

国土交通省国土技術政策総合研究所 ○福嶋彩 清水孝一
 独立行政法人土木研究所 仲野公章
 (株)パスコ 池田暁彦

1. はじめに

毎年、世界の至る地域で地震や豪雨が発生している。これらに起因する土砂災害は、時に広域にわたり多発することから、散在する崩壊の発生源や被害状況を迅速に把握することは容易でない。そのため、土砂災害を最小限にとどめるには、山地流域全体の状況を観測することが重要である。そこで、広域を定期的に観測することが可能である衛星リモートセンシング技術を活用して、山地流域全体に発生した崩壊地の自動抽出を試みた。調査事例として、1999年9月に台湾中部で発生した大地震に伴う土砂災害を取り上げた。

2. 調査地の概要¹⁾

1999年9月21日に、台湾中部の南投縣・集集市の東10km付近でM7.3(台湾中央気象局)の大地震が発生した。この地震により、都市部での家屋倒壊や土木構造物破壊といった被害のほか、山間地でも崩壊や地すべりによる土砂災害が多発した。特に、南投縣と台中縣の県境では、30~50km²の広い範囲内で表層崩壊による禿げ山が発生したり、九分二山、草嶺山などの山岳地帯においては地震による土砂災害規模としては最大級に相当する崩壊土量10⁷~10⁸m³級の大規模崩壊が発生している。

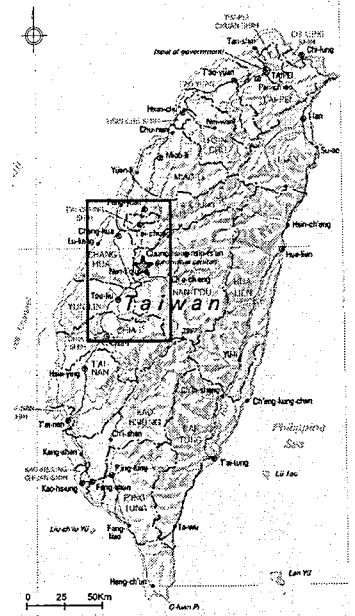


図-1 対象エリア(台湾中部)
 枠内が調査範囲、★印は震源を示す

3. 調査方法及び結果

3. 1 光学系センサデータを用いた崩壊地の抽出

光学系センサデータを用いて、地震前後の画像からそれぞれ土地被覆分類図を作成し、地震後に植生の失われた箇所を地震によって発生した新規崩壊地と見なして推定崩壊地分布図を作成した。解析に用いた衛星データを表-1に示す。

表-1 使用衛星画像(光学系センサ画像)

衛星/センサ名	パス/軌又は軌/パス	観測日
LANDSAT/TM	117/43, 117/44	1999.9.1(地震前)
SPOT/HRV-XS	299/302, 299/303	1999.9.27(地震後)
SPOT/HRV-XS	299/302, 299/303	1999.10.12(地震後)

図-3に推定崩壊地分布図を既存の崩壊地分布図²⁾に重ねた図を示す。崩壊の分布状況がほぼ一致するエリアがいくつか見られる。九九峰、九分二山、草嶺で発生した大規模崩壊などが抽出されていることがわかる。しかし、一方で、崩壊の発生していない場所が崩壊地として誤分類されている箇所も多く見られる。その主な理由として、以下のことが考えられる。

①地震前画像の雲のないエリアにおいて、地震後画像に雲が存在すると、分類上そのエリアは非植生地へ変化したものと示される。(また、この様な誤分類は雲の周辺及び薄雲のかかるエリアにおいても発生する傾向があった。)

②画像同士の僅かな位置のずれが誤分類を引き起こす。例えば、小渓流では位置のずれによって地震後画像の渓流に相当する箇所が非植生地へ変化した箇所として示されていることからわかる。これは、ポイント機能によりセンサを傾けて観測するSPOTの画像と、直下視で観測するLANDSATの画像を用いたために位置の整合をとることが容易でないことに起因する。位置のずれはDEMを用いることで補正が可能であるが、今回、

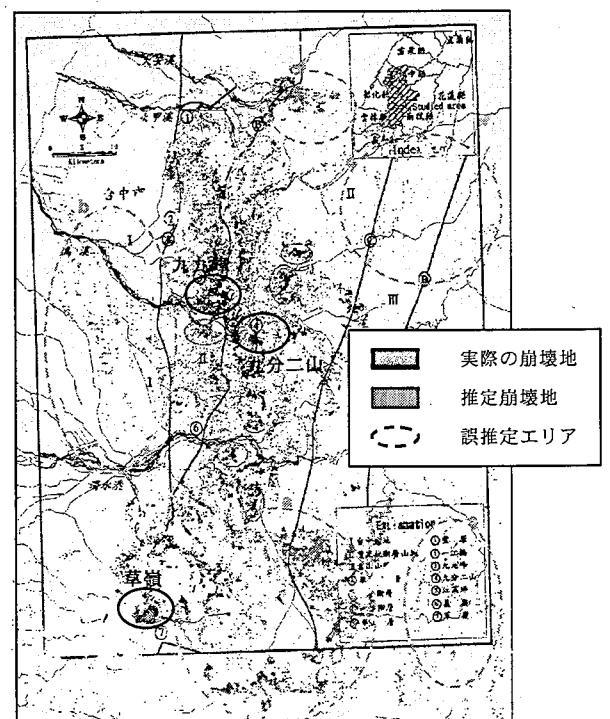


図-2 推定崩壊地を既存崩壊地分布図²⁾に重ねた図

調査の対象とした台湾の大縮尺地図は一般に入手することができないことから、画像同士の位置合わせを高精度に行うことができなかった。

3. 2 合成開口レーダ画像を用いた崩壊地の抽出

3. 1の結果より、雲が崩壊地の抽出において誤分類を引き起こす原因となることが明らかになったことから、雲を透過して地表面を観測することができる合成開口レーダ (SAR) のデータを用いて検討を行った。

SARの後方散乱強度画像を用いて、災害前後の画像から後方散乱強度の変化箇所を崩壊地として抽出することを試みた。後方散乱強度の変化として、特に森林が裸地へ変化することで地表面粗度が滑らかになることを想定し、森林の情報を得ることが可能なCバンド SAR データを用いることとした。(表-2)

図-3に草嶺付近の SAR 強度差分画像 (左図) と光学系センサ SPOT/HRV のフォールスカラー画像 (右図) を示す。画像中左側の草嶺村 (図-3○内) において、暗い箇所と明るい箇所が見られる。ここは、大規模な地すべり性崩壊が発生し、

その崩土により清水溪が堰き止められて天然ダムが形成された場所である。この大規模深層崩壊地では、滑落崖及び堆積土の縁が明るい色調、すなわち後方散乱強度が大きくなっていることがわかる。これは、コーナリフレクタ効果による結果と考えられる。また、崩土の流下・堆積によって天然ダムが形成された箇所は、濃い暗色となり、水面での鏡面反射による後方散乱強度の低下を示している。しかし、SAR の差分画像を SPOT 画像と比較したところ、多数の大規模崩壊地を判読することが困難であることがわかる。これは、①森林の樹冠粗度と崩壊地の表面粗度の差異が小さいために後方散乱強度に変化が現れない、②大面積の崩壊であっても顕著な地形変化を伴うものでなければ後方散乱強度に変化が現れない、③崩壊の発生した山の斜面の向きがセンサのマイクロ波の照射方向に対して正面及びその背面になる場合、正面側の斜面はフォアショートニングの、背面側の斜面は山の影によって崩壊地を抽出することが難しいことが推測される。

4. おわりに

衛星リモートセンシングデータを用いて広域にわたり発生した崩壊地の自動抽出を試みたところ、SAR の後方散乱強度画像は、崩壊地の分布状況の把握への適用が難しいことが明らかになった。しかし、光学系センサの画像については、雲の存在や画像間の高精度な位置合わせに留意する必要があるものの、また、空間分解能による小規模な崩壊把握に限度があるものの、山地流域全体における崩壊地分布調査へ概ね適応可能であることがわかった。

参考文献

- 1) 例えば 水山高久、土屋智、山田孝：台湾 921 集集大地震と斜面災害の概要 (速報)、砂防学会誌, Vol. 52 No. 5, pp. 41-45, 2000. 1
- 2) Wen-Neng WANG, Hiroyuki NAKAMURA, Toshitaka KAMAI, Mu-Ching LEE: A Photogeologic Study on the Earthquake -induced Slope Failure in Central Taiwan on September 21, 1999, 第 39 回日本地すべり学会研究発表会地すべり 2000 講演集, pp. 417-420, 2000. 8

表-2 使用衛星画像 (RADARSAT/SAR)

観測日	画像モード	ビームタイプ	入射角	画像中心緯経度
1999. 4. 9 (地震前)	WIDE	W2	35.035198°	23° 52' 02" N 120° 48' 00" E
1999. 10. 18 (地震後)	WIDE	W2	35.032799°	23° 51' 02" N 120° 45' 08" E

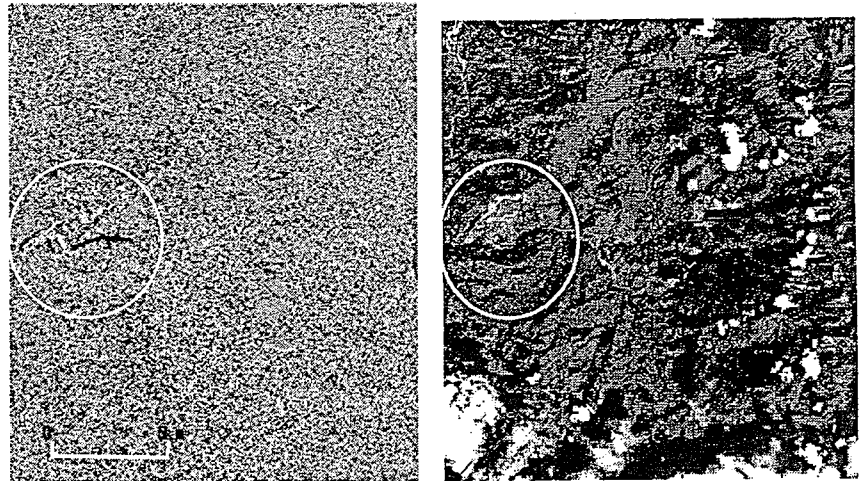


図-3 清水溪、草嶺周辺の 2 時期の強度差画像及び SPOT 画像
(左：災害前後 2 時期の SAR 強度差画像、右：SPOT/HRV 画像 (1999. 9. 27))