C 2 1 2

時系列 PIV 解析による回転二円板間大規模渦構造の研究

古江 正人[○] (同志社大学), 菅原 之寛 (同志社大学)

舟木 治郎 (同志社大学), 平田 勝哉 (同志社大学)

Of Large-Scale Vortical Structures
Between Rotating Disks By Continuous PIV

Masato FURUE, Nobuhiro SUGAWARA, Jiro FUNAKI and Katsuya HIRATA

ABSTRACT

In this study, we investigate the flow between co-rotating disks in a stationary cylindrical enclosure. Here, the gap between disks is much narrower than disk radius. This flow is often non-axisymmetrical and complicated. This flow sometimes induces magnetic-head oscillations in disk storage drives of PCs. Then, we carry out flow visualisations using a high-speed camera, and time-continuous quasi-three-dimensional PIV (Particle Image Velocimetry) analyses. As a result, we confirm a pair of toroidal vortex structures near the cylindrical enclosure on the $r-z$ plane. We show the toroidal structures on a quasi-three-dimensional space $r-z-t$. Here, t is the time. By this visualisation technique, we can easily and clearly see the toroidal structures. We can confirm that the vortex structures hardly fluctuate.

Keywords: PIV, rotating disk, toroidal vortex, quasi-three-dimensional PIV

1. 緒言

本研究では、静止外周壁内の同軸で共回転する同径の二円板間の流れについて研究を行なった。円板間隙は円板径よりも十分に小さい。この流れは、しばしば非軸対称で、複雑なもので、実際にパソコン等に用いられる磁気ディスク装置などで発生し、磁気ヘッドの振動などの原因となっている。そのためこの流れを把握することが必要である。

この流れを解明するために様々な研究が行なわれてきた。Lennemannらは(1987)、非軸対称な周方向モードについて研究を行った。Herreroらは(1999)は、三次元数値シミュレーションにより、軸方向モードの分類を行なった。

本研究ではモデル装置を用い、ハイスピードカメラにより円板間の流れをPIV(Particle Image Velocimetry)解析し、さらに時間軸を加えた擬似三次元空間で渦構造を可視化した。

2. 実験方法

2.1 実験装置

Fig.1 は実験装置の概略図である。円板間の可視化がで

きるように、外周壁及び回転円板はアクリル製である。静止外周壁の周りに、アクリル製の直方体容器を設置することにより、可視化を行った際の外周壁によるひずみを取り除いた。作動流体は、水を使用した。

Fig.1 Schematic diagram of model.

2.2 パラメータ

重要なパラメータを下記に示す。(Fig.2 参照) また座標系は円柱座標系 (r, θ, z) を用いる。

円板端の速度を代表速度にとった回転レイノルズ数は、

$$Re = \frac{\omega R_d^2}{\nu} \quad (1)$$

$Re=3.6 \times 10^3$ (円板回転速度 1.5rpm)を用いた。
円板間隙比は

$$\delta = \frac{G}{R_d} \quad (2)$$

$\delta=0.09$ を用いた。無次元静止外周壁半径は

$$\lambda = \frac{R_w}{R_d} \quad (3)$$

本研究では、 $\lambda = 1.0$, $(R_d \cdot R_w)/R_d=0.004$ 。また円板の一回
転に要する時間を t_d とする。今回、軸方向モード I, 周方向
モード 0 で実験を行った。¹⁾²⁾

Fig.2 Definition of governing parameters.

2. 4 流れの可視化とPIV解析

本研究では軸方向($r-z$)断面と周方向($r-\theta$)断面の PIV 解
析を行った。可視化には、架橋ポリエチレン粒子に蛍光塗料
を付加した蛍光粒子を用いて、スリット光を円板側面から軸
方向断面に、あるいは周方向断面に照射して可視化を行っ
た。軸方向断面の可視化においては円板側部より、また周
方向断面の可視化においては円板上部よりハイスピードカメ
ラにより撮影した。また軸方向断面の PIV 解析結果より時間
軸を加えた擬似三次元空間で、流れの可視化を試みた。

3. 実験結果及び考察

軸方向断面の PIV 解析結果を Fig.3 に示す。Fig.3 より、
時間的な変動は無視できないが、外周壁付近で生じるトーラ
ス状の渦構造がどの瞬間も観察できる。さらに渦度が逆でほ
ぼ上下対称であることもわかる。よって文献¹⁾より、この流れ
は軸方向モード I とみなせる。

この軸方向断面の PIV 解析を高速度カメラにより短時間
間隔で実施することより、時間軸を加えた擬似三次元空間で
の結果として示すことができる。(Fig.4 参照) 外周壁付近の
渦構造はほとんど変動しないことが確認できる。なお、この方
法は、より複雑なモードでの流れ構造の理解に有用である。

4. 結言

1. 外周壁付近で生じるトーラス状の渦構造は観察すること
に成功した。渦構造は時間的に変動するが、大まかなト
ーラス構造は保たれている。

2. 高速度カメラを用いた連続 PIV により、トーラス状の渦構
造を擬似三次元的に示すことができた。

参考文献

- 1) Herrero, J, A, C, Giralt, F and Humphrey, J, A, C :
Influence of the geometry on the structure of the flow
between a pair of corotating disks, Physics of Fluids,
Vol11, No.1 (1999) pp. 88-96
- 2) Lennemann, E : Aerodynamic aspects of disk files, IBM
J.Res.Dev., Vol.16, No.6 (1974) pp.480-488.

Fig.3 Velocity vectors and vorticity ω_θ on the $r-z$ plane
($Re=3.6 \times 10^3$, $\delta=0.09$, $\lambda=1.0$, mode I-0).

Fig.4 Iso-vorticity surface of ω_θ on the $r-z$ plane at $t/t_d =$
0.00-0.825 ($Re=3.6 \times 10^3$, $\delta=0.09$, $\lambda=1.0$, mode I-0).