

衛星リモートセンシングを用いた地震・豪雨に伴う崩壊土砂量の推定

正会員 ○筒井 健^{1,2} 中川英朗³ 六川修一¹ 宮崎早苗²

(1) 東京大学大学院 工学系研究科, (2) (株) NTT データ, (3) 西日本技術開発 (株)

1. はじめに

近年, 異常気象により多発する台風, 集中豪雨に伴い山間地で大規模な土砂災害の被害が頻発している. 災害復興計画の策定ならびに 2 次災害危険度の把握のためには, ①災害発生・対策箇所の認知 (ソフト) と ②復旧事業 (ハード) によるソフト・ハード両面を組み合わせた効率的かつ効果的な災害対策が重要である. 大規模災害の被害は, 急峻な山岳地で広域に分布する場合が多いため, それらを網羅した崩壊土砂量の把握手段の実現がソフト面の技術課題の一つである.

今までに, 筆者らは, SPOT-5 衛星画像からの 5m メッシュ数値標高データ (DEM: Digital Elevation Model) 作成方法を開発し, それを応用した地形変化の観測手法を研究し, 2004 年新潟県中越地震, 2004 年台湾中部の土石流災害に実証的に適用してきた^{[1],[2]}. 本研究では, 提案方法を災害発生後の『崩壊土砂量の推定』へ拡張し, 地震・豪雨に伴う 3 件の大規模災害事例へ適用・検証を行い, その実用性を考察した.

2. 研究地域

研究地域は, ①2004 年 10 月新潟県中越地震, ②2004 年 7 月ミンドリ台風による台湾中部大甲溪上流, および③2005 年 9 月台風 14 号による宮崎県鰐塚山の大規模な土砂災害発生地域である. 対象面積は各々約 10km 四方である.



図1. 研究地域の位置

3. 解析方法

災害発生前後に撮影した, 2 組のステレオペア SPOT 衛星画像を用いた 3 次元画像解析^[1]により地形変化を解析し土砂量を推定した. 表 1 に衛星画像の仕様を示す.

表 1. 使用した衛星画像の仕様

衛星名	地上解像度	観測幅	撮影方法
SPOT-5	2.5m or 5m	60km	ステレオペア

図 2 に解析フローを示す. まず, 災害発生前後に撮影した 2 組のステレオペア SPOT 画像を用いて, 3 次元幾何学モデルと画像マッチング (対応点探索) に基づくステレオ画像解析により, 災害発生前後の 5m メッシュ DEM を作成した. DEM の高さ精度は, 航空レーザ測量データ, GPS 測量データと比較検証した結果, おおよそ 5m (1 σ) である^{[1],[2]}. 次に, 災害発生地の標高変化を, DEM の差分解析により推定した. なお, 解析結果には画像マッチングの処理誤差が含まれるため, それらの除去が必要である. 本研究では, 輝度値・相関値が小さい領域, 小面積の変化領域, 影領域について解析結果から除去した. そして, 災害発生前後の標高変化図を作成して, 崩壊・堆積土砂量を推定した.

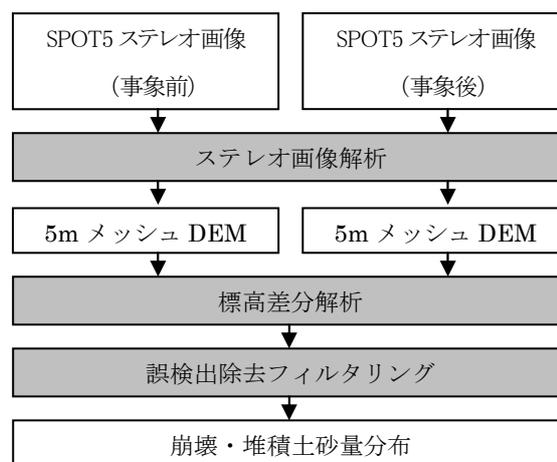


図 2. 崩壊・堆積土砂量の解析フロー

キーワード: 斜面崩壊, 土石流, 土砂量, 数値標高データ, リモートセンシング, 衛星画像

連絡先: 東京大学大学院 工学系研究科 技術経営戦略学専攻, 住所: 〒113-8656 文京区本郷 7-3-1, E-mail: tsutsuikn@nttdata.co.jp

4. 崩壊土砂量分布の推定

ここでは、解析結果の例として 2005 年台風 14 号による宮崎県鰐塚山の解析結果について述べる。2004 年 3 月（災害前）、2006 年 5 月（災害後）に撮影した計 2 時期の衛星画像を用いて、鰐塚山周辺で発生した大規模崩壊・土石流を解析した。図 3 に解析結果を示す。本結果は、樹高未補正であるため、斜面崩壊の一方向の変化はおおよそ 15~20m の樹高を含んでいる。解析結果からは、最大で 30~40m の高さ変化が検出されているため、樹高を考慮すると、おおよそ 15~25m の崩壊深さが推定された（図番 A~E）。一方で、別府田野川、片井野川、境川の河川沿いに土石流が把握され、10m におよぶ土砂堆積が推定された。解析結果は、空中写真による判読結果と良く整合しており、精度良く崩壊・堆積土砂量分布を表している。

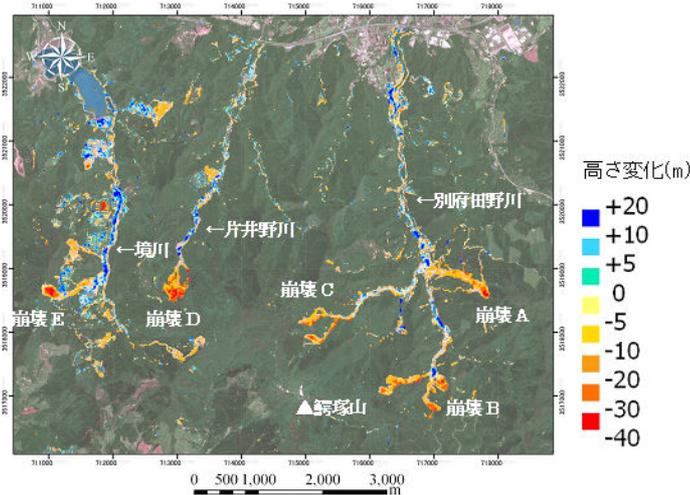


図3. 2005年台風14号による宮崎県鰐塚山の崩壊・堆積土砂量分布の解析結果

5. 推定精度

崩壊土砂量の推定精度を検証するため、新潟県中越地震および台湾中部で、解析結果と航空測量に基づく検証データを比較検証した。検証地は、10m 以上の高さ変化を伴う大規模な崩壊地・堆積地の計 24 箇所である。

検証では、土砂量の指標として DEM を用いて直接的に導出可能な、①平均深さと②体積を用いた（式 1）。

$$\begin{aligned} \text{平均深さ} &= (Z_A - Z_B) / N \\ \text{体積} &= \Sigma (Z_A - Z_B) \times R \quad \dots (式1) \end{aligned}$$

ここで、 Z_A , Z_B : 事象前後の標高値、
 N : メッシュ数、 R : メッシュサイズ

表 2 に検証結果を示し、図 4 に推定値と検証値を比較した散布図を示す。両地域共に、『平均深さ』は約 2~3m (1σ)、『体積』は約 10 万 m^3 (1σ) の誤差で推定可能であった。一般に、大規模崩壊では数 10 万~数 100 万 m^3 の土砂量が発生する事例が多いため、提案手法はこれらの推定に適用可能である。

表2. 崩壊深さ・体積の推定精度 (RMSE, 1σ)

検証地域	箇所数	平均深さ(m)	体積($m^3 \times 10^3$)
新潟県中越地震	14	2.1	146
台湾中部大甲溪	10	2.9	79

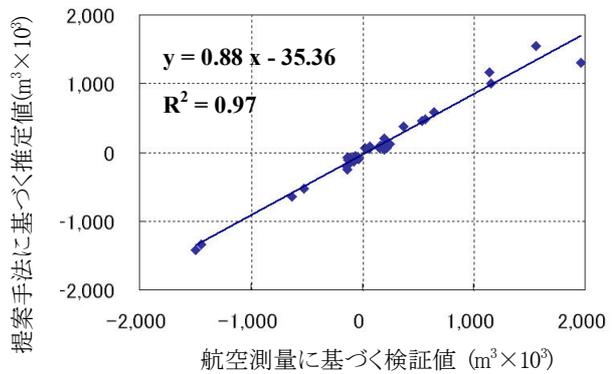


図4. 崩壊体積の推定値と検証値の比較

6. まとめ

本研究の結果は、提案技術を用いれば大規模土砂災害の崩壊土砂量を遠隔から精度良く推定できることを示している。今後の展望は、災害発生要因の分析および危険度予測への応用である。現在、土砂量推定結果と斜面安定モデルを用いた、地形的・地質的観点からの要因分析技術に関する研究を進めている。

謝辞: 本研究は(財)先端建設技術センターの研究開発助成を受けて実施しました。台湾での検証は台湾電力会社の協力により行いました。中越地震の検証データは『活褶曲地帯における地震被害データアーカイブプロジェクト(<http://www.active-folding.com/>)』から提供いただきました。ここに厚く感謝の意を表します。

【引用文献】

[1] 筒井健, 宮崎早苗, 六川修一, 中川英朗: 高分解能衛星画像からの高精度標高変化抽出による 2004 年新潟県中越地震に伴う斜面崩壊規模の推定, 応用地質, Vol.46, No.3, pp.125-137, 2005.
 [2] 筒井健, 六川修一, 中川英朗, 宮崎早苗, Chin-Tung CHENG, 白石貴司: 高解像度衛星画像を用いた 3D 地形変化の定量的時系列モニタリング, 土木学会第 61 回年次学術講演会, pp.429-430, 2006.