D109

平行におかれた2円管から流出する脈動噴流* (円管設置間隔の影響)

田畑 隆英[○](鹿児島高専), 中島 正弘(鹿児島高専), 李鹿 輝(山形大学)

Pulsating Jet Flow Issuing from Two Parallel Pipes (Effect of Distance between Two Pipes)

Takahide TABATA, Masahiro NAKASHIMA and Akira RINOSHIKA

ABSTRACT

The jet issuing from two parallel pipes is applied to many industrial apparatus. This jet flow was visualized by the LIF method. Moreover, the flow image obtained from the flow visualization was decomposed into multi-scale structures by using the wavelet multi-resolution analysis. As a result, it has been clarified from the flow visualization that the spread of the pulsating jets becomes small with the increase of the distance between two pipes. Furthermore, in the case of the large distance between two pipes, it has been also found that the structure of each level of the pulsating jets distributes in the all flow fields.

Keywords: Pulsating jet, Flow visualization, Wavelet multi-resolution analysis

1. 緒言

平行におかれた多噴流は、自動車の排気管や工場の煙突からの排気など、産業界で多くみられる流れであり、これまで多くの研究¹⁾がなされている。また、近年では振動流を用いた噴流の拡散に関する研究^{2), 3)}も行われている。

このような研究の背景から、本研究では平行におかれた2本の円管から流出する噴流に逆位相の脈動を付加し、その拡散について調べるものである。円管設置間隔を特定して実験を行った前報⁴⁾に続き、ここでは、その設置間隔を種々、変化させてLIF法による流れの可視化を行った。また、流れの構造を調べるために、得られた可視化画像を用いてウェーブレット多重解像度解析を行い、2円管の設置間隔が噴流の構造に及ぼす影響について調べたので、報告する。

2. 実験装置および方法

本研究で用いる座標系をFig. 1に示す。2円管の出口中心の中央に座標原点Oをとり、流れ方向にx軸、鉛直方向にy軸、円管の設置方向にz軸をそれぞれとる。本研究で用いる可視化実験装置および画像処理法は、既報⁴⁾と同様であるので、ここではその概略のみを説明する。ポンプにより汲み上げられた水は、内径 $d=20\text{mm}$ 、厚み 1mm 、長さ 1200mm の円管から十分に発達した速度分布で可視化用水槽に流出する。ここで、ピストンクランク機構によりモータの回転運動を往復直線運動に変換し、噴流に脈動を付加する装置については、既報⁴⁾を参照願いたい。なお、2円管内で作動するピストンの外

径および行程は、それぞれ、 13mm および 80mm であり、それらの位相差を 180° とした。本流れ場における力学的パラメータは、レイノルズ数 Re であり、 5.0×10^3 とした場合の実験を行った。なお、代表寸法および代表速度は、それぞれ、 d および円管出口における断面平均速度 U_{mean} である。また、噴流に付加する脈動周波数 f は、既報⁴⁾と同様に、1, 2, 3 および 4Hz とした。さらに、幾何学的パラメータとして、円管の設置間隔を $L/d = 1.1, 1.65, 2.2$ と種々変化させた場合の実験を行った。

3. 実験結果および考察

3.1 LIF法による流れの可視化

噴流の流動状況を調べるために、LIF法による流れの可視化実験を行った。ここで、 4Hz の脈動を付加した場合、円管の出口中心において、 $0.35\text{m/s} \pm 0.14\text{m/s}$ の脈動噴流が得られていることを確認している。得られた xOz 面における瞬間画像をFig. 2および3に示す。これらの撮影範囲は円管出口から $x/d = 15$ である。まず、Fig. 2(a) および3(a)に示す脈動を付加していない場合、田中・中田ら⁵⁾が報告しているように、2噴流は互いに引き寄せあう。このような噴流に逆位相の脈動を付加すると、

Fig. 1 Coordinate systems

(a) $f=0$ Hz (b) $f=4$ Hz

Fig. 2 Original image ($L/d=1.1$)

Level 1

Level 2

Level 3

(a) $f=0$ Hz (b) $f=4$ Hz

Fig. 4 Wavelet multi-resolution analysis ($L/d=1.1$)

(a) $f=0$ Hz (b) $f=4$ Hz

Fig. 3 Original image ($L/d=1.65$)

(a) $f=0$ Hz (b) $f=4$ Hz

Fig. 5 Wavelet multi-resolution analysis ($L/d=1.65$)

Fig. 2(b)に示す $L/d = 1.1$ の場合、円管出口近傍で噴流塊が互いに強く押し退けあい、それぞれの噴流が互いに遠ざかりながら下流へ進むのが確認された。また、Fig. 3(b)に示す $L/d = 1.65$ の場合、円管から渦輪を伴った噴流塊が交互に放出され、並進していることがわかる。

3.2 ウェーブレット多重解像度解析

円管の設置間隔が脈動噴流の構造におよぼす影響を調べるために、ウェーブレット多重解像度解析⁵⁾を行った。その結果をFig. 4および5に示す。まず、脈動を付加していない場合について考察する。Fig. 4(a)に示す $L/d = 1.1$ においてLevel 1の構造は、2円管の出口直後で合流している。また、Fig. 5(a)に示す $L/d = 1.65$ の場合、Level 1の構造は互いに近寄り、約 $x/d = 5$ において合体していることがわかる。また、Level 2および3の構造は、 L/d が増加すると、円管出口近傍と噴流外縁部に多く存在することがわかる。

次に、逆位相の脈動を付加した場合について考察する。Fig. 4(b)に示す $L/d = 1.1$ の場合、Level 1の構造は、円管出口近傍において互いに接近して存在しているが、約 $x/d = 2$ より下流において互いに遠ざかるように分布し、次第に消滅していくことがわかる。同様に、Level 2および3の構造も約 $x/d = 7$ より下流ではほとんど認められなくなる。一方、Fig. 5(b)に示す $L/d = 1.65$ の場合、Level 1の構造は x 軸に対して非対称に交互に分布しており、下流まで存在している。また、Level 2および3の構造も、同様に、下流まで分布している。

4. 結 言

平行におかれた2円管から流出する噴流に逆位相の脈動を付加し、円管設置間隔を種々、変化させて、LIF法による流れの可視化を行った。また、その可視化画像を用いてウェーブレット多重解像度解析を行い、2円管の設置間隔が噴流の構造に及ぼす影響について調べた。

その結果、逆位相の脈動を付加した噴流において、円管設置間隔が大きくなると、円管設置方向の拡散は抑制され、各レベルの構造は流れ場全体に分布するようになることがわかった。

参 考 文 献

- 1) 田中栄一, 中田修一: 二次元平行噴流の干渉 (第1報, 平行2噴流の干渉の実験), 日本機械学会論文集(B), Vol. 35, No. 274 (1969) pp. 1257-1264.
- 2) 高曾徹, 守田宗昭: 円形シンセティック・ジェット・アクチュエータで形成された噴流の特性 (円形オリフィス噴流との比較), 日本機械学会九州支部第61期総会・講演会論文集, No. 088-1 (2008) pp. 1-2.
- 3) 松田信吾, 中島正弘, 田畑隆英, 李鹿輝: 往復振動流による噴流の拡散制御 (周波数の影響), 日本機械学会九州支部第61期総会・講演会論文集, No. 088-1 (2008) pp. 5-6.
- 4) 宇宿史彦, 田畑隆英, 中島正弘, 李鹿輝: 「平行におかれた2円管から流出する噴流」, 可視化情報第35回可視化情報シンポジウム講演論文集, Vol. 27, Suppl. No. 1 (2007) pp. 207-208.
- 5) Rinoshika, A. and Zhou, Y.: Orthogonal Wavelet Multi-Resolution Analysis of a Turbulent Cylinder Wake, Journal of Fluid Mechanics, Vol. 524 (2005) pp. 229-248.