

小型SAR衛星を活用した ダムの安全管理

(研究期間：令和5年度～令和6年度)

河川研究部 大規模河川構造物研究室

主任研究官
(博士(工学))

小堀 俊秀

交流研究員

井上 晃輔

研究官

杉山 直優

室長

櫻井 寿之

(キーワード) ダム、安全管理、小型SAR衛星、コンステレーション



1. はじめに

令和6年能登半島地震におけるダムの地震時臨時点検は96基のダムが対象となり、複数のダムについては、道路寸断等の影響によりダム管理者がダムに近づくことができない状況が暫く続いた。このように、大規模地震発生後にはダム周囲の被災状況によっては臨時点検に時間を要する場合がある。

上記の課題を解決する一つの手法として、筆者らはダムの安全管理においてSAR（合成開口レーダ）衛星の活用を検討を進めている。これまで筆者らは、ALOS-2等の大型のSAR衛星を用いたダムの安全管理に関する検討を行い「国総研資料 第1233号 衛星SARデータを用いたロックフィルダムおよび貯水池周辺斜面の変位計測マニュアル（案）」を公開した。

これらの検討結果を踏まえ、令和5年度～6年度は、小型SAR衛星を活用したダムの安全管理に関する研究開発に取り組んでいる。本稿は、小型SAR衛星を用いたダムの観測事例について紹介する。

2. 小型SAR衛星

各種SAR衛星の基本情報を表に示す。近年、ALOS等の国主体の大型衛星に加え、複数の日本国内民間衛星事業者によるStriXやQPS-SAR等の小型SAR衛星コンステレーション（多数の小型非静止衛星を連携させて一体的に運用）の構築が進んでいる。

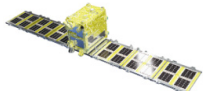
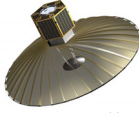
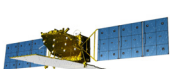
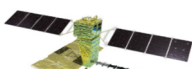
小型SAR衛星は、ALOS等のLバンドに比べ波長の短いXバンドを使用しているため、計測の分解能が向上する。また、複数の衛星を運用することにより計測頻度も向上する。

この小型SAR衛星コンステレーションの活用により、更に効果的なダムの安全管理の実施が可能になると考えられる。

3. 小型SAR衛星によるダムの観測事例

観測は、ロックフィルダム型式のななせダム（堤高92m、堤頂長500m、国土交通省九州地方整備局管理）を対象に行った。ななせダムの空中写真を図-1に示

表 各種SAR衛星の基本情報

衛星名		StriX	QPS-SAR	ALOS-2	ALOS-4
衛星イメージ		 https://synspective.com/	 https://i-qps.net/	 https://www.jaxa.jp/	 https://www.jaxa.jp/
空間分解能 (アジマス ×レンジ)	Spotlight	0.25m×0.9m (Staring Spotlight 2モード)	0.46m×0.46m	1m×3m	1m×3m
	Stripmap	3m×3m	1.80m×0.46m	3m×3m, 6m×6m 10m×10m	3, 6, 10m (レンジ方向)
シーンサイズ (アジマス ×レンジ)	Spotlight	3km×10km (Staring Spotlight 2モード)	7km×7km	25km×25km	35km×35km
	Stripmap	50km×20km	14km×7km	50km×50km (高分解能3mモード)	200km (レンジ方向)
観測波長帯		Xバンド	Xバンド	Lバンド	Lバンド
衛星数		5機 (2025年1月現在) 30機 (目標運用数)	2機 (2025年1月現在) 36機 (目標運用数)	1機	1機
同一範囲の観測頻度		60回/1日 (衛星数が目標運用数の場合)	1回/約10分 (衛星数が目標運用数の場合)	基本観測4回/1年 (Stripmapモード)	基本観測20回/年 (Stripmapモード)

す。図中には現在ダムの安全管理（計測の基準点や計測点としての役割）への活用の検証のため設置しているリフレクターの位置を示している。

事例として、StriXによる観測結果（強度画像）を図-2と図-3に示す。両図とも観測モードはStaring Spotlight 2（空間分解能等は表を参照）により行った。なお、図-2は太陽同期軌道（地球の自転に合わせて、常に太陽に対して同じ角度で地球を周回する軌道）、図-3は傾斜軌道（赤道に対して一定の角度（傾斜角）を持つ軌道）からの観測を行った結果を示している。

図-1及び図-2と図-3の観測結果を比較すると、小型SAR衛星による観測において、ダム堤体の形状を正確に判別可能であることがわかる。このことから大規模地震発生後等、単画像においても被災状況の把握が可能であると考えられる。

次に、図-2と図-3の軌道の違いに着目すると、図-2の観測結果ではダムの右岸側にレイオーバー（急な斜面や高い建物などが原因で、反射波の受信順序が逆転し、画像上で地形や構造物の位置関係が逆転して表示される現象）が発生しているが、図-3はレイオーバーが発生していない。そのため、小型SAR衛星の衛星数の多さを活用し、複数の軌道による撮像を行うことで、ダム堤体や貯水池周辺斜面の不可視領域を低減することが可能となり、安全管理の確実性が向上すると考えられる。

なお、図-2と図-3の赤丸に示す位置において図-1に示すリフレクターの反射を確認することができる。図-1内に示す円形型柵リフレクター（C1～C3）は、太陽同期軌道と傾斜軌道の両軌道から反射が得られており、複数の衛星軌道に対応可能であることが確認できた。このことから、小型SAR衛星によるダムの安全管理においてもリフレクターを活用することが可能であると考えられる。

4. おわりに

小型SAR衛星を用いてダムを観測した結果、ダムの形状等を把握することが可能であることがわかった。今後は、ダム堤体等の干渉解析や強度差分解析等の

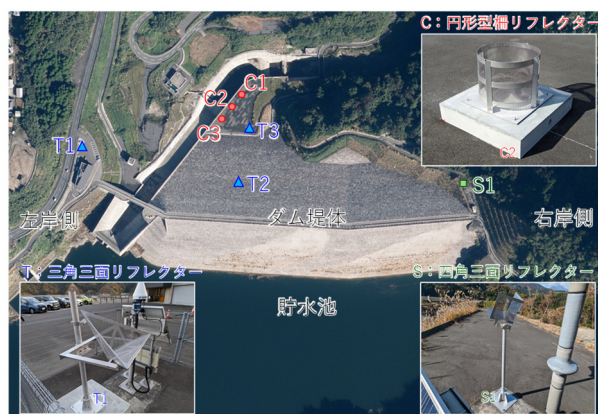


図-1 ななせダム空中写真



図-2 StriXによる観測結果
(強度画像、太陽同期軌道)



図-3 StriXによる観測結果
(強度画像、傾斜軌道)

定量的な評価を進め、それらの結果も踏まえ小型SAR衛星を用いたダムの安全管理手法の標準仕様や活用の手引きを作成する予定である。

詳細情報はこちら

1) 小堀俊秀、井上晃輔、櫻井寿之：Xバンド SAR 衛星によるロックフィルダム堤体の変位計測、土木技術資料、Vol. 66, No. 9, pp.26-29, 2024.