



# 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



# 目次

## 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
- 後方散乱強度・一時期単偏波
- 単画像からのポリゴンデータ
- 後方散乱強度・二時期カラー合成
- SAR浸水解析の留意事項（水田・都市部）
- 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①②
- 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

### 【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	○ <small>周回軌道による観測機会の制限あり</small>	○	× 不向き	○ 広い (数万km <sup>2</sup> )	× 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	× <small>周回軌道による観測機会の制限あり</small>	×	× 不向き	○ 広い (数万km <sup>2</sup> )	○ 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 <sup>2</sup> )	○ 容易	数百km <sup>2</sup> 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

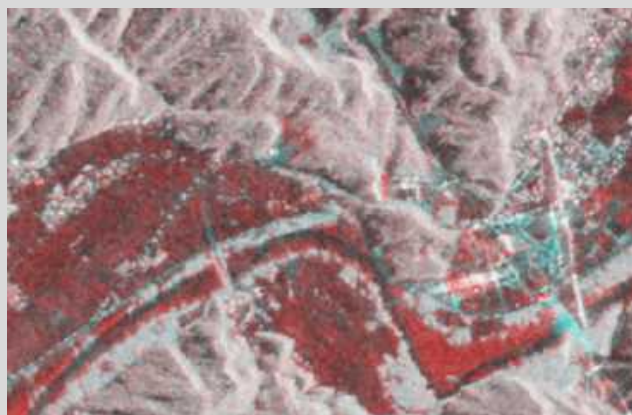
夜間・悪天候時



SAR観測



画像解析・判読  
(被害箇所の推定)



JAXA

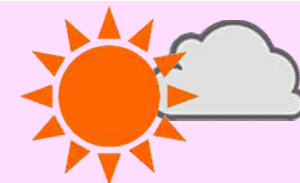
- ・調査箇所の絞り込み
- ・調査ルートを検討

- ・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



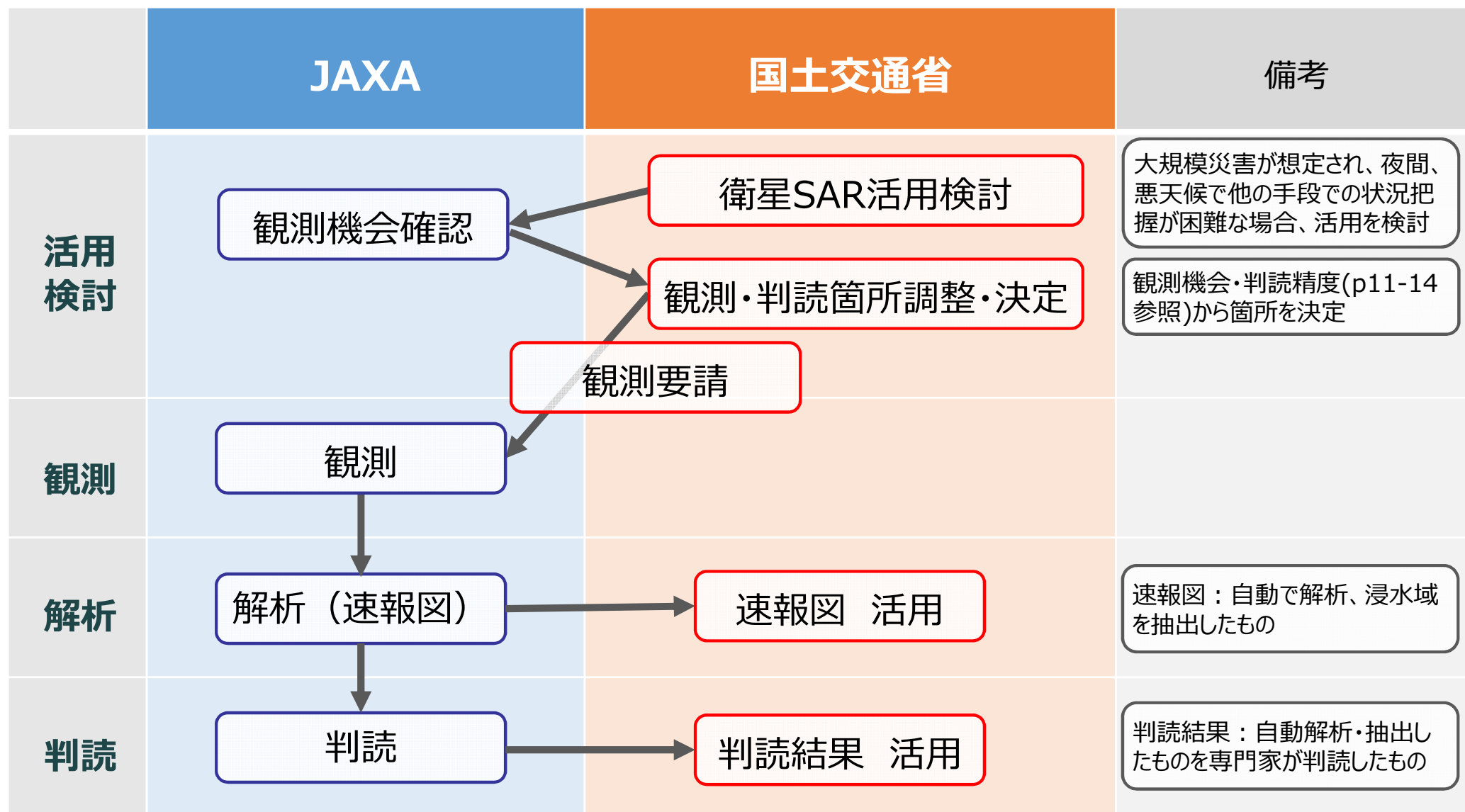
ヘリ、ドローン、現地調査による詳細把握



排水ポンプ配備・排水







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

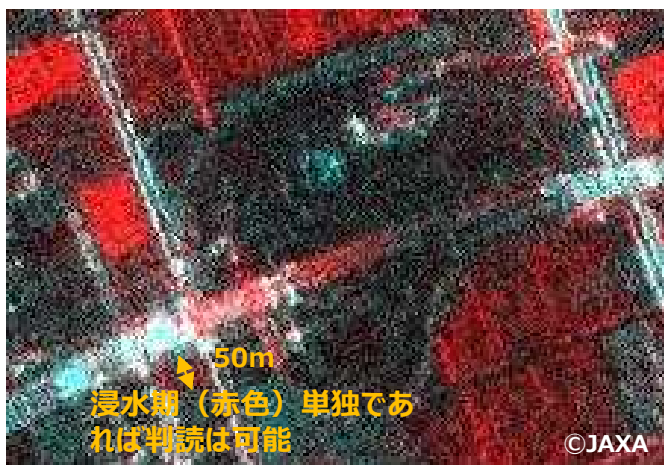
解析：自動で解析、浸水域を抽出すること

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）

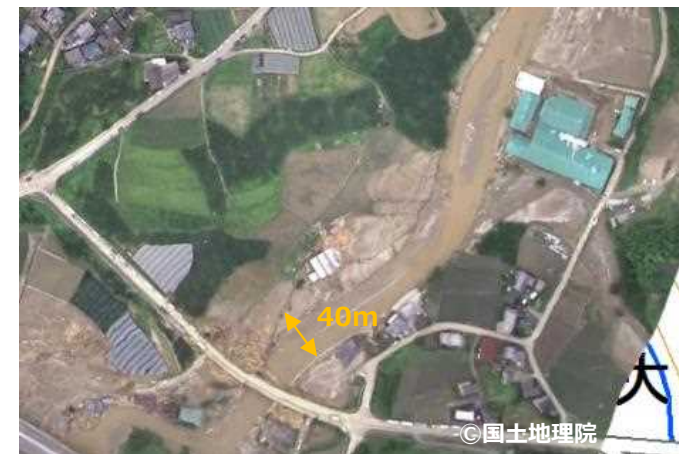


2015年9月11日昼撮影 空中写真

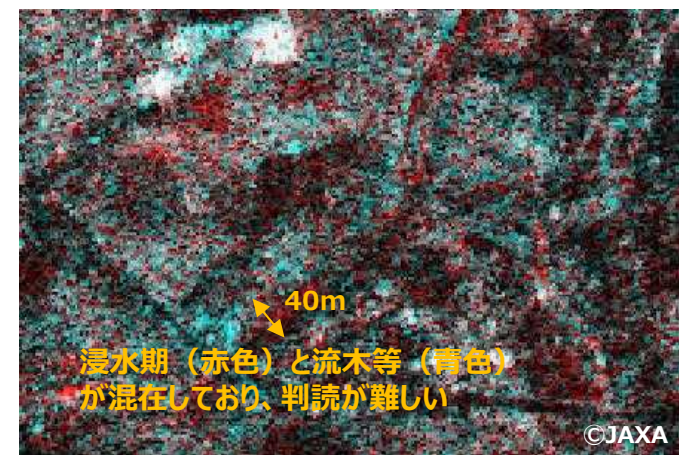


2015年9月11日22時56分観測 SAR画像

### 平成29年九州北部豪雨災害（赤谷川流域）



2016年7月8日昼撮影 空中写真

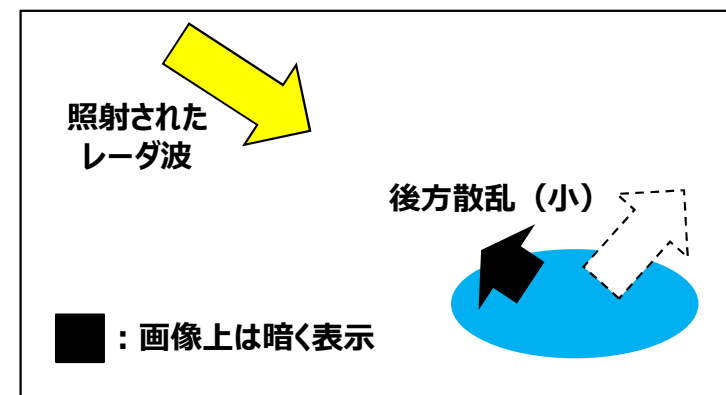


2016年7月7日23時43分観測 SAR画像



後方散乱※強度（反射波）の大小を黑白で画像化  
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

### 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



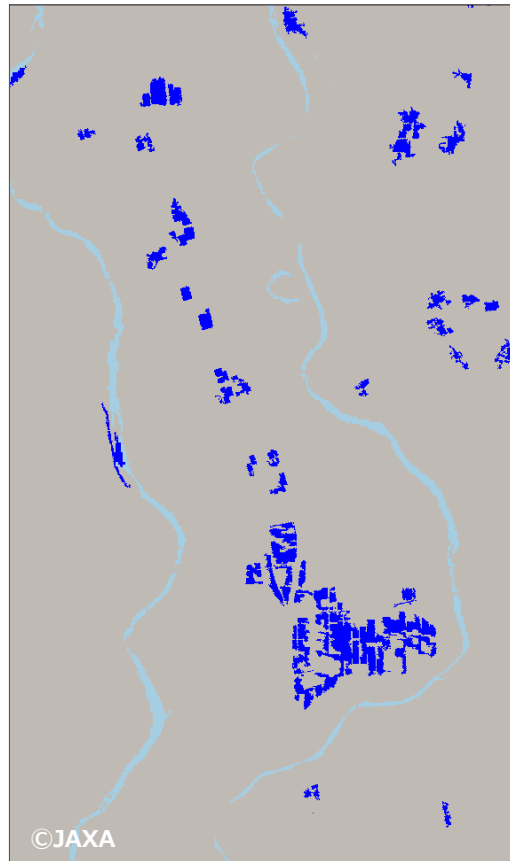
2015年9月11日22時56分観測 ALOS-2データ

後方散乱強度解析（一時期単偏波）の画像から、自動的に水域と陸域に区別し、河川部分を取り除いたデータを浸水域として自動抽出しポリゴン化  
GISで利用可能なファイル（kmz, shpファイル）で提供



1時期画像（緊急観測）

→  
閾値を自動的に  
決定し、陸域と水  
域の二つに分解



二値化画像

→  
河川部分を取り  
除き、浸水域をポ  
リゴン化

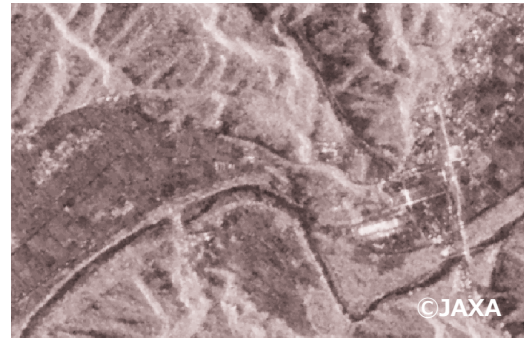


浸水域抽出プロダクト



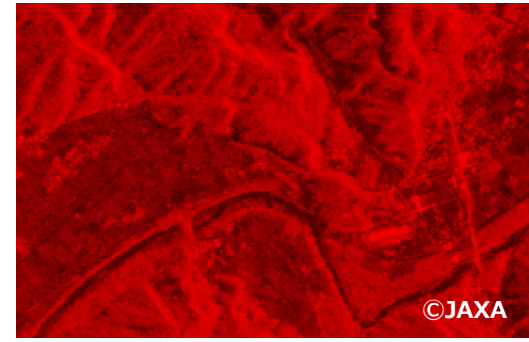
災害前の画像に赤、災害後の画像に青と緑を割当てて画像を作成

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

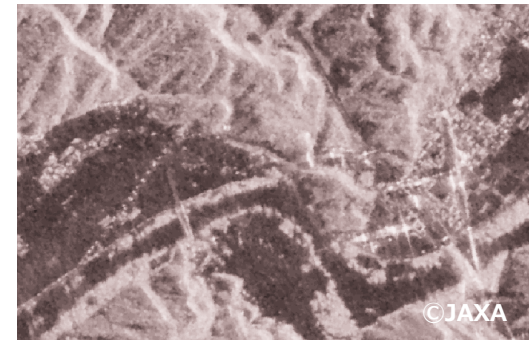


災害前画像

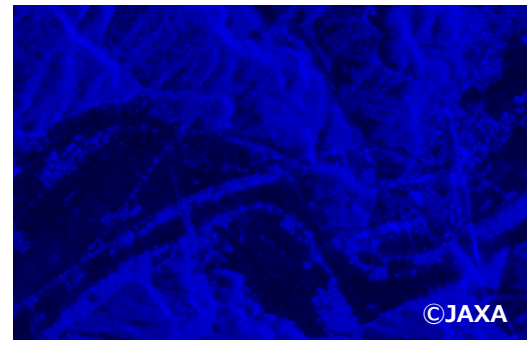
着色



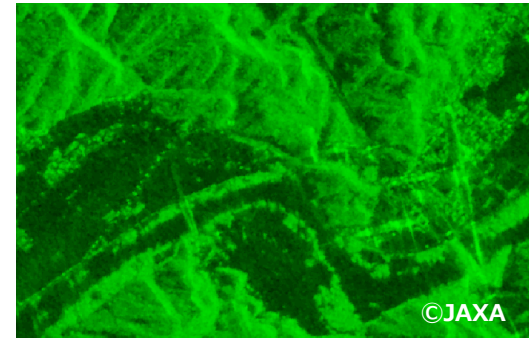
災害前画像 (赤色)



災害後画像

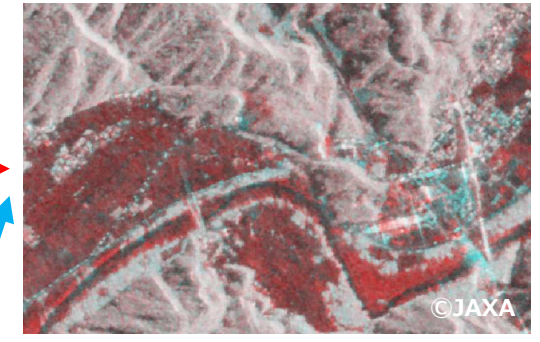


災害後画像 (青色)

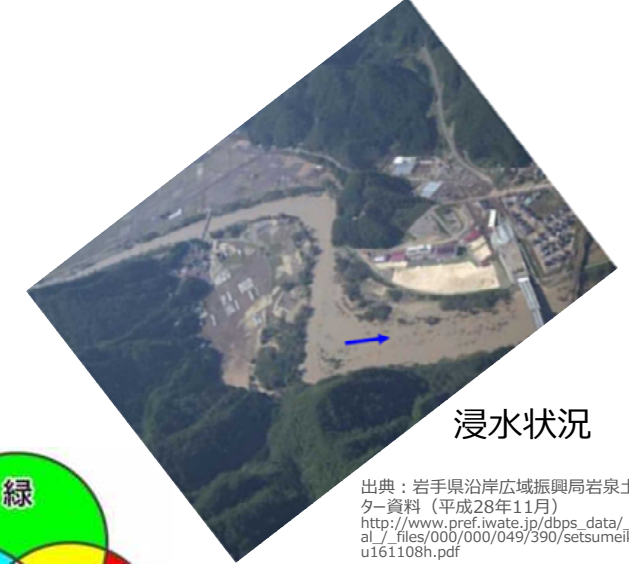


災害後画像 (緑色)

カラー合成



カラー合成画像



浸水状況

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](http://www.pref.iwate.jp/dbps_data/_material_files/000/000/049/390/setsumeikaisiryu_u161108h.pdf)

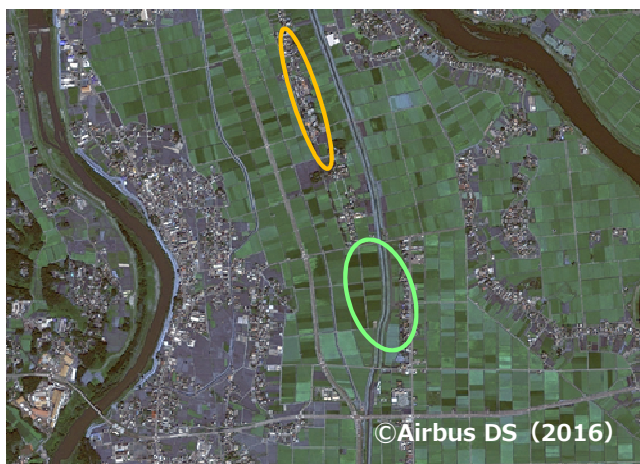


光の三原色

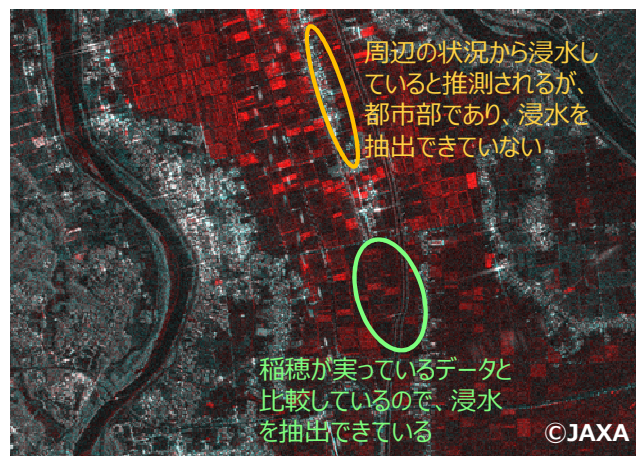
※災害後観測と同じ条件の、災害前の観測画像（アーカイブ）がある場合のみ二時期カラー合成が可能



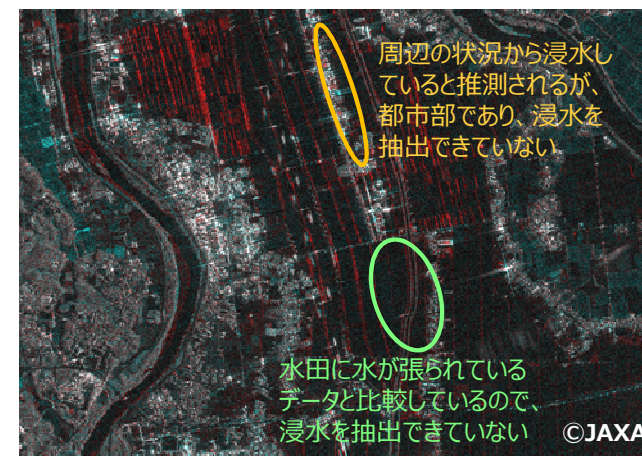
- 水田は、田植え時期はほぼ水面のため、一時期単偏波の後方散乱強度解析では浸水と誤判読
- 災害後と、災害前の田植え時期の画像を二時期カラー合成しても、浸水域が抽出されず、誤判読が生じる（使用するアーカイブの時期は注意が必要）
- 都市部は建物が全て浸水しないと二時期カラー合成でも浸水域が抽出されず、判読が困難



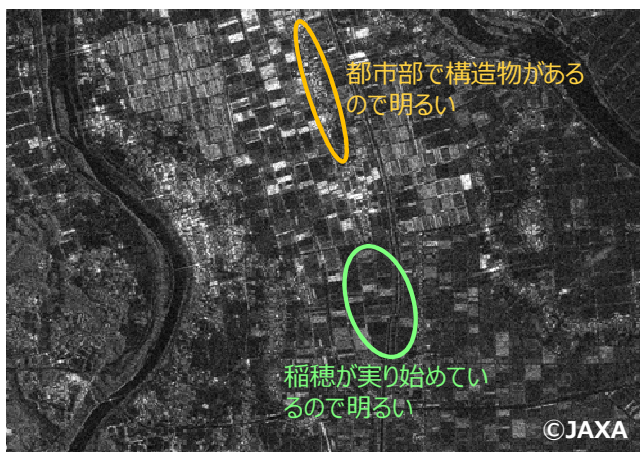
2016年8月17日の観測データ  
平時の光学衛星画像



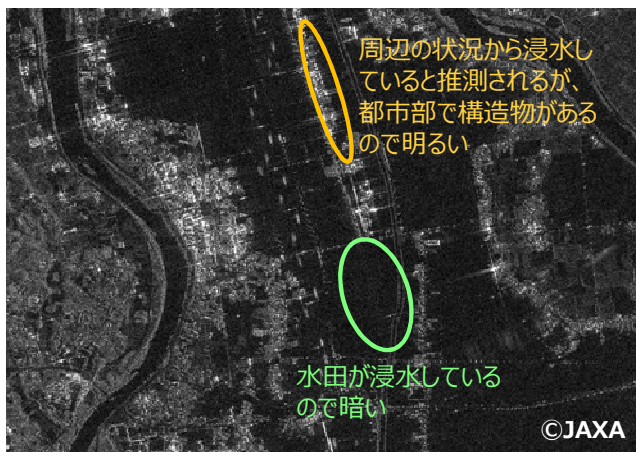
2015年7月31日と2015年9月11日をカラー合成した画像  
赤色：2015年7月31日、緑色・青色：2015年9月11日



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



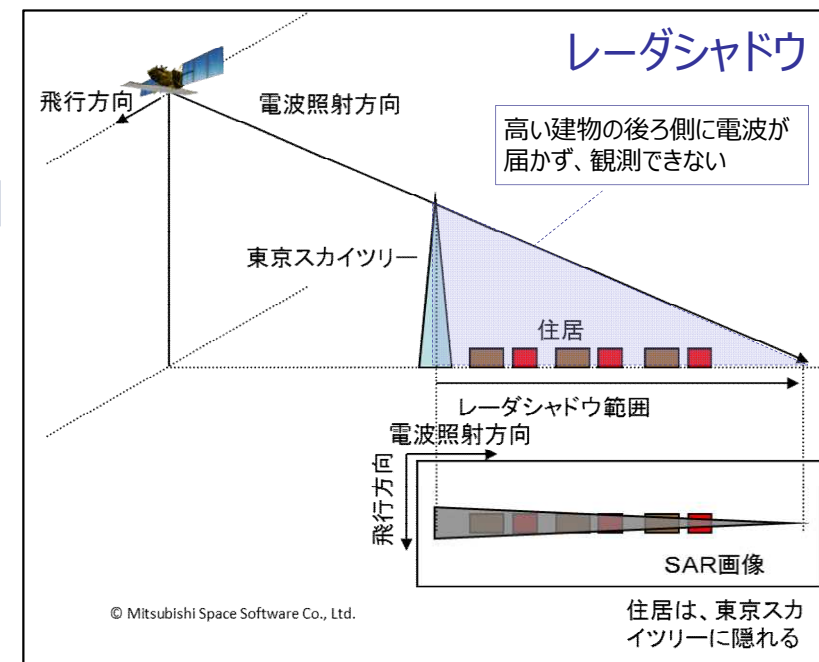
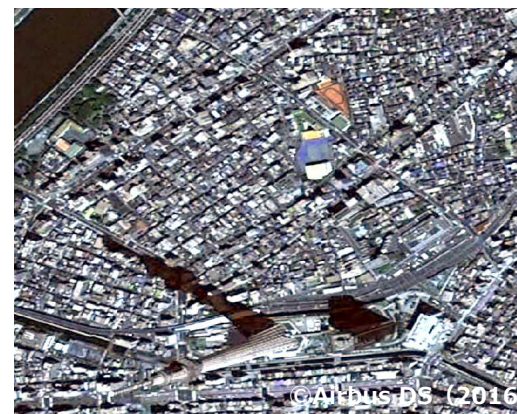
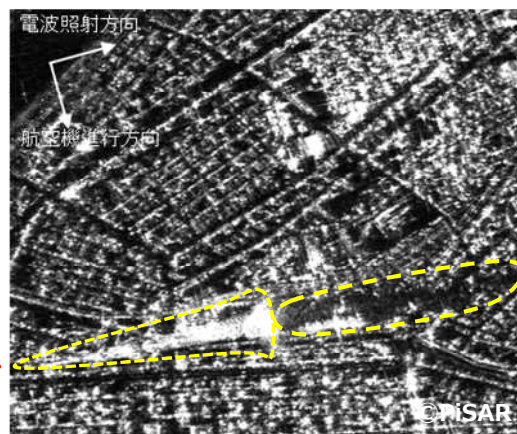
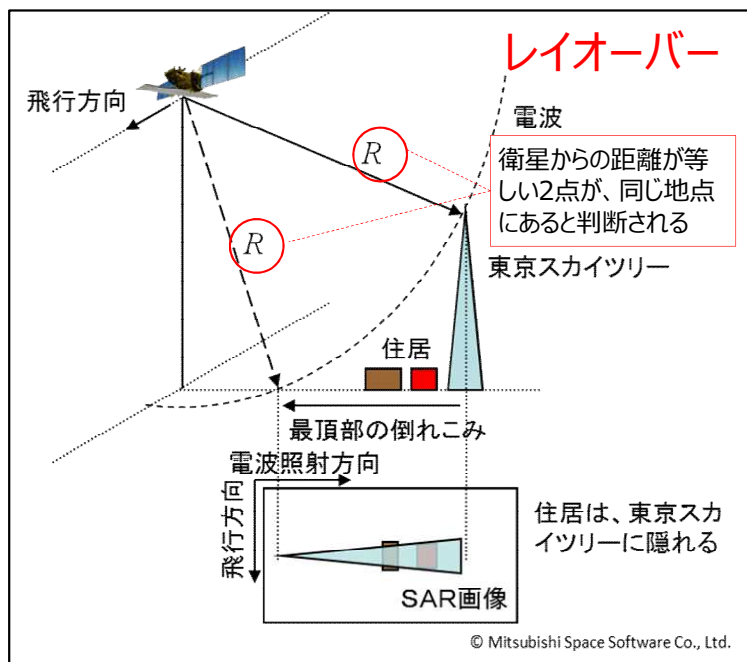
- SAR画像は、観測手法の特性上、以下のような現象が発生するので注意が必要

### 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

高い建物が壁となり、建物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



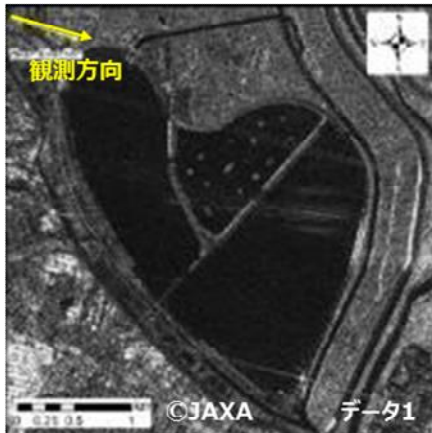
レイオーバー、レーダシャドウの事例  
(東京スカイツリー)



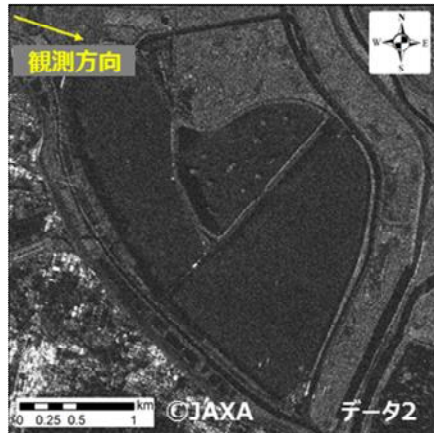
# 観測角度の違い①

- 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

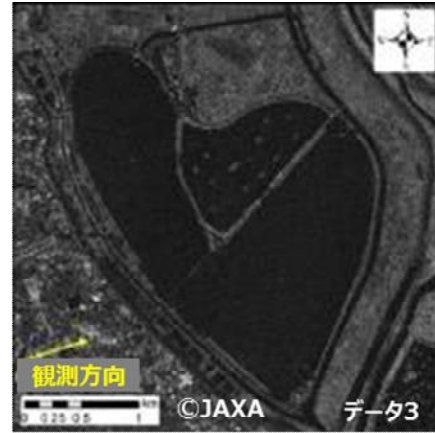
観測地：渡良瀬遊水池（谷中湖）



△ 2015/09/16 (降交)  
U1-2 : 13.9度



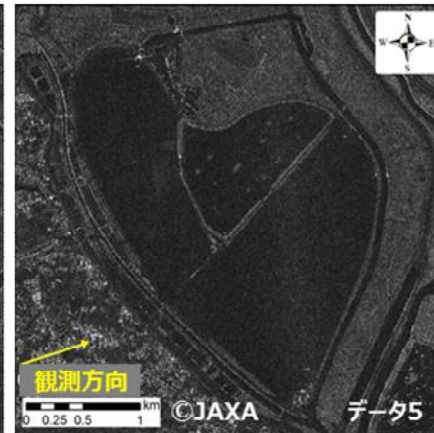
△ 2014/10/06 (降交)  
U1-5 : 25.6度



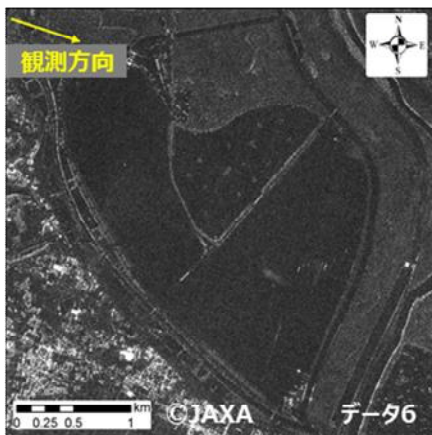
○ 2015/09/13 (昇交)  
U2-8 : 35.4度



○ 2015/05/28 (降交)  
U3-10 : 40.6度



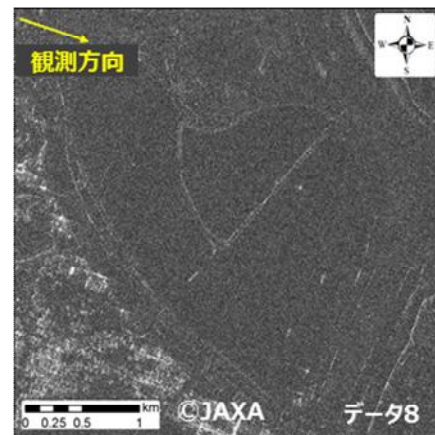
○ 2015/09/18 (昇交)  
U3-11 : 42.7度



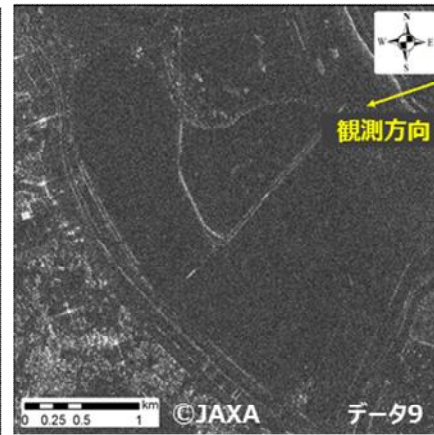
○ 2015/07/28 (降交)  
U3-14 : 48.0度



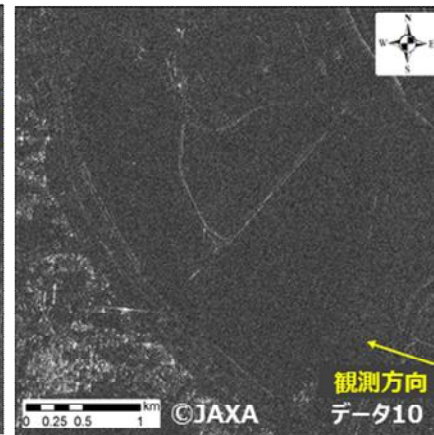
✗ 2015/09/13 (降交)  
U4-17 : 52.1度



✗ 2015/05/01 (降交)  
U5-20 : 55.3度



✗ 2015/04/13 (昇交)  
U5-23 : 57.7度



✗ 2015/04/26 (降交)  
U5-24 : 58.4度

## 観測角度の違い②

- 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。			



- 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・判読箇所の決定に用いる

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

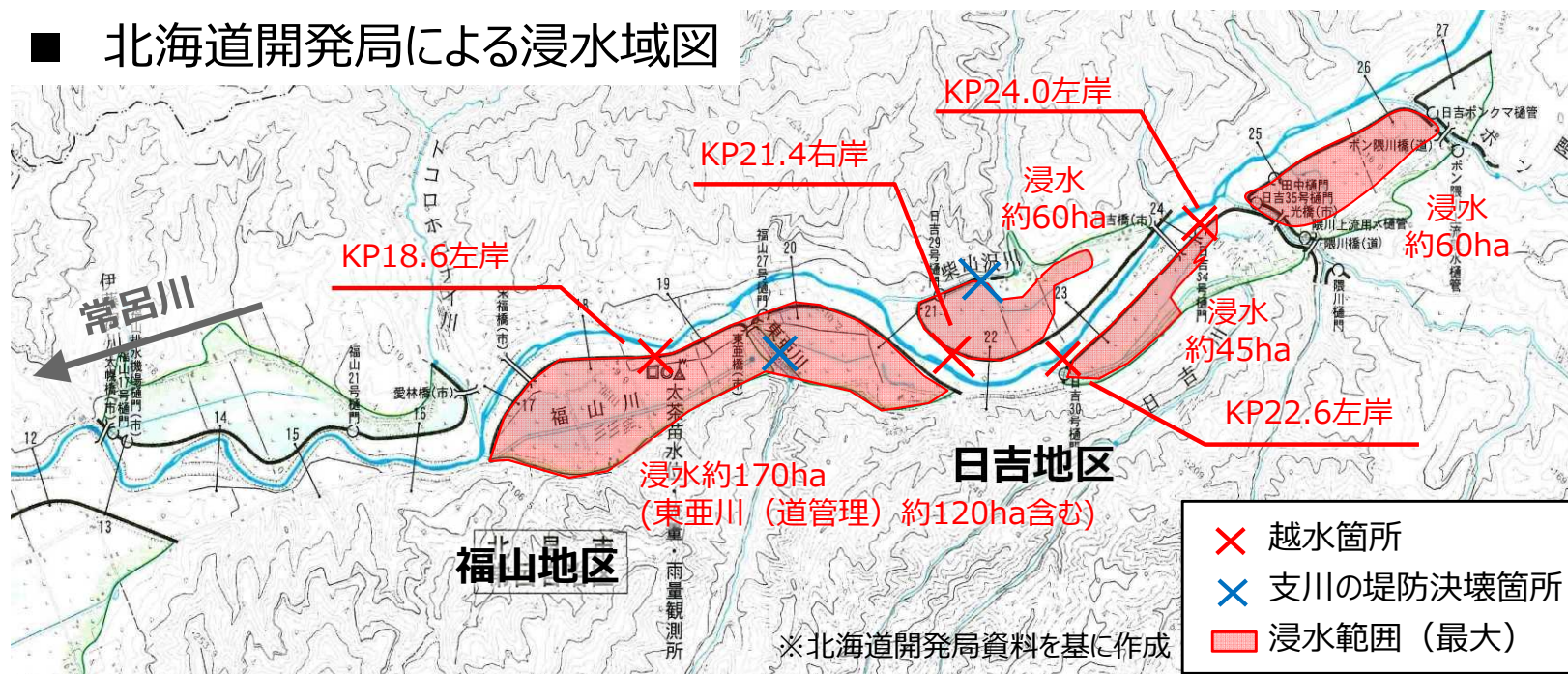
【③アーカイブの季節】	評価
災害後と同一の季節	a
災害後と異なる季節	b

【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



# 【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km<sup>2</sup>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
- ◆ 一時期単偏波 ⇒ 黒の箇所が浸水の可能性有り（推定浸水域）
- ◆ 二時期カラー合成 ⇒ 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**