

ビデオ画像解析による流量計測

前橋工科大学建設工学科 学生会員 ○久米正浩
前橋工科大学建設工学科 正会員 土屋十園

1. はじめに

河川を対象とした流速計測法は、浮子測法や流速計測法などの接触型と、河岸や橋梁にビデオカメラや電波流速計等を設置して計測する非接触型が知られている。ビデオカメラによる流速計測法では、河岸などから撮影された斜めビデオ画像を用いて、パターンマッチングによる河川表面の濃淡分布の面的な移動ベクトルの追跡から、表面流速分布を求めている。この解析方法をPIV (Particle Imaging Velocimetry) といい、PIVを河川に適用した手法はLSPIV (Large-Scale PIV) と名付けられている¹⁾。

2. 研究目的

PIV の利点として、簡便性、機能性、安全性、経済性といったことが挙げられる。しかし、ビデオ画像による流況解析から得られた流量と、他の手法により得られた流量を比較した例は少ない。そこで本研究の目的は、撮影したビデオ画像から河川流況の把握が可能であることを確認し、PIV と既往の観測方法である流速計測法等によって算出される流量結果を比較検討し、PIV の有効性を確認することとする。

3. 研究対象河川

本研究で観測する河川は桜川と田代川であり、以下にそれぞれの河川の説明を記す。両地点とも、平成10年から本研究室が観測を続けている河川である。

- ・桜川：群馬県利根郡川場村にある全長約11kmの一級河川である。
観測地点…川場村谷地に本研究室が設置した水位観測所
- ・田代川：群馬県利根郡川場村にある全長約4kmの一級河川である。
観測地点…川場村中野に本研究室が設置した水位観測所

4. 研究方法

4.1 トレーサについて

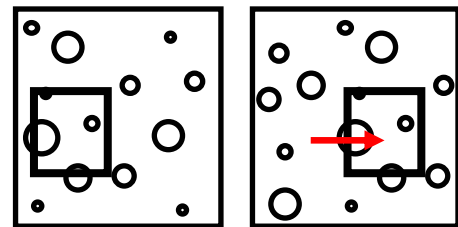
可視化画像を用いた画像計測では、流れに追従するト

レーサが必要である。トレーサのサイズは河岸や橋などから観察して視認できる程度のもが必要となる。

使用するトレーサは、ノボンフォームという棒状(径2cm、長さ5cm程度)の緩衝材で、水中に投入後5分程度で溶解し、その後水中の微生物によって生分解される環境にやさしいトレーサである。

4.2 ビデオ画像解析手法について

本研究ではPIV法により流量算出を行う。PIV法はテンプレートパターンマッチングに基づく画像計測法である。計測の概念図を図-1に示す。



第1画像 (t=0) 第2画像 (t=Δt)

図-1 PIVの概念図

第1画像上の黒枠で囲んだ領域が一つのテンプレートであり、このテンプレート内のパターンを第2画像上で探査し、最も類似しているテンプレートが移動先と判定する。この類似性は、一般的には相互相関係数を指標としている。相互相関係数Rは(1)式によって定義されている²⁾。

$$R = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \{ (a_{ij} - \bar{a}_{ij}) (b_{ij} - \bar{b}_{ij}) \}}{\sqrt{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (a_{ij} - \bar{a}_{ij})^2 \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (b_{ij} - \bar{b}_{ij})^2}} \quad \dots (1)$$

$$\bar{a}_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N a_{ij}}{MN}, \quad \bar{b}_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N b_{ij}}{MN}$$

a_{ij}, b_{ij} : 第1, 第2画像の各テンプレートの輝度分布

また、ビデオ画像においては物理サイズが全ての点で異なり、手前側の撮影範囲と奥行き側の撮影範囲とは数倍程度異なる。そのため、画像解析の前処理とし

キーワード PIV、流量、流速計測法、浮子測法

連絡先 〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町460-1 TEL027-265-0111

てビデオ画像の無歪画像への変換が必要となる。その手順として、現地においていくつかの標識点を設定し、それらの座標測量を行う³⁾。今回は桜川で7個、田代川で10個の標識を設定した。画像面の標識点の座標(x, y)と、現地の標識点の座標(X, Y)の間の関係を(2)式で示す⁴⁾。

$$X = \frac{b_1x + b_2y + b_3}{b_4x + b_5y + 1} \quad Y = \frac{b_6x + b_7y + b_8}{b_4x + b_5y + 1} \quad \dots (2)$$

この関係式(2)式を用いて、画像面座標値を物理座標値に変換することで、歪修正を行う。次に連続する無歪画像を用いてPIV解析を行い、得られた解析結果と断面データにより流量を算出する。

5. 解析結果

①流速計測法とPIVの比較

2006年6月21日に、流速計により桜川および田代川の流量を算出した。得られた結果を以下に示す。

桜川：0.255 m³/sec 田代川：0.129 m³/sec

次に、この流量結果からH-Q式を修正し、相関係数を求めた。相関係数は、桜川で0.983、田代川で0.928となり、良好な結果が得られたと言える。

また、撮影したビデオ画像から流況解析を行った。解析結果の流速ベクトル図を図-2、3に示す。解析結果は数値とベクトルによって表記される。次に、解析により得られた流速から流量を算出した。結果を以下に示す。ただし、ビデオ画像は表面流を撮影したものであり、流速の鉛直分布を直線的に把握することは不可能なので、更正係数0.9を乗じることにより平均流速を求めた。

桜川：0.275 m³/sec 田代川：0.103 m³/sec

②浮子測法とPIVの比較

2006年10月24日に、洪水観測として浮子測法を行った。浮子測法により算出した流量を以下に示す。浮子測法については、更正係数0.85を乗じて流量を算出した。

桜川：2.82 m³/sec 田代川：0.199 m³/sec

また、同様にH-Q式を修正して相関係数を求めた結果、それぞれ0.983、0.930となった。

次に、PIVにより流量を算出した。洪水観測については、ノボンフォーム、波紋、浮子の3種類をトレーサとして撮影し、解析を行いその差を検討した。以下の表に流量結果を示す(単位：m³/sec)。

表-1 流量結果 (PIV 解析)

	ノボンフォーム	波紋	浮子
桜川	2.292685297	2.120280169	2.099131691
田代川	0.163469596	0.214212168	0.189326215

③実験室におけるPIV解析結果

実験室において、樹林模型水路でPIV解析を行い、流

量を算出し、結果を比較した。流量結果を以下に示す。

実際の流量：0.044 m³/sec PIV解析：0.042 m³/sec

6. 考察及びまとめ

流速計測法、浮子測法、PIV解析の結果を比較すると、流速計測法とPIVでは算出した流量差が小さく、ほぼ同様な値となり、良好な結果が得られたと言える。浮子測法とPIVについては、流速計測法に比べると若干の差があるが、PIVは十分有効であると言える。

また、洪水時のように波紋が明確に表れている場合においては、波紋をトレーサとして解析をしても良好な結果が得られるため、非接触型の利点である安全性の確認できた。

実験室については、複雑な流れにおいても解析が可能であることが確認でき、また、流量結果についても良好な値が得られたので、PIVの有効性を確認することができた。

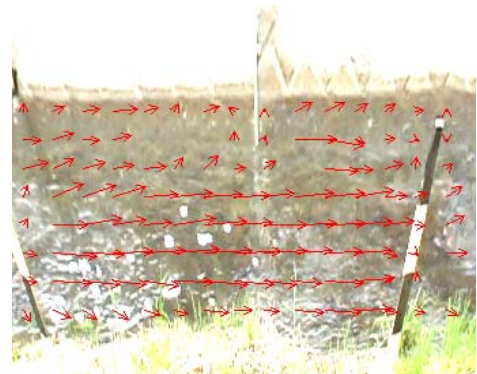


図-2 桜川 PIV 解析結果 (幾何変換画像)



図-3 田代川 PIV 解析結果 (幾何変換画像)

7. 参考文献

- 1) 河川技術論文集 第12巻 河川表面のハイビジョンビデオ映像を用いた吉野川洪水流の流量・流速計測 藤田一郎・椿涼太・岡部健士・富尾恒一・藤井啓
- 2) 実河川を対象とした画像計測技術 藤田一郎
- 3) 水工学論文集 第38巻 ビデオ画像解析による河川表面流計測の試み 藤田一郎・河村三郎
- 4) 写真による三次元測定 応用写真測量 日本写真測量学会編 共立出版