

# Velocity Measurement around Ramp Injector in Supersonic Flow

Shunsuke Koike, Kentaro Suzuki,  
Mitsutomo Hirota, Kenichi Takita, Goro Masuya and Masashi Matsumoto  
Tohoku university  
Aramaki Aoba, Sendai 980-8579  
Email [pro103@cc.mech.tohoku.ac.jp](mailto:pro103@cc.mech.tohoku.ac.jp)

Keywords: Velocity measurement, Ramp injector

## Abstract

The mixing enhancement is one of the most important problems for the development of scramjet engines. The influence of the streamwise vortices produced by a ramp in a unheated supersonic flow on the mixing of twin jets injected from its base was experimentally investigated. Nominal Mach number of the main airstream and of the twin jets at the nozzle exits were 2.35 and 2.0, respectively. Three dimensional velocity distributions near the ramp with and without injection were measured by Particle Image Velocimetry (PIV). A pair of counter rotating streamwise vortices could be seen behind the injector without injection. On the other hand, two pairs of streamwise vortices could be seen with injection. The outer one had the same direction as the vortex pair produced by the ramp, but they were stronger than those produced by the ramp. The inner ones had the opposite directions to the outer ones. It is considered that these vortices enhance the mixing near the injector.

## 1. 緒言

次世代の宇宙往還機や極超音速航空機用エンジンとして、スクラムジェットエンジンが提案されている。スクラムジェットエンジンでは、燃焼器内の空気流は、高温の超音速流であるため滞留時間が 0.1~1ms 程度であり<sup>(1)(2)</sup>、空気流、燃料の速やかな混合が要求される。しかし、超音速流では、圧縮性の影響により非圧縮混合層の発達を支配する 2 次元的大規模渦構造の発達が抑制され、混合層の発達、乱流混合が著しく低下する。圧縮性の影響を緩和し、超音速混合を促進するために、大きなスケールの縦渦を導入することが提唱されている<sup>(1)(2)(3)</sup>。縦渦の導入法には、燃料旋回噴流、空気流路形状、噴流断面出口形状、燃料噴射方向、突起物、密度分布と圧力波の干渉など多くの方法が提案されている<sup>(2)(3)</sup>。本研究ではこのうち、ランプ噴射器を用いた空気流路形状による縦渦導入を対象とした。ランプ噴射器による混合特性に関する研究は、これまででも多くの研究者によりなされている。しかし、実験による研究では、濃度、全圧分布計測といった 2 次元的な分布の計測が主であり、

3 次元的な速度場の詳細な計測はほとんど行われていない。空間の詳細な流速を計測する手法として、PIV 計測が挙げられる。縦渦構造に注目していることから、主として主流に対して垂直断面の速度分布を計測する必要があるが、主流方向に垂直な断面にレーザーシートを入射した場合、高速領域で面外流失のおそれがある。そこで本研究では、非接触計測手法である PIV 計測法を用い、主流に平行な直交する 2 つの平面群の速度場を計測し、その交線上で 3 次元速度分布を構築する。そして、この計測結果をもとに、ランプ近傍における混合特性に影響を及ぼす渦の特性を明らかにすることを目的とする。

## 2. 実験装置

実験は間欠小型吸い込み式風洞を用いて行った。Fig. 1 に実験系統概略を示す。低圧タンクは容積約 8 m<sup>3</sup> で、真空ポンプにより約 5 kPa まで減圧される。測定部上流には超音速ノズルが取り付けられており、測定部と低圧タンクの間に取り付けられた空圧式遮断弁を開くことにより、常温、常圧の大気が超音速ノズルを通過し加速される。これを主流と呼ぶ。主流マッハ数は 2.35 である。

ランプ噴射器から噴射される噴流には、コンプレッサーにより 4.4 MPa まで昇圧された高圧貯器槽の空気をレギュレーターにより調圧したものをを用いた。貯気槽を出た空気は途中 2 系統に分かれ、1 系統は粒子発生器に供給され、PIV 用トレーサー粒子を発生するのに用いられる。別の 1 系統は、途中ボールバルブによって圧損を与えられた後、噴射器の約 1 m 上流で粒子発生器からの系統と合流する。途中圧損を与えるのは、粒子発生器側の系統より静圧を下げて粒子を含む空気が流入できるようにするためである。

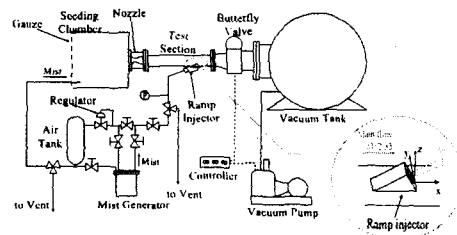


Fig. 1 Schematic of experimental setup

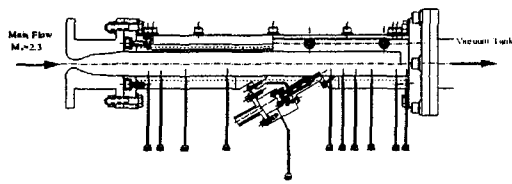


Fig. 2 Test section

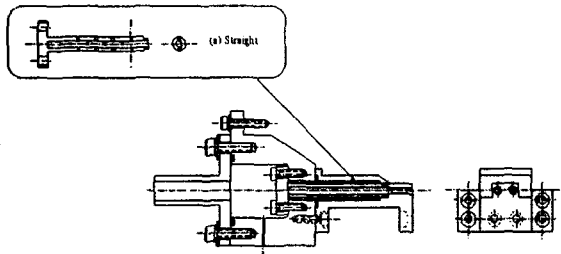


Fig. 3 Ramp injector

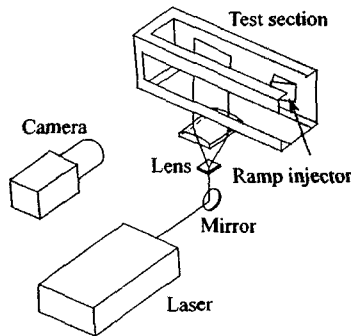


Fig. 4 PIV measurement system

三方弁手前のゲートバルブによって調圧された後、粒子を混入された空気は、ランプ噴射器から噴射される。

さらに、主流に粒子を供給するために、超音速ノズル上流に粒子混入室を設置した。混入室には、噴射器とは別系統で、粒子発生器により生成された粒子が供給される。これにより主流、噴流双方に PIV 用トレーサー粒子を供給することが可能となる。

測定部および噴射器詳細図を Fig. 2, 3 に示す。測定部は、一辺 30 mm の正方形断面で全長 330 mm である。両側壁と上壁は透明アクリルで測定部内の光学測定が可能となっている。ランプの傾き角は 30° であり、高さは 5.2 mm、幅は 12 mm で一定である。ランプベース面には 2 つの平行する噴射孔があいている。ランプベース面と下壁面の交線の midpoint を原点とし、Fig. 1 のように座標を取る。原点と測定部入り口からの距離は 225 mm である。2 つの噴射孔のスロット直径は 2.7 mm、出口直径は 3.5 mm、拡大部半頂角は 10° である。スロット、出口断面積比より作動流体が空気の場合、等エントロピ流を仮定して膨張比から求めた噴射マッハ数は 2.0 である。ま

た、ノズル出口中心間距離は 7 mm である。ノズル上流には空気を導入するための円筒形チャンバーがある。今回の実験では、円筒断面円の半径方向に孔の空けられたストレートタイプのチャンバーを使用した。

### 3. 実験条件

実験は、噴射なし、噴射ありの 2 条件に対して行った。噴射ありにおける噴射条件は、準一次元近似のもと等エントロピ的に出口マッハ数まで加速するとして求めた噴射動圧比が  $1.7 \pm 0.05$  となるように定めた。

### 4. PIV 計測系

#### [光学系]

PIV 計測に用いた光学系の概略図を Fig. 4 に示す。光源となるレーザーには波長 532 nm、発光周波数 15 Hz、発光時間 5~7 nsec、12 mJ/pulse のダブルパルス Nd:YAG レーザーを使用した。レーザー光を、シリンドリカルレンズを通過させることによりレーザーシートを形成した。レーザーシート厚さは 0.5 mm 程度となるように調節した。レーザー発信間隔は 400 nsec であり、シンクロナイザーにより CCD カメラ (1024x1280) と同期を取った。レーザーシートは、測定部アクリル窓より照射し、液滴粒子からの散乱光を CCD カメラで撮影した。なお、測定部は 90° 回転することが可能であり、これにより xy 断面、および xz 断面の計測が可能となる。測定部壁面からの反射光対策として、壁面に赤色蛍光シートを貼ることにより反射光の波長を変化させ、カメラのレンズ前面にグリーンフィルタを取り付け、反射光を遮断した。

#### [データ処理]

撮影した画像は PC に取り込んだ後、処理ソフト (TSI 社: INSIGHT3.2) を用いて処理した。本実験の PIV 計測は、1 露光 2 フレーム相互相関法である。全撮影において、画像解像度は  $43.5 \mu\text{m}/\text{pix}$  であり、座標間隔は 1 mm である。各点について得られた全計測データのうち、平均値から標準偏差以内に入るもののみを採用し平均値を求めた。また、全計測領域のうち、ベクトル長の平均値 (添え字 avg で表す) と、各成分の平均によるベクトル長を比較し (1) 式を満たす点、かつ採用率が 25 % 以上のものを採用した。

$$(\sqrt{u^2 + v^2})_{\text{avg}} > 2\sqrt{u_{\text{avg}}^2 + v_{\text{avg}}^2} \quad (1)$$

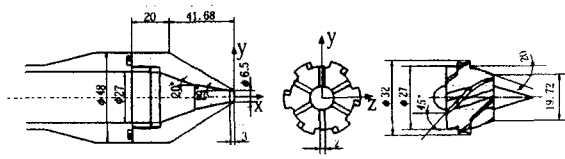


Fig. 5 Converging nozzle and swirler.

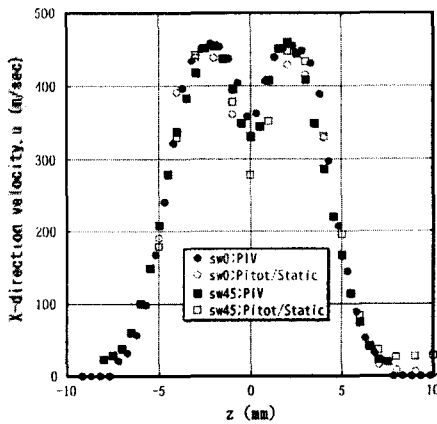


Fig. 6 X-direction velocity distributions of single jet measured by PIV and Pitot/static pressure probe at  $x = 20$  mm.

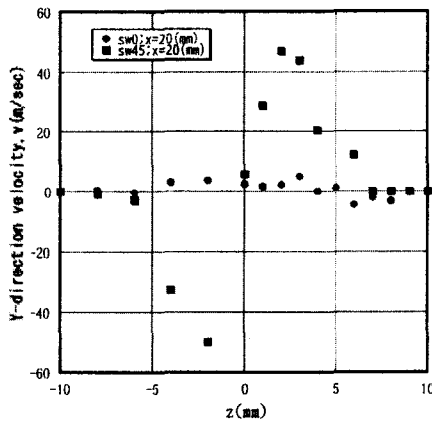


Fig. 7 Y-direction velocity distributions without swirl (sw0) and with swirl (sw45) at  $x = 20$  mm.

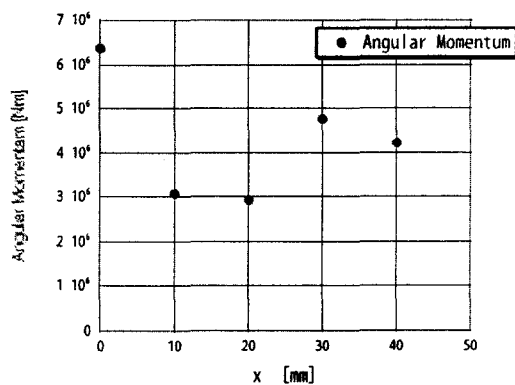


Fig. 8 Angular momentum

#### [トレーサー粒子]

PIV用トレーサー粒子としては、セバシン酸ジオクチル（密度  $913.5 \text{ kg/m}^3$ ）をラスキンノズルによって霧化したものを用いた。セバシン酸ジオクチルはPIVに用いられる粒子の中では比較的散乱光が強いため、本実験のような高速流計測に適している。トレーサー粒子直径は、北村<sup>(4)</sup>によりおよそ  $0.8 \mu\text{m}$  であることが報告されている。また同計測より、超音速流に対しても十分に追従すること、但し、 $400 \text{ m/s}$  程度の垂直衝撃波のような急激な速度変化に対しては  $2 \text{ mm}$  程度の追従距離が必要であることが調べられている。

#### [予備実験]

ランプ噴射によるPIV計測を行う予備実験として、Fig. 5に示すスワラーを含む先細ノズルからの旋回なし、旋回ありの2条件におけるPIV計測を行った。噴射孔出口からの距離  $x = 20 \text{ mm}$  における軸方向速度に対するPIV計測結果と、吉田らによるピトー管、静圧管による計測結果<sup>(5)</sup>との比較をFig. 6に示す。なお、ここでの結果はPIV計測時ノズル出口静圧比が  $2.5 \pm 0.1$  に対し、ピトー管、静圧管による計測は旋回なしが  $2.4$ 、旋回ありで  $2.75$  とわずかに異なる。軸方向速度に着目すると、旋回ありの計測結果において、中心部で幾分ピトー管、静圧管による計測値が低いものの良い一致を示している。Fig. 7に、 $x = 20 \text{ mm}$  断面におけるPIV計測による周方向速度分布の結果を示す。なお、この計測結果は、Fig. 5で  $xy$  断面に対する計測を  $z$  方向の複数の断面に対して行い、 $y = 0 \text{ mm}$  での計測値を並べたものである。噴射旋回なしでは周方向速度成分は  $0 \text{ m/s}$  付近に存在するのに対し、旋回ありでは中央部で強制渦、外周部で自由渦のプロフィールを示す結果が得られた。吉田ら<sup>(6)</sup>による計測結果から密度を求め、PIVによる流速データとあわせて求めたいいくつかの断面の角運動量を、横軸を先細ノズル出口からの距離としてFig. 8に示す。但し、 $x = 0 \text{ mm}$  における値だけは、以下のように求めた理論値である。まず、スワラー出口の軸方向速度、密度を、準一次元等エントロピ流の仮定のもと求める。次に、スワラー出口では空気流はスワラーの羽根と平行に流れるとして、先に求めた軸方向速度から周方向速度を求める。これらから求めたスワラー出口の角運動量が先細ノズル出口まで保存するとし  $x = 0 \text{ mm}$  の角運動量が求まる。 $x = 10, 20 \text{ mm}$  でやや低い値を示しているものの、ほぼ角運動量が保存された計測結果が得られている。以上より、本実験で用いたPIV計測系は大規模な渦を含む超音速流の計測に対し有効であると言える。

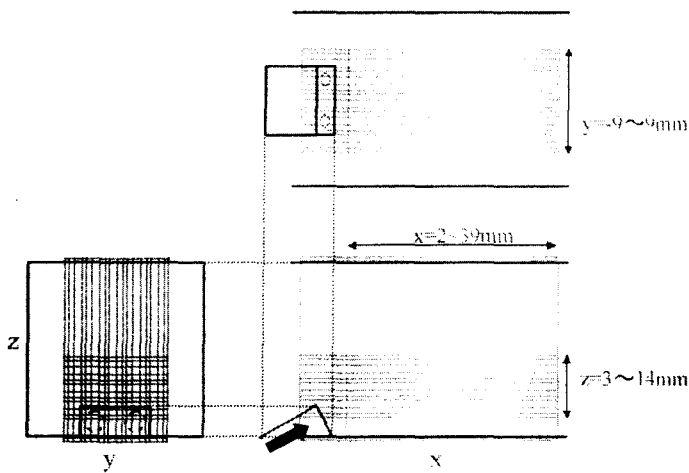
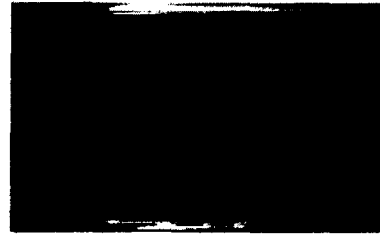


Fig. 9 The field of PIV measurements

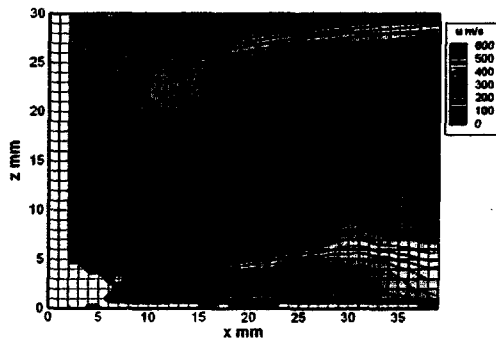


(a) Z = 4 mm

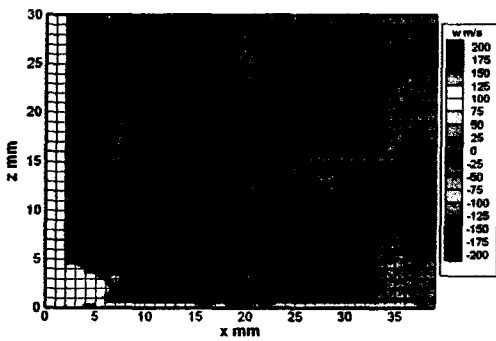


(b) Y = -4 mm

Fig. 10 Pictures of PIV measurements

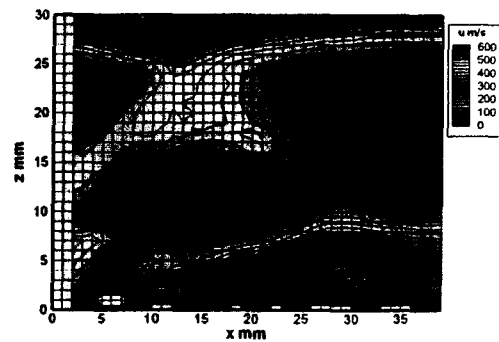


(a) U m/s

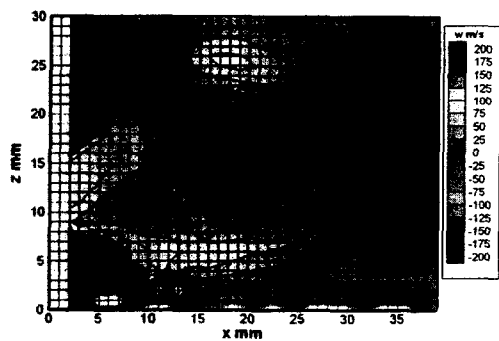


(b) W m/s

Fig. 11 Contours of velocity components in x and z directions on x-z plane at y = -4 mm without injection



(a) U m/s



(b) W m/s

Fig. 12 Contours of velocity components in x and z directions on x-z plane at y = -4 mm with injection

## 5. 実験結果および考察

PIV計測は、Fig. 9に示すランプ噴射器下流の領域に対して行った。y方向19断面、z方向11断面に対して350対の画像を撮影した。Fig. 10にy = -4 mm断面および、z = 4 mm断面における噴射あり条件における粒子画像の一例を示す。両断面において、計測対象とした領域で、主流、噴流ともに良好に粒子散乱光が撮影されていることがわかる。また壁面の強い反射光も除去されている。

### 5.1 xz断面計測結果

Fig. 11, 12に、それぞれ噴射なしおよび、噴射ありの場合のy = -4 mmのxz断面におけるx方向流速成分u、z方向流速成分wの分布図を示す。この断面は噴射孔中心軸の0.5 mm外側の断面に当たる。両条件において、ランプ先端からの衝撃波による急激なuの低下がx = 2 mm、z = 15 mmから上壁にかけての領域で見られる。また、同領域で、斜め衝撃波により流れが上向きに曲

げられていることが、 $w$ 成分の分布から確認される。

噴射なしの条件では、この領域の下側にランプ背後への急激な膨張が見られ、このため、 $w$ 成分は負の値をとるようになり、噴射ありの条件に比べ、 $x = 15 \text{ mm}$ ,  $z = 10 \text{ mm}$ の周辺で $u$ 成分が高くなっている。なお、噴射なし条件における白抜きの領域は、ランプ背後の再循環領域であり、主流粒子が十分に供給されない領域であり、適切な計測値が得られなかった領域である。さらに、ランプを乗り越えた流れが測定部壁面と平行になる際に生ずる再圧縮波が、 $x = 10 \text{ mm}$ ,  $z = 4 \text{ mm}$ 付近から伝播しているのを確認することができる。この平行になった下壁面近傍の流れに上部からランプ前縁衝撃波の反射衝撃波が入射している。この衝撃波背後では流れは、下向きに曲げられている。さらに、衝撃波の入射により下壁面近くに低速領域の盛り上がりが生じる。

噴射ありの条件では、噴流の存在により主流がランプ背後へ流れ込むための膨張はこの断面では見られない。ランプ近傍まで高い正の $w$ 成分が存在し流れが上向きであることを示している。噴射孔近傍の $x = 5 \text{ mm}$ ,  $z = 3 \text{ mm}$ 付近では $u$ 成分は高い値を示し、主流流速と同程度の速度である。そのため $x$ 方向の速度差によるせん断は小さく、速度差による混合はあまり促進されないと考えられる。噴流は $x = 10 \text{ mm}$ ,  $z = 7 \text{ mm}$ 付近まで強い上向きの速度を持っている。噴射なしの場合と同様に、上壁面からの反射衝撃波の入射による低速領域の盛り上がりが存在する。噴流の存在のためこの盛り上がりはこの断面では噴射なしの場合に比べ、より高い位置まで及んでいる。

## 5.2 xy断面計測結果

Fig. 13,14に噴射あり、噴射なし両条件における $z = 6 \text{ mm}$ における $xy$ 断面の速度成分 $u, v$ の分布を示す。

噴射なし条件で、 $u$ の分布に着目すると、衝撃波の入射による低速領域は、細長い楕円形をしていることが分かる。この断面では低速領域はランプ噴射器の幅とほぼ同じ幅におさまっている。 $v$ の分布からはランプ近傍で、測定部側壁に向かう流れが存在し、下流に進むにつれその領域が狭くなることがわかる。 $x = 15 \text{ mm}$ 付近では、外側ではランプ背後の低圧領域への周囲からの流れ込みが見られる。 $x = 25 \text{ mm}$ 付近では衝撃波の背後となる中央部の高圧領域から側壁に向かう流れが生じている。

噴射ありの条件では、低速領域が噴射なしの場合に比べ、測定部の幅方向に広がっているのが分かる。その形状も異なり、噴流中心軸の直

下に当たる、 $y = \pm 4 \text{ mm}$ 付近が突き出たような形をしている。 $w$ の分布に注目すると、噴射器近傍では、ランプ上面からの測定部側壁への流れと噴射の膨張により強い幅方向の広がりを見ることが出来る。中央部では2つの噴流がぶつかることから $w$ は小さくなっている。 $x = 20 \text{ mm}$ 付近では衝撃波の入射により高圧となった中央部から測定部側壁に向かう流れが生じている。噴流が主流を排除するように膨張しながら存在するため、噴射なしの場合とは異なり、ランプ背後への周囲からの流れ込みは見られない。

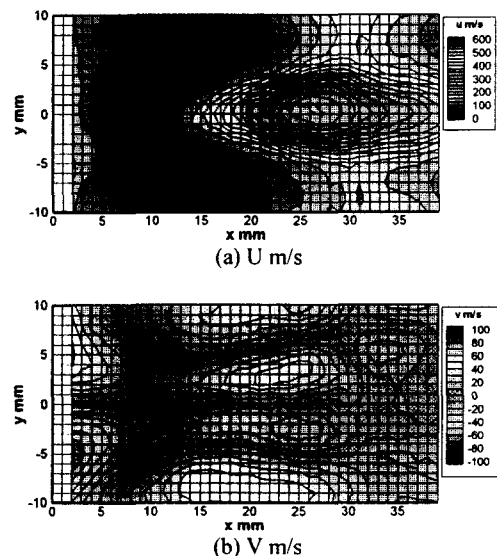


Fig. 13 Contours of velocity components in  $x$  and  $y$  directions on  $x$ - $y$  plane at  $z = 6 \text{ mm}$  without injection

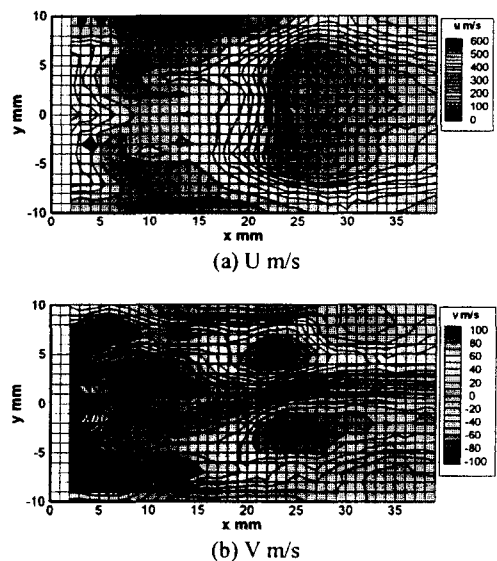
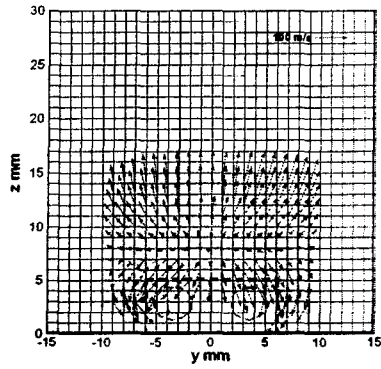
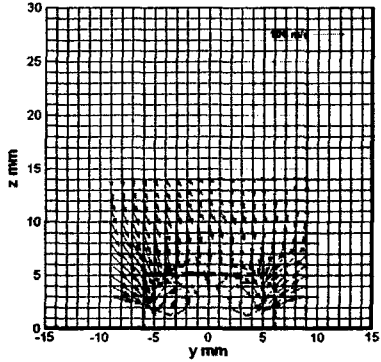


Fig. 14 Contours of velocity components in  $x$  and  $y$  directions on  $x$ - $y$  plane at  $z = 6 \text{ mm}$  with injection

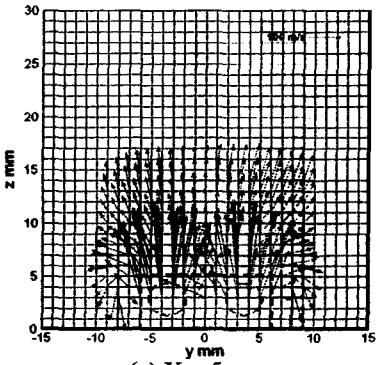


(a)  $X = 5 \text{ mm}$

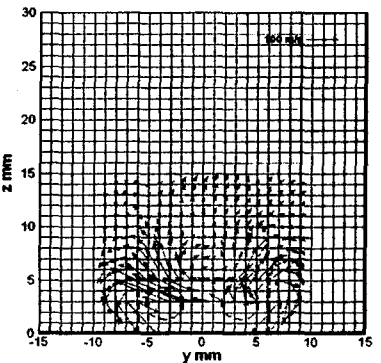


(b)  $X = 15 \text{ mm}$

Fig. 15 Velocity vector field in  $y$ - $z$  plane without injection.

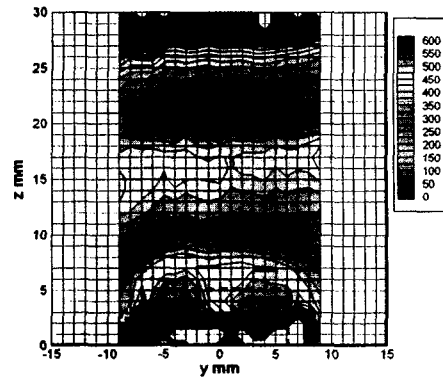


(a)  $X = 5 \text{ mm}$

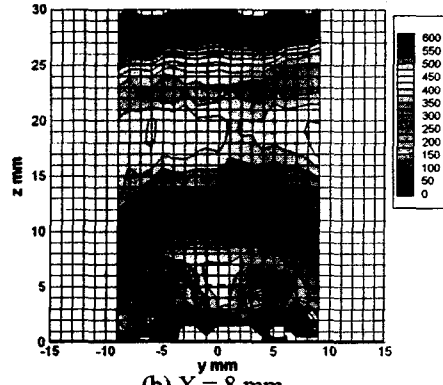


(b)  $X = 15 \text{ mm}$

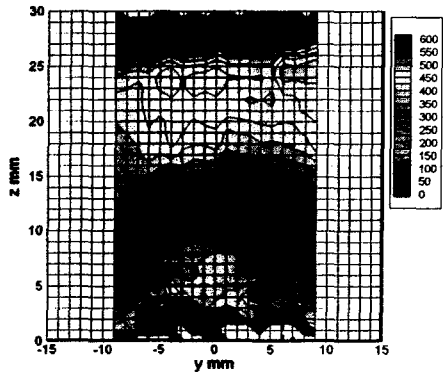
Fig. 16 Velocity vector field in  $y$ - $z$  plane with injection.



(a)  $X = 5 \text{ mm}$



(b)  $X = 8 \text{ mm}$



(c)  $X = 10 \text{ mm}$

Fig. 17 Contours of velocity component in  $x$  direction on  $y$ - $z$  plane with injection

### 5.3 $yz$ 断面計測結果

$xz$  断面と  $xy$  断面の計測結果を合成することにより、 $yz$  断面における速度ベクトルを得た。噴射なし、噴射あり条件における  $yz$  断面に投影された速度ベクトルを Fig. 15, 16 に示す。なお、赤色破線はランプ噴射器ベース面の  $yz$  断面への投影である。

噴射なしの条件の  $x=5\text{mm}$  では、従来言われているとおり、衝撃波背後の高圧となるランプ面から、相対的に低圧である側部へ流れることにより一対の対向渦が形成されていると思われる、さらにランプ背後への流れ込みが生じている。

$x=15\text{mm}$  では、ランプ背後に当たる領域に一对の縦渦が明瞭に見られる。また、膨張波を通過しながらランプ背後へ流れ込む流れは、再圧縮衝撃波によりランプ背後の領域で急激に減速している。

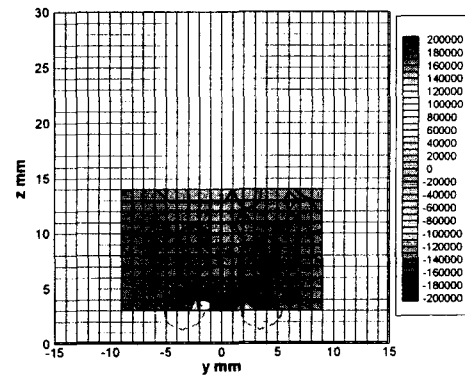
噴射ありの条件の  $x=5\text{mm}$  では噴射孔近傍で噴流の膨張による強い上向きの流れを見ることができる。また、この領域を避けるように、ランプ背後へ回り込むような流れも見ることが出来る。この流れは噴射のない場合と比べ、 $y$  方向に広がっている。 $x=15\text{mm}$  のベクトル図ではランプ側壁よりも外側に中心を持つ一对の強い渦が見られる。この渦はつぶれた形をしており、2つの噴流が膨張して互いに押し出されるように存在していると考えられる。 $z=5\text{mm}$  よりも上部ではランプを通過した中央部分 ( $-7\text{mm} < y < 7\text{mm}$ ) では上向きの流れ、それよりも外側では下向きの流れとなっている。

Fig. 17 に、噴射あり条件  $x=5, 8, 10\text{mm}$  における  $xz$  断面の計測結果による  $yz$  断面  $u$  分布を示す。 $x=5\text{mm}$  を見ると、断面の  $z$  方向の中央部と噴流の周辺に低速領域が見られる。前者は、ランプ前縁からの衝撃波によるものであり、後者は主流と噴流の膨張によって主流中に生ずる衝撃波によるものおよび、ランプ面を乗り越えた境界層によるものと考えられる。 $u$  の噴流周辺における極大値は、噴流のほぼ中央と考えられる位置、 $y = \pm 4\text{mm}$ 、 $z = 3\text{mm}$  付近に位置し、主流との速度差は小さい。 $x=8\text{mm}$  では  $x=5\text{mm}$  との比較から、噴流の高速領域が中央部から外側へ移動するのが見られる。また、噴流の下部から低速領域の侵入が見られる。 $x=10\text{mm}$  では、 $x=8\text{mm}$  の高速領域の移動、低速領域の侵入の傾向が続き、噴流の高速領域は主流の高速領域と合わさっている。この噴流およびその近傍における主流方向速度の分布の推移は  $yz$  断面におけるベクトル図で見られるランプ周辺での形成された渦によるものと考えられる。

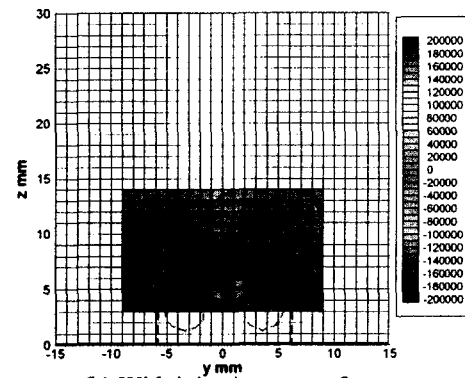
#### 5.4 渦度

縦渦の存在を視覚的に捉えるために、また渦の強度を見るために渦度を PIV による計測結果より求めた。なお、数値微分には端点以外では 2 次精度中心差分を、端点では 1 次精度片側差分を用いた。

Fig. 18 に渦度の  $x$  成分の  $yz$  断面分布を、Fig. 19 に噴射あり条件における  $xy$  断面分布を示す。また、Fig. 20 に渦度の  $x$  成分の等値面を示す。噴射なし、噴射ありの両条件について、等値面上の値は、 $x$  成分が  $\pm 50000 [1/s]$  である。なお、ランプ近傍のデータは不採用領域が多いため、 $x=5\text{mm}$  のみ表示している



(a) Without injection at  $x = 15\text{mm}$



(b) With injection at  $x = 5\text{mm}$

Fig. 18 Contour of vorticity component in  $x$  direction on  $y-z$  plane

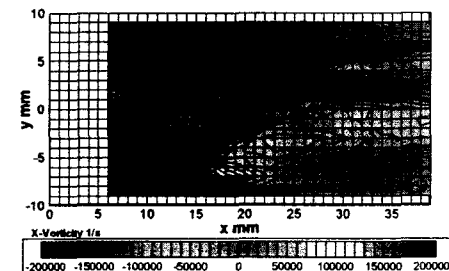


Fig. 19 Contour of vorticity component in  $x$  direction on  $x-y$  plane with injection

噴射なし条件に注目すると  $x=10\text{mm}$  付近から  $30\text{mm}$  付近にかけて一对の等値面が  $x$  方向に伸びていることが分かる。これは 5.3 節で示したベクトル図におけるランプ噴射器背後の一对の縦渦と対応する。等値面は、下流に向かうにつれて、わずかに側壁に向かい広がっている。

噴射あり条件に注目すると、2対の縦渦が存在していることが分かる。1対はベクトル図で明らかであったランプ噴射器側部よりも外側に中心を持つ渦対であり、別の1対はベクトル図からは、はっきりと見ることは出来なかったが、2つの噴流間への流れ込みによって生じた渦である。両者は互いに逆向きの渦対である。Fig. 18(b)の  $x=5\text{mm}$  の断面図を見ると、外側の渦対

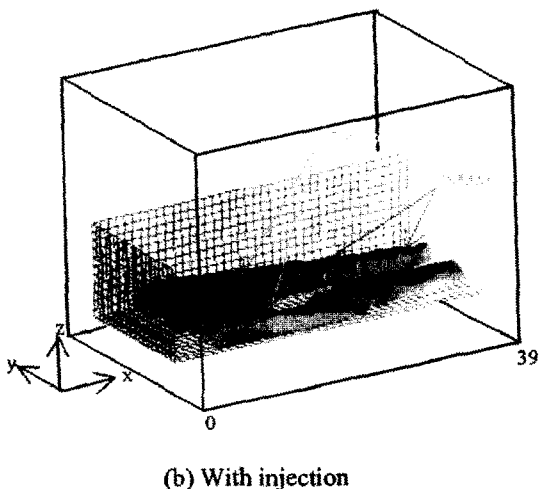
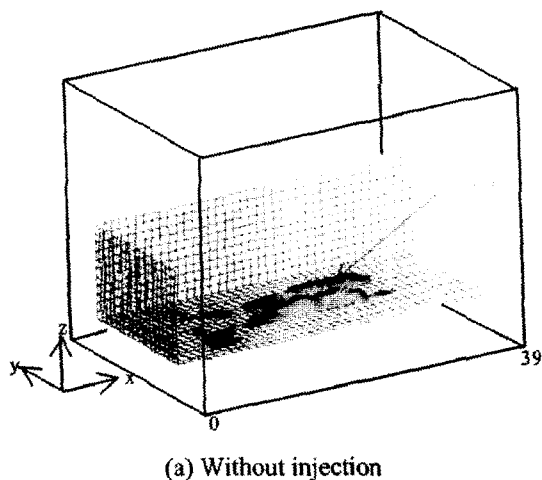


Fig. 20 Isosurface of streamwise vorticity

が強く、また領域も広い。Fig. 19の  $z = 4 \text{ mm}$  の  $xy$  断面図を見ると、外側の渦対は、 $x = 18 \text{ mm}$  よりも上流部ではランプ幅よりも外側に位置し、その後中央に向かっていく。噴流間への流れ込みによる渦対は、ランプ近傍から  $x = 18 \text{ mm}$  付近にかけては存在するが、下流に進むにつれて減衰し消えていく。噴射ありの条件では、明らかに噴射なしの条件で存在する縦渦よりも強くなっている。これは噴流の膨張により主流の排除される領域が拡大し、噴流が噴射器のランプ面に加えて空力的なランプの働きをしたためと考えられる。

噴射なしと、噴射ありの両条件の比較から、噴射ありの場合、噴流が空力的なランプの役割を果たし、より強い縦渦を広範囲に形成することがわかった。主流方向速度の  $yz$  断面の分布ではこの渦の影響を受けたと考えられる高速、低速領域の移動が見られる。広範囲に広がる縦渦の存在は、混合層の面積を拡大することから混合促進に寄与すると考えられる。また、主流方向速度に見られるような渦に沿った運動量の移

動が存在することから、渦による物質の輸送による混合促進作用も期待できると考える。

## 6. 結言

- ・噴射なしの条件におけるランプ近傍では、一对の縦渦が形成される。渦の中心はランプ背後に位置する。

- ・噴射ありの条件におけるランプ近傍では、2対の渦が確認できる。1対は中心をランプ側部よりも外側に持ち、噴射なし条件における渦と同方向である。もう一对はその中心をランプ中央部かつランプ面よりも上部に当たる位置に持ち、前者とは逆向きの渦対である。

- ・噴射ありの条件では、噴流が空力的なランプとして働き、噴射なしの場合に比べて、外側の渦対は強化された。

## References

- 1) 西岡通男：超音速混合の促進制御，ながれ，16 (1997), pp. 477-483.
- 2) 升谷五郎：超音速燃焼Ⅲ、燃焼性能と混合促進，燃焼研究，106号 (1996), pp.9-25.
- 3) E. J. Gutmark, K. C. Schadow and K. H. Yu: Mixing Enhancement in Supersonic Free Shear Flows Annual Review of Fluid Mechanics, Vol.27, (1995), pp. 375-417.
- 4) 北村英二郎ら：超音速旋回噴流の PIV 測定，第30回可視化情報シンポジウム(2002), 130.
- 5) 吉田征二ら：超音速噴流の混合に対する旋回の影響，第39回航空原動機・宇宙推進講演会論文集(1999)IA-3, pp. 30-35.