

ハイスピードカメラを用いたBOS法による 超音速ジェット騒音発生現象の可視化計測

高巣凌吾, 遠藤快晟, 上出紘瑛, 大森拓真, 大山琢登, 沖竜空, 小原丈, 岡本光司, 寺本進, 赤嶺政仁(東京大学)

実験期間：2024年12月16日~12月20日, 2025年1月6日~1月10日

超音速の航空機やロケットから生じる超音速ジェットからは強い音響現象が発生することが知られており、ジェット騒音は離着陸時に周囲環境へ大きな影響を与えるため、超音速機の開発が進む航空・宇宙分野において取り組むべき重要な課題である。ジェット騒音低減のためには、騒音の発生メカニズムを明らかにすることが重要である。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抽出解析を用いて二次元的なマッハ波の可視化を行い、CT (Computed Tomography) 解析を一台のハイスピードカメラとマイクロホンアレイを用いて応用した手法を組み合わせる（以下「音響トリガ条件付抽出解析+CT解析」と記す）ことでマッハ波に関連する現象を三次元的に可視化する手法を提案した[1]。その結果、音波の波面の三次元的な可視化が可能となった。一方、騒音発生メカニズムの理解のためには、発生した音波だけでなく、ジェットせん断層付近に形成される流動構造の理解も併せて必要である。ジェットせん断層付近の可視化に用いられる手法の一つにBOS(Background Oriented Schlieren) 法がある。先行研究では、BOS法を用いた複数方向のカメラ撮影をしてCT解析を行うことで、超音速ジェットの三次元的な密度分布を可視化し、ジェットのせん断層付近の瞬時場構造を明らかにした[2]。

そこで本研究では、BOS法と「音響トリガ条件付抽出解析+CT解析」を組み合わせることによって、マッハ波発生に相関の強いジェットせん断層付近の構造を明らかにすることを最終的な目的として、まずはその結果がシュリーレン法の時の結果と矛盾なく可視化できていることの確認と、BOS法の三次元的な可視化によるせん断層部分の構造の観察を目的とした。

まず、BOS法を用いてハイスピードカメラで撮影した二次元の画像に音響トリガ条件付抽出解析を用いた抽出結果をシュリーレン法での抽出結果と比較したものをFig.1に示す。x/D = 10の縦線を見ると同じ青色の波面が見られるように大きなずれはなく、マッハ波の波長や同時刻の波面位置はほぼ一致していることが確認できた。BOS法での撮影でもシュリーレン法と矛盾なく二次元の可視化が行われたことが確認された。さらに、Fig.2に二次元の抽出結果をCTで三次元的に可視化した結果を示しており、三次元の可視化結果においても波面のずれはなく、ジェットのせん断層付近にマッハ波に関連した現象を矛盾なく可視化していることが確認された。

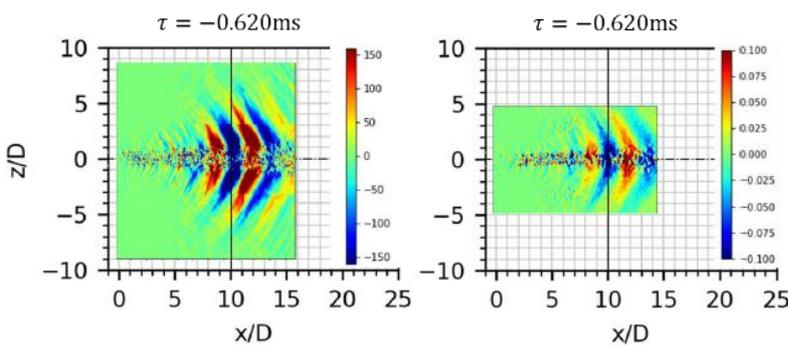


Fig.1 二次元の抽出結果

(左) シュリーレン法

(右) BOS法

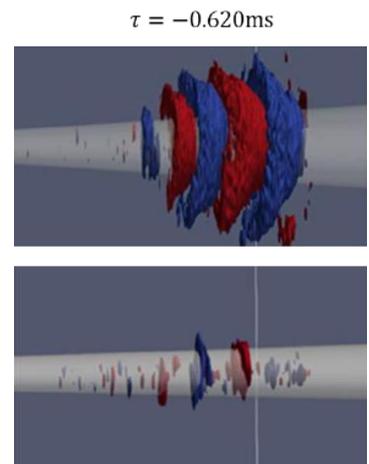


Fig.2 三次元の可視化結果

(上) シュリーレン法 (下) BOS法

関連文献

[1] 澤田祐一郎“マイクロホンアレイとシュリーレン法を用いた超音速噴流音響場可視化画像の三次元再構成手法に関する研究” 東京大学修士論文, 2024

[2] Akamine, M., Teramoto, S., and Okamoto, K., “Microphones and three-dimensional background-oriented schlieren measurements of an ideally expanded supersonic jet,” in AIAA SciTech 2024, AIAA-2024-2101, Orlando, Florida, 2024.