

渦輪の乱流遷移過程

望月 修、木谷 勝、田中幸男*

Transition Process of a Vortex Ring by

O. Mochizuki, M. Kiya, Y. Tanaka

Graduate School of Engineering,
Hokkaido University

Abstract Velocity measurements of a vortex ring were performed by eight single hot-wire probes arranged along the circumference of a vortex ring and synchronized with visualization of the vortical structures using a thin laser-light sheet. Turbulent fluctuations appeared in a part of the vortex core at the beginning of transition. The amplitude of the azimuthal waviness grew quickly during the transition process. Intricate windings were observed in the turbulent vortex core. The complexity disappeared and the turbulent fluctuation was damped in the final stage of the turbulent vortex ring. The onset of turbulence was observed at that part of the vortex core which was curved towards the center.

Key Words: vortex ring, transition, instability, turbulent, measurement

1. はじめに

渦輪それ自体の研究は古くからなされているが、その利用に関しては多くの知見はない。我々は渦輪をはく離流れの制御に用いることを考えている。それは、渦輪を遠方からはく離領域に打ち込み、そこにエネルギーを注入するものである。渦輪を遠方から飛ばすために、渦輪の軌道、渦輪の飛行中における状態変化などを知っておく必要がある。そのため、渦輪がいつどこで乱流化するのか、また軌道がそれによってどのように影響を受けるのかということが重要である。本報告は、渦輪の遷移過程における変形と速度変化を示したものである。

2. 実験装置および方法

渦輪は直径 50mm の円形オリフィス（図 1）から噴出される。噴出速度は 1.02m/s である。煙を含んだ渦輪をレーザーシートで可視化して、渦輪の変形を捕らえ、それと同時に、周方向に等間隔で配置させた 8 本の I 型熱線プローブで速度変化を計測する。

3. 実験結果および結論

図 2 に、渦輪の各下流位置において、円形オリフィスから噴出された渦輪の断面の可視化結果を示す。 $x/D=4$ では円形であるが、 $x/D=7$ では周方向に波状に変形している様子が分かる。 $x/D=9$ では周方向の変形が複雑となり、 $x/D=15$ では再び円形の渦輪に推移している。ただし、 $x/D=15$ における渦輪内の煙の模様には細かな乱れがあるように見える。

これらの写真に写っている熱線プローブで測定した速度の変化波形を図 3 に示す。図の a から d の順番は図 2 のものと同じである。熱線の位置はおおよそ渦核の中心である。したがって、層流状態である図 a には、渦核における特徴的な鋭い切れ込みのある波形が見られる。遷移状態では、渦核の周辺で乱れが発生していることがわかる。また、乱流状態では渦核内が乱流であること、図 3 d の状態では乱れが減衰していることがわかる。

なお、渦輪が波状に変形しているとき、渦核が渦輪中心軸方向にゆがんでいる部分から乱流に遷移することがわかった。

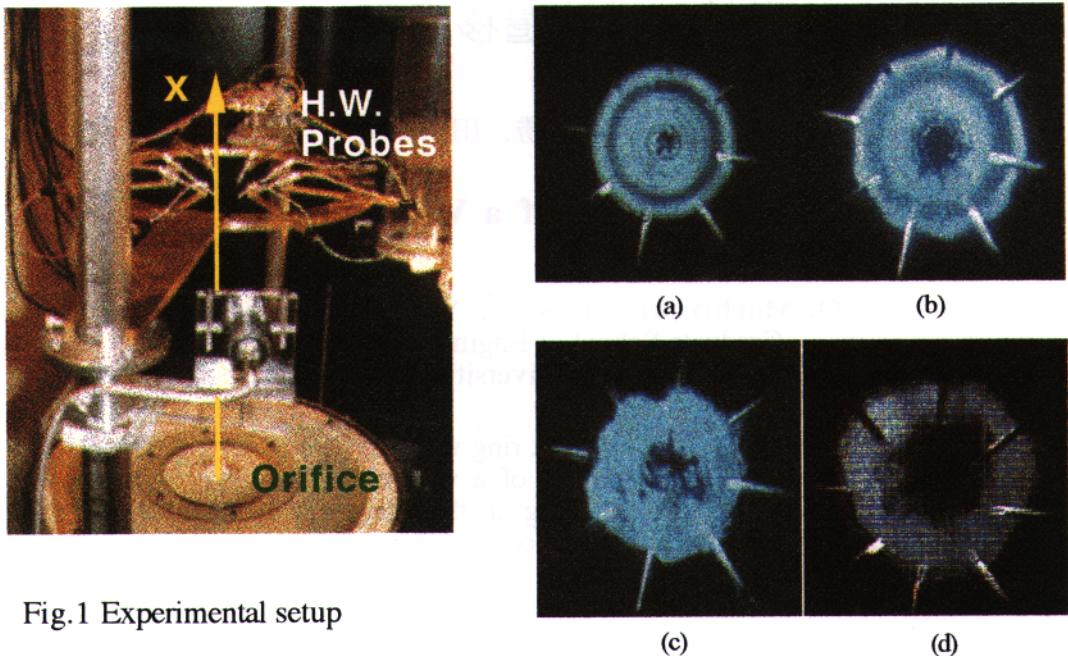


Fig.1 Experimental setup

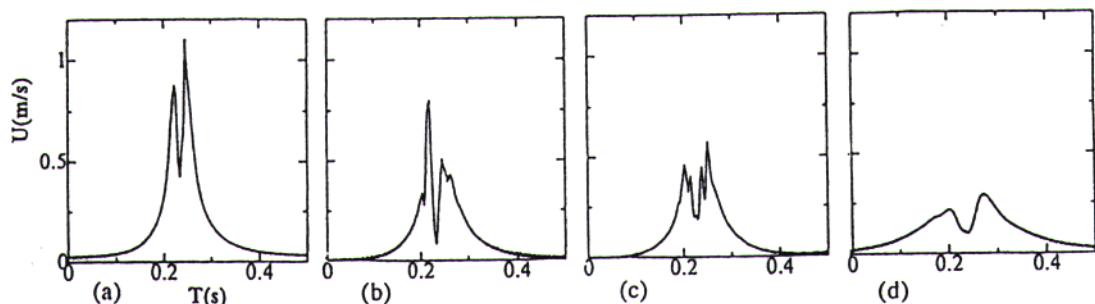
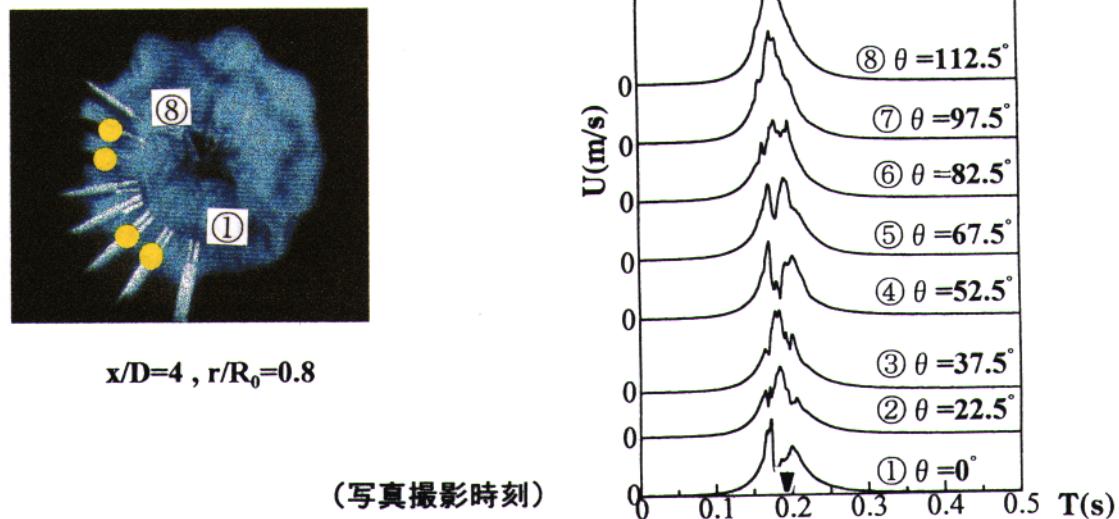
Fig.2 Cross sectional view of vortex ring in different x/D . $x/D=$ (a) 4, (b) 7 (c) 9, (d) 15.Fig. 3 Velocity signature of vortex core in different x/D . $x/D=$ (a) 4, (b) 7 (c) 9, (d) 15.

Fig. 4 Velocity signature of vortex core in different circumferential positions.