

河川表面流速計測手法（STIV法）に関する研究

神戸大学大学院 学生員 渡辺 英樹 神戸大学工学部 正会員 藤田 一郎
 京都大学防災研究所 正会員 武藤 裕則 神戸大学大学院 学生員 椿 涼太
 明石工業高等専門学校 正会員 神田 佳一

1.序論

筆者らはこれまで画像解析を利用した実河川における表面流速の計測手法の開発を行ってきた。その代表的な手法がLSPIVである。ただし、LSPIVで使用する市販のビデオカメラの解像度はあまり高くないため、ビデオカメラ設置位置から離れた地点での計測精度は必ずしも十分とはいえない。特に、撮影俯角が小さい場合にはその傾向が顕著となる。そこで本研究では、その問題点を解消するために新たに開発されたSTIV法^{1,2)}を用い、実験室レベルにおいて、PIV法との比較検討を行い、その有効性に関する検討を行った。

2.STIV法の概要

STIV法は、一次元（主流方向）の平均速度場を求める新たな画像計測手法であり、連続する数十枚の画像をすべて用いて線上（検査線と呼ぶ）の流速成分を求める。

STIV法で用いる時空間画像の一例を図-1に示す。これは、縦軸に時間軸、横軸に流れ方向に平行に配置した検査線を取り、画像の濃度分布の時空間変化を示したものである。全体的な傾向として右下に向かう縞模様が確認できる。この縞模様の平均的な傾きを求めれば検査上を通過している表面流の平均速度が得られることになる。すなわち、検査上の平均的な流速は次式から得られる。

$$U = \frac{S_x}{S_t} \tan \theta \quad (1)$$

ここで、 S_x (m/画素)：検査線軸の単位長さスケール、 S_t (sec/画素)：時間軸の単位時間スケールである。

縞パターンの傾きは以下の式から求めることができる。

$$\tan 2\theta = \frac{2J_{12}}{J_{22} - J_{11}} \quad (2)$$

ここに、 J_{12} などは時空間画像上の輝度勾配に関するテンソルで

$$J_{pq} = \int_A \frac{\partial f}{\partial x_p} \frac{\partial f}{\partial x_q} dx dt \quad (3)$$

から計算できる。 f は輝度分布、添え字の p および q は時空間の成分を表す指数で、ここでは $x_1=x$ および $x_2=t$ である。 A は輝度勾配値の積分領域である。また、縞模様のコヒーレンシーが次式で定義される。

$$C_c = \frac{\sqrt{(J_{22} - J_{11})^2 + 4J_{12}^2}}{J_{11} + J_{22}} \quad (4)$$

この値は縞パターンの強さを示すパラメータであり、理想的な縞模様の場合に1、全く縞模様がない場合に0の値をとる指標である。図-1には式(2)を用いて得られた勾配ベクトルが重ねて示してある。縞模様の勾配が良好に計算されていることが認められる。

図-2は、図-1の時空間画像NO.1における、あるコヒーレンシー以上での $\tan 2\theta$ の相対度数を示したものである。それらをすべて足し合わせたのが図-3であり、本研究ではこの度数分布の重み付け平均から $\tan 2\theta$ の平均値を求めた。

キーワード：河川流計測，画像計測，表面流速分布，STIV，PIV

連絡先：〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 TEL 078-803-6439 FAX 078-803-6439

3. 実験概要および実験条件

実験には、長さ 20m、幅 2m、水路床勾配 1/800 の直線開水路を用いた。表面流の可視化には、平均粒径 $20\mu\text{m}$ のナイロン破砕粒子（白色粉末）をトレーサーとして用い、上流側から均等に散布した。画像の撮影は水面の鉛直上方から、デジタルビデオカメラを用いた。実験条件は、 $Q=24.47(\text{l/s})$ 、 $h=7.6(\text{cm})$ 、撮影時間は 30 秒、時間間隔は $1/30$ 秒である。

解析方法として、STIV 法、PIV 法を行い、比較検討した。

4. 解析結果

STIV 法および PIV 法によって得られた平均流速分布を図-4 に示す。このとき、水路中央部付近（0.6～1.4m）では計測誤差（PIV より得られた流速分布とのずれ）は最大でも 2% 程度であり、概ね良好な結果が得られた。水路側壁付近では、PIV とのズレが見られるが、これは、トレーサー散布時に十分なトレーサーが供給されず、時空間画像上に十分な縞模様得られなかったためと考えられる。ただ、STIV 法の実河川への適用を考えると、空間画像上には無数の縞模様が現れるため、計測上の問題はあまりないと思われる。

STIV 法の特筆すべき点は解析時間の短さである。本解析では、PIV 法と比較して一桁短い時間で解析が可能であったが、STIV 解析のプログラムの改良により、更なる短縮が期待できる。

5. おわりに

開水路流れにおいて、STIV 法を適用した結果、その精度は PIV 法と比較しても、非常に有効であることが示された。今後は、実際の河川において、LSPIV との比較検討を行い、その有効性に関する検討を行っていく予定である。なお本研究は関西支部共同研究（研究代表：大阪大学 出口一郎）からの補助を得た。

参考文献

- 1) 藤田一郎：実河川を対象とした画像計測技術、水工学シリーズ 03-A-2、土木学会・水工学委員会・海岸工学委員会、pp.11-13、2003
- 2) 藤田一郎 椿涼太：時空間画像を利用した河川表面波紋の移流速度計測、河川技術論文集、Vol.9、pp.55-60、2003。

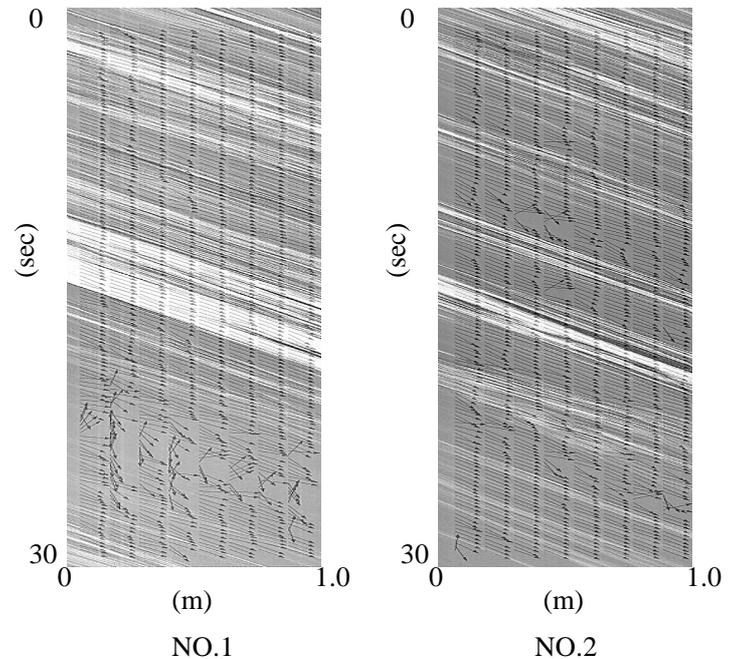


図-1 時空間画像

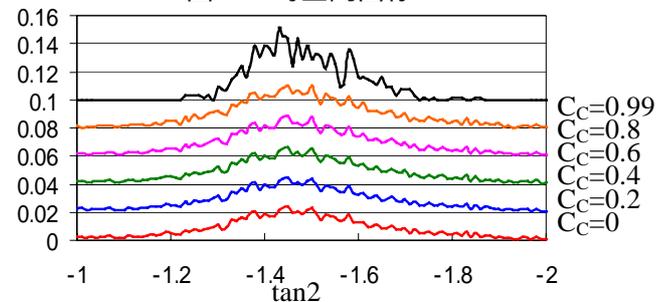


図-2 縞模様の傾きにおける相対度数 (NO.1)

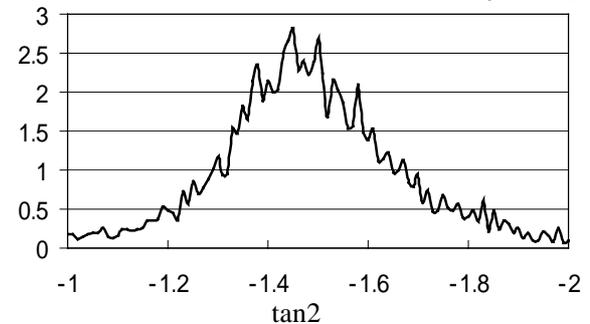


図-3 縞模様の傾きにおける相対度数 (NO.1)-2

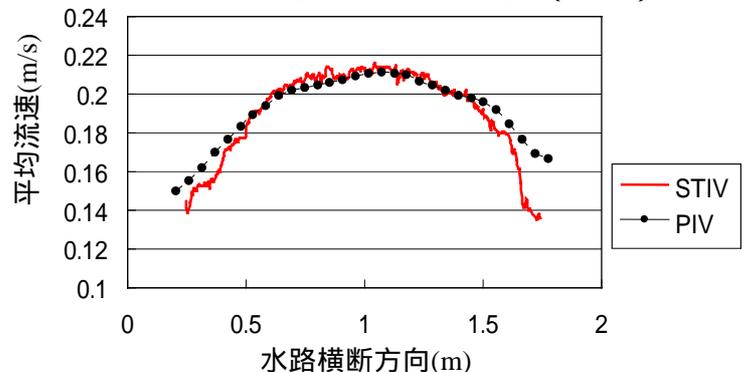


図-4 平均流速分布