

斜め平板への衝突噴流から生じる音響現象における衝撃波振動の影響

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

実験期間: 2024年6月24日から7月5日まで

(報告・成果の内容)

背景と目的

超音速ジェットが固体壁面へ衝突すると、plate shockと呼ばれる離脱衝撃波や、tail shockと呼ばれる壁面上の衝撃波列が形成され、ジェットの乱流剪断層と干渉することで強い音が発生すると考えられている。このような衝突ジェットは、ロケット打上げ時に排気プルームが火炎偏向板へ衝突する際の騒音源解明を目的として詳しく調べられてきた。昨年度の実験では、鏡面反射型3D-BOS (three-dimensional background-oriented schlieren) 法を用いて壁面上のtail shockを観察したところ、撮影タイミングによって非対称な変形が観察された。そこで本研究では、音の波面にも非対称性がみられるかどうかを調べることを第一の目的とした。それに加えて、これまで実験的にあまり注目してこなかったplate shockの挙動を調べることを第二の目的とした。これは筆者ら[1]の2次元数値計算において、plate shockが二又に分かれるように振動し、それによって生じた擾乱がジェット内部を伝播して、衝撃波から離れた地点から漏れ出す様子が観察されたことを踏まえ、実験でも類似の挙動がみられるか調べるためである。

実験手法

東京大学柏キャンパス極超音速・高エンタルピー風洞の燃焼風洞ラインに、出口直径 $D = 20$ mmの軸対称ノズルを取り付け、非加熱のマッハ1.8適正膨張ジェットを生成した。このジェットを45度傾斜平板に衝突させる。ジェット中心軸上のノズル-平板間距離は $5D$ とした。

第一の目的のため、図1のように、鏡面反射型3D-BOS計測と、21本のマイクロホン(GRAS 40PL)のリニアアレイとの同時計測を行った。またこれとは別の通風で、第二の目的のため、plate shock付近を拡大したシャドウグラフ動画を高速カメラ(Photron SA-X2)を用いて撮影した。フレームレートは200 kfps、解像度は 256×152 pixelsとした。

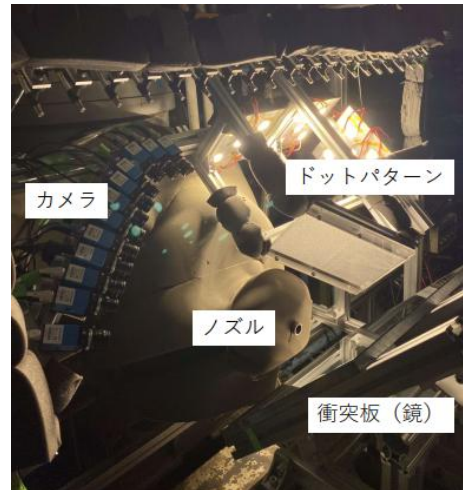


図1 マイクロホンアレイと鏡面反射型3D-BOS計測系

結果と展望

第一の目的に関しては、マイクロホンで得られた音圧波形において非対称な音の波面構造が観察された。また第二の目的に関しては、plate shockが二又に分かれる挙動が実験的にも確認され、マイクロホンで計測した音の波形とも相関があることが分かった[2]。撮影タイミングによっては三又となることもあり、非対称性が示唆される。今後これらのplate shockの挙動とtail shockの非対称変形、これらのもとになると考えられる上流剪断層の乱流構造、そして結果として生じる音波の非対称波面の関係について更なる解析を行うことで、一貫した理解につながると考えている。

成果の発表先, 関連文献等

- [1] Ichikawa, G., et al., “Ray Tracing Analysis of the Sound from a Supersonic Jet Impinging on an Inclined Plate,” AIAA Paper 2024-2633, 2024.
- [2] 市川豪士, 小原丈, 赤嶺政仁, 寺本進, 岡本光司, “衝突ジェットのPlate shock下側の振動と音響波の関係の数値解析的・実験的な調査” 第44回流力騒音シンポジウム, 2024