

開水路乱流の組織構造と瞬間二次流れ

徳山高専 正員 ○佐賀孝徳
 徳山高専 正員 大成博文
 徳山高専 正員 渡辺勝利
 山口大学 正員 斎藤 隆

1. まえがき

乱流の組織構造の解明には、流体粒子を時空間場で追跡することが重要である。従来の乱流の統計解析の基礎データの取得方法とされてきた固定点（オイラー）計測を用いて、その解明を行うには、さまざまな限界があるが、ラグランジュ的にその追跡を行うことによって、その解明の飛躍的發展に少なくない可能性が期待できる。著者らは、これまで開水路乱流の壁縦渦構造の特徴についての系統的な検討¹⁾と一部開水路乱流外層におけるラグランジュ的考察²⁾を行ってきた。そこで、本研究では、開水路乱流内外層の壁縦渦構造と流体粒子のラグランジュ的な追跡を行ったので、その報告を行う。

2. 実験方法の概要

実験に用いた方法は、2種類のトレーサーを使用した横断面視法である。これは、従来のレーザースリットを用いた横断面視法において、蛍光染料水溶液（比重1.005）と同時に速度情報を検出するトレーサーとして水素気泡が用いられた。なお、陰極線には、一定の高さに張られた50ミクロンのタングステン線が用いられた。

実験条件は、レイノルズ数 $Re=3360$ 、水深 $H=6.8\text{ cm}$ 、最大流速 $U_{\max}=5.5\text{ cm/s}$ 、摩擦速度 $U_{\tau}=0.29\text{ cm/s}$ である。

3. 実験結果および考察

図1には、蛍光染料と水素気泡をトレーサーとして同時に用いた横断面視の一例と、その実験結果をもとに水素気泡の横断形象の時系列分布図が、0.1秒間隔で20秒間示されている。ここで、水素気泡を発生させる陰極線の位置は、スリットより上流4cmで、それぞれ $Y/H=0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$ の高さに設定されている。

蛍光染料の形象には、内・外層の壁縦渦の横断面形象の存在とその特徴が認められる。また、水素気泡の形象は、気泡が4cm流下する間のラグランジュ的な移動位置を示している。この両者の形象を対応させて考察すると、内層・外層における壁縦渦の渦の回転方向に水素気泡が移動している形象が認められ、すなわち、主流方向に流下する流体運動の中に、壁縦渦に誘起された瞬間二次流れの存在が明確である。このことは、このほかのビデオ観察からも認められ注目すべき点である。

とくに、上昇流の形成パターンは、大きく2種類に分類できるように思われる。すなわち、第1は、比較的強い上昇流が形成され、しかも横断方向にはあまり広い領域を持たないパターンである。（図中のA-TYPE）第2は、上昇流も比較的穏やかであり、その形成領域が横断方向に広いパターンである。（図中のB-TYPE）前者（Aタイプ）は、壁縦渦の中で両渦に誘起された場合に形成され、後者（Bタイプ）は、壁縦渦の隣接した上部領域で多く観察される。また、水表面近傍では、その境界条件により壁縦渦の中でも後者のような上昇流の形象が認められる場合が認められる。Aタイプは、とくに壁面近傍で多く観察され、壁面より離れるにつれて、Bタイプが増加してくる。時系列分布図では、その瞬間二次流れの時空間分布の特徴が示されている。すなわち、壁面近傍（ $Y/H=0.1$ ）では、Aタイプの上昇流が顕著に存在し、しかも流れ方向に連続して存在している。この領域が粘性底層外端に対応し、さらにその間隔が水深（ H ）からその2倍であることから、これはlow speed streakの中でもとくに上昇流の強い領域を示していると思われる。 $Y/H=0.2$ では、上昇流の発生頻度は、最も顕著であるが、流下方向の連続性は弱くなる。さらに高くなるにつれて、その発生頻度および連続性は低下することが認められる。このことは、壁縦渦の時空間構造の特徴に対応する。

参考文献 1)たとえば佐賀他；土木学会論文集,第393号,1988.、2)佐賀他；年次学術講演会,1992.

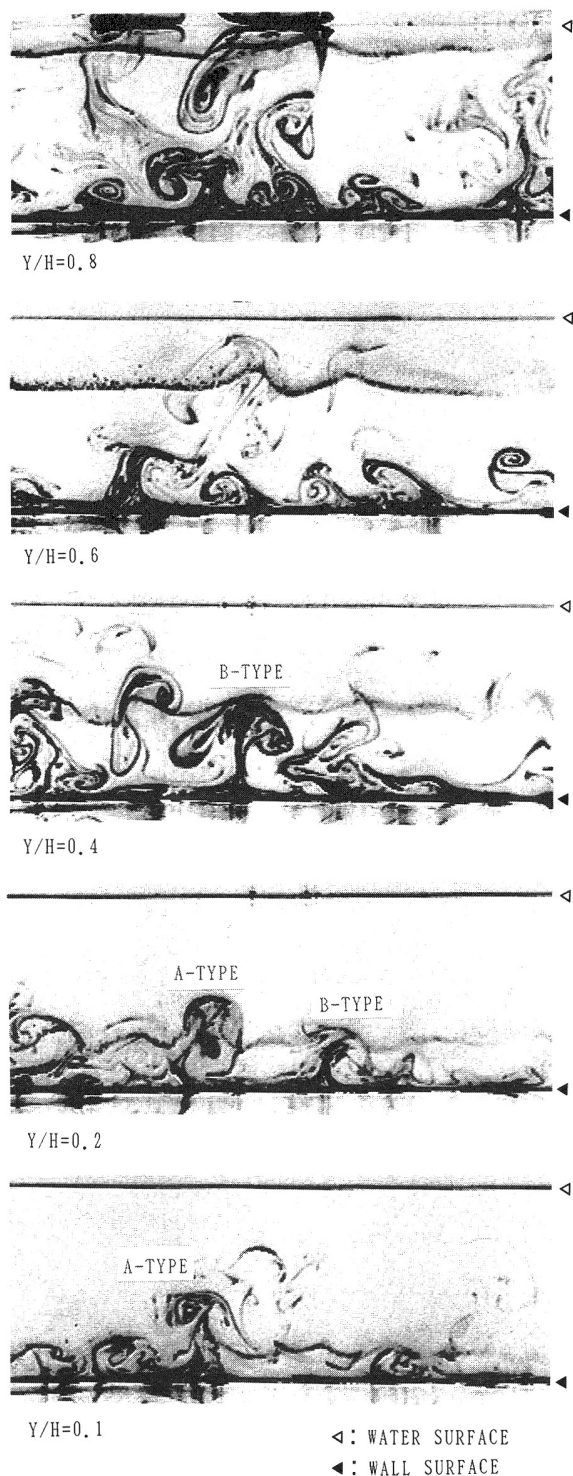


図1 横断面可視化と時系列分布図

