

相関法による流れ場の計測

○ 岐阜大学工業短期大学部 正員 藤田一郎
岐阜大学工学部 正員 河村三郎

1. まえがき

流れの計測法にはプロベラ流速計、熱線流速計、LDV などによる点計測法と流れの可視化画像を利用する面的計測法があるが、面的計測法は同時刻における流れ場全体の流れの特性を明らかにすることができる点で魅力がある。面的計測法のうち、本研究で用いる相関法は個々のトレーサ粒子ではなく、トレーサ粒子群の移動を対象とするため、トレーサ粒子が相互に接触していても問題にはならない。また、計測精度も画像処理装置の機能の向上（例えば画素数の増大など）に伴って確実に高めることが可能である。この点において相関法は優れた画像処理方法であるといえる。本研究では、実河川の洪水時の水面流況を撮影した航空写真に対して相関法を適用し、その適用の可能性に関して検討している。

2. 相関法の概要

図-1に相関法の概念図を示す。 $t=t_0$ （初期画像）における任意の点Pを中心とし、 $m \times m$ 画素から成る参照フレームを想定する。この参照フレーム内の粒子群は $t=t_0 + dt$ では多少の回転や歪を受けながらも、平均的には点Qに移動すると考えられる。初期画像における参照フレーム内の輝度分布を $a(i, j)_r$ 、2枚目の画像上の参照フレーム内の輝度分布を $b(i, j)_r$ とすると、次式で示される2画像間の相互相関係数 R_{ab} が最大となる位置が点Qの座標を与えるものと考えられる。

$$R_{ab} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \{(a_{i,j})_r - \overline{(a_{i,j})_r}\} \{(b_{i,j})_r - \overline{(b_{i,j})_r}\}}{\left[\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \{(a_{i,j})_r - \overline{(a_{i,j})_r}\}^2 \cdot \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \{(b_{i,j})_r - \overline{(b_{i,j})_r}\}^2 \right]^{1/2}} \quad \dots (1)$$

ここに、 $\overline{(a_{i,j})_r}$ 、および $\overline{(b_{i,j})_r}$ は各参照フレーム内の平均輝度を示す。点Pの位置は任意に設定できる

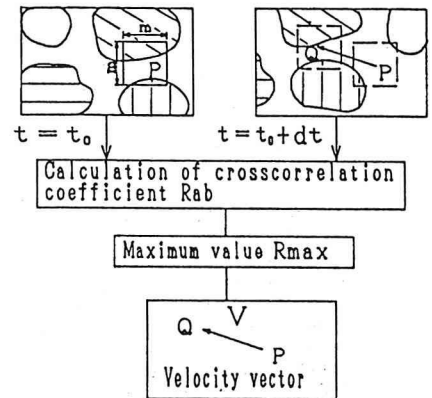
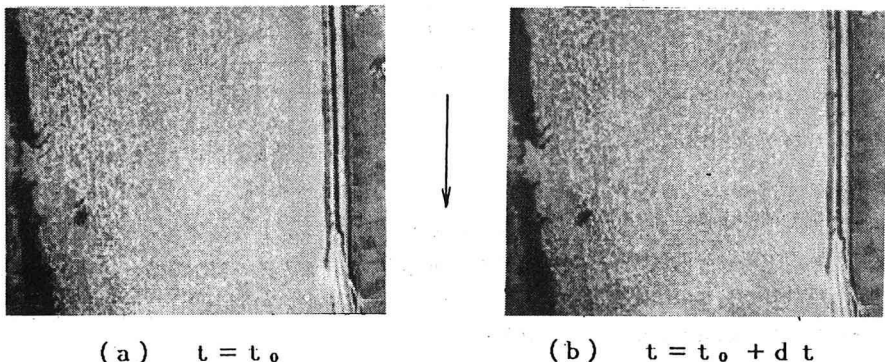


図-1 相関法の概念図



(a) $t = t_0$ (b) $t = t_0 + dt$

図-2 対象画像（木曽川 1964.9.24の出水； $dt=3.66\text{sec}$ ）

ので格子点上の流速ベクトルも容易に得ることができる。最大誤差は1画素の一边の長さを Δx 、2画像間の時間間隔を Δt とすると

$$\Delta u = \Delta x / \Delta t \quad \dots (2)$$

で与えられる。式(2)は参照フレームが画素中心から画素中心へ移動すると考えた場合の式である。輝度が画素中心に集中していると考え、画素間の濃淡分布を2次的に補間すれば、 Δx の値を見かけ上小さくすることができ、精度の向上も可能となると考えられる。本研究では、実際の Δx を4分割して精度の向上を図った。

3. 画像処理方法

使用した画像処理装置は、256x256画素の分解能を有し、8ビットの濃淡画像が得られる。データ処理はパーソナルコンピュータ(PC9801VM2)を用いて得られた画像データをミニコンピュータ(MX3000)に転送して行った。画像データには二値化等の操作は施さず、8ビットの濃淡画像をそのまま用いた。

4. 洪水時表面流速の推定

洪水時の表面流況の航空写真として、木曽川(1964.9.24の出水)¹⁾を例にとり、相関法の適用を試みた。画像処理装置に読み込んだ状態の対象画像を図-2に示す。トレーサは水面に浮遊している泡やごみである。図-2ではわずかに下流に向かってトレーサが移動していることが確認できる。2画像間の時間差は $\Delta t = 3.66 \text{ sec}$ であり、1画素の1辺の長さはおよそ3.29mである。前述のように、本研究では4分割の補間を行っているので流速値の精度は約 $\pm 0.22 \text{ m/sec}$ 程度である。参照フレームの大きさは固定し、9x9画素とした。

5. 計算結果

図-3に図-2の画像を処理して得られた結果を示す。図-2の撮影時の流量、平均流速などのデータが不明なため、計算値を定量的に検証することはできないが、得られた流速の値は3m/s程度であり、洪水時の流速値としてほぼ妥当な結果が得られたものと考えられる。実際には図-2では2枚の画像を完全には重ね合わせることができなかったため、本来静止しているべき地表面においても、0とは異なる流速値が得られている。従って、図-3の流速ベクトルはまだ完全なものではないが、地表面が静止という条件を逆に利用すれば、流速値を補正することは可能である。図-4に示した最大相互相関係数の分布からは、河道内で非常に高い相関値が得られていることがわかる。参照フレームが地表面と水面の境界上にある場合や、水面でもトレーサが存在していない領域では相関値は低くなっている。このことは、適切なしきい値を設定すれば高い精度で流速分布が得られることを示している。

6. あとがき

可視化画像の処理手法である相関法を洪水時の航空写真に適用し、ほぼ満足できる流速分布が得られることを示した。今後は、従来の手法(カメロン効果を利用した手法など)による結果と比較することにより、本手法の有用性をさらに詳細に検討する必要があると考える。

参考文献

- 1) 洪水流の航空写真, 木下良作, 土木学会論文集, No.345/II-1, pp.1-19, 1984.

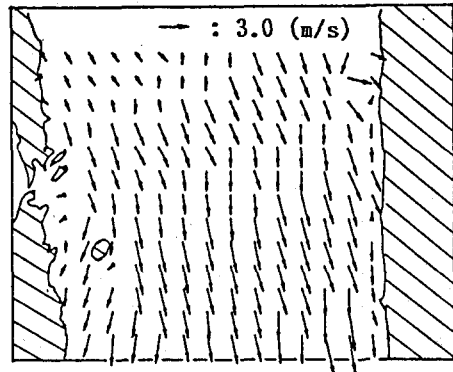


図-3 計算結果

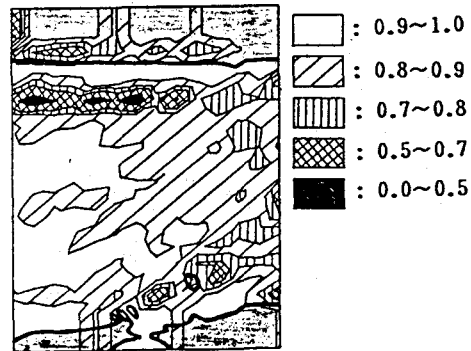


図-4 最大相互相関係数の分布