

C 2 0 3

## 円柱後流の PIV データにおける時間領域周波数特性の可視化

牛島 央智, 李鹿 輝<sup>○</sup> (山形大学・院), 齋藤 兆古 (法政大学・院)

### Visualization of Time Domain Frequency Characteristics from PIV Data of a Cylinder Wake

Hisatomo USHIJIMA, Akira RINOSHIKA and Yoshifuru SAITO

#### ABSTRACT

It is well known that frequency analysis of the time fluctuation component of turbulent flow leads to the time domain frequency characteristics and visualizes the turbulent structures. The purpose of this study is to extract the  $1/f$  fluctuation characteristics of turbulent structures by frequency analysis of PIV data of cylinder wake. As a result, the frequency distribution of turbulent wake is visualized, and the  $1/f$  fluctuation characteristics of wake are found in the shear layer.

**Keywords:** Cylinder wake, Frequency characteristics, Turbulence

#### 1. 結論

私たちの身の回りには空を流れる雲、小川のせせらぎやろうそくの炎などのような様々な自然現象がよく見られる。このような自然現象は「 $1/f$ ゆらぎ」という固有の周波数特性を持つことが様々な研究によって明らかとされてきている<sup>1)</sup>。「 $1/f$ ゆらぎ」の持つ最大の特徴は人間にとっての癒しや安らぎの効果である。流体力学と「 $1/f$ ゆらぎ」との関係は現在のところエアコンなどの空調技術の開発に関する報告が多くされている<sup>2)</sup>。その研究目的は「 $1/f$ ゆらぎ」の風は人間にとって心地良い空間を作り出せるかというものである。他方、流れの中に置かれた物体の後方には乱流の周波数特性について調べたものは数多くあるが、その乱流全体の周波数特性について研究はほとんどない。本研究では円柱後流全体の周波数特性を調べる方法として円柱後流の PIV 実験から求められた PIV データ (速度と渦度) の周波数解析により、時間領域周波数特性を求め、パワースペクトルの傾き分布から円柱後流の主流部分と剥離せん断層において、乱流周波数特性を調べる。

#### 2. 時間領域周波数解析の方法

PIV データ (速度と渦度) はそれぞれ時系列方向に離散化量であるため、本研究はその一連の離散化量が各同一座標に離散フーリエ変換を施し、パワースペクトルを求める。そして、パワースペクトルの数値配列と各周波数を両対数グラフで表わしたときの傾きを求める方法として、累乗近似を用いて直線に回帰させ、その傾きを求める。求められた回帰直線の傾きにより、各 PIV データ

の時間領域周波数特性を解析する。Fig. 1 はある点における PIV 解析の渦度の時系列データとそのデータを時間領域周波数解析することにより得られた周波数対パワースペクトルの両対数グラフの例を示したものである。このような時間領域周波数解析を円柱後流全体に対して行い、パワースペクトルの傾き分布を求める。またパワースペクトルの傾きが-1 になるものを  $1/f$  周波数成分、傾きが-2 のものを  $1/f^2$  周波数成分という。

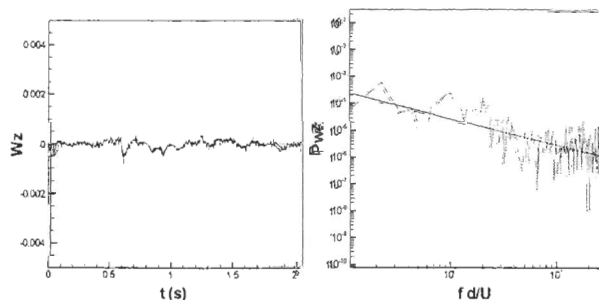


Fig. 1 Vorticity (left) and power spectrum (right)

#### 3. PIV 実験条件

PIV 計測断面は円柱側面、円柱上面及び円柱後方断面、レイノルズ数は 4900、8900 である。

#### 4. 結果

##### 4.1 円柱側面

ここで、円柱側面の変動速度の時間領域周波数解析の結果を示す。Fig. 2 はパワースペクトルの傾き分布の結果、Fig. 3 はパワースペクトルの傾き  $a=-1$  ( $1/f$  周波数成分) 部分のみを示した分布である。Fig. 2 から円柱後

方のはく離領域にパワースペクトルの急な傾きが多く分布していることが分かる。また主流部分には傾きの緩やかな分布が見られる。さらに Fig. 3 から剥離せん断層付近にパワースペクトルの傾きが  $a=-1$  の分布が集中していることが分かる。さらに傾き  $a=-1$  の分布は  $Re=4900$  の方は剥離せん断層の下流にまで見られる。

#### 4.2 円柱上面

円柱上面の変動速度の時間領域周波数解析の結果を以下に示す。Fig. 4 と Fig. 5 はそれぞれパワースペクトルの傾き分布とパワースペクトルの傾き  $a=-1$  部分のみを示した結果である。これらの図を見てみると、円柱の直後のはく離線断層付近に傾き  $a=-1$  の分布が見られる。

#### 4.3 円柱後方の断面

円柱後方断面の変動速度の時間領域周波数解析の結果を Fig. 6 と 7 に示す。Fig. 6 と 7 は円柱後方 50mm の断面のパワースペクトルの傾き分布とパワースペクトルの傾き  $a=-1$  部分のみを示した結果である。Fig. 6 から円柱後方のはく離領域にパワースペクトル傾きの急な部分が多く見られる。さらに Fig. 7 から円柱後流のはく離せん断層付近に傾き  $a=-1$  の分布が集中していることが分かる。

### 5. 結論

本研究では、円柱後方流れの PIV データを用いて、円柱後流全体の時間領域周波数特性を求めた。その結果、円柱後方のはく離領域のパワースペクトルの傾きは急になり、主流部分の傾きは緩やかなものになることが分かった。さらに円柱後流のはく離せん断層付近のパワースペクトルの傾きは  $-1$ 、つまり  $1/f$  周波数成分であることが分かった。

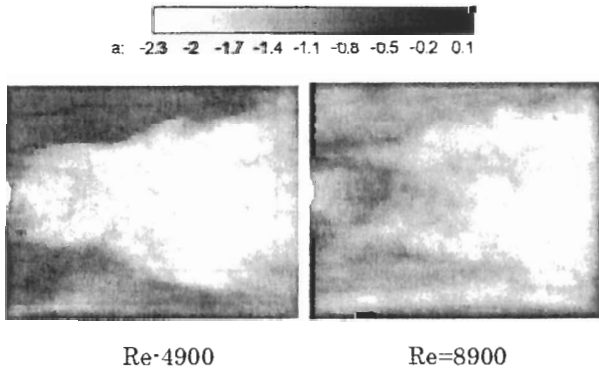


Fig. 2 Frequency distribution of cylinder wake

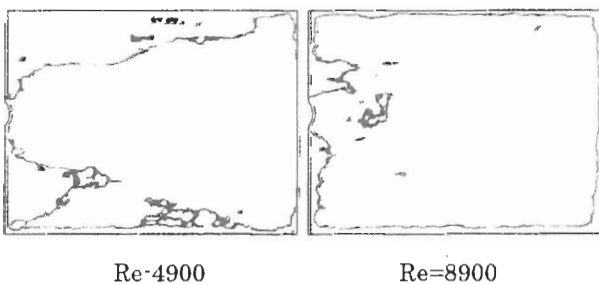


Fig. 3  $1/f$  fluctuation of cylinder wake

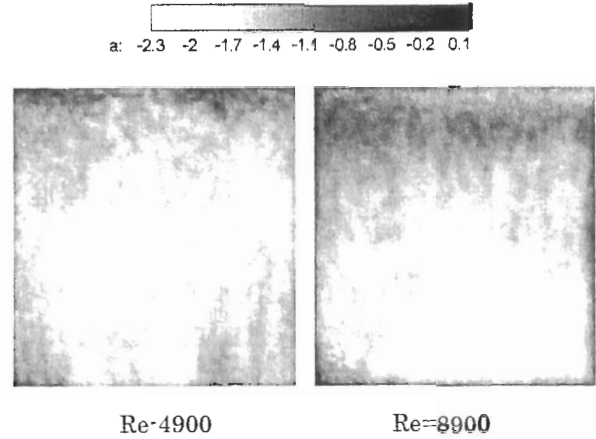


Fig. 4 Frequency distribution of cylinder wake

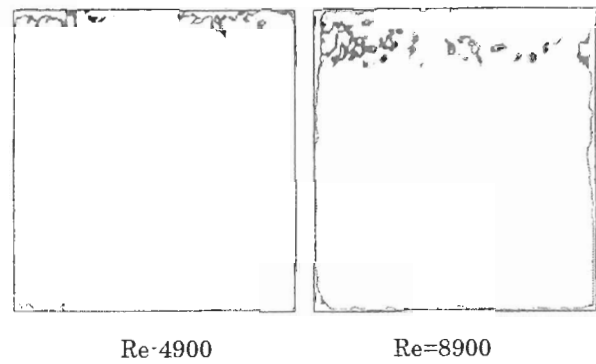


Fig. 5  $1/f$  fluctuation of cylinder wake

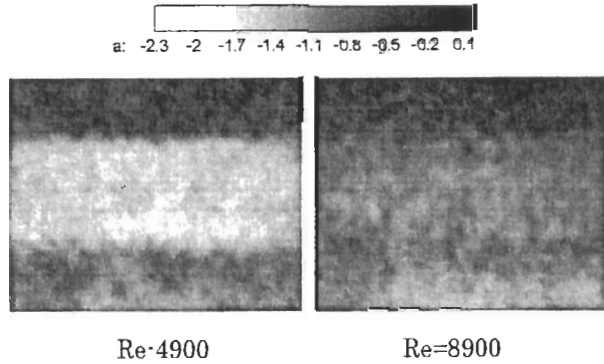


Fig. 6 Frequency distribution of cylinder wake

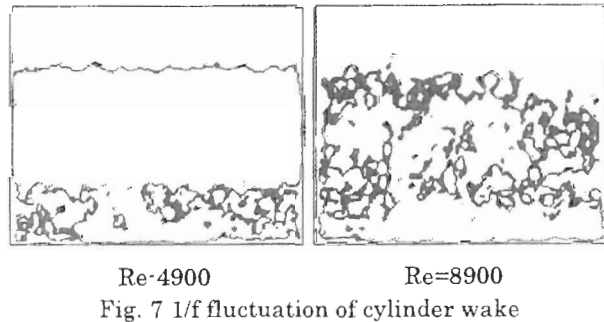


Fig. 7  $1/f$  fluctuation of cylinder wake

### 参考文献

- 1) 寺西正晃, 齋藤兆古, 堀井清之: 自然現象における時間領域周波数特性の可視化, 可視化情報学会誌, Vol.26, No.1 (2006), pp.167-170.
- 2) 佐給晴夫: 供道空間の物理, 応用物理, 第60巻, 第3号 (1991), pp.247-253.