

## 河川堤防における差分干渉 SAR 時系列解析の適用可能性に関する検証 —効果的な河川管理施設の状態把握に向けて—

(株) オリエンタルコンサルタンツ 正会員 ○小川 愛子  
 (株) オリエンタルコンサルタンツ 正会員 吉田 勢  
 (株) オリエンタルコンサルタンツ 正会員 岸田こずえ  
 日本スペースイメージング (株) 非正会員 鈴木 研二  
 日本スペースイメージング (株) 非正会員 鈴置由紀洋

### 1. 背景・目的

近年の気象変動に伴う災害の頻発・激甚化により、河道及び河川管理施設の機能状態を適切に把握、評価、対策する河川管理の重要性が高まっている。

従来の堤防等河川管理施設点検（以下、堤防点検）における堤防の沈下やそれに伴う変状の状態把握は目視及び簡易計測による状態把握が主であるが、堤防や護岸の沈下傾向を目視で判断することは容易ではない。

縦断的に延長が長く蛇行している河川堤防において、定量的なリスク評価（変状の進行性把握）に基づく、効率的・効果的な堤防点検の実施と評価が重要である。

以上より、各種ある測量手法の中でも、過去のデータ蓄積があり、広範囲での経時的な地表面変位を把握することができる衛星画像を用いた差分干渉 SAR 時系列解析について、河川堤防における経年的地表面変位の把握に対する適用可能性を検証した。

### 2. 差分干渉 SAR 時系列解析とは

差分干渉 SAR 時系列解析は、SAR 衛星により同一地点を異なる時期に撮影した SAR データから反射波の位相差を取得することによって地表面変位を算出する解析である。複数枚の画像を統計的に処理することで、電離層や水蒸気分布等によるノイズの影響を低減し、測定精度を向上させることができる。SAR 衛星で利用するバンドの波長や周波数により、地表面・対象物からの反射・透過特性が異なる。SAR 衛星の主流バンドである C・L・X バンドの内、本検証では構造物等の変位を捉えやすい X バンドの SAR 衛星を利用した。

### 3. 検証概要

本検証は、T 川流域（直轄管理区間）の河川堤防を対象に、X バンド合成開口レーダー衛星である COSMO-

SkyMed の衛星データを使用した。アーカイブは過去 10 年程度の蓄積があり、高頻度に撮影が実施されている。

表 1 解析条件の概要

項目	概要
使用衛星	SAR衛星 COSMO-SkyMed(Xバンド)
撮影期間 撮影回数	期間: 2015年1月~2017年5月 回数: 30回(2015:14回、2016:11回、2017:5回)
解析手法	SBAS法、PSI法
解析範囲	T川流域(直轄管理区間)

本検証では、(1)SBAS 法・PSI 法の解析手法による河川堤防の地表面変位把握に関する適用可能性検討と、(2)マイクロ波照射方向と河川の向きに関する地表面変位の取得状況、(3)解析結果から干渉性が強い箇所の現地確認を行い、河川堤防における干渉 SAR 時系列解析の適用可能性を検証した。

### 4. 複数の解析手法による適用可能性検討

差分干渉 SAR 時系列解析には代表的な解析手法として SBAS 法と PSI 法がある（表 2 参照）。

SBAS 法は、隣接する複数の画素を平均して解析し、ある程度干渉性が劣るエリアにおいても変位傾向を面的に捉えることができる。一方で変位量の測定精度が落ちるため、堤防や護岸のどの位置の変位を捉えているか不明確となるデメリットがある。

表 2 SBAS 法と PSI 法の解析方法の違い

項目	SBAS法	PSI法
解析精度	PSI法より若干精度が劣るが、同様にミリ単位の精度で変位解析が可能	時系列変位解析では一番精度が高く、ミリ単位の変位解析が可能
変位	非線形変位	線形変位
干渉性	解析画像データの最適な干渉ペアを決め、解析	解析画像データの撮影間隔に依存
解析内容	マルチルックによるフィルタリング処理をした干渉 SAR 画像による面的な変位解析	PS(恒久散乱)点における時系列変位解析

キーワード 衛星データ、差分干渉 SAR 時系列解析、堤防点検、河川管理

連絡先 〒450-0003 愛知県名古屋市中村区名駅南 2-14-19 住友生命名古屋ビル 河川砂防・港湾部 TEL 052-4507-5155

図1に解析結果を示す。PSI法はSBAS法に比べ、干渉性が高いPS点（恒久散乱点）のみ示しており解析精度が高く、かつどの対象物の変位が明確なため、変位発生箇所と現地との照合がしやすい。一方、SBAS法では、PS点の少ない領域でも結果を得やすいといった優位性があるものの、どの対象物の変位がピンポイントでの特定が難しい場合がある。本検証では、より精度高く変位を解析でき、かつ変化発生箇所に対する現地状況との整合を確認するため、これ以降の検証はPSI法による解析結果を用いた。

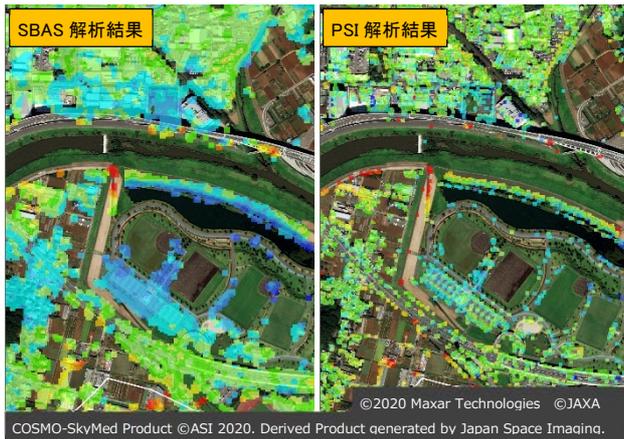


図1 SBAS法とPSI法の解析結果

## 5. マイクロ波照射方向と堤防向きによる精度確認

マイクロ波照射方向と河川堤防の向きによる精度確認を行った。本検証で使用したCOSMO-SkyMedの撮影条件は、衛星は上昇軌道（南から北方向）で移動しながら、東方向へマイクロ波を照射している（図2）。

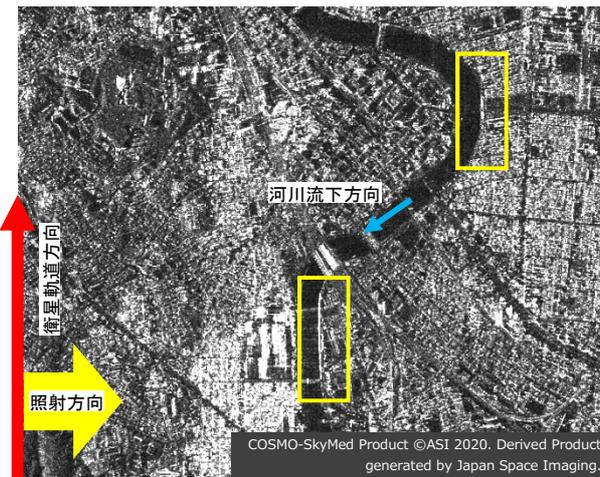


図2 マイクロ波照射方向と高反射体箇所の位置関係

本検証エリアでは、マイクロ波の照射方向と正対する河川堤防の左岸側において、比較的強い後方散乱（図中の黄色枠）が発生し、これら高反射体でPS点を取得することができた。河川特有の湾曲した線形や堤防植生等とマイクロ波照射方向によって、PS点のプロット

数等に影響することが確認できた。

## 6. PSI解析結果と現地状況の対応確認

PSI法による解析結果を踏まえ、河川堤防において地表面変位が取得しやすい現場条件整理及び変位の要因分析のため、PS点のプロット数が多く干渉性が高い箇所の現地状況の確認を行った。下図にPS点が多くプロットされているエリアの平面図と現地状況を示す。



図3 PS点が集まる干渉性高いエリア（例）



図4 現場確認状況

図3、4に示す「エリアA」では堤防法面に階段工が敷設され植生が繁茂していないエリアにおいてPS点を取得できたと考えられる。「エリアB」の現場は、堤防天端が舗装されており、川裏法肩には転落防止柵が設置されていた。植生に覆われていない転落防止柵が反射体となりPS点が多く取得できたと推察される。

## 7. 考察、今後の展開

河川堤防におけるSAR衛星データを利用した異なる時系列解析手法を検証し、地表面変位の使用目的によって、効果的な解析手法を使用することが重要である。

衛星のマイクロ波照射方向と河川流下方向が正対した場合には、沈下や隆起の傾向が把握できることが明らかになった。一方で、河川堤防における植生被覆や堤防にある地物の影響、河川の線形等状況によって、変位の傾向を衛星から計測することが困難な場合があることも確認できた。

今後は、他の河川についての検証を行うとともに、対象物が広域かつ面的で、植生被覆等の影響が少ない港湾・漁港施設等の維持管理への活用可能性の検証が有用だと考えられる。