

適正膨張噴流から生じるマッハ波を対象としたシュリーレンCT計測

澤田祐一郎, 松本一希, 高巢凌吾, 岡本光司, 寺本進, 赤嶺政仁(東京大学)

実験期間: 2023年6月26日~6月30日, 10月10日~10月13日

超音速機やロケットの排気噴流などの超音速噴流からはマッハ波などの強力な音響波が発生し、その低減は航空宇宙分野における重要な課題である。本研究室ではこれまで、シュリーレン法により可視化した超音速流動・音響場を、マイクロホンの音圧データを用いて音響的に解析する音響トリガ条件付き抽出解析を用いて、マッハ波などの広帯域騒音現象の可視化を行ってきた[1]。さらに、噴流軸の周方向に配置した12本のマイクロホンアレイとシュリーレン法を用いて音響・可視化同時計測を行い、音響トリガ条件付き抽出解析とComputed Tomography(CT)解析を組み合わせる事で、これまで積算画像として可視化されていたマッハ波に関連する現象を三次元的に可視化する手法が提案された[2]。一方で、一度に可視化可能な範囲はシュリーレン法に用いる凹面鏡に限られるため音響現象全体の可視化が困難であること、CT解析に用いる周方向投影画像枚数が不足しているため、三次元再構成結果に非物理的な放射状の分布が生じることが課題であった。

そこで本研究では、適正膨張自由噴流から生じるマッハ波が伝播する広い範囲を複数に分けて可視化した可視化データを繋ぎ合わせる手法を提案した。また、マイクロホン本数を先行研究の12本から24本に増やし、CT解析に用いる抽出画像の周方向投影画像枚数が再構成結果に与える影響を調査した。ノズルの同心円上に取り付けた24本のマイクロホンで音響計測を行い、同時に噴流を横方向からシュリーレン法を用いて可視化撮影を行った。マッハ波が伝播する広範囲を分割し、可視化した動画と音響データを用いて音響トリガ条件付き抽出解析を行い、画像の結合と三次元再構成を行った。

図1は複数回に分けて可視化したデータを結合した画像であり、マッハ波に関連する波面が点線で示す結合部分で大きくずれることなく結合されている。また、図2は周方向投影画像枚数13枚と7枚の再構成断面である。図3から三次元再構成に用いる周方向画像枚数を増やすことで非物理的な放射状の分布が低減され、高コントラストな再構成断面を得られることが確認された。

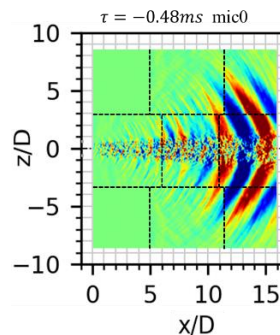


図1 抽出画像の結合結果

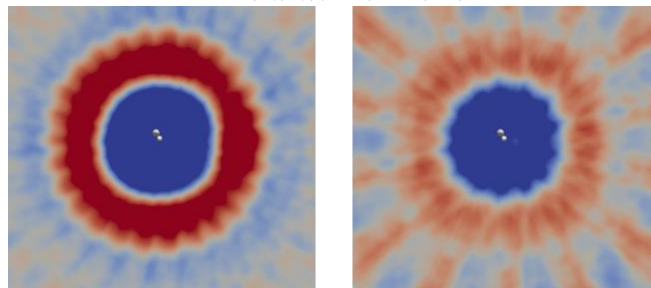


図2 異なる周方向投影画像枚数の三次元再構成断面 左:13枚 右:7枚

参考文献

- [1] Masahito Akamine, Koji Okamoto, "Conditional sampling analysis of high-speed schlieren movies of Mach wave radiation in a supersonic jet", The Journal of the Acoustical Society of America 145,EL122 (2019).
- [2] 田中大貴,岡本光司,寺本進, 赤嶺政仁, "ウェーブレット変換を用いた超音速噴流から生じるマッハ波の周方向構造の解析",第61回航空原動機・宇宙推進講演会,2022.