

超音速ジェット中の衝撃波自励振動に関する数値シミュレーション

Numerical Study Of Self-Induced Shock Oscillation In underexpanded Jet

片岡 慎太郎, 京工織大 大学院, 〒606-8585 京都市左京区松ヶ崎御所海道町, Email:kataoka@fe.mech.kit.ac.jp
松野 謙一, 京工織大 工学学部, 〒606-8585 京都市左京区松ヶ崎御所海道町, Email:matsuno@ipc.kit.ac.jp
里深 信行, 京工織大 工学学部, 〒606-8585 京都市左京区松ヶ崎御所海道町, Email:satohuka@ipc.kit.ac.jp
Shintaro KATAOKA, Dept. of Mech. And Syst. Eng., Kyoto Inst. Tech., Matsugasaki, Kyoto 606-8585, JAPAN
Kenichi MATUNO, Dept. of Mech. And Syst. Eng., Kyoto Inst. Tech., Matsugasaki, Kyoto 606-8585, JAPAN
Nobuyuki SATOHUKA, Dept. of Mech. And Syst. Eng., Kyoto Inst. Tech., Matsugasaki, Kyoto 606-8585, JAPAN

In this paper, a numerical study of self-induced shock oscillation in underexpanded jet is performed. When underexpanded jet is impinged on a flat plate that is burned from the nozzle, there exist oscillating shock wave. It is known that there exist some discrepancies on the numerical results depending on the numerical methods.

This paper presents compares results among Euler model and Navier-Stokes model, axis symmetry model and 3dimensional model, and the turbulent flow model. And it tries to catch this phenomenon correctly by grasping the characteristic of a model.

As a result, it turns out that the whirlpool caught by Navier Stokes model has affected the flow.

1. 序論

一般に、ノズルから圧縮性流体をノズル前後の圧力比が臨界圧力比以上になるように噴出させると、不足膨張噴流と呼ばれる噴流になり、その内部では膨張波、圧縮波及び衝撃波の発生などの特徴的な現象が起こる。このような流れ場は超音速流と亜音速流の両方を含んでおり、ノズル・壁面間の距離により、流れ場全体が複雑に変化する。衝撃波の位置は一定にとどまらず振動する。この衝撃波自励振動は流れ場の特徴を示す値のひとつであるが、CFD 非定常流を解析するスキームによって捉えられる振動周波数に差が生じることが報告されている。

本研究では、軸対称と3次元、オイラー方程式として記述される非粘性流モデル（以下オイラーモデル）とナビエ・ストークス方程式として記述される粘性流モデル（以下ナビエ・ストークスモデル）、いくつかの乱流モデルで比較、検討を行うことで、モデルの特性を把握し、この現象を正確に捉えることを試みる。

2. 計算条件

オイラーモデル、ナビエ・ストークスモデル共に、空間微分項の離散化には中心差分法にJamesonの人工粘性を加えた方法を、時間積分項には2次精度4段階ルンゲ・クッタ法を、乱流モデルはBaldwin-Lomaxの代数型乱流モデル他を用いて計算を行う。

3. 計算領域および初期条件

本研究では、中村・岩本の実験結果報告⁽²⁾により振動現象が現れた条件、 $\rho_0/\rho_\infty=3.0$ (ρ_0 :ノズル内圧力 ρ_∞ :大気圧)、 $x_w/d_n=1.4$ (x_w :ノズルから壁面までの距離 d_n :ノズル直径)、 $T_0/T_\infty=1.0$ (T_0 :貯気槽温度 T_∞ :大気温度)、噴流のマッハ数を1.0として計算を行う。

4. 計算結果及び考察

軸対称の、オイラーモデルとBaldwin-Lomaxの乱流モデルを用いたナビエ・ストークスモデルを比較した結果、ナビエ・ストークスモデルは、その特性によりスリップフローから発生する渦以外の、オイラーモデルでは捉えられない渦も捉えており、それらの渦の影響を受け、流れ場が大きく異なることがみうけられる。

Fig.1、Fig.2にそれぞれオイラーモデル、ナビエ・ストークスモデルの流れ場の一例を示す。ただし、軸を中心に上部は等密度線図、下部は等マッハ線図を表す。

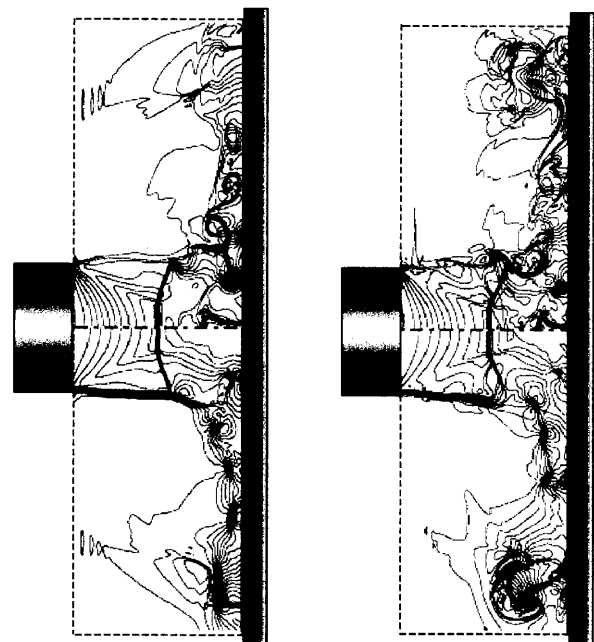


Fig. 1: Euler model

Fig.2: N.S model
($Re=10^5$)

参考文献

- (1) K.Matsuno, Numerical Aspect of Flowfield of Self-Induced Shock Oscillation in Underexpanded Jets,(2000)
- (2) 中村 友行 岩本 順二郎、不足膨張衝突噴流の衝撃とプレート衝撃波の挙動に関する実験的研究、日本機械学会論文集、62-604(1996-12),4148-4153
- (3) K.A.Morch, A theory for the mode of operation of the Hartmann air generator, J.FluidMech, vol.20, part1, (1964), 141-159
- (4) 数値流体力学編集委員会, 圧縮性流体解析, (1995), 東京大学出版会, 93-94