

円管乱流の縦断面せん断構造

徳山高専 正 ○佐賀孝徳

徳山高専 正 大成博文

徳山高専 正 渡辺勝利

中電技術コンサルタント 正 前田邦男

1. はじめに

これまで円管乱流の横断面、縦断面可視化により、円管内に形成される壁縦渦の存在とその特性、さらには PTV を横断面、縦断面に適用し、瞬時の流速特性について考察を行なってきた¹⁾³⁾。今回、円管乱流の縦断面に DPTV が適用され、壁縦渦構造、瞬時流速ベクトル、速度せん断のそれぞれの特徴とその相互関係について考察がなされたので報告する。

2. 実験装置および実験方法

実験には、長さ 9850mm、内径 76mm のアクリル製円管水路が用いられた。上流端には、静水槽、入り口には、ベルマウス（絞り比 2.3、長さ 110mm）が設置されている。上流端より約 7m 下流にて、DPTV のための縦断面可視化が行われた。図-1 には、DPTV による縦断面可視化法の概略が示されている。水路の両側方向より、スリット光を挿入し、円管の上方より、3 台のデジタルビデオカメラを用いて、撮影を行った。スリット厚は 3mm、平均粒径 300 μ m のポリエチレン系微粒子と、トレーサーには、ウラニン水溶液が用いられた。実験条件は、表-1 に示すとおりである。

3. 実験結果

図-2 は、縦断面可視化と、その染料パターンのスケッチ図を示す。この写真の流れ方向は、左から右であり、白い点が粒子である。上下壁面より染料が発達した形象は、両壁面から壁縦渦が発達していることを示している。(A) の領域の壁縦渦は、上壁面 (C) からの発達に比べて、大規模に管中央方向に発達している。また、壁縦渦の傾斜角度は、(A) (B) 側の方が大きい。(A) の少し下流側の (B) 領域でも、同程度の壁縦渦の発達が見られる。次に、(C) の領域では、流れ方向に、3 個の壁縦渦が連なって、徐々に規模を大きくしながら発達していることが認められる。(D) は、(B) の根元からゆっくりと発達しており、また (E) においても、2 個の壁縦渦の発達が確認できる。特に (D) (E) については、上流側と逆で、上壁面 (E) 側の領域が大きく、また壁縦渦の傾斜角が大きい特徴を持つ。

図-3 は、U 成分の流速の等値図である。この図から、壁面近くは、低速領域であり、その領域の形象は図-2 の壁縦渦の発達形象に類似している。高速領域は、(A) (B) (C) 間では、(C) 側に偏っていることが分かる。これは、上述の壁縦渦領域の非対称性と傾斜角度の相違と対応して興味深い。(D) (E) では、高速領域は反対に下壁面 (D) に偏り、上流側と同様の壁縦渦形象の特徴と一致する。

図-4 は、染料流脈パターンと速度ベクトルを重ね合わせた図である。u については、この断面内の平均流速を用いて、変動速度を計算した値を用いている。管路中央部に注目すると、(B) (C) 領域より壁縦渦が管路中央まで発達している領域より上流側では高速域、下流側では、低速域が形成されている。このような特徴は、開水路乱流縦断面の DPTV の結果からも得られており、興味深い。さらに詳しく見ると、図-3 で示されたように、上流側の管路中央より上壁側 (C 領域側) は高速域、下壁側は低速域であり、下流側になると、上流側に比べると全体的に低速域となっているが、上下を比較すると、上壁側は低速域、下壁側は高速域が形成されている。また、高速領域が壁面に近づく領域で、sweep の流速変動が出現しており、組織構造との対応を考える上で注目すべき点である。この流れ場が上下反転する (B) (C) の壁縦渦が管中央に発達し相互作用を及ぼす領域の直下流では、特に強い低速域が形成されており、その流れは上、下壁面、特に下壁面側への流れへと連続するベクトルが認められる。

図-5 は、流れ方向の瞬時速度せん断 (dU/dy) を示す。両壁面より正負反対のせん断層が形成されており、その領域は、(A) (B) (E) 側が大きく、壁縦渦の形象の大きさに対応する。壁面近傍では、特に大きい高せん断層が形成されているが、(C) (D) 側でより大きな値が出現していることは、興味深い。また、そのせん断領域の傾斜角度も壁縦渦の傾斜角にほぼ一致している。

参考文献 1) 佐賀他、年次学術講演会、1994。2) 佐賀孝徳他、年次学術講演会、1995。3) 佐賀他、水工学論文集、1998。

表-1 実験条件

	U_m (cm/sec)	Re	$U \tau$ (cm/sec)
DPTV	7.5	5950	0.47

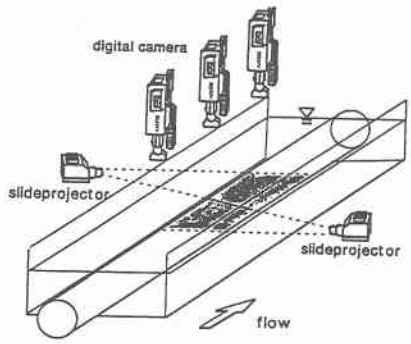


図-1 DPTV の概略

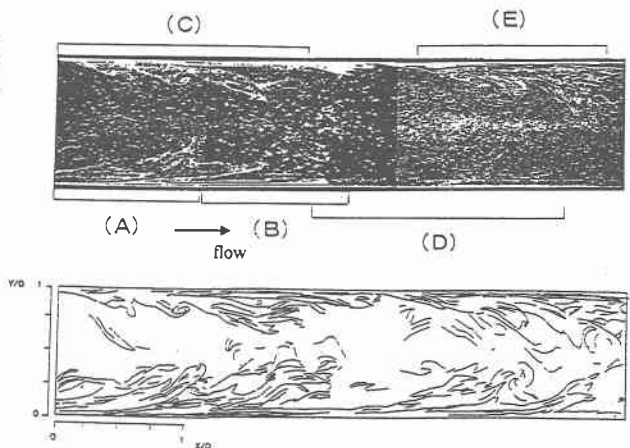


図-2 縦断面可視化と染料パターン

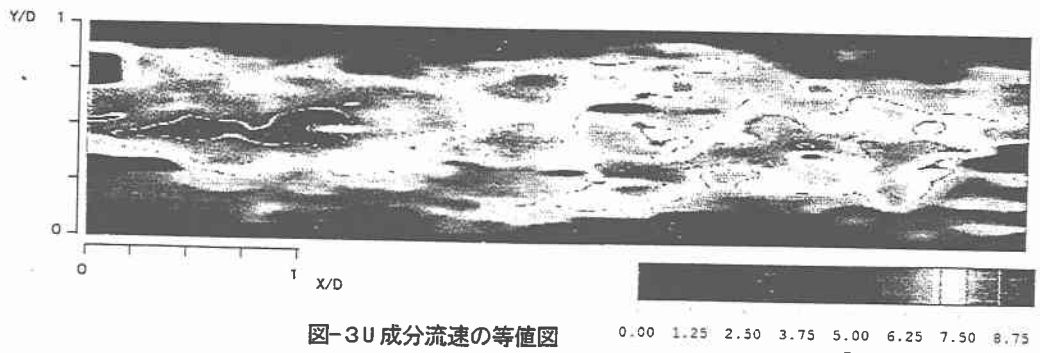


図-3 U成分流速の等値図

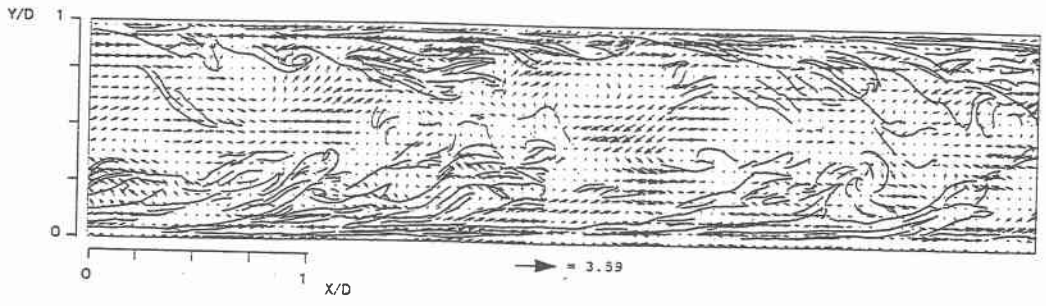


図-4 染料流脈パターンと速度ベクトル

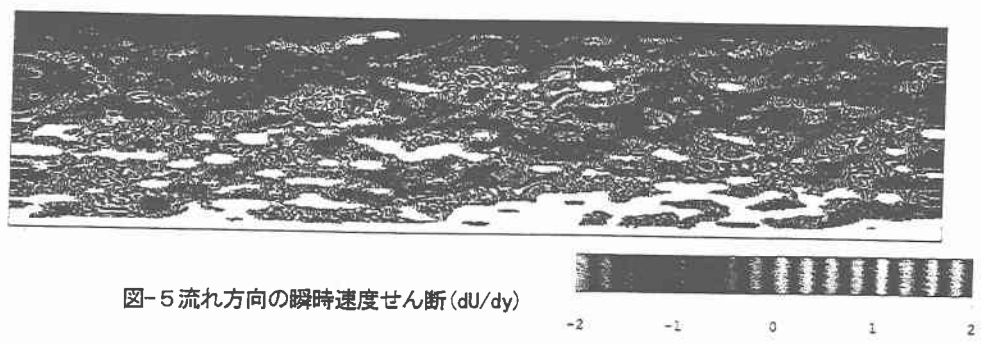


図-5 流れ方向の瞬時速度せん断(du/dy)