

人工衛星 SAR 画像の強度特性の把握と斜面崩壊地の抽出

06T0004B 井上 久光
指導教員：山崎 文雄

1. 研究の背景と目的

合成開口レーダ(SAR: Synthetic Aperture Radar)は昼夜を問わず、雲を透過して地表を観測できることから、災害時における被害状況把握への利用が期待されている¹⁾。また、水域で後方散乱強度が低くなるという特性を生かし、洪水などの浸水域の抽出に有用である²⁾。災害発生後、早期に被害状況を把握することは、適切な避難や迅速な復旧活動に重要な役割を果たすと考えられる。

本研究では、2008年6月14日に発生した岩手・宮城内陸地震を例として、観測条件の違いが、SAR画像に及ぼす影響について考察し、それらを踏まえ、地震前後のSAR画像を用いて、その相関係数と差分値による斜面崩壊の検出可能性について検討する。

2. 使用データと研究の流れ

本研究では、2006年1月に打ち上げられたALOSに搭載された、マイクロ波センサのPALSAR(L-band, FBS)で分解能約10m)を用いる。

岩手・宮城内陸地震発生後、ALOSは多くのデータを取得している³⁾。対象地域は大規模な斜面崩壊があった荒砥沢ダムを含む宮城県栗原市である(図1)。地震前として2008年3月23日、地震後として2008年6月23日に撮影された画像を使用する。オフアングルは34.3度、上昇軌道(Ascending)である。山地部における倒れこみ(Foreshortening)を補正するため、オルソ化画像を使用した。なお、SARのオルソ化とは、DEMとジオイド、軌道により計算した歪量から補正を行うことである。

本研究の流れは、まず観測条件の違うSAR画像同士を比較し、強度特性の把握を行う。次に斜面崩壊地について、前後間の位置合わせの後、SAR画像に含まれるスペckルノイズ低減のためにLeeフィルタ⁴⁾を適用する。さらに、相関と差分の点から、地盤災害発生箇所における後方散乱強度の変化を把握する。

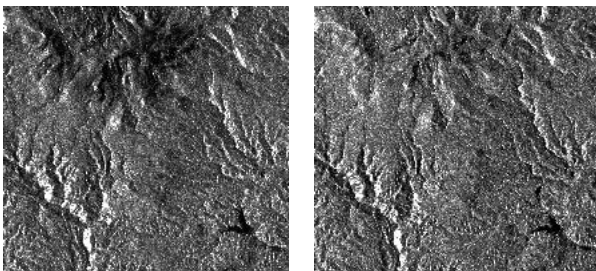


図1 地震前(左)と地震後(右)のALOS/PALSAR画像

3. 観測条件の異なるSAR画像の特徴

SARはマイクロ波を地上に向けて放射し、その後方散乱を記録する。そのため、後方散乱強度の反射特性は地表面の土地被覆や、マイクロ波の入射角や波長、衛星の軌道など種々のパラメータに依存する。そのため、SAR画像から正確に情報を抽出するためには、これらの影響を的確に理解する必要がある。そこで、角度・軌道・波長それぞれ異なる条件下で、どのような影響が生じるかを比較した。

図2は、荒砥沢ダムの災害後の画像である。上昇軌道と下降軌道(Descending)で被災箇所のSAR画像を比較した。崩壊地のテクスチャが異なり、レーダーシャドウや倒れこみの向きが反対になっていることが分かる。軌道により入射方向が異なり、上昇軌道は西側から、下降軌道は東側からマイクロ波が放射されるからである。図3は、入射角度が異なるPALSAR画像である。角度が小さいほうがオルソ化によるストレッチがはっきりと見えることから、倒れこみの影響が大きいことが分かる。また、反対側の輝度値が低くなっている場所では、角度が大きいほうが暗く見える。このように条件の違いが、光学画像よりも顕著に現れるので、変化抽出する場合には条件をなるべく揃える必要がある。

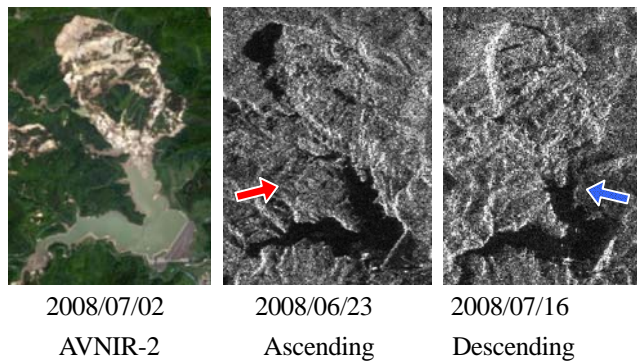


図2 異なる軌道のALOS/PALSAR画像

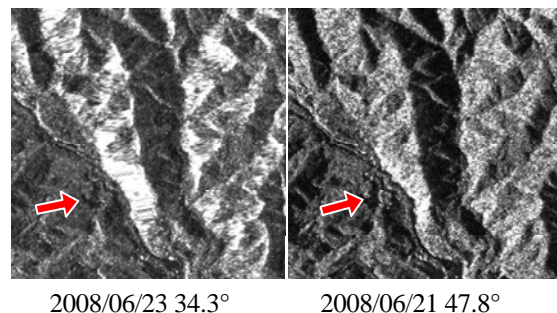


図3 異なる照射角のALOS/PALSAR画像

4. 斜面崩壊の抽出

まず、斜面の傾斜方位による後方散乱強度の特徴を把握する。SAR は、山地部ではとくに地形の影響が大きい。図 4 は駒の湯温泉周辺の方位角(0°を北として時計回りに大きくなる)と DN 値の空間分布である。DEM は ASTER DEM を使用した。上昇軌道の場合、西側からマイクロ波が放射されるため、西側の斜面(270°)の方が、より高い値を持つピクセルが多いことがわかる。

次に、前後画像間の位置合わせの後、10×10 の Lee フィルタを適用する。そして、以下の式より、前後画像の相関係数を算出する¹⁾。

$$r = \frac{N \sum_{i=1}^N I_{a_i} I_{b_i} - \sum_{i=1}^N I_{a_i} \sum_{i=1}^N I_{b_i}}{\sqrt{\left(N \sum_{i=1}^N I_{a_i}^2 - \left(\sum_{i=1}^N I_{a_i} \right)^2 \right) \cdot \left(N \sum_{i=1}^N I_{b_i}^2 - \left(\sum_{i=1}^N I_{b_i} \right)^2 \right)}}$$

ここで N はウィンドウ内のピクセル数を表し、21×21 のウィンドウを用いる。また、 I_{a_i} 、 I_{b_i} は地震前

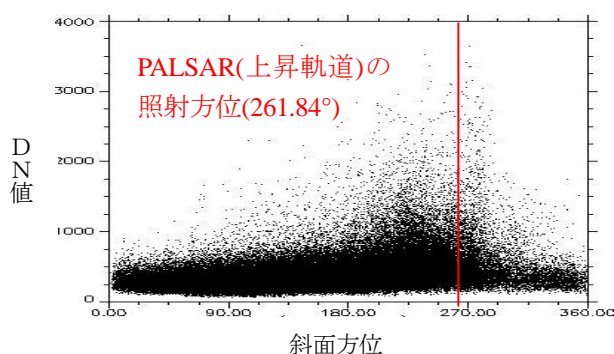


図 4 斜面方位による DN 値の分布

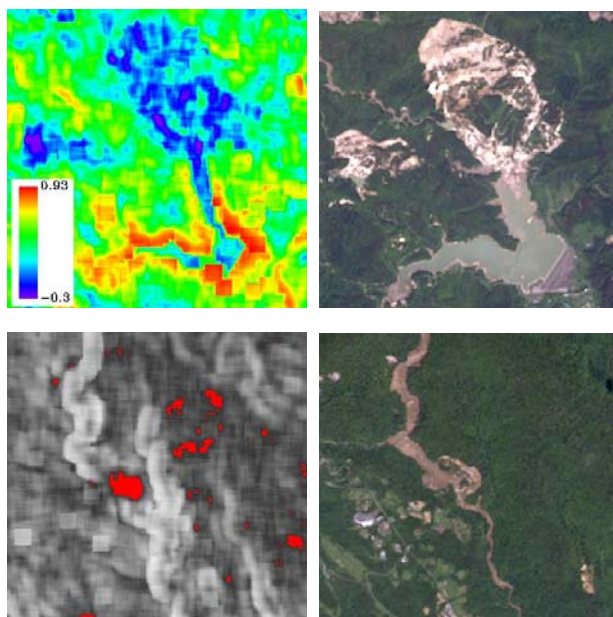


図 5 荒砥沢ダムの上昇軌道での相関係数 r の分布図(左上)と駒の湯温泉の被災箇所における $r < -0.05$ の抽出結果(左下)と AVNIR-2(右上,右下)

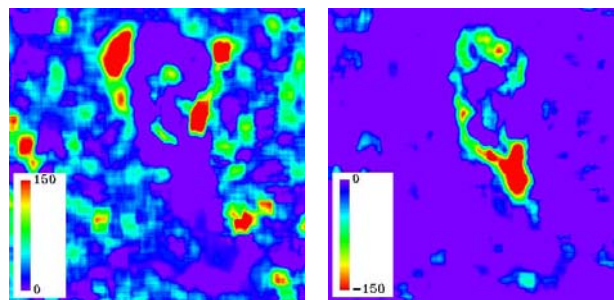


図 6 荒砥沢ダムにおける変化がプラス(左)とマイナス(右)の場合の DN 値の差分図

後の画像の i 番目におけるピクセル値である。

図 5(上)は、荒砥沢ダム周辺における相関係数と AVNIR-2 画像である。これより、被災箇所においては相関係数が低くなっていることがわかる。図 5(下)に示す土石流に襲われた駒の湯温泉地区でも、同様に相関係数の低下を確認することができた。しかし土石流自体は、倒れこみの影響により相関係数が高くなったため、検出できなかった。

前後画像の差分についても 21×21 のウィンドウにおいて計算した。地形の変化により、前後間で後方散乱強度がプラスとマイナスに変化するものの 2 通りが考えられる。図 6 は、荒砥沢ダム周辺の差分を表している。差がプラスとなる事前画像の方が強度の高いピクセルが多く見られた。前後画像のどちらかがレーダーシャドウや倒れこみを起こすと変化が大きかった。

5. まとめ

本研究では、岩手・宮城内陸地震の前後で観測された SAR 画像を用いて、観測条件の違いによる後方散乱強度の特性の把握を行った。また、斜面崩壊地において、前後画像間の相関係数と差分値により斜面崩壊箇所の抽出の検討を行った。被災前後においてその変化は相関と差分のそれぞれに現れるが、大規模なものに限られた。今後は、誤抽出箇所について検討するとともに、相関と差分の相互関係にも着目して分析する必要がある。

参考文献

- 1) 松岡昌志,山崎文雄: 1995 年兵庫県南部地震での建物被害地域における人工衛星 SAR 強度画像の特徴, 日本建築学会構造系論文集, No.546, pp.55-61, 2001.
- 2) 加藤圭太,山崎文雄: ALOS/PALSAR 画像を用いた 2008 年岩手・宮城内陸地震による水域の変化抽出, 日本地震工学会論文集, 掲載予定, 2010.
- 3) 米澤千夏,加藤徹,千葉克己,渡邊学: ALOS PALSAR によって観測された 2008 年岩手・宮城内陸地震による土砂災害, 平成 20 年度秋季学術講演会発表論文集, 日本写真測量学会, 2008, pp.79-80.
- 4) Lee, J. S.: Digital image enhancement and noise filtering by use of local statistics, Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, PAMI-2 (2), Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1980, pp. 165-168.