

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

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
 (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⁾、局地的な変動計測も期待される。そこで本研究では、ダムの維持管理への利用を目的として、SAR によるロックフィルダムの外部変形計測の可能性を検討した。

2. 対象ダムと使用データ

対象ダムは沖縄県にある大保脇ダムとした。大保脇ダムは、盛り立て直後の 2006 年 12 月以降、GPS によって外部変形が計測されている²⁾。図 1 に GPS で観測された変位の分布を示す。大保脇ダムでは約 4 年で最大 114mm の変形が観測されている。GPS による外部変形の計測値を有していることに加え、堤体が大型（堤高 66m、堤頂長 445m）で衛星からの観測に適していることから検討対象ダムとして選定した。

使用する 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 L バンドの合成開口レーダ PALSAR による観測データとし、2006 年 12 月 6 日から 2010 年 12 月 17 日までの 4 年間に大保脇ダムを北行軌道から観測した 14 シーンを用いた。

3. 解析手法

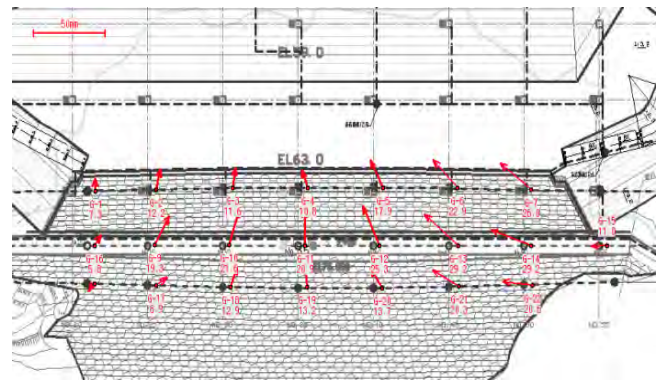
本研究では、SAR による変位解析技術の一つである DInSAR (Differential Interferometric SAR, 差分干渉 SAR) を適用した。DInSAR は、同一地点を同じ軌道上から観測した 2 時期のデータより位相差を算出し、その位相差から変位を計測する手法である。さらに本研究では、多時期のデータを用いた時系列解析を行うことで、誤差の原因となる大気中の水蒸気量などの影響の軽減を試みた。時系列解析には、使用した 14 シーンの組み合わせから、干渉性の指標の一つである基線長が 1,000m 以内であった 39 ペアの DInSAR 解析結果を用いた。

また、DInSAR による変化量は衛星からの入射角方向の変位であるため、実際の変位量や鉛直方向の沈下量を知るためには、変位ベクトルと衛星の入射角を考慮して変位ベクトル方向の変位に換算する必要がある。本研究では、GPS で観測された変位ベクトルを用いて DInSAR による変位計測結果を換算し、沈下量成分と GPS による計測値とを比較することで、DInSAR による計測値の精度を検証した。

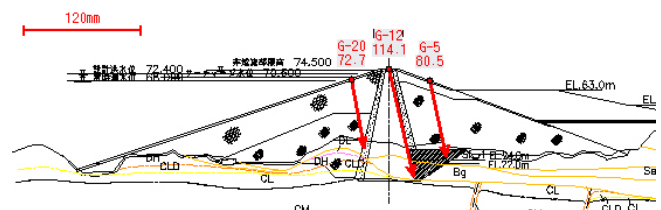
4. 結果と考察

大保脇ダム堤体の DInSAR の時系列解析結果を図 2 に示す。図中の点 A は左岸取付岩盤であり、解析では点キーワード 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

A を不動点として変位を算出した。図 2 より、盛り立て終了から時間が経つにつれ堤体中央部が衛星から遠ざかる方向に変位していると推定される。また、最も沈下しやすい堤体中央部の変位が最も大きく、左右岸取付部に向かうにつれて変位が小さくなっていることが見て取れる。GPS 計測でも同様の傾向が観測されていることから、外部変形の定性的な特徴がよく捉えられていることがわかる。

次に、GPS で最も大きな沈下が計測された点 B における沈下量の時系列変化を図 3 に示す。図 3 からは、点 B は盛り立て直後に大きく沈下した後、徐々に変位が少なくなっており、DInSAR でもその傾向がよく捉えられていることがわかる。

定量的にみると、2010 年 12 月 17 日までの DInSAR 時系列解析による沈下量は 93.7mm であり、GPS による沈下量 111.3mm の約 85%であった。DInSAR による沈下量が GPS による値よりも小さかった理由は、ALOS PALSAR の空間分解能が 10m とやや粗いことや、ノイズの除去やアンラップ処理などの過程で 2 次元フィルタにより平滑化されているためと考えられる。

しかし、GPS によって大きな沈下が計測されている時期は DInSAR でも大きな沈下が計測されており、沈下の少ない時期は大きな沈下が計測されていないことを併せて考慮すると、数 cm 程度の大きな沈下の有無に関しては SAR によって観測できる可能性が高いと考えられる。

5. まとめ

本研究では、SAR によるフィルダム外部変形量観測の試みとして、DInSAR の時系列解析に基づく堤体の外部変形計測結果と GPS の計測結果の比較を行った。その結果、以下のことがわかった。

- ・DInSAR の時系列解析により、堤体外部変形の定性的な分布が得られた。
- ・DInSAR の時系列解析により、堤体外部変形の時系列の傾向が得られた。
- ・DInSAR の時系列解析による沈下量は GPS による計測値よりやや少なめに推定された。

以上より、ダムの外部変形計測に SAR を用いることにより、数 cm 程度の大きな変位の有無や変位の時系列傾向を観測できる可能性が示された。今後、他のダムでも同様の傾向が得られるか検証を進めたい。

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) 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.

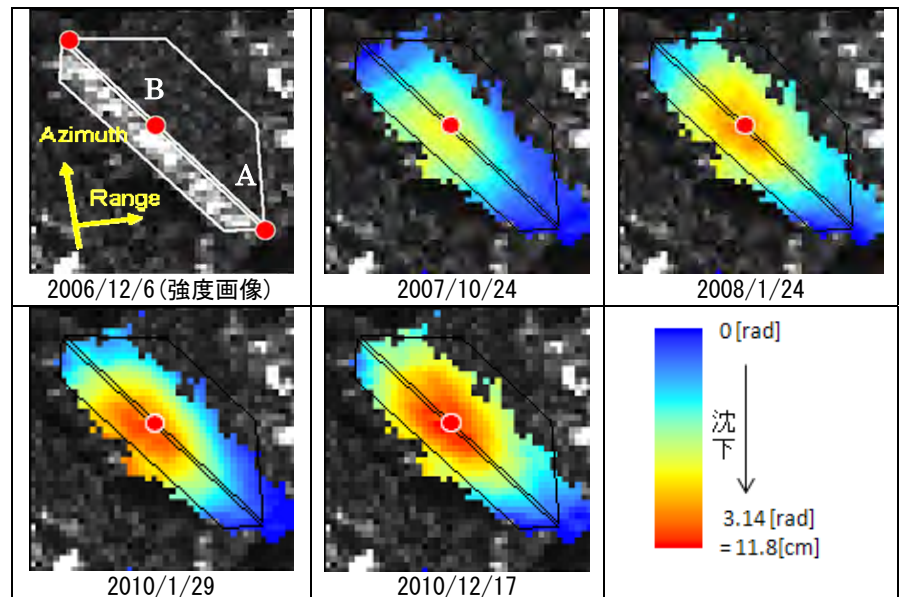


図 2 DInSAR の時系列解析による 2006/12/06 から各時期までの変位

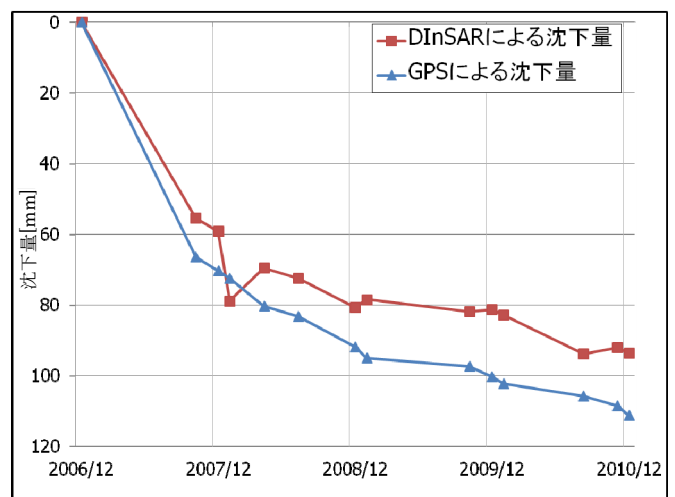


図 3 点 B における GPS による沈下量と DInSAR による沈下量の比較