

干渉 SAR を用いた土砂災害予兆監視手法の検討

国土交通省 国土技術政策総合研究所 吉川知弘・水野正樹・林真一郎・佐藤匠
日本工営株式会社 ○中川和男・藤元亮・松本定一

1. はじめに

天然ダム等の大規模土砂災害に対する危機管理の観点から、深層崩壊に関する全国マップが公表される等、大規模土砂災害の危険度の高い地域の特定が進められている。その一方で、大規模土砂災害の発生時期の予測に関しては技術が確立されていない。

そこで本検討では、衛星干渉 SAR 解析を用いて深層崩壊等の大規模土砂災害前の土塊の微少な移動を監視し抽出する可能性を検討したので、検討成果を報告する。

2. 目的

衛星合成開口レーダー画像を用いた干渉 SAR 解析は、地震や火山活動等に伴う地盤変動の把握に用いられている技術であり、土砂災害への応用が期待されている。

本検討は、災害状況把握を目的の一つとした日本の陸域観測衛星 ALOS (だいち) の 2 時期の合成開口レーダー画像を使用して、干渉 SAR 解析を用いた土砂災害予兆監視手法の有効性を確認することを目的とした。使用した衛星データは、宇宙航空研究開発機構(JAXA)より共同研究の一環として提供を受けた。

3. 解析対象地域と検討方法

解析対象地域は、土塊移動が確認され変動量が観測されている福島市塩の川地すべり、及び地盤が変動した可能性がある福島市土湯温泉付近の 2 地域とし、衛星干渉 SAR 解析を用いた地盤変動の把握を行った。植生に覆われた斜面が対象となるため、SAR データは植生域の影響の少ない L バンドの ALOS PALSAR を使用した。

さらに、塩の川地すべりは移動杭の観測データを収集し、土湯温泉付近は現地調査を実施した。

解析対象地域を、図-1 に示す。

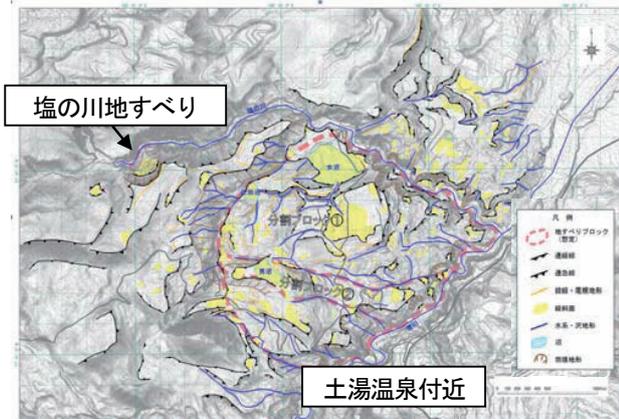


図-1 解析対象地域
(福島市塩の川地すべり・土湯温泉付近)

衛星干渉 SAR 解析を用いた地盤変動把握手法

干渉 SAR 解析は、2 時期以上の合成開口レーダー画像を用いて位相差を計測し、広域から地盤変動地域を面的に把握する技術である。干渉 SAR 解析の処理手順は利用するソフトウェアにより若干異なるが、基本的な処理の流れは同じである。干渉 SAR 解析の一般的な処理手順を、図-2 に示す。

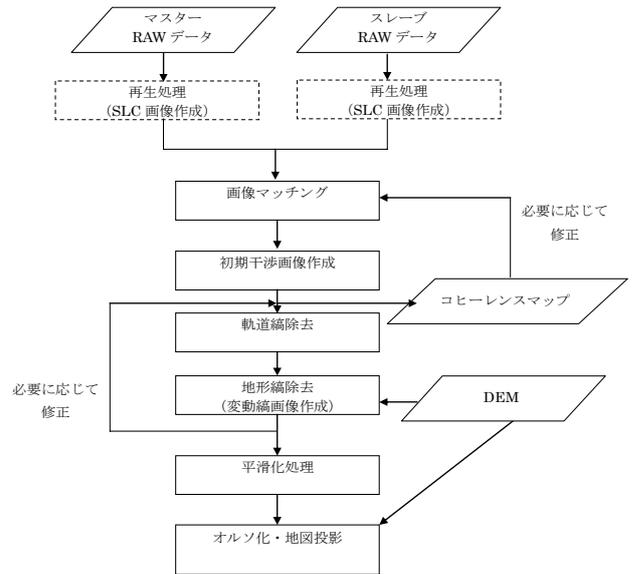


図-2 干渉 SAR 解析の処理手順

4. 衛星干渉 SAR 解析を用いた地盤変動の把握結果

干渉 SAR 解析処理では、マッチング処理の精度を確保するために、処理過程でマッチングの精度を確認し、精度が低い場合には、処理パラメータ等を見直し、手動でタイポイントを取得する等の再処理を行った。また、干渉処理の過程で作成されるコヒーレンスの画像を利用して、地すべり地域の干渉状況を確認した。解析結果を表-1 に示す。

表-1 干渉 SAR 解析ペアと干渉結果

	マスター	スレーブ	軌道	垂直基線長	干渉結果
当初ペア	2010/10/22	2008/5/31	ディセンディング	563m	×
	2011/1/22	2008/5/31	ディセンディング	409m	×
	2011/1/22	2010/10/22	ディセンディング	972m	×
	2010/11/2	2008/4/26	アセンディング	960m	×
	2011/2/2	2008/4/26	アセンディング	155m	×
	2011/2/2	2010/11/2	アセンディング	805m	×
	2011/2/2	2011/3/20	アセンディング	777m	◎土湯温泉
追加ペア	2009/9/20	2009/5/5	ディセンディング	691m	◎塩の川
	2010/9/6	2010/4/21	ディセンディング	212m	×
	2009/9/14	2009/7/30	アセンディング	487m	×
	2010/9/17	2010/5/2	アセンディング	277m	×

当初、塩の川地すべりと土湯温泉付近を含む SAR 画像のペアを選定し、ディセンディング (南向軌道) 3 ペア、アセンディング (北向軌道) 4 ペアの計 7 ペアで干渉処理

した結果、土湯温泉付近で1ペアが良好に干渉した。

さらに、地盤変動の明らかな塩の川地すべり地域に対象を絞り、東日本大震災前の追加4ペアで干渉処理した結果、塩の川地すべりで1ペアが良好に干渉した。

塩の川地すべり地域における2009年9月20日と2009年5月5日の解析結果を、図-3に示す。

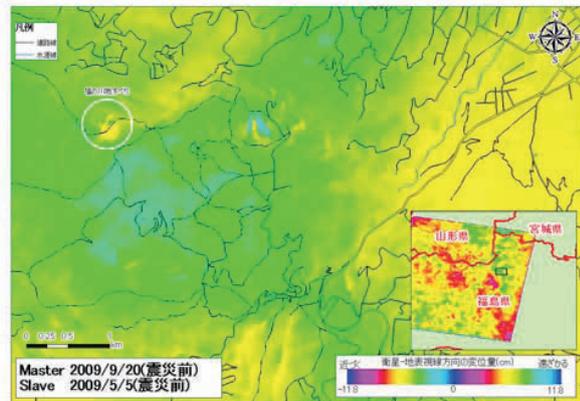


図-3 干渉 SAR の解析結果

塩の川の移動杭の変動量10cm前後の鉛直変位に対して、図-3に示すとおり、3cm程度の変動を確認した。

土湯温泉付近の既存地すべり分布図(ブロック図)②とLPデータ等より地すべりブロックを想定し、2011年2月2日(震災前)と2011年3月20日(震災後)の干渉SAR処理結果と重ねた図を、図-4に示す。

既存研究で報告③されているように、良好に干渉した土湯温泉付近では干渉縞が確認できた。

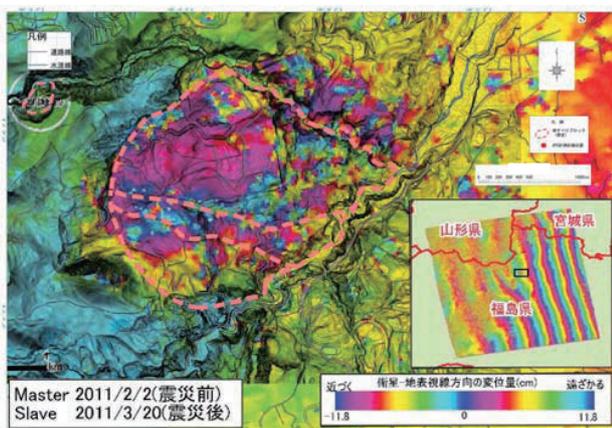


図-4 干渉 SAR の解析結果と地すべりブロック(想定)

干渉の成功確率は、好条件下で1/3の確率となった。そして使用した画像ペアから干渉性低下の要因整理を行った。

- ・軌道間距離の垂直成分は短いほど干渉性が高く、1000m以内が望ましい。
- ・天候は降雨や降雪の影響を受けないことが望ましい。
- ・観測季節は農地等の季節変化、落葉で干渉性が低下する可能性がある。
- ・水蒸気等の影響がないよう、観測時気象条件を確認する。
- ・斜面方位・勾配について、山間地は平坦地よりも基線長

の影響が大きい。衛星側の斜面の方が干渉性が高い。

- ・電離層擾乱について、電離層の減少時に発生するプラズマの変動、電離層の緯度方向への伝搬影響がある。

5. 干渉 SAR 変状確認時の現地調査手法の整理

土湯温泉付近を対象例として、干渉 SAR による変状が確認された場合に、現地踏査による変動の有無確認、地盤変位が計測できる調査手法について検討した。

また、調査が深層崩壊等の崩壊前土塊の微小な変動の監視(特に地盤変動が生じている可能性がある箇所の変動確認調査)を目的とすることから、調査手法は、変動の有無が不明な状態でも設置・計測できることを条件に、実績、コスト、精度、容易性、簡易性の面で比較検討した。比較検討では、地盤伸縮計、地盤傾斜計、GPS計測(手動)、GPS計測(自動)、レーザスキャニングを候補とし、GPS計測(手動)が最も適用性が高い結果となった。なお、山林での計測は上空視界確保が難しく、GPS計測計画位置の変更が必要となった。

6. まとめ

本稿では、土砂災害予兆監視手法の有効性について検討した結果、干渉 SAR は、調査手法が確立されてきたものの、定量的な変動量の把握は難しく、定性的な変動有無の把握、10cm程度オーダーでの変動量把握は可能であった。特に、①干渉可能性の高い条件でのペアの選定が重要であること、②複数ペアで調査すること、③変動有無の確認は微地形分布図、土砂災害危険箇所マップ、地すべり分布図などの他のデータと組み合わせた判断が必要であること、に留意が必要である。ただし、必ずしも理論通りに干渉する訳ではなく、良好な干渉 SAR 解析画像は好条件下で1/3程度の確率であり、4ペア程度以上の複数処理が望ましい。

今回、干渉 SAR 解析による大規模崩壊等の危険箇所の抽出を均質な成果として得られるように、解析・現地調査手法の手順書案も作成した。

今後、ALOS-2が運用されれば、観測周期の短縮や高分解能化、軌道制御技術の向上などの改善による干渉精度向上が図られ、高頻度かつ高精度な干渉 SAR が可能となり、数 cm オーダーの変動量の把握が期待される。

【参考資料】

- 1) (財)砂防・地すべり技術センター / 独立行政法人宇宙航空研究開発機構、ALOS/PALSAR を用いた山形県月山周辺部における土砂移動懸念箇所の抽出と現地状況との対照(自主研究)、sabo Vol.105 Jan.2011 P28-33
- 2) 防災科学研究所地すべり分布データベース、http://lsweb1.ess.bosai.go.jp/lsweb_ip_new/gis/map_blue.html
- 3) 北海道大学理学研究院 村上亮ほか、資料8 東日本大震災に係る PALSAR 解析事例～土砂災害危険箇所抽出の試み～、(平成23年度第1回)第6回土砂ワーキンググループ会合、July.2011