

II-93 開水路内層内渦構造の3次元的可視化の試み

足利工業大学大学院 学生会員 高橋直行， 学生会員 諏訪成春
足利工業大学 正会員 新井信一， 名誉会員 岩崎敏夫

1. まえがき 開水路流れの乱れの発生、拡散、消滅の機構は流れを支配する大変興味深い現象であるが、その全体像はいまだ明かにされていない。このような乱れ現象を調べるため、本学水理研究室乱れ場解析システム¹⁾のアルゴンイオンレーザー可視化画像処理装置により、昨年²⁾に引き続き開水路流れの観測を実施した。また、He-Neイオンレーザー流速計（1次元FLV）を用いてその時の流速分布も測定したので、その結果を報告する。

2. 実験装置および実験方法 実験は、長さ8.1m、幅（B）0.15m、深さ0.4mの開水路で実施した。但し、測定部を含む3mは塩ビ製で、上流1.8mと下流3.3mは木製である。上流からフルオレセインナトリウムの水溶液を投入し、その時の乱れが流れ去った後に、観測を開始した。可視化断面は、上流から3.6mのところである。図1に示すように、スリット光をミラーを用いて分光させ、底面と側面から照射するようにし、開水路底面から発生する渦の横断面と縦断面を同時に観測した。また、この時3台のCCDカメラを用いて図示の様に3方向から撮影し、時間のずれを防ぐため、これらを分割画面とする一画面に編集した後、ビデオに集録した。実験したRe数の範囲は、代表長さに水深hをとって2000～10000である。今回は、その中で乱れの現象の可視化が比較的良好なRe=2900について、底面から発生する渦に焦点をあてて報告する。この時、水深h=10cmである。

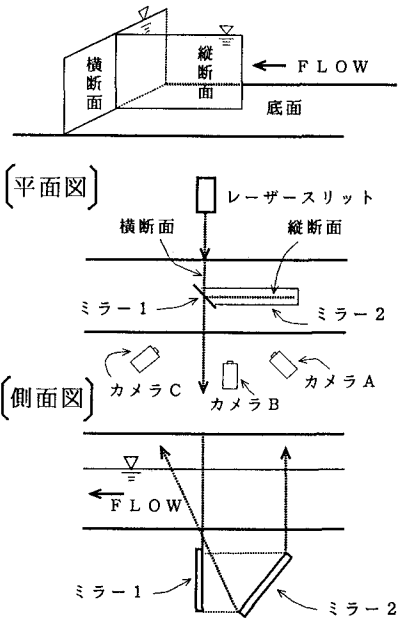


図1. 照射方法及びカメラ位置

3. 実験結果

水深方向の流速分布の測定結果を図2に示す。図は、水路底の中央に原点を取り幅方向にZ軸を水面方向にY軸を取っている。幅方向に5点取ったが、側壁に近い $Z/B = -0.4$ 及び $Z/B = 0.4$ に

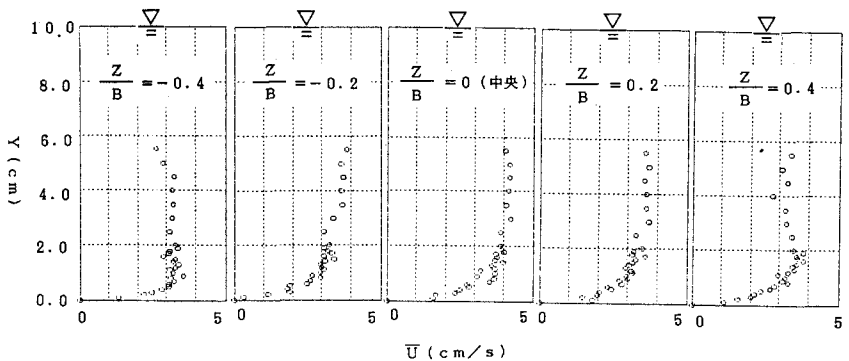


図2. 平均流速分布

関しては、側壁からの摩擦の影響が強く出ている流速分布になっている。中央では、底面からの壁法則により流速分布が形成されているように見える。しかし水路幅が狭いので、対数則から底面の摩擦速度を求めるのは適当とは言い難く、今回は底面近傍のデータ、すなわち粘性底層の速度分布から摩擦速度を求めてみた。その結果、図の左から順に $U_* = 0.293, 0.292, 0.293, 0.292, 0.296, 0.288 \text{ cm/s}$ を得た。その平均 0.292 cm/s を水路底の摩擦速度とし、これにより Y^+ を計算した。

図3は、水路横断面の可視化例であるが、前報²⁾でも報告したように、双子渦（矢指）が発生する。これは流下方向に軸を持つ渦であり、その意味でゲルトラー的渦といえる。一方図4は、縦断面の可視化例であるが、こ

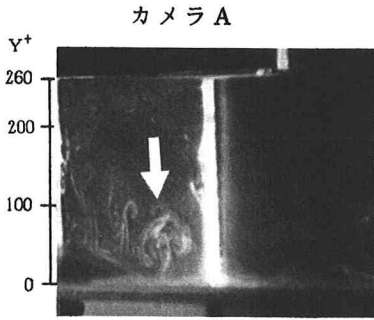


図3. 横断面

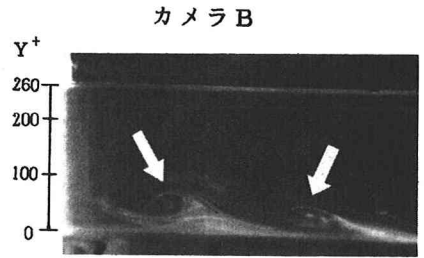


図4. 縦断面

こにはトルミエンスジュリヒティング波と同じ水路幅方向に軸を持つ渦が見られる。流れは右から左である。先端には反時計まわりの渦を有することが多い。この現象をリフトアップ、また頭の渦を頭（かしら）渦と呼ぶことにする。

これら2つの方向の渦が同じ流れの中に発生するので、図1に示した方法にて、渦の立体的な観察を試みた。一例を連続写真にて図5に示す。立体構造の微細なところは見えないけれど、リフトアップの構造は双子渦と頭渦の両方を有すようであり、従って双子渦の左右の渦とリフトアップの頭渦は同じ渦管ではないかと思われる。しかしながら、多数例の観測にもかかわらず、双子渦と頭渦の両方が同時に存在し、かつ典型的な形の変化を明瞭に認識できるリフトアップはまだ確認されないもので、もう少し観察を加えないと結論は下せない。双子渦は、本例では $Y^+ = 150$ まで発達することが多い。これが発達限界が $Y^+ = 100$ までとされる内層内の縦渦とすると矛盾がでてくるが、本実験では水路幅の影響がでたのかもしれない。

4. あとがき 今回、開水路の渦の立体的可視化を試み、流下方向と水路幅方向に渦軸を持つ流れを確認できたが、渦構造の立体像を明らかにするには至らなかったため、実験方法を改善し、更に調べていきたい。

参考文献

- 1) 上岡、新井、岩崎：レーザーによる開水路流れの計測、土木学会第18回関東支部技術研究発表会、1991
- 2) 高橋、新井、岩崎、上岡：開水路流れの可視化、土木学会第46回年次学術講演会、1991

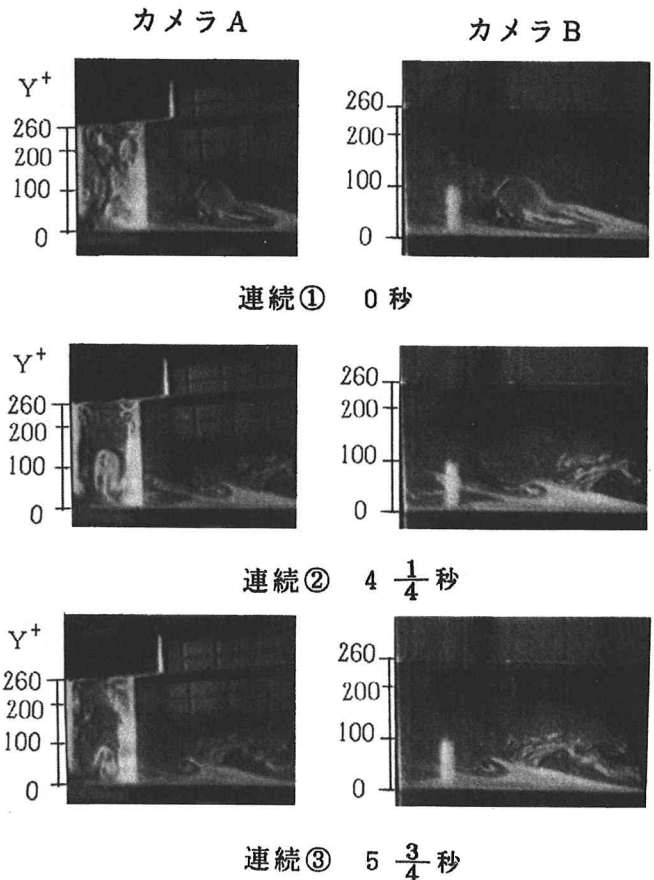


図5. 渦の縦断面及び横断面の連続写真