

II-321 開水路乱流の組織構造と瞬間二次流れの形成

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、流体粒子を時空間的に追跡することが重要である。著者らは、前報¹⁾において、開水路乱流の外層での組織構造と瞬間二次流れの考察を一部行ったが、その後、開水路乱流内外層にわたって壁縦渦構造と流体粒子のラグランジュ的な追跡実験を行ったので、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)と速度情報を検出するトレーサーとして水素気泡が同時に用いられた。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が示されている。陰極線は、 $Y/H=0.4, 0.6, 0.8$ の高さで、スリットより上流にそれぞれ4, 5, 6cm位置に設置されている。また、図2は、同様の実験を行った一例であり、それぞれ陰極線の高さは図に示すとおりであり、スリットとの距離は、4cmである。これらの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、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。とくに、図1は、壁縦渦の集中・大規模化にともなって、大規模な上昇流が形成されていることを示す。これらのことは、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。

さらに、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2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2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。図3には、図2の実験結果をもとに0.1秒間隔で20秒間の時系列分布図が示されている。これより、瞬間二次流れの時空間分布の特徴が明らかである。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倍程度であることから、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、上昇流の発生頻度が、最も顕著であり、流下方向の連続性は弱く、横断方向の変動性も激しい。これらは、バフアー層内の壁縦渦の発生頻度と揺動特性に起因すると考えられる。さらに、壁より離れるにつれて、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水深方向の特徴²⁾に見事に対応する。

参考文献 1)佐賀他：年次学術講演会, 1992. 2)佐賀他：可視化情報, Vol. 11, 1991.

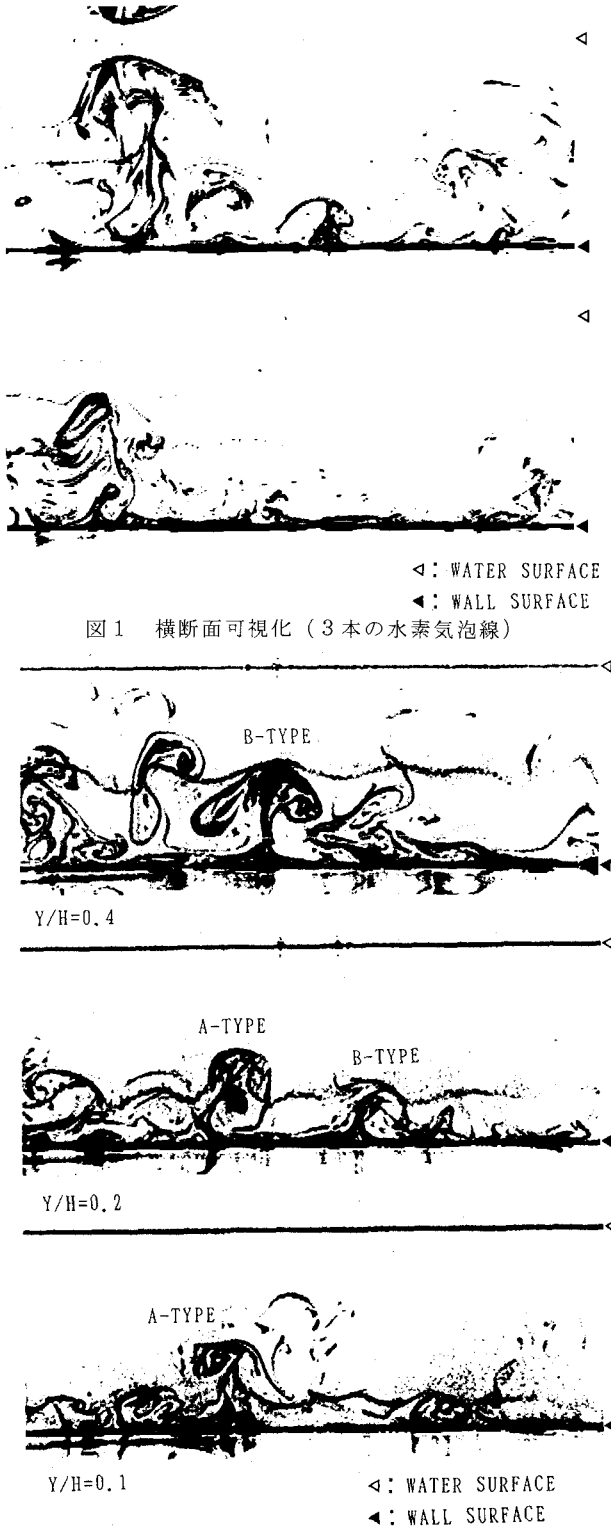


図2 横断面可視化（1本の水素気泡線）

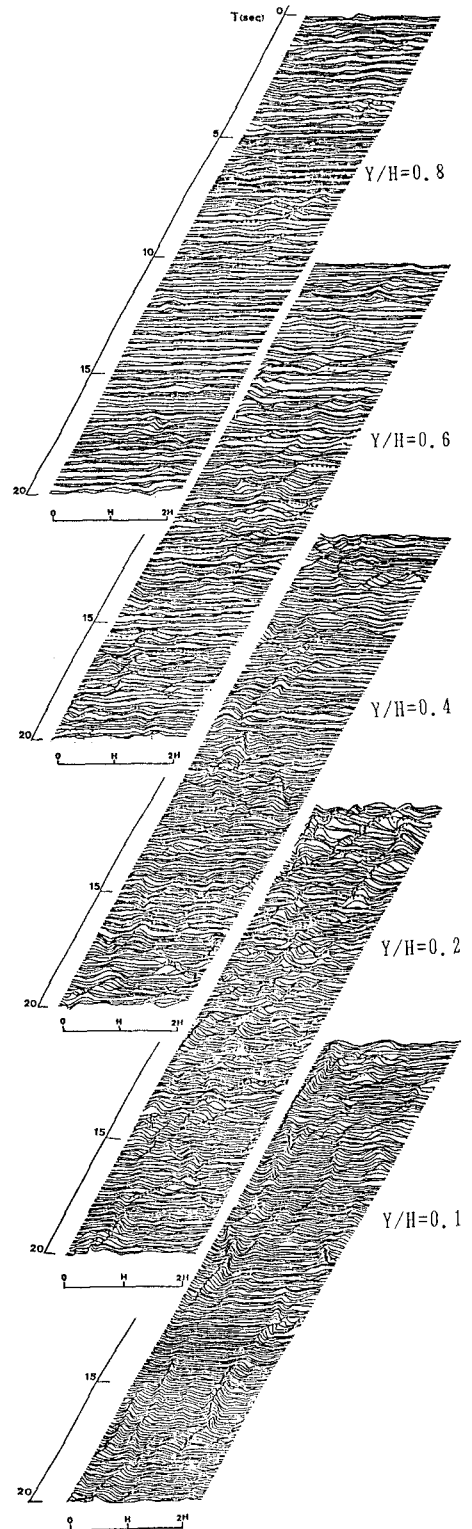


図3 時系列分布図