

## ジェットによるノズル流れの流体方向制御に関する数値計算

## Numerical Study of Fluidic Control of Nozzle Flow by Using Secondary Jet

○ 藤本 哲也 (室蘭工業大学) 齋藤 務 (室蘭工業大学)

Tetsuya FUJIMOTO, Mechanical Systems Engineering Muroran Institute of Technology  
Tsutomu SAITO, Mechanical Systems Engineering Muroran Institute of Technology

Key Words: Shock vector control, CFD, Nozzle

1 はじめに 二次流体噴射による推力方向制御の研究が近年盛んになってきている。現在、推力方向制御は可動フラップ等の機械的方法によって行われているが、この方法では、機体重量の増加、システムの複雑化とそれに伴うメンテナンスの問題など数々のデメリットがある。そこで、機械的な動作を行わずに二次流体をノズル内に噴射することによりノズル内流れの方向を変える研究が行われるようになった。この方法では推力方向制御系の重量ならびにコストを大幅に削減することができ、操作性、旋回能力、短距離離着陸 (STOL) 能力の向上など、数々のメリットが指摘されている。

流体の方向制御には様々な方法があるが、収縮拡大ノズルの拡大部壁面から主流に対して二次噴流を生じさせ、これにより生じる斜め衝撃波によって流れの方向を変える方法について様々な研究が行われている<sup>(1)</sup>。

本研究では、二次元ノズルの推力方向制御を数値模擬するための計算コードを開発し、コードの検証及び典型的な推力方向制御の計算を行ったので、その結果を報告する。

2 数値計算 計算には、二次元ナビエ・ストークス方程式を用いた、数値スキームには Toro による高精度 Godunov 型の WAF 法を用い、数値流速の評価に当たっては HLLC 近似 Riemann 解法を用いた<sup>(2)</sup>。

3 計算条件 ノズルは、Kenrick 等によって用いられた形状 (configuration 1) を使用する<sup>(1)</sup>。NPR(ノズル圧力比)は主流全圧と標準大気圧の比、SPR(二次噴流圧力比)は主流全圧と二次噴流全圧の比とし、SPR=0.7 とする。二次噴流は主流流れの質量流量の4%とする。本研究では二次噴流はノズル壁面での境界条件として与えている。そのため、本研究では二次噴流の貯気槽を計算領域に配さず、二次噴流は貯気槽から加速して、ノズル壁面で閉塞状態になっていると仮定して境界条件を与えた。

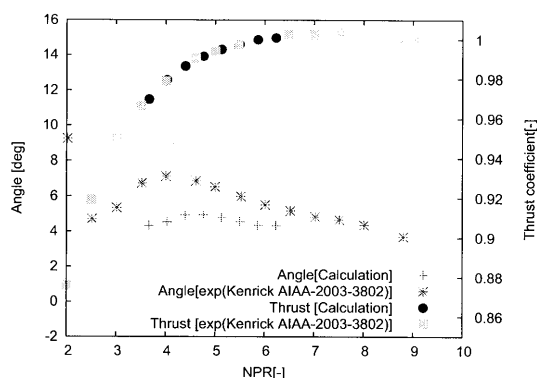


Fig. 1: Angle and Thrust coefficient, SPR=0.7

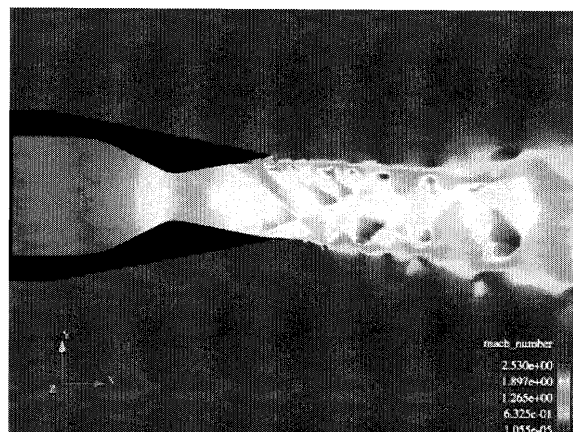


Fig. 2: Mach contour, NPR=6.23, SPR=0.7

4 結果及び考察 二次噴流がある場合での結果を実験結果と比較する。実験結果は Kenrick 等が行った参考文献 (1) から参照する。図 1 にノズル圧力比と偏向角、及びノズル圧力比と推力係数の関係を示す。図 2 にノズル圧力比 6.23 でのマッハ数分布を示す。図 1 の推力係数のグラフを見ると、実験結果と計算結果は良い一致を示している。しかし、偏向角は実験結果と計算で異なる結果を示した。Kenrick 等の数値計算では二次噴流を発生させるための貯気槽も数値計算領域に含めて計算を行っているが、本報告では二次噴流をノズル壁面での境界条件として組み入れた。また、実験では噴射口形状によるノズル形状の上下非対称性のために偏向角に変化が見られるという報告がある。そのため、結果が食い違ったと考えられる。

5 結び SPR=0.7、質量流量4%の二次噴流による結果を Kenrick 等の実験結果と比較した結果、推力係数は良い一致をみせたが、偏向角は食い違いをみせた。これは、数値計算では二次噴流の貯気槽を配していないため、二次噴流出口形状によるノズル形状の上下非対称性の影響が反映されず、そのため異なる結果を示したと考えられる。

## 参考文献

- (1) Kenrick A. Waithe, Karen A. Deere, 'Experimental and Computational Investigation of Multiple Injection Ports in a Convergent-Divergent Nozzle for Fluidic Thrust Vectoring', The 21st AIAA Applied Aerodynamics Conference, AIAA-2003-3802, June 23-26, 2003, Orlando, Florida
- (2) E.F. Toro, 'Riemann Solvers and Numerical Methods for Fluid Dynamics 2nd Edition', Springer, 1999