

1. はじめに

短時間での集中豪雨が近年増加傾向にあり、河道計画を立てる際に不可欠である降雨流出過程の的確な把握が求められている。精度の高い流出モデルを構築していく中で、流量の正確な把握は最も重要であるといえるが、流量観測の精度向上はあまり進んでいない。そこで本研究では、河川表面流速の計測精度向上を目指して、時空間画像を利用した STIV (Space-Time Image Velocimetry) における流速計測の不確かさに関する検証を行った。

2. STIV の概要

撮影画像を幾何変換し、幾何変換画像に対して流れ方向に設置した検査線上の輝度分布を時空間方向に積み重ねて時空間画像 (STI) を作成する。STI 上の縞パターンの平均勾配 ϕ から検査線上の平均流速が式(1)を用いて得られる。

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

S_x : 検査線軸の単位長さスケール(m/pixel)
 S_t : 時間軸の単位時間スケール(sec/pixel)

ここで、縞パターンを平均勾配 ϕ は輝度勾配テンソル法によって算出する。輝度勾配テンソル法では、図-1 に示すように、STI を任意の検査領域に分割し、各領域に方向ベクトルを求める。その後、勾配をヒストグラム化して代表的な値を導いている。

3. 観測概要

図-2 で示した魚野川について、新潟県魚沼市堀之内に位置する根小屋橋付近で、図-3 の位置にビデオカメラを設置し河川表面の撮影を行った。魚野川の川幅は約 130m, 観測時の平均水深は約 2m である。

4. 不確かさ解析

撮影動画を連続する 10 秒の動画に切り分けて、同一検査線上における表面流速の不確かさを検証した。ここで、乱流に起因する変動と計測法そのものが有する誤差により、動画の切り出し位置によって表面流速値はばらつくが、二つの要因がもたらす流速のバラつきを区別することは難しいため、それらを一括して不確かさとして取り扱う。また、不確かさ評価の概要を以下に示す。 n 回の測定を行ったとき、 i 番目の測定値を x_i 、測定値の平均値を $\bar{x}$ とすると、データの標準偏差 $S(x)$ は式(2)で示される。標準偏差 $S(x)$ と平均値の標準偏差 (標準不確かさ) $S(\bar{x})$ の間には、式(3)の関係がある。

$$S(x) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

$$S(\bar{x}) = \frac{S(x)}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

水面の様子がはっきりと確認できる理想的なアングル (図-4) では動画を 16 分割し、カメラを左右に振って撮

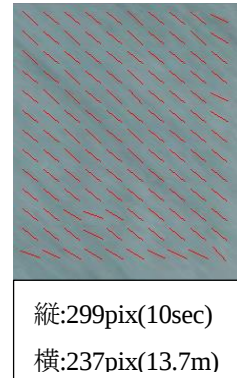


図-1 STI



図-2 魚野川観測位置

(青線：信濃川／赤線：魚野川)



図-3 魚野川計測地点 (黒丸は標定点)

影した多アングル（図-6）では動画を12分割した。それぞれの結果を図-5及び図-7に示す。図-5において、流速の標準不確かさの最大値は0.021(m/s)であり、不確かさが流速の約1%未満に収まっていることがわかる。つまり、流速の約1%未満の不確かさをもって流速が測定されていることを表している。このことから、理想的なアングルでは動画のどの部分を切り出して解析しても、ほぼ一定の流速値が得られると言える。

次に、図-7では解像度と標準不確かさの関係を示している。図内の赤点はアングルBにおける最遠部分のデータを表している。流速の標準不確かさは0.01~0.04(m/s)に集中しており、前述と同様の結果が得られた。ただし、解像度が0.1(m/pixel)を超えると標準不確かさが大きくなる傾向が見られる。解像度が低くなると、STIの濃淡が薄く縞パターンが不鮮明になるため計測誤差が大きくなっていると考えられ、解像度の値を考慮して検査線を設置する必要があることを確認できた。

5. 輝度勾配テンソル法における検査領域のテンプレートサイズ

STIVにおける輝度勾配テンソル法の検査領域テンプレートサイズ（以下、テンプレートサイズ）は30pixel×30pixelを既定値としている。しかし、テンプレートサイズについて細かな検討がなされていなかったため、本研究で取り上げた。

図-4と同じ場所で10.9mの検査線を設置し、テンプレートサイズの一边の長さを10, 30, 60, 90pixelの4ケース設定して解析を行った。得られた流速分布を図-8に示す。テンプレートサイズが10pixelのときは、検査線長さを変えた場合でも流速のバラつきが大きく、計測には不適であると言える。一方、テンプレートサイズが30~90pixelのときについて、ADCP観測値の3点移動平均との差から流速の標準偏差を求めると、標準偏差の値にあまり差がなくテンプレートサイズに関わらず良好な結果が得られていた。

6. おわりに

本研究では、流速の不確かさ解析及び輝度勾配テンソル法における検査領域のテンプレートサイズが流速にもたらす影響の検証を行った。結果、解像度が0.1(m/pixel)以下であれば、動画のどの部分に対して解析を行ってもほぼ一定の流速が得られることが確認でき、かつ、解像度の値を考慮して解析を行う必要性を示すことができた。また、テンプレートサイズが既定値以上であればほぼ同等の流速値を示し、パラメータが流速にもたらす影響が小さいことを確認できた。

参考文献

1) Fujita, I., et al. :

Development of a non-intrusive and efficient flow monitoring technique : The space-time image velocimetry (STIV), Intl.J.River Basin Management, Vol.5, pp.105-114, 2007.

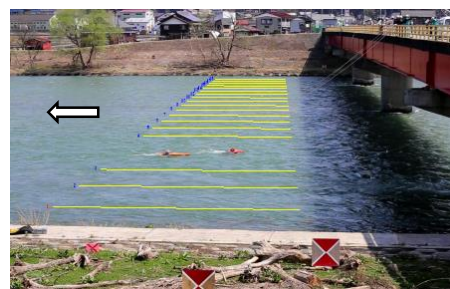


図-4 理想的アングルにおける検査線位置

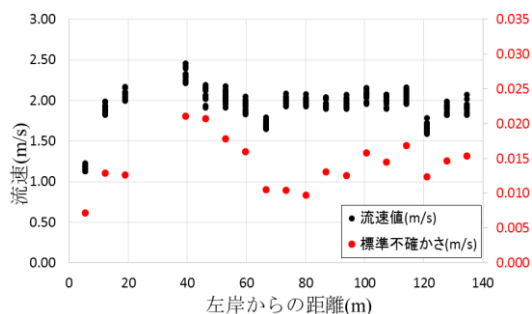


図-5 流速分布及び流速の標準不確かさ

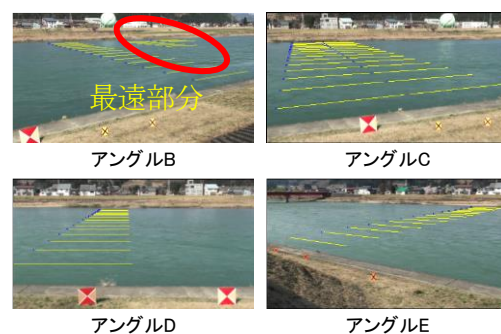


図-6 多アングルにおける検査線位置

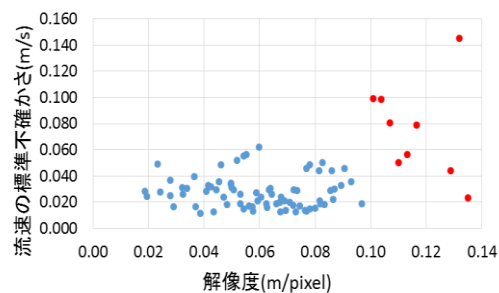


図-7 流速の標準不確かさ

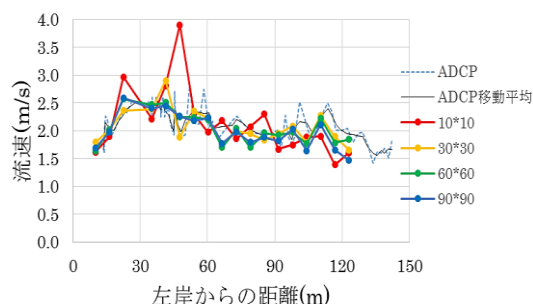


図-8 各ケースにおける流速分布