

洪水流ビデオ画像解析におけるトレーサの利用

岐阜大学工学部

正会員 藤田 一郎

日本建設コンサルタント（株）

小原 一哉

同上

藤田 和博

1. まえがき

これまで、河岸から撮影した洪水流のビデオ画像を画像解析することによって表面流の流速分布を求める手法を提案してきている^{1,2)}。この手法では、洪水時に河川表面に現れる波紋や流下してくる流木、気泡などの移流状況をパターンマッチング手法（相関法、PIV）によって求めている。このうち水面波紋は、コルク・ボイル渦等が水面に衝突して水面に微妙な凹凸が生じた際の痕跡と考えられる。濃淡画像の画像解析の立場から見ると、これらはすべて表面流に乗って流下する表面パターンとしてとらえられるため、内訳の区別なく PIV を適用することができる。しかしながら、実際の洪水時には、必ずしも流木が流れたり表面波紋が生じるわけではないため本手法の適用範囲には制約があった。また、平水時の表面流計測には向きであった。そこで、本研究では自然発的に生じるパターンに加えて、積極的にトレーサを投入することで精度の向上、適用範囲の拡大を図った。また、画像変換方法の改良や計測精度についても検討を行った。

2. 画像変換方法の改良

従来の方法では、斜め撮影された歪み画像から無歪画像を再構築する際に、二次元の線形補間法を用いていたが、本研究では以下に示す高次精度の補間法を採用した。

$$f(x_0, y_0) = \sum_K \sum_L f(x_K, y_L) C(x_K - x_0) C(y_L - y_0) \quad (1)$$

ここに、

$$C(s) = 1 - 2|s|^2 + |s|^3 \text{ for } 0 \leq |s| < 1, \quad 4 - 8|s| + 5|s|^2 - |s|^3 \text{ for } 1 \leq |s| < 2, \quad 0 \text{ for } 2 \leq |s|$$

$f(x_0, y_0)$ ：補間後の画素中心濃度、 $f(x_K, y_L)$ ：画素中間濃度、 s : (x_0, y_0) から (x_K, y_L) までの各軸方向の距離。この変換法の採用によって、従来、変換の際に生じていたノイズを除去することが可能となった。

3. 計測精度に関する検討

実河川の洪水流画像を対象として、解析に用いる各種パラメータの影響について検討した。変換画像中で比較的波紋が明瞭な地点を選び、流速ベクトル成分と相関係数を求めた。結果をまとめたのが図-1である。右端に示したケース名は、S、T、D の後の数値がそれぞれ 1 画素の物理サイズ:dx(m)、テンプレートサイズ(m)、画像時間間隔:dt(sec)を表す。

G3 は高次精度補間、G2 は線形補間をさし、これらの表示がないケースではすべて G3 の変換を用いている。また、P-A, P-B は別の地点に対する結果である。各ケースで大きな違いは見られないが、

キーワード：洪水流、計測、画像解析、PIV

連絡先（〒501-11 岐阜市柳戸1-1、電話：058-293-2433、fax：058-230-1891）

その中で線形補間による結果（6列目）は相関係数も低く、流速値も過大な値を示している。注目すべきは1~4列目の結果である。この場合、画像間隔が1 secなので、1画素サイズが0.1mでは速度分解能が0.1m/sと高く、1.0mでは1.0m/sと粗くなるが、結果には大差がみられない。これは、高次補間を用いたことに加えて、sub-pixel search（本研究ではparabolic searchを用いた）が良好に働いているためである。これは速度分解能を高めようとして、1画素サイズを小さくとる必要がないことを意味しており重要な結果である。すなわち、変換後の画像サイズがあまり大きくななくても良好な計測が可能なことを示唆しており、特に数多くの画像を処理する場合には計算時間や画像容量の節約にもつながる点でも重要である。テンプレートサイズによる影響（7~10行目）は5mより小さいと若干現れてくるが、波紋パターンのスケール相当の5~8m程度のサイズであれば問題はないようである。

4. トレーサの利用について

PIVでトレーサを利用するには実験室レベルでは当然のことであるが、実河川レベルでのトレーサの使用は環境面への配慮もあってこれまで困難なものであった。そこで、本研究では糊包用の緩衝剤として用いられ、生分解するために環境にもやさしい特殊なトレーサ（株）日祥製の利用を試みた。このトレーサは、直径が2cm、長さが5~10cm程度のパイプ状のものであり、水中では5分程度で溶けながらバラバラになる。本研究では洪水期に試験的に、橋の上から3m³程度の量を2~3ヶ所の地点から散布し、その状況を橋の右岸側から家庭用のビデオカメラで撮影した。

ビデオ画像を1秒間隔でサンプリングし、約1分間の画像を合成した結果を図-2、解析領域を無歪化した画像を図-3、PIVによる平均流速ベクトルの解析結果を図-4に示す。ただし、合成には3秒間隔の画像を用いている。流れは上向きである。PIVでは、テンプレート内にトレーサが含まれている地点を濃度のしきい値で自動判別し、その地点だけが解析対象となるように改良を加えた。画像を合成することによって湾曲部における流向が明確になっている。また、解析結果も画像情報に良好に対応していることがわかる。

5. あとがき

洪水期に水面波紋が現れない場合や平水時においても、環境にやさしいトレーサの利用によりビデオ画像解析が可能であることを示すことができた。

参考文献 1)ビデオ画像解析による河川表面流計測の試み：藤田・河村,水工学論文集,第38巻, pp.733-738(1994).

2)画像解析を用いた河川の洪水時の流れの観測：綾・藤田・柳生, 水工学論文集, 第39巻, pp.447-452(1995).



図-2 トレーサ投入画像（20枚を合成したもの）

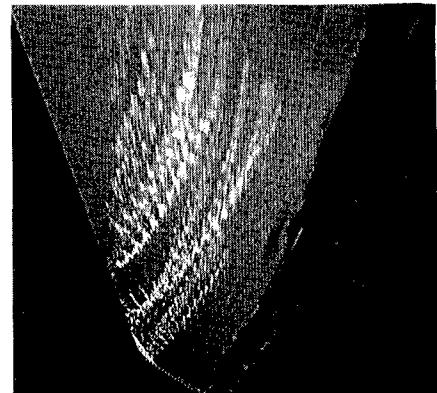


図-3 無歪画像（403x378画素）

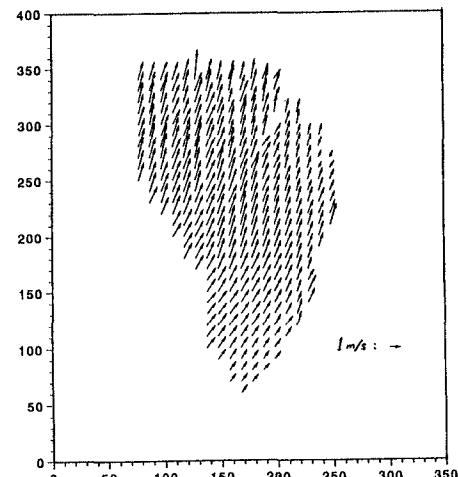


図-4 解析結果