

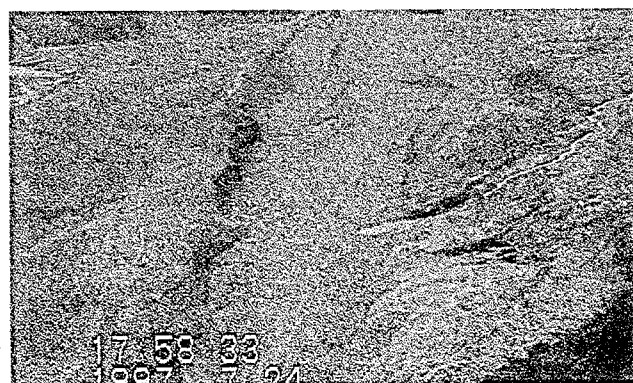
土石流流速観測への画像解析手法の適応

名城大学工学部 新井宗之
 京都大学防災研究所 澤田豊明
 京都大学防災研究所 高橋 保

1. はじめに：土石流の流速観測には、従来ワイヤーセンサー方法が多く用いられてきた。これは土石流の発生・流動が突発的であり、日本において多くが豪雨時の発生で、観測環境もかなり劣悪な条件下におかれるため、データ収集の確実性が求められていることに基づいている。ワイヤーセンサー方式は構造がシンプルなこともありデータ収集の信頼性は高い。またワイヤーセンサーは映像等の記録トリガーとしても用いられている。しかしながら、ワイヤーセンサーは一度使用すると再設定に時間を要し、連続的な場合や間欠的な場合には測定が困難である。そのため音響センサーなどいくつかの方法が共用されている。ここでは得られた映像画像から、画像解析手法による流速測定についてその適用性、有用性について検討した。

2. 画像解析手法：2画像間における任意領域の変位を得る画像解析手法としては、特定なマーカ―や個別粒子を追跡する粒子追跡法や画像内のある領域の濃淡を用いて変位を得る濃度画像解析法などがある。後者において相関法は代表的な方法である。相関法には任意点の時系列データから相関の遅れ時間と位相方向から移動ベクトルを得る時空間相関法と、遅れ時間を固定した空間画像から任意領域の最適移動量を得る方法とがある。ここでは後者の方法を用いている¹⁾。これは **Schwarz** の不等式の関係に基づいているもので、時刻 t の画像における $m \times m$ 領域の画像を標準図形とし、 $t + \Delta t$ の時刻の画像の内 $m \times m$ 任意図形で最も相関の高い領域を探索し、その最大相関係数値の領域をその移動量とするものである。二領域の相関係数 r_{ab} は離散化した次式をもちいている。

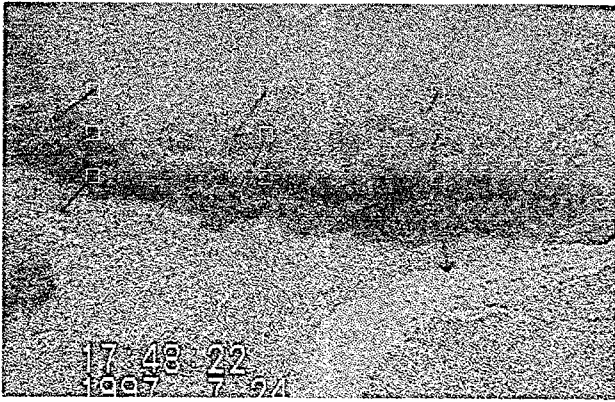
$$r_{ab} = \frac{\sum_j \sum_i \left(\frac{a_{ij}}{\bar{a}_{ij}} - 1 \right) \left(\frac{b_{ij}}{\bar{b}_{ij}} - 1 \right)}{\sqrt{\sum_j \sum_i \left(\frac{a_{ij}}{\bar{a}_{ij}} - 1 \right)^2} \sqrt{\sum_j \sum_i \left(\frac{b_{ij}}{\bar{b}_{ij}} - 1 \right)^2}} \quad \dots(1)$$



写真一 蒋家溝河道

ここに、 a_{ij} は標準図形の $m \times m$ 画像領域での画素濃度値を示し、 b_{ij} は Δt 後の画像における $m \times m$ の濃度値である。 \bar{a}_{ij} 、 \bar{b}_{ij} はそれぞれの領域内の平均値である。この解析では Δt 後の移動ベクトルを得るために最大相関係数の i 、 j 方向に隣り合う相関係数を用いて二次放物線による補正を行い最適移動量をもとめている。

3. 流速観測への適用：画像解析システムとして、デジタルビデオカメラ (DV) により映像を取り込み録画する。このビデオ映像をインターフェイスボード (フォトロン社製) により Personal Computer に画像として取り込んでいる。取り込み画像数はコンピュータのメモリと CPU の速度によって制約されるが、 640×380 画素の 24 ビットカラー、 $\Delta t = 1/30 \text{ sec}$ で 163Mb のメモリーにより約 150 フレー

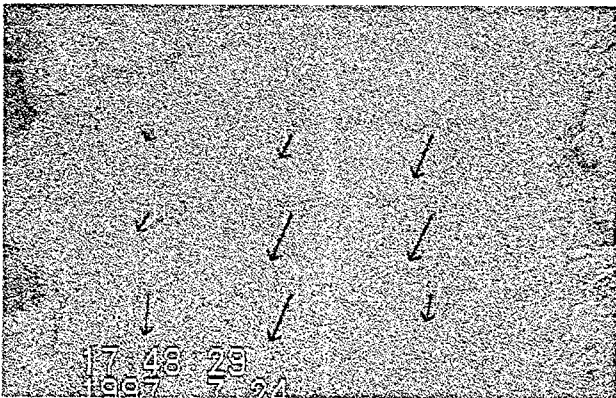


(a) t

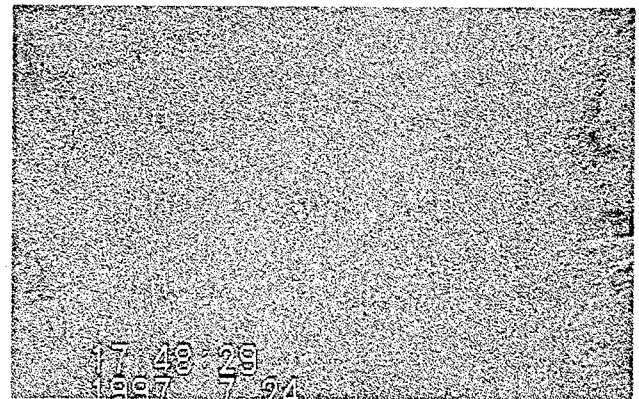


(b) t + Δt

図一 土石流先端部



(a) t



(b) t + Δt

図二 土石流後続流

ムの連続入力が可能である。

岐阜県上宝村の足洗谷における溪流での表面流速測定を行った²⁾。VHS(高速度ビデオ)とDVで録画したが、画像の安定性においてDVの方が非常に優れている。相関法による画像解析では参照フレーム(テンプレート)の大きさにより解析結果の値が変わるが13*13以上で安定した解析結果を示した。以下の解析では15*15を用いている。そこで、中国・雲南省の長江の支川蔣家溝における土石流観測に適用する。写真一は蔣家溝を下流側から上流を望んだものである。河道幅は約50mで右岸側、左岸側にそれぞれ3点ずつ観測用基点を設けている。これらから画像中の距離を定めている。図一、図二は土石流流下中の画像であり、図一は先端部に適応した例で、図二は図一から約7秒後の後続流の表面流に適応した例である。図中の白い矩形の領域がテンプレートの大きさであり図(a)、(b)の時間間隔は $\Delta t=1/30$ secである。図一、図二のそれぞれの(a)、(b)画像より得られた解析結果が(a)図にベクトルで示されている。特に図二の後続流の場合、(a)、(b)2画像の視認的な差異は分かりにくい。相関法の画像解析により図中のような結果を得ることが可能である。これらは先端部の平均的な流速観測結果とほぼ対応しておりこの手法の適応が可能であり、有用な方法であると考えられる。

謝辞：本研究を遂行するに当たり、京都大学防災研究所一般共同研究費(9G6)を得た。ここに記して謝意を表します。

参考文献 1)藤田一郎；開水路合流部の流れの構造に関する研究、学位論文、pp.87-100、1990。 2)新井宗之、澤田豊明、高橋保；画像解析手法の土石流観測への適用について、土木学会中部支部研究発表会概要集、1998.3。