

洪水流ビデオ画像解析の高精度化と誤差について

岐阜大学工学部 正員 藤田一郎
 大阪工業大学工学部 正員 綾 史郎
 岐阜大学大学院 学生員 ○出口 恭

1. はじめに

これまで、従来の浮子による洪水流の流量計測や航空写真を利用した観測に比べ取り扱いが容易でかつ経済的な家庭用ビデオカメラによるビデオ画像とパーソナルコンピュータを利用した洪水流の画像解析の開発^{1)~2)}を進めてきた。しかしながら、現在までに進められてきた方法は、得られた表面平均流速から流量を算出する際の手順が極めて複雑である、画像変換に伴ってノイズが生じる等のいくつかの欠点があった。そこで本研究では画像変換方法を改良し、流量の算出方法の改善を行うことにより画像解析の精度向上を行った。

2. 画像計測の手順

処理手順のフローチャートを図1に示す。ビデオ画像は画像処理装置を用いて256階調の濃淡レベルに量子化し、CRT座標上の各画素(512×512画素)すべてを物理座標値に変換する。座標変換には二次射影変換を用いるが、その係数は画像に写し込まれた標識点(4点以上)の各座標系における値を用いて決定する。変換後の濃度分布は不等間隔なので等間隔メッシュ上の値への補間処理を行った後、相関法により流速ベクトルを算出する。部分的なトレーサの欠如等のために計算される異常ベクトルに対しては、検出・補正アルゴリズムを適用する。

3. 画像変換の原理

ビデオ画像解析では撮影位置が河岸近辺か橋上に限られるため、航空写真と比較するとカメラから河岸表面までの距離が相対的に短くなり、得られる画像がかなりの歪みを伴ったものになる。そこで、画像解析を行う前に、ビデオ画像の無歪画像への変換が必要となる。画像変換を行うためには、ビデオ画像の中に写っているいくつかの目印(標識点)CRT座標値をカメラの位置を中心とする座標系(物理座標系)での値に対応させる必要がある。本研究では、河川表面を平面とみなした物理座標(X, Y)とそれに対応するCRT画面上の座標(x, y)の間に以下に示す二次射影変換を適用し、画像変換を行っている。

$$X = \frac{ax + by + c}{gx + hy + 1}, \quad Y = \frac{dx + ey + f}{gx + hy + 1} \quad (1)$$

図1. フローチャート

ここにa~fは変換係数で、少なくとも4つの標識点の位置が両座標系で既知ならば最小自乗法にて確定できる。但し、本研究では画像変換における効率を高めるために、(2)式に示す逆変換式を用いた。すなわち、物理平面上の任意のメッシュに対応するCRT座標値を直接求めることで処理を高速化し、また、解析範囲を任意に設定できるように工夫することにより無駄を省いた。濃度の補間処理には3次補間法³⁾(式(3))を用いた。

$$x = \frac{(hf - e)X + (b - ch)Y + eh - bf}{(ge - hd)X + (ah - bg)Y + bd - ae}, \quad y = \frac{(d - gf)X + (cg - a)Y + af - cd}{(ge - hd)X + (ah - bg)Y + bd - ae} \quad (2)$$

$$f(u_0, v_0) = \sum_k \sum_l f(u_k, v_l) C(u_k - u_0) C(v_l - v_0)$$

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

ここで $f(u_0, v_0)$: 変換後の画像における濃度、 $f(u_k, v_l)$: $f(u_0, v_0)$ の周囲のCRT上の濃度、 s : $f(u_0, v_0)$ から $f(u_k, v_l)$ までのx軸y軸でのそれぞれの距離を表す。今まで使用してきた線形補間法では画像変換の際、精度が十分ではなかった(図2)が、この手法では $C(s)$ は標準化関数 $(\sin s)/s$ の3次近似式であり、これによって精度の高い補間が行える(図3)。

4. 流量の推算

表面流速 $U_s(y)$ と水深平均流速 $U_m(y)$ の関係は、水深方向の流速分布として $1/7$ 乗則が用いられるものとする、次式のようになる。

$$U_m(y) = \frac{7}{8} U_s(y) \quad (4)$$

ここに、 y : 横断方向の座標である。画像撮影時の水位及び横断測量図より得られる河床図より水深の横断分布 $h(y)$ が解れば流量 Q は次式より推定できる。

$$Q = \sum U_m(y) h(y) \Delta y \quad (5)$$

5 実河川への適用

実河川への適用例として淀川における解析結果を以下に示す。

図4には画像と参照フレーム (template size) のサイズをそれぞれ変化した場合における流量計算の結果、図5に測量横断線に平行な線上の平均流速ベクトル分布図を示す (template size=29、画像 351*800 の時)。但し、図4で $H-Q$ 曲線より推定される流量は約 $3500 \text{ m}^3/\text{sec}$ であった。

6. おわりに

今回の精度テストにより画像変換時におけるノイズは、ほとんど解消されたと言える。また、それにより、画像サイズ、template size が変化しても安定した結果が得られた。今後は画像変換可能なカメラアングルについて検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 藤田一郎、河村三郎：ビデオ画像解析による河川表面流量計測の試み、水工学論文集、No.38, pp.733-738, 1994.
- 2) 藤田一郎、綾史郎、石川貴大：ビデオリモートセンシングによる河川表面の計測精度、第2回河道の水理と河川環境シンポジウム論文集、No2, pp.155-120, 1995.
- 3) 村上伸一：画像処理工学、東京電気大学出版局、pp.67-68, 1996.

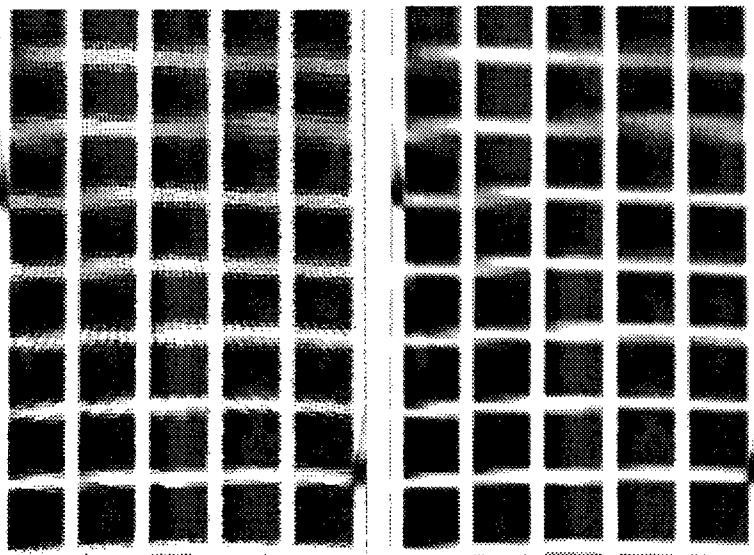


図2. 線形補間法を用いた変換画像

図3. 3次補間法を用いた変換画像

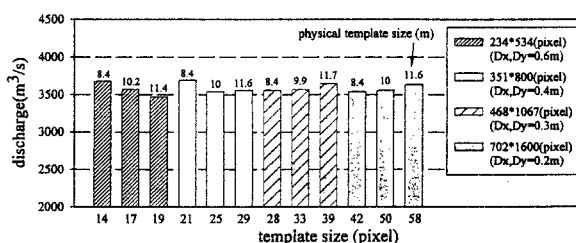


図4. 流量-参照フレームのグラフ

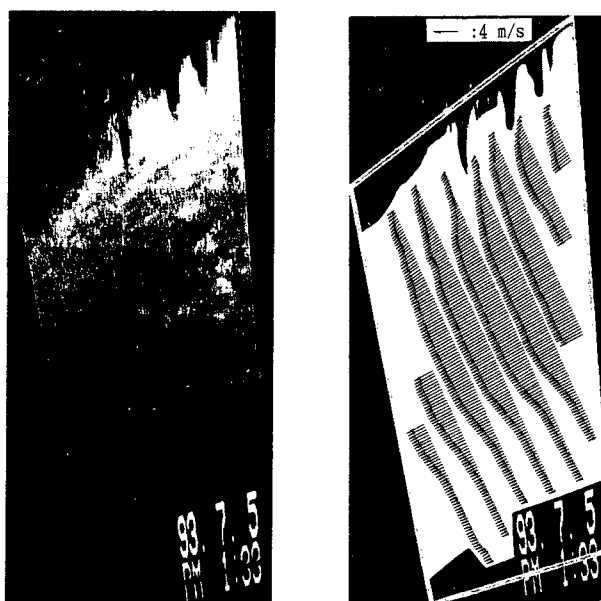


図5. 流量分布図