

## 超音速流中に垂直に噴出する音速噴流の特性

## Characteristics of Sonic Jets Normally Injected into Supersonic Flow

正 新井 隆景, 正 笠原次郎 (室蘭工大), ○学 咲間 文順, 何 斐 (室蘭工大),  
正 溝端 一秀, 正 杉山 弘 (室蘭工大)

Takakage ARAI, Jiro KASAHARA, Fuminori SAKIMA, Fei HE,  
Kazuhide MIZOBATA, Hiromu SUGIYAMA

Muroran Institute of Technology,  
Muroran Hokkaido 050-8585, Japan

Key Words: *Supersonic Flow, Jet, Supersonic Mixing, Boundary Layer/Shock Wave Interaction, Scramjet Engine*

## 1. 緒言

スペースプレーン用エンジンとして、スクラムジェットエンジンの使用が有力視されている。しかし、その実現には、超音速混合<sup>(1),(2)</sup>など、多くの問題がある。超音速混合層の評価として、円孔ジェットのマッハディスクの中心点と、その中心位置との垂直位置の差を取る、貫通高さがある。本研究で、我々は、貫通高さが、円孔ジェットの動圧と主流の動圧の比 (円孔ジェットと主流の運動量流束比) で整理可能であることを示した。

## 2. 実験装置および実験条件

本実験では、マッハ数が2および4で作動する、吹出し吸込み式超音速風洞を用いた。主流中に、幅 (流れに垂直方向) 60mm, 長さ (流れ方向) 115mm, 厚さ 10mm の上流側がくさび状をした平板を設置した。平板上には、上流 35mm の位置に、直径 3mm の音速円孔ノズルを設置し、そこから、円孔ジェット (窒素もしくはヘリウム) を主流に対して垂直に噴射した。流れの可視化はシュリーレン法により行った。

## 3. 実験結果および考察

我々は、Schetz<sup>(3)</sup>らと Billig<sup>(4)</sup>らが整理した、過去の超音速流に噴出する円孔ジェットの実験結果を認め、実効背圧の運動量流束比  $J$  への弱い依存性<sup>(5),(6)</sup>がわかっていることより、値  $n$  は実効背圧への依存性を示す値、 $\alpha$  は流体における実効背圧、円孔ジェットの出口静圧と、 $h/d$  の関係より示される数とし、整理した結果、次のように  $J$  と  $h/d$  の関係式を導き出した。

$$\frac{h}{d} \propto J^{(1-n)\alpha}$$

この式より、 $h/d$  の  $J$  に対する両対数グラフを描いた場合、その傾きから、 $(1-n)\alpha$  を決定できる。Fig.1 に示したのは、円孔ジェットが窒素の場合の、 $h/d$  の  $J$  に対する両対数グラフである。その結果、 $M_1=2$  の時、 $(1-n)\alpha=0.66$ 、また、 $M_1=4$  の時、 $(1-n)\alpha=0.46$  であった。静止気体中への円孔ジェットの噴射の場合、 $\alpha=0.5$  とおけるので、 $(1-n)\alpha$  において、 $\alpha=0.5$  を代入して、 $n$  を求めると、 $M_1=2$  の時、 $n=-0.32$ 、 $M_1=4$  の時、 $n=0.08$  となった。ヘリウムでも同様の傾向が見られた。 $M_1=2$  の時、 $n$  の値は負であるが、これは、 $J$  の値が大きくなるにつれて、実効背圧が小さくなることを示している。これは、 $J$  の増加にともなって、亜音速である境界層を伝わってより強い擾乱が上流側に伝わって上流側に伝播

し、境界層の厚みを増し、より衝撃波角の小さい離脱斜め衝撃波を発生させる。結果として、ジェット前方において、垂直衝撃波に比べて、圧力の上昇は穏やかになり、かつ最高圧力は小さくなる。その結果、ジェットまわりの背圧が下がり、ジェットはより不足膨張し、貫通高さは大きくなるためと考えられる。

## 4. 結論

本研究で得られた結果は以下の通りである。

1. 貫通高さを運動量流束比で整理した結果、過去の研究と一致し、この仮定の妥当性を確認した。
2. 運動量流束比が増加するにつれて、実効背圧が減少すること、噴流前方の境界層との関連性について議論を行った。

## 参考文献

- (1)本木ら, 第 39 回航空原動機・宇宙推進講演会, 1999, pp.371-376.
- (2)S. Aso, et. al., ISABE 93-7117,1993,1192-1201.
- (3)J. A. Schetz, et. al., AIAA J. Vol.5, No.5, 1967, pp.882-884.
- (4)F. S. Billig, et. al., AIAA J. Vol.9, No.6, 1971, pp.1048-1058
- (5)D. E. Everette, et. al., "Journal of Propulsion and Power," Vol.14, No.6, 1998, pp.861-868.
- (6)M. R. Gruber, et. al., "Journal of Propulsion and Power," Vol.15, No.5, 1999, pp.633-641

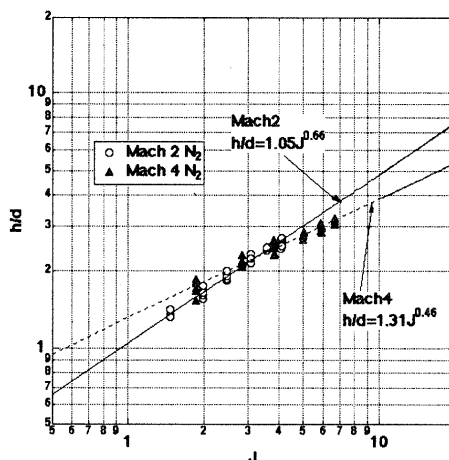


Fig.1 Correlation of the jet-to-freestream momentum flux ratio with the penetration height