

K3-54

デルタタブによる噴流初期領域の速度と渦度場の変化

Measurement of Velocity and Vorticity Fields in the Initial Region of Round Jet Using Delta Tabs

○谷田部周¹, 戸井健夫², 村松旦典³*Shu Yatabe¹, Takeo Toi², Akinori Muramatsu³

Tabs are attached on nozzle exit to control vortex structure in a round jet. The shape of the used tab is isosceles triangle. It is found that the delta tabs delay the formation of vortex rings.

1. 緒言

噴流は流体力学における基本的な流れのひとつであり、自然現象や工業分野で多く見られる。噴流中の渦構造を何らかの手法を用いて操作することにより噴流の混合・拡散に係る空間的な発達過程を制御することが出来る。Zaman^[1]は4個のデルタタブを出口直後に配置した際、噴流拡散が促進することを示した。一昨年、柳^[2]はタブの形状、大きさ、配置方法を変化させ噴流の可視化実験を行った。その結果、デルタタブの場合が縦渦を作る効果に優れていること、また縦渦と渦輪が干渉し、3次元的な流れ場になることも示した。昨年、黒木^[3]は柳の実験結果^[2]をもとにノズル出口に1個または2個のデルタタブを取り付けた場合について、瞬時・多点の速度情報を抽出することが出来るPIVによる実験を行い、噴流中の速度場や渦構造について調べた。タブによって剪断層のロールアップを押さえ噴流の空間発達が遅れるというZamanの結果^[1]とは逆の結果が得られた。ここでは、昨年よりタブの設置数を増やしたノズルを用いてPIV計測を行い、昨年の実験結果と速度場、渦度場を比較し、タブによる噴流の制御効果を調べることを目的としている。

2. 実験装置及び方法

図1に使用したノズル出口の形状を示す。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。なお、タブの配置場所はノズル出口直後の内側に設置する。噴流のレイノルズ数 Re は2000で実験を行い、タブの形は直角二等辺三角形で、厚さは5 mm, 突き出し長さは2.4 mm (ノズル出口直径の20%), タブの個数は黒木^[3]が測定を行った2個に加えて3個の場合の実験を行った。ここでの Re はノズル出口中心上での噴出速度 U_{c0} , ノズルの出口直径 D_0 , 空気の動粘性係数 ν によって決まる値である。 $Re = 2000$ のときの噴出速度 U_{c0} は2.58 m/sとなる。

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、

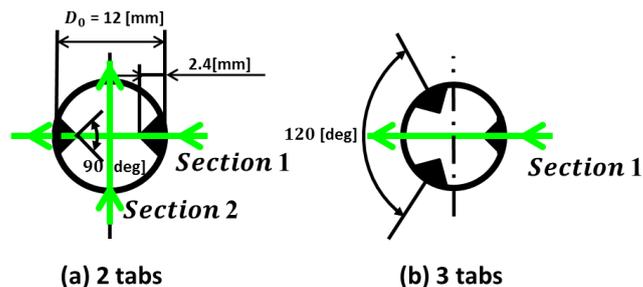


Figure 1. Shapes of nozzle exit

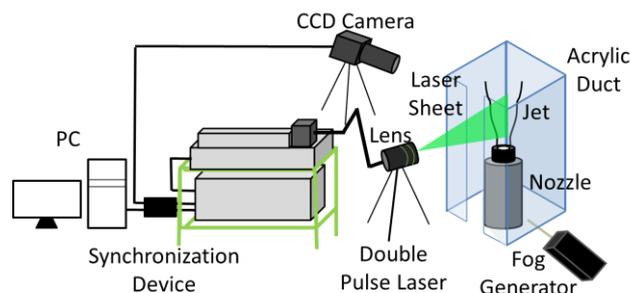


Figure 2. Experimental apparatus for PIV measurement

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、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Fog Generatorで生成した粒子を使用している。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のレーザーシートが噴流中心軸を通るようにアクリルダクトの隙間から入射し、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 65×2 mJで2つのパルス間隔は180 μ 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、CCDカメラRM-4200-CLを用いて記録する。CCDカメラの解像度は 2048×2048 pixelである。撮影範囲は主流方向で 36×36 mmとした。カメラとレーザーを同期する装置にはタイマーボックスを使用している。これらのシステムのセットアップか

1: 日大理工・学部・航宇 2: 日大理工・院(前)・航宇 3: 日大理工・教員・航宇

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。

3. 実験結果

PIV による計測を行った速度場と渦度場の結果を、図 3 には $x/D_0 = 0.1 \sim 3$ (1.2 mm ~ 36 mm), 図 4 には $x/D_0 = 3 \sim 6$ (36 mm ~ 72 mm) の測定範囲について示す。

図 3 より、速度場はタブなしの場合と比較して section 1, 3 tabs 共に速い速度場となった。これは内部に設置されているデルタタブが障害物となり、縮流効果によって速度が増速しているためである。また、噴流の幅は 3 tabs が 2 tabs の section1 よりも太く、section2 より細くなった。渦度場はタブなしでは渦輪が確認されたが、section 1, section 2, 3 tabs の場合は渦輪を確認することが出来なかった。

図 4 より、速度場はタブの数が増えると中心流速の減衰が少なくなることが分かる。渦度場はタブなしの場合と section1 を比較すると、渦輪が形成されるのが遅れていることから、タブを付けると渦輪の形成が下流に遅れることが分かる。また、タブなしの場合と 2 tabs の section1, section2 を比較すると section1 では渦が外側に広がるのに対し、section2 では渦が内側に入り込んでいることが分かる。section1, section2 と 3 tabs を比較してみると、タブが設置されている右側では、3 tabs の場合渦輪が発生せずタブに挟まれた左側では section1, section2 より大きく遅れて渦輪が形成され、渦が section2 の様に内側に入り込んでいることが確認できる。

50 枚の速度ベクトル図から得られたデータから、半径方向の平均速度分布を求めたものを図 5 に示す。3 tabs について注目すると、 $x/D_0 = 3$ まででは左右対称な速度分布であったが、 $x/D_0 = 5$ 以降、右側と比較して左側の速度が徐々に急勾配になることが分かる。

4. 今後の予定

これまでの実験は全て鉛直方向から計測を行ってきた。今後は水平方向からの PIV 撮影を行うと同時に可視化撮影をし、タブによる縦渦と渦輪の変化について観察をしていきたい。

5. 参考文献

[1] Zaman, K.B.M.Q.: Control of an Axisymmetric Jet Using Vortex Generators, Physics of Fluids, Vol.6, pp778-793, 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.

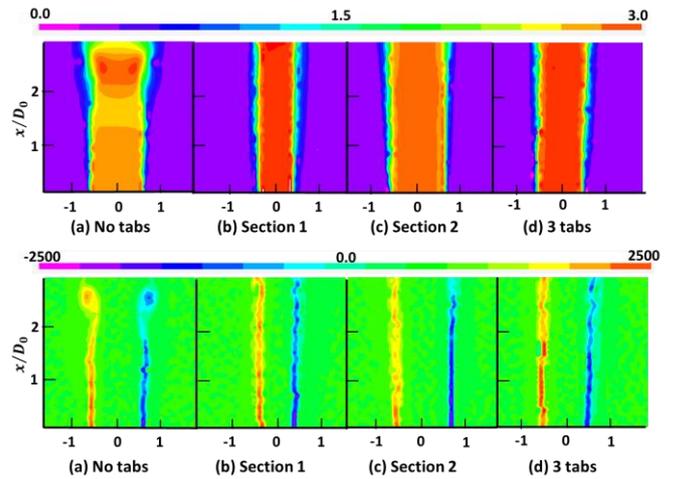


Figure 3. Velocity and vorticity fields ($x/D_0 = 0.1 \sim 3$)

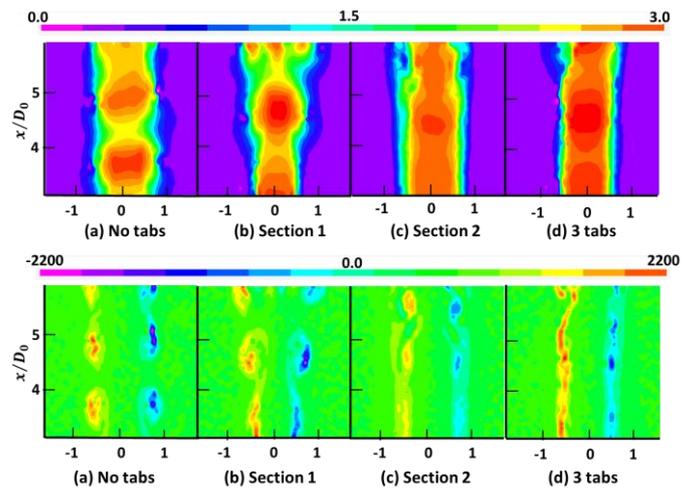


Figure 4. Velocity and vorticity fields ($x/D_0 = 3 \sim 6$)

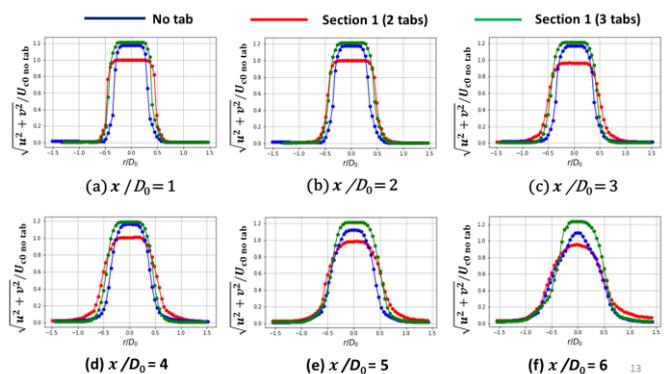


Figure 5. Mean velocity profiles

[3] 黒木和音, タブを付けた円形噴流初期領域の速度と渦度場の PIV による測定, 平成 29 年度日本大学理工学部航空宇宙工学科卒業論文, 2017.