第Ⅱ部門　　三次元時空間体積を用いた河川表面流解析手法のパラメータ検証

神戸大学大学院工学研究科　学生員　○辻　一成
神戸大学大学院工学研究科　学生員　　能登谷祐一
神戸大学大学院工学研究科　正会員　　藤田一郎

1. はじめに

近年，実河川の流速計測手法として非接触型の画像解析手法が注目を集めている．その代表例が STIV(Space-Time Image Velocimetry)であるが，この手法では流向を予め推定した上で流速分布を求めているため，流向が複雑に変化する流れ場への適用は難しい．そこで，本研究では STIV の検査線の概念をさらに一般化し，検査面を設定することにより，流速・流向を同時に解析することができる手法として STVV(Space-Time Volume Velocimetry)が開発された．STVV は新手法であり，パラメータが精度に与える影響についての知見がないため，本研究では実河川で撮影された画像を用いてパラメータ検証を行った．

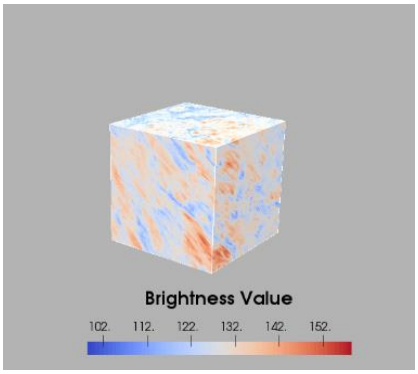


図-1 STV

2. STVV の概要

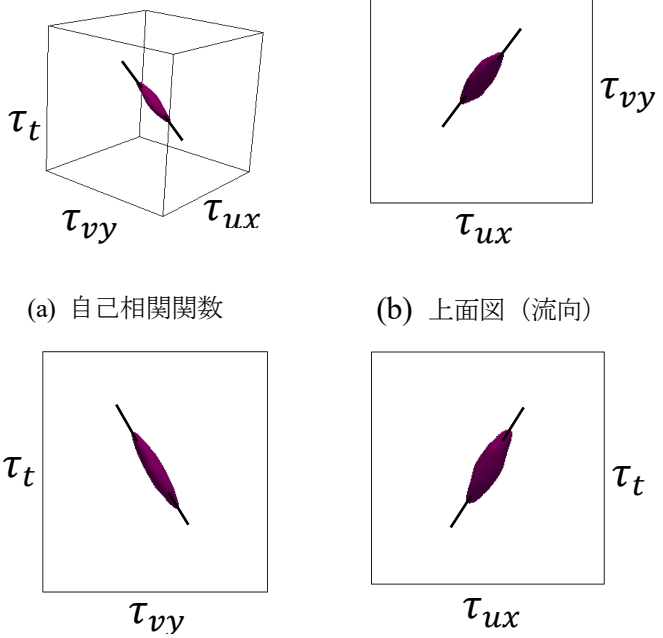
STVV は，STV の作成，自己相関関数の算出，対数球座標変換，方向軸相関値平均の４つの過程によって流速・流向を得る．以下に，各過程について詳しく述べる．

(a) STV の作成

河川を撮影した画像上に検査面を設置し，検査面上の輝度値を時間軸上に積み重ねることで 3 次元データを抽出する．STV の一例を図 1 に示す．

(b)自己相関関数の算出

自己相関関数(acf; autocorrelation function)を STV について計算する．自己相関関数の例を図 2 に示す．R(0,0,0)を中心とするおよそ楕円体となる．長軸方向がパターン勾配となる．つまり，上面図における長軸方向が流向，側面図における長軸方向がそれぞれ画像縦方向，画像横方向の速度成分のパターン勾配となる．



(a) 自己相関関数　(b) 上面図（流向）
(c) 側面図（画像縦方向）　(d) 側面図（画像横方向）
図-2 自己相関関数

(c)対数球座標変換

STV 中心から放射状に延びる方向軸上の自己相関関数の平均を求め最大となる方向を長軸方向とする．しかし，この処理を直交座標系で処理するのは煩雑なため前処理として対数球座標変換を行う．対数をとるのは流速・流向算出における重要な情報が中心付近に存在するため中心付近に重みづけするためである．対数球座標変換の例を図-3 に示す．

(d)方向軸相関値平均

対数球座標変換により自己相関関数の方向軸平均を容易に算出することができる(図-4)．方向軸相関値平均が最大となる時を自己相関関数の長軸方向であると判断でき，θ，ϕがそれぞれ流向，流速のパターン勾配となる．画像横方向，

キーワード　画像解析，STIV，STVV，時空間体積
連絡先　　〒657-0013　神戸市灘区六甲台町 1-1　神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻 TEL 078-803-6439

画像縦方向それぞれの流速 u,v は式(1)(2)によって求められる．なお，kはフレームレートにピクセルサイズを乗じた値である．

$$u = k \cdot tan\phi cos\theta, \qquad v = k \cdot tan\phi sin \qquad (1)(2)$$

3. 検証概要

STVV におけるパラメータには主にフレーム数と検査面サイズの２つがある．本研究では，2014 年 4 月 25 日に魚野川中流にて左岸堤防上からハイビジョンカメラによって撮影された画像（図-5）を幾何変換した画像(図-6)を用いた．検査面は 23 個設置した．本研究では STIV との流速比較を行った．流速相対誤差は式(3)で表される．

$$V = \sqrt{\sum_{i=1,2,\ldots,N} \left(\left(\frac{VV_i - VI_i}{VI_i} \right) \times 100 \right)^2} \qquad (3)$$

なお，式(3)において流速相対誤差平均を V，検査面数を N，STVV で算出された流速 VV，理論値を VI とした．

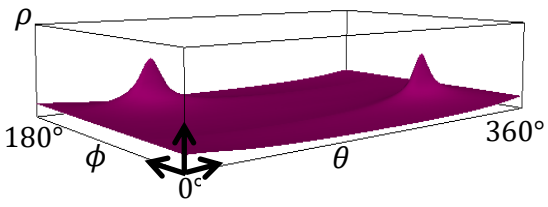


図-3　対数球座標変換

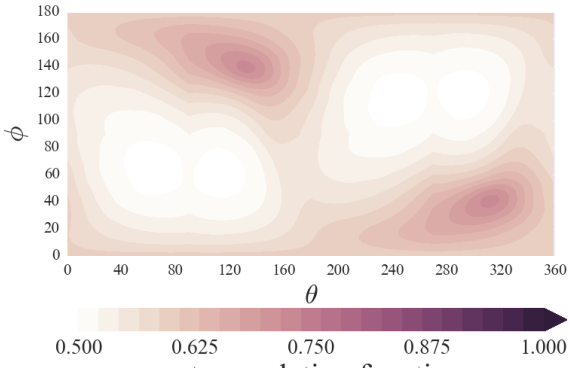


図-4　方向軸相関値平均

4. フレーム数についての検証

設定条件はフレーム数を 10~290(frame)の 10 刻み，検査面サイズは 200×200[pixel]とした．結果は 150 フレーム以上で流速相対誤差が安定する結果となった. フレームレートは30(frame/s)であるため時間では 5 秒以上ということになる．

図-5　河岸から撮影した画像

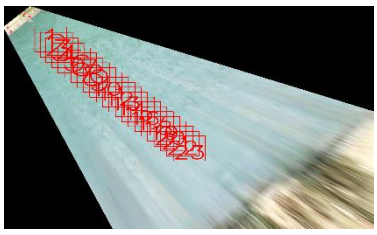


図-6　幾何変換した画像

5. 検査面サイズについての検証

設定条件はフレーム数 290(frame)，検査面サイズを 50~200(pixel)の 5 刻みとした．結果は 145(pixel)以上で流速相対誤差が安定する結果となった．ピクセルサイズが 0.07(m/pixel)であるため，実スケールでは 10.15m 四方以上の検査面を設置することになる．

6. 多手法との比較

STVV と LSPIV,STIV,ADCP の計測結果を比較する．STVV のパラメータはフレーム数 180 フレーム，検査面サイズ 170×170(pixel)とした．結果を図-7 に示す．ADCP,LSPIV,STIV との流速相対誤差はそれぞれ 7.2%，17.3%，12.5%という結果となった．また図-7 より他手法に比べてなめらかな値をとっていることがわかる．これは STVV が他手法に比べてより多くの情報を用いて流速を算出するためである．

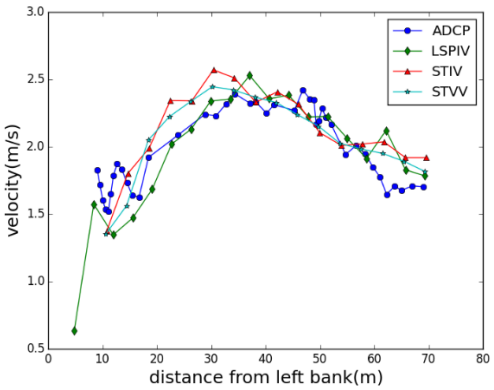


図-7　他手法との比較

6.おわりに

本研究では STVV におけるパラメータ検証を行い，パラメータによる精度への影響を明らかにした．フレーム数に関しては 30(frame/s)で 150 枚以上つまり 5 秒以上の動画を用いれば良い．また，検査面サイズについては実スケールで 10.15m 四方以上の検査面を設置すれば良いことが確認できた．また，他手法との比較においては STVV がより平均的な値を算出する特徴を確認できた．

参考文献

1) 能登谷祐一，藤田一郎，建口沙彩，三次元時空間体積を用いた河川表面流ベクトルの計測手法 STVV の開発，水工学論文集，第 61 巻，2017.