C111

柔らかなフィンをもつ円管から流出する 噴流の知的可視化

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

Visualization of Jet Issuing from Circular Pipe with Fluttering Fin

Masahiro NAKASHIMA, Akira RINOSHIKA and Takahide TABATA

ABSTRACT

As a part of the study on the control of the jet diffusion, the jet flow issuing from the circular pipe with the pliable fluttering fins has been investigated. It is hopeful that these fluttering fins supply the disturbance to the jet flow and the jet diffuses largely under the influence of these fins. In order to investigate the attaching effects of these fins on the jet diffusion, the flow visualization by the LIF method and the image processing by the PIV method have been conducted, by changing the length of the fins. Moreover, the wavelet multi-resolution analysis has been also carried out by using the original images obtained from the LIF method. As a result, it has been clarified that the structure of the jet varies with the length of the fins considerably.

Keywords: Jet, Flow Visualization, Wavelet Multi-resolution Analysis, PIV, LIF

1. 結 論

噴流拡散の促進や抑制に関する研究が近年、活発に行われている。噴流の拡散特性は、噴出口における力学的条件および幾何学的条件などに大きく依存することが、これまでの研究で明らかになってきている。特に、大規模組織構造である渦輪の放出や合体といった挙動が噴流の拡散に大きな影響を及ぼすことも知られている。そして、この渦輪を制御する方法としてノズル出口にタブ（小突起）を設けたり¹⁾、フラップ型マイクロアクチュエーターをノズル周囲に配置する²⁾など、種々な方法がこれまでに提案されている。

本研究は、Fig. 1 に示すように柔軟性のある人工セルロース製の短冊状フィンを円管出口に取り付け、噴流の拡散促進を試みるものである。ここでは、フィンの長さを種々変化させ、PIV 法により得られた噴流の速度分布から、各下流位置における噴流幅を求めた。また、LIF

法による流れの可視化画像を用いてウェーブレット多重解像度解析も行い、噴流中に含まれる組織構造を種々なスケールに分解した。そして、これらの結果を用いて、フィンが噴流の拡散に及ぼす影響を明らかにしたので報告する。

2. 実験装置および方法

本研究で用いた流れの可視化実験装置は前報^{3),4)}と同様であるので省略する。なお、円管の内径 d および円管出口での断面平均流速に基づくレイノルズ数 Re は 1.97×10^4 である。また、人工セルロース製フィンの厚さは約 $25.6 \mu m$ であり、フィンの長さ L は、前報^{3),4)}の $L/d=1.0$, および 1.5 に加えて、ここでは $L/d=2.0$ の場合も新たに報告する。なお、フィンの幅 B は $B/d=0.425$ である。さらに、本研究では可視化画像のウェーブレット多重解像度解析には、20 次の Daubechies 基底のウェーブレットを用いている。

3. 実験結果および考察

PIV 法により各下流位置における噴流の速度分布を計測し、これを用いて噴流幅 $2b$ を求めた。その x 方向への変化を Fig. 2 に示す。フィンのない通常の円管から流出する噴流と比較して、フィンが付加されたことにより、噴流拡散は促進されていることがわかる。また、フィンが長くなるとその効果は増大することもわかる。

Fig. 1 Jet flow with fluttering fin.

Fig. 2 Variation of jet width.

Fig. 3 Variation of Δy_{rms} .

(a) Original image (b) Level 1 (c) Level 2 (d) Level 3 (e) Level 4

Fig. 4 Wavelet multi-resolution analysis ($L/d = 2.0$).

瞬間速度分布から求めた瞬間噴流中心線と x 軸との偏差 Δy の RMS 値 Δy_{rms} の x 方向への変化を Fig.3 に示す。フィンが付加されたことにより Δy_{rms} は、さらに大きくなっていることがわかる。特に、 $L/d=2.0$ の場合は、かなり増大する。

フィンの有無、および長さによる噴流の組織構造の相違を調べるために、噴流に平行な断面にレーザーライトシートを照射し、LIF 法により可視化された噴流の画像を用いてウェーブレット多重解像度解析を行った。その一例として、 $L/d=2.0$ の場合の解析結果を Fig.4 に示す。なお、以下は前報^{3),4)}で示したフィンを付加しない場合、フィン長さが $L/d=1.0$ 、および 1.5 の場合のウェーブレット多重解像度解析結果と比較しながら考察する。

比較的、大規模な組織構造を示すウェーブレットレベル 1 において、 $L/d=2.0$ の場合には、Fig.4(a)に示した原画像からもわかるように、濃い灰色で示される噴流主流部は、大きく揺動している。これは Fig.3 の Δy_{rms} の変化とも対応している。一方、このような噴流主流部の揺動挙動は他の場合には、あまり顕著には認められない。

次に、比較的、中規模構造を示すウェーブレットレベル 2、および小規模構造を示すレベル 3 に関して考察する。 $L/d=2.0$ の場合には、各レベルの構造が噴流全体にわたって広く分布していることがわかる。しかし、 $L/d=1.0$ や 1.5 の場合には、特にウェーブレットレベル 3 の分布があまり認められない。

さらに、比較的、小規模構造を示すウェーブレットレベル 4 は、 $L/d=2.0$ の場合、ほとんどその分布が確認できない。しかし、 $L/d=1.0$ や 1.5 の場合には、このレベルの

構造は他の場合に比べて多く分布している。

5. 結 論

噴流の拡散制御に関する研究の一環として、人工セルローズ製の柔らかな短冊状フィンを円管出口に付加し、その長さを種々変化させて、可視化実験を行った。そして PIV 法による速度分布から噴流幅や噴流中心線の変動規模を求めた。また、LIF 法による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、種々な規模をもつ組織構造の抽出も行った。その結果、以下の結論が得られた。

(1) フィンを付加することにより噴流は大きく拡散する。また、フィンが長くなるにつれて、その効果は顕著になる。

(2) フィンの有無により、またフィンが長くなるにつれて、中規模構造や小規模組織構造の分布に違いが認められる。

参 考 文 献

- 1) Toyoda, K. and Mori H., Three Dimensional Vortical Structure and Mixing Mechanism of a Circular Jet, *Journal of Visualization*, No.3, Vol.4(2001), pp.239-244.
- 2) 鈴木宏明, 笠木伸英, 鈴木雄二: フラップ型マイクロ電磁アクチュエータ群による軸対称噴流の能動制御, *機論* 65 巻 639 号(B) (1999) pp.3644-3651.
- 3) 田畑隆英, 中島正弘, 李 輝, 野崎 勉, 噴流の拡散制御に関する研究 (ウェーブレット多重解像度解析による検討), *可視化情報*, Vol. 23, Suppl. No. 1 (2004), pp. 79-80.
- 4) 中島正弘, 李鹿 輝, 田畑隆英, 野崎 勉, 柔らかなフィンを付いた噴流の拡散制御, *可視化情報*, Vol. 24, Suppl. No. 2 (2004), pp. 125-126.