軸対称不足膨張噴流における噴流境界とマッハディスクの特性

Characteristics of Jet Boundary and Mach Disk of Under-Expanded Axisymmetric Air Jet

○ 正 乙部由美子 (北九州高専) 正 樫村秀男 (北九州高専)
正 松尾 繁 (佐賀大) 学 田中征将 (佐賀大院) 正 瀬戸口俊明 (佐賀大)

Yumiko OTOBE, Kitakyushu National College of Technology, 5-20-1 Shii, Kokuraminami-ku, Kitakyushu 802-0985
Hideo KASHIMURA, Kitakyushu National College of Technology, 5-20-1 Shii, Kokuraminami-ku, Kitakyushu 802-0985
Shigeru MATSUO, Saga University, 1, Honjo, Saga 840-8502
Masanori TANAKA, Saga University, 1, Honjo, Saga 840-8502
Toshiaki SETOGUCHI, Saga University, 1, Honjo, Saga 840-8502

Key Words: Compressible Flow, Supersonic Jet, Mach Disk, Nozzle Geometry, Jet Boundary

1 まえがき

超音速噴流の多くは、マッハディスク、バレル衝撃波、反射衝撃波などを含む不足膨張噴流であり、本研究では音速ノズルから発生する超音速噴流中で、そのノズル形状の影響を受けることが知られた⁽¹⁾マッハディスクの直径と噴流境界の傾きとの関係を数値計算により明らかにした。

2 数値計算方法

流れの中心軸方向を x 、半径方向を r とする円筒座標系 $(x-r)$ における非粘性非定常圧縮性軸対称オイラー方程式を一般座標系 $(\xi-\eta)$ に変換し、三次精度TVD有限差分スキーム⁽²⁾を用いて計算を行なった。供試モデルとしてConvergingノズル (N1)、Sharp-Edgedノズル (N2)、Sharp-Edgedオリフィス (N3) の3種類を用いた。

なお、気体の比熱比 κ は 1.4 とし、貯気圧 p_0 と背圧 p_b の比を示す圧力比 ϕ は 5.5, 7, 8, 9, 10, 12 の場合を計算した。

3 結果および考察

ノズル出口近傍の噴流の形状は縮流の有無などノズル形状により大きな違いがある。その状態を詳しく調べるため、Fig.1 の (b) に示すように速度ベクトルの角度 θ ($=\tan^{-1}v/u$) の半径方向における変化をグラフ化した。図中の (b) は (a) に示す噴流の断面位置 $x = x_1$ における半径方向の圧力 p 、速度 U の x 成分 u 、および速度 U の傾き θ の変化を

示している。 θ が最大値 θ_A となる A' の半径方向変位は r_A で、その噴流中の位置は A とした。また同様に θ が値 θ_B となる B' の半径方向変位を r_B 、噴流中の位置を B とした。 A は噴流境界に一致し、 B はバレル衝撃波に一致した。噴流境界の傾きである θ_B から最大値 $\theta_{B,max}$ を求めマッハディスクの直径 D_m との関係を求めた。

4 結論

本研究により得られた結果は次のとおりである。

- (1) 速度ベクトルの角度の半径方向における最大点 A はバレル衝撃波に一致し、偏極点 B は噴流境界に一致する。
- (2) 速度ベクトルの角度 θ_B は噴流境界の傾斜と一致し、軸方向における最大角度 $\theta_{B,max}$ が存在する。
- (3) 最大角度 $\theta_{B,max}$ とマッハディスクの直径 D_m の関係は、ノズルの形状に依存しない。
- (4) ノズルモデル N1, N2, N3 に関して、圧力比 5.5, 7, 8, 9, 10, 12 においては、最大角度 $\theta_{B,max}$ とマッハディスクの直径 D_m/D_c の関係を表す回帰方程式は $D_m/D_c = 0.06359 \theta_{B,max} - 0.5435$ で、相関係数は 0.9732 である。

参考文献

- (1) Addy, A. L., AIAA J., Vol. 19, No. 1 (1981), pp. 121-122.
- (2) Yee, H. C., NASA TM-89464, 1989.

Fig.1 Schematic explanation of slopes of velocity vector θ_A and θ_B

Fig.2 Relationships between $\theta_{B,max}$ and D_m