

物体周りの流れの三次元構造に関する研究

徳山高専 学 ○原田賢治

徳山高専 正 佐賀孝徳

徳山高専 正 渡辺勝利

1. はじめに

一様中における円柱周りの流れに関する研究は、基礎的で主要な流れであり、今日まで数多く研究されてきている¹⁾。本研究室においても、円柱周りの三次元構造について実験による研究を行なっている²⁾。

本研究では一様流中に置かれた円柱周りの流れの組織構造の中で、円柱後流の三次元性、時系列特性を縦渦の挙動に注目しながら、可視化実験により検討する。さらにPTVを用いて、流れの三次元構造が誘起する瞬時流速特性について考察を行なう。

2. 実験方法およびPTV

2.1 実験方法

実験装置には、長さ10m、幅60cm、高さ15cm、水路床勾配1/1000の総アクリル製開水路を用いた。開水路流れの中に物体を水平に挿入し、物体から上流75cmの場所に整流用のハニカムを設置し、下流端には水位調整用の堰を設置した。使用した円柱は $D=3.21$ cmである。また、実験条件は円柱周りのレイノルズ数 $Re=577$ 、水深 $H=12.2$ (cm)、平均流速 $U=2.05$ (cm/sec)であり、可視化には水素気泡法を用いた。

2.2 PTV

実験により得られた可視化映像を1/15秒ごとに画像として3枚取り込み、各画像の粒子を画像処理ソフトにより着色する。その後、各画像を重ね合わせ、それぞれの粒子の軌跡を求めることで、三次元の強い流れ場における瞬時流速成分および流速分布を計算した。

3. 実験結果

図-1は円柱周りの流れの領域を模式図で示している。これまで円柱背後には、はく離せん断層に囲まれた形成領域と、カルマン渦に代表される交互に渦運動を引き起こす後流の存在が知られている。

3.1 横断面視

3.1.1 渦の横断面形象

今回の実験では、カルマン渦の発生周期が約8.06秒であり、図-2にこの約8.06秒間を6つに分けた時系列変化を画像で示す。また、流れ方向は紙面奥から手前であり、可視化画像は物体上端から形成されるカルマン渦で

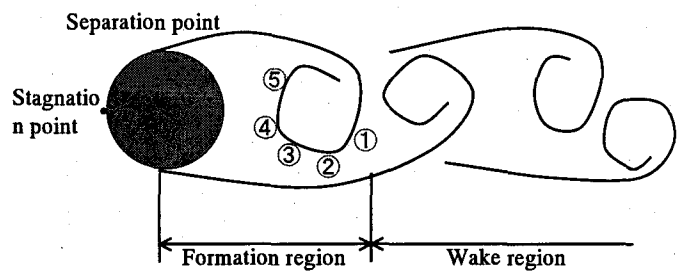


図-1 円柱周りの流れ領域

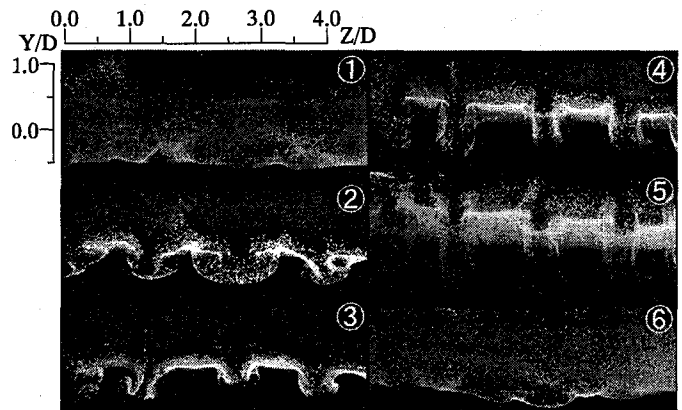


図-2 横断面時系列可視化形象

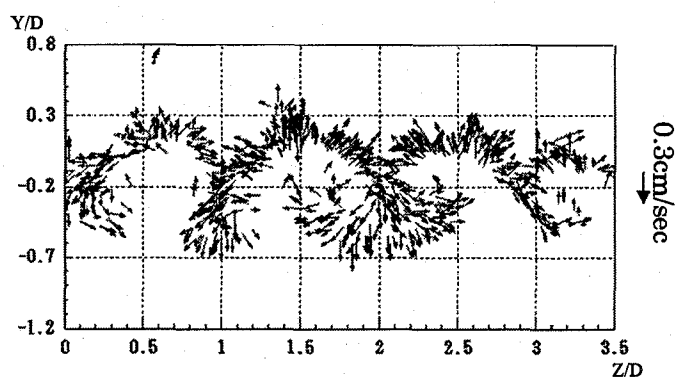


図-3 横断面瞬時速度ベクトル

ある。また、可視化画面の位置は $X/D=3.30$ である。図-2の時系列形象写真の右上にある数字は、図-1の模式図内にある数字の場所の形象であることを示す。図-2-⑥は次に発生したカルマン渦で、①と同様の場所に対応する。

図-2-①でカルマン渦の形成が確認され、図-2-②、③

ではマッシュルーム型の縦渦が確認できる。その後の図-2-④, ⑤では、水深方向の対をなす縦に伸びる縦渦が確認できる。この縦渦構造の発生は、遠心力不安定に起因すると考えられる³⁾。

3.1.2 瞬時流れの特徴

横断面視で観察される縦渦の動きをさらに詳細に検討するため、縦渦が確認できる図-2-②から③までを7分割しPTVにより解析した。ここでは紙面の都合上図-2-②のみを示す。

図-3に瞬時速度ベクトルを示す。さらに動きの方向を明瞭にするために、図-4-(a)に水深方向の速度成分 v を、図-4-(b)に水平方向の速度成分 w を示す。図-4-(a)では水面方向に流れが上昇している領域を白色、下降している領域を黒色で表現し、図-4-(b)では紙面右方向の流れの領域を白色、左方向の領域を黒色で表現している。図-4-(a)の v 成分より $Y/D=0$ 付近において上昇領域と下降領域に流れが分岐している。図-4-(b)の w 成分においては対を成す縦渦の中心を境に、白色と黒色が交互しており、左右逆向きの流れの存在が認められる。 v , w の分布よりマッシュルーム渦に対応する流れ場が形成される。

3.2 水平断面視

3.2.1 渦の水平断面形象

図-5に横断面視と同条件で撮影した水平断面形象を示す。流れ方向は紙面上から下である。この水平断面形象の可視化位置は $Y/D=-0.32$ であり、図-1, 2の中①の場所に相当する。横断面では①の場所で縦渦は確認できなかったが、それは渦軸の向きの関係であり横断面と同様のマッシュルーム型の渦が確認できる。

3.2.2 瞬時流れの特徴

横断面と同様に渦の相互関係をさらに明確にするために渦形象にPTVを用いた。

図-6に瞬時ベクトルを示し、図-7-(a)に流化方向の速度成分 u 成分を、図-7-(b)に w 成分を示す。図-7-(a)では流下方向の流れ領域を白色、逆流している領域を黒色で示す。 w 成分については横断面と同様である。図-7-(a)で $X/D=2.7$ 付近において流下方向とは逆向きの流れが発生し、流れの分岐点が存在する。図-7-(b)では横断面と同様に白色と黒色の領域が交互に発生していることが認められる。また、図-5に示すⅠ～Ⅲの領域に対応しており、縦渦により誘起される速度分布を示している。

4. おわりに

水素気泡を用いた流れの可視化とPTVにより、円柱周り後流における三次元性を実験的に明らかにした。

参考文献 1) C.H.K.Williamson, Annu.Rev.Fluid.Mech., 28:477-539, 1996. 2) 松田智恵子・佐賀孝徳, 一樣流中における円柱後流の三次元構造, 徳山工業専門学校研究紀要, 第27号,

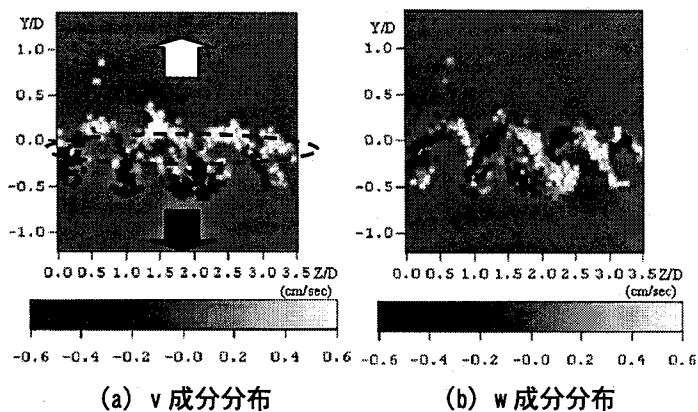


図-4 横断面速度成分

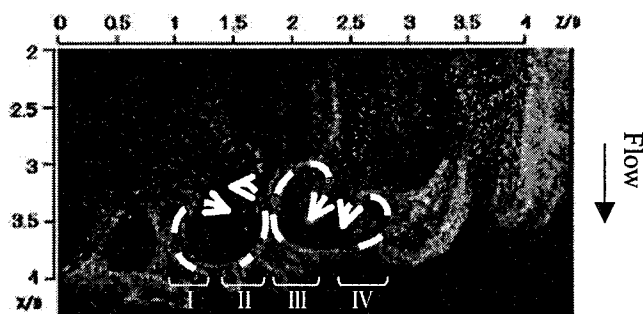


図-5 水平断面可視化形象

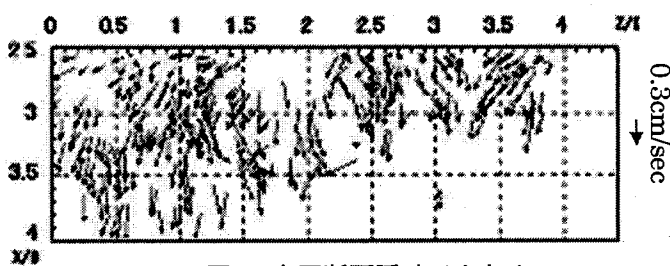


図-6 水平断面瞬時ベクトル

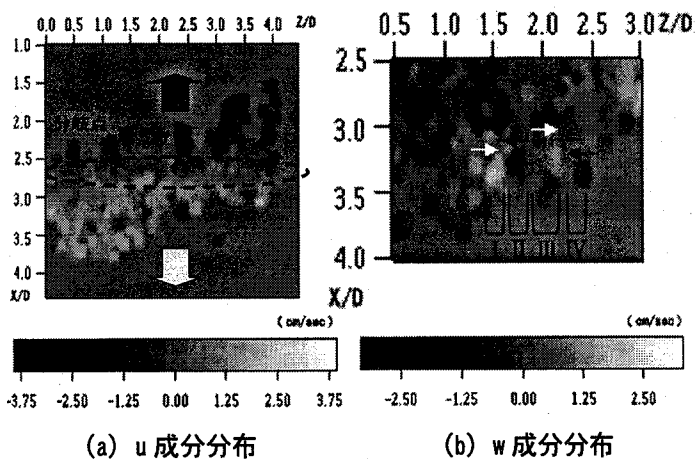


図-7 水平断面速度成分

2003. 3) 奥山宗重・大蔵信之・早藤英俊, 渦輪に現れる遠心力不安定性, ながれ 21, pp.78-88, 2002.