

正方形ダクト内の擬似衝撃波の構造と振動現象

An Experimental Study on the Structure and Oscillation Phenomena of Pseudo-Shock Waves in a Square Duct

○ 学 武藤 洋平 (室蘭工大・院) 正 杉山 弘 (室蘭工大)
 正 溝端 一秀 (室蘭工大) 正 湊 亮二郎 (室蘭工大)
 学 孫 立群 (室蘭工大・院) 学 東條 啓 (室蘭工大・院)
 学 王 東屏 (室蘭工大)

Yohei MUTO, Muroran Institute of Technology, 27-1, Mizumoto, Muroran, 050-8585

Hiromu SUGIYAMA, Muroran Institute of Technology

Kazuhide MIZOBATA, Muroran Institute of Technology

Ryojiro MINATO, Muroran Institute of Technology

Liquin SUN, Muroran Institute of Technology

Akira TOJO, Muroran Institute of Technology

Dongping WANG, Muroran Institute of Technology

Key Words: Supersonic Internal Flow, Pseudo-Shock Wave, Shock Wave/Boundary Layer Interaction, Color Schlieren Photography, Shear-Sensitive Liquid Crystal

1. 緒 言

流路内において流れが超音速から亜音速に減速する際に発生する衝撃波は、流路壁面の乱流境界層と干渉し、擬似衝撃波 (pseudo-shock wave) ⁽¹⁾⁽²⁾ を形成する場合がある。擬似衝撃波を伴う流れは、スクラムジェットエンジンの分離部や超音速ディフューザ等に現れ、圧力変動を伴い、騒音や振動、流路の疲労破壊等の原因となるため、擬似衝撃波の構造と特性の解明を行うことは工学上重要である。

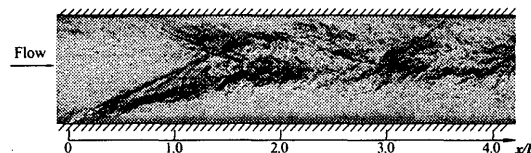
本研究では、吹出し吸込み式超音速風洞を用いて、マッハ4 擬似衝撃波を発生させ、その構造等を、カラーシュリーレン法による流れ場の可視化、およびせん断力感応液晶を用いた壁面せん断応力の定性的な可視化を行い、調べた。

2. 実験結果

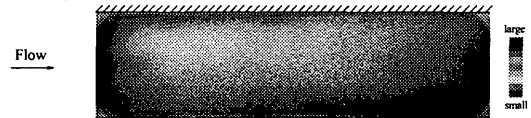
Fig.1 に実験結果の一部を示す。Fig.1 (a) はマッハ4 擬似衝撃波のシュリーレン写真、Fig.1 (b) は側壁面に働くせん断応力の定性的な可視化結果である。Fig.1 (c) は、(a)、(b) を重ね合わせたものである。せん断力感応液晶は、表面に働くせん断応力が零、もしくは非常に小さい部分で赤色を示し、せん断応力が大きくなるにつれて緑色、青色へと変化する。

Fig.1 (a) のシュリーレン写真より、マッハ4 擬似衝撃波の先頭衝撃波の形状は、中心に垂直部分を持たない上下非対称なX型となっている。また先頭衝撃波直後には、特に下壁面上では広範囲にわたる離領域が存在している。

Fig.1 (b) および (c) とシュリーレン写真との比較により、先頭衝撃波直後から上壁側と下壁側にそれぞれ存在する赤色の領域は、はく離領域に対応していると考えられる。これにより、上壁側に存在するわずかなはく離領域、および下壁側に存在する大きなはく離領域では小さなせん断応力が生じていることがわかる。また、シュリーレン写真における高速流領域に対応する領域は青色で示され、はく離領域と高速流領域の間のせん断層に対応する部分は緑色で示されており、それぞれ大きなせん断応力、やや小さなせん断応力が生じていることがわかる。また、高速流領域に対応する大きなせん断応力が生じている青色の領域は、先頭衝撃波通過後に上壁側に偏った形となり、下流方向に広範囲に存在している。



(a) Schlieren photograph of the Mach 4 pseudo-shock wave



(b) Liquid crystal visualization of shear stress on the side wall



(c) Composite of photographs of (a) and (b)

Fig.1 Schlieren photograph of the Mach 4 pseudo-shock wave and liquid crystal visualization of shear stress on the side wall

3. 結 言

マッハ4 擬似衝撃波の構造と擬似衝撃波内の壁面せん断応力を調べた。その結果を要約すると以下のようになる。

- (1) マッハ4 擬似衝撃波の先頭衝撃波は中心に垂直部分を持たない上下非対称なX型となり、先頭衝撃波後方には大きなはく離領域が存在する。
- (2) 側壁面に生じるせん断応力は、高速流領域に対応する領域で大きく、はく離領域に対応する領域では小さい。
- (3) 上壁面に働くせん断応力は、はく離領域に対応する領域では小さい。また、下流側では、中央部のせん断応力の大きな領域を囲むせん断応力のやや小さな領域が存在する。

参考文献

- (1) Matsuo, K., Miyazato, Y., and H.D. Kim: Progress in Aerospace Science, 35, (1999), pp. 33-100.
- (2) 杉山・福田・溝端・遠藤・孫・新井, 衝撃波を伴う超音速内部流動に関する研究, 日本機械学会論文集(B 編), 68-676 (2002, 12), pp. 3295-3301.