

K3-50

## 音響励起による円形噴流初期領域の周方向構造の操作 Acoustic control of azimuthal structure in the initial region of a round jet

○三田晃平<sup>1</sup>, 中村宣明<sup>2</sup>, 村松旦典<sup>3</sup>, 菊池崇将<sup>3</sup>\*Kouhei Mita<sup>1</sup>, Nobuaki Nakamura<sup>2</sup>, Akinori Muramatsu<sup>3</sup>, Takamasa Kikuchi<sup>3</sup>

In this study, the jet is excited by radiating sound waves from holes at a nozzle exit. The numbers of holes is 4, 5, or 6. As a result, it is found that circumferential structure of excited jet is changed by the number of holes.

### 1. 緒言

噴流は燃焼器や各種混合装置など様々な分野で利用されており、これらを有効活用するためには噴流の流体力学的な特性を理解する必要がある。円形噴流中の初期領域には、周期的な渦輪列が形成されている。その後、その渦輪列同士が合体、または周囲気体を巻き込むことで大きくなり大規模渦となる<sup>[1]</sup>。渦輪はポテンシャルコア領域末端において、周方向に波状に変形し小規模な渦輪に分裂し、崩壊すると考えられている<sup>[1]</sup>。また、この周方向の変形には流れ方向に軸を持つ縦渦が影響していることが知られている<sup>[2]</sup>。しかし、渦輪の周方向の変形と縦渦の関係については未だに解明されていない。本研究では、渦輪の周方向の変形と縦渦の形成の関係を調べるために、その第一歩として渦輪を周方向に人為的に変形することを試みる。すなわち、ノズル出口付近の側面に複数個の孔を設けた孔付ノズルを用いて、そこから音響スピーカーによって噴流を励起し、周方向に変形させる。励起された噴流を鉛直(主流)方向と水平方向において可視化実験を行うことで、流れ場の構造を実験的に調べた。

### 2. 実験装置および実験方法

図 1 に示すように、ノズルは出口直径  $D_0 = 12$  mm, 縮流比が 30 の円形ノズルを使用した。ノズル上部に、厚さ 12 mm の側面に直径 2 mm の孔を設けたノズル延長部(図 2)を取り付けた。孔の個数は等間隔に 4 個, 5 個, 6 個と開けた 3 種類を用意した。スピーカーは、図 1 のようにスピーカーボックス内に取り付け、内径 5.5 mm, 長さ 30 mm の円管と 370 mm のチューブを通して直径 2 mm の孔から噴流に擾乱を与えた。噴出気体の空気には Fog Generator で発生させた粒子を混入し、静止流体中に鉛直上方に噴出し、厚さ約 1 mm のレーザーシートを用いてミー散乱光により噴流の断面の可視化を行った。ノズルの出口中心を通る鉛直方向断面(図 2)と流れに直行した水平方向断面の可視化を行った。可視化した噴流はハイスピードカメラを用いて

Table 1. Experimental conditions

Jet gas	Air
$D_0$ [mm]	12
$Re$ [-]	2000
$U_{co}$ [m/s]	2.55
$f_s$ [Hz]	120
$E$ [V]	0.200
Number of holes	4,5,6

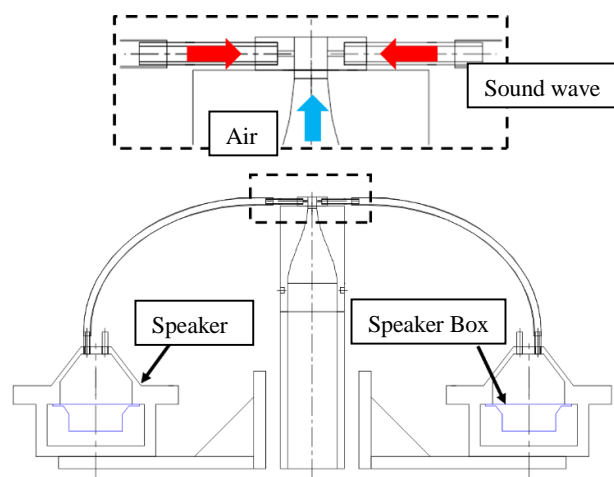


Figure 1. Experimental setup

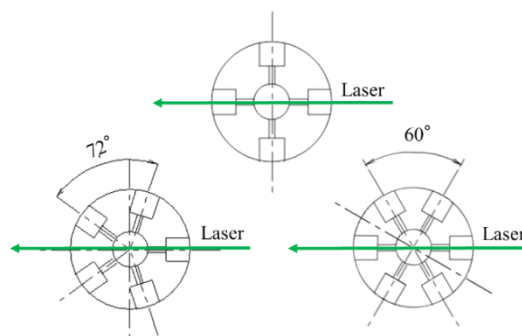


Figure 2. Nozzle outlets with holes and visualized section

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

撮影した。

表 1 に実験条件を示す。噴流のレイノルズ数  $Re$  は 2000 とした。このときの噴流の噴出流速  $U_{c0}$  は 2.55 m/s である。 $Re=2000$  での噴流コラムのプリファードモードは  $f_v=120$  Hz であるので、励起周波数は  $f_s=120$  Hz, スピーカーに入力した電圧  $E=0.2$  V で実験を行った。

### 3. 実験結果

励起していない噴流及び孔の個数が 4, 5, 及び 6 個のノズルを使用した場合について、鉛直方向の可視化結果を図 3 に示す。噴流の鉛直方向高さ  $x=24$  mm (無次元高さ  $x/D_0=2$ ) の水平方向断面の可視化写真を図 4 に示す。

図 3 より、励起していない噴流では、 $x/D_0=2$  の位置までに剪断層のロールアップが起こり、 $x/D_0=3$  より下流では渦輪が形成している。励起した噴流は、孔の個数に関らず  $x/D_0=1$  の位置で渦輪が形成され、渦輪が合体することなく早期に渦輪が崩壊している。

図 4 の水平方向の断面可視化結果では、孔が 4 個の場合は噴流が周方向に 4 つに、孔が 5 個の場合は 5 つに、孔が 6 個の場合は噴流が 6 つと、孔の個数に対応した一对の回転方向の異なる渦構造が確認できる。図中の矢印は、励起するための孔の位置を示している。この渦構造は隣り合う励起孔の間に発生しており、隣り合う励起孔により、流れが誘起されることで、回転方向が異なる一对の渦構造が生じていると考えられる。また、孔の個数が多いほど周方向に大きく広がりが見られる。これは、孔同士の感覚が狭くなっているため、誘起される流れがより強くなっているためであると予測される。

次に、図 5 に孔 6 個で励起した場合の水平方向断面可視化の時系列データを示す。図は励起周波数  $f_s$  である、120 Hz (8.33 ms) とほぼ等しい一周分の時系列データを示した。図の時間間隔  $\Delta t$  は約 1.0 ms である。噴流の周方向の形状は、励起周波数  $f_s$  と同じ周期で変化していることがわかる。また、一对の回転方向の異なる渦構造は一周期の中で定常的に表れている。⑤から⑥では、中心の渦構造が六角形に変化している。よって渦輪は、6 箇所の励起により、六角形に変形したと考えられる。

### 4. 今後の予定

噴流の空間的な発達構造を調べるために、より下流での水平方向断面可視化を行う。三次元可視化も行い、三次元構造を調べる。また、PIV による水平方向断面の速度場の計測を行いたい。

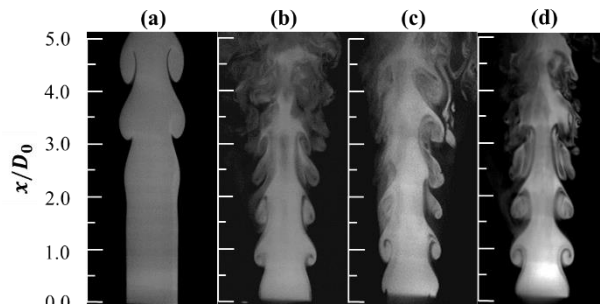


Figure 3. Visualized air jets, ( $Re = 2000, f_s = 120$  Hz)  
(a) unexcited (b) 4holes (c) 5holes (d) 6holes

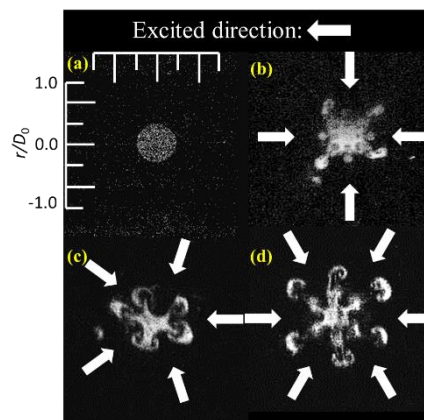


Figure 4. Horizontal cross-sections for air jets, ( $Re = 2000, f_s = 120$  Hz,  $x/D_0 = 2.0$ ), (a) unexcited (b) 4holes (c) 5holes (d) 6holes

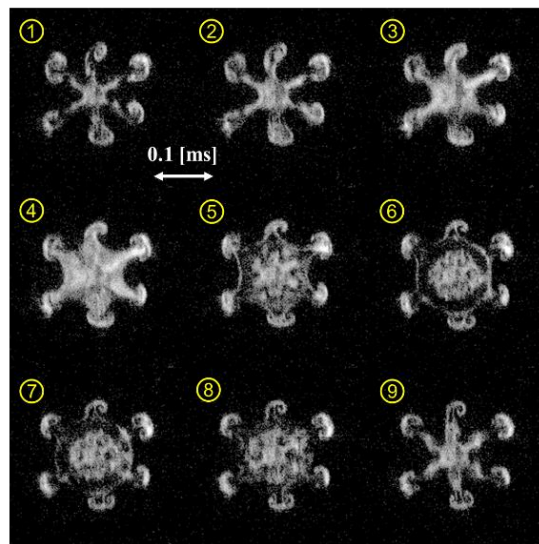


Figure 5. Time series of horizontal cross-sections, ( $Re = 2000, f_s = 120$  Hz,  $\Delta t = 1.0$  ms,  $x/D_0 = 2.0$ )

### 5. 参考文献

- [1] 豊田国昭, 噴流の渦, 日本流体力学会誌 ながれ, Vol. 24 (2005), pp. 151-160.
- [2] 森隼人, 豊田国昭, 平元理峰, 白濱芳朗, 軸対称噴流中の渦輪と縦軸の干渉, 日本機械学会論文集 B 編 70-678 (2004).