

K3-15

円形噴流のサイドジェットの形成とノズル出口での速度勾配の関係

Effect on Initial Velocity Gradient on Side-Jets Formation in a Round Jets

○加藤優志¹, 村松旦典²*Yushi Kato¹, Akinori Muramatsu²

Side jets are radial ejections formed at the initial region of a jet. A relationship between the side-jets formation and the non-dimensional velocity gradient is experimentally examined in isothermal air jets. The value of non-dimensional velocity gradient at the nozzle exit has lower and upper limits for the side-jets formation. Also, there is hysteresis in the values of the lower and upper limits.

1. 緒言

円形ノズルから噴出させた気体がノズル出口近傍において、噴出気体が主流方向の他に半径方向外側へ噴出する現象が起こる。この現象はサイドジェットと呼ばれている^[1]が、その発生条件や構造はいまだよく分かっていない。従来の実験では、サイドジェットの形成条件は噴出気体と周囲気体の密度比 S が約 0.7 以下とされていたが^[1]、近年、 $S = 1$ の空気噴流でもサイドジェットの発生が確認された^[2]。また、これまでの研究によると、サイドジェットの形成には噴流の密度比だけではなく、ノズル出口での噴流の剪断層の速度勾配が関係し、それを評価するために噴流剪断層の運動量厚さが使われている^{[1],[2]}。

本実験では、サイドジェットが発生する条件として噴流剪断層の無次元化した運動量厚さ θ_0/D_0 の値に上限値と下限値が存在することが示された実験結果^[3]を元に運動量厚さの閾値を明確にするため実験を行った。そして噴流の噴出速度の設定の仕方により閾値が変化するヒステリシス現象が確認されたため、噴流の可視化と熱線風速計による測定を同時に行い、サイドジェットが形成している場合の噴流剪断層の乱れなどを調べることを試みた。

2. 実験装置及び実験方法

本実験では、空気噴流を円形ノズルから静止空気中に鉛直上方へ噴出した。円形ノズルの仕様を表 1、実験条件を表 2 に示す。3 種類のノズルを使用しているのは、同一のレイノルズ数 Re で、ノズル出口での噴流剪断層の速度勾配を変えるためである。実験はそれぞれのノズルについて $Re = 800 \sim 20000$ の範囲で行った。レイノルズ数 Re の代表速度はノズル出口中心での噴出速度 U_{C0} 、代表長さはノズル直径 D_0 である。サイドジェットが形成しているかの判断のための噴流断面の可視化はレーザーシートを、運動量厚さを求めるためのノズル出口での噴流の速度分布の測定は熱線風速計を

Table.1 Specifications of nozzles.

Exit diameter D_0	8 mm	12 mm	16 mm
Nozzle length	100 mm	100 mm	100mm
Area contraction rate	68.1	30.3	17.0

Table.2 Experimental conditions.

Gas	Air
Density ratio, S	1
Nozzle diameter, D_0 (mm)	8, 12, 16
Jet Reynolds number	800 – 20,000
Issuing velocity U_{C0} for $D_0 = 8$ mm (m/s)	1.49 – 37.2
Issuing velocity U_{C0} for $D_0 = 12$ mm (m/s)	0.98 – 24.9
Issuing velocity U_{C0} for $D_0 = 16$ mm (m/s)	0.74 – 18.4

使用した。実験装置の設定、実験方法は運動量厚さの範囲を求めるため以前に行った実験^[3]と同様である。

3. 実験結果

等密度気体噴流での θ_0/D_0 の上限値と下限値の値には、まだばらつきが残っている^[3]ためさらに実験を行った。サイドジェット形成の上限値と下限値を示したグラフを図 1 に示す。図中の破線はサイドジェットが形成しない境界を、実線は形成する境界を示している。このとき、噴流の噴出速度の設定の仕方によってサイドジェットが発生する Re の値にぶれがあることが判明した。すなわち、図 2 のようにサイドジェットが形成しない低い Re から形成する Re となるように流速を低いほうから上げた場合と図 3 のように逆に変化させた場合ではサイドジェットが形成する Re の閾値が異なるヒステリシス現象が存在する。どちらのパターンの場合も予想される Re の閾値を過ぎても噴流の形状がそのまま残ることになる。一例として、 $D_0 = 8$ mm でのサイドジェットの形成と Re の関係を表 3、表 4 に示す。図 4 に $D_0 = 8$ mm の $Re = 1400 \sim 1600$ での θ_0/D_0 を

1 : 日大理工・院 (前)・航宇 2 : 日大理工・教員・航宇

