

PTVによる開水路流れの乱流計測

岐阜大学工学部 正 員 藤田 一郎
 岐阜大学工学部 ○原 基樹
 岐阜大学工学部 学生員 遠松 篤
 岐阜大学工学部 中島 丈晴

はじめに

開水路乱流場の計測手法として、従来、LDV やホットフィルム流速計などによる高精度な点計測手法が用いられてきているが、近年になり画像情報を利用した計測法、即ち PIV(Particle Imaging Velocimetry)あるいはPTV(Particle Tracking Velocimetry)といった手法が空間的計測法として注目されている。本研究では、開水路乱流に対するPTVの計測精度の検討を行った。

実験方法

本実験では、長さ7m、幅0.3m、勾配1/2600の亚克力製循環開水路を用い、一定流量 $1.07 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ 水深2.54cmの等流を対象とした。トレーサには平均粒径 $50 \mu\text{m}$ のナイロン粒子を用い、水路底面から照射したアルゴンレーザ光膜内の散乱光の状態をシャッター速度1/500に合わせたデジタルビデオカメラで撮影した(図-1)。

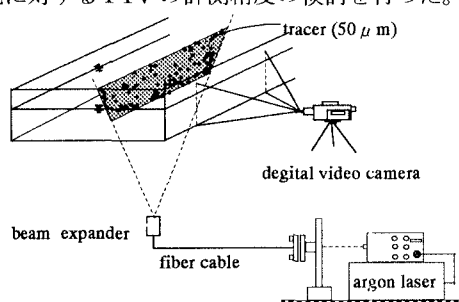


図1 可視化実験

2 値化相関法

画像解析手法の概略を図2に示す。画像処理装置を用いて256階調の濃淡レベルに量子化し、30Hzでサンプリングした静止画像をフィールド分割する。これらの画像の改善を行った後、適切なしきい値を用いて粒子とバックグラウンドを2値化して区別し、2値化相関法で粒子の移動量を算出する。2値化相関法は第1画像中の粒子の重心P点が Δt 秒後に第2画像の $Q_1 \sim Q_3$ 点等に移動した場合を考えて、各点の $m \times n$ のテンプレートについて(1)式の2値化相関係数 R_{ab} を求める。 R_{ab} が最大となる粒子の重心位置から流速を算出する。

$$R_{ab} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (p_{ij} \cap q_{ij})}{\sqrt{kl}} \quad (1)$$

p_{ij}, q_{ij} :それぞれ第1画像、第2画像における (i,j) の2値化画像データ、 k, l は第1、第2画像の粒子とみなす画素数である。

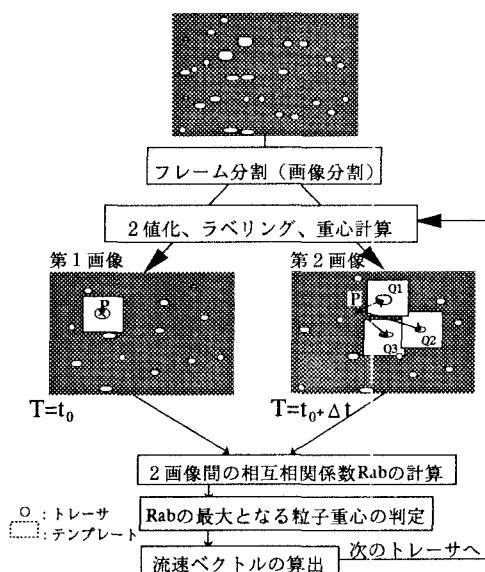


図2 2値化処理法の概要図

結果および考察

1組の画像から得られる解析結果(瞬間流速ベクトル)の一例を図3に示す。画像の大きさは720pixel(5.14cm) x 480pixel(3.78cm)である。本研究では、約1万枚の画像情報を解析した。解析結果は壁面から1mm間隔のcontrol volume内でベクトルをピックアップし、平均流速や

乱流統計量を算出した。Reynolds 応力分布図(図4)には、やや値にばらつきが見られるが、外層では直線的に値が減少し、壁面付近では粘性応力が影響していることが分かる。図4から求めた摩擦速度で、無次元化した平均流速分布、乱れ強度分布をそれぞれ図5、図6に示す。平均流速は、対数則によくのっており、粘性低層内($\delta \approx 1.8\text{mm}$)における流速も計測可能であることが分かる。また、乱れ強度については v' が水面に向かって減衰するなど開水路乱流の特徴をうまくとらえることが出来た。水面付近で u' が増大しているのは、水面変動の影響と考えられる。

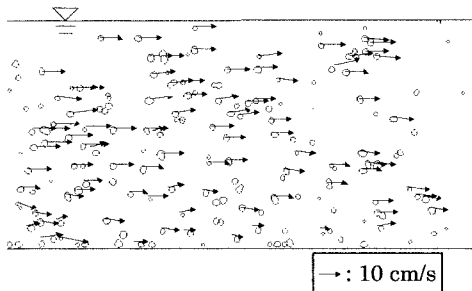


図3 瞬間流速ベクトル図

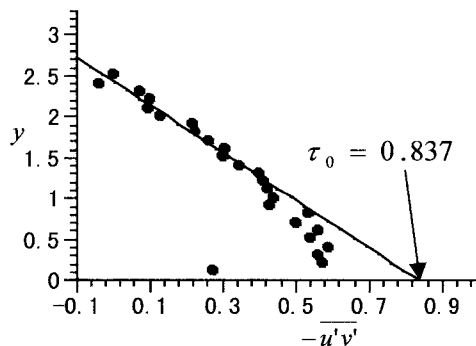


図4 Reynolds 応力分布

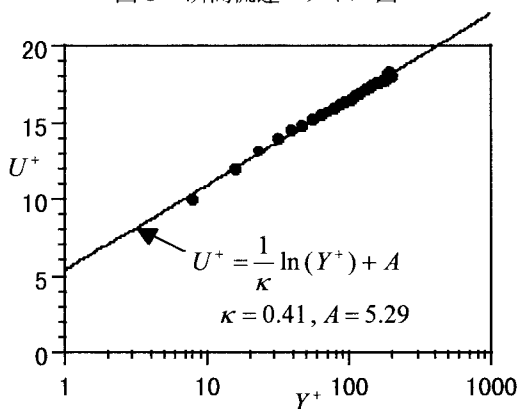


図5 平均流速分布

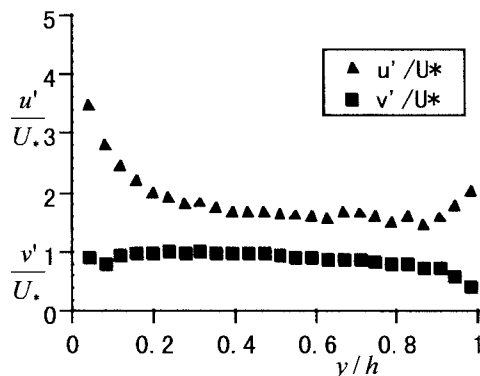


図6 乱れ強度分布

おわりに

開水路乱流に対しても、PTV が十分な精度があることを示すことが出来た。今後は、壁面せん断力の計測としての応用を試みる予定である。

参考文献

- 1) Muste, M., Fujita, I. and Kruger, A.: Whole-field diagnostic in flows with suspended sediment using Particle Tracking Velocimetry, Proc. of 27th cong. IAHR, pp.125-130, 1997.