



# 管楽器の大規模流体音響解析

## 【概要】

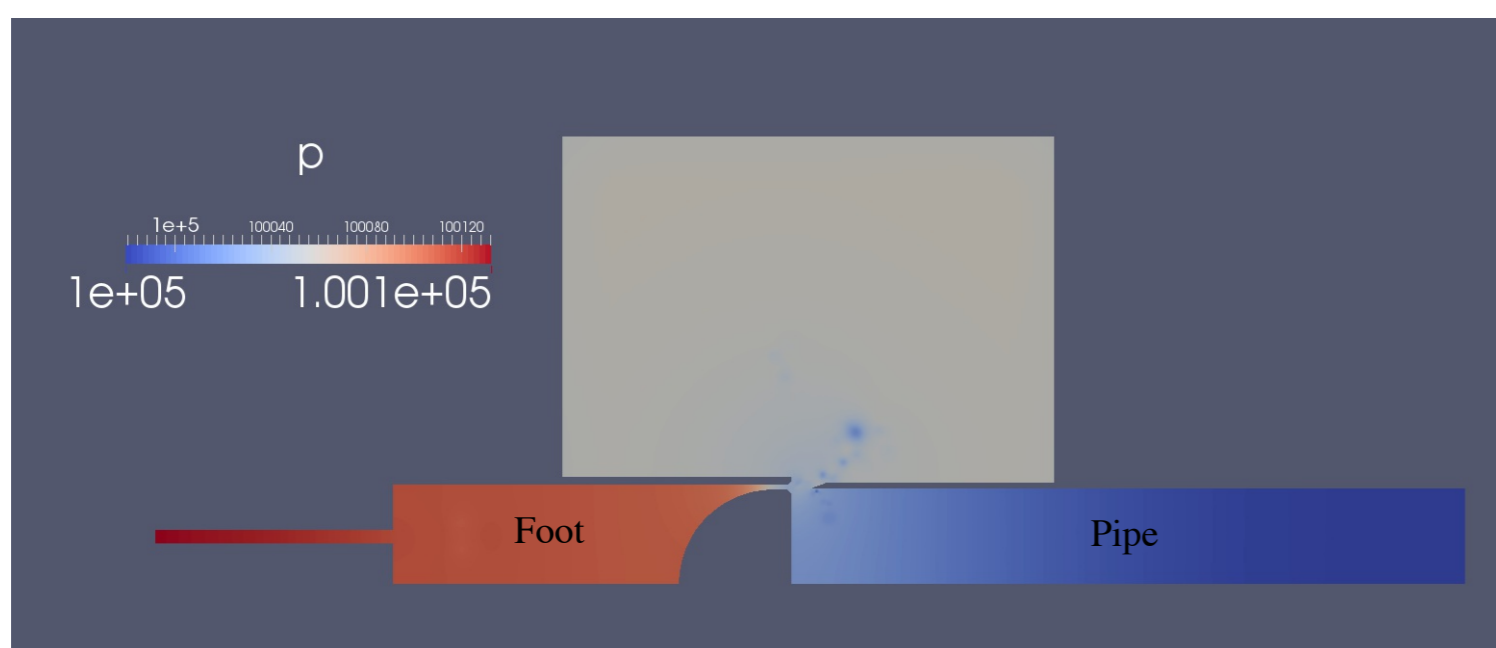
本研究では、管楽器の発音機構の問題を、低マッハ数における流体音(空力音)の発生機構の問題として捉え、その大規模解析を行う。楽器の繊細な発音機構を再現するためには、流体と音を同時に再現可能な圧縮流体の高精度解析が必要になるが、非圧縮流体に比べ支配方程式の数が多く、同じ流体の解析でも圧縮流体の場合は非圧縮流体に比べより複雑な解析手法が必要であり、より多くの計算機資源を必要とする。本研究では、3次元モデルを圧縮性LESを用いて解析する。また、2次元と3次元の違いを考慮しながら、圧縮性DNSを用いた2次元モデルの厳密解析を行う。楽器の研究では、しばしば遅延方程式モデルの解析が行われる。遅延方程式モデルの利点は、精度は落ちるが複雑な形状を持った大型楽器の再現が可能である点にある。本研究では、管体の形状や音孔の開閉の違いが発音機構に与える影響を解析するために遅延方程式モデルの基礎解析も行う。3次元LES解析に必要な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を解決し3次元の流体音の発生機構の解析を行う。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。その成果を利用拠点に共有・提供する。また、DNSの解析では、計算の効率化高速化の検討を行う。

## 【研究項目】

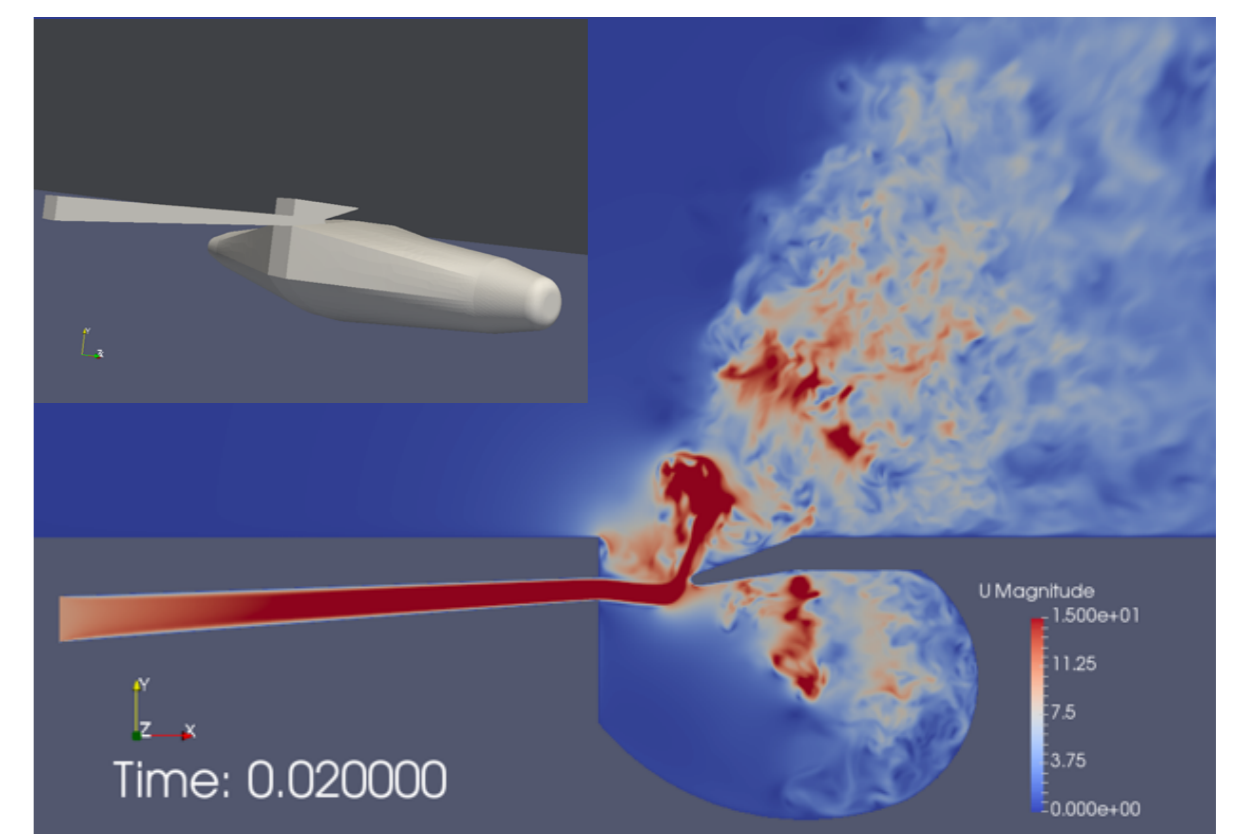
### 1) LESを用いた3次元管楽器モデルの大規模数値解析

解析対象: オルガンパイプ、オカリナ、音孔の開閉モデル、クラリネットのマウスピース等

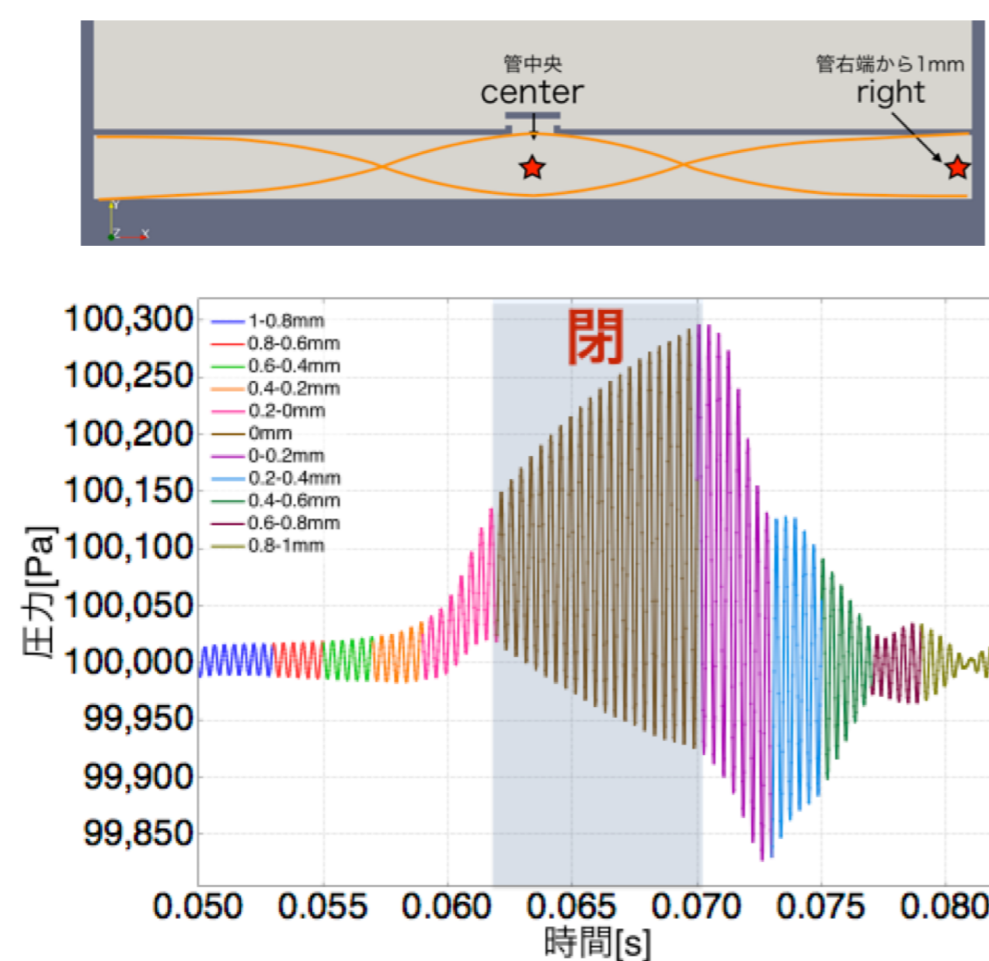
**オルガンパイプの解析:** フットはヘルムホルツ共鳴器として働き、その体積を適切に調整すると、安定な定常発振状態になる。定常発振状態では管体とフット間に逆同期状態が見られる。下図は2次元モデルの解析結果である。本研究では3次元モデルの解析を目指す。



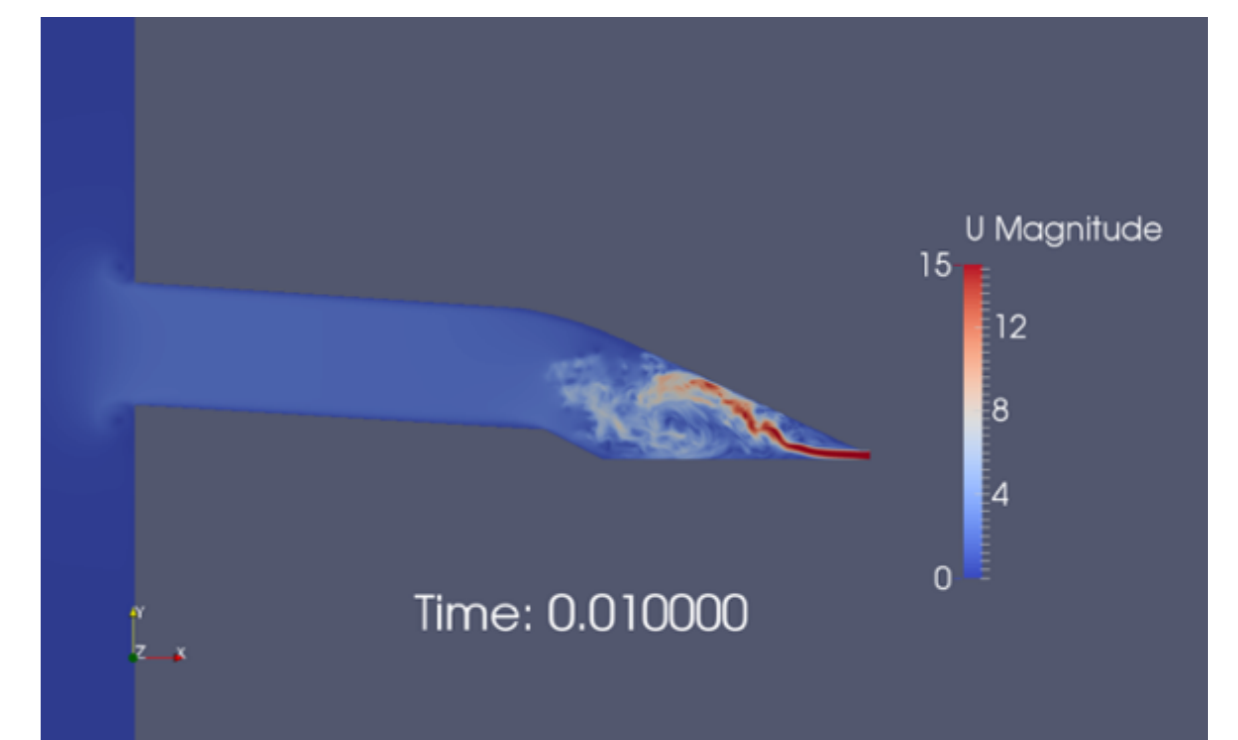
**オカリナの解析:** ヘルムホルツ共鳴器を共鳴器として持つオカリナの3次元解析を行う。右図は、3次元モデル(1億6千万メッシュ)の解析の途中結果である。オカリナは、構上横吹き笛に近く、解析でも、縦吹き笛とは異なる振る舞いが観測されている。本研究では、解析を進めオルガンパイプの解析結果と比較し、ヘルムホルツ共鳴器を持つオカリナの発音機構の特徴を明らかにする。



**音孔の開閉モデル:** 音孔のモデルの解析では、トポロジー変化を伴う移動境界問題の解決が必要である。右図は、2次元モデルの解析結果である。2次モードは、音孔が開いている時は、発振できないが、音孔が閉じると発振可能である。解析では、2次モードの周波数で、管を強制振動させた。その結果、音孔が開-閉-開と変化する場合、2次モードの振幅が変化し、閉じた状態になると共鳴状態になることが再現された。本研究では、より詳細な解析と3次元モデルの解析を目指す。



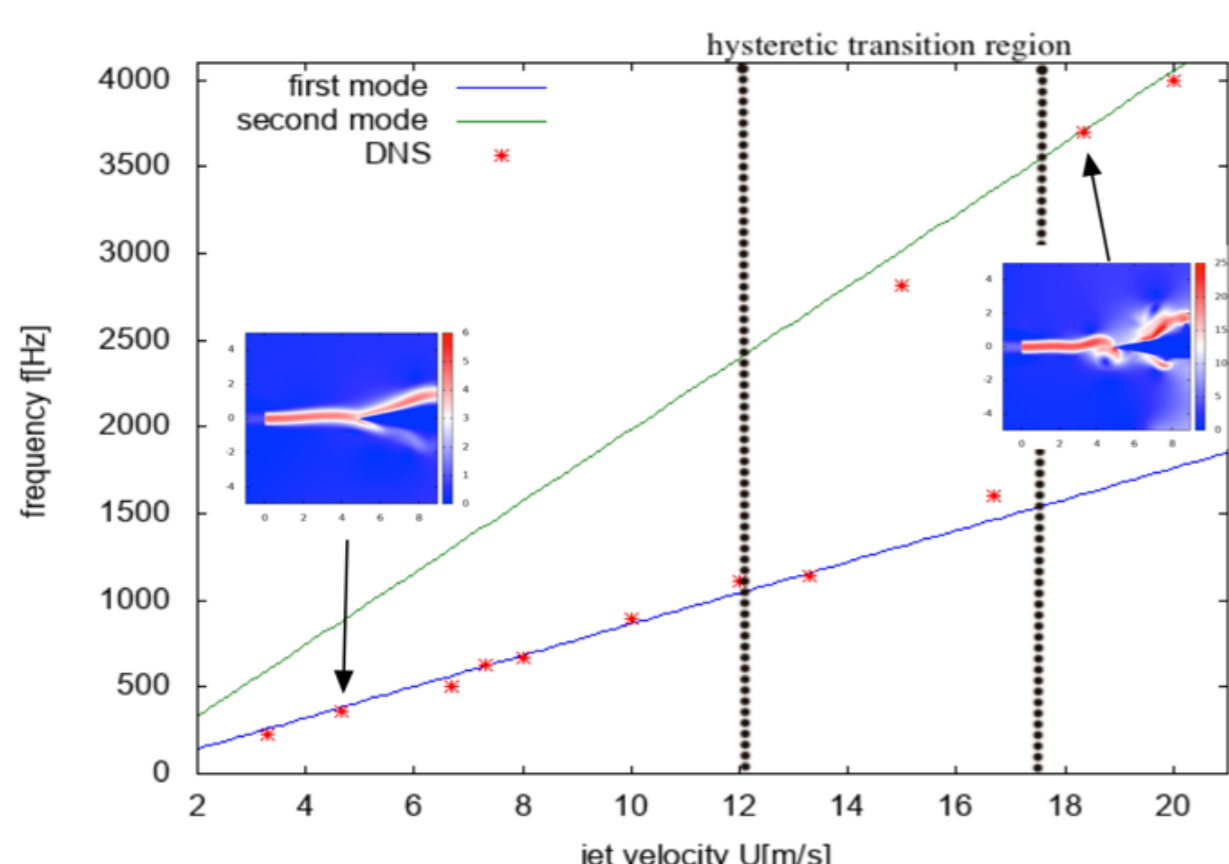
**クラリネットのマウスピースの解析:** 管楽器のマウスピース内でのようにして流体が音波に変わるかはまだ解明されていない重要な問題である。右図は、3次元モデル(1億5千万メッシュ)の解析の途中経過である。本研究では、解析を進め、流体が音波に変わる問題の解決の糸口を探る。また、金管楽器のマウスピースの解析も行う。



### 2) DNSを用いた2次元管楽器モデルの厳密数値解析

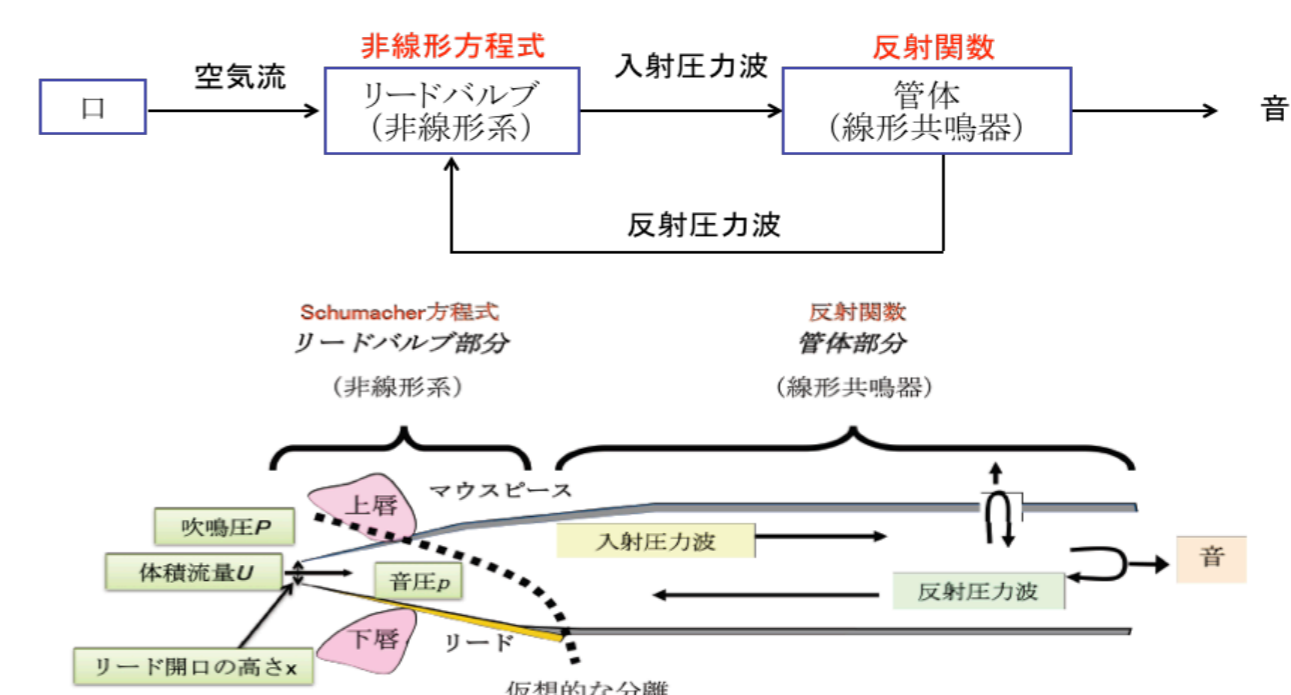
解析対象: エッジトーン、小型エアリード楽器

**エッジトーンの解析:** 圧縮性DNSの解析によって得られた、ジェット流速と周波数の関係を示す。1次モードから2次モードの遷移が再現されている。遷移領域では、初期条件のわずかな違いにより、どちらのモードが選択されるかが決まる。本研究では、解析を進め、流速と音響的エネルギーの関係を明らかにする。さらに、小型エアリード楽器の解析も行う。



### 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

下図に示すように、管楽器は多重遅延方程式でモデル化できる。管楽器は音孔を開閉すると音のピッチが変わるが、開閉パターンとピッチの関係は複雑である。この問題を多重遅延方程式の基礎解析により検討する。



副代表者  
小林 泰三(九大)  
研究協力者  
高見 利也(大分大), 小野 謙二(九大), 服部 裕司(東北大), 南里 豪志(九大), 大島 聡史(九大), 緑川 博子(成蹊大), 岩上 翔(九工大), 田畑 諒也(九工大), 小岩屋 寿晃(九工大), 岡田 紘彰(九工大)