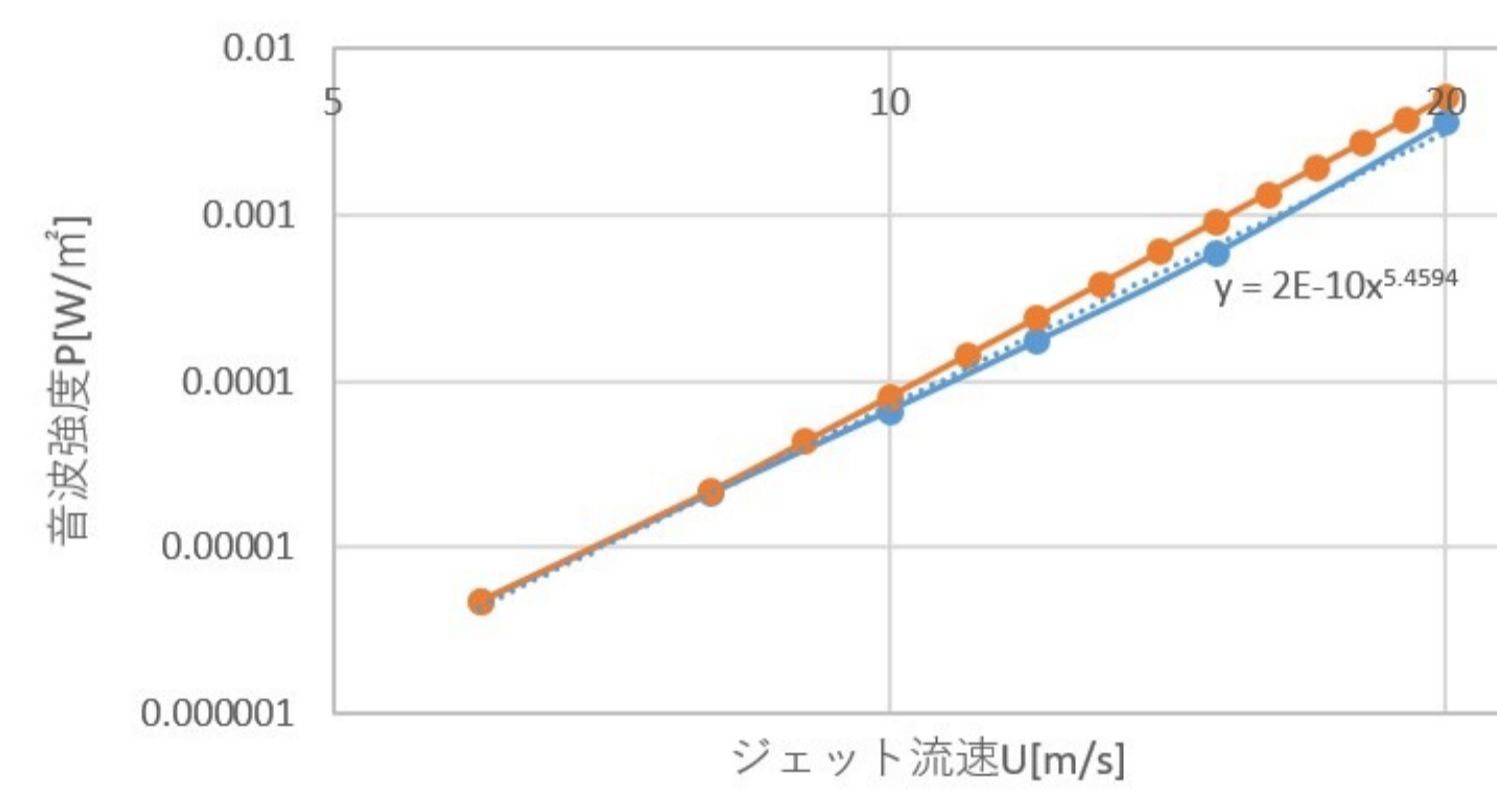
● エッジトーンの3次元解析

これまでのDNSを用いた2次元モデルの成果(Int. J. Aeroacoust. Vol.20 (2021) 283.)を踏まえ、LESを用いて3次元モデルの解析を行う。



3次元的なジェットの振動の流速分布の可視化

音波強度と流速の関係
音波強度Pは、流速Uのほぼ、 $U^{5.5}$ となり実験で得られる U^6 にほぼ近い。

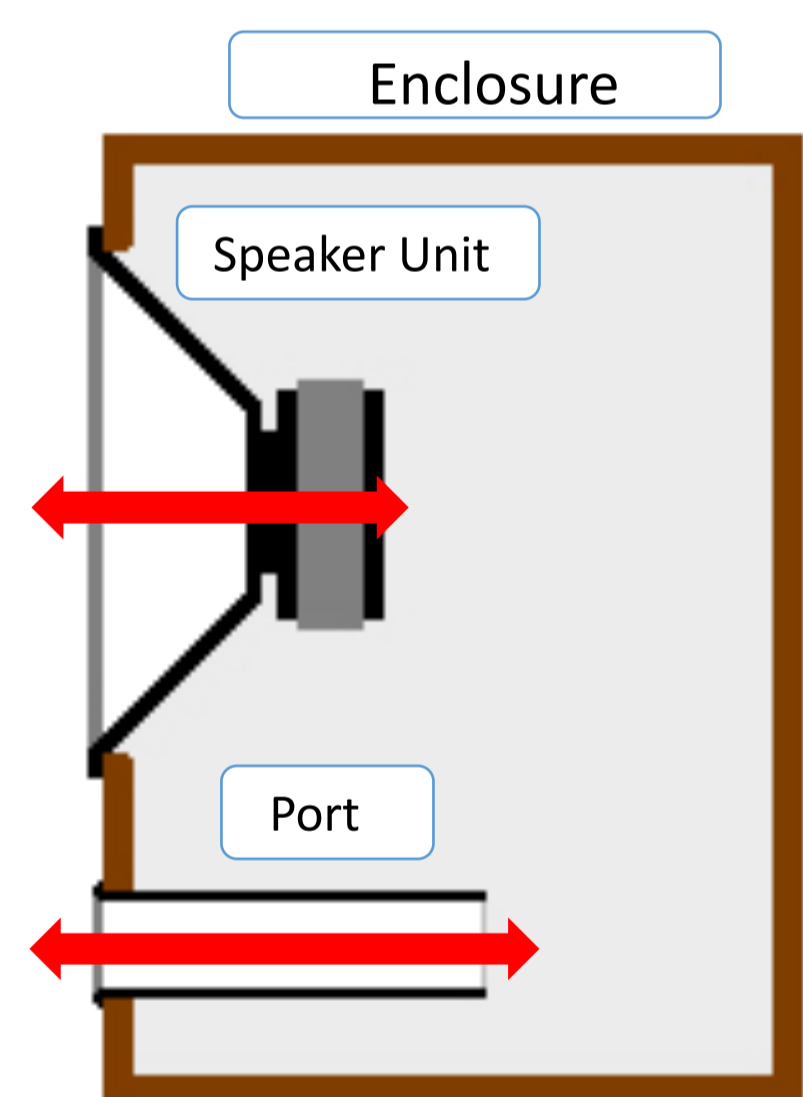


非圧縮流体や音響計算をおこない、ジェットの振動を維持するフィードバック機構の定量的な評価を行う。

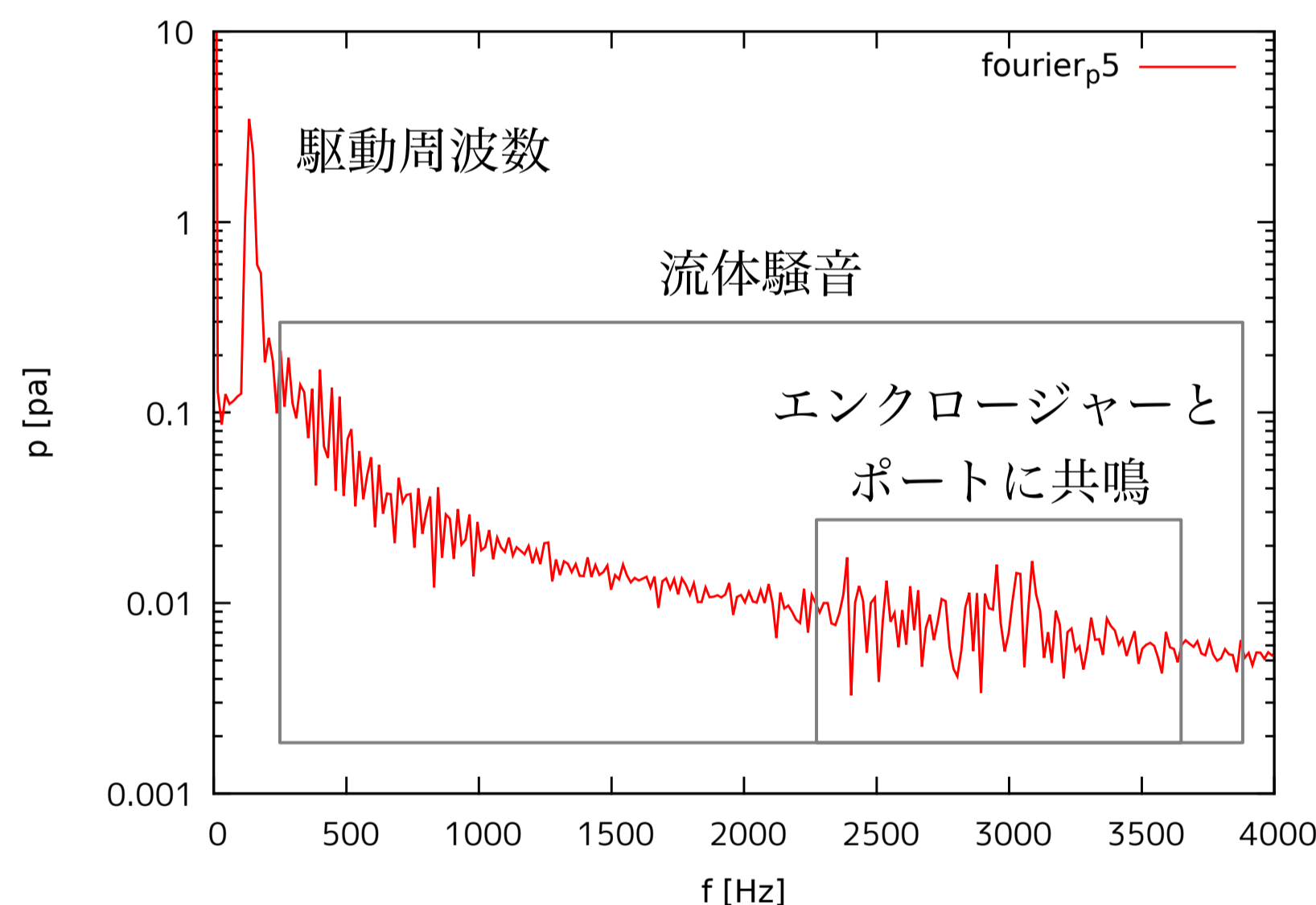
● 解析結果 ● 6乗則(6[m/s]基準) ● 累乗近似曲線(解析)

● スピーカーのバスレフポートの3次元解析 (九工大/ヤマハ株)

ポートノイズの発生機構をHoweのエネルギー推論等を用いて明らかにする。さらに、ポートの形状を変えた計算(直管・フレア有り等)を行い、実験との比較を行う。



バスレフ型スピーカー



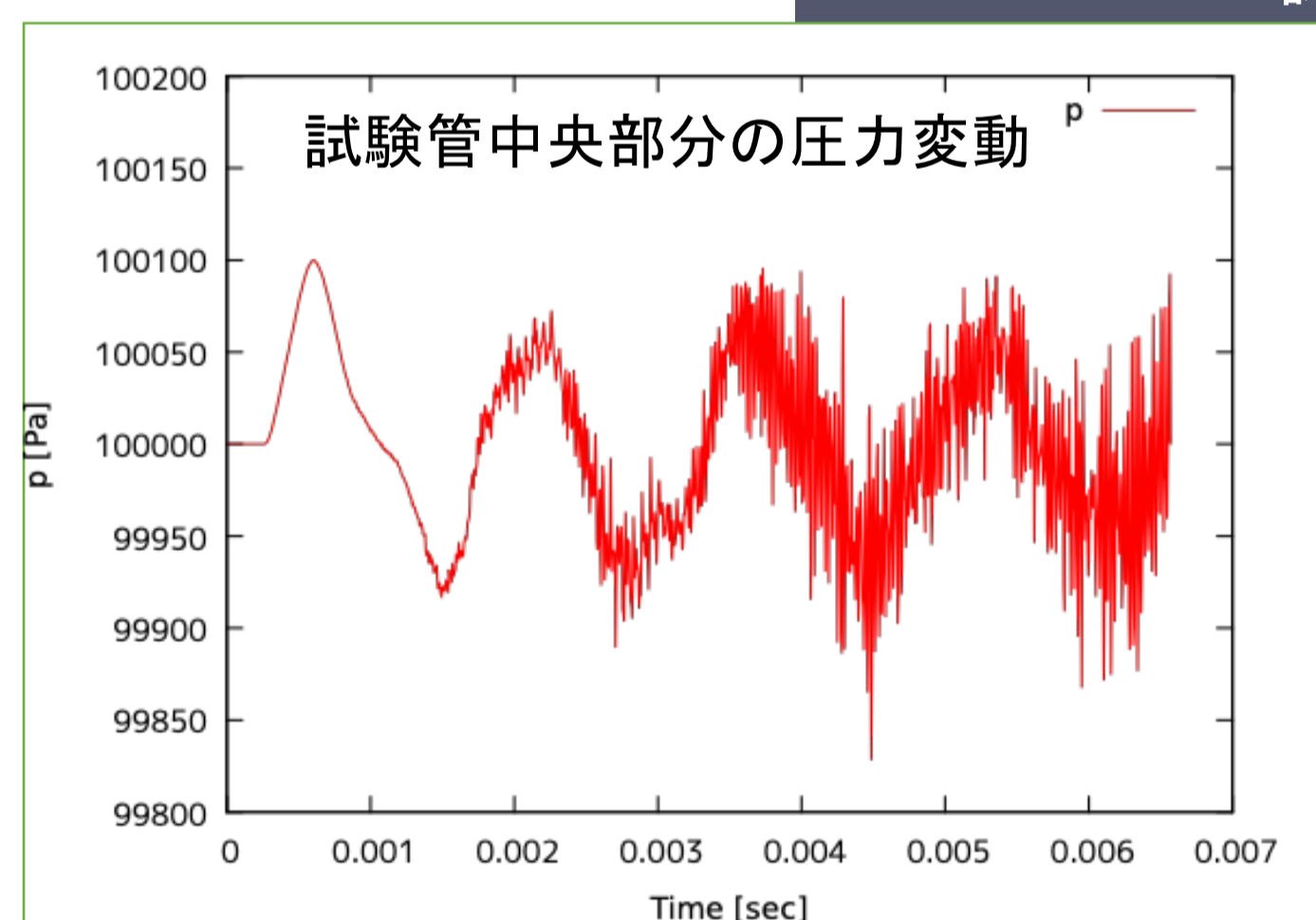
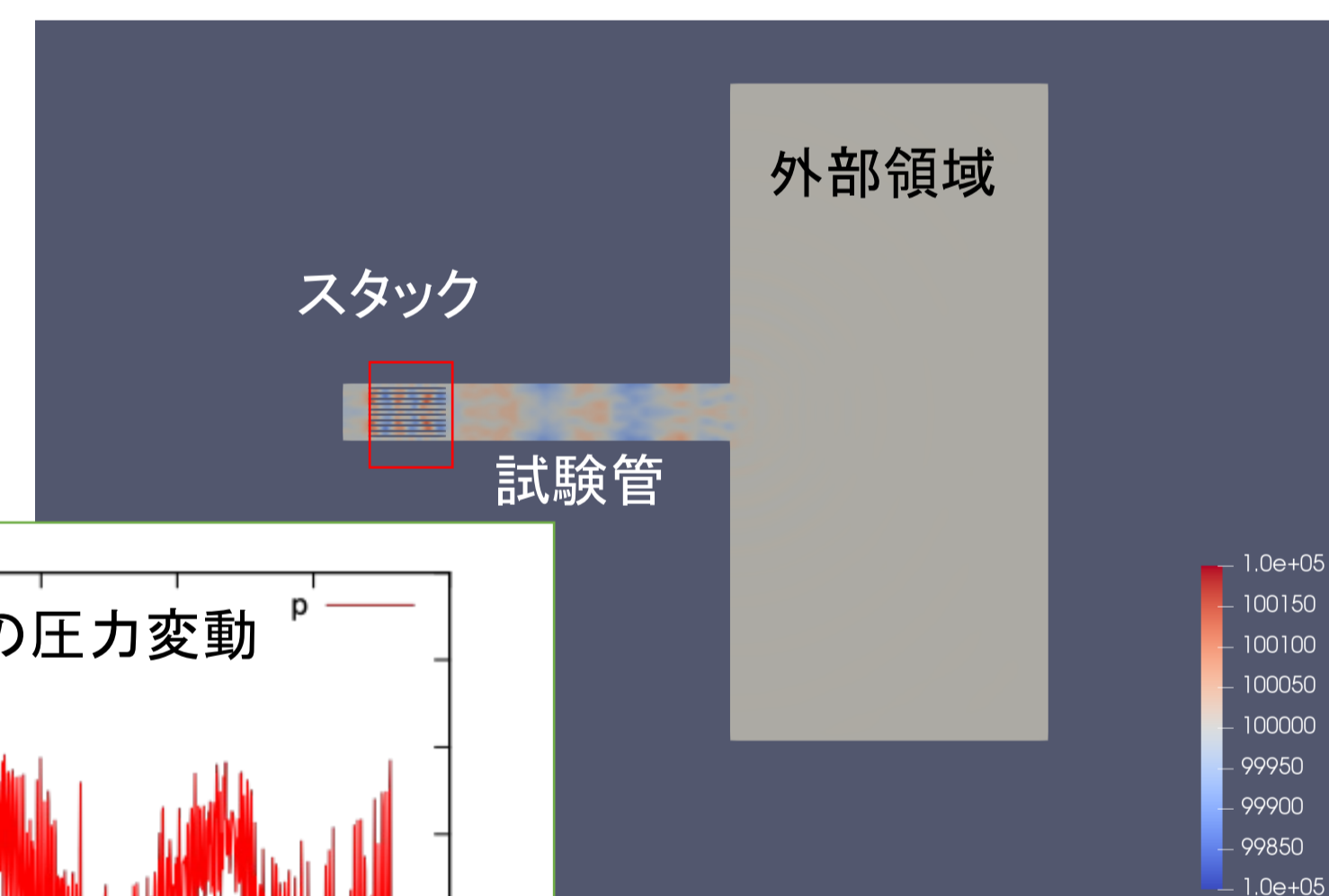
数値計算で再現されたポートノイズ

● 熱音響機関の解析

熱音響機器の3次元モデルの解析を行い、その発振原理を流体音の立場から明らかにする。

試験管型熱音響機器

スタック: 細管の集まり
スタックの左側を高温にすると、音波が発生する。

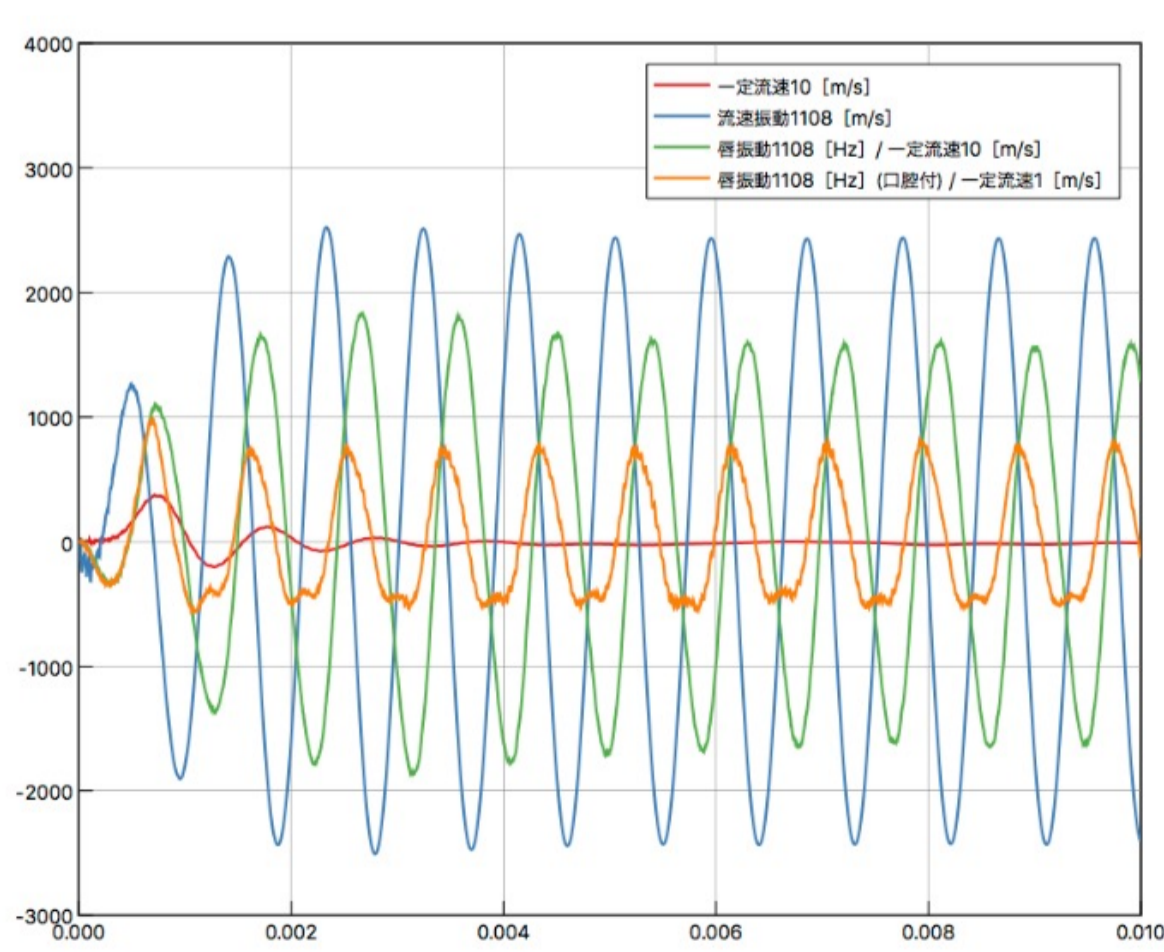


発振状態の圧力分布

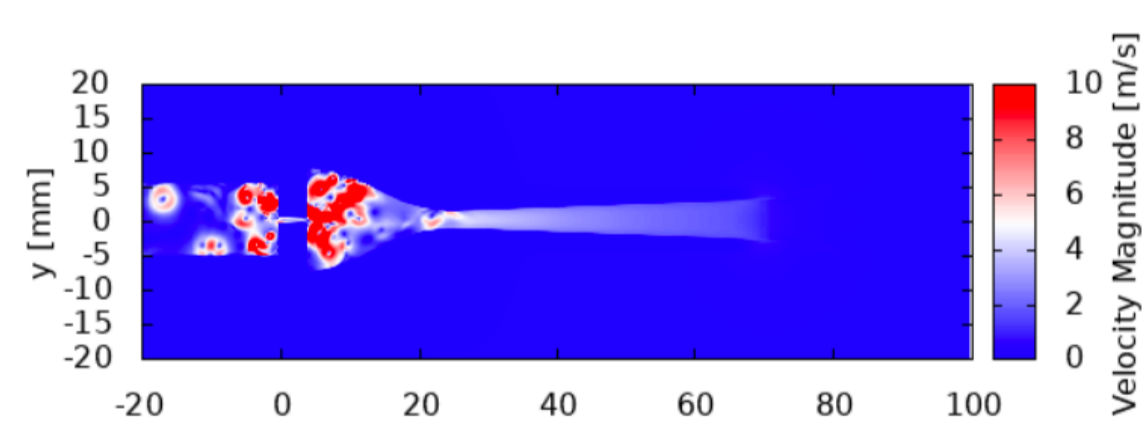
2. DNSを用いた2次元管楽器モデルの厳密数値解析

ホルンのマウスピースおよびオーボエのリードを単体で吹鳴したときの発振状態を2次元モデルを用いて解析する。

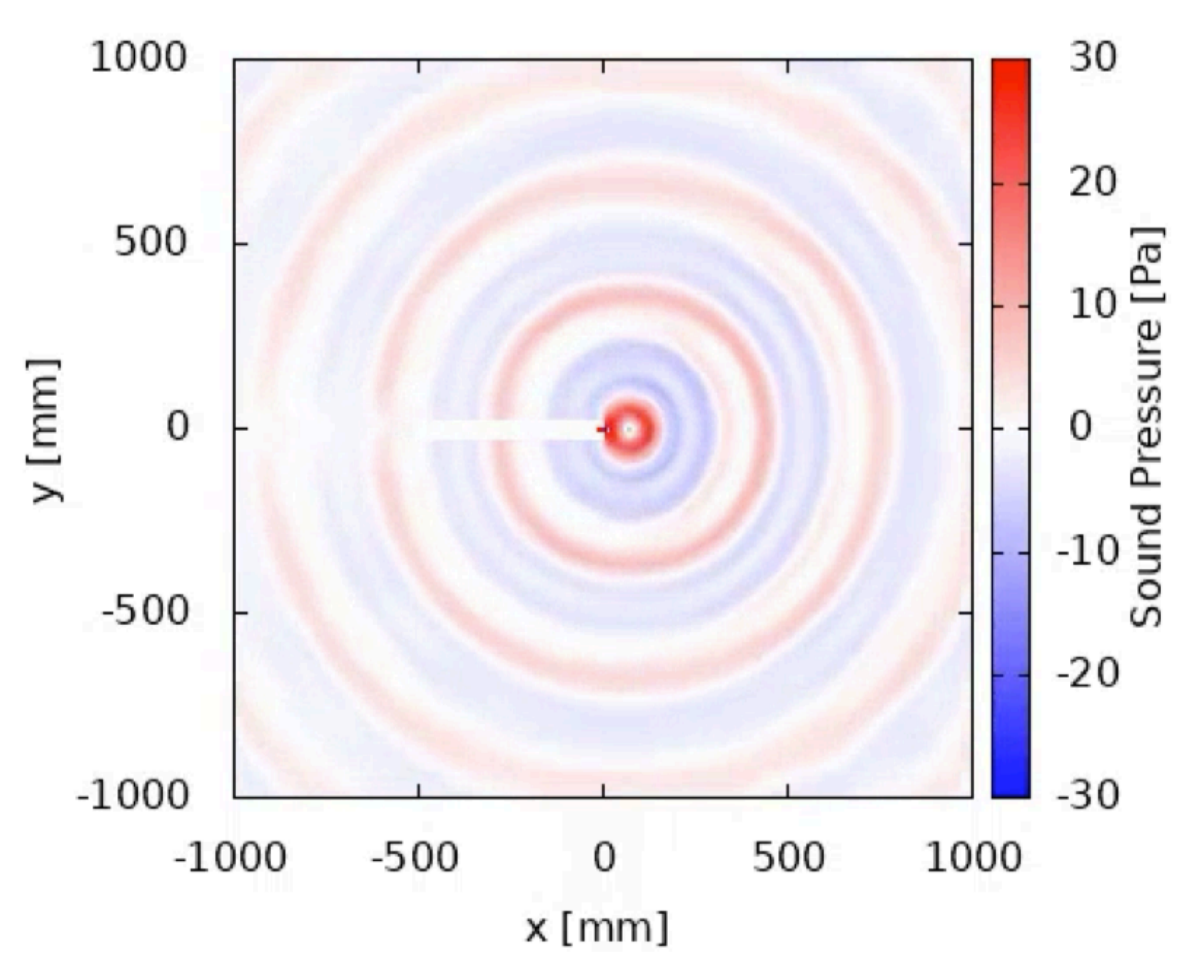
例) ホルンのマウスピースの解析



モデル形状を変えた時のマウスピース内音圧の変化



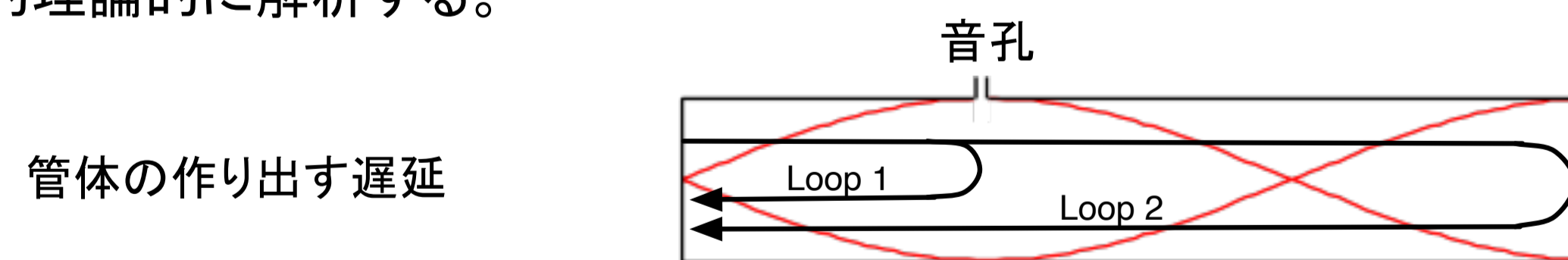
定常発振状態のマウスピース近傍の流速分布



定常発振状態の音圧分布

3. 管楽器の発音機構の遅延方程式モデルを用いた基礎解析

複数の音孔を開けた時に対応する複数の遅延があるモデルにおけるモード選択則(発振音の選択規則)について力学系の分岐理論の立場から数値的理論的に解析する。



管体の作り出す遅延

音孔や管体の凹凸を模擬した正負の遅延を持つ2重遅延系に、ロジスティック写像を組み込んだ時の分岐図:
制御パラメーター μ (吹鳴圧に対応)を変化させると、 μ の小さな領域で発振不可能な領域が現れる。 μ が大きくなるとHopf分岐が起き発振が始まる。

