

干渉 SAR で検出された斜面変動の形態的特徴 Morphological Features of Slope Deformation Detected by InSAR

○中埜貴元・岩橋純子

○Takayuki NAKANO, Junko IWAHASHI

InSAR technology can detect a crustal deformation caused by earthquake or volcanic activity and local deformation on the mountain slope. It is available for the slope monitoring if the InSAR can detect a precursory deformation of landslide. However, it is necessary to define the detection condition because there are currently many mistakes or omissions of detection in this case. As a result of extracting the phase change and morphological features of the slope deformation sites where the field survey was conducted among many slope deformation sites detected by InSAR analysis, the area and the amount of displacement of the non-deformation sites in the actual deformation sites were smaller than those of the deformation sites.

1. はじめに

干渉 SAR 技術は、2 時期（または多時期）間の地表の変位量を、センチメートルオーダーの位相変化として、十数～数十メートルの空間分解能で面的に検出できる技術であり、地震や火山に伴う地殻変動のほか、山地斜面等の局所的な変動（斜面変動）も検出可能である（佐藤ほか，2012；岡谷ほか，2012；Nishiguchi et al., 2017 など）。干渉 SAR で検出される斜面変動は、2 時期間の変動量が数センチメートル程度の変動であり、地すべり等の滑動崩落に至る前の前駆的な変動が捉えられれば、斜面防災のためのモニタリング等への展開が期待されるが、現状では誤検出や検出漏れも多く、どのような斜面（地形、地質的特徴等）でどのような変動（変動量、変動規模等）が検出されるのかといった検出条件を明確にしておく必要がある。本発表では、国土地理院の SAR 干渉解析において検出された多数の斜面変動箇所のうち、現地調査を実施した地点について、衛星及び実際の変動の有無ごとに、位相変化と変動場の形態的特徴を整理した結果を報告する。

2. 調査対象の概要

調査対象とした SAR 干渉画像は、JAXA の地球観測衛星「だいち (ALOS)」及び「だいち 2 号 (ALOS-2)」が 2006～2016 年にかけて観測したデータを国土地理院が解析したものである。それらの干渉画像中で、様々な条件を満たして斜面変動を示す位相変化として判読された地点は数百ヶ所にのぼるが、

それらのうちこれまでに 27 地点で現地調査を行い、実際の地表変動の有無を確認した。なお、これらのうちの 3 地点は他機関による現地地上観測データに基づく判断であり、また、地震に伴って検出された斜面変動は除いている。

現地調査箇所リストを表-1 に示す。また、表-1 において、現地で実際に変動が確認できた地点とできなかった地点の代表的な SAR 干渉画像を図-1 に示す。

表-1 現地調査箇所リスト

ALOS						
No.	地区名	所在地	緯度	経度	現地変動の有無	備考
1	七五三掛	山形県鶴岡市大網	38.59978	139.89057	○	地上観測データと現地調査による。鈴木ほか(2010)、佐藤ほか(2012)
2	猿沢	秋田県東成瀬村橋川	39.1481	140.73765	○	地上観測データによる。岡谷ほか(2012)
3	坂本川上流	静岡県静岡市葵区口坂本	35.19282	138.27832	○	斜面変動後の滑動崩落を現地にて確認
4	坂巻温泉	長野県松本市安曇	36.19832	137.60881	○	
5	田川	長野県天竜村神原	35.21833	137.81138	○	
6	地蔵峠	長野県飯田市上村	35.47561	138.01317	○	
7	小塩	長野県大鹿村鹿塩	35.6142	138.06489	○	
8	神納川	奈良県十津川村杉清	34.04002	135.62313	○	
9	右会津川右岸	和歌山県田辺市上秋津	33.77424	135.40896	○	
ALOS-2						
No.	地区名	所在地	緯度	経度	現地変動の有無	備考
10	葛之助谷	石川県白山市白峰	36.13039	136.76099	○	地上観測データによる。山中ほか(2016)、Nakano et al. (2016)
11	葵ノ川右岸	香川県本山町瓜生野	33.83232	133.53496	×	林道閉鎖のため調査できていない
12	奥白髪谷	高知県本山町七戸	33.83005	133.57478	○	
13	笹ヶ峰南東	高知県大豊町立川下名	33.87849	133.65057	×	位相変化域下部しか判読できていない
14	手箱谷	高知県いの町越前門	33.72786	133.22219	○	
15	大江	山形県大江町大字十八才甲	38.37038	140.12087	○	
16	十王	山形県白鷹町大字十王	38.17355	140.13145	×	地すべり地形のみ確認
17	柳川	山形県大江町大字柳川	38.38042	140.0317	×	地すべり地形のみ確認
18	見附川上流	山形県西川町大字大井沢	38.36166	139.96496	×	地すべり地形のみ確認
19	上小沼	山形県西川町大字水沢	38.4657	140.08942	○	
20	朝陣野北麓	宮城県宮崎市田野町甲	31.7931	131.30512	○	
21	板谷	宮城県日南市北郷町北河内	31.74061	131.28182	△	遺留から地すべり崩壊跡を確認
22	内之木場	宮城県三股町大字長田	31.73696	131.22725	×	地すべり地形のみ確認
23	尾瀬川右岸	宮城県日南市北郷町北河内	31.68896	131.34726	×	地すべり地形のみ確認
24	賚波	宮城県日南市南郷町賚波	31.4928	131.34956	×	地すべり地形のみ確認
25	都井峠	宮城県串本町大字大納	31.37513	131.31735	○	
26	国道448号	宮城県串本町大字市木	31.43637	131.36958	○	
27	日永八重	宮城県日南市大字瀧谷甲	31.66085	131.25117	△	地すべり地形とわずかな変位の痕跡を確認

3. 調査・整理方法

斜面変動を示す位相変化が検出された地点において、現地では主に位相変化の境界部に位置する人工構造物の変状の有無、滑落崖や線状凹地等の

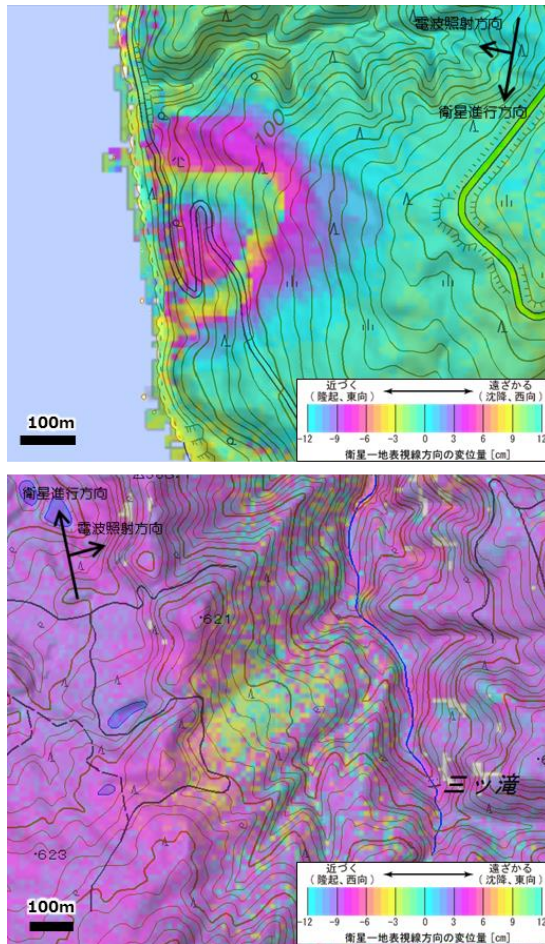


図-1 斜面変動を示す代表的な SAR 干渉画像。
 上：現地で変動が確認された地点（表-1
 の No. 25）、下：現地で変動が確認できな
 かった地点（表-1 の No. 16）。

地すべり地形の有無を確認した。この現地調査は、位相変化の検出後、一定期間経過後に実施している事後調査であるため、現地で確認された変状が必ずしも対象とした SAR 干渉画像の観測期間に生じたものとは言えないが、変状（またはその修復痕）の新鮮さや繰り返し状態から、その変状が近年生じたものなのか、継続して発生しているのかを判断し、それらのいずれかが認められた場合は「現地で変動が確認できた」と判断した。

位相変化と変動場の形態的特徴の整理においては、SAR の観測条件や位相変化の変位量 (LOS) ・面積、斜面傾斜度、斜面方位等を調査し、衛星及び現地での変動の有無ごとに集計した。なお、位相変化が複数の SAR 干渉画像で検出されている地点は、最も明瞭な位相変化のみを調査対象とした。また、現地での変動が間接的に確認された地点(表-1 の変動の有無が△)は、変動が確認できた地点に含めた。

4. 位相変化と変動場の形態的特徴

ALOS ではすべての調査地点で変動が確認できていたが、LOS の平均値は 7.4cm、位相変化の面積は約 17 万 m^2 で、変動場の平均斜面傾斜は 23.5 度であった。ALOS-2 では、現地で変動が確認できた地点は LOS の平均値が 7.7cm、位相変化の面積が約 15 万 m^2 であるのに対し、変動が確認できなかった地点は LOS の平均値が 6.8cm、位相変化の面積が約 7 万 m^2 であり、後者の方が LOS、面積ともに小さい傾向がみられた。平均斜面傾斜はいずれも 17.6 度であった。SAR 観測は、その観測方向と斜面方位との関係により検出感度が異なるが、いずれの衛星についても現地での変動の有無との間に関係はみられなかった。

5. まとめ

本研究では、干渉 SAR により検出された斜面変動について、位相変化と変動場の形態的特徴を調査・整理し、現地で変動が確認できた地点とできなかった地点で若干の差が認められたが、サンプル数が少ないうえ、対象地区に偏りがあるため、今後さらなる調査研究が必要である。

6. 謝辞

「だいち」及び「だいち2号」のデータの所有権は、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 及び経済産業省にあります。これらのデータは、だいち及びだいち2号に関する国土地理院と JAXA 間の協定に基づき提供されたものです。数値気象モデルは、「国土地理院と気象庁とのオンラインによる防災情報の相互交換に関する協定」に基づき、気象庁から提供されました。

7. 引用文献

- Nishiguchi et al. (2017): Detection and accuracy of landslide movement by InSAR analysis using PALSAR-2 data. *Landslides*, 14(4), 1483-1490.
- 岡谷ほか (2012): ALOS/PALSAR 干渉画像による秋田県東成瀬地区地すべりのモニタリング. *写真測量とリモートセンシング*, 51(2), 95-102.
- 佐藤ほか (2012): SAR 干渉画像を用いた地すべり地表変動の検出について-山形県月山周辺を事例にして-. *日本地すべり学会誌*, 49(2), 61-67.