

P77 PIV 画像解析を用いた崩壊の動画画像解析

国土交通省国土技術政策総合研究所 ○柳原 幸希 寺田 秀樹
アジア航測株式会社 華房 康憲 小野田 敏 高山 陶子

1. はじめに

崩壊土砂の運動形態や運動機構を把握することは、斜面の崩壊から保全対象を守るための対策を検討する上で重要である。しかし、崩壊継続時間が非常に短時間で終了してしまうことや、実大規模での模型実験は難しいこと等から、実際の崩土の流下状態や速度の変化等については未解明な部分が多い。

そこで著者らは、実際の崩壊現象がビデオ撮影された事例を利用して、最近のデジタル画像処理技術である PIV (Particle Image Velocimetry: 粒子画像流速測定法) を用いた動画画像解析手法の適用可能性を検討し、崩土の動きに対応した速度分布を得ることができた¹⁾。本研究では、精度のよい解析および面的な運動形態を明らかにするためには、3次元形状を考慮した実速度への変換を検討するため PIV 解析手法の改良と、解析結果からの崩壊過程の推定について検討を行った。

2. 研究方法

2.1. PIV を用いた動画画像解析方法の概要

ビデオ画像からの PIV 解析は大きく分けて、前処理、PIV 解析、後処理に分けられる。前処理は、VHS 等オリジナルのビデオ画像のデジタル化、画像ファイルの作成、グレースケール化、フレームのリサンプリング及び各種補正等が含まれる。PIV 解析では、1コマ毎に作成されたビットマップ画像を基に、各種パラメータを設定して、一連の画像に対してそれぞれ速度ベクトル分布を作成する。PIV により求められた速度ベクトル分布から、後処理により時系列変化の解析、みかけの速度から実速度への変換等を行う。

2.2 PIV を用いた動画画像解析方法の改良

これまでの解析において課題となっていた、PIV 解析の前後でのエラー補正処理、PIV 解析時の各パラメーターの最適値、斜面形状を考慮した実速度への変換手法など、以下に述べるような点について改良を試みた。今回の検討では、平成2年5月31日に宮崎県西郷村国道327号小八重地区で発生した崩壊をモデル地区として実施した。

2.2.1. 前処理、後処理での比較検討

これまでの解析では、平面図を基に斜面形状を最大斜度方向の鉛直2次元で近似し、計測した速度 (pixel/s) を実速度 (m/s) に変換していたが、その際、斜め方向からの撮影であることから奥行き方向にスケールが変化することは無視していた。今回の研究では、3次元形状を考慮した実速度への変換を検討した。ただし、斜面に対するカメラの撮影方向等が詳細には分かっていないため、前処理の過程において、画面上の位置と斜面上の位置との対応を付けて射影変換することにより画像補正を行った。画像は手ぶれ補正ソフトウェアにより手ぶれ補正した後、正射影変換後に正方形になる斜面上の4点(a)を指定することで、一連の連続画像を斜面に正対した角度からの画像に変換したこの変換により画像上の全域について1ピクセルのサイズと実距離との関連が求められる。

2.2.2. 計測パラメーターの比較検討

画像解析結果に影響を与える計測パラメータには、テンプレートサイズ、探索範囲、フレームレートなどがあるが、ここではテンプレートサイズ、フレームレートについて検討を行った。

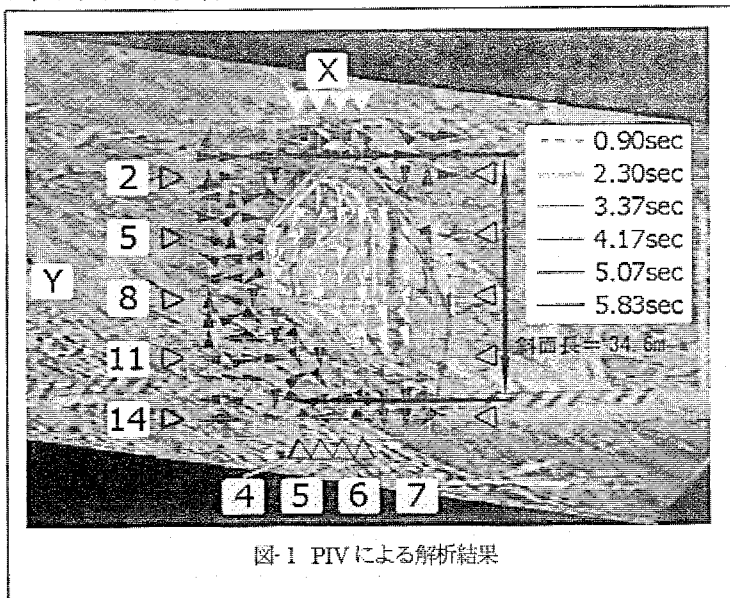


図-1 PIVによる解析結果

フレームレートとは、あるシーンと次のシーンとの時間間隔はビデオ画像から作成した場合は通常は毎秒30フレーム(時間間隔は0.03s)であるが、解析するフレームの時間間隔が問題となる。フレームレートが小さすぎる(時間間隔が大きい)場合、パターンの移動速度が大きいと探索範囲から出てしまい計測不能となることも考えられる他、パターン自身の変形等で追跡ができなくなることもあり得る。一方、フレームレートが大きすぎる(時間間隔が小さい)場合はパターンの移動量が小さく検出限界以下となるここでは、フレームレート1/30秒間隔に加え、1/15秒間隔に間引いたものについて比較検討した。その結果、1/30秒間隔の計測では捕捉しきれなかった1ピクセル以下の微小な土砂の動きを増幅(積分)して計測することになるため(1/30秒間隔の移動量が1ピクセルの時、1/15秒間隔の移動量は、2ピクセルとなる。)1/30秒間隔ではできなかった

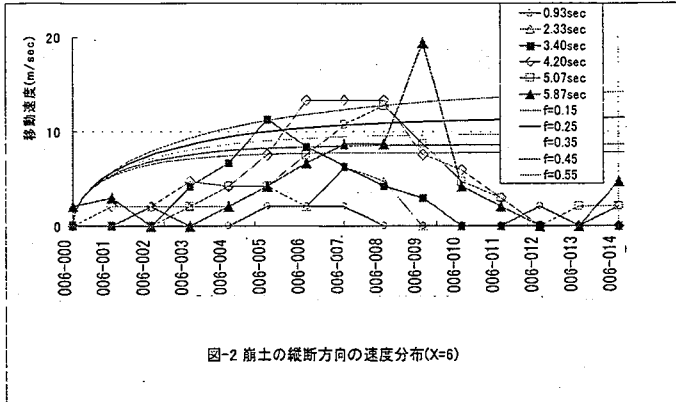


図-2 崩土の縦断方向の速度分布(X=6)

微少な移動量を検出できるようになった。

なお、他の計測パラメータ設定の際には、プレートサイズは、画像上を移動するパターン（土砂のサイズ）の大きさと整合するように、探索範囲は真の移動先が含まれるよう設定することに留意した。

3. 解析結果

上記の検討を受け PIV 解析を行って、速度分布とその時間変化を算出した（図-1）。解析に用いたプレートサイズは 20 × 20pixel、走査範囲は、60pixel である。得られた値は、平面図から射影変換後画像の pixel サイズ（斜面水平方向 0.096m、斜面流下方向 0.083m）を求め、実距離、実速度に変換した。

面的な解析結果を図-1 に示す。速度分布は矢印で表示している。

図-2 は崩土の中央付近の断面（X=6）の速度分布の時間変化を示している。崩壊の進行につれて速度の大きい部分が斜面上方から下方へ移動しているのわかる。時間変化を見ると2から4秒程度まで加速傾向にある。縦断的に見ると測点 y=0 から y=7 程度にかけて流速は、加速傾の分布をしている。以降 y=7 から9にかけておおむね等速で、部分的に 20m/s に近い部分があるが、平均的には10数m/s程度である。ここでy=0 から7までの斜距離は約17mである。なお、y=11 付近から流速がなくなるのは、斜面に堆積した土砂の影響で、崩土の流下範囲が斜面に向かって右方向に移動しているためである。

図2には芦田・江頭・神谷式を用いて水分を含まない崩土として算出した速度分布が示してある。画像解析の傾向と比較すると加速区間では計算値の方が早い立ち上がりを示すが、定常速度に近い部分では同様の速度の傾向となっているように見える。加速区間では計算値の方が立ち上がり早いのは、質点の計算のためy=0から質点が移動を始めることに対して、実際の崩壊は幅をもって動き始めることが理由としてあげられる。

図-3.1~3.4 は崩土の水平方向の速度分布を斜面上方（y=2）から下方（y=11）にかけて示している。3.4秒にはy=5付近に流速のピークがあったのが、4.2秒にはy=5~8に、5.0秒ではy=8に、5.8秒ではy=8~11に移動していつていることが立体的なイメージでわかる。流下幅は約15m程度であること、横断方向の速度分布はy=5から8にかけての主流部分の最大速度の分布で見ると、側端部で若干低い部分もあるが、ほぼ同様の速度分布を示していることがわかる。

4. まとめと今後の課題

崩壊の追跡結果からは、画像の斜影変換をすることによって流下する崩土の流下方向の速度分布が得られた。新たに得られた崩土の水平方向の速度分布は最大流速の範囲ではほぼ同様の速度分布であることがわかった。今後、様々な崩壊形態に対してPIVの解析を行っていく予定である。

【参考文献】柳原他(2001):画像解析による崩土の動態解析,平成13年度 砂防学会研究発表会概要集,pp.380-381

1) 柳原他(2001):画像解析による崩土の動態解析,平成13年度 砂防学会研究発表会概要集,pp.380-381

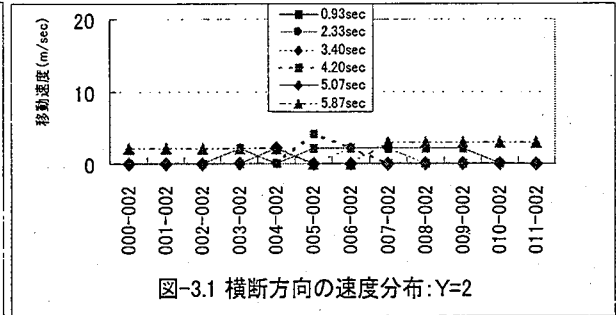


図-3.1 横断方向の速度分布:Y=2

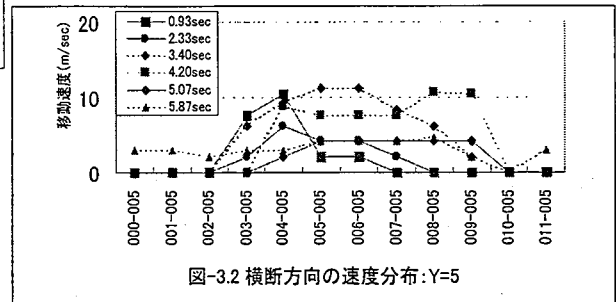


図-3.2 横断方向の速度分布:Y=5

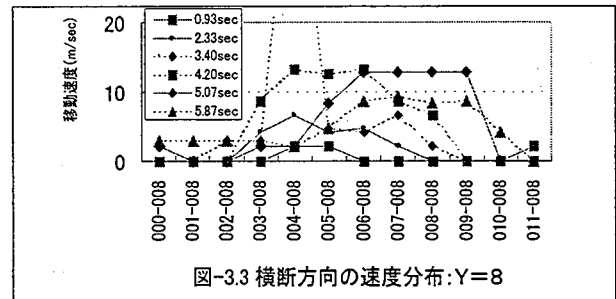


図-3.3 横断方向の速度分布:Y=8

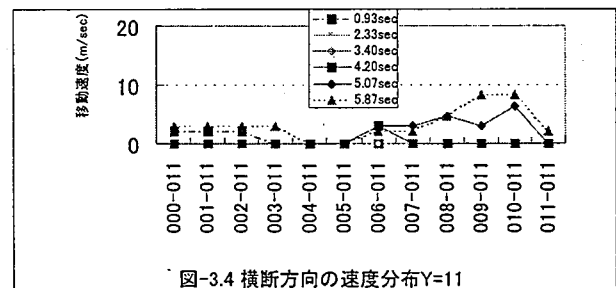


図-3.4 横断方向の速度分布Y=11