

K-3

## 円形空気噴流に形成するサイドジェットのヒステリシス現象の数値計算

## Numerical simulation on hysteresis phenomenon of side jets formed in a round air jet

○安福紘大<sup>1</sup>, 村松旦典<sup>2</sup>\*Kodai Yasufuku<sup>1</sup>, Akinori Muramatsu<sup>2</sup>

Side jets are ejections formed at the initial region of a jet. In recent experiments, it is confirmed that a hysteresis phenomenon occurs in the formation of side jets when the jet velocity increases or decreases. It is considered that the hysteresis phenomenon is concerned with an acceleration of the jet velocity. Numerical simulation is attempted using open source software OpenFOAM in order to confirm this hypothesis.

ノズルから気体を噴出させるとノズル出口近傍において、噴出気体が主流から分かれて外側に噴出する現象が起こり、サイドジェットと呼ばれている。Monkewitzら<sup>[1]</sup>及びKyleら<sup>[2]</sup>の実験から、サイドジェットは噴出気体と周囲気体の密度比  $S$  が約 0.7 以下の低密度気体噴流で発生するとされてきた。しかし、近年の実験<sup>[3]</sup>で  $S=1$  の等密度空気噴流でもサイドジェットが発生することが確認されている。サイドジェットの形成条件の一つが噴流のノズル出口での速度勾配であり、ノズルの出口直径で無次元化された噴流せん断層の運動量厚さを用いて評価されている<sup>[2]</sup>。サイドジェットが形成される無次元化運動量厚さには上限値と下限値が存在することが示されている<sup>[4]</sup>。また、田中らの研究<sup>[5]</sup>で、流れに圧力擾乱を与えることで、円形空気噴流に形成位置を固定してサイドジェットが形成されることが示されている。

加藤ら<sup>[6]</sup>は空気噴流の実験を行い、サイドジェットが形成しない低い流速から形成する高い流速へと流速を上げたときにサイドジェットが発生する流速と、サイドジェットが形成する高い流速から形成しない低い流速へと流速を下げたときにサイドジェットが消失する流速、つまりサイドジェットが発生・消失する無次元運動量厚さの閾値に差異が生じるヒステリシス現象が発生することを示したが、その原因については明らかにされていない。その後も実験が行われたが、ヒステリシス現象が発生することは確認されたが、その閾値の値は一致していない。

ここでは、このヒステリシス現象は流れの加減速（加速度）が影響すると予想し、噴出速度の増減の加速度を一定の条件下でサイドジェットの形成現象を確認するため OpenFOAM を利用した数値実験を行う。数値実験では自然遷移での円形空気噴流を再現するため、境界条件となる噴流の速度分布、乱れ度は擾乱を与えない空気噴流の実験結果を用いている。サイドジェットの形成位置を固定するために与える圧力擾乱は、数値実験と円形空気噴流の実験それぞれでの乱れ度と可視化画像を用いて評価・比較することにより決定している。すなわち、数値実験の条件を可能な限り自然遷移の噴流に一致するように設定する。数値実験の結果から、流れの加減速が円形空気噴流に形成するサイドジェット形成のヒステリシス現象に及ぼす影響について考察する。

## 参考文献

- [1] Monkewitz, P. A., Bechert, D. W., Barsikow, B., and Lehmann, B., "Self-excited oscillations and mixing a heated round jet", J. Fluid Mech. Vol. 213, pp. 611-639, 1990
- [2] Kyle, D. M. and Sreenivasan K R., "The Instability and breakdown of a round variable density jet", J. Fluid Mech., Vol. 249, pp. 619-664, 1993
- [3] 村松 旦典, 齋藤 真興, 川邊 健太, 菊池 崇将, "円形等密度気体噴流中に形成されるサイドジェット", 日本機械学会流体工学部門講演会講演論文集, 2015.
- [4] 加藤優志, 村松旦典, "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", 日本機械学会流体工学部門講演会講演論文集, OS5-9 (2018).
- [5] 田中恒平, 村松旦典, "人為的に分岐流れを形成した円形噴流近傍場の渦構造", 第34回数値流体力学シンポジウム, 2020.
- [6] 加藤優志, 村松旦典, "円形空気噴流のサイドジェット形成におけるヒステリシス現象", 日本機械学会年次大会講演論文集, OS05109, 2019.

1: 日大理工・院(前)・航宇, 2: 日大理工・教員・航宇