

ALOS-2/PALSAR-2 を用いた令和6年能登半島地震の地表変状箇所抽出の試み

アジア航測株式会社 ○三浦 俊介

1. はじめに

2024年1月1日16時10分に石川県能登地方を震源とするMw7.6の地震が発生し、石川県志賀町で震度7を観測したほか、北陸地方を中心に北海道から九州地方にかけて震度6強～1を観測した(気象庁、2024)。さらに、その後も震度5強以上の地震が複数回発生するなど、活発な地震活動が継続している。一連の地震の影響で、珠洲市や輪島市などでは多数の斜面崩壊が発生し、河道閉塞(土砂ダム)の確認も報告されている(国土交通省、2024)。

JAXAは、地震発生当日からALOS-2/PALSAR-2(LバンドSAR衛星)による緊急観測を実施して、観測データや地震の解析結果をHPで公表、オープンデータ化している(図1)。そこで本発表では、オープンデータ化されているALOS-2/PALSAR-2のデータを用いて、能登半島地震における斜面崩壊箇所と非崩壊箇所の観測結果の違いを整理したので報告する。

また、SARの観測バンドの違いによる観測結果の影響を考察するため、XバンドSAR衛星であるSentinel-1の観測データも使用した(表2、図2)。

表2 使用したSentinel-1データの一覧

No.*	観測日(災害後)	軌道・観測方向
(1)	1月6日	昇行・右
	1月18日	
(2)	1月6日	降交・右
	1月18日	
	1月30日	
	2月11日	
	2月23日	
3月6日		

※No.は図2の観測範囲と対応

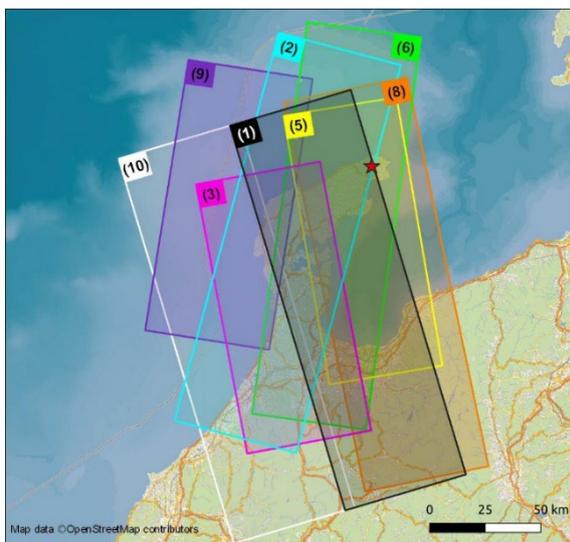


図1 ALOS-2/PALSAR-2による観測範囲
星印は震央位置(気象庁発表)

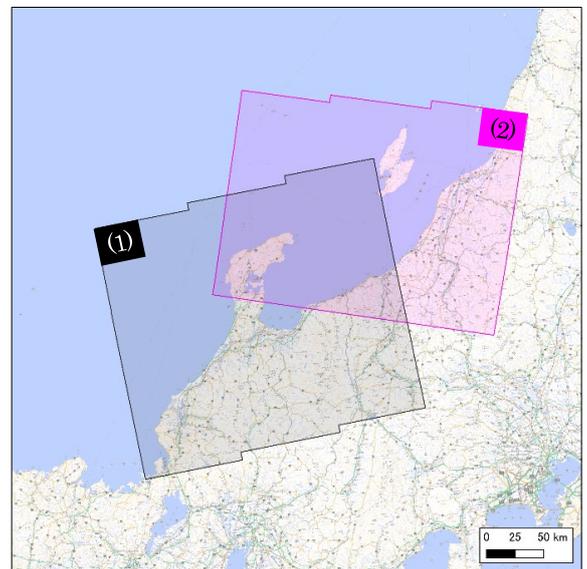


図2 Sentinel-1による観測範囲

斜面崩壊データは、国土地理院が空中写真を用いて判読した斜面崩壊・堆積分布データを使用した(図3)。さらに、斜面崩壊箇所と非崩壊箇所の結果を比較するため、国土数値情報の土砂災害危険箇所(面)データから、斜面崩壊が発生していない箇所のデータを抽出して使用した。

2. 方法

2.1. 使用するデータ

本報告では、災害前後6ペアのALOS-2/PALSAR-2観測データを使用した(表1、図1)。

表1 使用したALOS-2/PALSAR-2データの一覧

No.*	観測日時(災害後)	軌道・観測方向	オフナディア
(1)	1月1日23時10分	昇交・左	28.7
(2)	1月2日12時37分	降交・左	35.1
(3)	1月3日23時51分	昇交・右	38.7
(5)	1月8日23時58分	昇交・右	46.8
(6)	1月9日11時49分	降交・右	41.0
(8)	1月12日23時44分	昇交・右	32.8

※No.は図1の観測範囲と対応

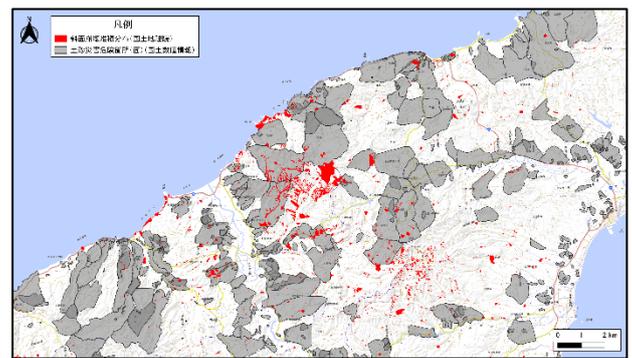


図3 斜面崩壊・堆積分布と土砂災害危険箇所(面)データ

2.2. 解析方法

2.2.1. 正規化強度差分 (NDI)

SAR 衛星データを用いた土砂災害の判読では、災害前後 2 時期の後方散乱強度の差分を用いることが多い (例えば、鈴木ほか (2020))。后方散乱強度は一般的に局所入射角に依存する (局所入射角が大きくなると后方散乱強度が小さくなる傾向) ことが知られており、オフナディア (観測角度) が異なる場合は、単純な差分では比較することができない。そこで今回は、下記の式を用いて観測データの後方散乱強度から正規化強度差分 (NDI) を算出した。

$$NDI = \frac{Int_{pre} - Int_{post}}{Int_{pre} + Int_{post}}$$

ここで、 Int_{pre} は災害前、 Int_{post} は災害後の后方散乱強度である。

2.2.2. コヒーレンス解析

コヒーレンス解析とは、衛星 SAR で観測された 2 時期のデータの位相と振幅 (強度) の揃い具合、干渉性の度合いを定量的に推定する手法で、下記の式により求められる。

$$\gamma = \frac{\langle s_1 s_2^* \rangle}{\sqrt{\langle s_1 s_1^* \rangle \langle s_2 s_2^* \rangle}}$$

ここで、 $\langle \cdot \rangle$ はデータの集合平均、 s_1 、 s_2 は複素信号、 $*$ は複素共役である。

2.2.3. 平均正規化強度差分と平均コヒーレンス値の分析

斜面崩壊箇所と非斜面崩壊箇所での解析値の分布に違いがみられるかを検討するため、それぞれの範囲ごとに正規化強度差分とコヒーレンス値の平均を算出し、マン・ホイットニーの U 検定を行った。また、山下ほか (2019) では、衛星視線方向 (観測方向) からの斜面向きによって、判読精度が異なることが報告されている。そこで、山下ほか (2019) と同様に、衛星との方向の関係から、斜面を表面・裏面・側面の 3 区分に分類してそれぞれの解析値の分布も算出した。

3. 結果

各解析結果の U 検定の結果を表 3 に、平均正規化強度差分と平均コヒーレンス値の分布を図 4 に示す。U 検定の結果、有意水準と考えられる p 値 0.05 を下回った観測データは、NDI (全体) では 4 ペア、コヒーレンス値では 2 ペアであった。また、NDI を斜面方向で区分すると、表面が 3 ペア、裏面が 2 ペア、側面が 5 ペアであり、側面が最も斜面崩壊箇所と非崩壊箇所との分布の差が表れやすい結果となった。

今後は、Sentinel-1 の結果も踏まえて検討を進めていく予定である。

表 3 U 検定で算出された P 値

観測日時 (災害後)	p 値				コヒーレンス
	NDI				
	全体	表面	裏面	側面	
1月1日	0.028	0.510	0.016	0.013	0.063
1月2日	0.755	0.277	0.318	0.008	0.019
1月3日	0.006	0.000	0.429	0.001	0.104
1月8日	0.001	0.000	0.865	0.610	0.264
1月9日	0.073	0.010	0.773	0.018	0.656
1月12日	0.002	0.947	0.000	0.000	0.706

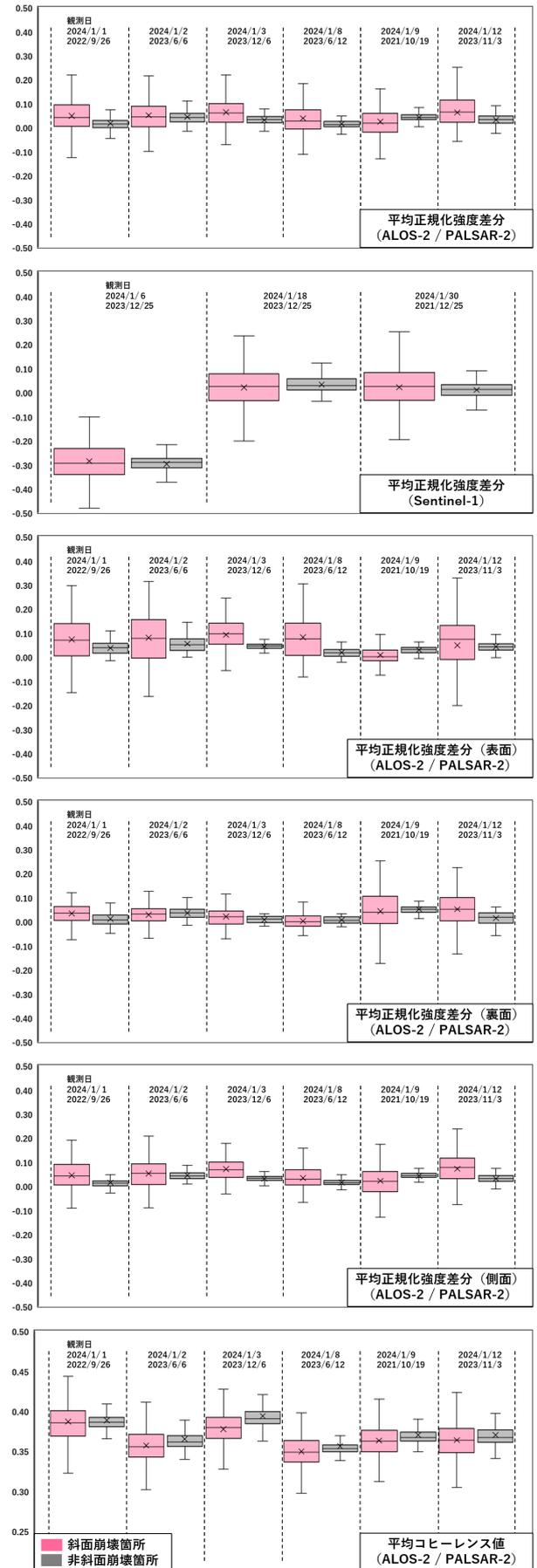


図 4 各解析結果の平均正規化強度差分及び平均コヒーレンス値の分布

【謝辞】本発表に使用したデータは、JAXA の無償公開データを利用しました。