

2009 年スマトラ島沖地震を誘因とする斜面崩壊の TerraSAR-X による検出法

福井工業高等専門学校 正会員 ○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
 株式会社パスコ 正会員 岡島 裕樹

1. はじめに

地震による災害が発生した場合、それが大規模であるほど全域の被災の把握に時間を要する。このような事態に対し、筆者らは光学センサー画像を用いた斜面崩壊の検出法を提案してきた¹⁾。しかし、光学センサーは雲に影響される等の欠点を有する。一方、SAR 画像はマイクロ波を使用しているため、雲の影響を受けにくい特徴があり、災害発生時の緊急観測や災害状況の把握において貢献が期待されている。

リモートセンシングの防災への適用を踏まえると時間の概念が重要であり、地震発生直後には被災箇所の概略を把握することが望まれる。そこで、本研究では緊急観測の際、被災前のアーカイブ画像が無いことを想定し、単一画像を用いて被災箇所の概略を把握する方法を検討した。また、二時期以上の画像が利用可能な状態については、複数画像を用いた被災箇所の把握方法を検討した。

2. スマトラ島沖地震の概要と使用データ

2009 年スマトラ島沖地震は、インドネシア・スマトラ島沖で起こったマグニチュード 7.6 の地震であり現地時間 2009 年 9 月 30 日 17 時 16 分に発生した。震源はスマトラ島パダン市の西北西 50km の海底で、深さは 87km であり、パダンパリアマン県で大規模な斜面崩壊が確認されている。本研究では、同エリアを対象として TSX 画像を用いた斜面崩壊の検出法を検討した。

使用したデータの一覧を表 1 に示す。地震前後の二時期の TSX 画像、および 2 種類の DEM を準備した。また、検証データには、2010 年 1 月に筆者らが実施した現地調査の測量結果、および SPOT-5 データ（空間分解能：約 10m）を判読したものをを用いた。なお、地質図によれば、崩壊箇所の地質の多くは軽石質凝灰岩であった。地震直後に撮影された TSX 画像を図 1 に示す。偏波は VV、空間分解能は約 3m、軌道はアセンディング、入射角は約 25° の画像である。

表 1 使用データ

データ	備考
TSX 画像	地震前：2009 年 2 月 8 日撮影，StripMap，偏波：VV，軌道：Ascending，分解能：3m
	地震後：2009 年 10 月 8 日撮影，StripMap，偏波：VV，軌道：Ascending，分解能：3m
標 高	SRTM: 90m メッシュ DEM
	ASTER GDEM: 30m メッシュ DEM
地質図	インドネシア, Geological Research and Develop Centre 発行をデジタル化，1:250,000
検証データ	現地調査結果，SPOT-5 データの判読結果

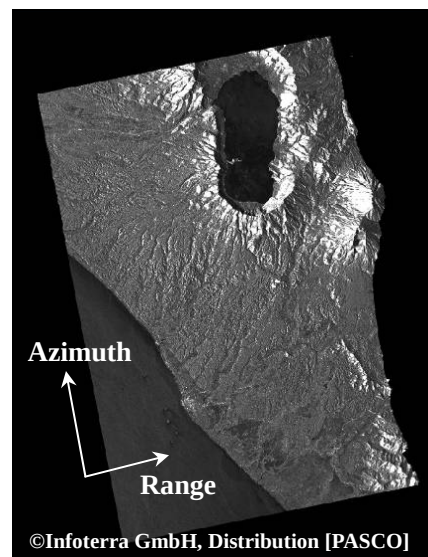


図 1 地震後の TSX 画像（2009 年 10 月 8 日撮影）

3. TSX 画像を用いた斜面崩壊の検出法

(1) 単一の TSX 画像を用いた崩壊検出の考え方

単一の TSX 画像を用いた崩壊検出の概念を図 2 に示す。なお、尾根と谷で囲まれた領域は、単一斜面（斜面ユニット）を表している。SAR データは、その観測原理から地形の影響を大きく受けると考えられ、SAR データから境界を抽出することができれば、それは地形を表現している可能性が高い。したがって、DEM と SAR データの両者から抽出した尾根と谷を比較し、乱れが生じる場合は、斜面崩壊を含む斜面ユニットである可能性が高いと考えた。

キーワード 2009 年スマトラ島沖地震，斜面崩壊，TerraSAR-X，SRTM，ASTER GDEM

連絡先 〒916-8507 福井県鯖江市下司町 福井工業高等専門学校環境都市工学科 TEL 0778-62-8316

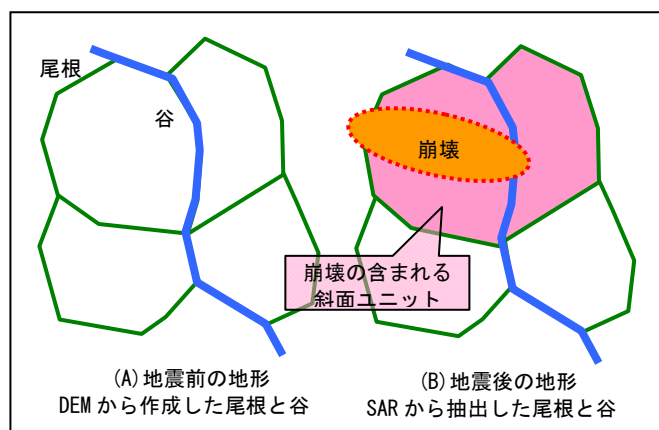


図2 単一のTSX画像を用いた崩壊検出の概念

(2) 二時期のTSX画像を用いた崩壊の検出法

二時期のデータが整備されている場合、地震前後の後方散乱強度の差分を求めることで変化点の抽出が可能となる。本研究では、参考文献²⁾を参照し、後方散乱係数(σ^0)を求めた後に σ^0 のカラー合成を試みた。

4. TSX画像を用いた斜面崩壊の検出結果

図3は、G. Tigo地区のSPOT-5データであり、同図中の黄色のポリゴンは、斜面崩壊の検証データである。この地区では、PULAU AIA, LUBUK LAWEH, CUMANAKの3つの村が被災した。

図4の(A)図は、地形(ASTER GDEM)から抽出した尾根と谷、(B)図は、TSX画像から抽出した尾根と谷、(C)図は(A)図と(B)図の比較である。その結果、地形とTSX画像には位置のずれが見られた。TSX画像は、SRTMを用いてオルソ補正が行われているため、空間分解能は粗くなるが、SRTMの利用も検討すべきである。

図5は、後方散乱係数のカラー合成を行った結果である。赤のチャンネルに地震後、緑と青のチャンネルに地震前の σ^0 を代入した。後方散乱係数の統計量を調べた結果、崩壊発生域と崩壊堆積域の平均値±標準偏差は、 $4.7 \pm 4.6[\text{dB}]$ と $-15.0 \pm 5.4[\text{dB}]$ であった。二時期のデータを利用すれば、被災箇所の把握が可能であることが示された。

5. まとめ

本研究では、単一および二時期のTSX画像を用いた斜面崩壊の検出法を提案した。単一画像を用いた崩壊の検出結果は、DEMとTSX画像に位置のずれがあるため、データの見直しを行う必要がある。二時期のTSX画像を用いた場合は、後方散乱係数の変化を分析することで被災箇所の把握が可能であることが示された。

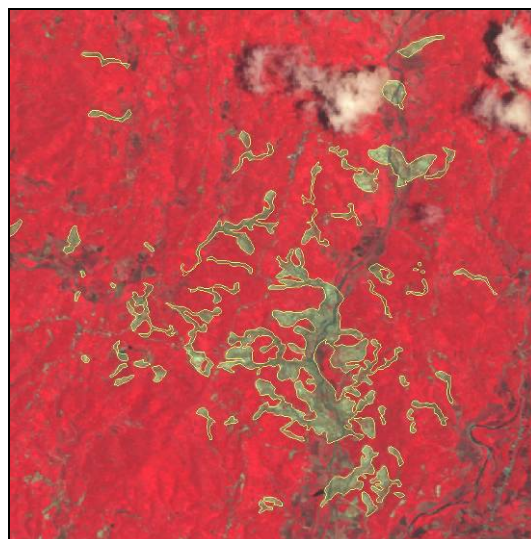


図3 検証データ(背景: SPOT-5データ)

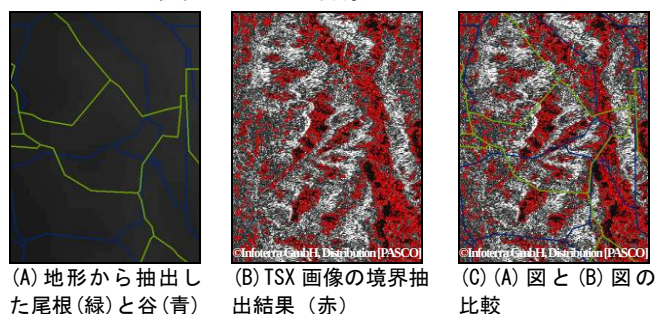


図4 地形とTSX画像から抽出した尾根・谷の比較

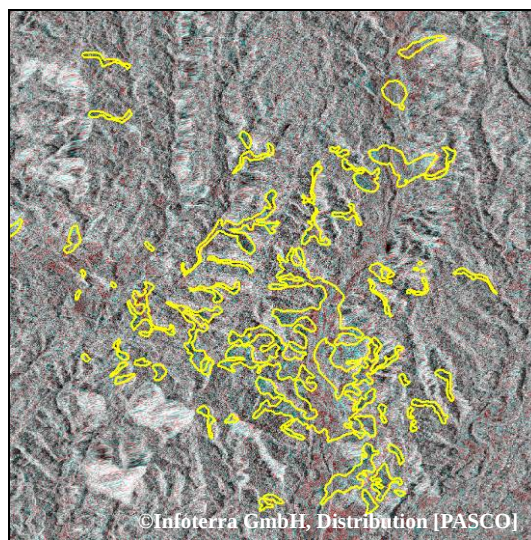


図5 後方散乱係数のカラー合成(黄: 検証データ)

$$(R, G, B) = (\sigma^0_{\text{After EQ}}, \sigma^0_{\text{Before EQ}}, \sigma^0_{\text{Before EQ}}),$$

謝辞

本研究は、SAR技術応用研究会の研究助成を受けて実施したものである。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 例えば、辻野和彦, 河邑眞, 辻子裕二: ALOS AVNIR-2の単一画像を用いた能登半島地震による半島北部の道路被害の早期把握, 土木学会第63回年次学術講演会講演概要集, pp.203-204, 2008.
- 2) infoterra: Radiometric Calibration of TerraSAR-X Data, 2008.