

不鮮明な画像に対する STIV 解析の精度改善と信頼度評価

神戸大学 学生員 ○柴野 達至

神戸大学 正会員 藤田 一郎

神戸大学 学生員 谷 昂二郎

(株)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した後, STI の質を評価する指標を用いて算出される流速の信頼度を示す。

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。この際, 検査線毎に, 時空間画像または STI と呼ばれるものを作成する。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。本報では輝度勾配を能登谷ら¹⁾が開発したアルゴリズム QESTA を用いて算出している。

3. STI の質を評価する指標

QESTA では STI のパターン勾配を算出すると同時に, STI の信頼性を評価する指標を算出する。STI の質を評価する指標として, せん断歪み型指標 (GTI) とポアソン比型指標 (NTI) がある。GTI は自己相関関数の分布計のせん断歪みを表すパラメーターであり, 式(1)で表される。NTI は方向軸相関値平均曲線より導かれ, 自己相関関数の等高線で構成される楕円の長軸方向の長ささと短軸方向の長さの比であり, 式(2)で表される。

$$GTI = \Delta\tilde{\phi} / \cos^2 \tilde{\phi} \tan \tilde{\phi}, NTI = \max\mu(\theta) / \min\mu(\theta) \quad (1), (2)$$

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(3)で表される。

$$I^S(x, t) = (I(x, t) - \mu_t(x)) / \sigma_t(x) \quad (3)$$

ここで, I は時空間画像の輝度分布であり, μ_t 及び σ_t は各点における輝度の時間に関する平均及び標準偏差である。

$$\mu_t(x) = \frac{1}{T} \int^T I(x, t) dt, \quad \sigma_t(x) = \left\{ \frac{1}{T} \int^T \{I(x, t) - \mu_t(x)\}^2 dt \right\}^{0.5} \quad (4), (5)$$

標準化フィルターを適用することで劣悪な STI が改善された例を紹介する。図-1 に示す川は河川モニタリングカメラが撮影したものであるが, 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(図-2)。この STI に対して標準化フィルターを適用した結果を図-3 に示す。オリジナルの STI からは判別が困難であった, 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。



図-1 検査線設置状況

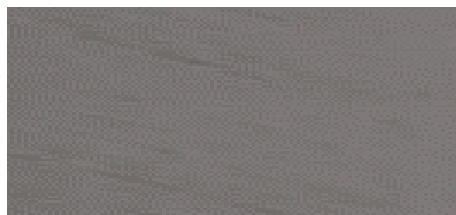


図-2 時空間画像の例(15s×20.1m)

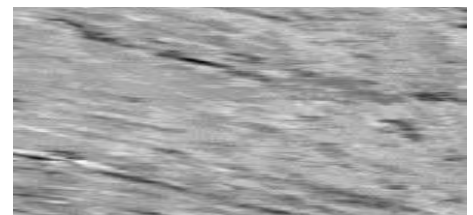


図-3 標準化フィルター適用例(2.06m/s)

キーワード STIV, 流速, STI, QESTA

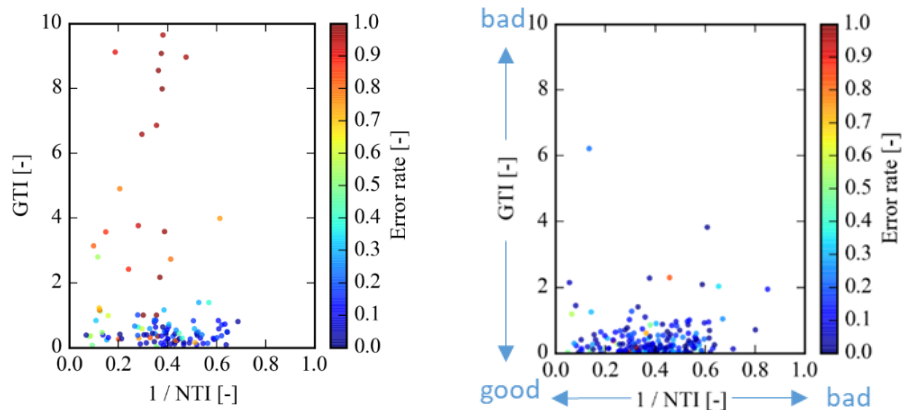
連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸崔岳大学院工学研究科市民工学専攻 TEL 078-803-6439

5. 時空間画像の分類

劣悪な条件下で撮影された動画の中でも流速解析が可能か不可能かを確認するため、動画から得られた STI を劣悪な STI の原因となる 9 種類(normal,shadow,light,wavy,standingwave,whitecap,random,vague,else)の特徴に分類した。本報ではその分類の一つである vague (STI が不鮮明で勾配が目視で決定できない STI) について説明する。

6. 相対誤差に対しての STI 質評価ダイアグラム

VAGUE に分類された 391 枚の STI を、縦軸に GTI、横軸に $1/NTI$ をプロットし、QESTA の解析結果と目視で算出した流速との誤差率の値で色分けした。この図を説明すると、縦軸は GTI をとり値が小さいほうが良く、横軸は NTI の逆数をとっているため値が小さいほうが良い、すなわち原点近くに点が多いほど、全体的に結果が良いということを示す図である。また点の色は目視で算出した流速との誤差率であり、青色になるほど実際に MANUAL との誤差も小さいことを確認出来る。左図の標準化フィルター適用前では高い相対誤差を示す赤い点が多く、GTI も大きい値を示している点が多いため、妥当な解析ができていない STI が多いことがうかがえる。一方、右図の標準化フィルター適用後では青い点の多くが $GTI < 1$ に集中しているように流速誤差率が 0.2 以下に改善され、ともに GTI が小さくなったことが確認できる。



標準化フィルター適用前

標準化フィルター適用後

図-4 相対誤差に対しての STI 質評価ダイアグラム (vague)

7. 各相対誤差による GTI に対しての流速の信頼度

以上のことを踏まえ、QESTA により算出される GTI によって流速の信頼度が表すことができる。図-5 に示すのは縦軸にすべての STI に対する該当する STI の割合、横軸に GTI がその値以下の割合を示した図である。また相対誤差の値によって色分けしている。図の左側で減少しているのはサンプル数が少ないことが要因である。例えば黒い丸点で示した箇所は相対誤差を 0.2 まで許すとしたときに、GTI が 0.1 以下ならば、82%の確率で信頼できるという見方ができる。

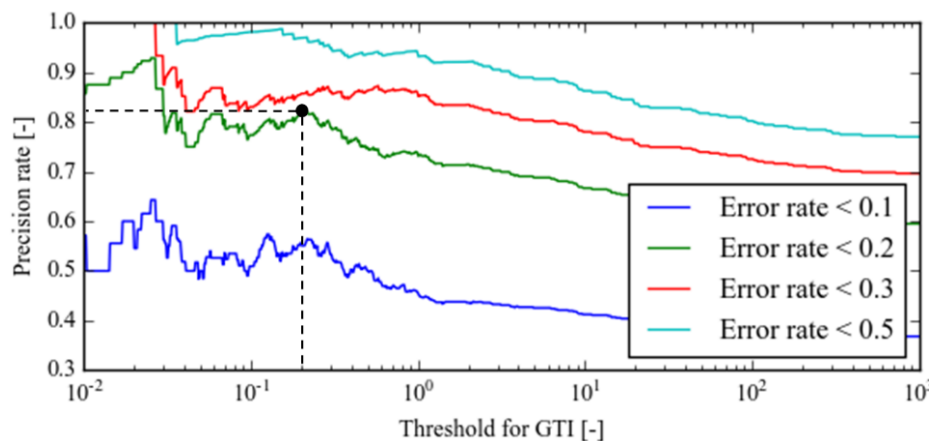


図-5 各相対誤差による GTI に対しての流速の信頼度 (vague)

8. 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、QESTA により算出される STI の質を評価する指標の値により、流速の信頼度を示した。

参考文献

1) 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