11-NA12

髙橋公也(九州工業大学)

移動境界問題の大規模流体シミュレーションと動的負荷分散の評価

本研究課題は、移動境界問題を表現するための動的メッシュのもとでの流体計算の対象として、エアリード楽器や2成分流体のシミュレーションを問題として選び、大規模な並列計算時の並列効率を検証することを目的とする。前年度の研究課題「移動境界問題の大規模流体シミュレーションと動的負荷分散の評価」を継続発展させ、動的なメッシュ生成を含む流体計算を2次元から3次元へと展開し、それに伴い並列化規模を大きくした場合の負荷分散の最適化について検討して行く。さらに、前年度より複雑な自由境界・移動境界問題における安定性と計算精度に関しても、評価を行うこととする。これにより、現実に大規模並列シミュレーションとして利用される中での動的メッシュ表現による流体力学計算手法全般の評価を行うことが可能となる。

1) OpenFOAMの並列化効率

計算の大規模化には、2)で述べるハイブリッド解析の開発等、数値計算法そのものの革新が求められているが、それらの計算結果を評価する為のリファレンスとして、信頼性が高いソルバーの結果が必要になる。そこで、ソルバーとして利用する OpenFOAM の並列化効率(図1)の向上を検討し、必要に応じて開発を行う。

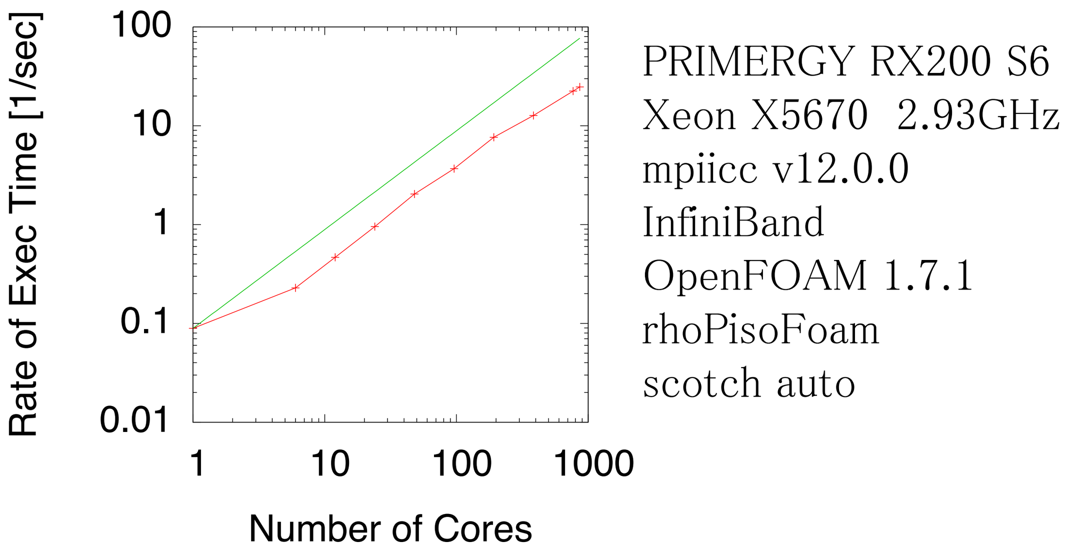

図1 OpenFOAM+scotch でのスピードアップ

2) エアリード楽器の3次元解析

3次元のエアリード楽器のシミュレーションを行い(図2)、楽器の振る舞いを再現可能か確認する。楽器の複雑な境界条件を表現するためには複雑な非構造メッシュが必要となるが、その場合の並列化の効率を上げるためにはどのような負荷分散が必要かを検討する。また、遠方の音場を再現するための流れ場と音場のハイブリット解析の導入を検討する。音波ソルバーを開発し、流体ソルバー上で計算したLighthillの流体音源を音波ソルバーにマッピングする手法の開発を目指す。

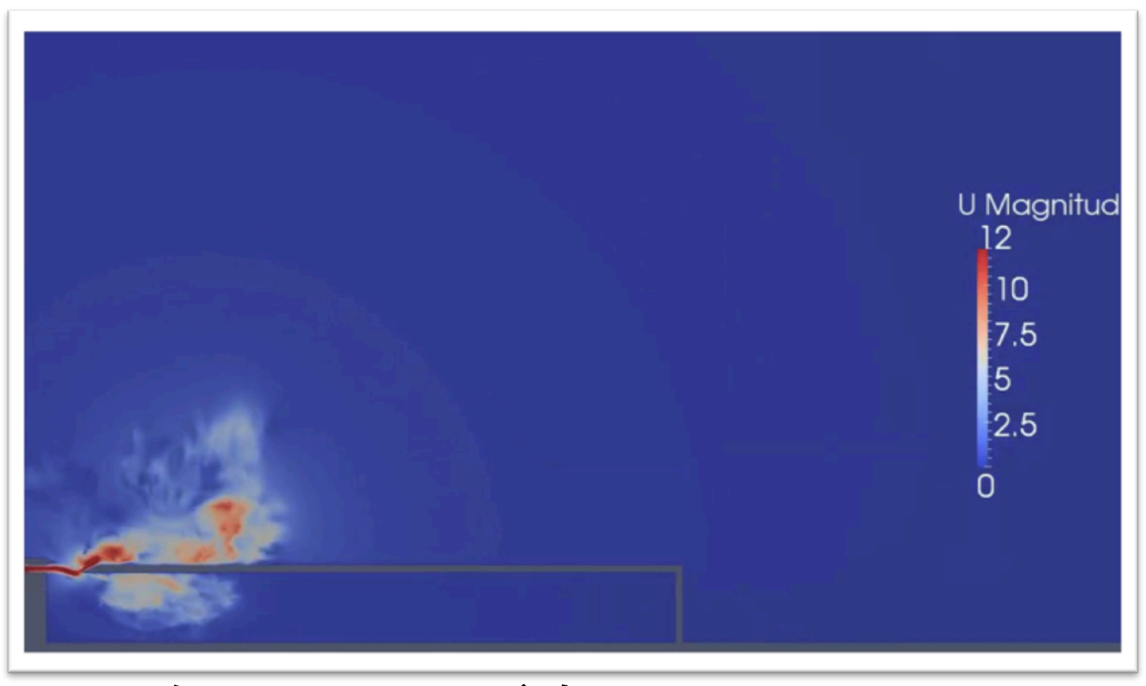

図2 3次元エアリード楽器のシミュレーション

3) エアリード楽器の移動境界問題

管楽器の音程を変える方法として、音孔を開閉する方法と管体長を変化させる方法があるが、本研究では、より簡単な管体長を変化させるモデルの解析をおこなう(図3)。本格的な楽器ではないが、管体長を変化させるリコーダータイプの楽器が存在する。正しく音程を変化させるには、どのようにメッシュを変化させれば良いか、また、メッシュの変化に伴う計算負荷はどの程度になるかなど、移動境界問題に付随する計算精度と負荷分散を制御するアルゴリズムや実装法について検討する。

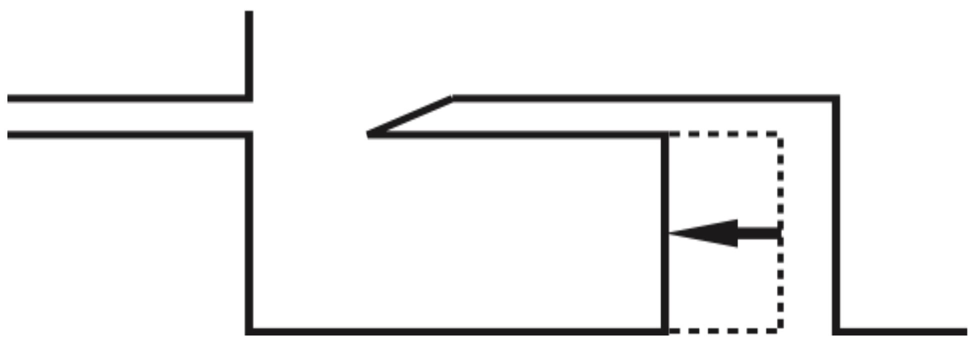

図3 管体長の変化する楽器

4) 3次元2成分流体の動的メッシュを用いた解析

動的メッシュを用いた3次元シミュレーションを行い(図4)、グリセリン液中に落とした磁性流体液滴の複雑な振る舞いを再現する。この時の並列化効率について評価を行い、動的な負荷分散機能を導入することが必要か、あるいは、従来どおりの静的な並列化手法でも十分な性能が得られるのかに関して評価する。

移動境界問題の並列計算を効率よく実行する為には、計算精度を確保する為のAdaptive Mesh Refinement (AMR)と負荷分散を実現する分割メッシュ生成ツールとの連携が必要になる。AMRや並列計算時の負荷分散を静的に考慮した分割メッシュ生成ツールは既に存在し、OpenFOAMでも標準ツールとして扱われているscotchなどを利用しつつ、系全体の負荷状況をモニターしながら負荷分散に偏りが生じてきた場合には改めて分割メッシュを生成しなおす機構の検討を行う。

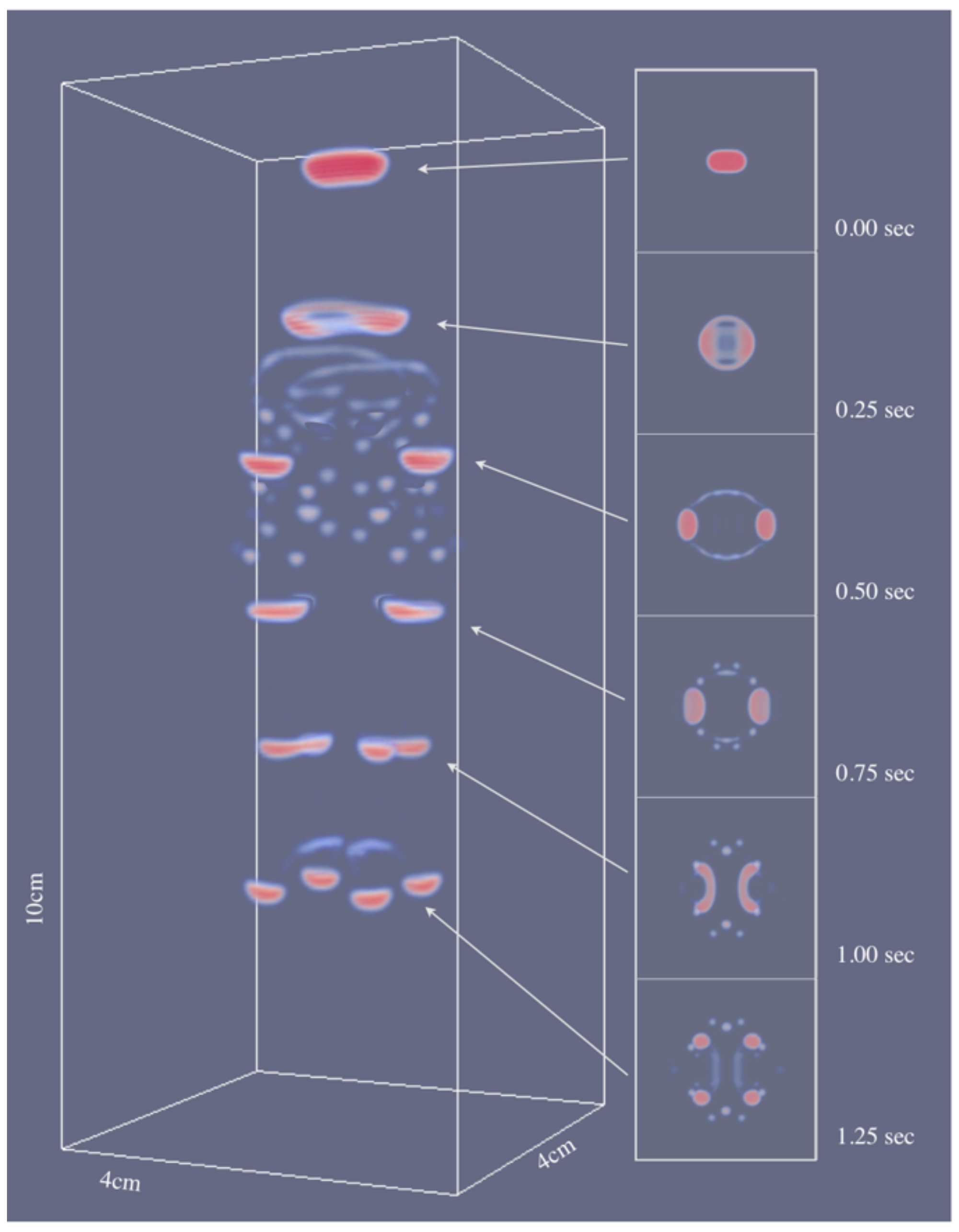

図4 2成分流体のシミュレーション