超音速不足膨張衝突噴流の自励振動に及ぼす半円形プレートの影響

Effect of Semi-Circular Plate for Self-Induced Flow Oscillation in Underexpanded Supersonic Impinging Jet

○正 安信 強 (北九州高専) 山野 亮 (北九州高専・学) 正 乙部由美子 (北九州高専)
正 櫻村 秀男 (北九州高専) 正 瀬戸口俊明 (佐賀大)

Tsuyoshi Yasunobu, Kitakyushu College of Technology, Shii, Kokuraminamiku, Kitakyushu, 802-0985, Japan.
Ryou Yamano, Kitakyushu College of Technology, Shii, Kokuraminamiku, 802-0985, Japan.
Yumiko Otake, Kitakyushu College of Technology, Shii, Kokuraminamiku, 802-0985, Japan.
Hideo Kashimura, Kitakyushu College of Technology, Shii, Kokuraminamiku, Kitakyushu, 802-0985, Japan.
Toshiaki Setoguchi, Saga University, Honjo, Saga, 840-8502, Japan.

Key Words: Compressible Flow, Mach Disk, Barrel Shock, Flow Oscillation, Flow Visualization

1. はじめに

超音速噴流と物体が干渉する際、特定の条件下における噴流中の衝撃波の自励振動現象⁽¹⁾があり、衝撃波が流れ方向に振動し、流れ場内に圧力変動が生じるため、例えば高圧配管中のバルブで自励振動が発生すると騒音や振動の原因となるため、工業的にも重要な問題となる。本研究では、超音速不足膨張噴流が円柱体に干渉するときの自励振動に対する半円形プレートの振動抑制効果について、円柱体の設置位置や流れ場の圧力比を変化させて主として実験により調査することを目的とする。

2. 実験および数値解析方法

本実験では、出口マッハ数 $Me=1$ 、出口直径 $D=4\text{mm}$ の先端ノズルと、無次元直径 $d_c/D=3$ の円柱体を使用し、空気を作動気体として用いた。また、ノズル出口から円柱体までの無次元距離を $x_c/D=2\sim7$ 、貯気圧 p_0 と背圧 p_b との圧力比 $\phi (=p_0/p_b)$ を $2\leq\phi\leq20$ の範囲で変化させ、半円形プレートについては半径が 5mm で厚さを 1mm と 2mm の2種類とし、設置位置を $x_p/D=0\sim2$ の範囲で変化させた。さらに計測については、シュリーレン法による流れ場の可視化と、円柱体表面に圧力センサを設置し、自励振動時の圧力変動を計測した。

次に数値解析は、自励振動時の波動構造などを調べることを目的とし、半円形プレートを設置しない場合について行なった。流れの基礎方程式は2次元軸対象の圧縮性非定常のオイラー式であり、TVD法⁽²⁾を用いて数値解析を行なった。

3. 結果と考察

半円形プレートが自励振動の周波数に及ぼす影響を Fig.1 に示す。図(a)は Standoff shock wave のピーク周波数 f_{p1} 、図(b)はマッハディスクのピーク周波数 f_{p2} についてそれぞれ示している。図(a)において、特に $x_p/D=1$ と 2 の場合には $\phi\geq10$ の領域で f_{p1} が観察されない、すなわち自励振動が抑制されており、本研究の場合には、Standoff shock wave の振動に対しては圧力比が比較的高い領域で半円形プレートの効果が現れるといえる。

次に図(b)においても特に $x_p/D=0$ において $\phi\leq13$ の領域で自励振動が抑制されており、マッハディスクの振動に対しても半円形プレートの効果が現れている。このような圧力比に対する依存性は、フィードバックループの観点から見ると自励振動の周波数が圧力比により変化するために音波の波長も変化し、波長と半円形プレートの設置位置との相対的な

関係が変わるためだと考えられる。

(a) Peak frequency f_{p1}

(b) Peak frequency f_{p2}

Fig. 1 Relation between the peak frequency f_p and pressure ratio ϕ using semicircular

参考文献

- (1) Jungowski, W. M., Prog. Aerospace Sci., 18, (1978), p.151-175.
- (2) Yee, H. C., NASA TM 89464, (1987), p.1-127.