

## 2次元ヘリウムガス噴流の数値実験

### Numerical simulation of a two-dimensional helium gas jet

○牧野龍<sup>1</sup>, 村松旦典<sup>2</sup>\*Ryu Makino<sup>1</sup>, Akinori Muramatsu<sup>2</sup>

Side jets are clearly generated when the jet density is smaller than that of the ambient gas. It has been suggested that the side jets are related to self-excited oscillations due to the local absolute instability when the density ratio is less than 0.7, and vorticity generation due to baroclinic torque caused by the cross product of density gradient and pressure gradient. In order to confirm previous hypotheses, we have tried the formation of side jets in a helium gas jet by a numerical simulation using ANSYS Fluent. As a result, it is confirmed that an outflow like a side jet is formed.

ヘリウムガスや加熱された空気などを常温の静止空气中に噴出させた場合のように、噴出気体の密度が周囲気体の密度に対して小さい場合、サイドジェットと呼ばれる噴流の一部が枝分かれし、主流とは異なる方向に流体が噴出する現象が確認されている。サイドジェットの形成要因としては密度比が0.7以下のときに生じる局所絶対不安定性による自励振動<sup>[1]</sup>、ブレイド領域で形成される回転方向の異なる縦渦対によって誘起される流れ<sup>[2]</sup>、圧力勾配と密度勾配の外積によって生じるバロクリニックトルクによる渦度の生成<sup>[3]</sup>が影響していることが示唆されている。これらのサイドジェットの形成は円形噴流で考えられてきたが、Raynalら<sup>[4]</sup>によって2次元噴流においても密度比が0.7以下で局所絶対不安定性が生じることが示されていることから、2次元ヘリウムガス噴流の可視化実験が行われ、サイドジェットの形成が確認された<sup>[5][6]</sup>。

バロクリニックトルクを実験により計測することは困難なため、須川らはヘリウムガス2次元噴流の3次元非定常数値計算を行い、渦度輸送方程式の各項を算出した<sup>[7]</sup>。その結果、バロクリニックトルクによって渦度が強められる領域の存在が示されたが、サイドジェットの形成を確認することはできなかった。ここでは、計算の安定化を図るためヘリウムガス噴流の周囲に空気の一様流を付加して計算を行っていた。

ここでは、サイドジェットが形成される実験に近い条件として、空気の一様流を付加せず個体壁面からヘリウムガスのみを噴出させる条件下での計算を試みている。須川ら<sup>[7]</sup>と同様に計算にはFluentを利用し、サイドジェットの形成が確認された実験<sup>[5][6]</sup>と同じノズル幅(4mm)、 $Re=1,000$ となる流速30.6m/sでヘリウムガスを静止空气中に流入させた。計算の結果、サイドジェットのような流れが形成され、サイドジェットの形成には縦渦対の関与が予測される。

#### 参考文献

- [1] Monkewitz, P. A., Bechert, D. W., Barsikow, B., Lehmann, B., "Self-excited oscillations and mixing in a heated round jet", *J. Fluid Mech.*, Vol. 213, (1990), pp.611-639.
- [2] Brancher, P., Chomaz, J. M., Hurre, P. "Direct numerical simulations of round jets: Vortex induction and side jets", *Physics of Fluid*, Vol.6, No.5 (1994), pp.1768-1774.
- [3] Chassaing, P., Antonia, R. A., Anselmet, F., Joly, L., Sarkar, S., "Variable density fluid turbulence", Kluwer academic publishers, (2002).
- [4] Raynal, L., Harion, J. L. Marionet, M. F., Binder, G., "The oscillatory instability of plane variable-density jet", *Physics of Fluid*, Vol. 8, (1996), pp.993-1005.
- [5] 村松旦典, 矢崎亮介, "長方形噴流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).
- [6] 須川貴史, 村松旦典, "長方形ヘリウムガス噴流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, (2016).
- [7] Sugawa, T. & Muramatsu, A., "Effect of density on vortex formation in the initial region of a two-dimensional jet with low density", ICJWSF2017, (2017).