



災害時の人工衛星活用ガイドブック

水害版・浸水編

宇宙航空研究開発機構 衛星利用運用センター
国土交通省 水管理・国土保全局 河川計画課

平成30年3月作成
令和5年9月更新



国土交通省

1. SAR画像の活用

- 被害状況把握の手法
- 衛星SAR画像の浸水対応への活用
- 衛星SAR画像の活用の流れ

2. 浸水解析・判読

- 解析・判読可能規模
- 解析手法① 1時期のSAR画像からの浸水域抽出
- 解析手法② 2時期のSAR画像のカラー合成
- 解析手法利用時の留意事項
- SAR画像の留意事項

3. 条件による判読精度の違い

- 観測角度の違い①②③
- アーカイブの有無、時期、季節の違い
- 判読精度見込み（評価）

4. 浸水判読事例

- 浸水判読事例：
平成28年8月北海道豪雨災害
平成30年7月豪雨
令和4年8月東北地方大雨

【まとめ】

浸水把握における衛星SAR画像の活用について



被害状況把握の手法

- SAR画像・・・昼夜・天候に関わらず広範囲観測が可能だが、画像解釈には専門知識が必要
- 光学画像・・・観測機会は晴天の昼間に限られるが、より直感的な画像解釈が可能

被害状況把握手法		活用場面			特徴		利点等
		夜間観測	悪天候時観測	詳細調査	観測・調査範囲	観測・調査結果の判読・解釈	
人工衛星	SAR画像	○ 周回軌道による観測機会の制限あり	○	× 不向き	○ 広い (数万km ²)	× 難しい 専門知識が必要	昼夜・天候に関わらず広範囲の概況把握が可能
	光学画像	× 周回軌道による観測機会の制限あり	×	× 不向き	○ 広い (数万km ²)	○ 容易 (観測角度により歪みが生じることがある)	広範囲の概況把握が容易 ※現在日本で運用されているものはない
航空機・ヘリ		×	×	△ やや不向き	△ 中程度 (数百km ²)	○ 容易	数百km ² 単位の調査を一日数回行うことが可能
無人飛行機 (ドローン等)		×	△ 機種による	△ やや不向き	× 狭い	○ 容易	人の立ち入りが困難な箇所の調査が可能
地上現地調査		×	△ 雨風の程度による	○	× 狭い	○ 容易	被害の詳細調査が可能

SAR衛星は昼夜・天候に関わらず観測が可能であり、他の手法が困難な場合に、大規模な浸水状況の把握・推定に有効

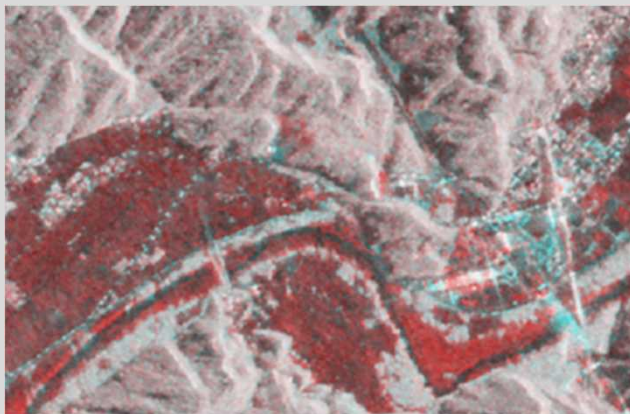
夜間・悪天候時



SAR観測



画像解析・判読
(被害箇所の推定)



JAXA

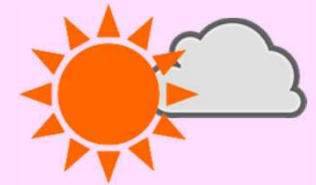
- ・調査箇所の
絞り込み
- ・調査ルート
の検討

- ・排水ポンプ車
の配置検討

初動対応
に活用

国交省

夜明け・天候回復後

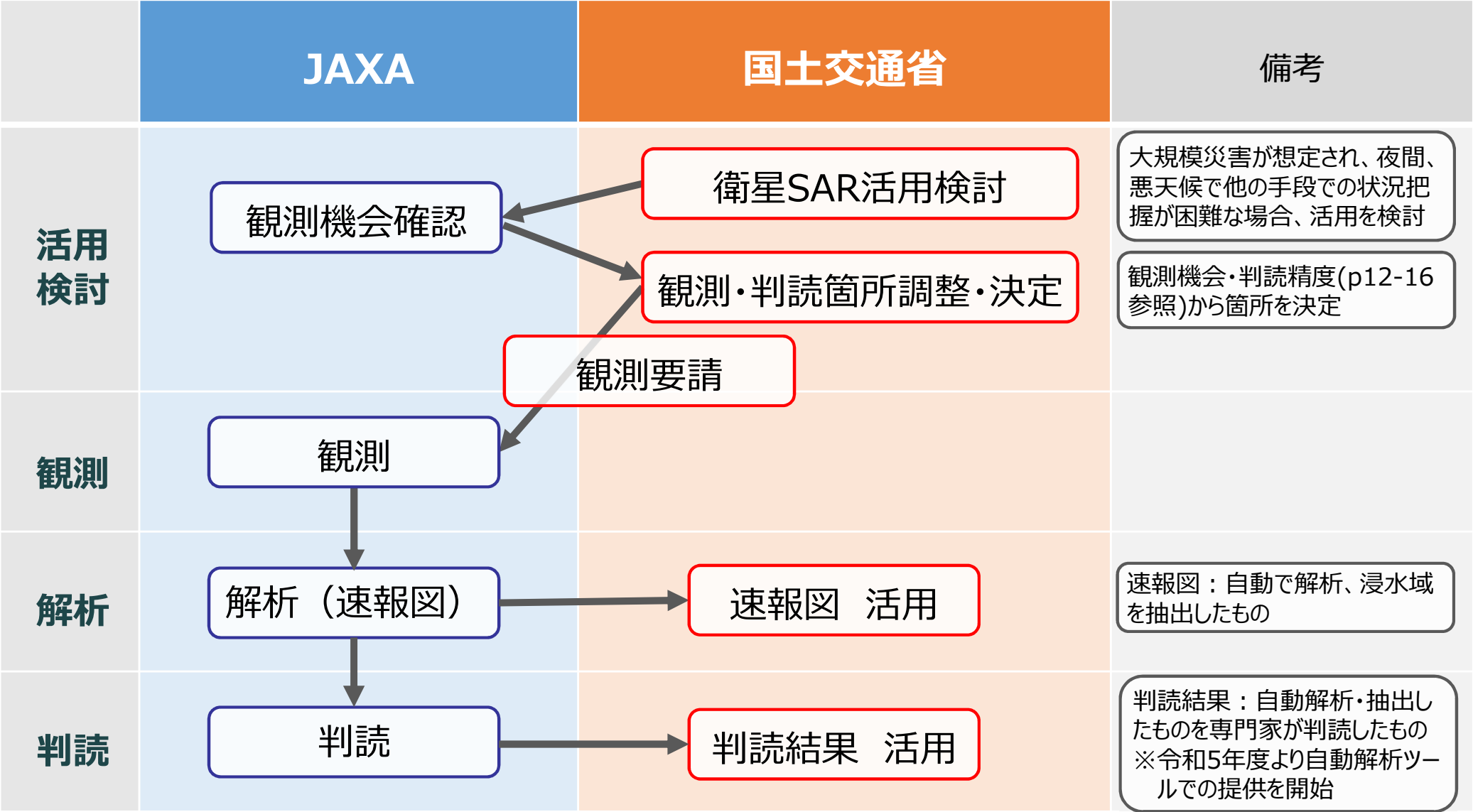


ヘリ、ドローン、現地調査による詳細把握



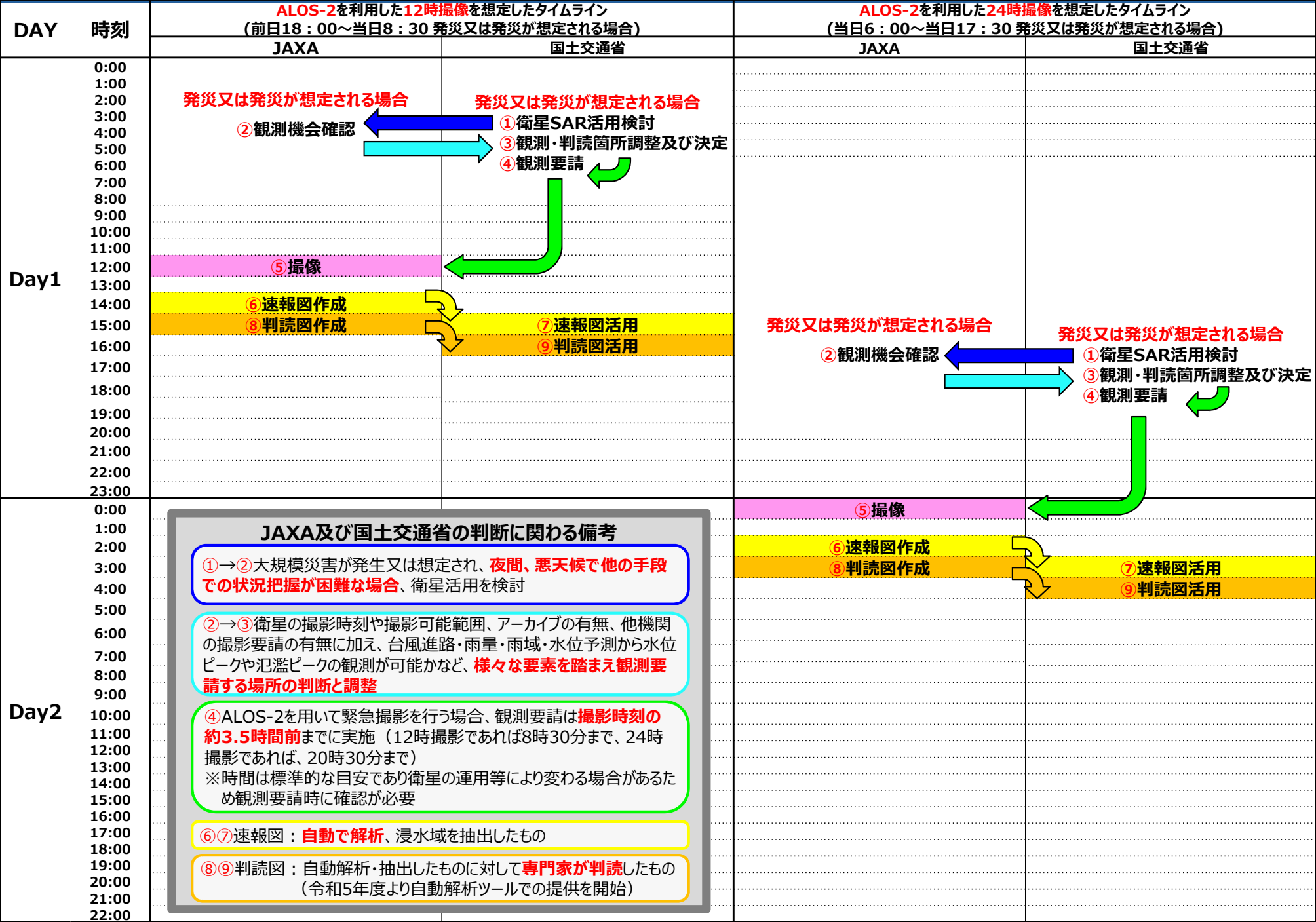
排水ポンプ配備・排水





衛星SAR画像の活用の流れ(タイムライン)

1. SAR画像の活用



概ね50m四方以上※であれば、被害の可能性がある箇所としてSAR画像で解析・判読が可能

※ALOS-2及び同等の分解能の場合

解析：自動で解析、浸水域を抽出すること

判読：自動解析・抽出したものを専門家が判読して浸水域を抽出すること（解析より精度が向上）

平成27年9月 関東・東北豪雨（常総IC）

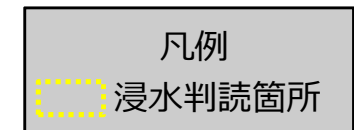
平成29年九州北部豪雨災害（赤谷川流域）



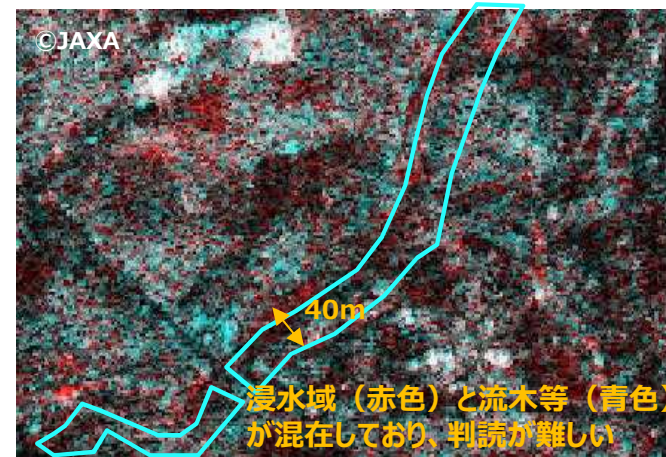
2015年9月11日昼撮影 空中写真



2017年7月8日昼撮影 空中写真



2015年9月11日22時56分観測 SAR画像



2017年7月7日23時43分観測 SAR画像

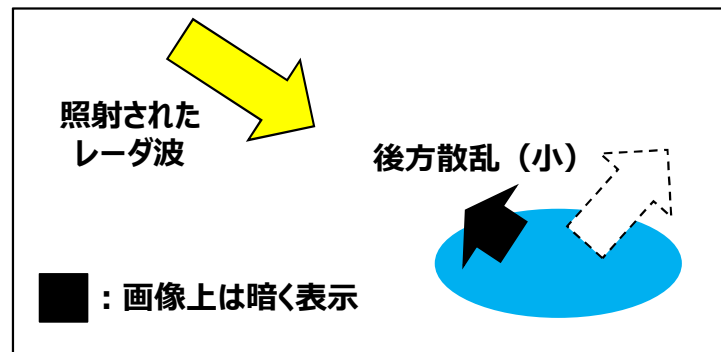
解析手法① 1時期のSAR画像からの浸水域抽出

2. 浸水解析・判読

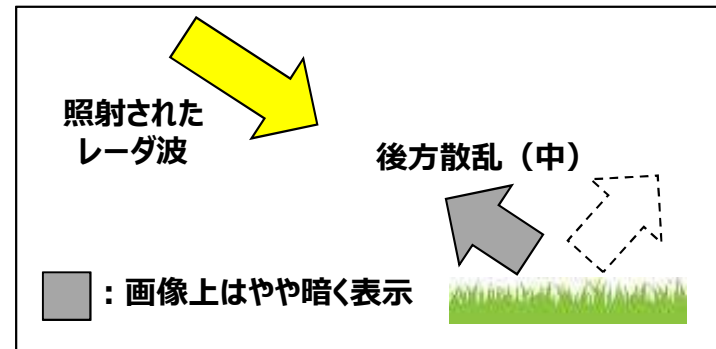
後方散乱※強度（反射波）の大小を黒白で画像化

後方散乱強度の違いから、浸水域を推定

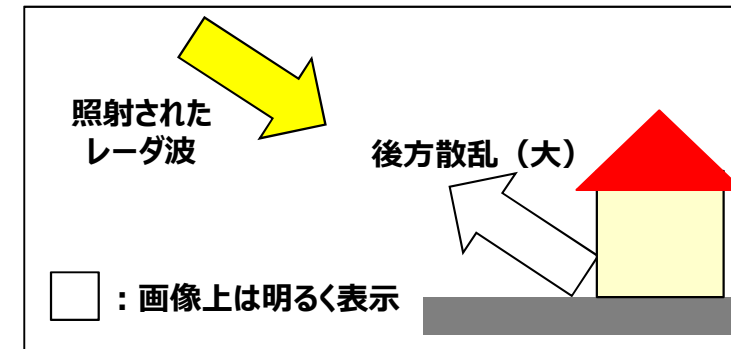
※レーダ源の方向へ戻る散乱



水面の場合の見え方

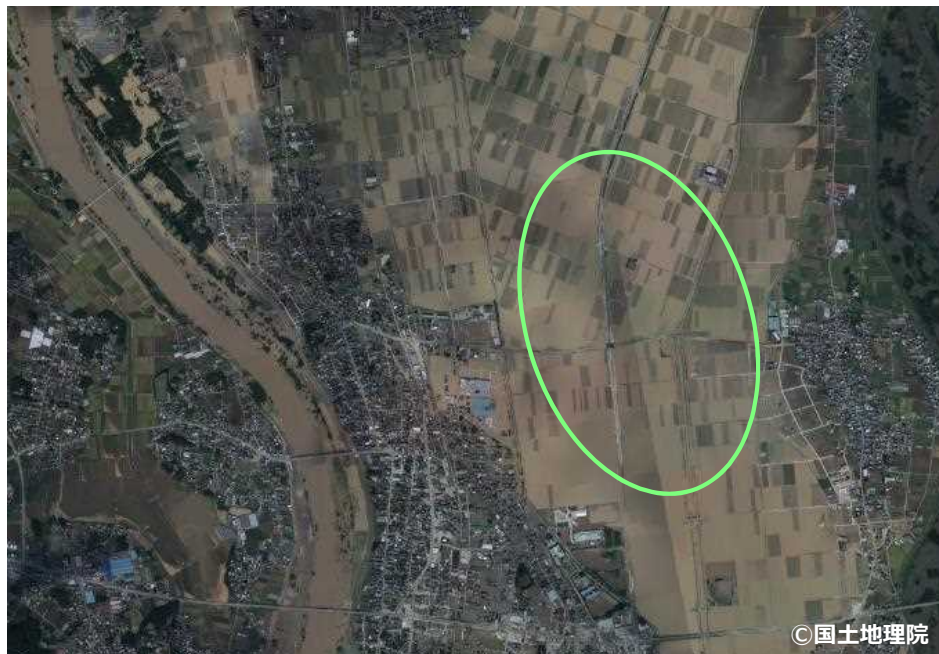


草地の場合の見え方



人工構造物の場合の見え方

平成27年9月 関東・東北豪雨（常総地区）



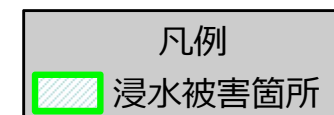
2015年9月11日昼撮影 空中写真



2015年9月11日22時56分観測 ALOS-2データ

- SAR画像から、浸水域を抽出し、GISで利用可能なファイル（kmz, shpファイル）を作成
- 出力結果から浸水範囲の面積、推定浸水家屋数、湛水量などを解析

令和4年8月東北地方大雨における解析結果（新潟県村上市、胎内市）



解析手法② 2時期のSAR画像のカラー合成

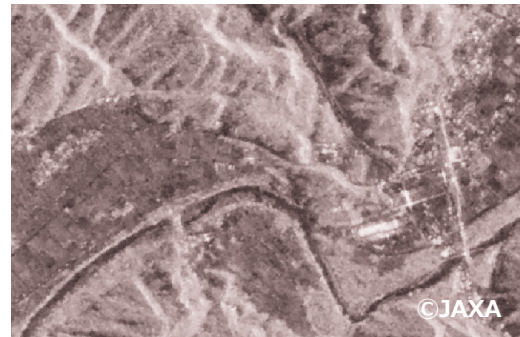
2. 浸水解析・判読

※水害版・衛星基礎編 P.18再掲

災害前の画像に赤、災害後の画像に青と緑を割当てて画像を作成

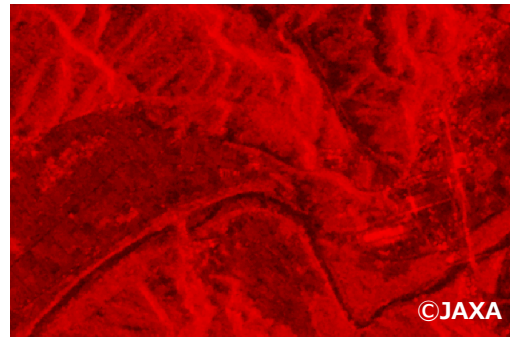


合成画像は、光の三原色により、変化が有る箇所のみ赤色・水色になる
＝赤色・水色箇所が被害箇所（被害の可能性がある箇所）と判別できる



災害前画像

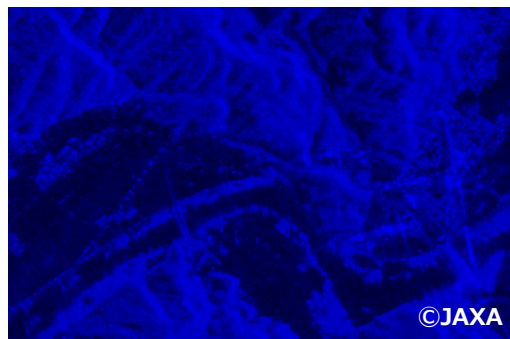
着色



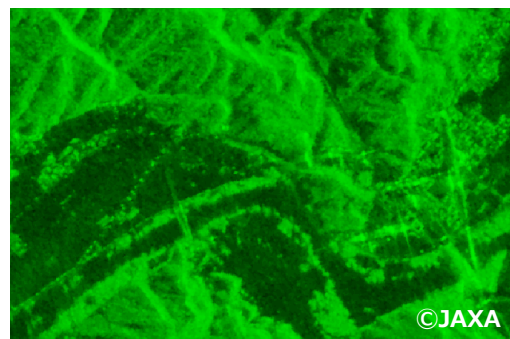
災害前画像（赤色）



災害後画像

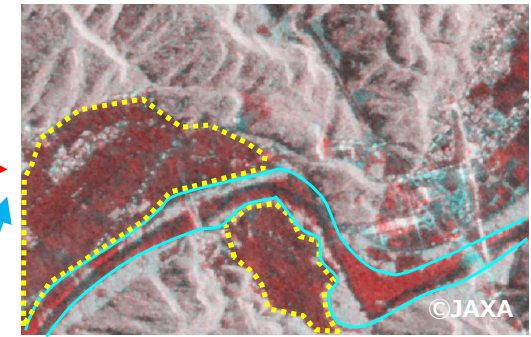


災害後画像（青色）

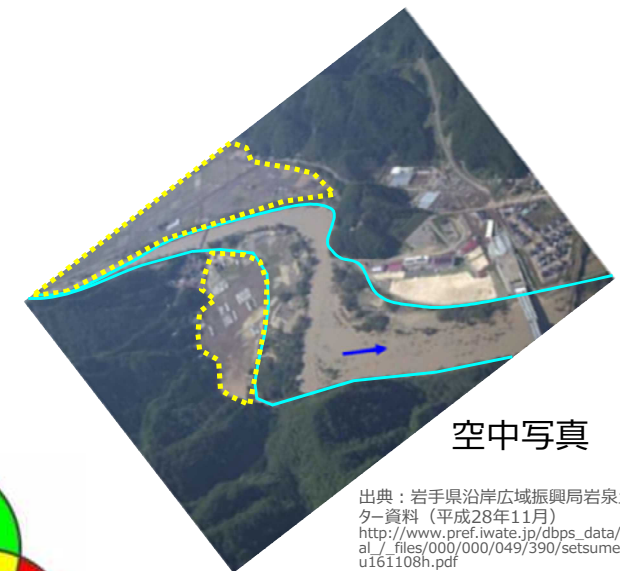


災害後画像（緑色）

カラー
合成



カラー合成画像



空中写真

出典：岩手県沿岸広域振興局岩泉土木センター資料（平成28年11月）
http://www.pref.iwate.jp/dbps_data/_material_files/000/000/049/390/setsumeikaisiryu_u161108h.pdf

※災害後観測と同じ条件の、災害前の観測画像（アーカイブ）がある場合のみ二時期カラー合成が可能



光の三原色

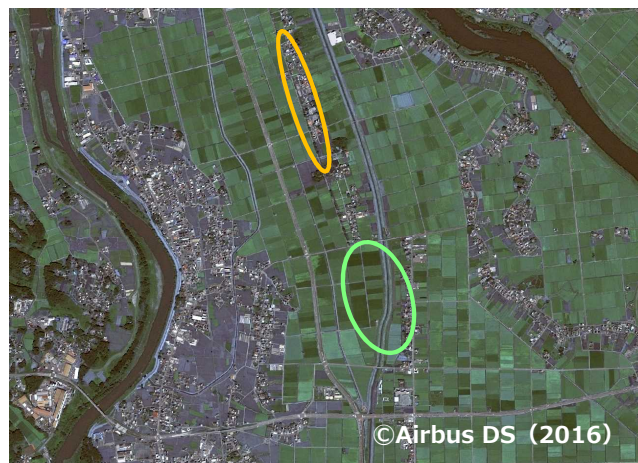
浸水被害箇所
河川範囲線

解析手法①②に共通する留意事項

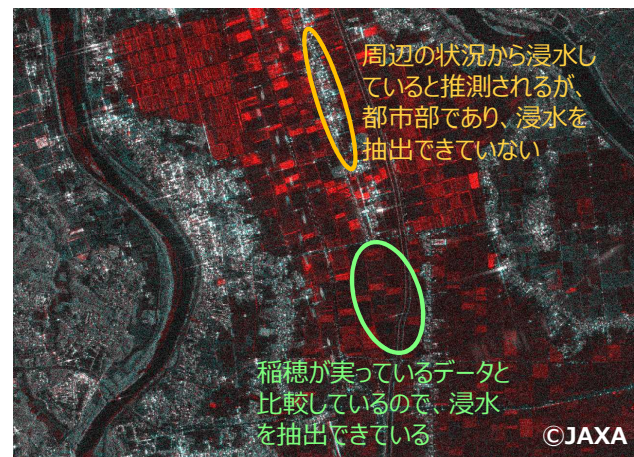
- ・都市部は建物が全て浸水しないと浸水域が抽出されず、判読が困難
- ・田植え時期の水田はぼ水面のため、解析手法①で浸水域として過抽出され、解析手法②では湛水していたのか・水害による浸水かを判断できない。

解析手法②の留意事項

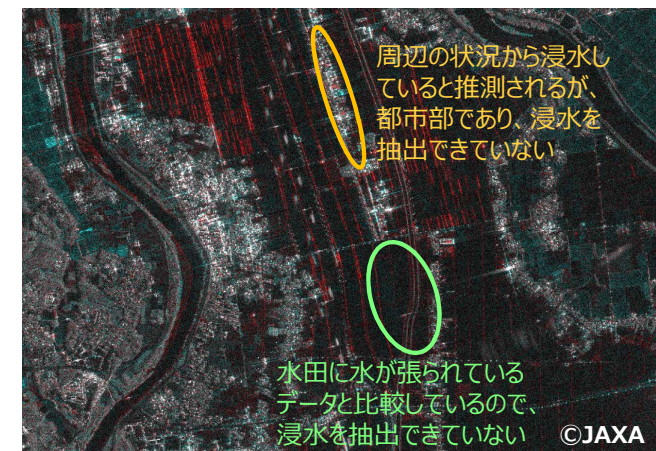
- ・災害後と、災害前の田植え時期の画像を二時期カラー合成しても、浸水域が抽出されず、誤判読が生じる。
(使用するアーカイブの時期は注意が必要)



2016年8月17日の観測データ
平時の光学衛星画像



2015年7月31日と2015年9月11日をカラー合成した画像
赤色：2015年7月31日、緑色・青色：2015年9月11日



2016年5月20日と2015年9月11日をカラー合成した画像
赤色：2016年5月20日、緑色・青色：2015年9月11日



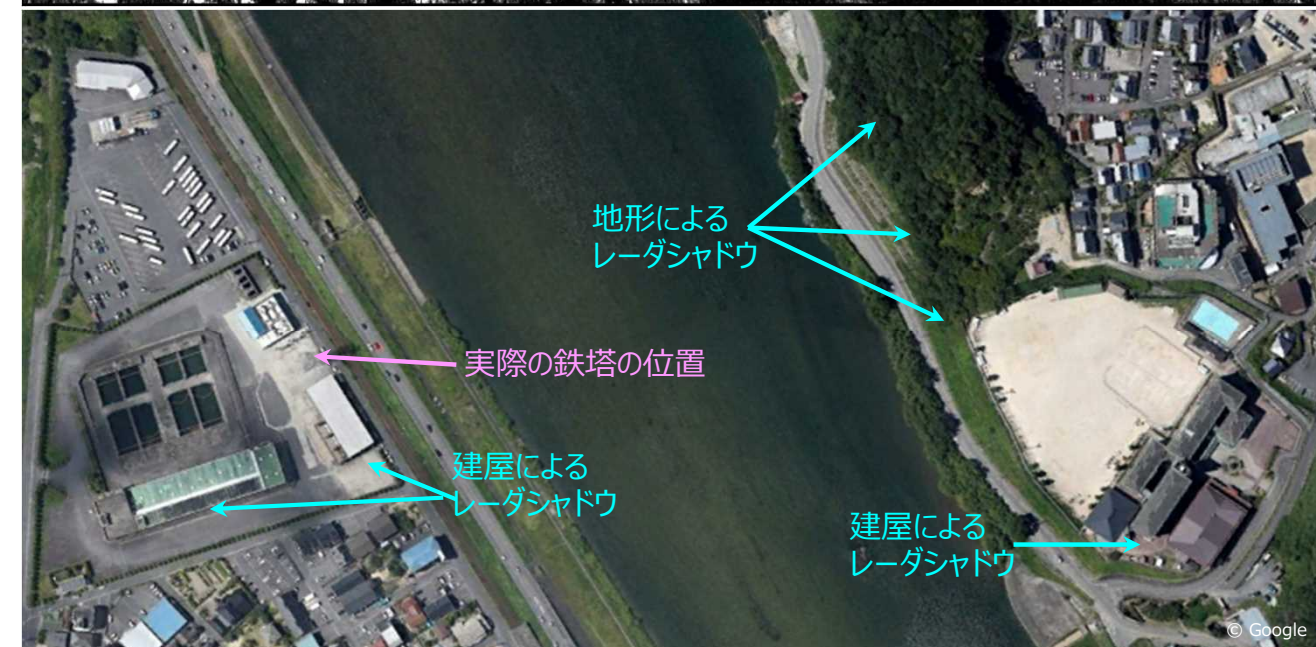
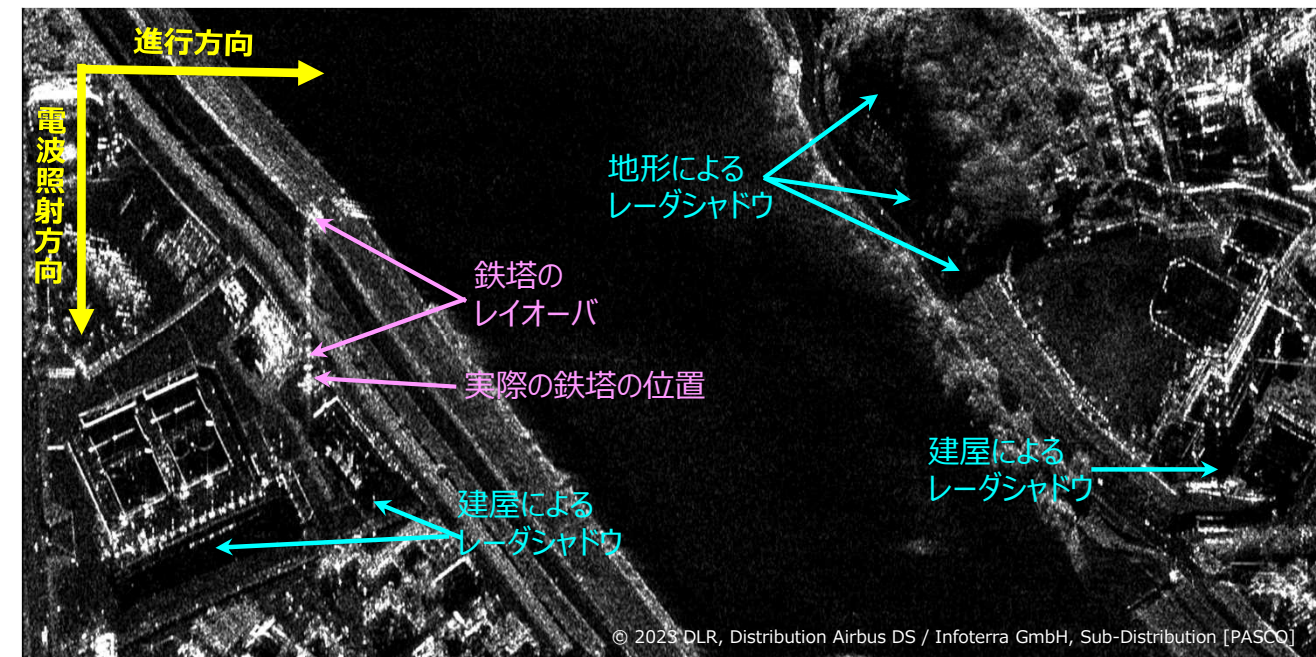
2015年7月31日の観測データ
稲穂が実り始めている画像



2015年9月11日の観測データ
平成27年9月 関東・東北豪雨による浸水時の画像

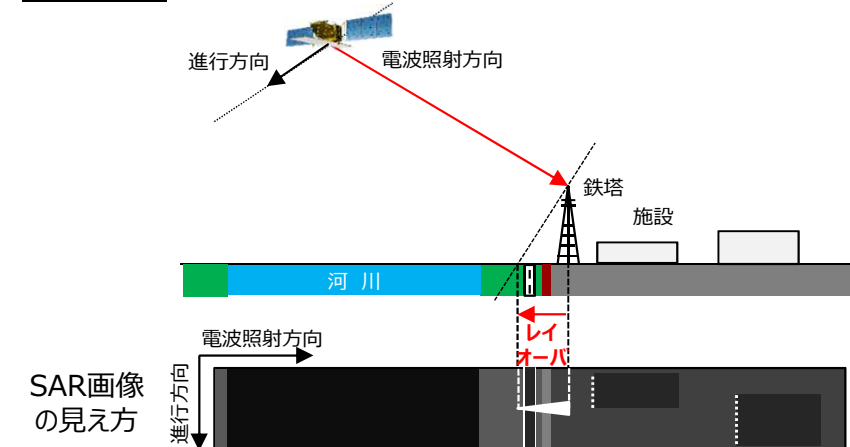


2016年5月20日の観測データ
水田に水が張られ、田植え前後の画像



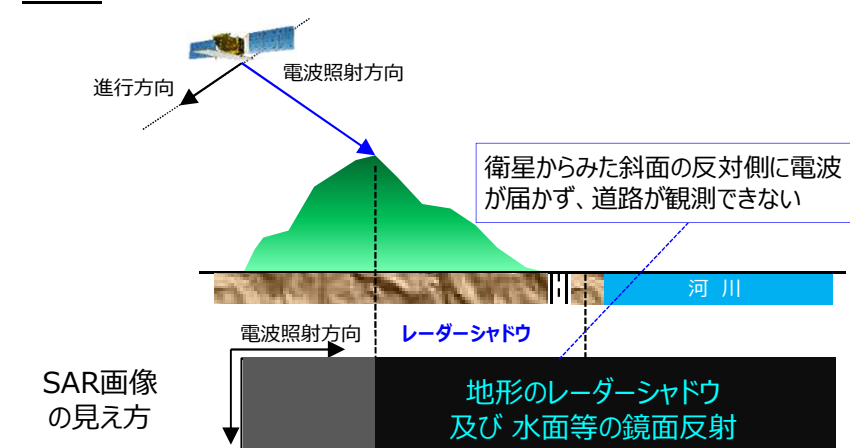
レイオーバー

高い建物が、衛星から近い距離にあると判断され、倒れて見える現象



レーダシャドウ

山が壁となり、山の後ろ側に電波が当たらず、情報が得ることができない現象

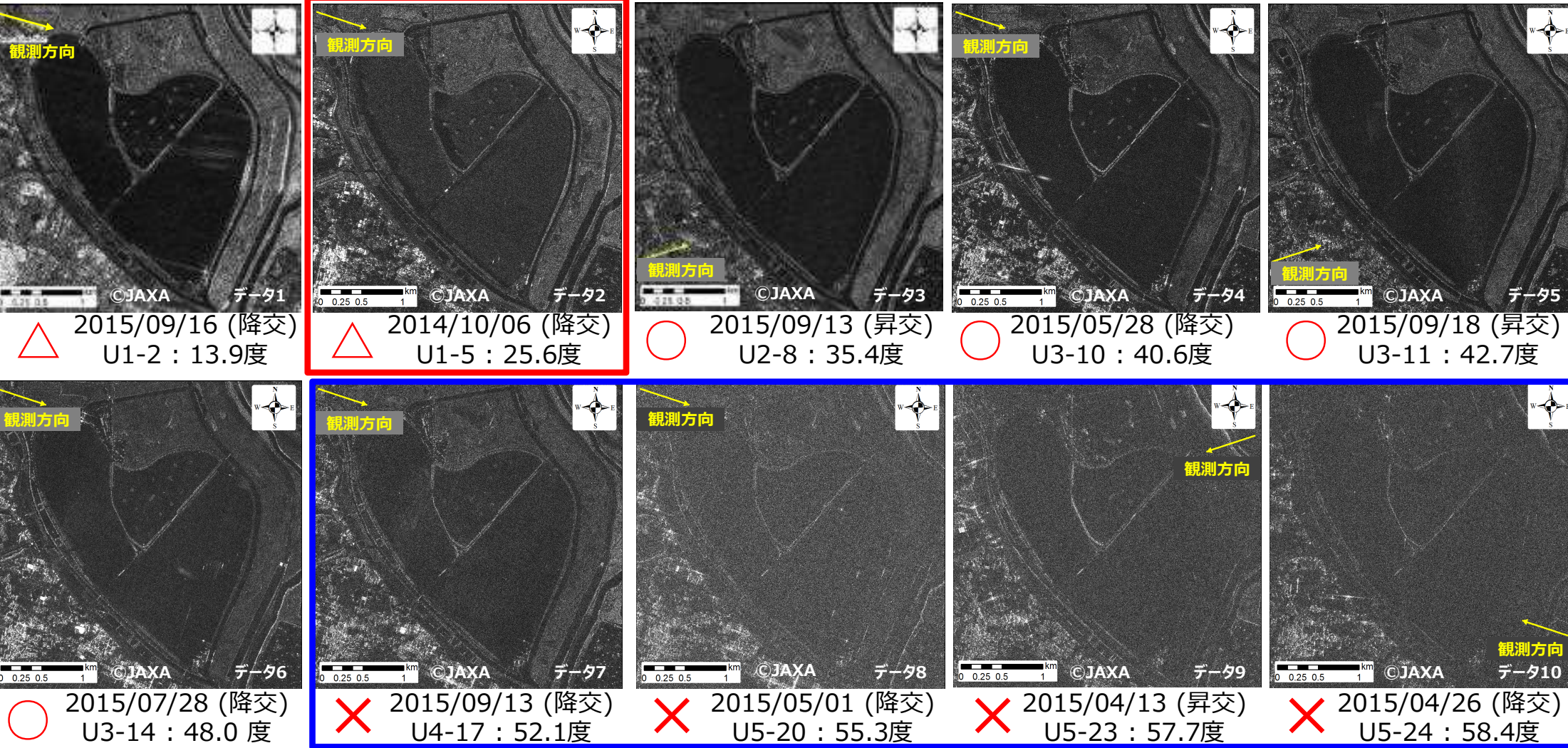


観測角度の違い①

3. 条件による判読精度の違い

- 観測角度によって、見え方（判読のしやすさ）が大きく異なる。
- 軌道方向や衛星からの観測方向では、見え方に差はみられない。
- 風の影響などにより水面に波立ちがあり、なめらかでない場合は、周辺部との反射強度の区別がつきにくくなる。（下図□）
- オフナディア角が大きくなると地表面の粗さへの感度が鈍くなるため、浸水域を含むなめらかな面と、土壌などの凹凸のある面の区別がつきにくくなる。（下図□）

観測地：渡良瀬遊水池（谷中湖）



観測角度の違い②

3. 条件による判読精度の違い

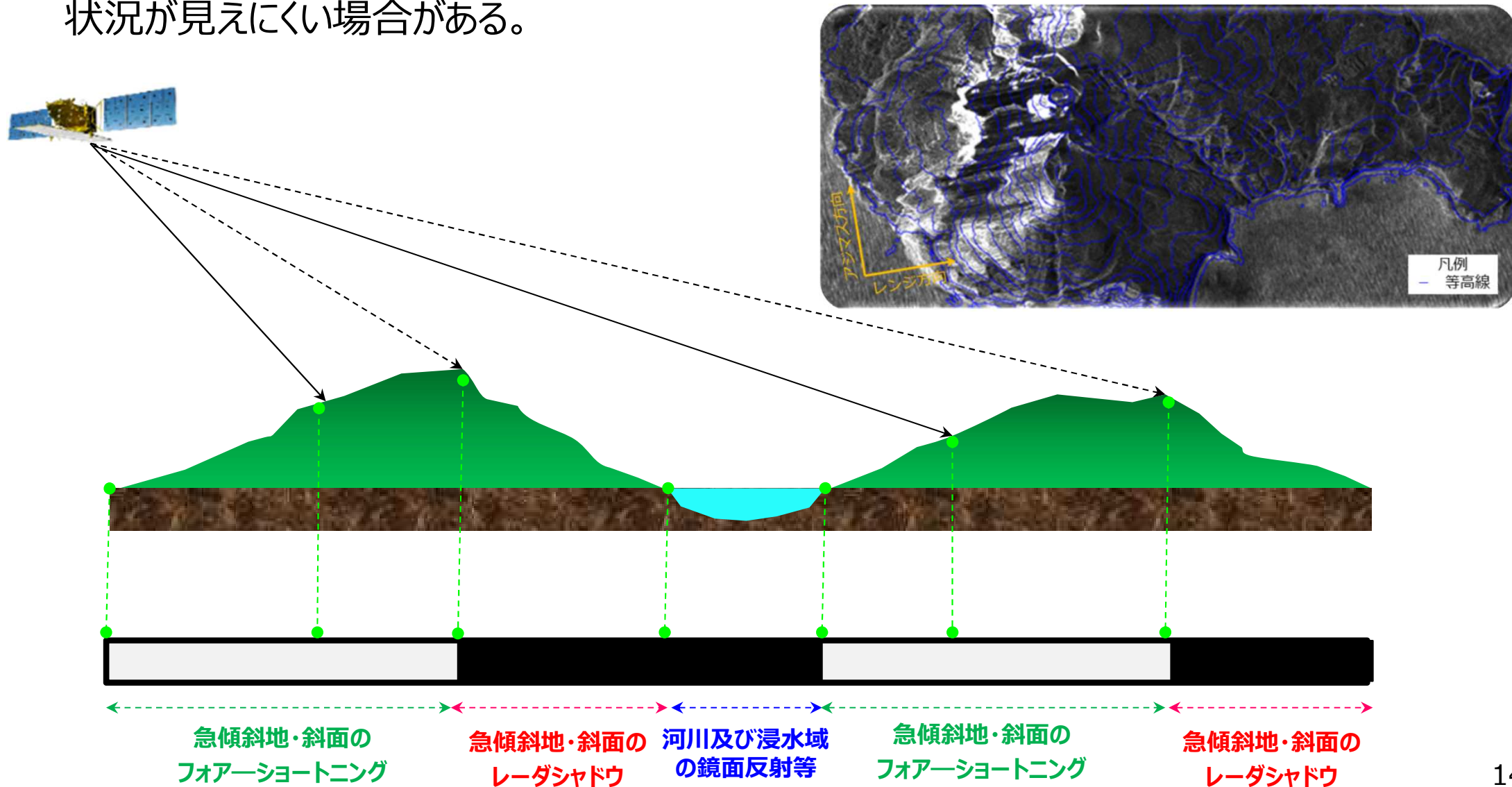
- 渡良瀬遊水池のケースでは、観測角度がU2-8（35.4度）～U3-14（48.0度）の範囲において良好にみえる
- 軌道方向や衛星からの観測方向では、見え方に差はみられない

項目	データ1	データ2	データ3	データ4	データ5	データ6	データ7	データ8	データ9	データ10
観測日	2015/9/16	2014/10/6	2015/9/13	2015/5/28	2015/9/18	2015/7/28	2015/9/13	2015/5/1	2015/4/13	2015/4/26
観測角度	U1-2 (13.9度)	U1-5 (25.6度)	U2-8 (35.4度)	U3-10 (40.6度)	U3-11 (42.7度)	U3-14 (48.0度)	U4-17 (52.1度)	U5-20 (55.3度)	U5-23 (57.7度)	U5-24 (58.4度)
軌道方向	降交軌道 (北→南)	降交軌道 (北→南)	昇交軌道 (南→北)	降交軌道 (北→南)	昇交軌道 (南→北)	降交軌道 (北→南)	降交軌道 (北→南)	降交軌道 (北→南)	昇交軌道 (南→北)	降交軌道 (北→南)
衛星からの 観測方向	左	左	右	左	右	左	左	左	左	右
対象地の 観測方向	西北西	西北西	西南西	西北西	西南西	西北西	西北西	西北西	東北東	東南東
見え方	△	△	○	○	○	○	×	×	×	×
備考	観測角度によって天候不順等によるノイズが確認され、判読に難あり。		-	-	-	-	観測角度により、水域と陸域の境界が不明瞭であり、判読できない。			

観測角度の違い③ 急傾斜地の場合

3. 条件による判読精度の違い

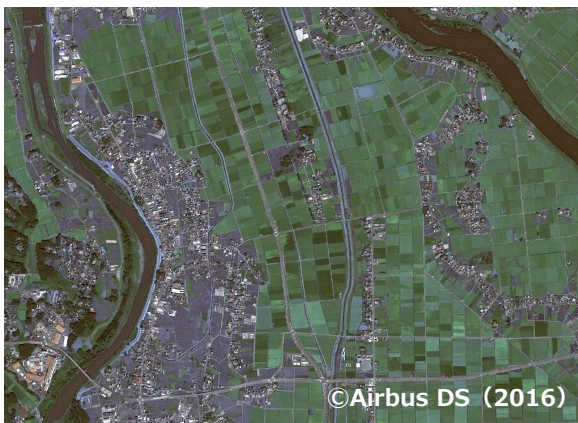
- 急傾斜地においては、地形による歪を補正(オルソ幾何補正)を行った場合でも、急傾斜地・斜面のレーダシャドウと河川及び浸水域の鏡面反射を区別できない場合がある。
- 急傾斜地の衛星側の斜面においては、フォアショートニング及びレイオーバが発生し、斜面の状況が見えにくい場合がある。



- 災害後観測と同じ観測条件（観測角度・方向）の災害前の観測画像（アーカイブ）があれば二時期カラー合成が可能であり、判読精度は上がる
- 一方で、アーカイブの観測時期・季節には注意が必要
 - ・ アーカイブが古い
 - ⇒ その後の土地改変（遊水池の整備など）があると、誤判読する可能性有り
 - ・ 災害後観測とアーカイブの撮影季節が違う
 - ⇒ 水田の見え方が異なり、誤判読する可能性あり（田植え時期の水田の浸水判読は困難）

◇ アーカイブは撮影時期が近く、同じ季節のものであれば判読しやすい（判読精度が良い）

【水田の季節変化による見え方の違い】



2016年8月17日 光学衛星画像



2015年7月31日 SAR衛星画像



2016年5月20日 SAR衛星画像

2015年7月31日の観測データ：稲穂が実り始め、水田が明るく見える

2016年5月20日の観測データ：田植えが行われており、水田に水が張られ暗く見える

○観測角度（モード）とアーカイブの有無・時期・季節から判読精度見込みを評価する

⇒ 観測・判読箇所決定に用いる

評価基準		
a, A	精度良	判読しやすい
b, B	精度中	判読可能またはやや困難
c, C	精度低・不可	判読困難または不可

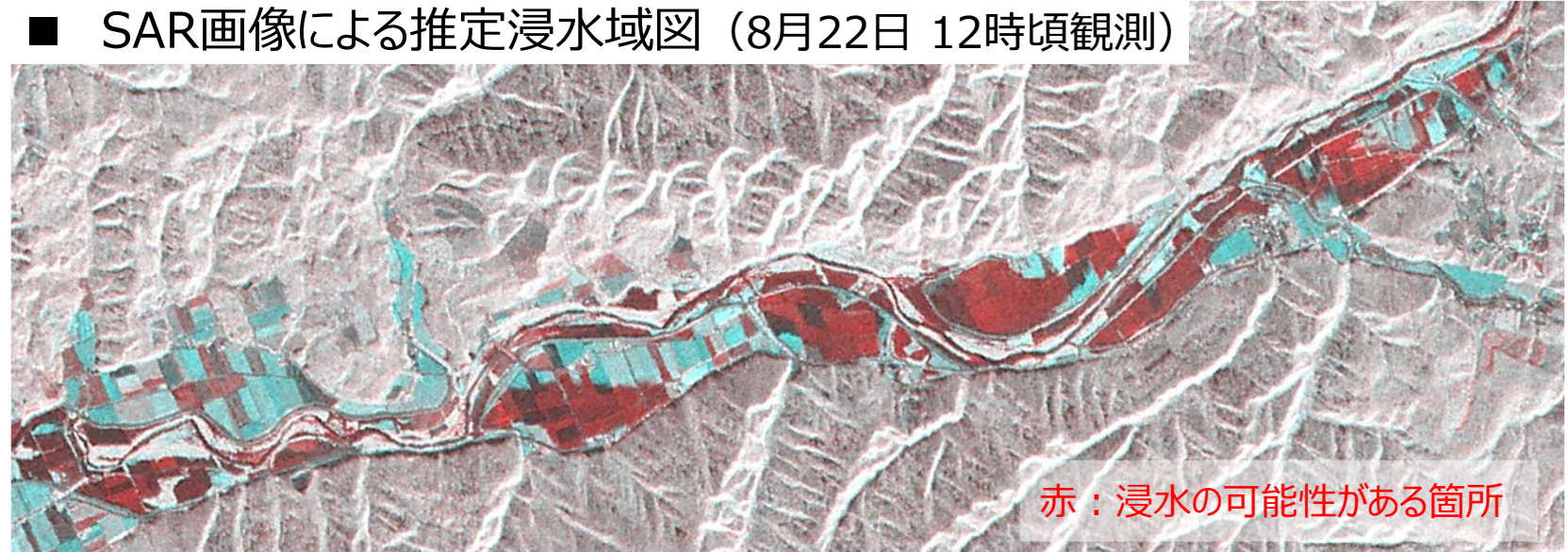
【①観測角度（モード）】		評価
U2～U3	判読する上で最も適した観測角度	a
U1	観測角度によって天候不順等によるノイズが確認され、判読に難あり	b
U4～U5	判読不可	c

【②アーカイブの有無とその時期】	評価
1年以内のアーカイブ有り	a
1年超のアーカイブ有り	b
アーカイブなし	c

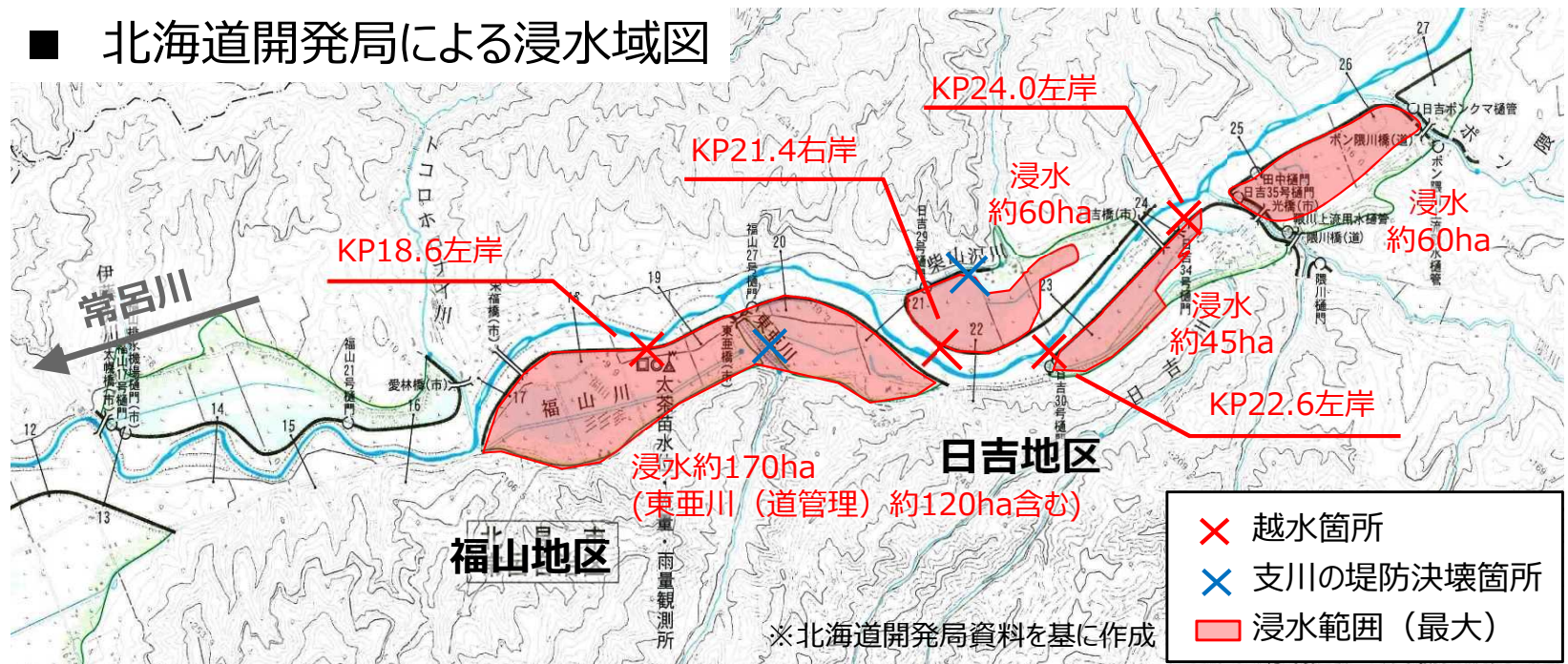
【③アーカイブの季節】	評価
災害後と同一の季節	a
災害後と異なる季節	b

【総合評価】		評価
精度良	（①がaで、②③はいずれもaまたはbがあっても判読への影響が少ない）	A
精度中	（bが主）	B
精度低・不可	（①がbまたはcで、②がc）	C

■ SAR画像による推定浸水域図（8月22日 12時頃観測）



■ 北海道開発局による浸水域図



【対応の流れ】

8月21日(日)

昼：観測依頼
(機会検索依頼)
当日夜は観測機会
がなく観測見送り

8月22日(月)

昼：ALOS-2による観測
夜：判読結果を提供

浸水判読事例：令和4年8月東北地方大雨

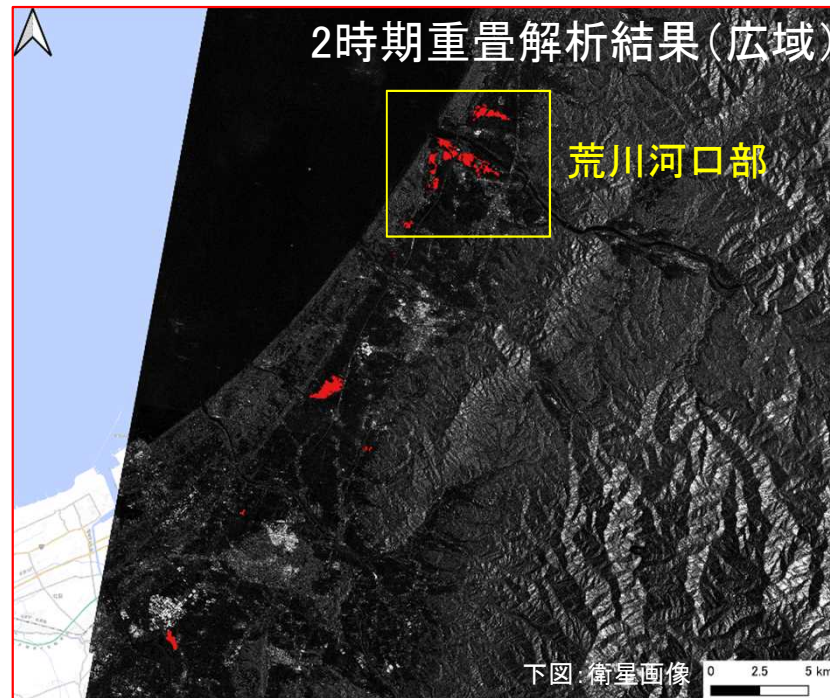
4. 浸水判読事例

【対応の流れ】

8月4日（木）

昼：ALOS-2による観測

夕方：判読結果を提供



出水概要



出典：国土交通省 北陸地方整備局「令和4年8月3日からの大雨による被災状況について」
<https://www.hrr.mlit.go.jp/uetsu/contents/river/chisuikyougikai/22siryou1.pdf>

【まとめ】浸水把握における衛星SAR画像の活用について

SAR衛星の強み

- 昼夜問わず観測可能
- 悪天候時でも観測可能
- 数万km²もの広範囲を一度に観測可能

SAR衛星の弱み

- ・ 観測機会は衛星の回帰、軌道に依存

SAR画像でわかること

- ◆ 概ね50m四方※の浸水域（推定）の判読が可能 ※ALOS-2及び同等の分解能の場合
- ◆ 1時期のSAR画像からの浸水域抽出 ⇒ 黒の箇所が浸水の可能性有り（推定浸水域）
- ◆ 2時期のSAR画像のカラー合成 ⇒ 赤色の箇所が浸水の可能性有り（推定浸水域）

SAR画像の弱み・留意事項

- ・ 詳細な状況把握はできない（小規模の浸水は判読不可）
- ・ 判読は専門知識が必要（素人には不可）
- ・ 観測条件やアーカイブの有無等により判読精度に差有り
- ・ 水田の浸水判読可否・精度は観測の季節やアーカイブの有無・時期などに左右される
- ・ 都市部の浸水は判読困難

大規模災害が想定され、かつ他の手法が困難な場合に、浸水状況の把握・推定に有効