

流れの可視化と流速計測の同時併用

徳山高専 正員 ○佐 賀 孝 徳
徳山高専 正員 大 成 博 文
山口大学 正員 齋 藤 隆

1. はじめに

壁面近傍の乱流構造から組織性を見つけ出そうとする研究が、最近盛んになりつつある。著者らも、開水路流れにおいて、壁面近くの流れの立体的可視化および平面的可視化を試み、若干の重要な解明を行なってきた。本報告では、これまでの可視化の情報に、流速計測の情報と同時に重ね合わせること(同時併用)により、より壁面近傍の乱流構造の解明を深めようとしたものである。このような試みは、初期のKlineら、Grass、Head、そして最近ではFalcoなどの研究にみられる。ところが、これらの研究の大部分が、十分な可視化を行なっており、どちらかといえば流速波形の解析に重点を置いて対応を考えようとするものであった。

本論は、それらを踏まえて、可視化法に重点を置いた同時併用を行ない、特に可視化で得られた特徴ある形象と流速波形との対応関係について検討を行なった。可視化法としては、螢光染料法を用い、流速計にはレーザ流速計を採用している。

2. 実験の主旨と方法

可視化と流速計測の同時併用を行なう主旨は、両者の利点を生かしながら、欠点を相補う事により、より高次の情報を得る事にある。前者は、流れ場の全体像を容易に把握できるが、数量化が困難であるのに対し、後者は、固定点の精度のよい数量化が可能であるという相反する特徴を持っている。また、同時併用を成功させるためには、次の条件が必要となる。それは、(1)明確な可視化状態が得られる事、(2)可視化形状内に流速計測点の認められ、計測装置が流れを余分に乱さない事、(3)トレーサの混入によって波形が歪まないことである。本実験で用いた螢光染料法・レーザ流速計のシステムは、上述の条件を満たすと考えている。

螢光染料法は、従来のAMD法とほとんど変わらないが、水素気泡法の特徴である上昇成分の可視化に適した性質もある程度保有している。それゆえ、鱗形状の可視化に加えて、low speed streakの挙動もある程度可視化可能となる。また、トレーサ(0-107)は、透過性に優れており、レーザ光線を遮断せず、より同時併用に有利である。注入方法および照明方法は、従来の方法と同じであり、文献を参照してもらいたい。レーザ流速計はDISA55Xシリーズ、出力2Wアルゴンレーザを用いた。この特徴は、非接触計測が可能である事、計測点の明瞭に可視化できる事、同波数フィルターにより可視化可能な低流速の測定が可能である事、トレーサの進入によってレーザ光線に弊害が生じる事などがあり、同時併用に有効な計測方法である。

実験に用いた水路は、長さ10m、幅60cm、深さ15cmのアクリル樹脂性であり、水路床は $\lambda/80$ に設定してある。カメラ撮影は、水路上方より每秒3.8コマで連続的に行なった。(ニコンF2、モ-9-ドライブ、フィルム77付) 実験条件は、以下に示す通りである。 $Re = 4240$, $R\kappa = 255$, $Ro = 359$, $\bar{U} = 2.15 \text{ cm/sec}$, $U_0 = 0.93 \text{ cm/sec}$, $H = 6.61 \text{ cm}$

3. 実験結果

1) 流速波形の信頼性

可視化と流速計測との同時併用を行なう場合、可視化用トレーサの有無により流れ場が変化を受けないかを検討する必要がある。そこで、同一条件下で、トレーサを流さない場合(Case-A)、流した場合(Case-B)について検討を行なう。図1は、平均流速分布であり、トレーサの有無による差異は見当らない。図2は、乱れ強度分布である。これは、従来の傾向にはほぼ一致し、トレーサの有無による差異も見当らない。また、流速波形についての比較も行なっているが、($y/H = 20$ および $y/H = 30$) トレーサの有無による顕著な差異は見当らなかった。

以上の事より、トレーサーを注入した場合の流速波形の信頼性は高いと言える。

2) 可視化形状と流速変動との対応

本実験で可視化された特徴的な可視化形状(鱗形状, *low speed streak*, *streak*)と流速波形(流れ方向成分)との対応を検討した。これまでの結果より、代表的な鱗形状の発生領域は、平均的に $y_f=10$ 前後であり、計測奥が $y_f=20$, $y_f=30$ である事がレーザー光線の大部分は、レーザービームの下を通過する。(写真からも、この事がわかる。)

写真1は、鱗形状の変形プロセスの一部が、計測奥を通過した場合の連続写真である。図.3はそれに対応する流速波形である。ここで注目に値する事は、この鱗形状の変形プロセスが高周波を伴ないながら、途々に低下し急激に増幅するいわゆる *Bursting* 波形の加速域に対応している事である。

その他、同様の *Bursting* 波形が現われる可視化形状は、*low speed streak* から *low speed streak* 以外に抜け出す場合と、鱗形状および *low speed streak* が絡み合っている場合であった。本実験で明確に現われた *Bursting* 波形は、22個あり、その中で鱗形状との対応が明確になった波形は、4個、*low speed streak* との対応が明確になったものは8個、両者とも対応がとれたものは、8個であった。他に、2波形ほどは、明確な対応がつかなかった。流れ方向の速度変動と可視化形状との対応を精度よく試みた例は、ほとんどなく、*Bursting* 波形と鱗形状および *low speed streak* との対応がほぼ明確になった事は、重要な結果である。

さらに、鱗形状や *low speed streak* 近傍に現われる *streak* と流速波形との対応を検討している。この *streak* 現象が、*sublayer* 内から *lift up* した *streak* の急激な三次元性を持った挙動であることは、これまでのステレオ撮影の実験結果から明らかとなっている。この現象が、*Bursting* 波形の減速期に見られる高周波成分にほぼ対応していることは注目すべき点であり、上述の対応結果に付して記しておく。

(参考文献) 1) 大成, 佐賀, 斎藤; *25, *26回水理講演会, *10回可視化シンポジウム, *14回乱流シンポジウム, 2) Kline, Reynolds, Schraub, Runstadler; J.F.M., vol.30, 1967, 3) Grass J.F.M. vol.50, 1971, 4) Head, Bandyopadhyay; AFOSR/Lehigh Workshop, 1978, 5) Falco; AIAA-80-1256, 1980, 6) 大成, 佐賀, 斎藤; *37回年次講演, 1982

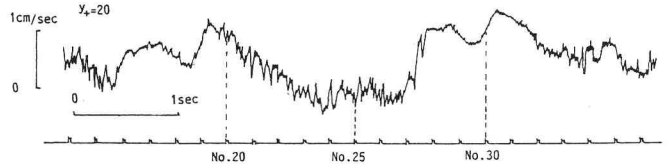


図.3 流速波形 (写真.1に対応)

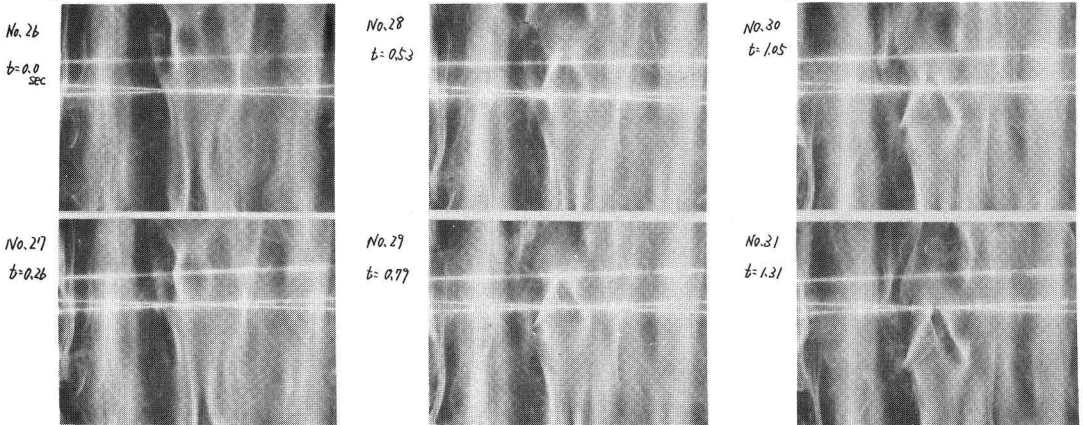


写真.1 鱗形状の変形プロセス (流れは上から下, 図.3の流速波形に対応)