

衝撃波を伴う超音速内部流動に関する研究 (マッハ4 擬似衝撃波の実験)

Investigation on Supersonic Internal Flows with Shock Waves (Experiments of the Mach 4 Pseudo-Shock Waves)

○ 学 東 條 啓 (室蘭工大・院) 正 杉 山 弘 (室蘭工大)
正 溝 端 一 秀 (室蘭工大) 正 福 田 浩 一 (室蘭工大・院)
学 孫 立 群 (室蘭工大・院) 学 広 島 敬 之 (室蘭工大・院)

Akira TOJO, Muroran Institute of Technology, 27-1, Mizumoto, Muroran 050-8585
Hiromu SUGIYAMA, Muroran Institute of Technology
Kazuhide MIZOBATA, Muroran Institute of Technology
Koichi FUKUDA, Muroran Institute of Technology
Liqun SUN, Muroran Institute of Technology
Takayuki HIROSHIMA, Muroran Institute of Technology

Key Words: Pseudo-Shock Wave, Shock Wave/Boundary Layer Interaction, Supersonic Internal Flow, Color Schlieren Photography, PIV Measurement

1. まえがき

流路内で流れが超音速から亜音速へ減速する際に発生する衝撃波は、流路壁面境界層と干渉し、複雑な衝撃波システム、いわゆる擬似衝撃波 (pseudo-shock wave) ⁽¹⁾⁽²⁾ を形成する。擬似衝撃波を伴う流れは、超音速ディフューザやスクラムジェットエンジンの分離部等で発生し、圧力変動を伴い、騒音や振動、流路の疲労破壊等を引き起こす場合があるため、擬似衝撃波の構造や特性に関して研究することは、これらの機器の設計・運転と関連し工学上重要である。

本研究では、吹出し吸込み式超音速風洞を用いて、正方形ダクトの中流位置に擬似衝撃波を発生させ、マッハ4 擬似衝撃波を伴う流れ場の3次元的な構造を、カラーシュリーレン法による流れ場の可視化、壁面に沿った油膜流れの観察、粒子画像流速測定法 (particle image velocimetry: PIV) による流速分布測定により調べた。

2. 実験とその結果

測定部である正方形ダクトの中流位置に発生させたマッハ4 擬似衝撃波を伴う流れ場の構造を、シュリーレン法による流れ場の可視化、壁面近傍の油膜流れの観察、PIVによる流路奥行き方向5断面における流速分布測定を行ない調べた。

Fig.1 に奥行き方向の各断面における流速分布を、奥行き方向に内挿補間⁽³⁾して求めたマッハ4 擬似衝撃波内部の流速分布の主流 (x 軸) 方向変化を示す。この図には、壁面近傍の油膜流れの観察により得た離領域も併せて示す。

Fig.1 より、流路中心部の高速流は、流路中央断面に関しほぼ対称で、奥行き方向 (z 軸方向) にあまり変化しない2次元的な流れであることがわかる。下流に行くにつれ、高速流の領域は縮小し、はく離せん断層の領域は拡大するが、これは、高速流とはく離せん断層内の低速流の混合が進んでいることを示している。また、高速流は上壁側に片寄った上下非対称流れとなることがわかる。Fig.1 に示すように、下壁側に生じるはく離領域の範囲は大きく、再付着線はU字形状となる。

3. まとめ

正方形断面を有するダクト内に発生させたマッハ4 擬似衝撃波を伴う流れ場の構造を、カラーシュリーレン法による流れ場の可視化、壁面に沿う油膜流れの観察、PIVによる流速

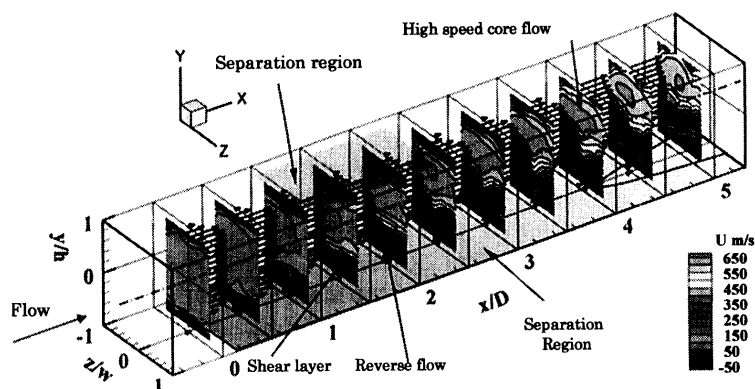


Fig.1 Flow structure of the Mach 4 pseudo-shock wave in a square duct.

分布測定により実験的に明らかにした。

研究結果を要約すると以下ようになる。

- (1) マッハ4 擬似衝撃波の中心部を構成する高速流の速度分布形状は、奥行き方向の各測定断面において、擬似衝撃波の前方では平坦であるが、擬似衝撃波の先頭、及び第2衝撃波より下流側では放物線形状へと移行する。
- (2) 流路中心部の高速流は中央断面に関しほぼ対称で、奥行き (z 軸) 方向にあまり変化しない2次元的な流れである。
- (3) 流路の上、下壁面におけるはく離領域は、上壁面では $x/D \approx 1.2 \sim 2.2$ の間に、下壁面では $x/D \approx 0.2 \sim 5.4$ の間に現れる。下壁面のはく離領域の再付着点はU字形状となる。

参考文献

- (1) Matsuo, K., Miyazato, Y. and H., D., Kim: Shock train and pseudo-shock phenomena in internal gas flows, *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(超音速内部流動実験装置の開発およびマッハ数2と4の擬似衝撃波の特性), *日本機械学会論文集(B)*, 68-676(2002), pp.3295-3301.
- (3) 可視化情報学会編: PIV ハンドブック, (2002), p.75, p.120, 森北出版.