

乱流斑点内の渦の三次元構造 II

徳山高寿 正員 ○山 本 恭子
 . . . 大成 博文
 . . . 佐賀 孝徳
 山口大学 正員 斎藤 隆

1. はじめに

乱流斑点 (Turbulent spot) は、流れが層流から乱流へ遷移する際に最後の過程として出現する現象である。従来の多くの研究によれば、乱流斑点は、それ自体が大きな渦である¹⁾と解されてきたが、最近そのことに大きな疑問を抱かざるを得ない結果²⁾が明らかになりつつある。著者らも、乱流斑点の内部には多数の渦構造が存在するという結果を前報³⁾において示し、さらに本論で系統的な考察を試みることにした。

2. 実験方法および流れ場の特徴

実験は、Fig. 1に示すような幅60cm、深さ15cm、長さ10mの開水路流れ (勾配1/1000) で行われた。可視化法には、2つのレーザーシートを用いた二象限 (横断面および縦断面) 同時可視化が採用された。それぞれのレーザーシートは、レーザー光線 (2W アルゴンレーザー) を円柱アライズムに通過させることによって得られた。トレーサーには、蛍光染料が用いられ、2つのシート面をそれが流れとともに通過する際には、文字通り蛍光を発生し、斑点内の渦の断面形状を鮮やかに浮かび上がらせた。また、平均流速の計測には、レーザー流速計が用いられ、Fig. 2に示すような結果が得られた。図中のIはBlasius則、IIは対数則を示す点線であり、Table 1に示す本実験条件は、丁度IとIIの中間の遷移の状態にあることが明瞭である。次に、同様のレーザー流速計を用いて、

乱流斑点が計測点を通過する際の流形が求められ、Fig. 3に示されている。これより、乱流斑点が遷移する際には、壁近くで流速が速くなり、その後大きな変動を伴いながら速度が減少していることが明らかである。当初の流速の増加は、壁から離れた高速の流体が壁の方に輸送されることを意味し、その後の大きな流速の変動は、流体同士の混合が盛んに行なわれていると考えられ、その後の単調な減少は斑点内の流体の混合が長時間継続しないように思われる。これらの流形の特徴は、Cantwellらの計測結果⁴⁾ともほぼ同様の傾向を示している。

3. 乱流斑点内の渦の三次元構造

Fig. 4 に二象限同時可視化の一例が示されている。左側が横断面視、右側が縦断面視の結果であり、両写真に写された渦は明らかに対応する。これより壁近くから発生した渦が対をなし、しかも一定の角度 (約19度) で下流方向に傾いて表下しており、それが固有の三次元性を持つ構造であることが明らかである。

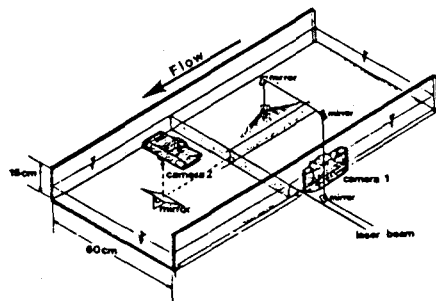


Fig. 1 Schematic of streamwise & side visualization

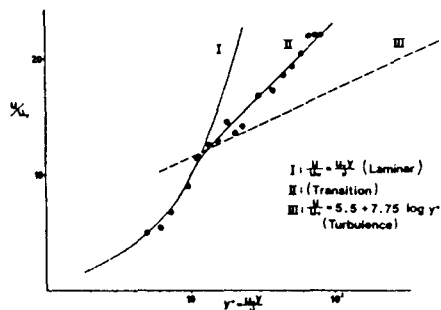


Fig. 2 Mean velocity distribution (case a)

Fig. 3 Streamwise velocity signals at $y=30$

Table 1 Experimental condition

case	$Re (= U_{max}H/\nu)$	H (cm)	U_m (cm/s)
A	1925	3.6	3.4
B	2310	3.6	4.1

Fig. 5は、乱流斑点内に形成された渦の三次元構造を描いたものである。この図は横断面視によって得られた一枚ごとの写真間にTalerの仮説と適用することによって得られたものであり、(A)には斑点の前部、(B)には斑点の比較的后部がそれぞれ示されている。両者を比較すると、(A)では、渦の発生、発達がより著しく、逆に(B)では、渦の発達がかなり抑制されているようである。また(A)では、渦の発達が活発なために次々と下流に渦の新たな形成を促しているかのようであり、左側では、渦と渦が集合して、大規模な構造を形成しているように思われる。

(参考文献)

4. おわりに

乱流斑点内には、多くの渦構造が存在し、それが固有の三次元性を示すということが明らかとなった。今後水深が深い場合についても系統的な検討を深めていきたい。

1) Wygnanski: J.F.H. (1976) vol. 78, pp. 785-819

2) T. Matsui: IUTAM Symposium Stuttgart 1979

3) 山本泰子: 第36回土木学会中四国支部講演集

4) Cantwell: J.F.H. (1981), vol. 110, pp. 73-95

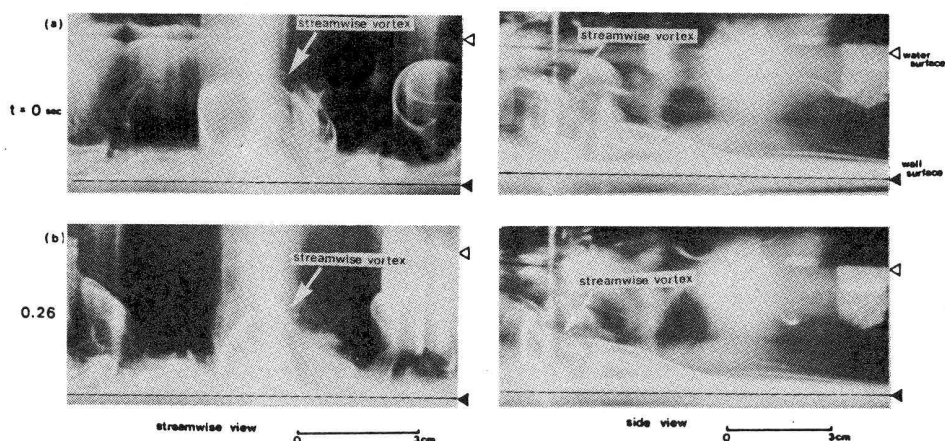


Fig 4 Simultaneous streamwise & side view (case A)

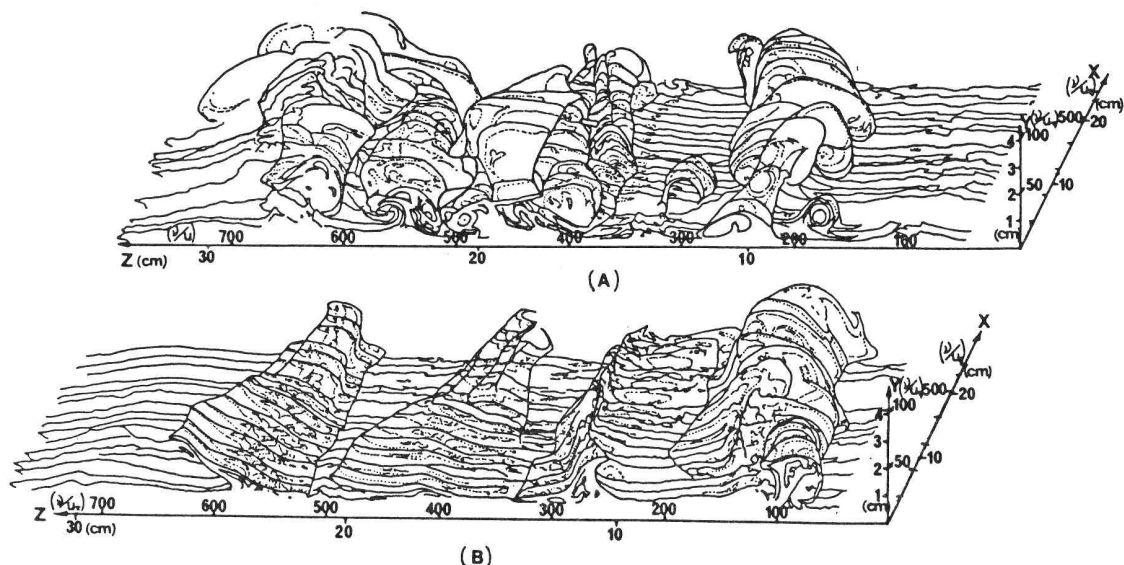


Fig 5 Three dimensional structure of vortices in a T.S. (A) front (B) rear (case B)