



エアリード楽器および音響機器における大規模音響流体解析

概要

本研究では、低マッハ数における流体音(空力音)発生機構の解明に向けた大規模解析を行う。特に、エッジトーンを音源とするリコーダー、オルガンパイプ、オカリナ等のエアリード楽器の発音機構、木管楽器の音孔の開閉に伴う異音の発生機構、リード木管楽器マウスピース内音圧の発生機構、エオルス音の発生機構、バスレフスピーカーのポートノイズの発生機構等の問題を取り扱う。低マッハ数における流体音は、航空騒音等で問題となる高マッハ数の流体音と異なる特性を持つことが知られている。そこで、低マッハ数における流体音の発生メカニズムとその特性(例えば、流速と発生する音響エネルギーの関係)を明らかにするために、LESを用いた圧縮流体の高精度数値計算を行い、流体音の基礎理論に基づく解析を行う。流体音の発生メカニズムの解明には大規模な3次元計算を行う必要がある。それ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を目指す。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。

研究題目

1) エアリード楽器の3次元大規模計算に基づく発音機構の解明

目的に応じて3種類のモデルの解析を行う。

a) 小型エアリード楽器の音響エネルギー発生領域の特定: Howeのエネルギー推論を用いて音源を特定する。この解析には音場の再現も必要であり、そのために音響ソルバーFDTDも併用する。

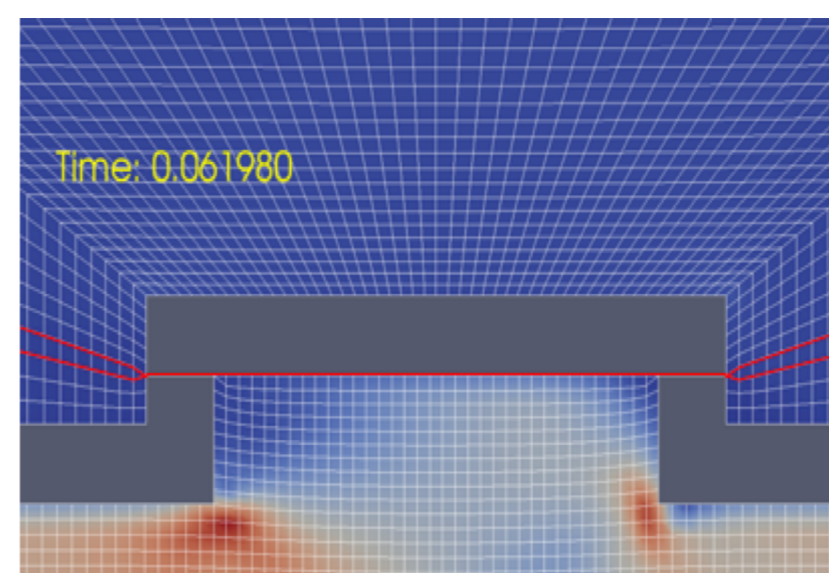
b) オルガンパイプのフット役割の解析: パイプを駆動するジェットは、フットと呼ばれる空気溜めから供給される。フットがヘルムホルツ共鳴器として働き発振の安定化に寄与する。

c) オカリナの3次元解析: オカリナはヘルムホルツ共鳴器を共鳴体として持ち、構造上横吹き(フルート)の笛に近く、縦吹き(フルート)の笛とは異なる流体音の発生機構があると考えられる。

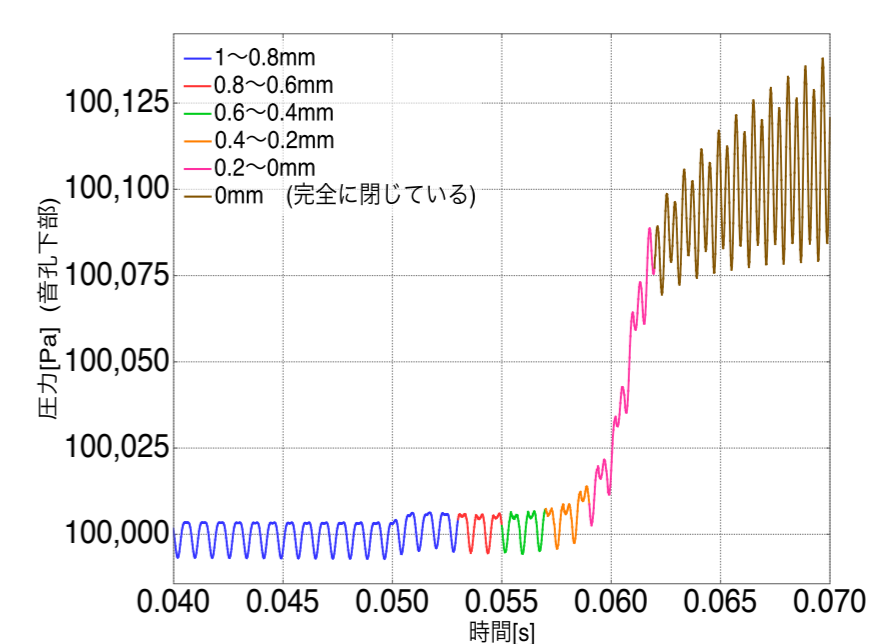
3) 音孔のトポロジー変化に伴う動的解析

木管楽器の音孔の開閉を再現するためには、トポロジー変化に伴う移動境界問題の解析が必要である。これに必要なOpenFOAMの動的メッシュソルバーを改良し、解析を行う。

音孔を閉じる瞬間の流速



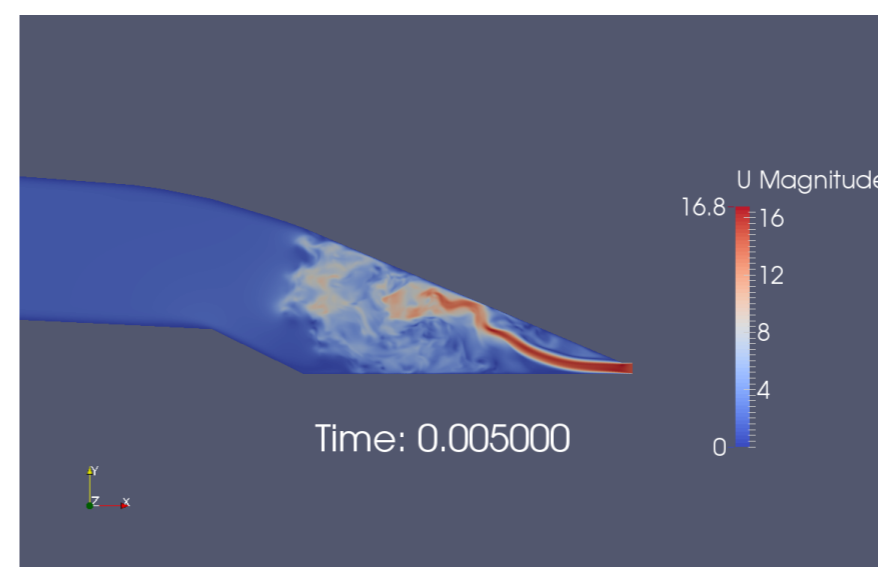
音孔下部の圧力変化



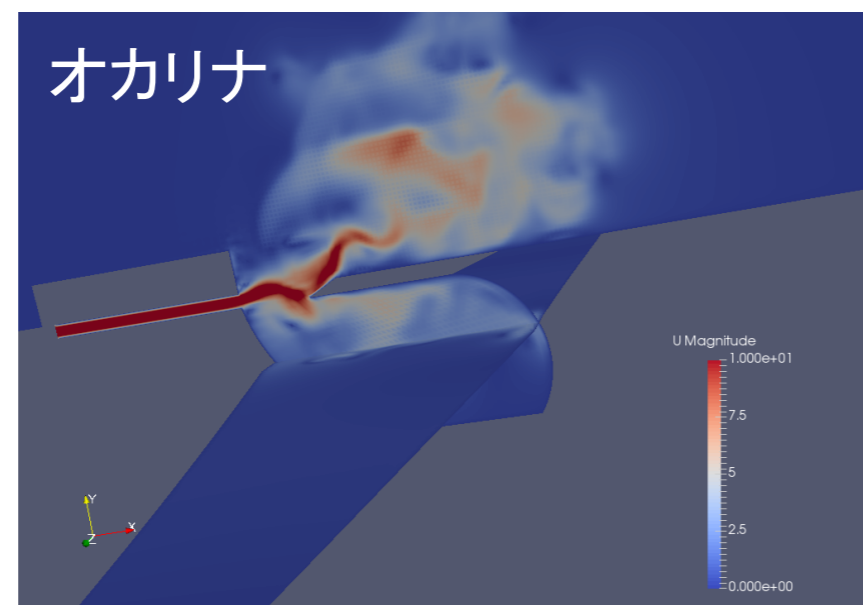
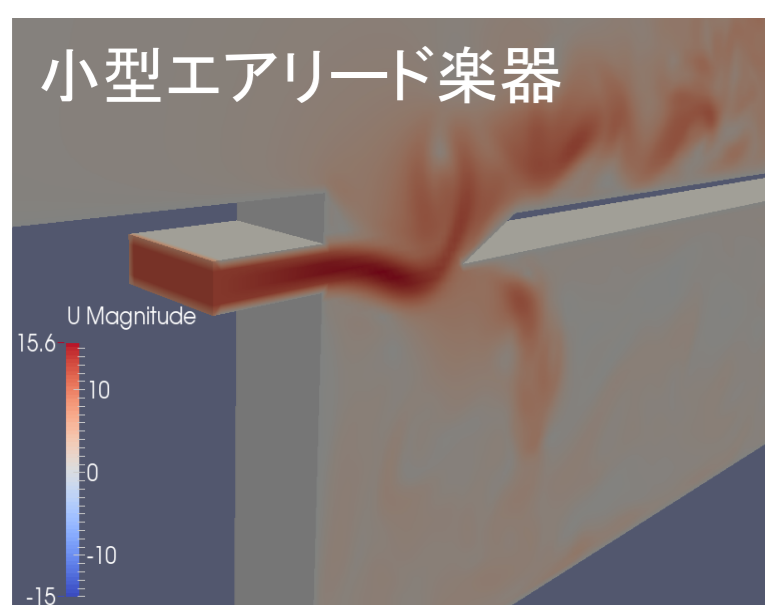
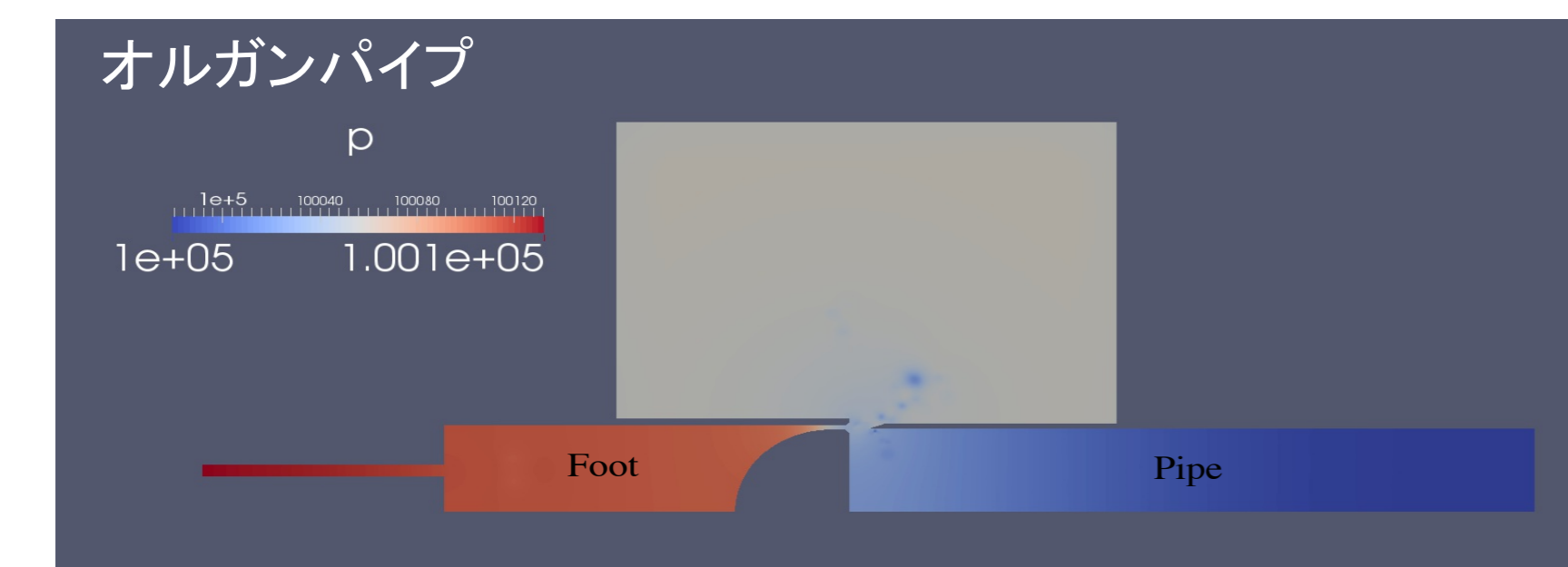
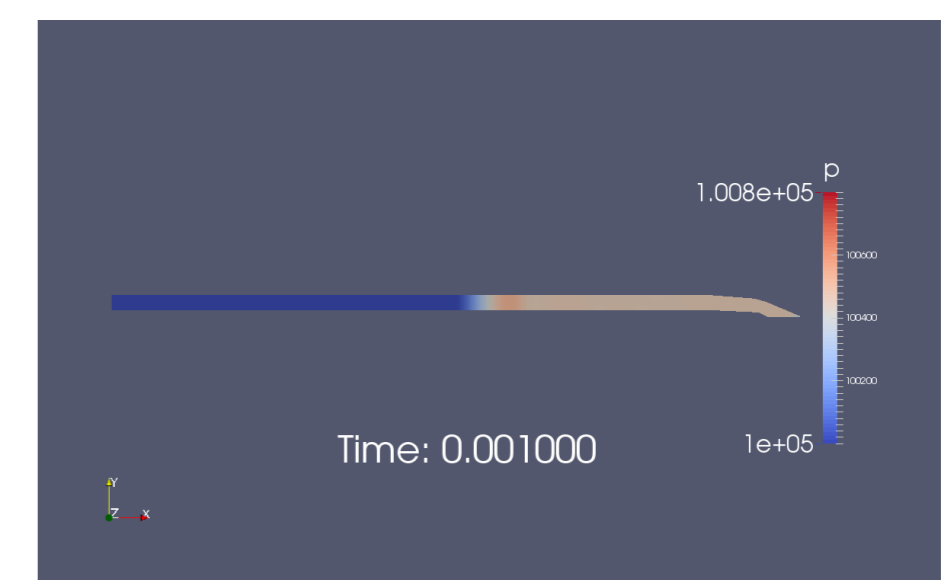
4) シングルリード木管楽器のマウスピース内の流体音響解析(新規課題)

リード木管楽器のマウスピース内でど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。クラリネットマウスピースの3次元モデルの解析を行いこの問題の解決の糸口を探る。

マウスピース内流速



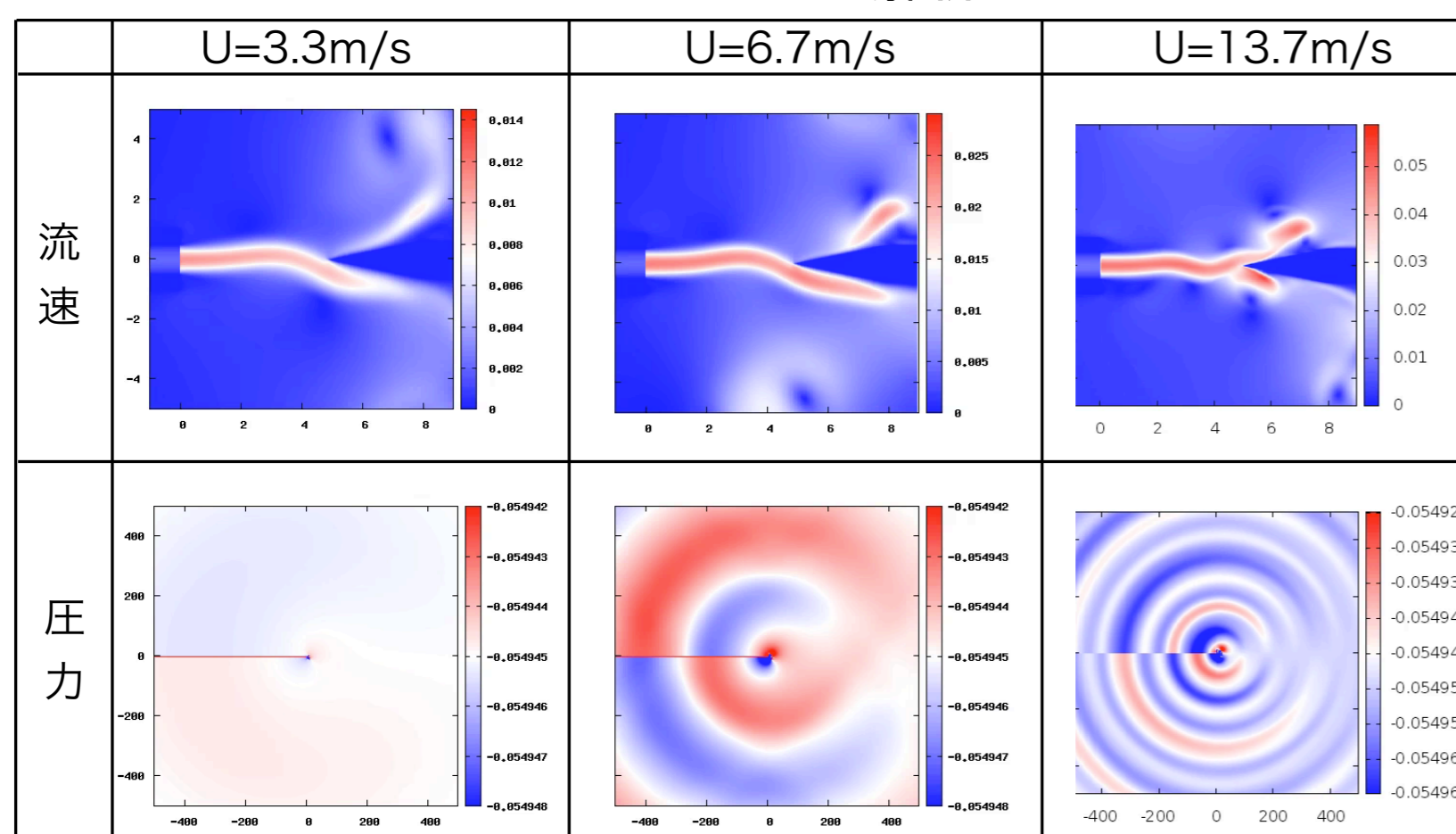
管体内圧力



2) LESおよびDNSを用いたエッジトーンおよびエオルス音の厳密解析

これまでに、エッジトーンおよびエオルス音の低レイノルズ数領域のDNSの解析にほぼ成功している。出来る限りレイノルズ数の高い領域でDNSの解析を行い、その領域でLESの精度検証を行い、エッジトーンおよびエオルス音における流速と放射エネルギーの関係を明らかにする。

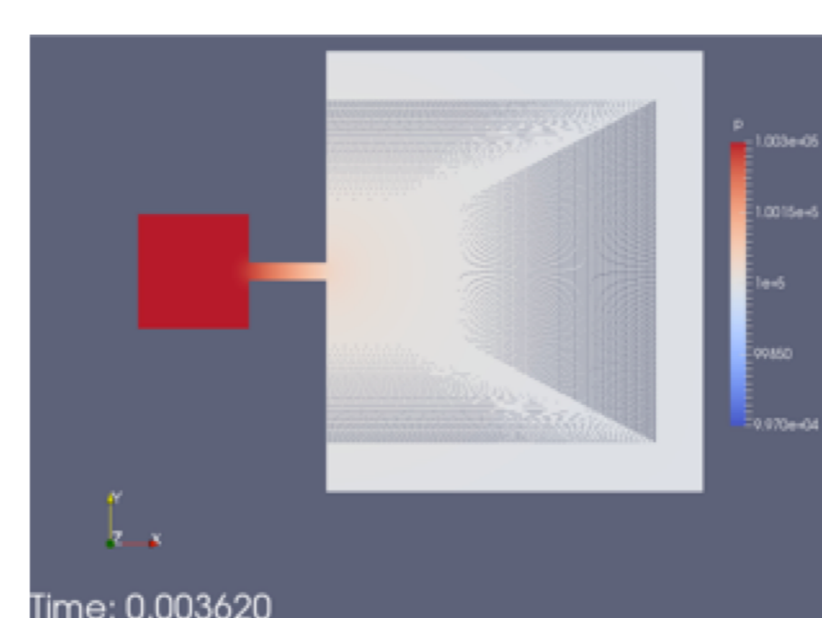
エッジトーンの解析



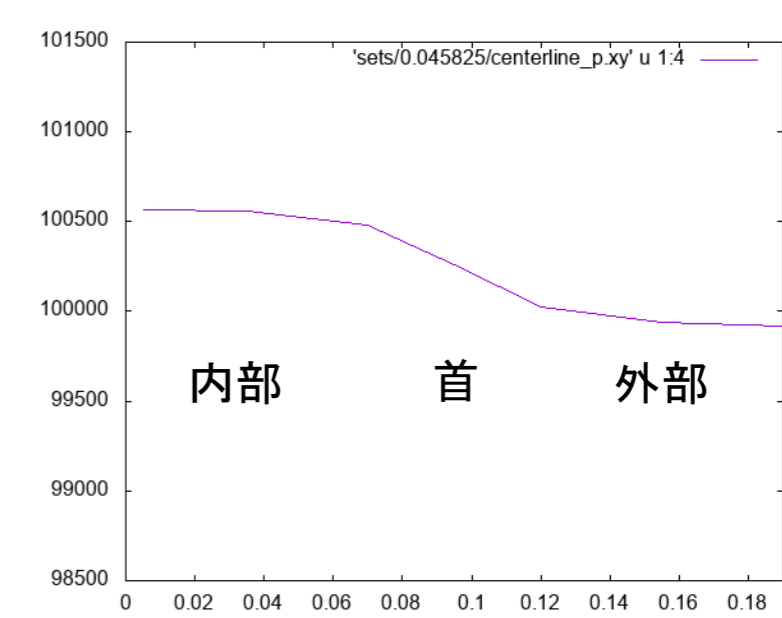
5) ポートノイズの3次元大規模解析

バスレフスピーカーのポートノイズの解析では、スピーカーの振動板の運動を再現するために、移動境界問題の解析が必要である。音孔の解析と同じ動的メッシュソルバーを用いて3次元モデルの解析を行う。

ヘルムホルツ共鳴状態



中心軸上の圧力分布



副代表者

小林 泰三(帝京大、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), 岩上 翔(九工大), 桑原 拓也(九工大), 松田 怜(九工大), 横山 博一(九工大), 若狭 大輝(九工大), 小岩屋 寿晃(九工大), 岡田 紘彰(九工大)