

## 中小河川における PIV を用いた流速観測に関する研究

(株)建設技術研究所 正会員 森山 智  
 (株)建設技術研究所 正会員 飯塚 秀次  
 (株)建設技術研究所 此島 健男子  
 (株)イメージワン 村木 広和  
 (株)イメージワン 小栗 直宏

### 1.はじめに

河川水位や流速等の観測値は、河川の治水・利水計画及びその管理のために重要な資料となるため、適正な観測精度のもと継続的な観測が望まれる。一方、中小河川においては、予算等の制約により、水文観測や定期的な河川の測量等は多くの河川で十分に実施できていないのが現状である。このため中小河川において、洪水時に十分な監視ができないことや、再現性の高い洪水予測モデルの構築ができないことなどが、中小河川の監視・予測における課題となっている。

このような背景を踏まえ、本研究では、安価・安定的な河川流速の観測手法として、PIV (Particle Image Velocimetry: 粒子画像流速測定法) を用いた流速観測を中小河川において実施し、その精度検証及び適用性について検討を行った。

### 2. 中小河川における流速観測

#### 2.1 中小河川で求められる流速観測の要件

中小河川で求められる流速観測の要件は、以下に示す ~ が考えられる。

##### 観測機器費・維持管理費

中小河川において流速観測が十分に出来ない理由の1つは観測費用である。継続的に安定して観測を実施するためには、観測機器費、維持管理費及び人件費(作業員数、移動の容易性)が安価な観測手法が求められる。

##### 観測機器設置条件・自然条件

継続的に安定したデータを観測するためには、観測現場(観測作業スペース、河道の状況(水深による観測制限、浮遊物))や自然条件(天候、昼夜)による影響を受けにくい観測機器が求められる。

##### データ計測間隔

中小河川における洪水特性は、降雨流出から河川水位が上昇するまでの時間が非常に短い。このため、データの計測間隔が長いと洪水のピークが観測できない恐れがあるため、計測間隔は短い必要がある。

##### 観測の容易性

継続的に安定したデータを観測するためには、誰が観測を実施しても同じ観測精度のデータを得られることが重要である。そのためには、観測の際に、必要知識が少ない観測機器が必要とされる。

#### 2.2 浮子及びPIV 流速観測

大河川において、現在も多く適用されている浮子観測は、観測費用・データの計測間隔・観測の容易性等を考慮すると、中小河川に適しているとは言い難い。また、その他の流速観測手法として、プロペラ式流速計・電磁式流速計等があるが、これらも観測費用・観測の容易性の面を考慮すると、中小河川において継続的に実施していくことは課題が多い。

一方、PIV による流速算定(以降、「PIV 観測」と呼

ぶ)は観測費用が安価で観測も容易に行える。PIV 観測と浮子観測の比較を表 1に示す。

表 1 PIV 観測と浮子観測の比較

項目	PIV 観測	浮子観測
観測機器費・維持管理費	<ul style="list-style-type: none"> <li>費用は一般用ビデオカメラ(流速算定システムを開発する必要は有り)。</li> <li>一度購入すれば、何度も再利用可能。</li> <li>1名で観測可能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>費用は浮子代と人件費。</li> <li>投下した浮子は回収できないため、再利用不可。</li> <li>3名程度で観測。</li> <li>移動は車が必要(大量の浮子を運搬するため)。</li> </ul>
観測機器設置条件・自然条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>河川沿いで計測可能。</li> <li>風の影響を受け、夜間は観測が困難。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>橋梁等の河川を横断する構造物が必要。</li> <li>気象状況の影響は少ない。</li> </ul>
データ計測間隔	<ul style="list-style-type: none"> <li>動画観測期間中の任意の時刻の流速を算出可能。</li> <li>撮影範囲内で流速算定可能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>30分に1回程度の観測が限界。</li> <li>測線毎に観測が必要。</li> </ul>
観測の容易性	<ul style="list-style-type: none"> <li>誰でも容易に観測が可能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ある程度の専門知識が必要。</li> </ul>

PIV 観測は、これまで藤田ら<sup>1)</sup>、戸田ら<sup>2)</sup>によって精力的に研究されており、十分な観測精度を得られることが実証されている。本研究では、中小河川のような水面の変化が激しい河川を対象として、従来多く利用されている浮子観測と PIV 観測の比較を行った。

### 3. PIV 観測概要

デジタルビデオカメラ画像を用いた非接触流速・流下方向計測技術の特徴は、一定領域内(相関窓)の粒子の平均的な速度を求めるものであり、ある時間間隔で撮影された2枚の粒子画像から計測点を中心とする相関窓の画像を切り出し、その画像間の類似度が最大になるような相関窓の位置関係を、その位置での粒子の平均移動量(すなわち流れの速度)とする手法である(図1参照)。

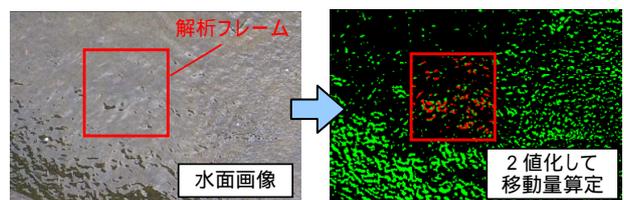


図 1 PIV による流速算定のイメージ

キーワード: PIV 観測, 流速観測, 中小河川

連絡先: 〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町 3-21-1 (日本橋浜町 F タワー)

TEL: 03-3668-4159

類似度の評価は、面積相関関数という統計量を用いる。この計算方法は、前後左右隣接するフレーム毎に類似している画像値を用いて、面積相関値を計算し、一番高い相関値を得たフレーム同士を中心位置の差を移動量として、流速・流速方位を算出する(1)式参照)

$$\text{面積相関関数} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (f_{i,j} - f_m)(g_{i,j} - g_m)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (f_{i,j} - f_m)^2 \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (g_{i,j} - g_m)^2}} \dots\dots (1)$$

ここに、 $f$ 画像： $t$ 秒のキャプチャー画像、 $g$ 画像： $t$ 秒+1/30秒のキャプチャー画像、 $f(x,y)$ ： $f$ 画像の横方向  $x$ 、縦方向  $y$  の場所の画素の色値、 $g(x,y)$ ： $g$ 画像の横方向  $x$ 、縦方向  $y$  の場所の画素の色値を示す。

本手法は、浮遊物や色素のトレーサーは使用せず、水面の波紋の移動量のみで流速を算出できることが特徴である。また、撮影画像範囲によって解析精度が異なるため、拡大(ズームアップ)で撮影した場合と広域(ズームアウト)で撮影した場合のそれぞれを実施した。

4. 対象流域及び観測地点

対象とした流域は、東京都及び神奈川県を流れる一級河川鶴見川の上流域において観測を実施した。本検討で流速観測及び水位計設置地点を図2に示す。

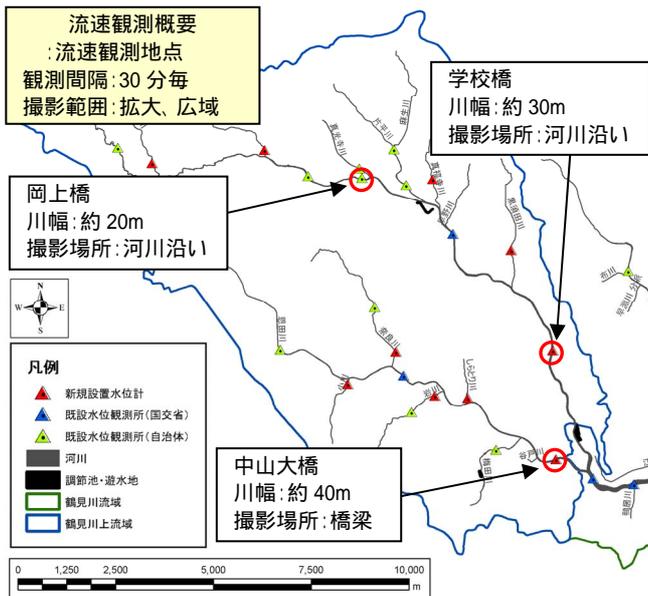


図2 対象流域及び観測地点

5. 観測対象降雨

平成23年9月に発生した台風15号において観測を実施した(観測実施日は9月21日)。本台風に伴う気象状況は、西日本から北日本にかけて、広い範囲で暴風や記録的な大雨となった降雨であり、鶴見川流域上流域においても日雨量(20~21日)約150mm、時間最大降雨強度約20mmを記録した。

6. 観測結果と考察

流速観測地点3箇所における観測状況写真及び観測結果を図3に示す。浮子による観測流速は、更正係数を乗じていない流速である。岡上橋においては定性的

に高精度な結果を確認できた。学校橋、中山大橋は岡上橋と比べて浮子による流速との差が大きいが、これはカメラ設置の難易性や強風等が影響していると想定される。これら観測地点毎の結果より、カメラ撮影は、河川沿いから斜めに撮影した場合と橋から垂直に真下を撮影した場合は、斜め撮影のほうが画面の左右方向が洪水の流下方向となり、流速を算定しやすいと考えられる。また、広域で撮影した方が水面の波紋の移動量を正確に捉えることができることから、広域で観測することが望ましいと考えられる。

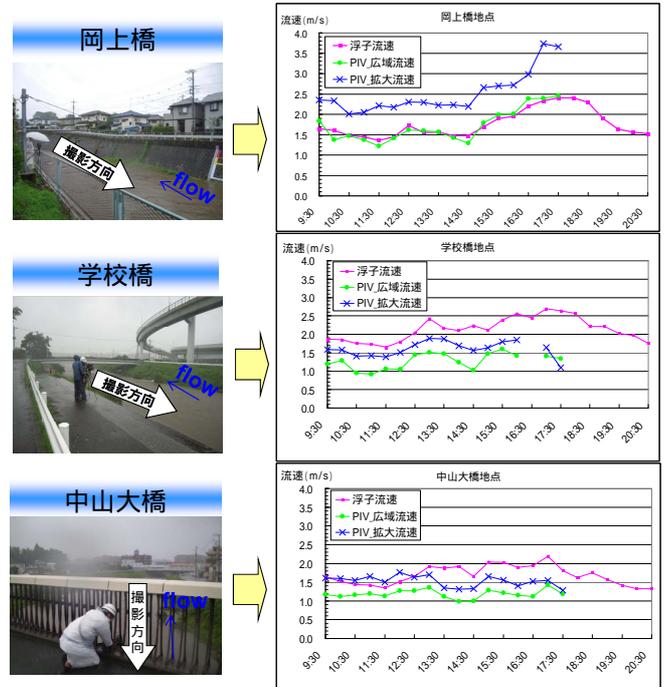


図3 流速観測結果

7. まとめと今後の課題

中小河川におけるPIV観測結果より、以下の成果及び今後必要となる検討課題が得られた。

- 1) 浮遊物やトレーサー等を使用せず、水面の波紋の移動量のみによるPIV観測手法は、ある程度の精度を確保できることを確認した。
- 2) 風による影響で水面が流下方向と一致しない場合があることから、風速が強くても安定的にPIVで計測できるような観測方法の確立が必要である。
- 3) 夜間は水面を撮影できない。このため水面を照らす光源を与える、或いは夜間の光量が少ない場所でも撮影可能な高感度カメラによる調査が必要である。

謝辞：本研究は、国土技術政策総合研究所の「中小河川の洪水予測精度向上のための観測手法検討業務」の一環として行った成果である。本研究成果の発表に御了承頂いた国土技術政策総合研究所の水害研究室の皆様、この場を借りて厚く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 藤田一郎,原基樹,森本貴夫,大西努: PIV技術の実河川表面計測への応用,第4回河道の水理と河川環境に関するシンポジウム論文集,vol.4,pp.41-46,1998
- 2) 戸田祐嗣,池田俊介,西亮樹: PIVの実河川流速計測への適用性に関する研究,河川技術論文集,vol.7,pp.479-484,2001