

合成開口レーダを用いたフィルダム外部変形計測に関する検討 -第2報-

国際航業株式会社 正会員 ○本田 謙一 正会員 虫明 成生 正会員 岩崎 智治
 (独) 土木研究所 正会員 佐藤 弘行 正会員 小堀 俊秀 正会員 佐々木 隆
 (財) ダム技術センター 正会員 山口 嘉一

1. 目的

近年、衛星センサの一種である SAR (Synthetic Aperture Radar, 合成開口レーダ) を用いた地盤変動観測等が行われている。広域観測を目的とした研究が多いが、最近では地滑りなどの比較的狭い範囲を対象とした事例も報告されており¹⁾、局地的な変動計測への適用も期待されている。前報では沖縄県にある大保脇ダムで試行を行い、時系列変位の傾向が観測できたことを報告した²⁾。

本報ではさらに、異なる軌道からの SAR データを追加し、また、GPS 計測点のデータより精度を計算し、SAR によるフィルダムの外部変形計測の適用性を検討した。

2. 対象ダムと使用データ

対象は前報同様に沖縄県にある大保脇ダムとした。大保脇ダムでは盛り立て直後の 2006 年 12 月以来、GPS によって外部変形を計測しており³⁾、約 4 年で 114mm の変形が計測されている。図 1 に当該期間に GPS で計測された大保脇ダムの変位の分布を示す。

SAR データは陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS: Advanced Land Observing Satellite) に搭載された合成開口レーダ、PALSAR による観測画像を使用した。前報での 2006 年 12 月から 2011 年 1 月までの約 4 年間に北行軌道から観測された 14 シーンに加え、本報ではさらに南行軌道から観測された 14 シーンを用いた。検証データとして GPS による 21 点の計測データを用いた。

3. 解析手法

前報と同様に、SAR による変位解析技術である DInSAR (差分干渉 SAR: Differential Interferometric SAR) の時系列解析を用いた。多時期の SAR データを用いた時系列解析を行うことで、誤差の原因となる大気の水蒸気量などの影響を軽減できる。本報では基線長が 1000m 以下のペアを抽出し、北行軌道は 39 ペア、南行軌道は 37 ペアを用いて時系列解析を行った。

DInSAR は二時期の相対変位を観測する手法であるため、変位の基準点を定める必要がある。本解析では 4 年間の変位が最も小さかった GPS 観測点 G-8 の計測値を変位基準として解析した。

SAR による解析結果を、変位基準とした G-8 を除く他の GPS 観測点の変位と比較し、精度を検証した。

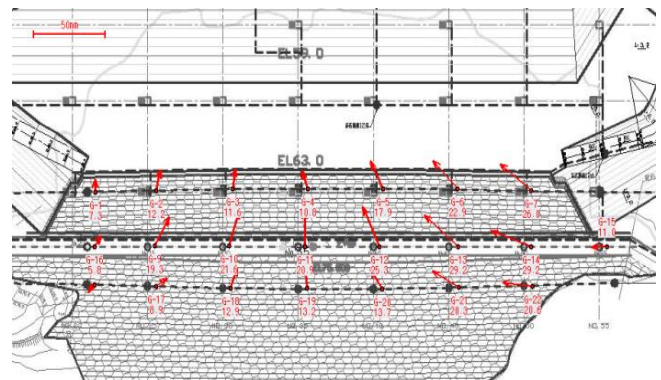
4. 結果

南行軌道と北行軌道の SAR による 4 年間のフィルダム変位計測結果を図 2 に示す。黒枠は大保脇ダムの輪郭を示す。両軌道の変位分布図より、ダムの最大断面が最も変位している様子が捉えられている。これは図 1 に示した GPS による結果と調和的である。

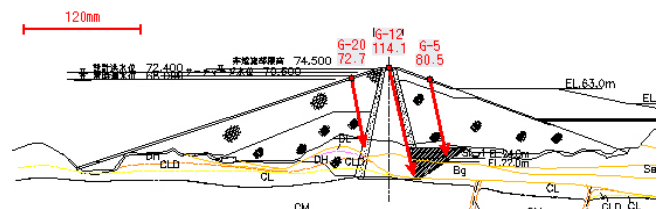
時系列解析では、SAR による初回観測日から各観測日までの変位が得られる。SAR による解析結果から GPS 計測点の結果を抽出し、GPS による同期間の変位計測結果を比較した。結果を図 3、表 1 に示す。

キーワード 衛星リモートセンシング、合成開口レーダ、ALOS PALSAR、フィルダム、外部変形監視

連絡先 〒183-0057 東京都府中市晴見町 2-24-1 国際航業株式会社 TEL 042-307-7211



(a) 平面図



(b) 最大断面図

図 1 2006 年 12 月 29 日から 2010 年 12 月 17 日までの GPS 計測による大保脇ダムの変位

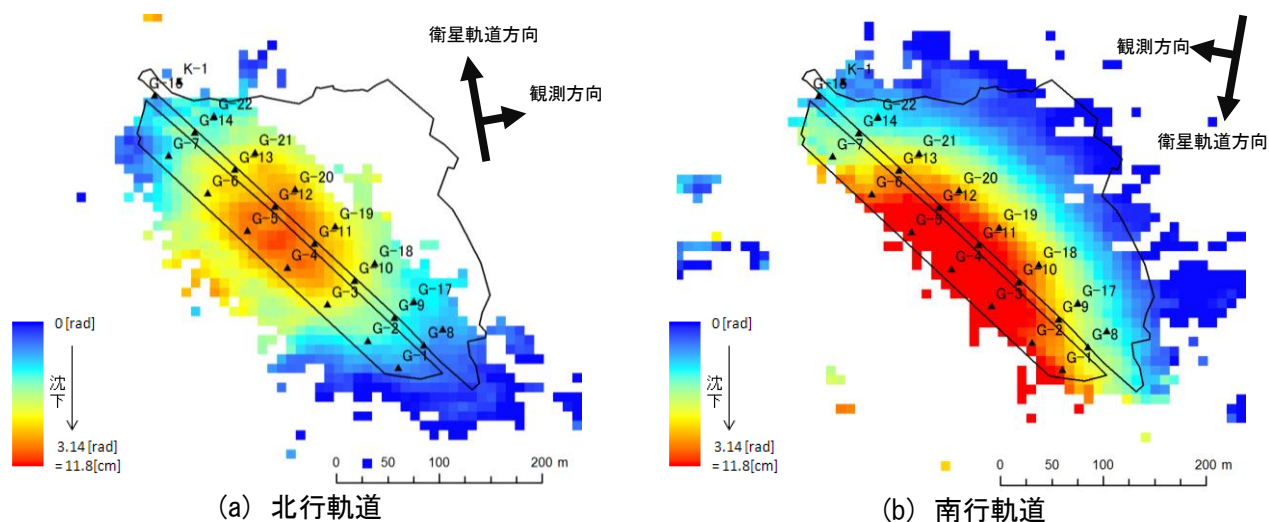


図2 SARによる4年間のフィルダム外部変位の分布

図3および表1より、北行軌道、南行軌道共に R が 0.78 ～ 0.83 と高い相関があることがわかる。

回帰式より、SAR で計測された変位は小さい傾向にある。図3から、特に変位が大きい点でGPSによる計測値より小さい値を示していることがわかる。これは、ALOS PALSARの分解能が10mであることや、ノイズの除去のために変位が平滑化されているためと考えられる。

またRMSEは11～13 mmであった。これよりcm単位の精度での変位観測の可能性が示された。精度は観測点によっても異なるため、解析結果のばらつきなどの条件を考慮することで、精度の高いデータのみ抽出も期待できる。

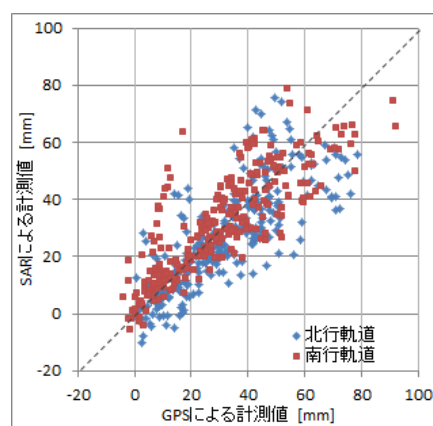


図3 SARとGPSによる変位計測値の比較

5. まとめ

本報では、SARによるフィルダム外部変形計測の試みとして、南行軌道、北行軌道双方の観測データよりDInSARの時系列解析を適用した。また、GPSの計測結果との比較を行い変位の観測精度を算出した。その結果以下のことがわかった。

- ・軌道方向に依らずフィルダムの変位傾向が観測できた。
- ・SARによる変位計測精度は11～13 mmであった。

以上より、フィルダムの外部変形計測にSARを用いることでcm単位の精度での変位が計測できる可能性が示された。

今後、使用データ数と精度の関係などを検討し、より実利用を想定した精度検証を行うとともに、他のダム等にも適用して手法の汎用性を検証していく予定である。

参考文献

- 1) 佐藤：SAR 干渉画像を用いた地すべり性地表変動の検出について—山形県月山周辺を事例として—，平成22年度日本地すべり学会シンポジウム「地すべり災害発生時の迅速な対応」講演論文集，pp. 7-10，2010。
- 2) 本田，虫明，岩崎，佐藤，小堀，山口：合成開口レーダを用いたフィルダム外部変形計測に関する検討，土木学会平成24年度第67回年次学術講演会講演概要集，CS8-021，2012。
- 3) 岩崎，小堀，増成，清水：フィルダム堤体計測のためのGPS自動計測システムの開発，ダム工学会「ダムの安全管理・点検のための最新計測技術に関するシンポジウム」講演集，TS-1-1，2010。

表1 SARによる変位計測精度

	RMSE [mm]	R	回帰式
南行軌道	11.47	0.78	$y = 0.77x + 2.34$
北行軌道	13.19	0.83	$y = 0.75x + 8.99$