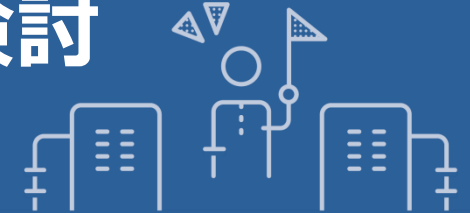


第79回（令和7年度秋季）  
学術講演会 実利用【U3】  
2025年11月26日

EJEC REPORT

# 衛星SAR干渉解析を用いた コヒーレンス差分手法による 豪雨災害被災地点検出の検討



発表者：吉中 輝彦（（株）エイト日本技術開発）

共著者：進藤 あきほ（東邦技術（株））

家田 浩之 土門未来 古川ひな 峰野佳厚

岩崎俊樹 金沢宗太郎 前田理穂 高田南月

（（株）エイト日本技術開発）

# 1.はじめに

近年の河川堤防の被害について

- 豪雨災害の頻発化・激甚化に伴い、河川堤防では護岸工や根固工の流出といった被害が数多く発生している。
- 被害箇所を迅速かつ的確に抽出し、効率的に点検を行うことは、河川管理や防災の観点から極めて重要である。

ただし・・・

- ▶ 人員不足や作業員の高齢化
- ▶ 従来の目視調査は多大な労力と時間を有する。
- ▶ 被害の発生スパンが短くなってきている。

被災箇所抽出に人工衛星データを活用できないか？

衛星SAR干渉解析を活用し河川護岸工や根固工の流出被害を対象とした、「**被災地点抽出**」の実利用事例を報告する。

# 1.はじめに

## 河川の主な施設について

- 護岸 : 堤防や河岸が川の流れによって削り取られるのを防ぐためにつくる施設
  - 高水敷 : 普段はグラウンドや公園等、人々に利用されることもある施設。洪水時には浸水する場所である。
  - 水門 : 洪水時または、高潮時にゲートを全閉することによって堤防の代わりにもなる施設。
- 等がある。



国土交通省北海道開発局 札幌開発建設部HPより抜粋  
[https://www.hkd.mlit.go.jp/sp/kasen\\_keikaku/kluhh400000021j8.html](https://www.hkd.mlit.go.jp/sp/kasen_keikaku/kluhh400000021j8.html)

## 2.干渉SAR解析手法の特徴について

### 衛星SARデータの利点と弱点

- 衛星SARの利点を以下に示す。

- ▶ 衛星SARは雲を透過して撮影を行うことができるため、天候に左右されず定期的に観測可能
- ▶ 自ら電波を照射しているため、夜間でも撮影が可能
- ▶ 複数時期のデータを用いた干渉処理を行う事で変位計測が可能

- 衛星SARの弱点を以下に示す。

- ▶ 使用する波長帯によっては植生繁茂地域の適用が難しい
- ▶ 急傾斜地やレーダーの陰になるところでは適用が難しい
- ▶ 撮影したデータは画像としては分かりにくい

衛星SARを効率よく使用するには

監視を行う施設への適用性を事前に把握しておく必要がある。

## 2.干渉SAR解析手法について

### 衛星SARデータの適用性の確認方法

- 衛星SARデータを最大限に活用するためには、SAR干渉解析結果を行った際のコヒーレンス（干渉性）を確認する必要がある。
- コヒーレンスは0.2～0.3程度※1、2の閾値以上あればSAR干渉解析による適用性はあると考えられる。



**災害被災前にコヒーレンスが高く、災害後にコヒーレンスが大きく低下した場所周辺は、被災した可能性が高い場所⇒衛星SAR解析による被災地点集出が可能と考えられる。**

※1 : Morishitaら、Nationwide urban ground deformation in Japan for 15 years detected by ALOS and Sentinel-1、Progress in Earth and Planetary Science、2023、「Low coherence pixels were masked in Step 0.4 with an average coherence threshold of 0.2.」を参照

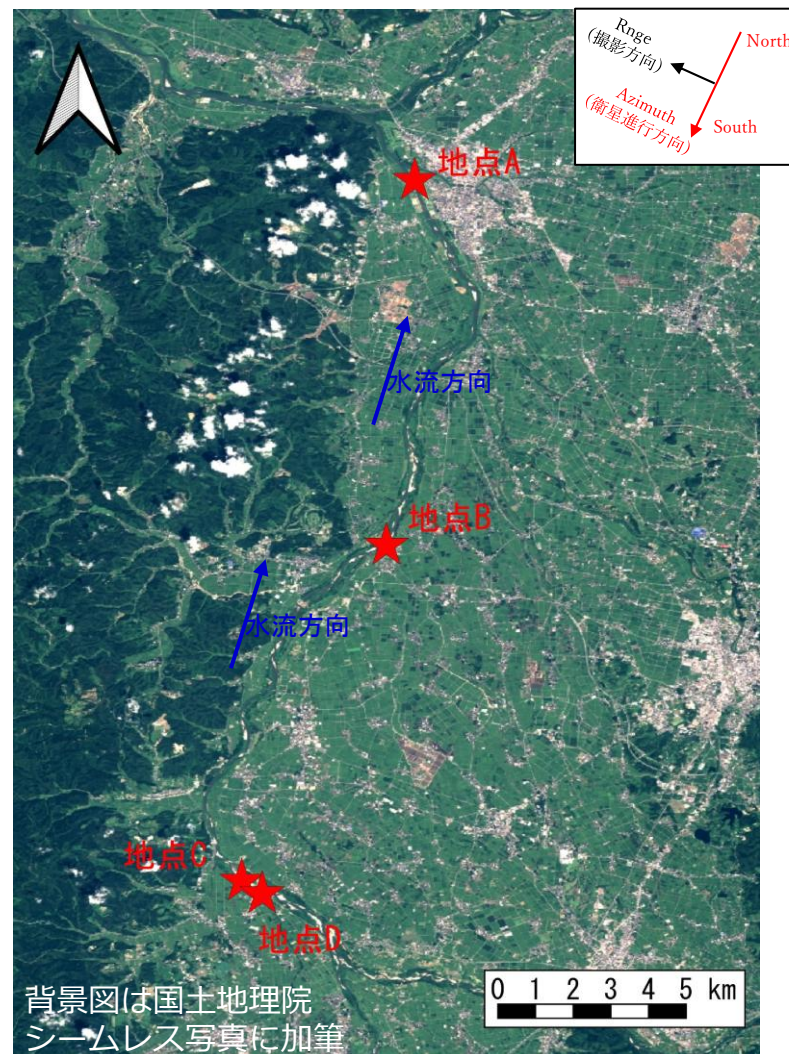
※2 : ESA、Guidelines for SAR Interferometry Processing and Interpretation、2007.2、P.A-28の「However, for most practical applications of SAR interferometry, the approximated formula can be suitably exploited for coherence values higher than 0.2 and  $NL > 4$ 」を参照

※3 : 積雪により地表面が見えない場合には衛星SARによる監視は難しい

### 3. 検証事例について

#### 検証事例の概要

- 本報告では、令和6年7月豪雨で被災した、東北地方X県の河川護岸等を対象とし、干渉SAR解析を用いた被災地点の抽出と適用性について検討を行った。
- 右図に示す地点A～地点Dは、実際に現地調査を行い、被災状況を確認した地点である。
- 地点Dが上流側であり、河川は地点Aに向かって流れている。
- 河川周辺には植生が豊富であることが確認できる。
- 図左側（西側）は山地であるため、レーダーシャドウの影響を避けるため、ディセンディング（南向き）軌道のデータを用いた。



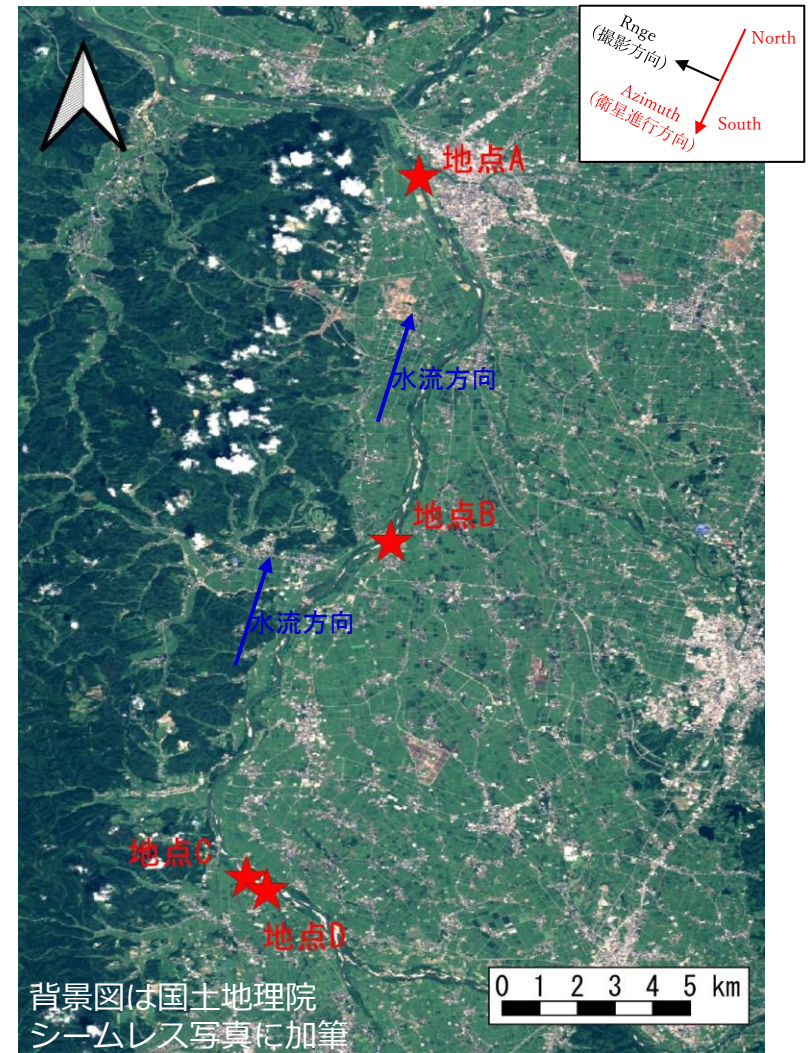
### 3. 検証事例について

#### 検証手法について

- 本検証では、被災前、被災後のそれぞれ2時期の干渉性解析を行う。
- 被災前のコヒーレンスが**0.2~0.3程度以上ある場合には衛星SARによる被災地点の検出が可能**であると判定する。それ未満の場合には解析不適値と判断する。

#### 干渉解析手法方法について

- 本検証では、ESA（欧州宇宙機関）の**C-バンドの衛星SAR「Sentinel-1」**のデータを使用した。
- 干渉解析を行ったソフトウェアは、同じく、ESAが開発・公開している「**ESA SNAP**」を用いた。
- 上記は**無償で公開**されているため、トライアンドエラーを行いやすいという利点がある。
- 以降に解析結果を示すが、特に断りが無い場合、背景図はSentinel-1の解析画像を使用した。



### 3. 検証事例について

#### 検証に用いた衛星データ時期

- 検証に用いた衛星データペアを被災前および被災後に分けて示す。取得衛星の時刻は協定世界時のため、本報告では断りが無い限り日本時間で表現する。なお、表中には参考として世界協定時間を併記した（時差は9時間である）。

時期	プライマリ画像※	セカンダリ画像※
被災前	2024年6月30日 5時42分	2024年6月18日 5時42分
(世界協定時間)	2024年6月29日20時42分	2024年6月17日20時42分

豪雨被災日時  
7/23～7/26

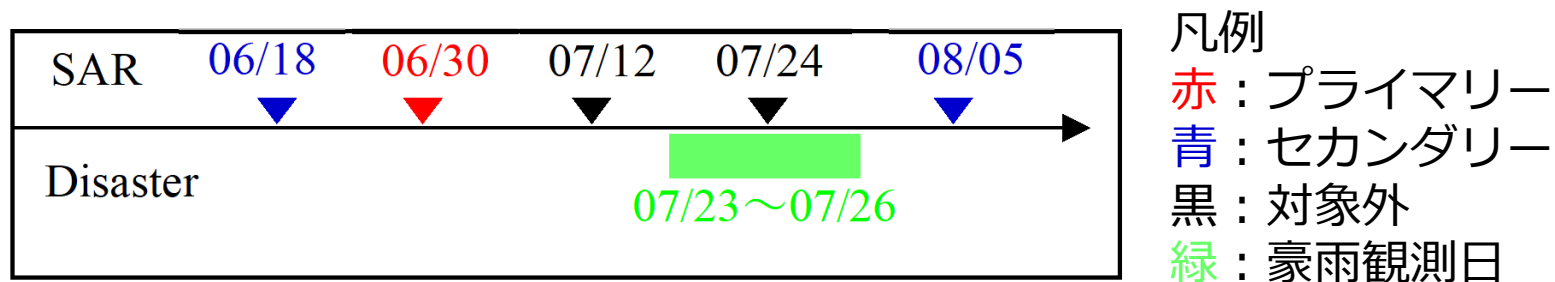
時期	プライマリ画像※	セカンダリ画像※
被災後	2024年6月30日 5時42分	2024年8月 5日 5時42分
(世界協定時間)	2024年6月29日20時42分	2023年8月 4日20時42分

※干渉解析を行う際に、従来は親画像をマスタ、子画像をスレイブと表記していたが、近年では様々な配慮のため、親画像をプライマリ、子画像をセカンダリと呼称する例が多い。本報告においてもプライマリ、セカンダリとして呼称する。

### 3. 検証事例について

#### 検証に用いた衛星データ時期

- 前述のプライマリー画像、セカンダリー画像、被災日についての模式図を以下に示す。

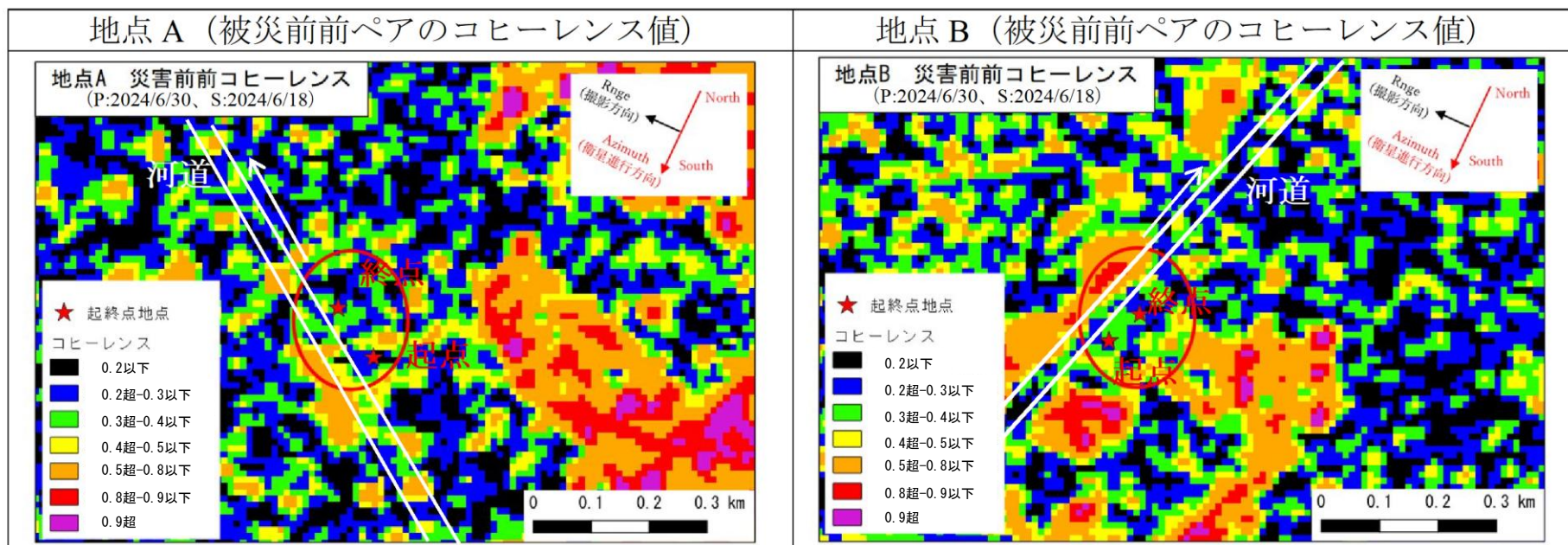


- 模式図中の黒字で書いた日付である7/12に関しては、当該地点では前日より降雨が続いており、河川水位が高い可能性があるため除外した（地点Bでは実際に水位が高い状態であった）。
- 7/24に関しては豪雨被災中に該当するため、解析対象から除外した。

## 4. 検証結果について

### 被災前の各地点におけるコヒーレンス確認結果（1）

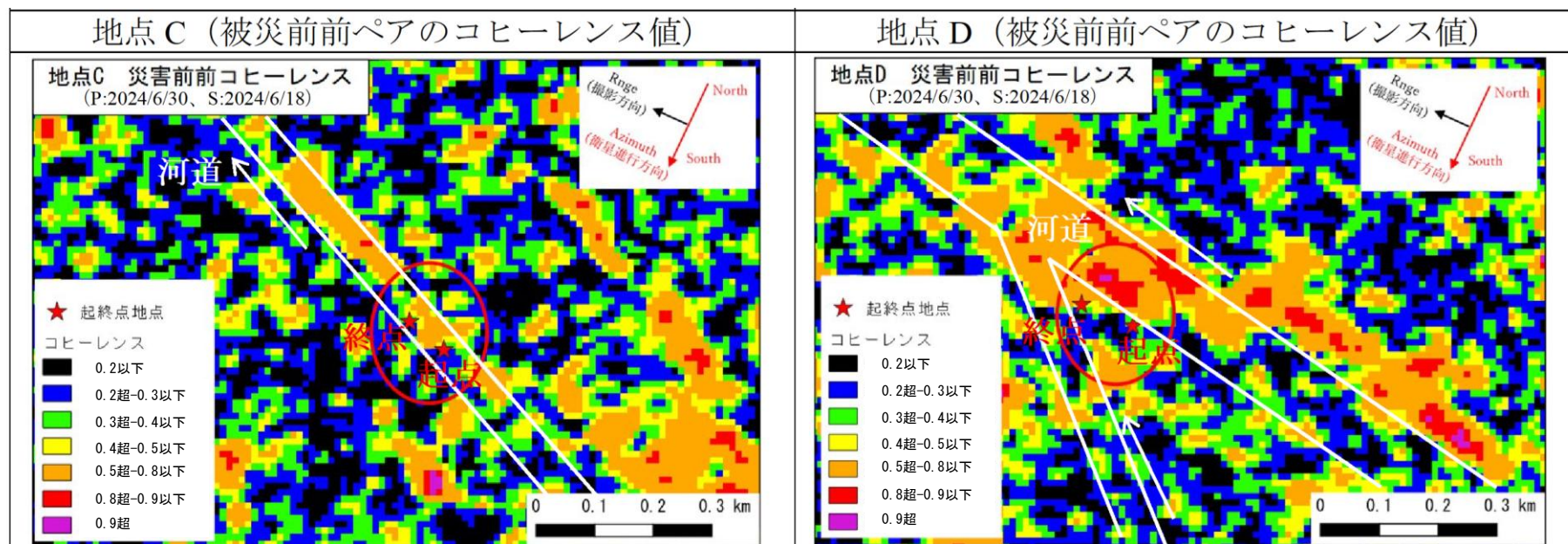
- 前述した「地点A」～「地点B」における被災前干渉解析結果を以下に示す。
- 被災前のSAR干渉解析の結果、地点A、地点Bの起点・終点周辺のコヒーレンスは概ね0.3程度以上あることを確認したため、干渉解析には適する地点であると判断する。
- 河道内についてもコヒーレンスが比較的高い部分が多いが、当該地区の河川は中洲が多くあり、平時は河床部が見える場所も多いため、その影響であると考えられる。



## 4. 検証結果について

### 被災前の各地点におけるコヒーレンス確認結果 (2)

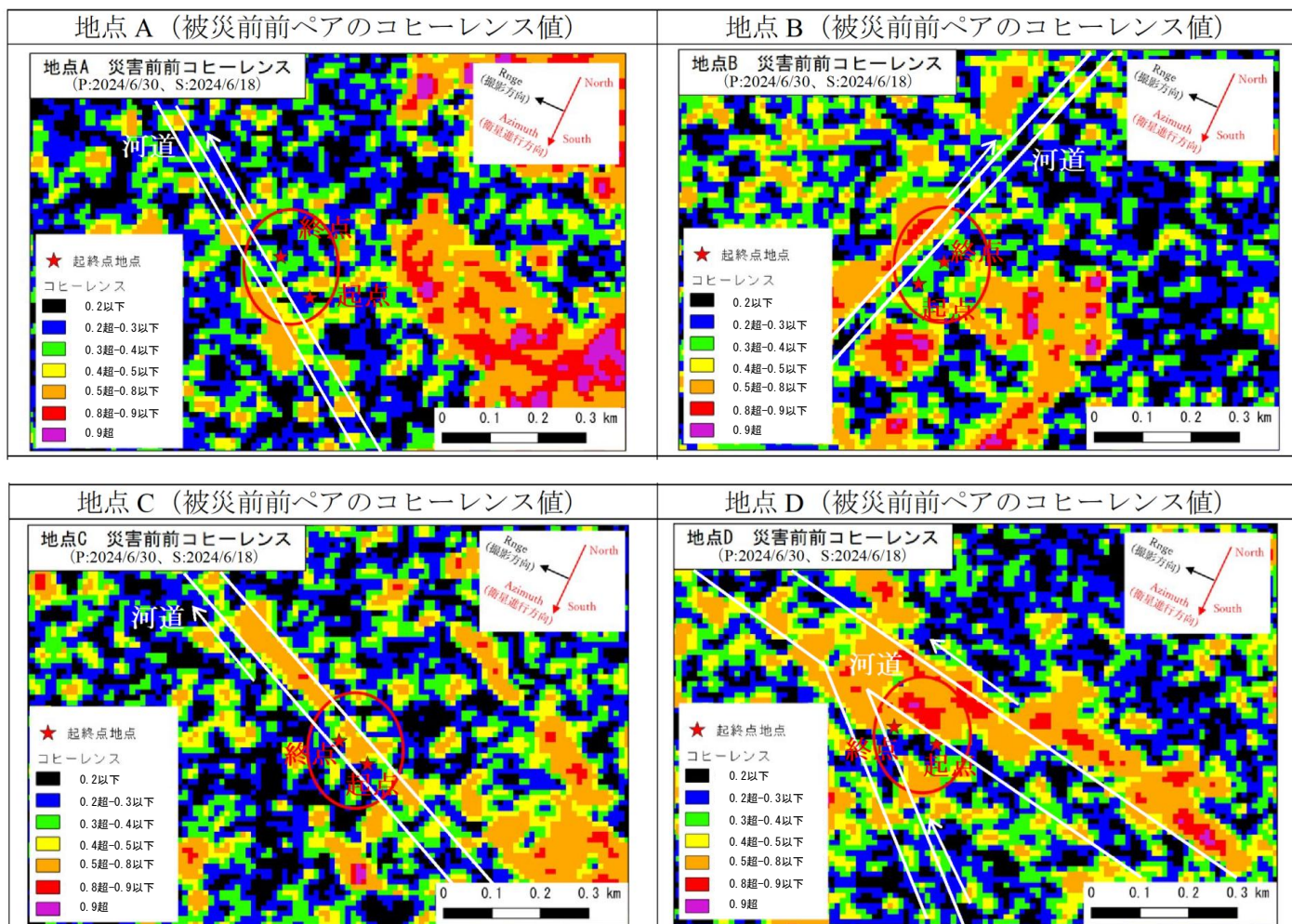
- 前述した「地点C」～「地点D」における被災前干渉解析結果を以下に示す。
- 被災前のSAR干渉解析の結果、地点A、地点Bの起点・終点周辺のコヒーレンスは概ね0.4程度以上あることを確認したため、干渉解析には適する地点であると判断する。
- 河道内についてもコヒーレンスが比較的高い部分が多いが、当該地区の河川は中洲が多くあり、平時は河床部が見える場所も多いため、その影響であると考えられる。



## 4. 検証結果について

### 被災前の河川護岸のコヒーレンス確認結果

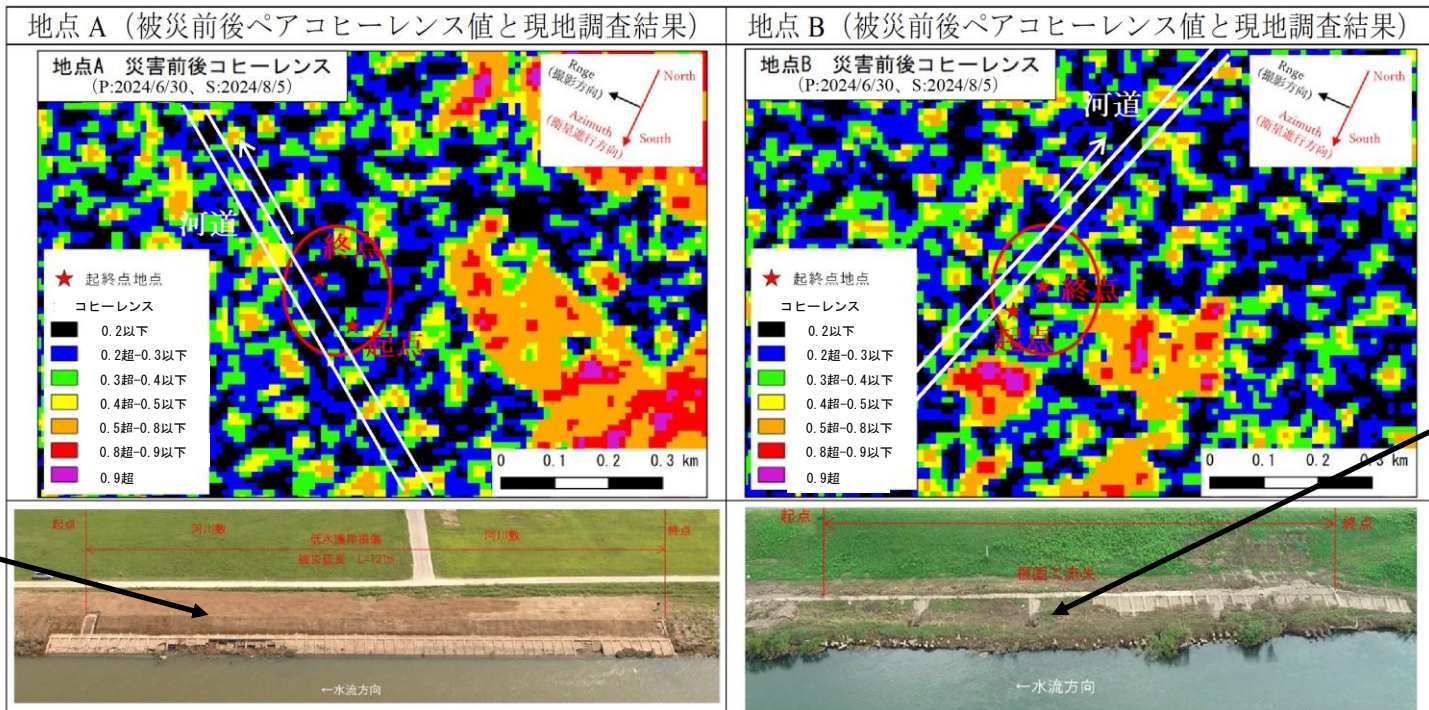
- 地点A～地点D全地点ともに、一定以上のコヒーレンスがあることを確認した。よって被災前後ペアのコヒーレンス解析を行い、被災地点の抽出を実施する。



# 4. 検証結果について

## 被災後のSAR干渉解析結果（1）

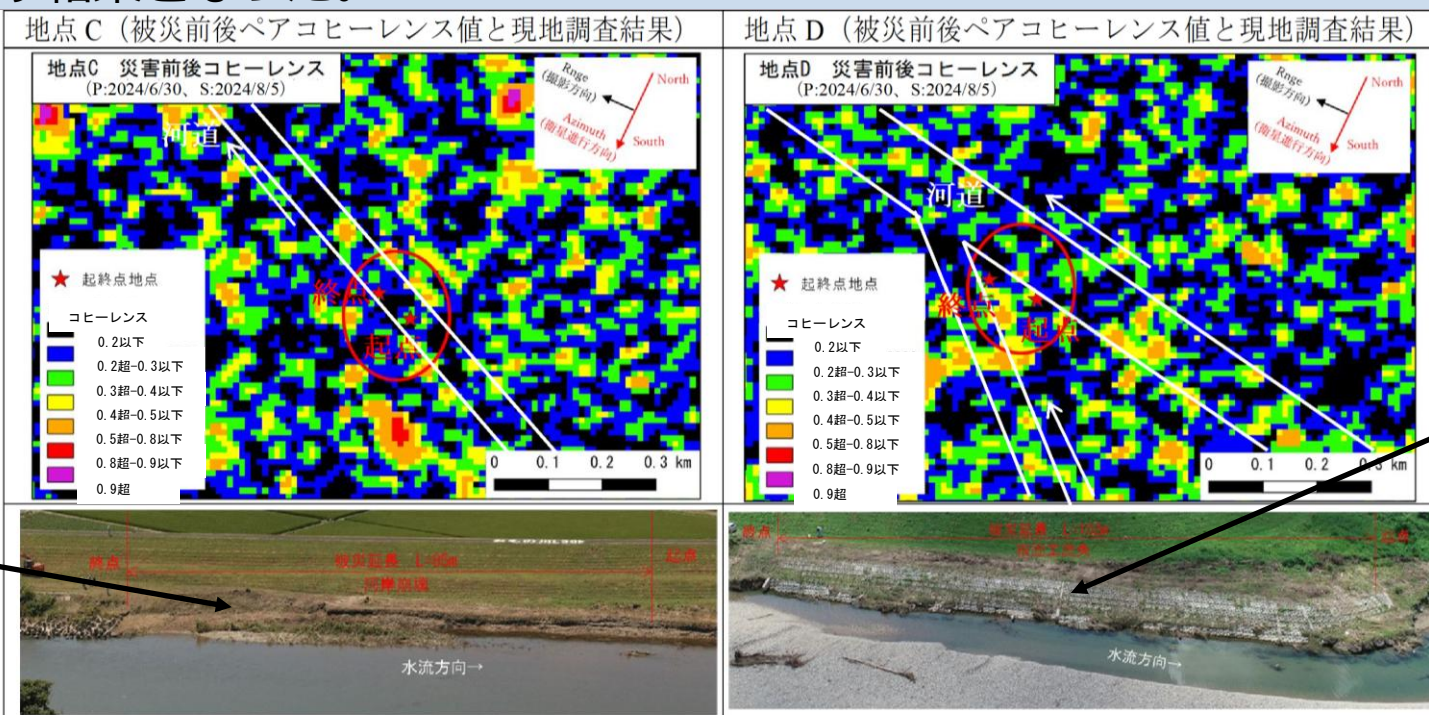
- 前述した「地点A」～「地点B」における被災後干渉解析結果と現地調査写真を以下に示す。
- 被災後のSAR干渉解析の結果、地点A、地点Bの起点・終点周辺のコヒーレンスは被災前に比べて低下しており、何らかの被災を受けた可能性が高いと推測される。
- 現地調査写真と解析結果を比較した結果、被災範囲とコヒーレンス低下範囲は類似傾向を示す結果となった。



# 4. 検証結果について

## 被災後のSAR干渉解析結果 (2)

- 前述した「地点C」～「地点D」における被災後干渉解析結果と現地調査写真を以下に示す。
- 被災後のSAR干渉解析の結果、地点C、地点Dの起点・終点周辺のコヒーレンスは被災前に比べて低下しており、何らかの被災を受けた可能性が高いと推測される。
- 現地調査写真と解析結果を比較した結果、被災範囲とコヒーレンス低下範囲は類似傾向を示す結果となった。



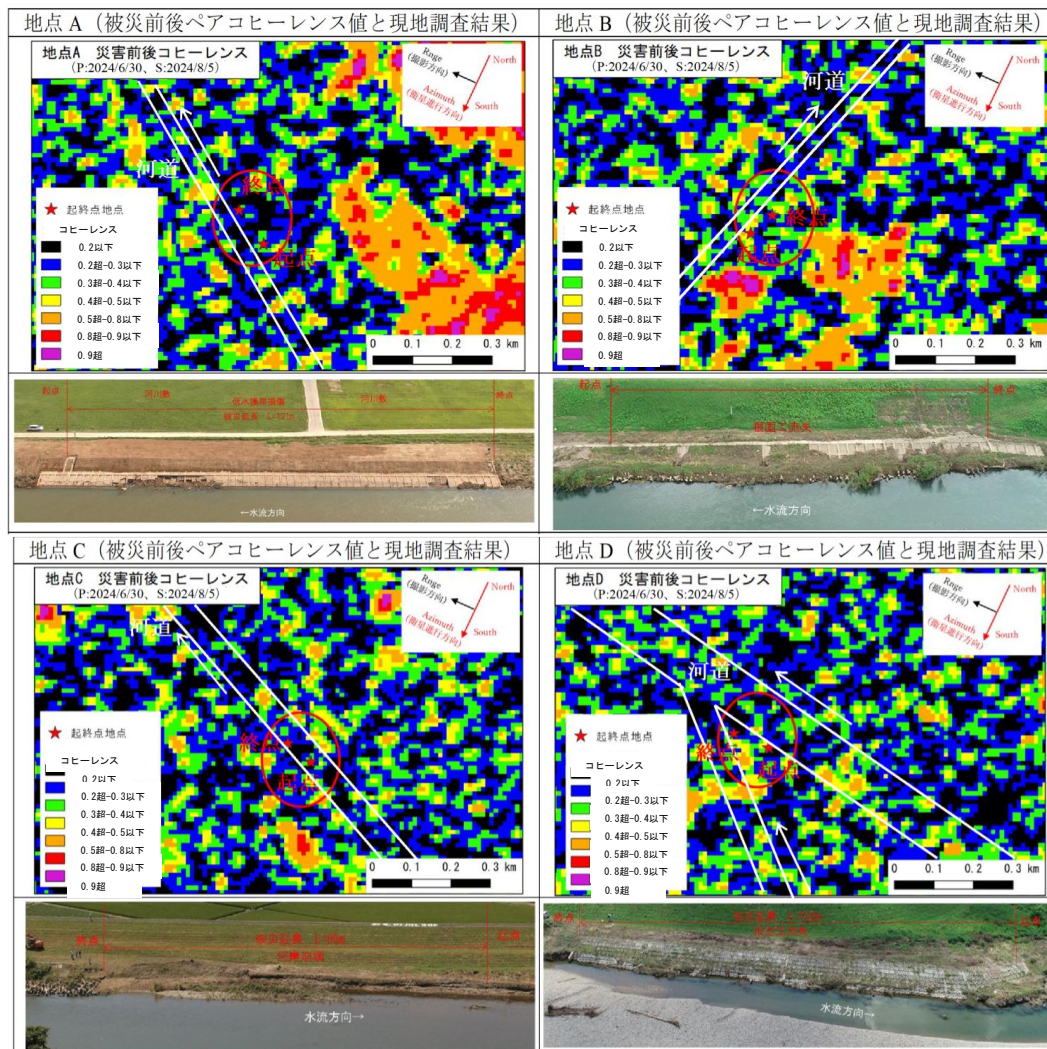
護岸部や根固工が流出。

河川護岸部が崩壊

# 4. 検証結果について

## 被災後の河川護岸のコヒーレンス確認結果

- 地点A～地点D全地点ともに、起終点付近のコヒーレンスは、災害前に比べて低下した状態である。



## 5.まとめ

- 本報告では、豪雨災害時における河川護岸の被災状況を、干渉SAR解析の結果から抽出を行ってみた実利用としての結果を報告した。

### ◎利点

- 本検討で対象とした4地点については、対象とした起終点周辺のコヒーレンスが災害前には0.2~0.3程度以上あったため、検討始点として適する場所であった。
- 本事例中のように、被災前に十分なコヒーレンス値がある地点については、SAR衛星を用いることで、被災地点の一次抽出を、広範囲に行える可能性がある。
- 被災地点を絞り込むことができるため、現地調査時の効率化へつながる可能性が高い。

### △ただし・・・

- どのような被害であるか（堤防の滑り破壊や張りブロックの流出等）については干渉解析では分からないため、別途現地調査や、UAV撮影や光学衛星などで確認する必要がある。
- 本地点のように、通常時は水位が低い（あるいは伏流している）ような河川護岸の監視には活用できるが、常時水位が高い河川の場合には、適用が難しい可能性がある。

## 5.まとめ

- 今後の課題

- 本検討では、「被災前のコヒーレンス値が0.2～0.3程度以上」であれば解析に適した場所としていたが、**河川堤防に対しての判断根拠が乏しい状態**である。
- **検出精度を高める手法の検討**が必要である。

具体的には？

1. 河川堤防被災地点抽出の際に必要な**コヒーレンスの求め方**（コヒーレンス計算時のアジマス方向とレンジ方向のピクセル数の設定）の検討が必要である。
2. 被災したと判断したコヒーレンス低下値について、**定量的な判断**が必要である。
3. コヒーレンス値の変化のみで確認していたが、後方散乱係数（例えば、 $\sigma_0$ ）による強度判定も含めた、**複合的な判定基準**が必要。
4. 過去の被災事例を参照し、今回の報告で実施したような検証を行い、**解析精度の向上や手法のマニュアル化**が必要である。
5. 解析結果の判定は、本事例では人間の判断によるものであったが、今後はAI処理による**自動抽出等により、作業不可の軽減、判定の迅速化**が必要であると考えられる。

## 5.まとめ

- 最後に

- 本検討では、実利用事例として、**現地調査結果と解析結果が概ね合致**していることを確認できた。
- SAR画像をまずは、「**見てみる、触ってみる**」ことで、「**分かること、分からないこと**」の**知見が蓄積**されていく。これらの蓄積が、SAR画像がより**使いやすいもの、身近なもの**となっていくと考えてます。
- 今年は、LバンドSAR衛星であるALOS4の定常運用が開始、同じくLバンドのNISARが打ち上げられる等、今後は**植生の多い日本に適した衛星データが活用できる状態**になる。
- 実利用的な側面から、積極的に活用し、事例検証を行っていきたいと考えてます。
- 衛星データを活用し、リモートセンシングによる被災箇所抽出や防災技術等について、次年度以降にも発表させていただければ幸いです。



**EJEC**

ご清聴いただきありがとうございました

