

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

学生証番号 47136046 氏名 赤嶺 政仁
(指導教員 岡本 光司 准教授)

Key Words : Jet Noise, Supersonic Impinging Jet, Schlieren Visualization, Wavelet, Conditional Sampling

概要

本研究は、超音速衝突噴流から音響波が発生する現象を対象としている。この音響波はロケット打上時にエンジンの排気プルームが地上の火炎偏向板へ衝突する際に発生すると考えられ、搭載された人工衛星等を加振し破損させるおそれがある。この音響波の特徴はこれまで、単純な斜め平板へ衝突する適正膨張噴流を対象とし、数値解析[1-3]や実験[4]により調べられてきた([1,4]の条件は: マッハ1.8; ノズル径D, 20mm; 平板傾斜角, 45°; ノズル-平板間距離, 5D)。その結果、剪断層からのMach waveに加えて、衝突領域から平板に対しほぼ垂直方向への音響波が発生することが明らかになったが、その発生に関係する流動現象の特定には至らなかった。さらに、音響波の発生が間欠的に起こっていることを示唆する結果や、よりマッハ数の低い噴流の下流で衝突をさせた場合に音響波が強まることを示す結果が得られ、間欠性を取り扱える新たな手法で音響波と関係した流動現象を抽出して観察し、またノズル-平板間距離を変化させた場合の特徴の変化を詳細に調べることが期待された。

そこで本研究では、斜め平板への超音速衝突噴流における音響波について次の点を調べることを目的とし、先行研究[4]の条件の衝突噴流を用いて実験を行った。まず(A) ウェーブレット変換により音響波の間欠的な発生を確認する。次に(B) 音響信号をトリガとして条件付抽出を行い、音響波発生と同時に発生する流動現象を抽出する。さらに(C) ノズル-平板間距離の変化により、抽出された流動現象の様子が変化するか調べ、最後に(D) 抽出された流動現象が、自由噴流でも発生するか検討する。

これらを行った結果、次の結論が得られた。まずノズル-平板間距離5Dの場合に音響信号に対しウェーブレット変換を行った結果、各周波数成分の振幅は間欠的に強まることが分かった。これらをトリガとし、シュリーレン法で同時に可視化撮影した噴流付近の密度変動から条件付抽出を行った結果、Fig. A(a)のように噴流に沿って密度変動が移流の様子が抽出され、それらが平板に到達後Fig. A(b)のように波面が発生する様子が抽出された。また壁圧信号からの条件付抽出により、これらの密度変動は噴流内部の圧力変動を伴っていることも分かった。ノズル-平板間距離を変化させた場合にも同様の密度変動が抽出されたが、その位置はノズル-平板間距離7D以上の場合に噴流の下側へ変化した。さらに、可視化動画の輝度値時間履歴のスペクトルの比較から、ノズル-平板間距離10D以上の場合には、密度変動の生じ方は自由噴流と同等のものであることが分かった。

[1] Tsutsumi et al.(2011) AIAA paper 2011-2922

[2] Tsutsumi et al.(2014) AIAA paper 2014-0882

[3] Nonomura et al.(2011) *Int'l J. Aeroacoustics*, 10(4) 401-426

[4] 中西(2013) 東京大学博士論文

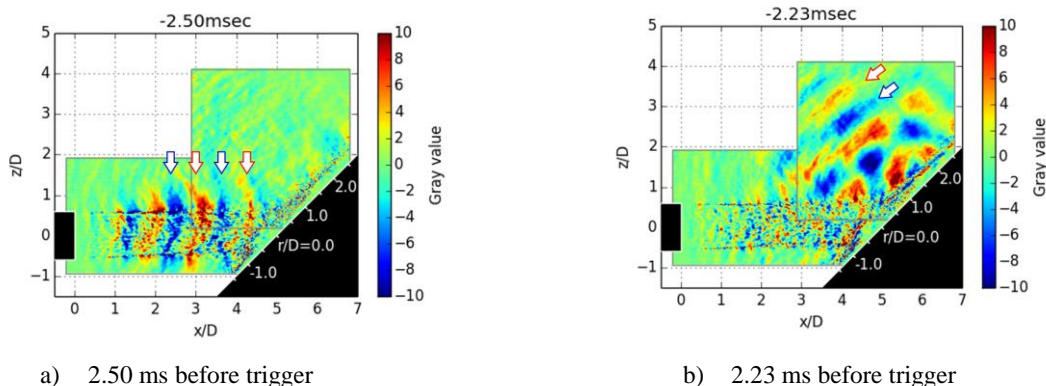


Fig. A Averaged schlieren images (Nozzle-plate distance, 5D; frequency of trigger, 15 kHz; number of samples, 298)