

## 超音速ジェット周りに発生するノイズの周波数解析 Frequency analysis of noise around supersonic jet

畠中 和明<sup>1\*</sup>, 柴田直人<sup>1</sup>, 齋藤務<sup>1</sup>  
Kazuaki Hatanaka<sup>1\*</sup>, SHIBATA, Naoto<sup>1</sup>, SAITO, Tsutomu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 室蘭工業大学

<sup>1</sup>Muroran Institute of Technology

ノズルから不足膨張の状態で噴出される超音速自由噴流周囲には、乱流混合ノイズ、スクリーチトーン、広帯域ショック関連ノイズの三種類のノイズが発生することが知られている [Tam, 1995]。特にスクリーチトーンは特定周波数に非常に強いピークを持ち、騒音やノズル近傍構造物の音響疲労破壊といった問題を引き起こすため、Pawell[1953]によってその存在が報告されてから、ノイズの発生条件やその振幅・周波数特性に関する実験的・数値解析的研究が多数行われ、現象の解明が進められている。スクリーチトーンは、ノズル圧力比が2~6程度のショックセル構造を伴う噴流で主に発生するため、ノイズに関する研究もこの圧力比範囲で行われることが多く、ノイズの観測にはマイクロフォンがよく用いられる。本研究では、より高い圧力比範囲を対象とした実験的研究を行う。音響場の測定にはマイクロフォンに加えて、密度場の可視化画像を解析する手法を用い、その有用性を調べることを目的とする。

実験装置として、大気開放された出口径5mmの円形ノズルに高圧エアシリンダーから空気を供給する配管系を構築した。高圧空気はレギュレータで圧力調整され、ノズル上流に圧力変換器を設置した。ノズル下流にコンデンサマイクロフォン(RION UC-54)を設置し、騒音計(RION UN-14)を通してPCにてデータ収集を行った。ノズル形状としてストレート、拡大、収縮の三種類について実験を行った。さらに、画像解析を行うための可視化手法にシュリーレン法を用いて観測を行った。噴流周囲の音響場を感度よく捉えるため、光学系には、レンズを2枚使用して平行光を作り出す通常の手法に比べて密度変化に対する感度が4倍となるダブルパッセージ方式を採用した。

可視化画像からは、圧力比2~6において、噴流中のある一点を中心とした同心円状の明暗の縞が明瞭に観測された。縞の間隔と音速から求めた周波数は、マイクロフォンで観測したスクリーチの周波数とよく一致することが確認され、画像解析手法の有効性が確認された。

圧力比の上昇に伴い、スクリーチの周波数は低くなるのと同時に音圧レベルも下がり、本実験では圧力比が6を超えると周波数空間での明確なピークが確認できなくなった。しかし可視化画像では、ノズル出口付近から斜め上方向に指向性を持つ音波が発生しているのが確認された。この音波の周波数を調べると、本実験で使用したマイクロフォンでは検出できない高周波数帯であることが分かった。可視化画像で解析を行った結果、この音波の周波数は圧力比に関して明確な傾向を持たず、広い周波数帯域に広がっていることが分かった。これらの周波数特性や音波の指向性は、乱流混合ノイズの特徴と一致する。

本研究では、超音速自由噴流周りの音響場について、マイクロフォンによる音響解析及び可視化画像を使用した周波数解析を行った。スクリーチトーンの測定で両者の解析結果は良い一致を示し、画像解析が噴流周りの音響場を調べる際に有効な手段であることを示した。また、高い圧力比の噴流音響場について、マイクロフォンで検出できない高い周波数を持つ音波に画像解析を適用し、その特性を調べた。その結果、指向性や周波数特性から、乱流混合ノイズと見られるという結論を得た。

キーワード: 超音速自由噴流, ジェットノイズ, 周波数解析

Keywords: Supersonic free jet, Jet noise, Frequency analysis