

豊橋技術科学大学 学生員 ○辻野和彦

豊橋技術科学大学 正会員 河邑 眞

豊橋技術科学大学 正会員 辻子裕二

1. はじめに 急峻な山地と風化土が顕著に存在するわが国においては、地震の度に斜面災害が発生し貴重な生命や財産に甚大な被害をもたらしている。1995年兵庫県南部地震を直接の誘因とする斜面崩壊、およびその後の余震や降雨による崩壊はその数倍を数える。被災後には応急復旧計画における山岳地輸送経路の確保等を目的とした現状の把握が求められ、広域の被災地域のどの地点で、どの程度の規模の斜面災害が生じているのかを短時間で把握する必要がある。このような背景から、筆者らは、上述から要求される広域性・即時性を満足する情報源として人工衛星リモートセンシングデータを取りあげ、斜面崩壊を検出する手法を提案してきた。この手法は、崩壊地点における崩壊形態（落下、滑動）、面積、平面形状を出力するものである。本稿では、地震および降雨により生じた斜面崩壊について、この方法を適用し、手法の有効性について検討する。

2. 解析対象領域と使用データ 解析対象領域は1995年兵庫県南部地震によって生じた斜面崩壊をほぼ全域含む矩形領域、国土地理院発行1:25,000地形図で有馬、宝塚、神戸首部、西宮を切り出した。手法の時刻環境の違いに対する汎用性を確認するため、同一対象地域で誘因の異なる2時期の調査結果を精度の検定データとして採用した。第1期の調査結果としては兵庫県南部地震直後の1995年1月に崩壊が確認されたもの、第2期のものとしては同年10月の時点で崩壊が確認されたものを用いた。以下、1995年1月、および10月をそれぞれ時刻t1、t2とし、比較のために用いる参照時刻（1993年3月）を時刻t0と呼ぶこととする。時刻t1とt2の間には、2度の集中的な降雨が観測されている。建設省六甲砂防工事事務所が設置するテレメータ雨量観測局では、5月12日から13日の間に連続雨量222mm、最大時間降雨量27mm、7月2日から6日の間に連続雨量261mm、最大時間降雨量18mmを記録している。これらの降雨によって生じたと思われる斜面崩壊は、各集中降雨後に20件以上ずつ確認されている。

表-1 使用データ

データ名	内容
衛星データ（震災前、時刻t0）	Landsat TM, path=110, row=36, 1993年3月23日
衛星データ（震災後、時刻t1）	Landsat TM, path=110, row=36, 1995年1月24日
衛星データ（降雨後、時刻t2）	Landsat TM, path=110, row=36, 1995年8月4日
斜面崩壊データ	航空写真および現地調査によるデータをプロットしたもの
検証データ	アジア航測撮影, 1:8,000垂直写真（密着）および地形図

3. 斜面崩壊検出手法の概要 筆者らの提案する斜面崩壊検出手法は、崩壊によって地表被覆に土砂が飛散し、その飛散過程が衛星データのスペクトルに直接影響を与えるものとしてモデル化を行い、崩壊の運動形態（落下、滑動）を分類したのち、その崩壊形態に従った計算方法により崩壊面積および崩壊の平面形状を推定するものである。ここでは、紙面の都合上、崩壊形態の分類に取り入れる考え方のみを以下に解説する。

- ① 滑動・水平展開および流動（以下、滑動で略記）によって斜面崩壊が生じる場合には、崩壊によって移動・被覆する土砂の量は崩壊重心からの距離に従って減少し、これに伴い衛星データの値も変化する。
- ② 落下・転倒（以下、落下で略記）によって斜面崩壊が生じる場合には、標高差のある崖からの落下により植生の被覆上に崩落した土壌が散在するため多少の輝度値の変化があるものの、崩壊の幅が狭いため衛星データから崩壊を検出することは困難となる。ただし、岩盤の倒壊のように被覆物の飛散が見られない場合には、崩壊重心における画素の輝度値および周辺画素の輝度値に極端な差が生じるため、この特徴を利用した崩壊の検出が可能となる。
- ③ 落下の崩壊形態における崩壊形状が線状を成すとき、崩壊方向は崩壊の短辺方向付近となる。滑動の崩壊形態における崩壊形状は円形に近い地形に沿った形状であるため、崩壊の進展方向と崩壊方向とが一致する。

Key Words : リモートセンシング, 斜面崩壊, 地すべり, 震災, 降雨

〒441 愛知県豊橋市天伯町字雲雀ヶ丘 1-1 TEL:0532-47-0111(7107) FAX:0532-44-6831

4. 解析結果と考察 図-1(A)は、時刻t1での航空写真からの判読により崩壊が確認され、時刻t2では崩壊領域の拡大が確認できなかった地点における崩壊の平面形状である。図-1(B)および(C)は、それぞれ時刻t1および時刻t2に相当するTMデータから当該斜面崩壊を検出した結果である。同図(b)において崩壊面積が拡大していると判断している以外は、同じパラメータでの検出結果の再現性が確認できる。また、同図(c)において、時刻t1で落下として判定されていた崩壊は、時刻t2の結果では滑動と判定されている。時刻t1と時刻t2の間の降雨により、崩壊地点を覆っていた土が流されたものと推測される。

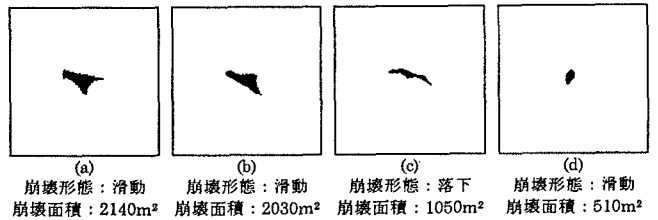
図-2(A)は、時刻t2での航空写真からの判読により崩壊が確認され、時刻t1では崩壊が確認できなかった地点における崩壊の平面形状である。図-1と同様に、時刻t1およびt2での解析結果を(B)および(C)を示す。異なるデータに同一パラメータを与えても、崩壊地点をほぼ正確に検出できることがわかる。ただし、時刻t1でのパラメータを用いると、同時刻の検出結果に対して時刻t2での判定結果にややバラツキが見られる。これは、時刻t1は冬季、時刻t2は夏季であったことによる季節変化の影響が含まれているためである。

5. まとめ 以上のように、本手法を用いることにより、応急復旧計画の初期段階で必要な情報は提供できることが示された。また、時刻t2で崩壊が初めて判読された地点で、さかのぼって時刻t1の判読を行った際に崩壊が確認できた地点について解析した結果、地震直後には確認できなかったも地点を検出することができた。時系列処理により過去のデータから崩壊情報を検索し、崩壊の発生時刻を推定することができるという衛星データの周期性に関する利点を証明するかたちとなった。このように継続的な検出作業を、人間が行う作業と並行に実施することにより、より効果的な復旧作業が行えるものと考えられる。

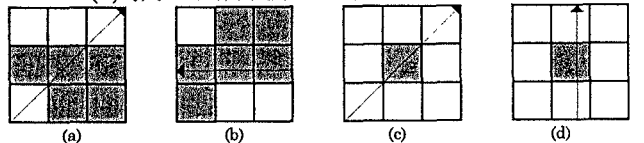
謝辞 本研究で用いた斜面崩壊地点の情報は、神戸大学工学部沖村孝教授より提供されたものである。ここに記して謝意を表する。

<参考文献>

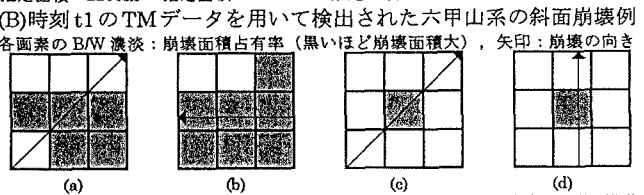
- 1)河邑眞, 辻子裕二: 土砂の拡散を考慮した衛星データからの斜面崩壊形態検出, 土木学会中部支部平成8年度研究発表会講演概要集, 第IV部門, pp.663-664, 1997.



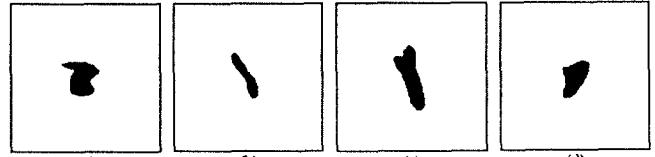
(A)時刻t0に確認された六甲山系の斜面崩壊例



(B)時刻t1のTMデータを用いて検出された六甲山系の斜面崩壊例各画素のB/W濃淡: 崩壊面積占有率 (黒いほど崩壊面積大), 矢印: 崩壊の向き



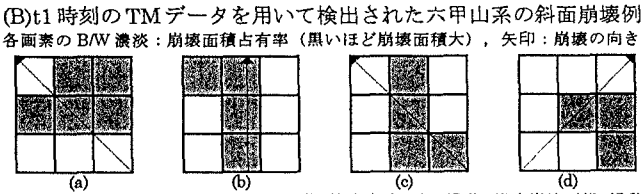
(C)t2時刻のTMデータを用いて検出された六甲山系の斜面崩壊例各画素のB/W濃淡: 崩壊面積占有率 (黒いほど崩壊面積大), 矢印: 崩壊の向き
 図-1 t2時刻で崩壊面積の拡大が確認できなかった地点の結果



(A)1995年10月に確認された六甲山系の斜面崩壊例



(B)t1時刻のTMデータを用いて検出された六甲山系の斜面崩壊例各画素のB/W濃淡: 崩壊面積占有率 (黒いほど崩壊面積大), 矢印: 崩壊の向き



(C)t2時刻のTMデータを用いて検出された六甲山系の斜面崩壊例各画素のB/W濃淡: 崩壊面積占有率 (黒いほど崩壊面積大), 矢印: 崩壊の向き
 図-2 t2時刻で崩壊面積の拡大が確認できた地点の結果