

空力音響現象の光学計測データからの情報抽出

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 1 月 10 日から 1 月 14 日, 1 月 17 日から 1 月 21 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。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指摘されているが、この流動現象の様子は直接目で観察することはできない。そこでこれまでシュリーレン法により光学的に密度変動を可視化して、音響波が発生する様子の観察を試みてきた。本研究で対象とする 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  $D = 20 \text{ mm}$ ) を可視化撮影した画像の例を図 1 に示す。流れの周りに多くの波面が観察できるが、これらと流れとの関係をこの画像から議論することは困難である。そこで、音響波と対応する周波数で生じている流動現象を抽出するために可視化動画の位相平均を試みたが、特定の流動現象の様子を観察することはできなかった。その理由として、位相平均では現象の周期性を仮定していること、つまり実際には音響波は間欠的に発生していることが考えられた。

そこで本研究では、間欠的だと考えられる音響波の発生に関わる流動現象の様子を、可視化動画から抽出することを目的とした[1,2]。柏風洞において、45°斜め平板へマッハ 1.8 適正膨張噴流 (ノズル-平板間距離5D; ノズル出口径 $D = 20 \text{ mm}$ ) を衝突させ、マイクロホンによる音響計測と、シュリーレン法により可視化した流れの密度変動の高速度カメラによる動画撮影を同時に行った。まず音響信号に対してウェーブレット変換を行った結果から、音響波の各周波数成分は間欠的に生じていることが確認された。このうち最も検出回数が多い 15 kHz 成分をトリガとして、可視化動画から条件付抽出を行った結果、噴流にそって密度変動が移流し(図 2a)、これが平板に到達した後、平板に対し垂直方向(マイクロホンの設置された方向)へ波面が発生する様子が観察された(図 2b)。伝播速度や波長から図 2b の波面はマイクロホンで計測される音響波と同等のものであると考えられ、また図 2a の密度変動は音響波の発生と関係のある流動現象だと考えられる。この結果からはさらに密度変動の移流速度や角度等の情報が得られた。以上から、本手法を用いることで、音響波の発生に関わる流動現象の情報を光学計測データから抽出できることが分かった。今後も本手法は、音響波を発生させる流動現象を特定するために、空間的な構造や移動・変形の様子などを抽出していく上で有効であると期待できる。

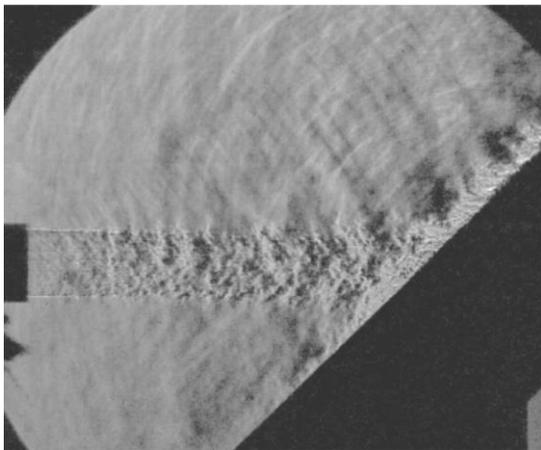
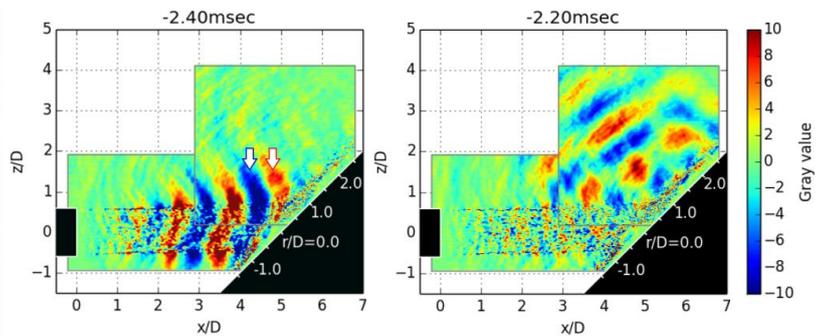


Figure 1. Instantaneous schlieren photograph of supersonic impinging jet (Nozzle-plate distance, 5D)



(a) 2.4 ms before trigger (b) 2.2 ms before trigger

Figure 2. Flow phenomena extracted using conditional sampling from visualization movies with 289 triggers of 15 kHz components in acoustic signal[2]

参考文献

1. 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
2. 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