

## II-204

## 円管乱流の横断面構造

徳山高専 学生員 波多野 慎  
 同上 正 員 大成 博文  
 同上 正 員 佐賀 孝徳  
 同上 正 員 渡邊 勝利

## 1. はじめに

円管乱流の組織構造に関する研究は、Bandyopadhyay<sup>1)</sup>，種田<sup>2)</sup>によって縦渦構造やstreak構造が詳しく考察されてきた。しかし、円管乱流の縦渦構造については、いまだ不明な点が少なくない。その理由は、横断面における速度成分  $v$ ， $w$  の精度よい計測がなされていないことにある。そこで本研究では、円管水路の横断面に厚さのあるスリットを挿入し、その間を通過する微細気泡を可視化し、その横方向および鉛直方向の瞬時移動軌跡を可視化した。

## 2. 実験装置および実験方法

実験には、図-1に示すような長さ9230mm、内径76mmの総アクリル製管路を用いた。図-2に、座標系および2方向流速成分の定義を示す。 $V_\theta$ ， $V_r$ は円周方向、半径方向の流速成分を表す。図-3には、横断面可視化法の概略を示す。スリット幅を40mmとし、流れ方向に対して直角にスリット光を挿入し、撮影断面より約3mの下流端より、8mmビデオによってスリット面を通過する気泡の横断面形象の撮影を行った、トレーサとして使用した微細気泡は、上流端の静水槽内で密閉式エアレータを用いて発生させた。実験条件は、 $Re$ 数=8000、断面平均流速 $U_m=11.7\text{cm/s}$ 、摩擦速度 $U_\tau=0.7\text{cm/s}$ であった。

## 3. 実験結果

流速ベクトルの算出においては、横断面ビデオ画像における1/10秒間(4フレーム)の各気泡の追跡を丹念に行い、始点と終点を明確にした。そして、その移動距離と時間から瞬時速度ベクトルを求めた。その一例を図-4に示す。なお、この図に示された速度ベクトルは、厚さ4cmの範囲に存在した速度ベクトルの全てを表示しており、それぞれの速度ベクトルが同一の横断面内に存在するわけではない。

以下に、横断面可視化画像の解析結果を示す。なお、 $\theta=140^\circ\sim 230^\circ$ では可視化範囲外なので、ゼロを示す分布となっている。

図-5(a)に、円周方向速度成分 $V_\theta$ の等値分布を示す。 $V_\theta$ の正值は反時計方向、負値は時計方向の速度成分を表す。これより、壁面近くで円周方向に細長い正負の $V_\theta$ の領域が形成されていることが認められる。また、管中心近くでは、正負の $V_\theta$ の高い領域が半径方向により大きくなっている。また、円管横断面全体においては、0度と180度を結ぶ線を境界として、左側が時計方向、右側が反時計方向の流速成分が支配的であることが示されている。

図-5(b)には、半径方向の速度成分 $V_r$ が示されている。この速度成分においても、円周方向に細長い正負の高

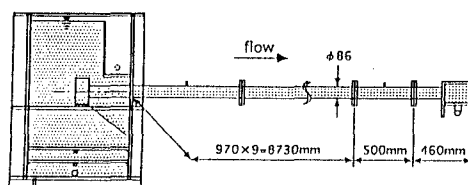


図-1 実験水路概略図

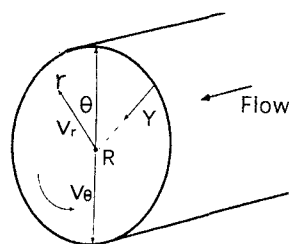


図-2 座標系

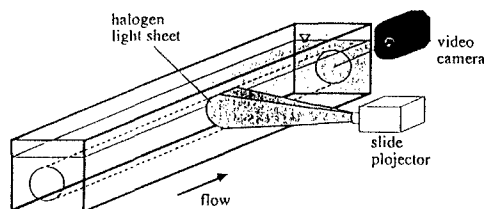


図-3 横断面可視化装置

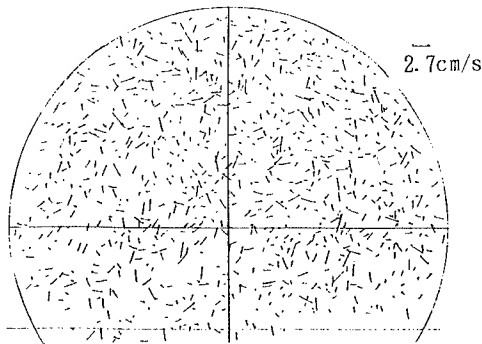


図-4 瞬時速度ベクトル

い  $V_r$  の領域が交互に形成されていることが特徴的である。また、全体的には90度と270度を結ぶ線をほぼ境界として、上部で中心に向かう速度成分と下部で壁面に向かう速度成分が卓越している。

これらの  $V_\theta$  と  $V_r$  の結果を総合すると、円管横断面において、0度から180度の方向へ、そして、それぞれ反時計、時計方向へ回転する大規模な二次流れの存在が推測され得る。

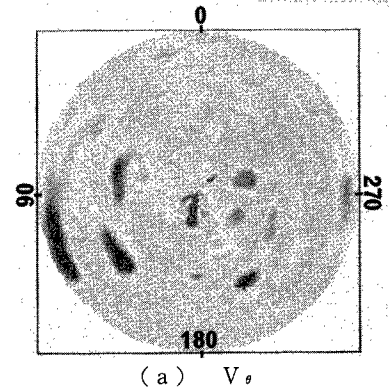
図-5(c)には、流れ方向渦度  $\Omega_x$  の等値分布が示されている。これより、壁近くで円周方向に細長い高渦度領域がそれぞれ正と負で交互に形成されていることが明らかである。一方、管中心付近では、壁近くとは異なって、半径方向に放射状を呈して流れ方向渦度の高い領域が正と負で交互に形成されている。この壁近くの円周方向に長い高渦度領域と管中心の放射状の高渦度領域の境界は、壁から約100wall unitの長さを示しており、丁度内外層の境界で、流れ方向渦度構造が異なることが注目される。この理由は、流れ方向渦度を構成する2つの項の寄与が異なっているためと考えられる。

#### 4. おわりに

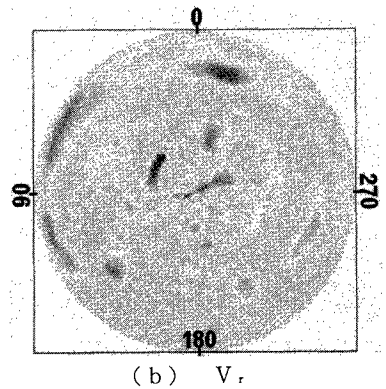
円管乱流の横断面における速度成分と流れ方向渦度の構造を検討した。今後は  $V_\theta$  および  $V_r$  の速度勾配、すなわちせん断成分について詳しく考察する予定である。

#### 参考文献

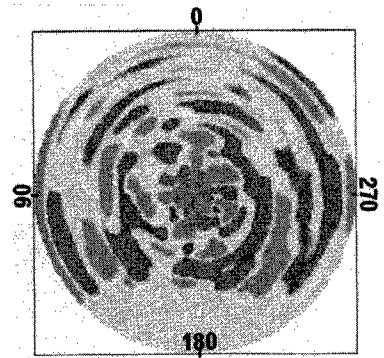
- 1) Bandyopadhyay・P.R., Aspects of the equilibrium puff in transitional pipe flow, J.Fluid Mech., vol.163(1986), 439-458.
- 2) Sadatoshi Taneda, A Visual study of the structure in turbulent pipe flow, J.Phys.Soc. Jpn., vol.58, No.3(1989), 771-774.



(a)  $V_\theta$



(b)  $V_r$



(c) 流れ方向渦度  $\Omega_x$



図-5 円管乱流の横断面構造