

K3-51

タブを付けた円形噴流初期領域の速度場の PIV による測定 Velocity measurement in the initial region of a round jet with two tabs using a PIV

○黒木和音¹, 戸井健夫², 村松旦典³, 菊池崇将³*Kazune Kuroki¹, Takeo Toi², Akinori Muramatsu³, Takamasa Kikuchi³

Two tabs are attached on a round nozzle to control a round jet. Shape of the tab is an isosceles right angle triangle. As a result, the jet becomes narrow in the Section attached tabs. In the Section without the tabs, the jet becomes wide.

1. 緒言

噴流は伝熱や混合などの目的で工業的に広く利用されている流れである。噴流による拡散や混合の促進は噴流初期領域の渦構造を操作することによって実現される。噴流の渦構造を操作するための方法として、噴出ノズルの出口形状を変える方法がある。例えば、ノズル出口直後に小型の三角形の突起（タブ）を設置した場合、タブの数や配置方法によって噴流の構造が大きく変化する。タブは噴流中に縦渦を発生させて乱れを付加して噴出気体の拡散を促進させる効果があり、Zaman^[1]は 4 個のデルタタブを出口直後に等間隔に配置した場合には混合の効果が大きいことを示した。昨年、柳^[2]はタブ形状、大きさ、取り付け方などを変えて噴流の可視化実験を行い、三角形タブの場合が縦渦を作る効果に優れていることを示した。また、縦渦と渦輪が干渉し、複雑な 3 次元の流れ場になることも示した。しかし、タブを取り付けた場合の噴流の主流方向、半径方向についての具体的な速度や渦度分布は明らかになっていない。ここでは噴流の主流方向において、瞬時・多点の速度情報を抽出することができる PIV による計測を行い、噴流の渦構造について調べることが目的とする。

2. 実験装置および方法

図 1 に柳^[2]が製作したタブ付きノズルとタブの配置を示す。ノズルは出口直径 $D_0 = 12$ mm, 縮流比が 30 の円形ノズルである。柳の実験結果^[2]からタブを取り付けるとレイノルズ数 Re が 1000 でも渦輪が形成されることが示されているので、同条件でタブの形は直角二等辺三角形で、今回は厚さは 2 mm, 突き出し長さは 2.4 mm (ノズル出口直径の 20%), 個数は 2 個として実験を行った。なお、 Re の代表長さは D_0 , 代表速度はノズル出口中心での噴出速度 U_{c0} である。 $Re = 1000$ のときの U_{c0} は 1.30 m/s となる。

最初に PLMS によって噴流の流れ方向の可視化を

行い、次に PIV による測定を行った。図 2 に PIV による測定のための実験装置の概略図を示す。PIV により噴流の速度場を計測するためには、噴流だけでなく、周囲流体にもマーカーとなる粒子を入れる必要があるため、幅 200 mm×奥行 200 mm×高さ 250 mm のアクリル製のダクトでノズルを囲んでいる。マーカー粒子は safex 社の煙発生装置 Fog Generator2010 で生成した粒子（公称 1 μ m）を使用している。Litron Laser 社の NANO S 65-15, Nd:YAG ダブルパルスレーザーを光源として、シンリドリカルレンズで作成した厚さ約 1 mm

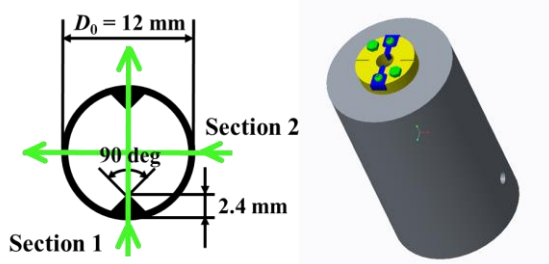


Figure 1. Nozzle exit

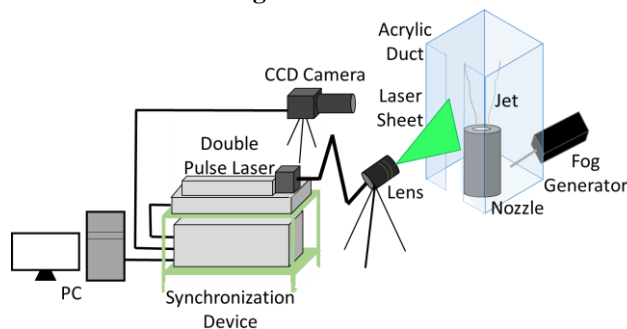
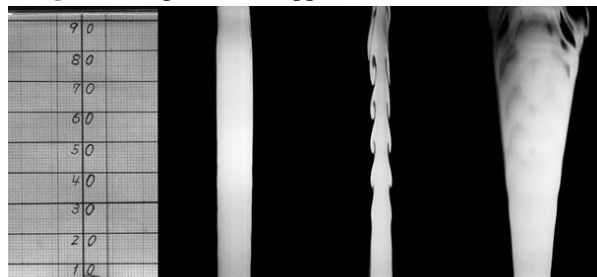


Figure 2. Experimental apparatus for PIV measurement



(a) No tab (b) Section 1 (c) Section 2

Figure 3. Visualized air jet with 2.4 mm tabs

のレーザーシートを噴流中心軸を通るように入射し、図 1 に示す 2 通りの噴流の流れ方向の断面の速度場を計測する。レーザーの出力は $65 \times 2 \text{ mJ}$ で 2 つのパルス幅は $180 \text{ }\mu\text{s}$ である。可視化した噴流断面は、 105 mm のレンズ AF Micro-Nikkor 105 mm f/2.8D を付け F 値を 2.8 に設定し、ジェイエアイコーポレーション社の CCD カメラ RM-4200-CL で記録する。CCD カメラの解像度は $2400 \times 2400 \text{ pixel}$ である。カメラとレーザーを同期する装置にはダンテック・ダイナミクス社のタイマーボックス 80N77 を使用している。これらのシステムのセットアップから結果の出力までを行うソフトウェアは Dynamic Studio を使用している。また撮影範囲はノズル出口から 30 mm 下流の主流方向で $30 \times 30 \text{ mm}$ とした。

3. 実験結果

最初にタブを取り付けていない場合とタブを取り付けた場合の 2 種類の断面での可視化された噴流を図 3 に示す。Section 1 の断面では左右に渦輪が形成され、Section 2 の断面では噴流の幅が広がっているのが分かる。

図 4 に PIV で計測した噴流の速度ベクトルの図を示す。Section 1 の断面では渦輪は確認できなかったが、噴流の幅が細くなっているのが分かる。また、Section 2 でも幅が広がっているのが確認できる。

図 5 に D_0 の 3 倍と 4 倍の下流での半径方向の平均速度分布を示す。平均値は 100 枚の速度ベクトル図から得られる。3 倍の距離では、2 つの断面ともタブがないときと比べて速度が上がっている。これはタブを付けたことによる縮流効果が生じるためである。また、半値幅は Section 1 ではタブがない場合より約 46% 減少しており、Section 2 では約 35% 増加した。4 倍の距離では、Section 1 の断面で Section 2 の場合より速度が速くなったが、それぞれの断面を同時に計測していないことによる測定誤差だと考えている。半値幅は Section 1 では約 46% 減少しており、Section 2 では約 47% 増加した。これより Section 2 ではタブをつけると中心流速をあまり落とさないまま、噴流の幅が広がったと考えられる。

4. 今後の課題

PIV では渦輪をとらえることがまだできていないので、測定精度をあげて計測する必要がある。また、縦渦の存在も示されている²⁾ので、水平断面での PIV 計測も試みたい。

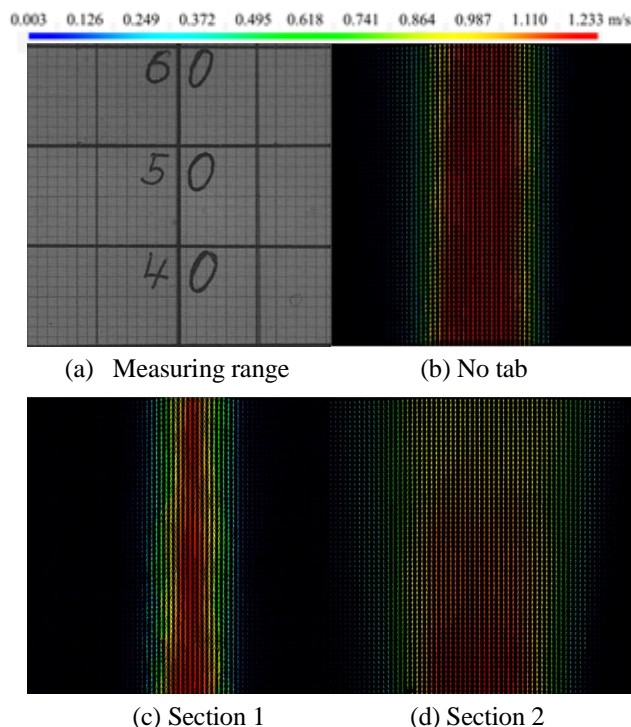


Figure 4. Velocity vector

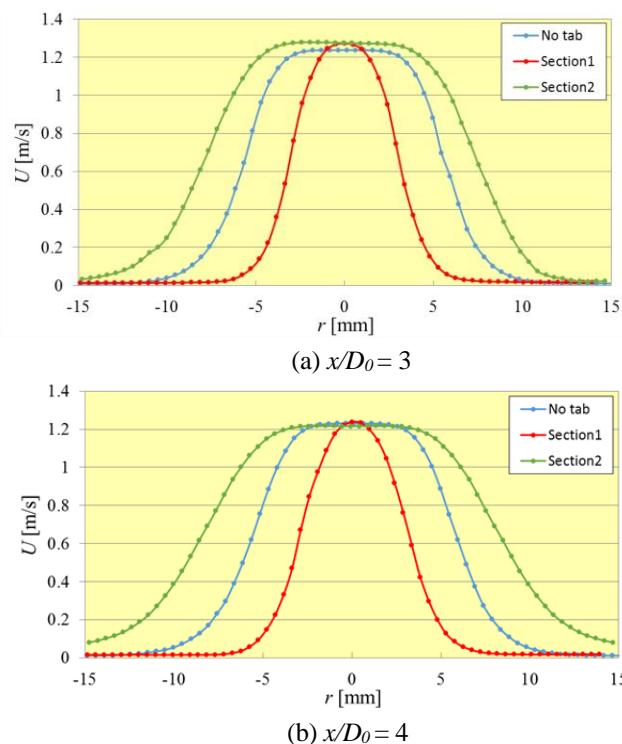


Figure 5. Mean velocity profiles

5. 参考文献

- [1] Zaman, K.B.M.Q., Control of an Axisymmetric Jet Using Vortex Generators, Physics of Fluids, Vol. 6, pp. 778-793, 1994.
- [2] 柳滉一, ノズル出口に取り付けた突起による噴流初期領域の渦構造の操作, 平成28年度日本大学理工学部航空宇宙工学科卒業論文, 2016.