

三重大学生物資源学部 ○沼本晋也・林 拙郎・近藤觀慈
独立行政法人土木研究所 仲野公章
新潟大学農学部 川邊 洋 静岡大学農学部 土屋 智

1.1 はじめに

1999年9月21日台湾中部の集集付近を震源として発生した921集集地震により、台湾中部に密集する断層の各所が発生し、車籠埔・双冬・水裡坑断層を含む南北約100km、東西約40kmの山域に多数の山地斜面崩壊が発生した。台湾農業委員会による地震直後に撮影された航空写真を用いた調査¹⁾によると、崩壊地数が21969箇所、総崩壊面積が11,297haとされている。しかしこの報告では、地震発生直後の写真のみを用いているため、発生前後の変化については不明な点が残る。本報告では、地震発生前後に取得されたSPOT画像を比較することで、この情報を補うことを試みた。また、崩壊面積率が非常に高かった九九峰山域において、地震発生後に撮影されたIKONOS画像及び地表付近で撮影された空撮写真を対象とし崩壊判読について検討した。

1.2 調査対象地域

本調査では、921集集地震により発生した山地斜面崩壊の状況を調査対象とする。対象山地災害区域は、台湾中部山地のうち、車籠埔断層・双冬断層・水裡坑断層を含む南北約100km、東西約40kmの山域である(図-1)。また、921集集地震で発生した山地斜面崩壊のうち草嶺と九份二山は、とりわけ面積が大きい崩壊であり、その崩壊後の裸地斜面は衛星画像からもはつきりと認識できるものである²⁾。また、九九峰は、複雑に入り組んだ尾根と谷が密集し、地震災害後にはその尾根部分の大半が表層崩壊により裸地化した山塊である。

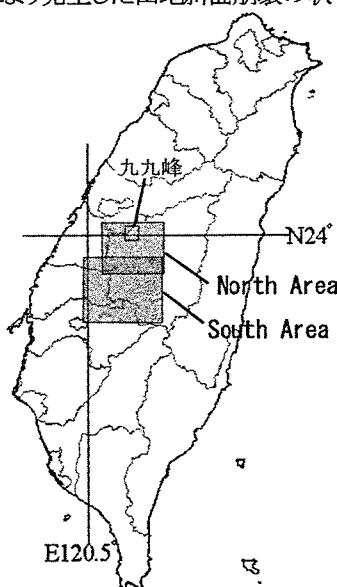


図-1:台湾中部の調査地位置図

1.3 画像資料と解析方法

斜面崩壊状況の解析にはSPOT/HRV衛星画像を用い、IKONOS衛星画像・空撮写真を参考資料とした。SPOT衛星画像は台湾中部の画像のうち921集集地震によって発生した斜面崩壊が集中する中部～中西部山岳域を解析対象とした。この地域には、崩壊面積の大きい、草嶺・九份二山・九九峰が含まれる。SPOT衛星画像は、地震発生前後(1998/12/26, 12/31, 1999/09/27, 10/12)のデータを用い、IKONOS衛星画像は九九峰全域を含む地震発生後の1シーン(1999/11/31、約11×12km)を使用した。使用したSPOT衛星画像から台湾中央山地の西側を含むシーンを選び出し、広域地形図を基準とした幾何補正を行った。補正操作は、尾根谷・河川等のランドマークが地形図と同じ位置となるよう変形処理を重ねる簡易オルソ化³⁾により行

い、さらに、異なる時期の画像を同時に補正することにより、画像同士の位置合わせを行った。続いて地震発生前後の補正画像をオーバーレイして崩壊発生後の画像に色域選択を施し、しきい値を調整しながら崩壊地のみが選択される様に調整した。マルチバンドSPOT画像は崩壊地と見なせる裸地が薄い灰色で示されるため、白色に写る雲が同時に選択されないよう選択する。さらに選択した範囲に関して、崩壊発生前の画像レイヤと比較しながら、地震発生前にも裸地だった箇所を除き、最終的なピクセル数をカウントした。崩壊地の判定は、図-2に示すような判読基準で行った。崩壊面積率の集計処理は、対象画像のうち新規崩壊と見なされた崩壊を含み、図中の4本の断層線を内包する最小幅の区画を矩形に選択して面積集計の母集団とした。

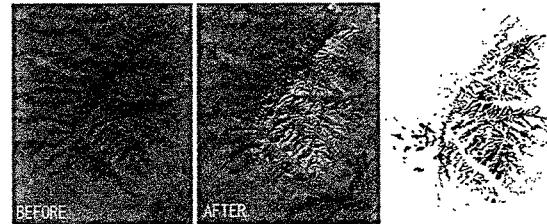


図-2:SPOT衛星像における崩壊地の判読例(九九峰)

マルチスペクトル画像で新規に裸地となった面積を抽出

1.4 結果および考察

図-1に示した2つの地域において地震発生前と発生後のSPOT画像を比較し、色域選択と目視判読の結果得られた裸地分布を示す。図-3aは、九九峰・九份二山含む北エリア、図-3bは、草嶺・豊山を含む南エリアを示す。4本の主要断層線は、西側(左)より、彰化・車籠埔・双冬・水裡坑断層である。北エリアでは、双冬断層と水裡坑断層の間に、南エリアでは、車籠埔断層から水裡坑断層の間の地域に新規崩壊地と見られる裸地が集中している様子が判読された。青灰色として表示される裸地のうち、ピクセル輝度が周辺の青灰色(元から裸地の箇所)より高いものは、新規発生の崩壊地である可能性が高く、判読可能な範囲において区別した。判読した裸地は、図-3a, 3b中の画像に白色でオーバーレイ表示し、図下に黒色で示した。これらのピクセル数をカウントし、集計したものを表-1に示す。

表-1:SPOT画像による新規発生裸地の判読結果

	裸地(pixel)	対象矩形(pixel)	崩壊面積率
北エリア	20,579	1,583,721	1.3%
南エリア	12,040	1,994,868	2.7%
九九峰	9,922	68,306	14.5%

北エリア・南エリアともに既往の航空写真を判読した報告の値より小さい崩壊面積率が算出される結果となったが、解像度20mで判読できるもの、既存裸地を除外したことなどを考慮したうえでの参考値と考えることができる。なお、図-1中に示した九九峰エリア

については、図-2 に示すような判読を行った結果得られた値である。続いて、IKONOS 衛星画像・空撮写真による九九峰地域の地震発生後の状況を検討した。IKONOS 画像は、水平方向の歪みが少なく、地表面状態や地形の凹凸を精細に表現している反面、急斜面で起伏の大きい山地斜面では、尾根の裏側に位置して見えない斜面が存在する、陰影が強く、影になった部分の輝度が低いなどの問題がある。一方、空撮写真は、ややコントラストの強い画像だったが、崩壊による裸地がよく判読できたため、SPOT 画像と同様の手法で裸地を抽出した。この山域を内包する 4×7 個の 1km^2 メッシュを母集団として崩壊面積率を算出した結果、河道を除いた裸地斜面の面積率は 39% となった。

既往の航空写真判読の結果⁴⁾では、台湾中部山岳地域の対象メッシュ内において 26000 箇所、平均崩壊面積率 4.7% という数値が示されている。本調査で行った SPOT 画像により一度に行った判読では、大規模崩壊のみでなく解像度 20m で認識できる範囲の中規模崩壊地の発生実態も認識可能であった。北エリア・南エリア、いずれも航空写真を判読した報告の値³⁾より小さい崩壊面

積率が得られたが、解像度 20m で判読できるもの、既存裸地を除外したことなどを考慮したうえでの参考値と考えることができる。

謝辞

本調査においては、台湾工業技術研究院、王文能主任をはじめ、関連する行政・研究機関の方々に、現地調査・現地における解析、および資料収集において多大なご協力を頂いた。ここに記し謝意を表します。

参考文献

- 1) 国立中興大学水土保持系編(2000) 921 集集大地震被災地水土保持災害及復興記録、行政院農業委員会水土保持局
- 2) 山越隆雄・清水孝一・南哲行(1999) 衛星リモートセンシングを用いた 1999 年 9 月台湾中部地震による大規模斜面崩壊状況の調査、砂防学会誌, 52(4), 73-74.
- 3) 沼本晋也・鈴木雅一・長友幹・蔵治光一郎・佐倉詔夫・太田猛彦(1999) 航空写真を用いた崩壊地植生回復過程の検討-1970 年房総南部集中豪雨による崩壊跡地の 25 年間の変遷-, 砂防学会誌, 52(2), 14-20.
- 4) Wang W., Nakamura, H., Kamai, T., Lee, M. (2001) 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講演集, 417-420.

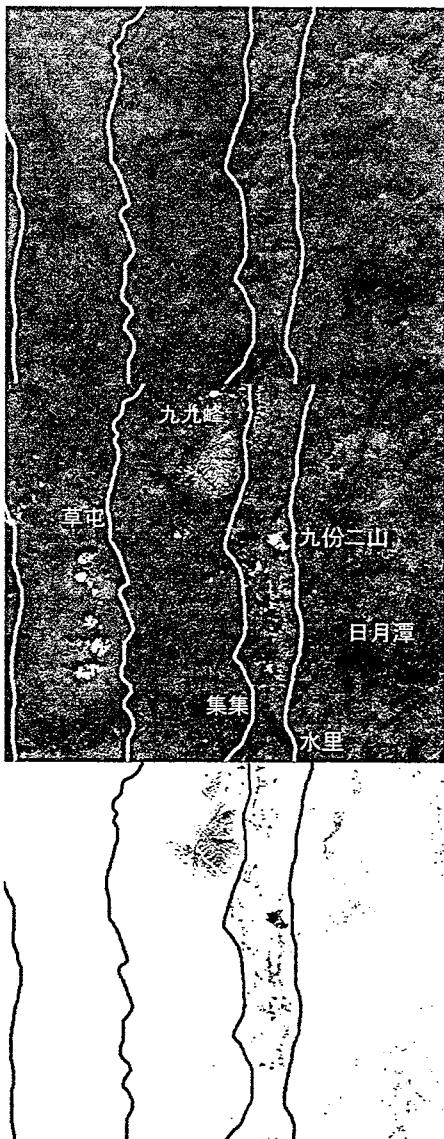


図-3a: SPOT衛星画像による地震発生前後の崩壊発生判読(北エリア)
(写真上: 地震前, 中: 地震後, 下: 新規崩壊, 実線: 主要断層)

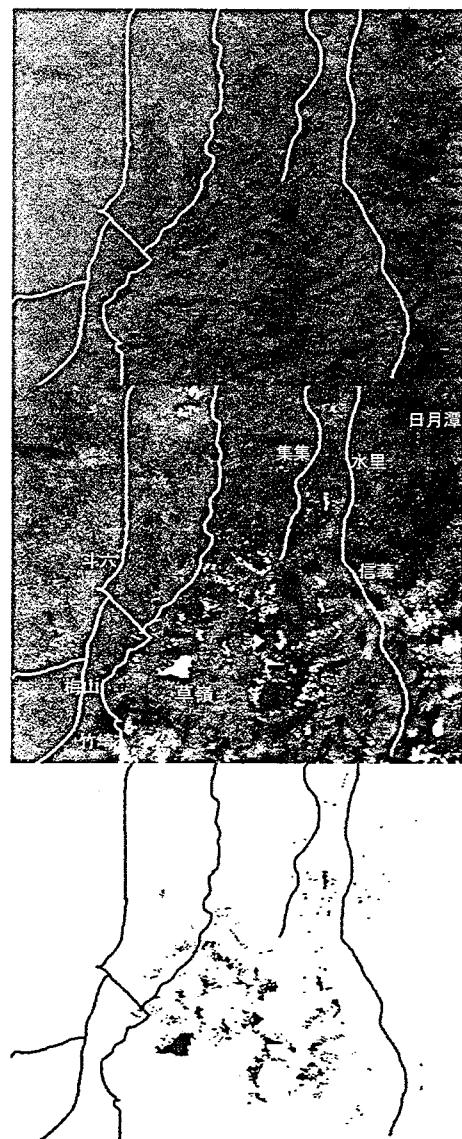


図-3b: SPOT衛星画像による地震発生前後の崩壊発生判読(南エリア)
(写真上: 地震前, 中: 地震後, 下: 新規崩壊, 実線: 主要断層)