

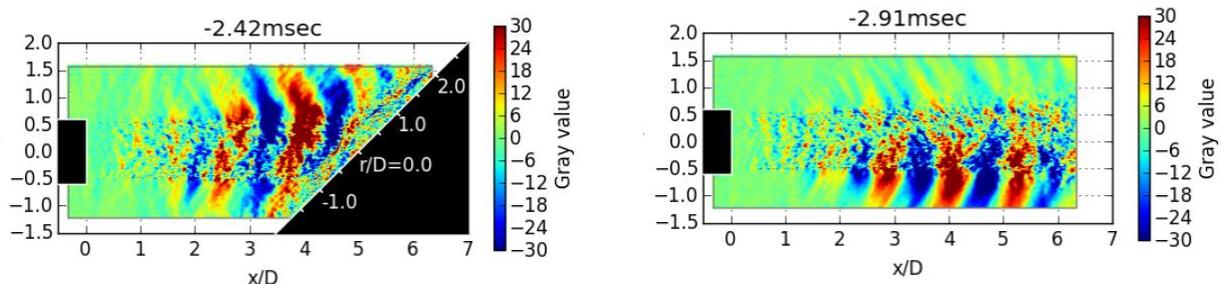
ノズル-平板間距離による斜め平板への超音速衝突噴流から生じる音響波の特徴の変化

赤嶺政仁, 岡本光司 (東大新領域), 寺本進, 奥抜竹雄 (東大工学系), 堤誠司 (JAXA)

実験期間: 平成 26 年 10 月 14 日から 10 月 17 日, 平成 27 年 1 月 5 日から 1 月 9 日

ロケット打上げ時には、ペイロードを振動させる非常に強い音響波が発生するが、これを生み出す原因の一つとして、地上の火炎偏向板へのエンジン排気噴流の衝突が考えられている。噴流の火炎偏向板への衝突の仕方、特に火炎偏向板形状を変化させた場合に、どのように音響波の様子が変化するか、またその変化がなぜ起こるのか、さらには実際にロケットへの音響波の影響が小さくなるような火炎偏向板形状はどのようなものかといった疑問を根本的に解決するため、音響波の発生メカニズム解明を目指した数値解析や実験がこれまでに行われてきた。特に柏風洞においては、これまで単純な45°斜め平板へ衝突するマッハ 1.8 適正膨張噴流 (ノズル-平板間距離 5D; ノズル出口径 $D = 20 \text{ mm}$) を対象として、噴流の衝突にともなって2種類の音響波が発生することを明らかにした[1]。これらの音響波は伝播方向が異なり、一方は斜め平板に沿って、もう一方は平板に対しほぼ垂直方向へ伝播する。前者は衝突前後の超音速剪断層から生じた、マッハ波とよばれる現象だと考えられている。一方、後者の垂直方向への音響波については、音源付近に存在する衝撃波が発生に関わっている可能性が考えられた。そこでノズル-平板間距離を広げ、よりマッハ数の低い下流で噴流を衝突させた場合に、衝撃波と音響波の強さとの間に相関が現れるか調べたが、衝撃波が観察できないほど弱まった場合に音響波の強さは最大となり、相関は見られなかった[2]。

そこで本研究では、音響信号をトリガとして可視化動画からの条件付抽出[3,4]を行い、ノズル-平板間距離によって抽出される流動現象の特徴がどのように変化するか調べた。ノズル-平板間距離5D (ノズル出口径 $D = 20 \text{ mm}$) と 15Dの場合に抽出された流動現象の様子をそれぞれ図 1a, b に示す。いずれの場合にも、噴流に沿って波面が移流し、平板に到達後音響波が発生する様子が抽出された。このことからノズル-平板間距離によらず、自由噴流部分で生じる密度変動が音響波発生に関係していることがわかった。一方で波面が強く観察される位置は、ノズル-平板間距離5Dの場合には噴流上側、ノズル-平板間距離15Dの場合には噴流下側と異なった。さらにこの違いはノズル-平板間距離6-7Dの間で切り替わるように観察された。したがって、ノズル-平板間距離によって発生が変わることが推察された。今後これらの変化が、音響波の強さの変化とどのように関係しているかを明らかにすることで、音響波の発生メカニズムの解明に迫ることができると期待している。



(a) Nozzle-plate distance 5D

(b) Nozzle-plate distance 15D

Figure 1 Flow phenomena extracted using conditional sampling from visualization movies with 250 triggers of 15 kHz components in acoustic signal[2]

参考文献

1. 中西佑太, 傾斜平板に衝突する適正膨張噴流から発生する音響現象に関する実験的研究, 平成 24 年度東京大学博士論文
2. Akamine, M., Nakanishi, Y., Okamoto, K., Teramoto, S., Okunuki, T., and Tsutsumi, S., "Experimental Study on Acoustic Phenomena of Supersonic Jet Impinging on Inclined Flat Plate," 52nd Aerospace Sciences Meeting, 2014, AIAA Paper 2014-0879
3. 赤嶺政仁, 超音速衝突噴流における音響波発生現象の条件付抽出解析, 平成 26 年度東京大学修士論文
4. 赤嶺政仁, 岡本光司, 奥抜竹雄, 寺本進, 堤誠司, 条件付抽出法を用いた超音速衝突噴流の音響・可視化画像解析, 第 55 回航空原動機・宇宙推進講演会, JSASS-2015-0036