

山形県七五三掛地すべりの地形的特徴と時系列 SAR 干渉画像による地表変動の監視  
Geomorphological features and surface deformation monitoring using time-series images of SAR  
interferometry in Shimekake landslide, Yamagata Prefecture, Japan

国土地理院地理地殻活動研究センター\*・測地部\*\*

佐藤 浩\*・鈴木 啓\*\*・雨貝知美\*\*

Hiroshi P. SATO, Akira SUZUKI Tomomi AMAGAI

Geographical Survey Institute (GSI)

山形県鶴岡市大網字七五三掛(しめかけ)地内において、2月25日、住民からの通報で地すべりが原因と推定される亀裂が確認された<sup>1)</sup>。それ以降、図—1に示す刈谷川と猫谷川に挟まれた地すべりブロックが活動し、その被害は地元紙<sup>2)</sup>や全国紙<sup>3)</sup>でも報道された。山形県庄内総合支庁及び鶴岡市朝日庁舎職員が変動を監視するとともに、国と山形県において強力に地すべり対策が進められている<sup>4)</sup>。



図—1 活動的な地すべりブロックの位置(赤破線)を日本地すべり学会誌<sup>5)</sup>に基づき補入した。背景は国土地理院の50mメッシュ標高データと数値地図 1/25,000(地図画像)。

Fig.1 Location of active landslide block (red-broken line) based on Journal of the Japan Landslide Society. Back image is the 1/25,000 digital map (map image) overlaid on 50 m-grid digital elevation model of GSI.

1) <http://www.pref.yamagata.jp/business/farm/6140017shimekakeh21.html>

2) 4月12日付庄内日報

3) 5月30日付朝日新聞朝刊

4) <http://www.city.tsuruoka.lg.jp/020201/page2929.html>

5) 日本地すべり学会誌, 46巻, 60-61ページ

七五三掛を含む大網付近一帯は月山火山西部・大網丘陵として地形区分がなされている<sup>6)</sup>。また、大網付近の地質は、中部中新統下部の大網層からなる。その岩相は、下部は安山岩～玄武岩質の火山碎屑岩、上部は軽石質凝灰岩・凝灰質砂岩・シルト岩からなる<sup>7)</sup>。図—1を見ると、七五三掛付近では、十王峠が乗る標高 500m～550m の主尾根から麓の標高 370m 付近の遷緩線までを主滑落崖とし、標高 250m 付近を平坦面の末端部とするような広大な古い地すべり地形をなす。今回の活動ブロックは、このような古い地すべり地形の内部で再活動した地すべりである。なお、防災科学技術研究所からは、七五三掛(しめかけ)地すべり周辺の地すべり地形の再判読結果が公表されている<sup>8)</sup>。

七五三掛付近では、同じ大網の上村で 1906～1910 年(明治 39～43 年)に大規模な地すべりがあり、その後引き続き活動し、1935 年(昭和 10 年)から再び大規模な地すべりが生じて家屋、田畑、水路・堰堤に被害が生じた。関谷でも、1951 年(昭和 26 年)に地すべりによる田畑等への被害が記録されている<sup>6)</sup>。

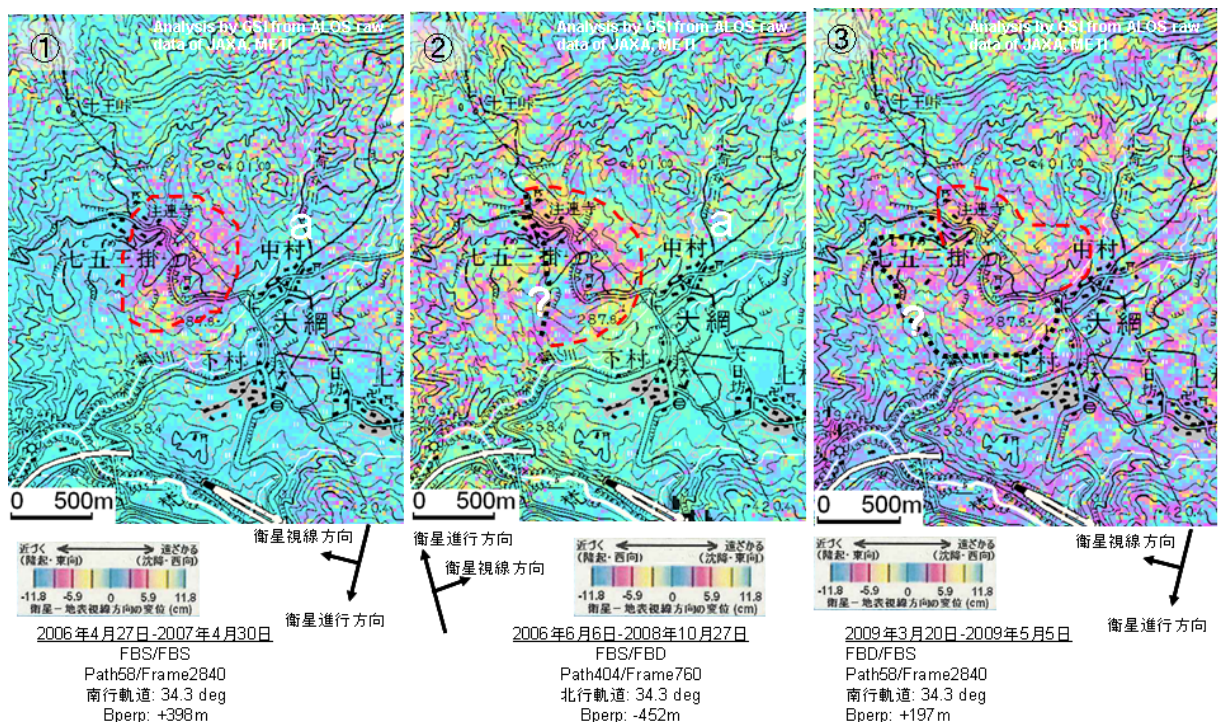
6) 経済企画庁, 1964, 土地分類基本調査 1/5 万「湯殿山」

7) 日本の地質2「東北地方」, 共立出版, 173 ページ

8) <http://lswb1.ess.bosai.go.jp/disaster/shimekake/shimekake.html>

合成開口レーダー(SAR)は、人工衛星などに搭載した画像レーダーで地表面の詳細を調べるものである。この観測を、同じ場所に対して2回以上行って、位相の差をとる(干渉)と、地表面の動きを詳細にとらえることができる。これが干渉 SAR とよばれる技術で、地震・火山活動や地盤沈下・地すべりによる地表の動きを宇宙から調べることができる。図—2は、2006 年(平成 18 年)1月 24 日にわが国が打ち上げた人工衛星「だいち」<sup>9)</sup>に搭載されている PALSAR<sup>10)</sup>センサーデータによる時系列の SAR 干渉画像<sup>11)</sup>を示している。

図—2①を見ると、既に 2007 年 4 月 30 日の時点で、無変化の青が広く広がる点 a 周辺を基準として青→赤→黄と色が変わり(赤破線の範囲)している。この範囲は、2006 年 4 月 27 日から約 1 年間で、衛星から遠ざかるように、西向き成分あるいは下向き(沈降)成分を有しつつ衛星視線方向に沿って 9cm 程度変動したこ



図—2 時系列の SAR 干渉画像

Fig.2 Time-series images of SAR interferometry

とが判る。SAR 干渉画像は、地表の動きが緩やかな場合には干渉縞の色が緩やかに変化するが、急激に変化する場合には、それとともに干渉縞の色も急激に変化する<sup>12)</sup>。このことから判断すると、図—2①は地表の緩やかな動きを示唆している。すなわち、浅い場所にすべり面を有して地表面に亀裂をもたらすような急激な動きでは無く、深い場所にすべり面を有するような緩慢な動きが生じていた可能性がある。



図—3 図—1のA、B地点の地表変動（6月15日撮影）

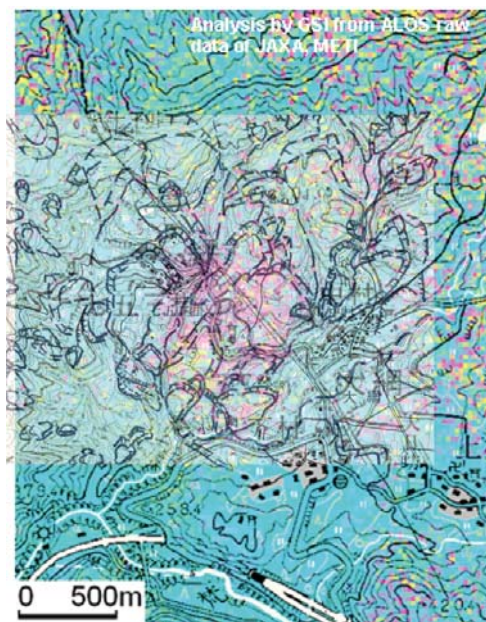
Fig.3 Surface deformation at the points A and B in Fig.1 (taken on 15 June)

図—2①に示される変動は、図—1において猫谷川の東側の神社が載っている尾根を中心としており、今回の活動ブロックとは別のブロックの変動が示されている。今回の活動ブロックが図—2①で検出されなかった理由として、そもそもこの時期にそのような変動が無かったか、たとえあったとしても、そのブロックが衛星視線方向と直交する向き（この場合、南南西の向き）に移動したことが考えられる。つまり、SAR干渉解析では、衛星視線方向と直交する向きの変動には感度が無い。

図—2②は、2006年6月6日に対する2008年10月27日の変動を示す。無変化の青が広く広がる点a周辺を基準として青→黄→赤と色が変化（赤破線の範囲）し、この間に衛星に近づくように、ブロックが西向き成分を有しつつ衛星視線方向に沿って11cm程度変動したことが読み取れる。また、その南縁が南へ（小網川方向へ）若干、広がったように見える。黒点線で示す西縁は、より西側の干渉度が低いため移動したブロックの範囲を明瞭に読み取れないことを示す。

図—2③は、2009年3月20日に対する2009年5月5日の変動を示す。十王峠の載る主尾根を中心とする周辺は無変化の青が広がるのに、七五三掛地区を中心に色がざらついており干渉度が低い。これは、この期間において地表面（たとえば、集落内の道路や水田、畦畔）の状態が一定で無くなったためと考えられる。図—3Aには、図—1のA地点で撮影した集落内の地表変動の状況を示す。

図—2③に、明瞭に読み取れるブロックの範囲を赤破線で示した。干渉縞が不明瞭な範囲の縁を黒点線



図—4 防災科学技術研究所の地すべり地形データベース<sup>7)</sup>と図—2①に示したSAR干渉画像の重ね合わせ

Fig.4 Overlay of landslide distribution map by National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention on the image of SAR interferometry, shown in the left of Fig.2(1)

で示した。干渉度が低いので確定的なことは言えないが、中村地区から見ると、小荷谷川を隔てて西側の斜面でも SAR 干渉画像がブロックの移動を検出した可能性がある。図-3Bに、図-1の B 地点で撮影した道路上の亀裂を示す。この地点では、北東側に対して南西側が落ちる向きの変動が示され、現地で観察された道路の補修状況から、これまでも何回か変動が生じていたようである。

図-4は、防災科学技術研究所の地すべり地形データベースで公開されている再判読結果<sup>7)</sup>を図-2①と重ね合わせたものである。七五三掛地区では、注連寺が乗る東側のブロックと、それを切る、より新しいブロックが西側にあって、西側のブロックが、今回の活動ブロックに相当する。また、図-4を見ると、七五三掛と中村の間にもブロックがいくつかあって、図-2①は、図-1で神社と示した部分に相当する地すべりブロックと、その斜面下方、南西側のブロックの変動を検出したものと思われる。しかし、6月8日現在、七五三掛集落が位置する東側について、地すべり性の亀裂というような深刻な変状は見いだされていない<sup>13)</sup>。

図-2に示した3つの期間を通して見ると、①から②の時期にかけて、赤破線の範囲が注連寺の北西側の神社にも広がり、斜面上方に変動域が拡大しているようである。②から③の時期について、赤破線の範囲が斜面の上方向きに拡大している傾向は読み取れない。ただし、今回の活動ブロックの斜面上方(図-5)で最近、地すべり性の亀裂が生じていることが指摘されており、地すべり活動の進展に伴う上部斜面への拡大の兆候とみられている<sup>13)</sup>。実際、十王峠の斜面下方、標高 370m 付近の斜面の遷緩線付近などにおいて、現地で斜面の伸縮が計測されていた。

当地区の地すべりは、現在も活発に滑動中であり、その動きは今後も継続するものと想定されることから、引き続き警戒する必要<sup>14)</sup>があり、また、現在地すべりの兆候が地表面に見出されていない箇所においても、変動の可能性のある箇所については GPS 観測のような現地の地表変動モニタリングが重要である。



図-5 活動ブロックの斜面上部の 1/15,000 空中写真(国土地理院 1977 年撮影、立体視可能)  
Fig.5 Upper slope of the active landslide block shown in the stereo-pair of aerial photographs (1/15,000) taken by GSI in 1977.

9) 陸域観測技術衛星(Advanced Land Observing Satellite: ALOS)

10) フェーズドアレイ方式Lバンド合成開口レーダ(Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar: PALSAR)

11) <http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/sar/mechanism/mechanism.html>

12) [http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/sar/sar\\_data\\_HP/html/howto\\_sar.html](http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/sar/sar_data_HP/html/howto_sar.html)

13) [http://yamagata-np.jp/news/200906/08/kj\\_2009060800152.php](http://yamagata-np.jp/news/200906/08/kj_2009060800152.php)

14) [http://www.pwri.go.jp/team/landslide/topics/topics\\_shimekake.htm](http://www.pwri.go.jp/team/landslide/topics/topics_shimekake.htm)