

## (30) PALSAR-2 データを用いた斜面崩壊に伴う地形変化箇所の抽出方法とその特徴分析

田淵 太雅<sup>1</sup>・三谷 泰浩<sup>2</sup>・谷口 寿俊<sup>3</sup>・田露<sup>4</sup>・大辻 喜典<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 学生会員 九州大学大学院 工学府 建設システム工学専攻 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744)

E-mail: tabuchi.taiga.319@s.kyushu-u.ac.jp

<sup>2</sup> 正会員 九州大学大学院 工学研究院 附属アジア防災研究センター (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744)

E-mail: mitani@doc.kyushu-u.ac.jp

<sup>3</sup> 正会員 九州大学 工学研究院 社会基盤部門 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744)

E-mail :taniguchi@doc.kyushu-u.ac.jp

<sup>4</sup> 非会員 九州大学大学院 工学府 建設システム工学専攻 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744)

E-mail : tian.lu.441@s.kyushu-u.ac.jp

<sup>5</sup> 学生会員 九州大学大学院 工学府 建設システム工学専攻 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744)

E-mail: ohtsuji.yoshinori.210@s.kyushu-u.ac.jp

本研究では、2017年7月九州北部豪雨で発生した斜面崩壊地を対象として斜面崩壊に伴う地形変化箇所の抽出を ALOS-2/PALSAR-2 データを用いて行う。同条件の下で単偏波後方散乱差分解析、コヒーレンス解析を行った結果、単偏波後方散乱差分解析のほうがコヒーレンス解析よりも精度よく斜面崩壊に伴う地形変化を抽出できる手法であることが明らかとなった。さらに、両手法により抽出された斜面に対してその特徴を分析した結果、傾斜角が比較的小さな斜面においてはコヒーレンス解析が、傾斜角が大きな斜面においては単偏波後方散乱差分解析が誤抽出の割合が少ないことを明らかとした。また、土地利用の違いによる影響は、今回の対象領域においては、単偏波後方散乱差分解析、コヒーレンス解析のどちらも大きな差は確認できなかった。

**Key Words:** Northern Kyushu heavy rain 2017, SAR/PALSAR-2, slope failure

### 1. はじめに

平成 29 年 7 月九州北部豪雨災害では、短時間に特定の地域に猛烈な雨が降り続いた。この豪雨により、九州北部の朝倉市・東峰村を中心に多数の斜面崩壊が発生した<sup>1)</sup>。このような大規模かつ広域におよぶ災害直直後には、その後の応急・復旧等に繋げるために早期にどこで斜面崩壊が発生したかを把握することが重要である。

SAR (Synthetic Aperture Radar : 合成開口レーダ) 衛星は、広域が観測できることに加えて、観測にマイクロ波を用いるため天候に左右されずに雲を透過して地表面を観測でき、夜間にも観測を行えることから災害直後の斜面崩壊に伴う地形変化の把握への利用が期待されている。

SAR データを用いた地形変化箇所の抽出手法として、

一般には、目視判読が行われている<sup>2)</sup>。この手法は、災害前後の SAR データをカラー合成することで地形変化箇所を把握する手法である。目視判読による手法は、個人の判断に左右されることもあり、統一された結果が得られないこともある。また、広域に災害が発生した場合には時間と労力がかかる。

一方で個人の主観に捉われずに定量的に地形変化箇所を抽出する手法も提案されている。衛星データの解析手法としては、反射強度解析、位相干渉解析に区別することができる。反射強度解析として、単偏波反射強度をテクスチャ解析<sup>3)</sup>。多偏波反射強度解析では 4 偏波による演算<sup>4)</sup>、位相干渉解析では災害前後の画像のコヒーレンス値から斜面崩壊による地形変化の抽出<sup>5)</sup>を行った事例があり、文献中では、いずれも斜面崩壊地などの地形変

化箇所を適切に把握できるとされているが、災害の条件や使用したデータなどによって、必ずしもすべての手法が良好な結果を得られるとは限らない。また、これらの手法は、同一条件下で比較検討されているものではなく、どの手法が斜面崩壊地等の地形変化箇所の抽出に適しているのか明らかになっていない。

また、斜面崩壊に際して発生する土砂移動の現象は、崩壊に伴う土砂の減少と崩壊した土砂の堆積の2つの現象が生じる。これら2つの現象は、いずれも家屋崩壊などの災害となるため、斜面崩壊箇所の把握に際しては、この2つの現象を同時に把握し、これらを斜面崩壊に伴う地形変化として把握することが重要である。

そこで本研究では、ALOS-2/PALSAR-2データを用いて同一条件下で最も精度良く定量的に斜面崩壊に伴う地形変化箇所を抽出する方法について検討し、その抽出手法の違いが地形や土地利用などの特徴とどのような関係があるかについて分析する。

## 2. 斜面崩壊に伴う地形変化箇所の抽出

図-1 に本研究で斜面崩壊地に伴う地形変化箇所の抽出を行う対象領域と使用した SAR データの観測範囲を示す。対象領域は朝倉市・東峰村の斜面崩壊が集中した10km×10kmの領域とし、使用した SAR データを表-1 に示す。2017年7月5日の災害前後のデータであり、軌道方向、観測方向、オフナディア角などの基本情報がすべて同じものを使用する。ただし、処理レベルについては、強度解析と干渉解析で異なるものを使用する。

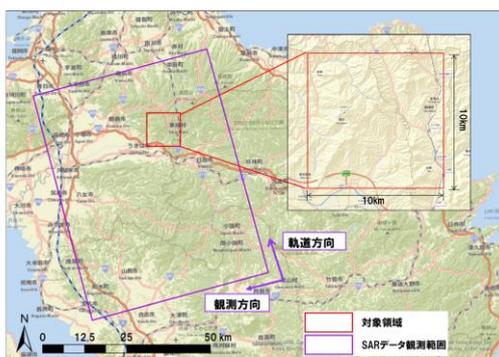


図-1 PALSAR-2データの観測範囲

表-1 使用した SAR データ

No.	観測日時	軌道方向	観測方向	オフナディア角	処理レベル	偏波	分解能
1	2016/10/14	アセンディング	左側観測	21.5	2.1	HH	3m
2	2017/07/07	アセンディング	左側観測	21.5	2.1	HH	3m
3	2016/04/29	アセンディング	左側観測	21.5	1.1	HH	3m
4	2016/10/14	アセンディング	左側観測	21.5	1.1	HH	3m
5	2017/07/07	アセンディング	左側観測	21.5	1.1	HH	3m

### (1) 前処理

斜面崩壊地に伴う地形変化箇所抽出のための前処理にはa)斜面ユニットの作成、b)観測不能領域マスクの作成、c)平地の除去、d)検証データの作成の手順で行う。

#### a) 斜面ユニットの作成

本研究では、災害発生直後の広域な斜面崩壊位置を正確に把握することよりも、災害の第一報として斜面崩壊が発生した斜面ユニット単位で大局的に把握することが重要と考える。斜面ユニットとは、自然斜面における斜面単元として定義され、尾根線と谷線で囲まれ、かつ、斜面方向及び傾斜角がほぼ一様な斜面を示す。今回は、国土地理院が提供している10mメッシュの標高データを用いて斜面ユニットを作成する。

#### b) 観測不能領域の作成

SAR データは地表面に対して斜め方向から観測されるため、観測されない斜面が存在する。その観測不能領域を衛星の観測諸元から求め、斜面ユニット単位で観測不能領域のマスクを作成し、このマスク箇所を対象領域から除外する。

#### c) 平地の除去

対象を斜面と限定し、斜面崩壊による地形変化と考えられない領域として、土石流の土砂災害警戒区域（土砂の停止堆積条件）の角度である2°以下の箇所を平地と考え、これを斜面ユニット単位でマスクする。

#### d) 検証データの作成

災害後に国土地理院により撮影された航空写真から斜面崩壊箇所を目視判読し、この斜面崩壊箇所が含まれる斜面ユニットを実崩壊斜面ユニットとして検証データとする。

### (2) 単偏波後方散乱差分解析

単偏波後方散乱差分解析は、災害により斜面崩壊が発生し、植生が裸地に変化すると災害前後で後方散乱係数の値が変化することを利用して地形変化箇所を抽出するものである。後方散乱係数は以下の式で求められる<sup>9)</sup>。

$$\sigma^0 = 10 * \log_{10} DN^2 + CF \quad (1)$$

ここで、 $DN$ はデータの画素値、校正係数 $CF$ はJAXAが公開している-83.0を使用する。この(1)式から災害前後の差分データを算出する。

### (3) コヒーレンス解析

コヒーレンス解析は、2 時期の観測期間内に地表面の大きな変化が生じた箇所を観測された信号の位相が変化し、位相の相関を示すコヒーレンス値が低くなることを利用して地形変化を捉えるものである。本研究では、定

常的なコヒーレンス変化の影響を少なくするために、発災時期を含まないコヒーレンス値を算出した。そして、その値と災害前後のコヒーレンス値を比較して斜面崩壊による地形変化箇所の抽出を行う。

#### (4) 地形変化箇所の抽出方法

単偏波後方散乱差分解析により算出された災害前後の差分データにおいて、閾値を設定し、閾値以上の変化がある箇所のみを地形変化箇所として抽出する。また、コヒーレンス解析の場合は災害前のコヒーレンスと災害前後のコヒーレンスを比較し、後方散乱差分解析と同様に閾値を設定し、コヒーレンスの変化が閾値を超える箇所を地形変化箇所として抽出する。閾値は災害前後で発生した地形変化箇所を含む斜面ユニットの数と目視判読により抽出された地形変化箇所数がほぼ同数になるように設定する。

#### (5) 地形変化箇所の抽出結果

表-2、図-2、図-3にそれぞれの解析手法による地形変化箇所の抽出結果を示す。その結果、単偏波後方散乱差分解析の検出率が57.9%、正答率が59.2%となり、コヒーレンス解析よりどちらも約10%程度高かった。この理由として、コヒーレンス解析の場合、森林部での誤抽出箇所が多く見られることから、森林部の植生域では、水蒸気の影響を受けやすいため、強度情報を利用した手法と比較して精度が低下したことが一つの要因として考えられる。また、両者に共通した課題として、10mメッシュの標高データにより斜面ユニットを作成していることから、尾根線、谷線の位置精度が適切でなく、斜面ユニットの形状が適切でない箇所があったこと、観測不能領域としてマスク処理を行った箇所の傾斜方向の閾値付近で誤抽出が多かったことなどが挙げられる。これらはLPデータのような、より詳細な地形データを用いることで改善されると考えられる。

### 3. 斜面崩壊に伴う地形変化箇所の特徴分析

後方散乱差分解析、コヒーレンス解析により抽出された斜面崩壊に伴う地形変化箇所について、正しく抽出できた箇所、誤抽出した箇所についての斜面ユニットの傾斜角と土地利用の頻度分布を図-4、図-5に示す。傾斜角については単偏波後方散乱差分解析の方が傾斜角が10°以下の斜面の地形変化をよく捉えられていた。しかしながら、傾斜角が10°以下の斜面においては単偏波後方散乱差分解析はコヒーレンス解析と比べて誤抽出も多くなっている。一方で、コヒーレンス解析は傾斜角が10°以下の斜面では誤抽出の割合が低いが、傾斜角が20~30°程

度の斜面では誤抽出が単偏波後方散乱差分解析の誤抽出結果に比べ多くなっている。また、傾斜角が35°以上の斜面においては単偏波後方散乱差分解析もコヒーレンス解析も同様な抽出結果を示している。このようにコヒーレンス解析では、傾斜角の小さい斜面による地形変化を比較的よく捉えることができる一方で単偏波後方散乱差分解析では、傾斜角の大きな斜面における斜面崩壊に伴う地形変化を捉えることができると考えられる。

災害前の土地利用については両者の手法で大きな差は確認できなかった。これは、観測不能領域、および2°未満の傾斜角の斜面にマスクをかけていること、対象領

表-2 地形変化箇所の抽出結果

No.		単偏波後方散乱差分解析		コヒーレンス解析	
		アセンディング 左側観測 (HH)			
①	全斜面ユニット数	11434			
②	観測可能斜面ユニット数	7066			
③	実崩壊斜面ユニット数	3255			
④	抽出崩壊斜面ユニット数	3185		3315	
⑤	検出斜面ユニット数	1886		1592	
⑥	検出率(%) ⑤/③	57.9		48.9	
⑦	正答率(%) ⑤/④	59.2		48.0	

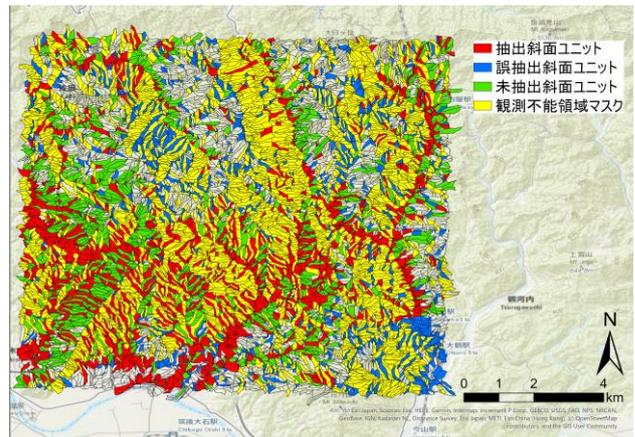


図-2 後方散乱差分解析による抽出結果

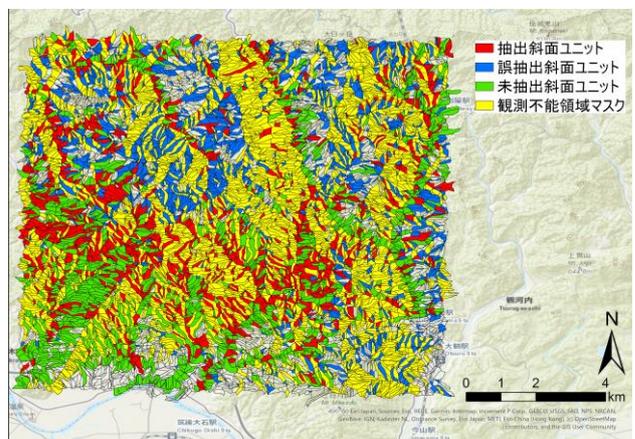


図-3 コヒーレンス解析による抽出結果

域がほとんど山地部であったことから大きな違いが確認できなかったものと考えられる。

#### 4. おわりに

本研究では、平成 29 年 7 月九州北部豪雨において発生した斜面崩壊による地形変化箇所について、同一条件下で PALSAR-2 データを用いた定量的な判断による抽出手法の比較を行った。その結果、単偏波後方散乱差分解析で、検出率、正答率が約 58%、コヒーレンス解析で約 49%であった。斜面崩壊による地形変化箇所の抽出には単偏波後方散乱差分解析の方が精度よく抽出できることが明らかとなった。斜面崩壊に伴う地形変化が発生した斜面のうち、どちらの手法でも抽出できなかった斜面の分布は類似しており、これは衛星の観測時の条件や地形との関係が大きく関係していると考えられる。さらに、両手法により抽出された斜面において、正しく抽出できたものと、誤って抽出したものに対してそれぞれの傾斜

角と土地利用の頻度分布を確認した。その結果、傾斜角に関しては、傾斜角が比較的小さな斜面においてはコヒーレンス解析が、傾斜角が大きな斜面においては単偏波後方散乱差分解析が誤抽出の割合が少ないことが明らかとなった。また、土地利用に関しては、今回の対象領域においては、単偏波後方散乱差分解析、コヒーレンス解析のどちらも大きな差は確認できなかった。

**謝辞：**本研究で使用した PALSAR-2 データは、国立研究開発法人宇宙研究開発機構の大規模災害 WG より提供されたものであり、データ提供に感謝致します。

#### 参考文献

- 1) 千木良雅弘, 松四雄騎, 堤大三, 王功輝, 松浦純生, 土井一生, 橋本学, 釜井俊孝: 2017 年九州北部豪雨災害調査報告書, pp.25-27, 京都大学防災研究所, 2018.
- 2) 水野正樹, 神山嬢子, 江川真史, 佐藤匠, 蒲原潤一: 2 偏波 SAR 画像による大規模崩壊及び河道閉塞箇所の判読調査手法(案), pp.13-31, 国土技術総合研究所資料, No791, 2014.
- 3) 翠川三郎, 三浦弘之: 高分解能 SAR 画像による 2008 年岩手・宮城内陸地震での斜面災害地域の抽出, 日本地震工学会論文集, 第 10 巻, 第 3 号, pp.26-32, 2010.
- 4) 江口毅, 三浦房紀: 災害発生後のみの ALOS-2/PALSAR-2 画像による斜面崩壊域の早期発見手法, 土木学会論文集 F6(安全問題), Vol.74, No1, pp.1-10, 2018.
- 5) 下村博之, 小俣雅志, 森田保成, 阿部直樹, 寶楽裕, 船木俊郎, 三五 大輔: 衛星 SAR 解析による平成 29 年 7 月九州北部豪雨での土砂移動域の抽出, 平成 30 年度砂防学会研究発表会概要集, No.83, pp.585-586, 2018.
- 6) 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構: PALSAR-2 レベル 2.1 プロダクトフォーマット説明書(CEOS SAR フォーマット), p.52, 2016.
- 7) 江口毅, 三浦房紀: 災害発生後のみの ALOS-2/PALSAR-2 画像による斜面崩壊域の早期発見手法, 土木学会論文集 F6(安全問題), 74 巻, 1 号, pp.1-10, 2018.

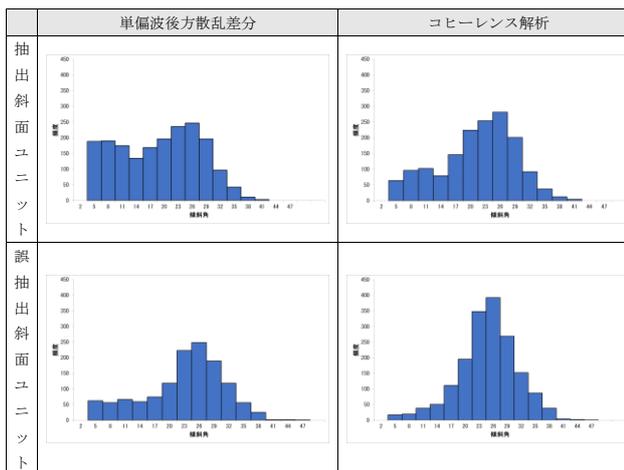


図-4 抽出結果の傾斜角分布

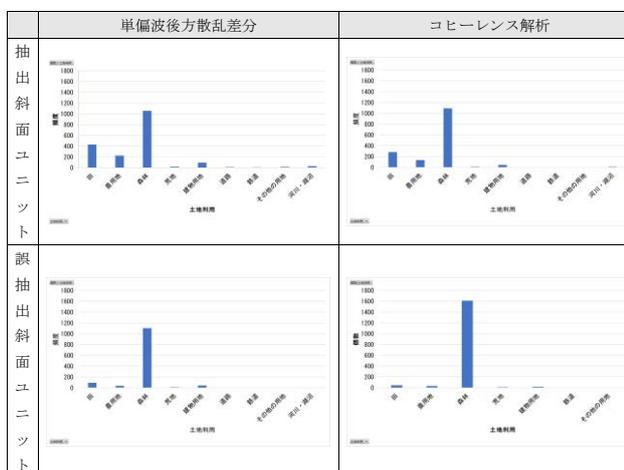


図-5 抽出結果の土地利用分布