

超音速衝突ジェットの影響効率測定

赤嶺政仁, 大山琢登, 上出紘瑛, 大森拓真, 沖竜空, 小原丈, 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10月28日から11月8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き、複雑な衝撃波構造が生じて乱流剪断層と干渉し、音波が発生する。この音の特性は、衝撃波や剪断層の特徴に応じて決まると考えられ、これらは衝突部の壁面角度やノズルから壁面までの距離に応じて複雑に変わる。さらに壁面での音波の反射等も起こり、結果として複雑な音響場が形成される。このような衝突ジェットの音響は、ロケット打上げ時に排気プルームが火炎偏向板へ衝突して生じる騒音のモデルとして調べられてきた。NASA SP-8072[1]では、音源の重要な特徴の一つとして音響効率という指標が用いられている。ジェットを囲む面を通る音響パワーとジェットのパワーの比として定義される値であり、ジェットの持つパワーのうち音として放射される割合を表す。SP-8072では、さまざまな壁面形状に対する音響効率の値が示されているが、この値は前述のように、ノズルから壁面までの距離によっても変化することが予想される。そこで本研究では、ノズルから壁面までの距離を変えたときに、音響効率がどのように変化するかを調べ、そのメカニズムを探ることを目的とした。

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 $D = 20 \text{ mm}$ 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-平板間距離を $5D$, $10D$, $15D$, $20D$ と変化させた。最大22本のマイクロホン(GRAS 40PL)からなるリニアアレイを2次元トラバース装置に取り付け、ジェットをおおよそ囲む面上の音圧分布を計測した。図1にテストセクションの写真を示す。

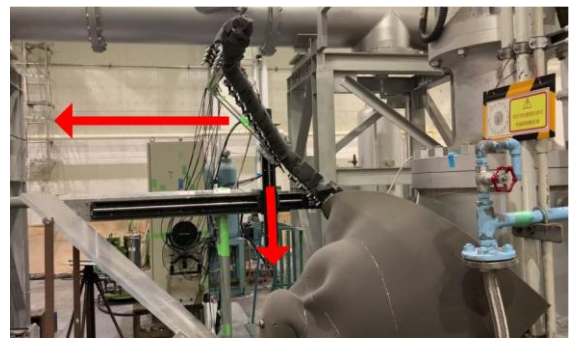


図1 マイクロホンアレイとテストセクション
(赤矢印はトラバース方向を示している)

結果と展望

過去の研究[2]を踏まえ、ジェット中心軸と平板の交点付近にコンパクトな音源があるものと考え、この点を中心とする球面と実測点の距離減衰を換算して、球面上の音圧レベル分布を求めた。いずれのノズル-平板間距離の場合にも三次元的な指向性が観察され、これまで主に筆者らの注目してきた対称面内よりも、やや側方により強い音波が放射されていることが分かった。さらに、これらの音の強さを球面上で積分して音響効率を算出したところ、ノズル-平板間距離 $10D$ 付近で音響効率が最も高くなることが分かった[3]。今後、このような傾向が現れるメカニズムについて、周波数ごとの三次元指向性等を元に詳しい検討を進める予定である。

成果の発表先, 関連文献等

- [1] Eldred, K. M., "Acoustic loads generated by the propulsion system," NASA SP-8072, 1971.
- [2] Akamine, M., et al., "Effect of Nozzle-Plate Distance on Acoustic Phenomena from Supersonic Impinging Jet," *AIAA Journal* **56**(5) 1943-1952, 2018.
- [3] 大山琢登, 赤嶺政仁, 寺本進, 岡本光司, "超音速衝突ジェット音響の三次元的指向性と音響効率の測定" 第44回流力騒音シンポジウム, 2024