

地上型 SAR による金山沢不安定土塊の遠隔監視

国土交通省北陸地方整備局松本砂防事務所 城ヶ崎正人^{※1}、渡邊 剛、田端 泰三^{※2}
 株式会社パスコ ○野田敦夫、横田 浩、西川大亮、吉川和男、三五大輔、堀内成郎
 (※1：現 奈良県 ※2：現 千曲川河川事務所)

1. はじめに

姫川水系浦川上流右支の金山沢では、近年活発に移動する不安定土塊（以下、土塊という）の存在が確認されており¹⁾、その実態を解明するために各種観測が実施されている²⁾（図-1）。土塊は金山沢源頭部からの崩壊土砂で形成されており、源頭部付近は現状でも不安定な状況にあることから、大規模な崩壊が発生した場合には土塊を含めた多量の土砂流出現象が発生することが危惧される。このため、極端な豪雨等が発生した際には源頭部を含めた土塊の監視を行うことが望ましいが、現地立入には危険が伴うことや、崩壊発生の予兆がどの地点で発生するか不明のため、地盤伸縮計等による監視が困難であるという課題がある。

上記を踏まえ、遠隔地から面的に金山沢源頭部・土塊の監視を行う一手法として、豪雨時に地上型合成開口レーダ（以下、地上型 SAR という）による観測を試行したので報告する。

2. 観測方法

2.1. 地上型 SAR について

地上型 SAR は電波を斜面に繰り返し照射し、反射波の位相差を計ることで 2 時期間の微小な地形変位を面的に捉える装置である。本装置は観測距離が最大 4km であり、観測範囲内への立入が不要で、観測変位計算結果も短時間で実施可能等の特徴がある。本装置は 2013 年に発生した門島地すべりの斜面監視に適用されており、崩壊発生前の微小な斜面変位の把握に成功している³⁾。

2.2. 観測方法

2.2.1. 地上型 SAR の設置

地上型 SAR は土塊および源頭部が見通せる下流側の林道脇の空きスペース（金谷橋付近）に設置した。設置点から源頭部までの距離は約 2km である（図-2）。

2.2.2. 観測間隔・期間

観測間隔は 5 分/回とし、約 1 週間の観測を実施した。観測緒元を表-1 に示す。なお、当該期間中には台風 19 号の影響により最大日雨量 91mm（金山沢観測所）が発生している。

2.2.3. 観測精度の現地検証

地上型 SAR の観測精度を確認するために、土塊上に電波を反射しやすい素材で作成したコーナーリフレクター（以下、CR という）を設置し（図-3）、CR を人為的に変位させる検証試験を実施した。CR の変位量は、地上型 SAR の機械精度（最少：約 0.1mm/回、最大：約 4mm/回）を考慮し、0.05～3.0mm/回とした。なお、地上型 SAR と CR 間の距離は約 1.3km である。

3. 観測結果

3.1. 観測可能範囲

地上型 SAR による観測結果の一例を図-4 に示す。図より、土砂移動現象により裸地化した範囲については、源頭部まで観測可能

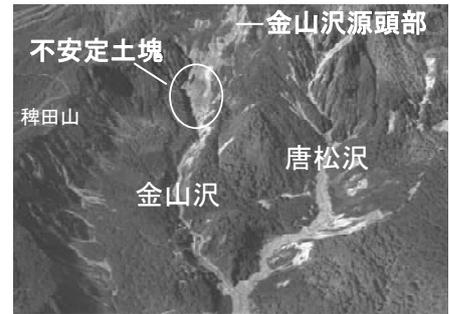


図-1 金山沢不安定土塊の位置



図-2 地上型 SAR 設置状況

表-1 地上型 SAR 観測緒元

項目	諸元	
観測期間	2014 年 10 月 1 日～10 月 8 日	
機器の名称	IDS 社 IBIS-FL	
中心周波数と帯域幅	17.175GHz 140MHz	
合成開口長(レール長)	2m	
対象斜面までの距離	約 1km～2km	
仰角	20°	
分解能	視線方向	0.6m
	視線と直行方向	4.36mrad(1,000m 先で約 4.36m)
計測精度(カタログ値)	最大 0.1mm	
計測間隔	約 5 分	
観測限界	±約 4mm/5 分	



図-3 コーナーリフレクター (CR)



図-4 地上型 SAR 観測結果の一例

であることが確認された。また、観測期間中は降雨や濃霧が発生したが、同時帯においても観測は可能であった。

3.2. 精度検証結果

地上型 SAR の精度検証試験の結果を図-5 に示す。図より、地上型 SAR の観測値と CR の変位量は概ね一致しており、その差は 1mm 未満であることを確認した。

3.3. 観測期間中に確認された現象

地上型 SAR の観測期間中、源頭部・土塊が大規模に変位する傾向は確認されなかったが、台風 19 号に伴う降雨が発生した後に、土塊の一部において変位速度が上昇する箇所が確認された(図-6, 7)。当該箇所は土塊の側方に位置し、断続的に拡大崩壊が発生している。降雨後に現地確認を行ったところ、当該箇所では小規模な拡大崩壊が発生したものと推定された(図-8)。

3.4. 航空レーザ計測との比較

2013 年 11 月、2014 年 10 月に実施された航空レーザ計測データより、土塊周辺の高さ方向の年間変化を把握した結果を図-9 に示す。図より、土塊及び源頭部には大きな地形変化は見られなかったが、地上型 SAR により変位が確認された土塊の側方部分では、溪床部が侵食され、土塊の一部がせり出す傾向が確認された。

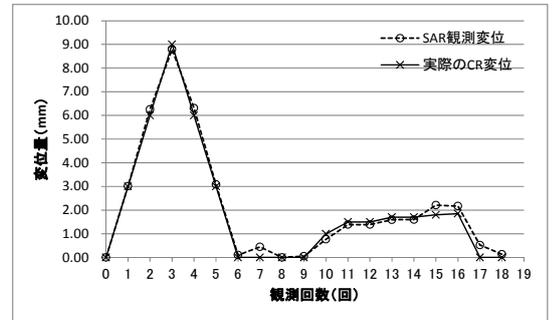


図-5 地上型 SAR 検証結果

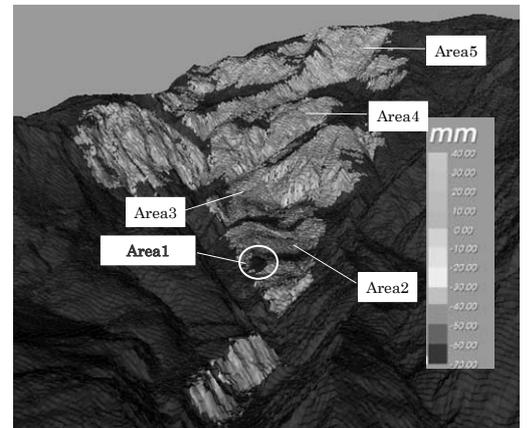


図-6 確認された変位箇所(图中: Area1)

4. 考察

今回の試験観測結果からは、観測期間中に土塊・源頭部が大きく変位するような傾向は確認されなかった。一方、変位速度の上昇が確認された土塊の一部については、精度検証・現地確認結果を踏まえると、崩壊発生前の斜面の微小なせり出しをとらえたものと推定される。これらの結果は航空レーザ計測結果においても類似する傾向となっていることが確認された。

以上の結果より、地上型 SAR の試験観測結果は、対象範囲内の地形変位を概ね捉えているものと考えられる。

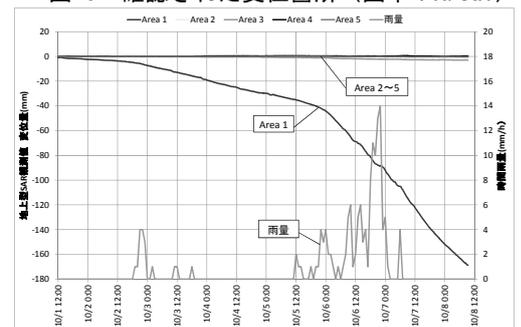


図-7 SAR 変位量の推移

5. おわりに

試験観測結果からは地上型 SAR により約 2km 離れた斜面等の観測が可能であることが確認された。また、悪天候時にも観測が継続できたことから、豪雨時の緊急監視にも有効な観測手段であると考えられる。

なお、地上型 SAR は崩壊発生前の微小な変位を把握できるが、観測限界値(約 4mm/5 分)を超える変位は把握困難であることや、植生域の変位が捉えられないこと等の特徴がある。今後、本手法を斜面監視に適用する際には、これらの特性に留意して解析を行う必要がある。



図-8 変位箇所の現地状況

【参考文献】

- 1) 判田ら：金山沢不安定土塊の土砂移動実態，平成 25 年度砂防学会研究発表会概要集，2013
- 2) 城ヶ崎ら：金山沢不安定土塊の近年の土砂移動実態及び観測について，平成 26 年度砂防学会研究発表会概要集，2014
- 3) 松下ら：静岡県浜松市天竜区春野町における地上設置型合成開口レーダーを用いた斜面監視について，平成 26 年度北陸地方整備局管内事業研究会，2014



図-9 航空 LP データ差分結果 (2013. 10~2014. 11)