

第II部門

STIV 解析の精度改善に向けた標準化フィルターの提案

神戸大学工学部 学生員 ○柴野 達至

神戸大学大学院工学研究科 正会員 藤田 一郎

神戸大学大学院工学研究科 学生員 谷 昂二郎

建設技術研究所 正会員 能登谷祐一

1. はじめに

近年、実河川の表面流計測手法として STIV(Space-Time Image Velocimetry)などの画像解析手法が注目を集めている。STIV はカメラにより撮影された動画より表面流速を見積る手法であるが、撮影条件によっては良好な結果が得られないことが指摘されている。本報では STIV 解析時に作成される時空間画像に対する前処理により、特に、劣悪と考えられる撮影条件下における表面流計測の精度向上を図る新たな手法を提案する。

2. STIV の概要

STIV は水表面を撮影した動画中に任意の検査線を設置し、検査線上のパターンの移動を追跡することで表面流速を求める。各検査線に、時空間画像または STI と呼ばれるものを作成する(図-1(a))。STI は検査線上の輝度の時間変化を縦に積み重ねたもので、STI 上の平均的な輝度勾配が、検査線上の平均的な流速に相当する。

3. QESTA の概要

QESTA<sup>1)</sup>(Quality Evaluation of STI by using Two dimensional Autocorrelation function)は STI のパターン勾配を算出するアルゴリズムの一つであり、以下より示す処理からなる。

(a)自己相関関数の算出 (図-1(b))

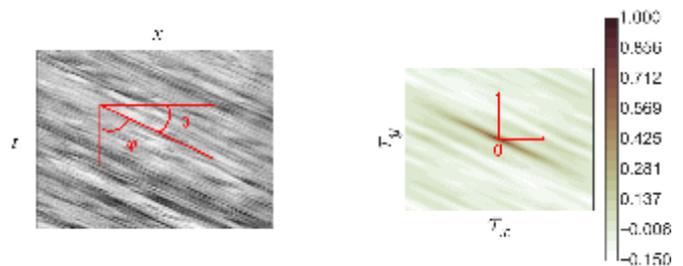
STI より自己相関関数を算出する。等高線が中心を1とする細長い楕円形を形成するが、この楕円の長軸方向が代表的なパターン勾配となる。

(b)自己相関関数の対数球座標変換 (図-1(c))

自己相関関数の中心部分を引き伸ばし、パターン勾配に関する情報を見やすくするために対数極座標変換を適用する。

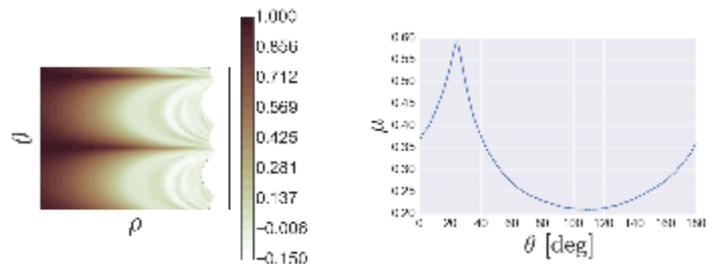
(c)方向軸相関値平均曲線の算出 (図-1(d))

対数極座標変換された自己相関関数を軸方向に平均する。この曲線の極大値を与える角度が流速に相当する。



(a) STI(21.3m×15s)

(b) 自己相関関数



(c) 対数極座標変換

(d) 方向軸相関値平均曲線

図-1 QESTA の解析手順

4. 標準化フィルターの概要

従来の QESTA ではオリジナルの STI を用いていたが、実務上は昼夜を含めた連続観測が必要であり、特に夜間等では QESTA 解析が困難となるケースが確認された。そこで、STI の検査線の各点の時系列に対して標準偏差および平均による標準化処理を行う手法を考案した。標準化された時空間画像の輝度分布 $I^S$ は以下の式(1)で表される。

$$I^S(x, t) = (I(x, t) - \mu_t(x)) / \sigma_t(x) \quad (1)$$

ここで、 $I$ は時空間画像の輝度分布であり、 $\mu_t$ および $\sigma_t$ は各点における輝度の時間に関する平均および標準偏差である。

$$\mu_t(x) = \frac{1}{T} \int^T I(x, t) dt, \quad \sigma_t(x) = \left\{ \frac{1}{T} \int^T \{I(x, t) - \mu_t(x)\}^2 dt \right\}^{0.5} \quad (2), (3)$$

表-1 STIV 解析条件

Case	Frame size (pix x pix)	Framerate (Hz)	Searchline number (-)	Searchline length (m)	Searchline interval (m)	Condition
A	640 x 480	30	9	32.9	5.39	Shot at night
B			6	20.1	2.44	Bad visibility

5. 時空間画像に対する標準化フィルターの適用

標準化フィルターを適用することで劣悪な STI が改善された例を二つ紹介する. 解析条件は表-1 示すとおりである. また, 図-2 に検査線の設置状況を, 図-3 に得られた STI の一例を示す. とともに河川モニタリングカメラにより得られた動画を用いているが, A 川のケースでは水面に街灯の明かりが反射しており, STI からパターン勾配を推定するのが困難であることがわかる. また, B 川のケースでは, 視界が全体的に不鮮明であり, 対応する STI も不鮮明なものとなっている. これらの STI に対して標準化フィルターを適用した結果を図-4 に示す. 両ケースとも, 元の STI からは判別が困難であった, 画像の左上から右下へ向かうような一様な勾配パターンが明確に読み取れるようになったことがわかる. 従って QESTA による STIV 解析の結果改善が期待される.

6. 標準化フィルター後の STI を QESTA に適用

標準化フィルターの効果を適用前後の STI に対して QESTA を適用することで確認する. 図-5 に標準化フィルター適用前後の STI を用いて算出された流速分布 (QESTA, QESTA(STD))及び, STI より目視により算出された流速分布(MANUAL)を示す. いずれのケースにおいても標準化フィルターを用いない場合には有意な流速分布が得られていないが, 標準化フィルターを適用することで目視による結果と似通った流速分布が得られていることがわかる. 従って, 今回示した例のように, 動画の撮影条件が芳しくなく, STIV 解析が困難な場合においても, 標準化フィルターによりある程度妥当な結果を得ることができるものと考えられる.

7. おわりに

本報では STIV 解析時に作成される時空間画像の検査線の各点における時系列に対して標準化を施すことで解析精度を向上させる処理を提案した. 加えて, 通常解析が困難である時空間画像に対して本手法を適用することにより結果が著しく改善することを示した.

参考文献

能登谷祐一, 藤田一郎, 建口沙彩: 河川表面流画像計測 STIV における新手法と STI 画質評価法の開発, 水工学論文集, 61 巻, pp. 505-510, 2017.



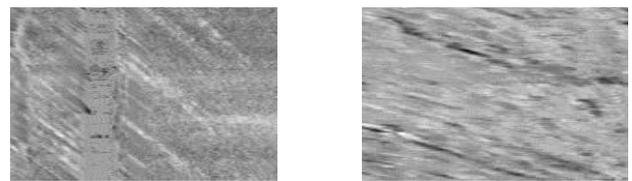
(a) A 川 (b) B 川

図-2 検査線設置状況



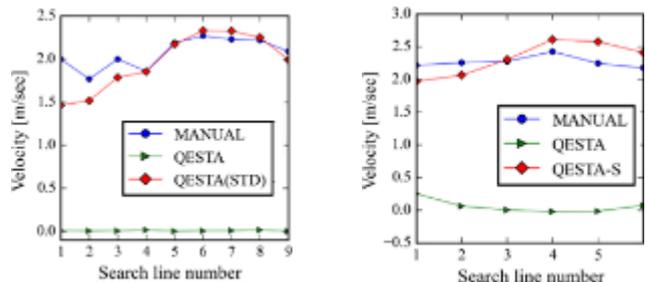
(a) A 川 (b) B 川

図-3 時空間画像の一例



(a) A 川 (b) B 川

図-4 時空間画像に対する標準化フィルターに適用例



(a) A 川 (b) B 川

図-5 標準化フィルターによる流速算出結果の改善例