B114 先細ダクトにおける複合圧縮流れの可視化

与那嶺 牧子[○] (九大院), 權 眞卿 (九大院), 宮里 義昭 (九大)

片野田 洋 (北九大), 益田 光治 (九大), 松尾 一泰 (九大)

Visualization of Compound Compressible Flows in Converging Ducts

Makiko YONAMINE, Jin-Kyung, KWON, Yoshiaki MIYAZATO,

Hiroshi KATANODA, Mitsuharu MASUDA, and Kazuyasu MATSUO

ABSTRACT

The compound choking phenomena by confluence of two subsonic streams flowing in the same converging duct were experimentally investigated by the optical observations as well as the pressure measurements. A criterion for the compound choking is shown and discussed. Also, the experimental data are compared with the results calculated by using an inviscid one-dimensional model.

Keywords: Compressible Flow, Compound Choking, Converging Duct, Schlieren Method

1. まえがき

単一の気体先細ノズルを通して背圧まで膨張する場合の閉塞については、一次元的取り扱いが確立されている¹⁾。一方、速度の異なる二つの流れが先細ノズルに平行に流入して背圧まで膨張する場合も、二つの流れの貯気圧を一定にし、背圧をある圧力まで下げると閉塞する。このような流れの閉塞を複合閉塞²⁾といい、単一流れの閉塞とは異なる特徴を示す。本研究は、先細ダクトを通る二つの亜音速流れによって生じる複合閉塞をシュリーレン法による可視化と圧力測定によって調べた。特に、複合閉塞が起こる条件を実験的に明らかにしたので、その結果について報告する。

2. 実験装置と方法

実験装置の模式図を図 1 に示す。二つの圧縮機によってそれぞれの貯気槽に蓄えられた高圧の乾燥空気は、上部及び下部の手動バルブを通してよどみ状態になり、ダクト入口で合流し、先細ダクト、一定断面積ダクト、後部集合洞を経て大気へ開放される。ダクト入口の高さは、上部、下部ともに 20mm、ダクトの長さは 155mm、ダクト出口高さは 20mm で、ダクトの上壁と下壁は入口から出口まで直線壁となっている。また測定部の幅はすべて 80mm である。図 1 に示す破線部分は、シュリーレン法による流れの可視化のための光学ガラスの範囲を示す。圧力測定は、ダクト上流の上部集合洞のよどみ圧力 p_{01} と下部集合洞のよどみ圧力 p_{02} 及びダクト出口の

静圧 p_e の 3 点で行った。

3. 実験結果と考察

3. 1 流れの可視化

先細ダクト上流の上部集合洞のよどみ圧力 p_{01} に対する下部集合洞のよどみ圧力 p_{02} の比 ϕ ($\equiv p_{02}/p_{01}$) が 0.9 のときの先細ダクト内の流れ場を図 2 に示す。ただし、ナイフエッジの向きは流れ方向に垂直である。3.2 節で述べる複合閉塞の条件を考慮すると、図 2(a)の流れは複合閉塞しておらず、図 2(b)の流れは複合閉塞している。すなわち、複合閉塞している流れでは、先細ダクト出口下流にほぼ上下対称な衝撃波が観察される。

3. 2 複合閉塞の条件

p_{01} と後部集合洞の圧力 p_a の比 p_{01}/p_a と先細ダクト出口静圧 p_e に対する p_{01} 及び p_{02} の比 p_{01}/p_e 、 p_{02}/p_e の関係を図 3 に示す。ただし $\phi=0.9$ であり、図中の(a)と(b)は、図 2 の(a)と(b)の写真の条件にそれぞれ対応する。 p_{01}/p_a が約 1.75 まで増加するにつれ p_{01}/p_e と p_{02}/p_e はそれぞれ約 1.9 と 1.7 まで直線的に増加するが、これよりさらに p_{01}/p_a が増加すると、図 3 の右側の縦軸に左向き矢印で示すように、 p_{01}/p_e と p_{02}/p_e は、 p_{01}/p_a にほとんど無関係にそれぞれ $(p_{01}/p_e)_{ch} =$ 約 1.96 と $(p_{02}/p_e)_{ch} =$ 約 1.74 の一定値となる。これは先細ダクト上流の流れが先細ダクト下流の流れ場と独立になり、流れが複合閉塞していることを示す。複合閉塞したときの圧力比 $(p_{01}/p_e)_{ch}$ と $(p_{02}/p_e)_{ch}$ の ϕ に対する変化を図 4 に示す。実線は非粘性一次元理論による計算値を示す²⁾。計算値と実験値は、 ϕ が約 0.8

以上ではほぼ一致しているが, ϕ が約 0.8 以下では二つの流れの混合の影響によってずれてくる。

きの先細ダクト上流のよどみ圧力と先細ダクト出口静圧の関係を実験的に明らかにした。

4. あとがき

先細ダクトを通る二つの超音速流れの合流によって生じる複合閉塞を実験的に調べた。その結果, 流れが複合閉塞するときには先細ダクト下流に, ほぼ上下対称な衝撃波が観察されることがわかった。また複合閉塞すると

参考文献

- 1) 松尾一泰 : 圧縮性流体力学, (1994) p.65, 理工学社
- 2) Bernstein, A., Heiser, W. H., and Hevenor, C. : Compound-Compressible Nozzle Flow, Trans.ASME,J.Applied Mechanics, Vol.34, (1967) p.550.

Fig.1 Schematic of experimental apparatus

Fig.2 Typical schlieren photographs of compound compressible duct flows, $\phi = 0.9$

Fig.3 Relationship between plenum pressures and static pressure at duct exit ($\phi = 0.9$)

Fig.4 Compound choking conditions