

道路沿いの急傾斜斜面の変位計測への DInSAR の適用性について (その 3)

山口大学 学生会員 ○上野明紘 久保奨太郎

山口大学 正会員 中島伸一郎 清水則一

1. はじめに

人工衛星に搭載された合成開口レーダー (SAR : Synthetic Aperture Radar) による差分干渉 SAR¹⁾

(DInSAR : Differential Interferometry SAR) は, 地表にセンサ等を設置することなく, 広範囲の地表面変位分布を過去にさかのぼって求めることができる方法として注目されている²⁾. 一方, 道路沿い斜面のような計測対象領域は $0.1 \sim 1 \text{ km}^2$ 程度の場合が多く, これまでDInSARが適用されてきた範囲と比べると狭く, また, 植生のある急傾斜地も含まれる. このような条件下でのSARの適用性については十分に明らかではない. 筆者らは, 道路沿いの急傾斜斜面を対象に斜面の安全監視へのSARの適用性について検討している^{3),4)}. 本報告では, SBAS-DInSAR⁵⁾を用いて, SARの適用対象としては比較的狭い急傾斜斜面に対する変位計測結果の適用性について考察する.

2. DInSARとSBAS解析

DInSARは, 計測対象領域に対し, SAR衛星が異なる時期に観測したデータ (地表に照射されたマイクロ波の反射波位相) を用いて, 地表面変位を検出する方法である¹⁾. 解析で得られる変位は, 図-1に示すSAR衛星と地表点を結ぶマイクロ波の照射方向 (LOS : Line of Sight) の距離の伸縮量 (一次元変位) である. 本研究では, 時系列DInSAR解析法の一つSBAS (Small Baseline Subset) 法⁵⁾を用いる. この手法では, 同一領域を多時期に観測したSARデータを使用し, 変位分布の時系列推移を求めることができる.

3. 対象斜面と使用SARデータ

図-2に対象現場を示す. 現場は海岸の国道沿いに位置する急傾斜斜面であり, 安全監視のため長期にわたりGPSによって毎時間隔で三次元変位を計測している⁶⁾. SBAS-DInSAR解析にはJAXAの運用するALOS-2により2014年から2021年の間に観測されたAscending (北行軌道) の16データ, Descending (南行軌道) の26データを用い, 解析対象は対象斜面を含む

$3.7 \text{ km} \times 4 \text{ km}$ の範囲とした. なお, 解析にはSARscape ver.5.6.2 (sarmap社) を用いた.

4. 解析結果

解析範囲全体と対象斜面周辺の LOS 変位分布の最終結果を図-3 および図-4 に示す. LOS 変位の地表面における解像度は $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ である. 干渉性が低く解の信頼性が小さい箇所の変位は表示していない. 解析範囲全体では Ascending, Descending とともに傾斜

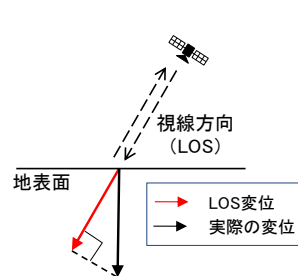
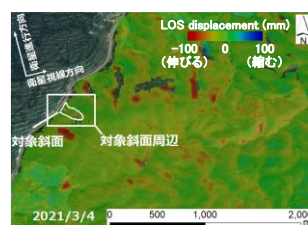


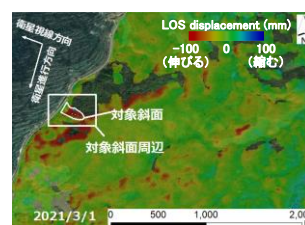
図-1 DInSARによる観測変位



図-2 対象斜面およびGPSセンサ位置

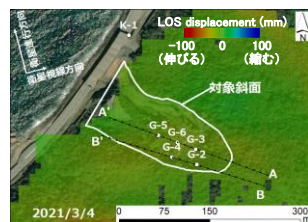


(a) Ascending

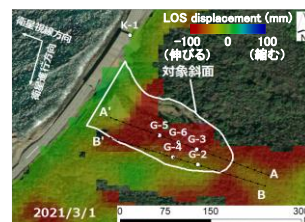


(b) Descending

図-3 解析範囲全体の LOS 変位分布



(a) Ascending



(b) Descending

図-4 対象斜面周辺の LOS 変位分布

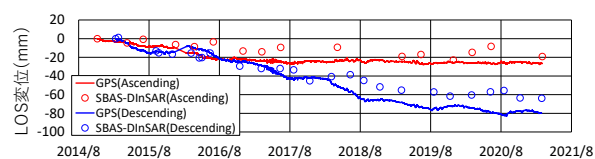


図-5 G3におけるSBAS-DInSARとGPSのLOS変位量の比較

キーワード 急傾斜斜面, 変位モニタリング, DInSAR, SBAS

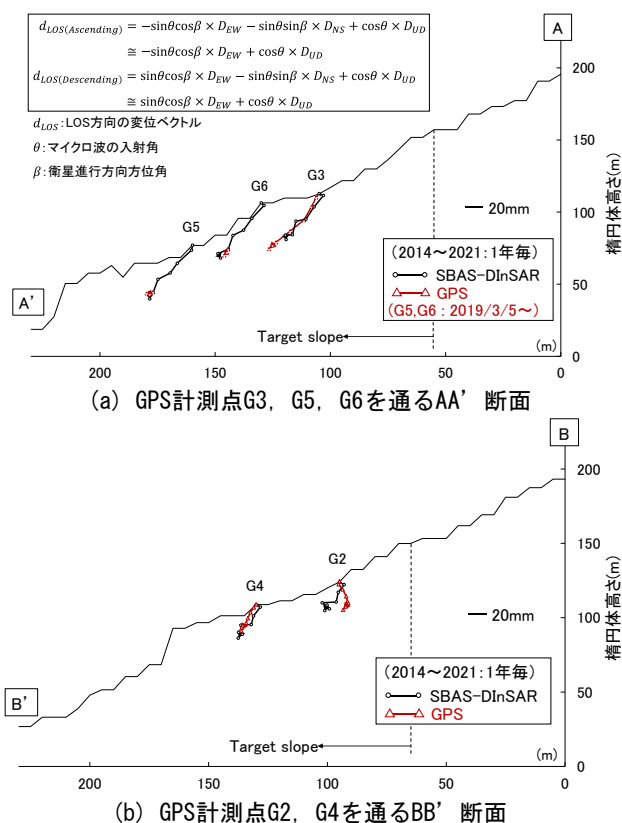
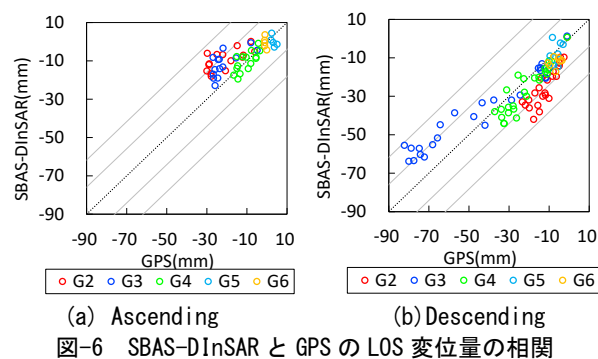
連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学工学部 TEL 0836-85-9334

の大きい尾根と谷付近でやや大きな変位が見られる。これは実際の変動というより、地形や植生などの影響を受けた誤差と思われる。一方で対象斜面周辺に注目するとDescendingで比較的大きなLOS方向伸長変位が見られる。次に、GPS変位計測結果⁹⁾と比較する。GPS変位計測で得られる変位は三次元変位であり、DInSARの結果と比較するためにLOS方向に変位を投影する³⁾。図-5にGPS計測点におけるSBAS-DInSAR、およびGPSのLOS変位の時間推移の一例を示す。SBAS-DInSARによる結果はGPS計測結果とおおむね良い一致を示している。図-6にDInSARとGPSの結果の相関を示す。両者の差はおおむねAscendingでは±10 mm以内、Descendingでは±20 mm以内に収まっており、SBAS-DInSAR解析としては良好な結果が得られている。

AscendingとDescendingの二方向のLOS変位から、南北方向変位の影響は小さいと仮定して、東西方向変位 D_{EW} と鉛直変位 D_{UD} を推定する。図-7にAA', BB'断面上(図-5参照)のGPS計測点における、推定した東西・鉛直方向変位をベクトルで示す。変位ベクトルは2014年から2021年までの1年ごと(2014年～2015年は3ヶ月)、G5, G6のGPS変位計測(計測開始:2018/12/25)による変位ベクトルは、2019/3～2021/3までを示す。SBAS-DInSARによる変位ベクトルはGPSによる変位ベクトルと同様、斜面下方に向かう傾向にあり、DInSARによって変位の大きさだけでなく、変位の向きもおおむね妥当に推定されることがわかる。

5. まとめ

- ・ SBAS-DInSARによる変位は約7年間にわたり、GPS変位計測結果と比べ10 mm～20 mm程度の差で得られていることが分かった。植生の多い急傾斜斜面に対する結果としては良好であった。
- ・ 山間部の尾根、谷部では誤差とみられる比較的大きな変動があり、これをどのように解消するかは今後の課題である。
- ・ SBAS-DInSAR解析とGPS変位計測に基づき作成した変位ベクトルを重ね合わせると両者はよく一致しており、DInSARは変位の大きさだけでなく、変位の向きもおおむね妥当に推定されることが示された。



参考文献

- 1) Ferretti, A.: Satellite InSAR Data: reservoir monitoring from space, EAGE, 2014.
- 2) 清水則一: 宇宙技術を利用した変位モニタリング, 地盤工学会誌, 69(1), pp.58-67, 2021.
- 3) 久保奨太郎, 永崎寛太, 里岳志, 中島伸一郎, 清水則一: 道路沿いの急傾斜斜面の変位計測へのDInSARの適用性について, 第48回岩盤力学に関するシンポジウム講演集, 440-445, 2022.
- 4) 久保奨太郎, 永崎寛太, 中島伸一郎, 清水則一: 道路沿いの急傾斜斜面の変位計測へのDInSARの適用性について(その2), 令和4年土木学会全国大会年次学術講演会公演概要, III-385, 2022.
- 5) Berardino, P., Fornaro, G., Lanari, R. and Sansosti, E.: A new algorithm for surface deformation monitoring based on small baseline differential SAR interferograms. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 40(11):2375-2383, 2002.
- 6) 里岳志, 中島伸一郎, 清水則一: GPSによる急傾斜斜面の3次元変位の長期連続計測, 第15回岩の力学国内シンポジウム講演集, pp.59-64, 2021.