

擬似衝撃波を伴う超音速内部流動に関する研究 (マッハ4 およびマッハ2 擬似衝撃波の振動現象)

A Study on the Supersonic Internal Flows with Pseudo-Shock Waves (Oscillation Phenomena of the Mach 4 and Mach 2 Pseudo-Shock Waves)

○ 学 辻口 裕貴 (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 武藤 洋平 (室蘭工大・院) 学 貝原 陽平 (室蘭工大・院)

Yuki TSUJIGUCHI, 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 Yohei MUTO, Muroran Institute of Technology
Yohei KAIHARA, Muroran Institute of Technology

Key Words: Supersonic Internal Flow, Pseudo-Shock Wave, Shock Wave/Boundary Layer Interaction, Color Schlieren Photography, High Speed Digital Camera, Wall Pressure Fluctuation

1. 緒言

管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、複雑な衝撃波システムである擬似衝撃波 (pseudo-shock wave) ⁽¹⁾ を形成する。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高圧ガス配管系内の流れ等で発生し、圧力変動を伴い、騒音や振動、流路の破壊等を引き起こす場合があるため、その構造や特性を解明する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 およびマッハ2 擬似衝撃波を発生させ、高速度ビデオカメラを用いて発生位置変動を観察するとともに、半導体圧力変換器を用いた壁面圧力変動測定を行い、スペクトル解析を用いて、擬似衝撃波の振動現象について調べた。

2. 実験結果および考察

Fig.1 に実験結果の一部を示す。Fig.1(a) にマッハ4 擬似衝撃波のシュリーレン写真を、Fig.1(b) に先頭衝撃波の流れ方向の振動を表す発生位置の時間変化を示す。これは、高速度ビデオカメラによる撮影画像から、先頭衝撃波の発生位置を読み取りグラフとして表示したものである。本研究では Fig.1(a) の丸印で示している O.S.1、O.S.2 の足元と O.S.1 と O.S.2 の交点 (intersection) の流れ方向位置変動を調べた。Fig.1(a) の横軸および Fig.1(b) の縦軸は、ラバルノズルの出口端を原点とした無次元流路方向距離 X/D であり、Fig.1(b) の横軸は通風開始からの経過時間 t [s] である。

Fig.1(b) を調べると、O.S.1、O.S.2 および交点はいずれも徐々に上流側に移動しながら不規則な振動をしており、流れ方向の振幅は最大で $1.0D$ 程度であることがわかる。

Fig.1(c) に Fig.1(b) の振動波形のパワースペクトルを示す。図の横軸は周波数 f [Hz] で、縦軸はパワースペクトル密度 $S(f)$ である。O.S.2 および交点の波形の縦軸は上方にずらして表示している。Fig.1(c) より、先頭衝撃波の振動は、200Hz 以下の周波数成分を多く含んでいることがわかる。特に 50 Hz 程度と 150~200 Hz の周波数成分が強いといえる。これらの周波数成分は O.S.1、O.S.2 および交点の振動に同程度含まれており、さらに Fig.1(b) の波形にも類似性が見られることから、O.S.1 と O.S.2 はほぼ一体となって振動していることがわかる。

3. 結言

マッハ4 およびマッハ2 擬似衝撃波の振動現象について調べた。マッハ4 擬似衝撃波の場合の結果を要約すると以下のようになる。

- (1) 高速度ビデオカメラによる擬似衝撃波の発生位置変動の観察より、マッハ4 擬似衝撃波の先頭衝撃波はほぼ同一の形状を保ちながら前後に激しく振動し、流れ方向の振幅は最大で $1.0D$ 程度である。
- (2) 擬似衝撃波の発生位置変動および壁面圧力変動のパワースペクトルより、マッハ4 擬似衝撃波の振動は 200 Hz 以下の周波数成分を多く含んでおり、特に 50 Hz 程度の周波数成分と 150~200 Hz の周波数成分が強い。

参考文献

- (1) 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.

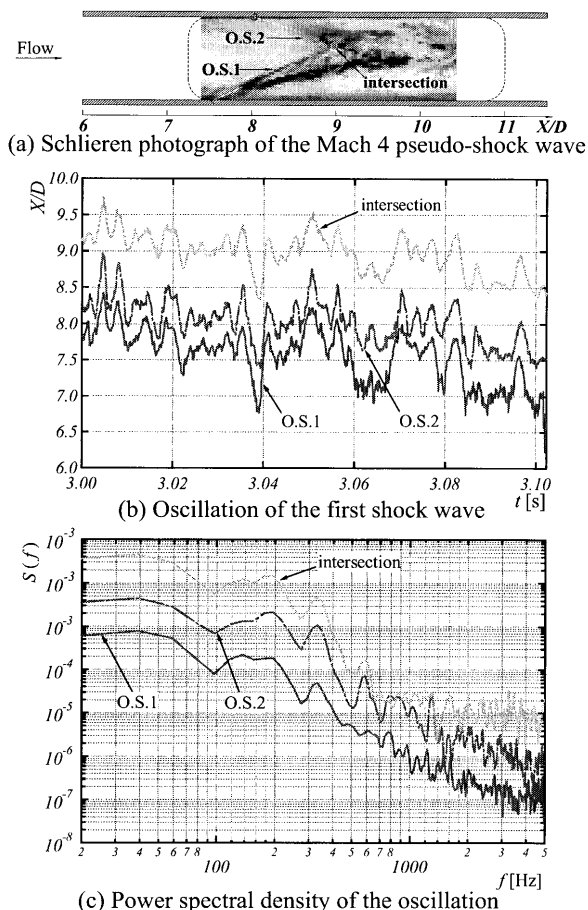


Fig.1 Oscillation of the Mach 4 pseudo-shock wave