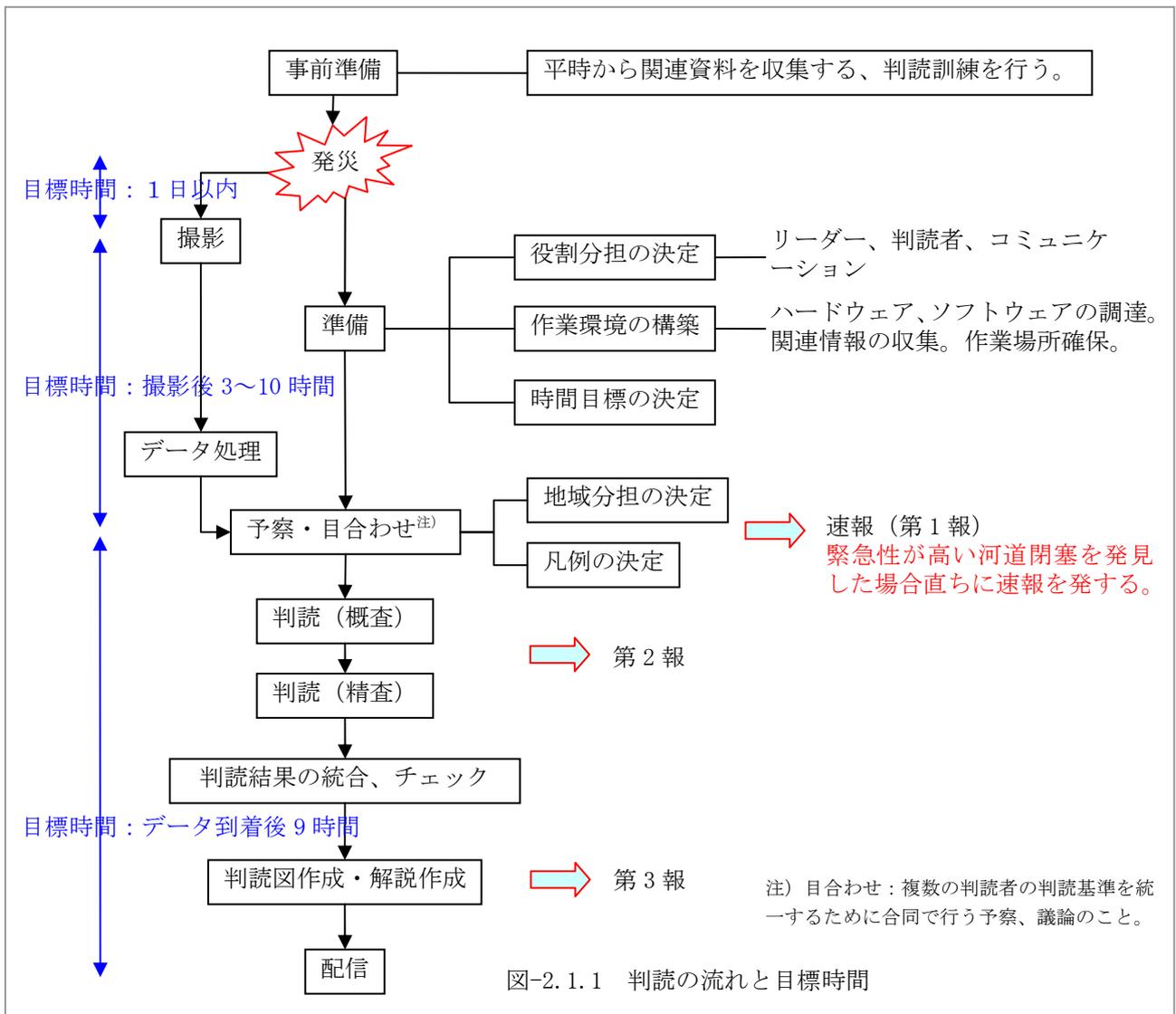


1. 判読作業の手順

災害等の緊急時に迅速に判読を行い、報告するために有効な事項を以下に示す。

- ①役割分担 : リーダー、判読者、資料作成者などの役割分担と、複数の判読者で分担する場合の地域割りを決める。
- ②凡例 : 判読抽出の判断基準と図示する場合の凡例を取り決める。
- ③判読結果の統合 : 判読者間の目合わせの方法、判読結果のチェック方法、分担して判読した結果を一つに結合する方法を取り決める。
- ④判読図の配信までのスケジュール : 各作業の目標時間を定める。

判読の標準的な手順を図-2.1.1に示した。



## 2. 衛星 SAR 画像判読の事前準備（日頃からの準備）

SAR 画像は TIFF などのデジタルデータで提供され、一画像が数 GB に達するような大きなファイルであることも多い。

判読作業は PC のモニタ上で行うことを前提とするが、状況に応じて大判図等の印刷物を併用しても良い。PC で作業を行う場合は、画像閲覧・拡大縮小・回転等の機能を有するソフトが必要となるが、可能であれば GIS やリモートセンシングソフトを用意し、地図情報と組み合わせて使うことが望ましい。

判読には巨大な画像データを扱うことから、PC は可能な限り高性能なもので、メモリは大きければ大きいほどよい。また、モニタも大きい方がよい。

<必要な機材と仕様>

### ハードウェア

PC（利用 GIS ソフトの推奨動作環境に準ずる）

プロッタ（A0 カラー出力可能なもの）

プリンタ（A3 カラー出力可能なもの）

### ソフトウェア

GIS ソフト（大容量ラスタデータが高速表示可能なもの）

ワードプロセッサ（例：Microsoft Word）

プレゼンテーション作成ソフト（例：Microsoft Power point）

PDF 作成ソフト（例：Adobe Acrobat）

このマニュアルでは単画像の判読を想定しているが、以下のようなデータ類をあらかじめ準備しておくこと判読の効率、精度が向上する。

### 必須（事前にあらかじめ用意しておくもの）

国土地理院地形図 1/200000、1/50000、1/25000

管内図

オルソフォト図

デジタルマッピング（DM）

### オプション（可能ならば参照したほうがよいもの）

航空レーザ測量成果（陰影図など）

過去に撮影された当該地区の光学衛星画像

過去に撮影された当該地区の SAR 画像

これらのデータは GIS データとして蓄積しておき、緊急撮影された SAR 画像と比較することで位置や地形の把握が容易となり、さらに、災害前の状況と比較することで深層崩壊や河道閉塞の抽出が容易となる。たとえば、堰やダムなどがあれば上流に湛水域が形成されているが、あらかじめその位置がわかっているならば河道閉塞と見誤ることはない。

### 3. 発災から判読までの流れ

衛星を使った単偏波 SAR 画像による判読調査は、ヘリ（航空機）による調査や地上踏査が、悪天候、夜間、広域等の理由により困難な状況でも実施可能であり、より早期の状況把握に有効な手法の一つである。

災害が発生する恐れが生じた場合、あるいは突発的な災害が発生した場合の時系列的な対応の流れは、図-2.3.1 のとおりである。

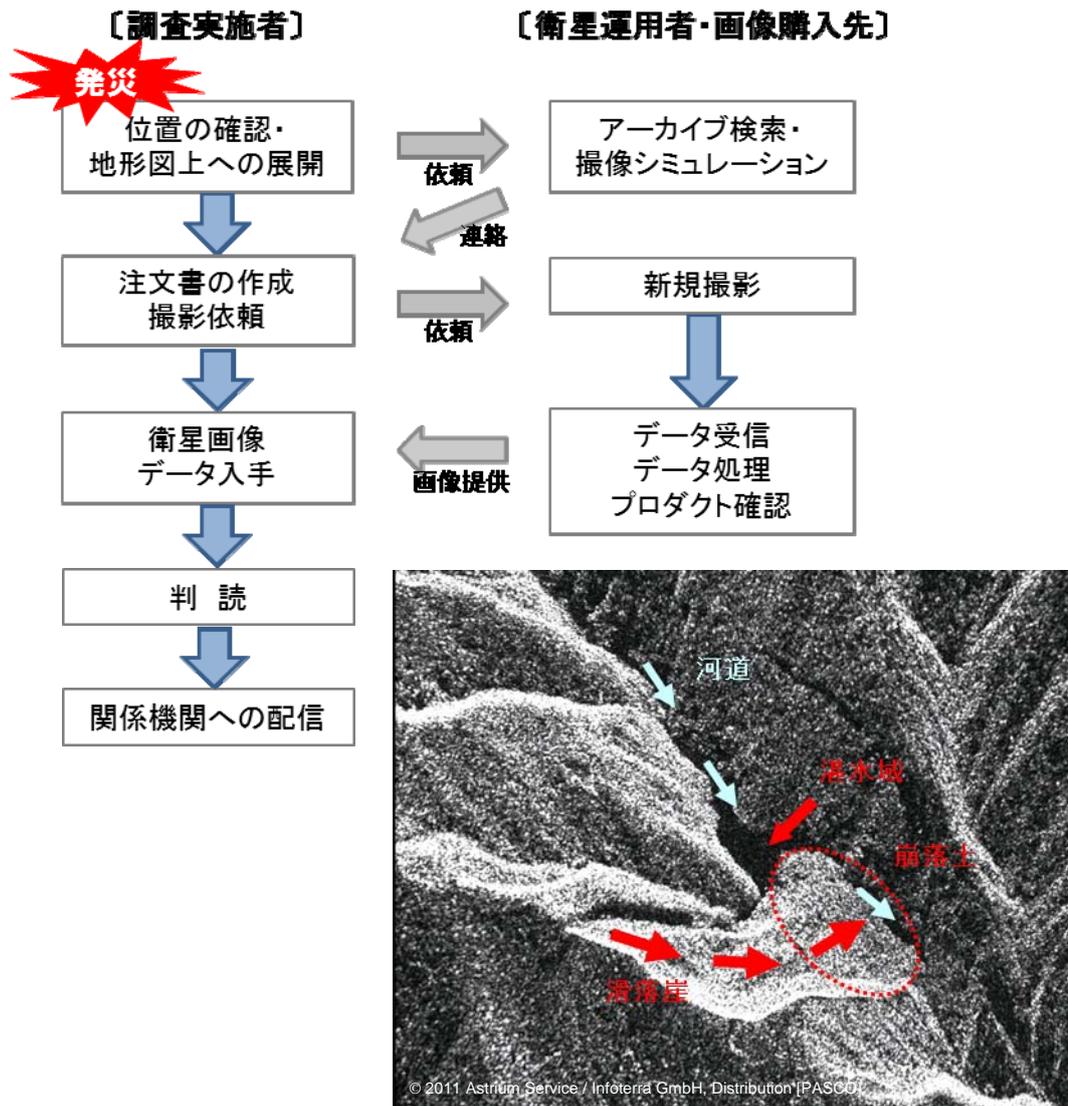


図-2.3.1 災害発生から判読までの時系列

## 4. 撮影依頼

### 4.1 位置の確認・地形図上への展開

地震や集中豪雨・台風等により、広域的に大規模崩壊や地すべりの発生が懸念される場合、雨量レーダや振動計情報、自治体・地元からの提供情報等を参考に撮影依頼範囲を設定する。

具体的には、SAR 画像を入手すべきエリアの中心と4角の座標値が明確な GIS データ、もしくは管内図、地形図、電子国土などに必要範囲を図示したものを準備する。FAX の場合は、文字や図面が潰れてしまうおそれがあり、注意する必要がある。地図上に必要範囲を図示する場合においても、衛星データの入手先が確認しやすいように経緯度などの座標や地域名を記載することで、入手手続きが円滑となる。

### 4.2 衛星撮影の基本仕様

単偏波 SAR 画像の撮影を発注するための衛星・仕様の選定条件は以下を参考とする（参考基礎知識編 2.1 観測条件）。

#### A) 照射方向

東西どちら方向からの撮影でも良い。画像入手予定時刻が最も早いものを選択する。

なお、片側照射方向の画像のみでは判読できないエリアにおいて河道閉塞が発生している可能性があるため、入手時間を考慮しても有効利用できるのであれば逆側からの照射画像の取得も行い、河道閉塞の見逃しを減らすことが望ましい。

#### B) 入射角

概ね  $35^{\circ}$  ～  $50^{\circ}$  とする。

#### C) 分解能

単偏波 SAR 画像の空間分解能は、3m 程度より高いことが望ましい。

#### D) バンド

X、C、L、のいずれのバンドでも可能。災害発生時には画像入手予定時刻が早い衛星画像を選定する。

#### E) 観測幅

概ね 20km 以上とする。

### 4.3 画像入手に要する時間等の違い

基本的に、撮影を依頼する SAR 衛星は、画像入手予定時刻が最も早いものを選択する。

衛星の撮影頻度や、衛星運用者・画像入手先の体制等により、発注から撮影までの時間、撮影から画像入手までの時間が衛星によって異なるため、それらに要する時間を画像入手先に確認する。撮影の依頼から画像入手までは、衛星により十数時間から数十時間かかる場合がある。なお、新規撮影をする際、観測要求の期限があることに留意する。

分解能が 3m の場合、東西方向の撮影範囲である観測幅は、現時点の人工衛星で概ね 20km ～ 40km 程度である。災害による被害の規模が大きく、一回の観測幅で調査範囲をカバーできない場合などは、複数の衛星を組み合わせることも考えられる。

（主な SAR 衛星の画像入手に要する時間は、巻末資料「1.2 SAR 画像の入手（表-1.2）」を参照）

#### 4.4 撮影シミュレーション・アーカイブ検索

SAR 画像を入手すべきエリアの座標値が明確な GIS データや必要範囲を図示した地図などを衛星データの入手先へ送信し、撮影シミュレーションを依頼する。これにより衛星の現軌道位置から撮影可能な日時、及び「画像が手元に入手できる日時」を確認する。

なお、アーカイブデータ（災害発生前の SAR 画像）は、インターネット上で検索可能なものや、撮影シミュレーションを依頼する際に同時に依頼することが可能なものがある。

#### 4.5 撮影依頼

衛星データの入手先から撮影シミュレーション等の情報を確認した後、4.2 項に示す衛星撮影の基本仕様を参考に、注文書等にて画像入手先へ撮影を依頼する。

撮影された後、画像入手先から画像データを WEB からのダウンロード等により受け取る。

（主な SAR 衛星の撮影依頼方法は、巻末資料「1.2 SAR 画像の入手」を参照）

#### 4.6 衛星画像のライセンスについて

衛星画像は基本的に運用者あるいは配給者が観測画像のライセンスを保有しており、ユーザは「使用权」を購入することになる。ただし各衛星運用者・画像配給者によってライセンス条件には若干の差異があり、ユーザ側での利用制限も異なるため、各々確認をする。

災害時に衛星画像を取得、利用する際は、各衛星のライセンス条件に留意し、撮影発注者（購入者）と判読主体（利用者）が別組織の場合にはライセンス条件に抵触しない形での画像展開をあらかじめ検討しておく。

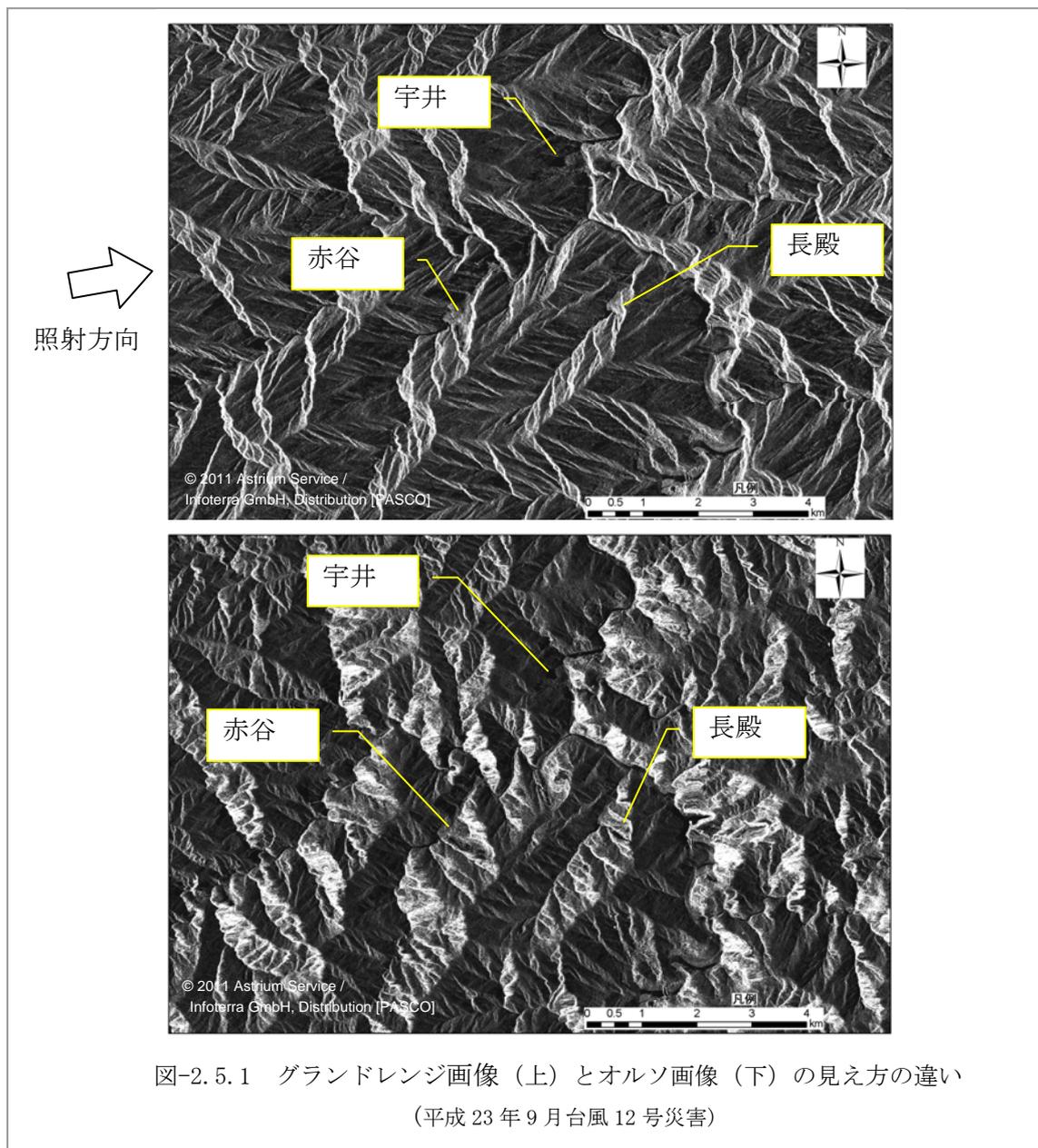
## 5. 判読の準備

### 5.1 判読の効率化

#### (1) グラウンドレンジ画像を使う

判読には、グラウンドレンジ画像を用いる。グラウンドレンジとは、SAR 衛星が受信する対象物との距離を地表投影したものであり、ここではオルソ処理（正射投影）する前の GeoTiff 形式の画像を想定している。

グラウンドレンジ画像をオルソ化することで、地形図や行政界などの GIS データと正確に重ね合わせることができるが、画像が歪められることで崩壊地や河道などの視認性が低下する（図-2.5.1）。グラウンドレンジ画像の位置精度は正確さに欠けるが、いわば斜め写真のようなイメージで地物が撮影されるため、直感的な判読が容易である。加えて、オルソ処理には時間がかかることから、より迅速な判読が要求される河道閉塞抽出の際は、データ提供が早いグラウンドレンジ画像の利用が推奨される。



## (2) 画像を正立させる

SAR 画像には方向依存性があり、立体感を持って正確に判読するには、画像が正立するように回転させる。下の図-2.5.2 に示すとおり、「SAR 画像は照射方向を上」とすると良い。

北向軌道の画像：西から照射のため、右回りに約 100° 回転

南向軌道の画像：東から照射のため、左回りに約 100° 回転

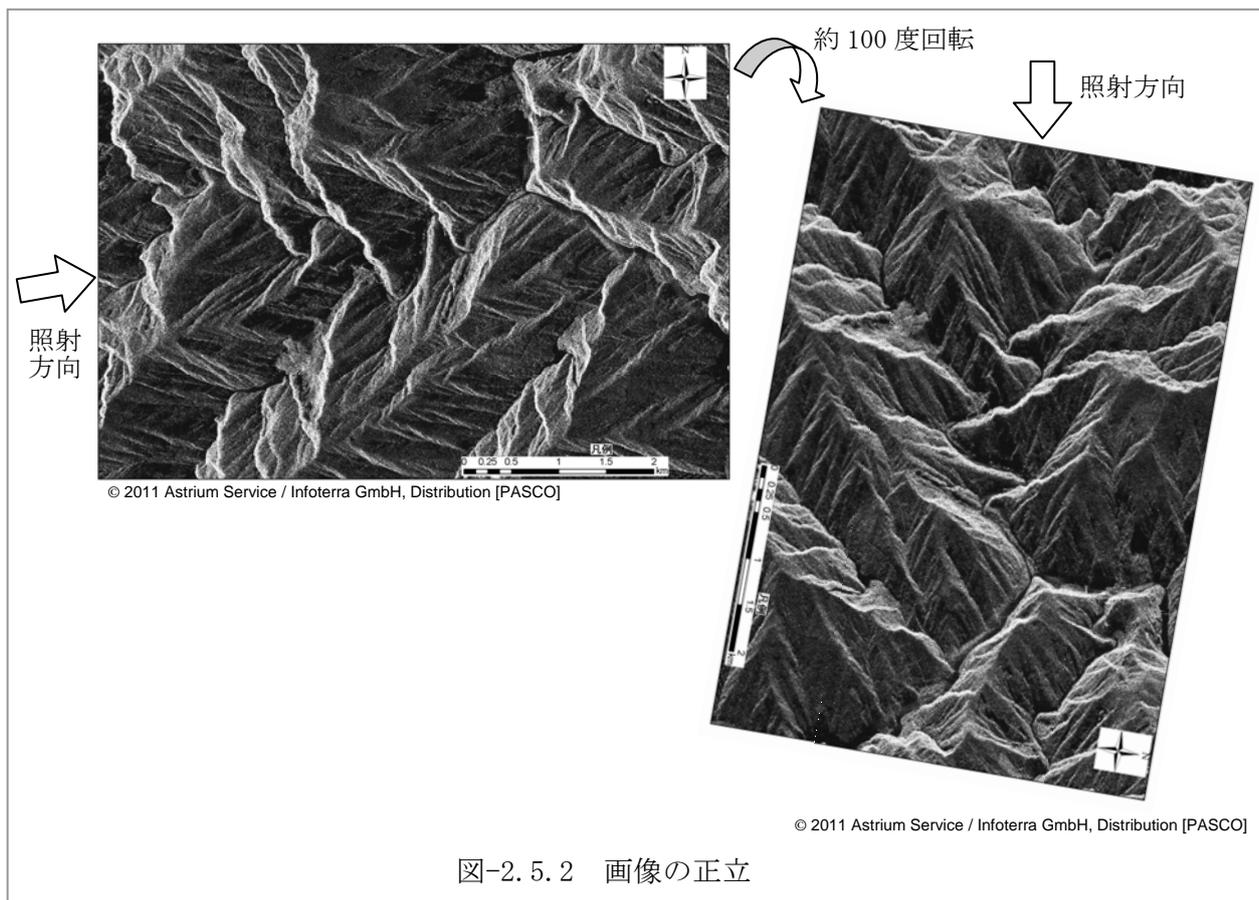


図-2.5.2 画像の正立

## (3) GIS の機能を使う

地形図などの情報と重ね合わせて判読する場合など GIS ソフトの機能を活用することで効率的で正確な判読が可能である。

以下に、判読に有効な GIS ソフトの機能を列挙した。

画像の移動、拡大・縮小、回転 (図-2.5.2)

地形図との比較、オーバーレイ

透過、スワイプ機能 (図-2.5.3)

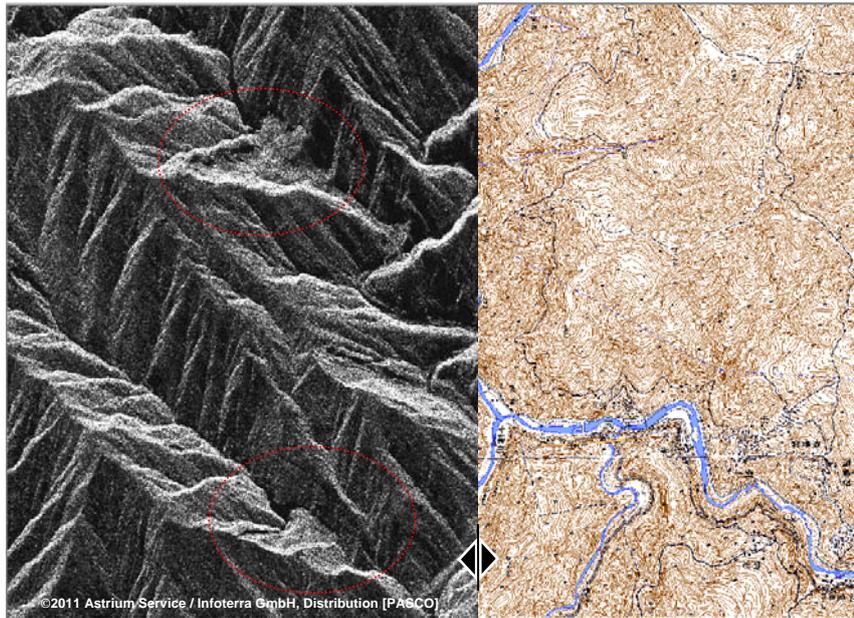


図-2.5.3 スワイプ機能

カーソルを動かすと、下のレイヤが表示される。  
重ねた紙をめくって下の図を見るように画像を比較することができる。

(4) 地形図などの情報を組み合わせる

地形図、報道写真などその時点で手に入るあらゆる情報を収集し、参考にする。

必須（事前にあらかじめ用意しておくもの）

国土地理院地形図 1/200000、1/50000、1/25000

管内図

オルソ画像

デジタルマッピング（DM）

オプション（可能ならば参照したほうがよいもの）

航空レーザ測量成果（陰影図など）

過去に撮影された当該地区の光学衛星画像

過去に撮影された当該地区の SAR 画像

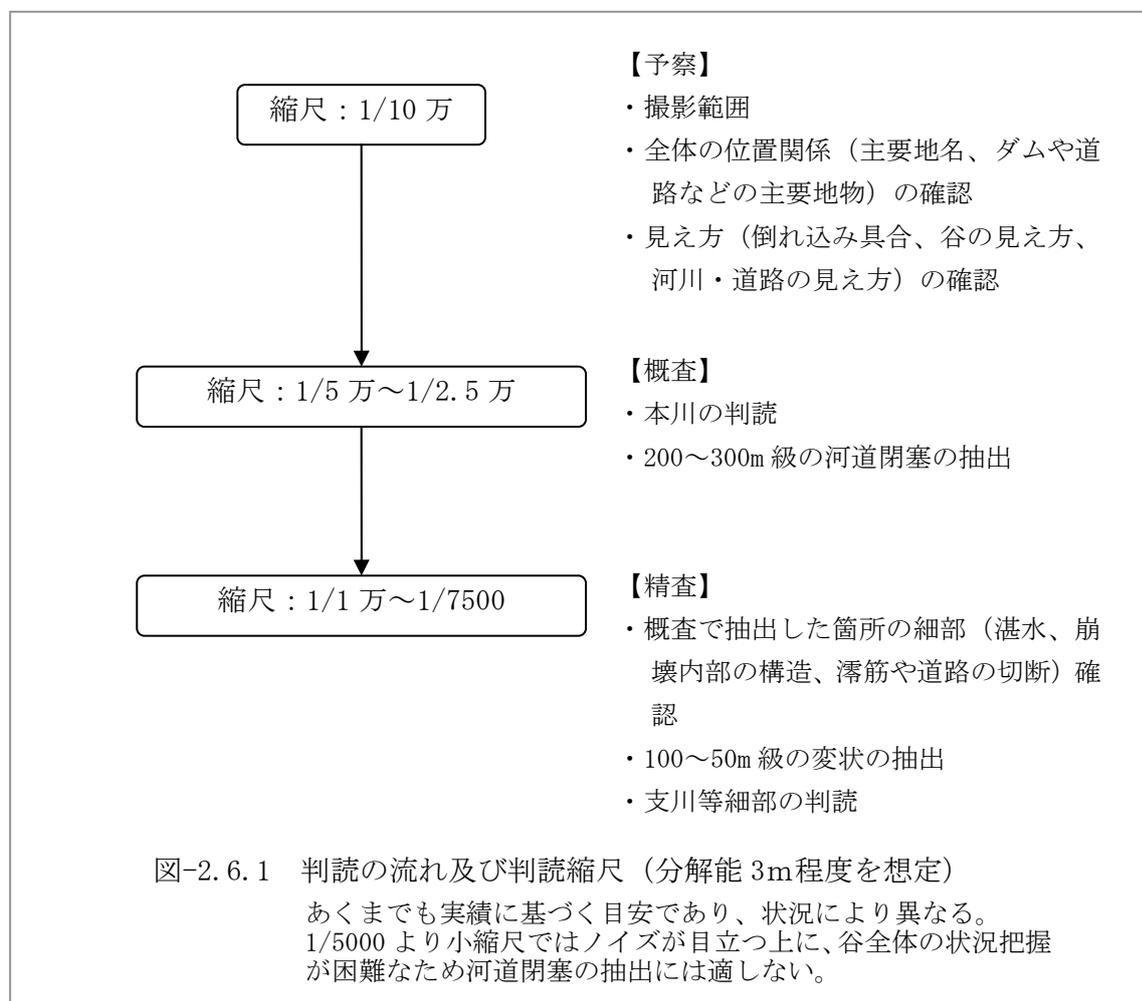
過去の SAR 画像があれば参考にする。特に同一軌道の画像があれば重ね合わせたスタック画像（図-1.2.1 参照）を作成することで判読の効率と精度が向上する。

## 6. 判読

### 6.1 判読の進め方

SAR 画像判読の進め方として、重大な二次災害を引き起こす河道閉塞箇所の早期把握を最優先とし、【予察】→【概査】→【精査】の流れで、判読対象の優先度及び縮尺に留意した効率的な判読を実施する。

判読の流れ及び判読縮尺を図-2.6.1に示す。ここでは、小縮尺による全体の概要把握から次第に拡大しながら細部の判読に至る「詳細化」の手順としている。ただし、河道閉塞箇所の対応は緊急を要するため、判読で明らかな河道閉塞箇所を発見した場合は、直ちに報告する必要がある。また、ここで示した縮尺はあくまで目安であり、モニター上の判読を想定しているため、紙出力した場合とは解像度が異なることに留意する必要がある。



【予察】 SAR 画像の撮影範囲とその位置関係等の概要把握

効率的な判読を実施するために、SAR 画像の撮影範囲とその位置関係（主要地名、ダムや道路などの主要地物）、SAR 画像特有の見え方（斜面の倒れ込み具合、谷の見え方、河川・道路の見え方）について確認する。

【概査】 本川河道及び主要集落上流域の判読

重大な二次災害を引き起こす可能性が高い主要河道の本川沿いや主要な集落の上流域について、優先的に判読する（図-2.6.2 の優先度①）。

【精査】 概査抽出箇所の詳細判読及び支川等の細部判読

概査により抽出した箇所の細部（湛水の有無、崩壊内部の構造、滞筋や道路の寸断）を詳細に判読する。次に主要支川、支溪レベルへと順次細部まで判読し、全域を把握する（図-2.6.2 の優先度②、③）。

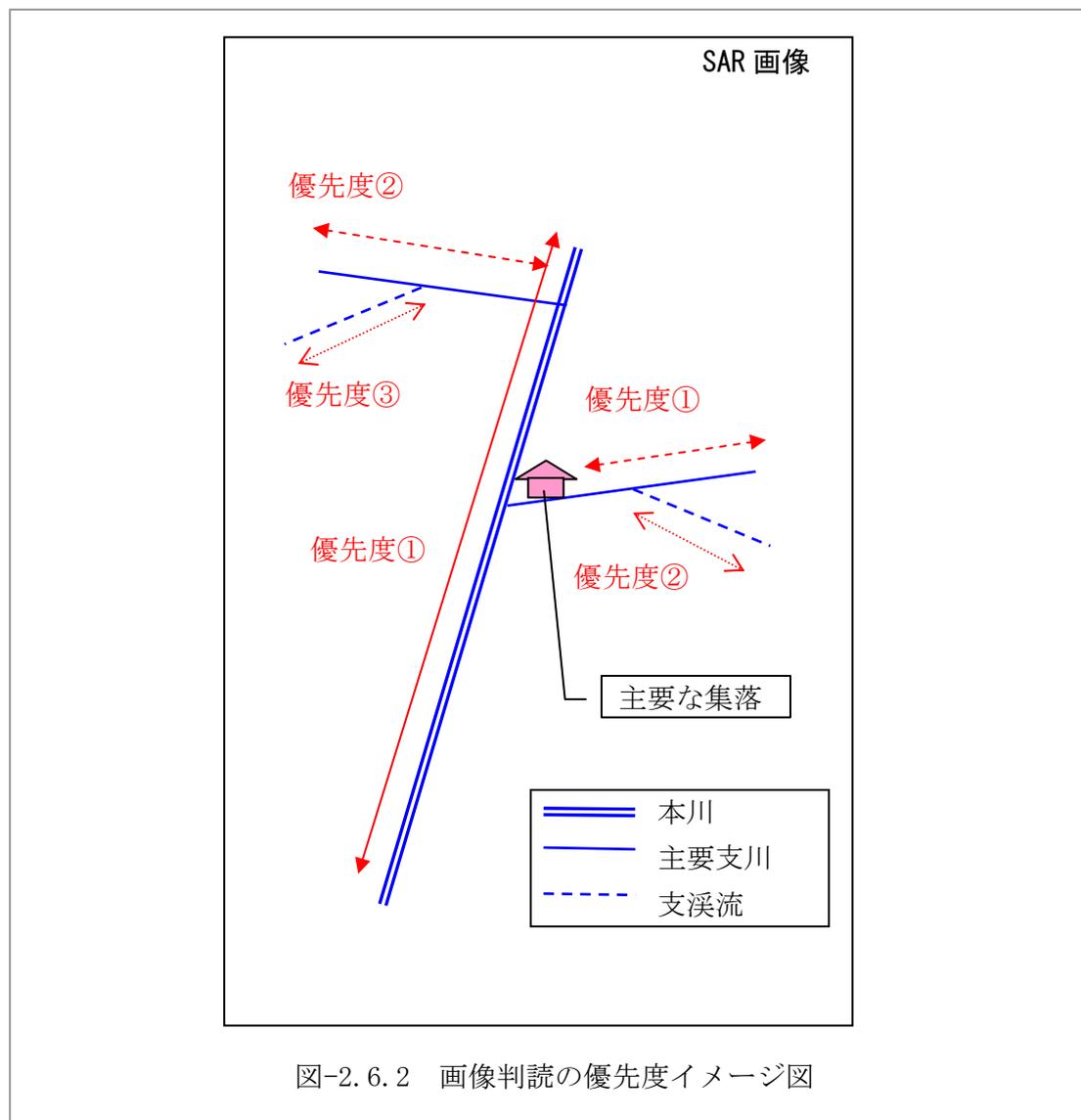


図-2.6.2 画像判読の優先度イメージ図

## 6.2 河道閉塞の地形的特徴と着眼点

河道閉塞は、山腹斜面に発生した地すべりや深層崩壊などにより生じた土砂が河道を塞ぎ、上流側に水が湛水する現象であり、地形的特徴は次のように整理できる。

- ①深層崩壊や地すべりなど大規模な斜面崩壊が近くに発生する。  
→大きな凹地形（滑落崖）と明瞭な地形境界（裸地化による樹木との高さの差、滑落崖や亀裂による段差）で界された大きな裸地、露岩地が出現する。崩れた後が馬蹄形、板状などの形状を呈する。
- ②堆積土砂が斜面直下に堆積したり、河道沿いに移動して谷をせき止める。  
→谷を塞ぐ大規模な堆積物（＝大きな凸地形（堆積物））が出現する。水みちがなくなる（水みち、谷の連続性が絶たれる）。
- ③閉塞箇所の上流に湛水域が形成され、時間とともに広がる。
- ④越流が始まればガリ等が形成されたり、土石流が発生することもある。
- ⑤斜面下部の道路、橋梁、集落等の人工構造物を埋没させる。  
→これらが消滅する。道路などの連続性が絶たれる。

よって、判読に際しては以下の点に着目して判読する。

- ・水面の出現（天然ダムの湛水池）
- ・谷筋、水みち、道路等の連続性が途切れる（堆積土砂による大きな凸地形）
- ・深層崩壊による形状、地形変化（滑落崖の大きな凹地形）
- ・肌理（きめ）の変化
- ・上記要素の組み合わせ

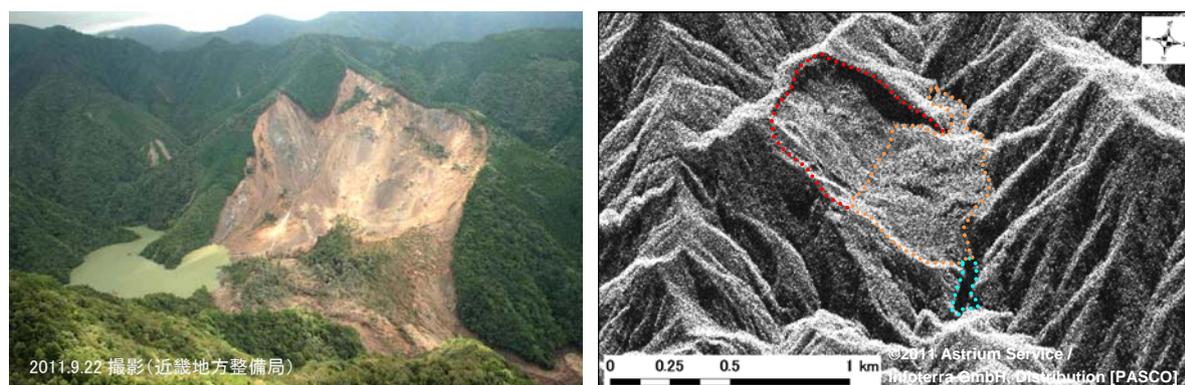


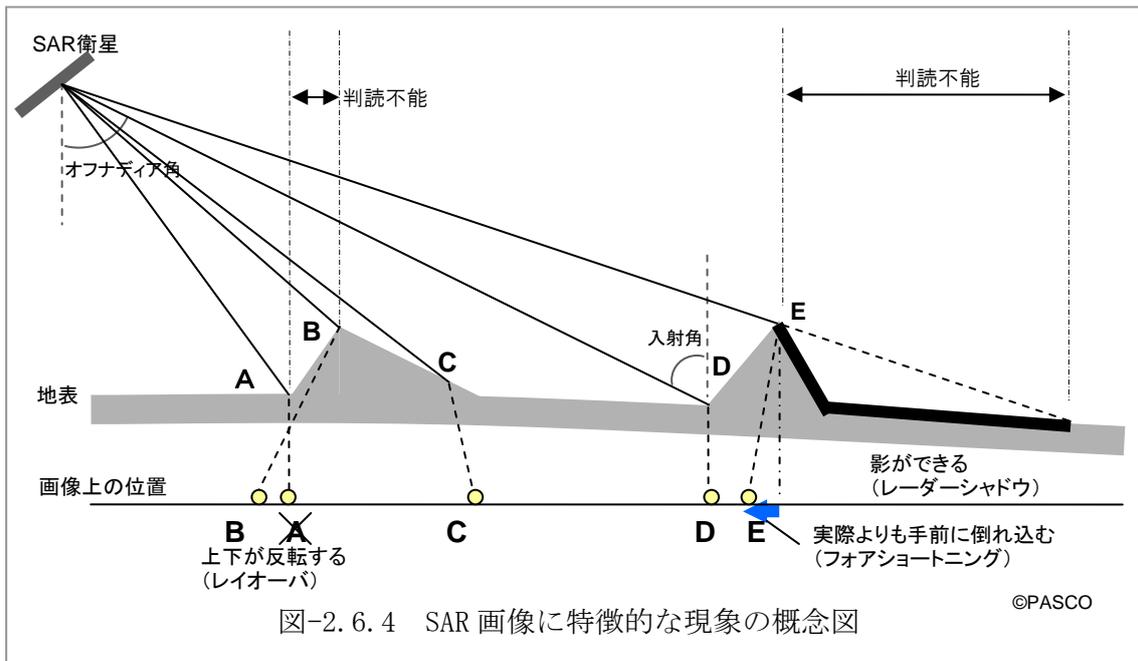
図-2.6.3 河道閉塞発生状況（平成23年9月台風12号災害 奈良県十津川村 栗平）  
（左：斜め写真、右：単偏波 SAR 画像）

### 6.3 衛星 SAR 画像で確認出来ない場所（レイオーバとレーダーシャドウ）

衛星 SAR 画像で確認出来ない場所は、レイオーバ又は、レーダーシャドウの場所である。

レイオーバは、建物の壁や急斜面など（入射角よりも急な勾配を持つマイクロ波に正対する面）では上部の方が下部よりもアンテナに近くなるため（通常は上部の方がアンテナから遠い）、SAR 画像上で上下が反転し白くつぶれる現象である（図-2.6.4 中の B）。

レーダーシャドウは、電磁波の照射源側の斜面が光輝部、その反対側が陰影部となる現象である（図-2.6.4 中の E よりアンテナに遠い箇所）。



- ・ オフナディア角：衛星の鉛直直下と衛星のレーダー照射方向のなす角度
- ・ 入射角：対象物の天頂方向から見た衛星のレーダー照射方向のなす角度
- ※地球が球体であるため、オフナディア角と入射角は異なり、入射角 > オフナディア角 となる。

このような関係があるので、急峻な山岳地においては、対象物の位置、形、向き、勾配によっては見えづらい地形・地物がある。レーダーシャドウは影であるから、その中にあるものは見えない。

よって、北行・南行の両軌道から観測して両方向からの照射画像を取得し判読することは、SAR 画像の不可視域による河道閉塞の見逃しを減らすことに有効である。

## 6.4 判読の手順とチェックリスト

### (1) 判読の手順

河道閉塞箇所の判読抽出は次の手順で行う（具体的な判読事例については巻末資料を参照）。

#### ①河道部分の確認

衛星画像は広域の画像を取得可能であるという利点がある。災害発生直後の予情報が無い時点での判読では注視すべき範囲を絞りこむことで河道閉塞の速やかな抽出が可能となる。この際の注視すべき範囲とは、河道閉塞が発生する河道周辺である。

水面域は後方散乱強度が弱く、SAR 画像上では明確に黒く表現されるため比較的判読がしやすい（図-2.6.5）。この特性に基づき、河道閉塞に伴う滞筋の分断や湛水は、SAR 画像で読みとりやすく、河道周辺に湛水域と思われる箇所や滞筋の不連続箇所を抽出する。

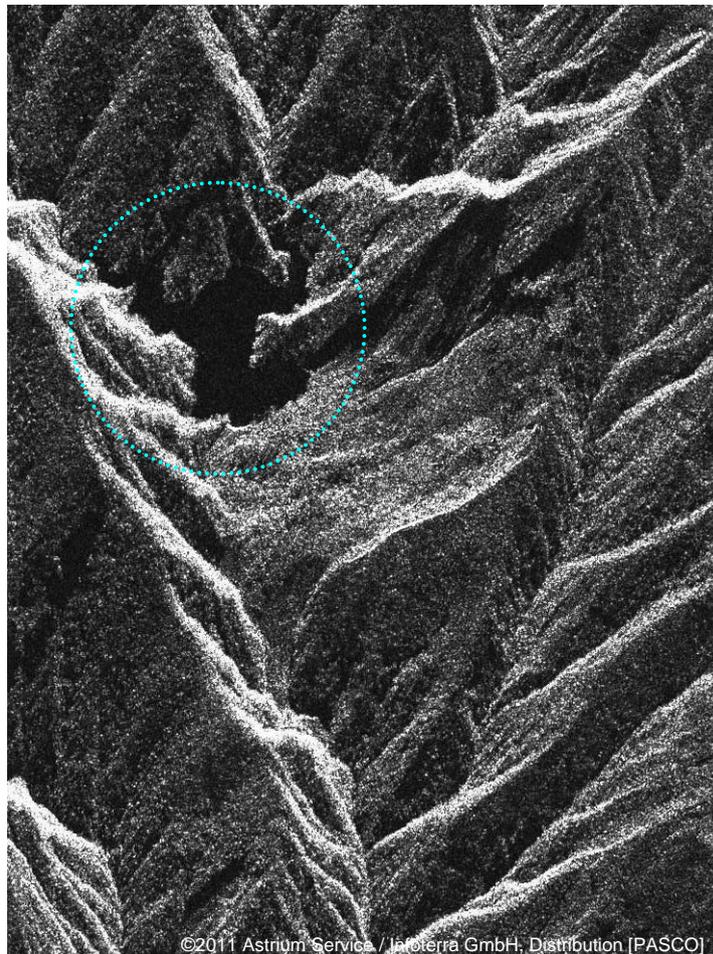


図-2.6.5 湛水域が黒く表現された例  
(平成 23 年台風 12 号災害 奈良県十津川村 栗平)

## ②崩壊部の確認

河道周辺で湛水等が疑われる箇所を抽出した後、その湛水が深層崩壊によるものなのかを把握するために、周辺地形を確認する。周辺に深層崩壊が発生しうる斜面が存在するかを確認する。

また河道閉塞を引き起こす深層崩壊や大規模地すべり発生時に形成される滑落崖は、急峻な形状を呈すことから、図-2.6.6のようにSAR画像上ではシャドウ・レイオーバとして表現されることが多く、崩壊地を抽出する際の目安となる。斜面部に深層崩壊と考えられる形状（滑落崖や崩壊面・崩積土等）を確認する。

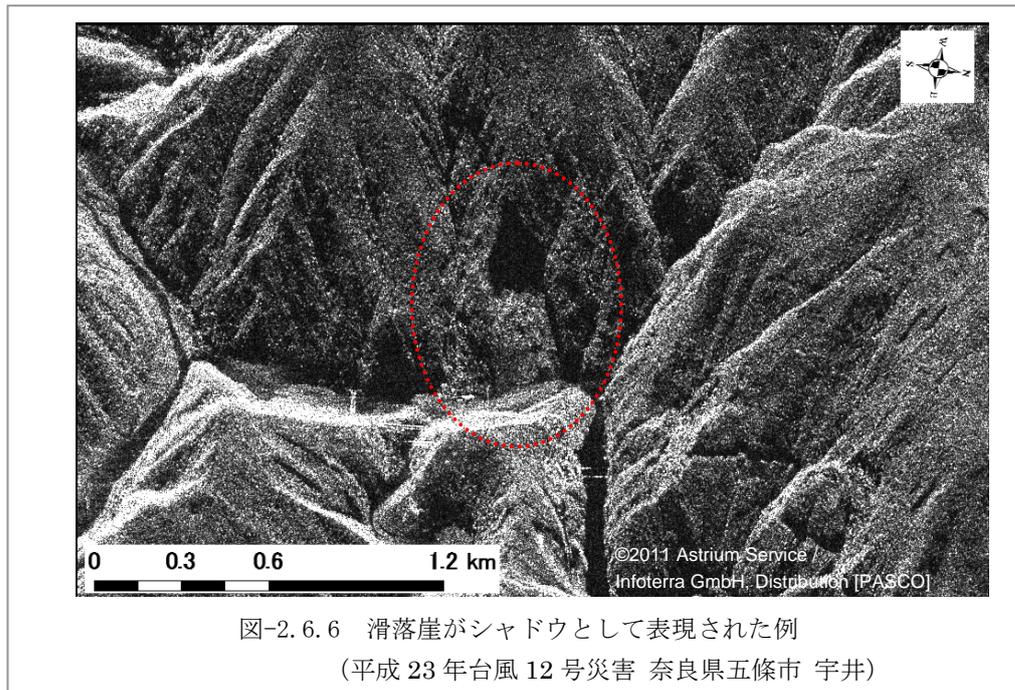


図-2.6.6 滑落崖がシャドウとして表現された例

(平成23年台風12号災害 奈良県五條市 宇井)

## ③その他

河道部・周辺地形を総括的に確認し、相対的な位置関係として深層崩壊に伴う河道閉塞と判断されるかについて確認を行う。また、河道閉塞が疑われる付近周辺の道路分断や建物埋設等の状況が確認されないか等も確認を行う。

### (2) 作業チェックリスト

上記手順を作業チェックリストとして整理したものが表-2.6.1である。表の上から順次確認していき、基本的にすべて該当（「画像の肌理」、「周辺地物」以外）する場合、河道閉塞箇所と判断する。途中の項目が確認できない場合は、河道閉塞でないとして候補から除外することを基本とする。ただし実際にはすべてを満足しなくても、湛水域や崩壊地形が確実な場合は抽出することがあり、総合的に判断して判定を下す。チェックリストには該当する事項がほぼ確実に判読できた場合は○、不確かである場合は△、確認できない場合は×を記入する。このチェックリストは、見落としをしないようにする、客観性を持たせる、記録を残すためのものであり、成果報告に入れる。

図-2.6.7及び巻末資料に河道閉塞箇所の判読事例を示す。

表-2.6.1 単偏波 SAR 画像による河道閉塞箇所判読・抽出チェックリスト

確認範囲	チェック項目	判断基準	評価
河道	湛水域	<ul style="list-style-type: none"> <li>・湛水域と想定される暗い領域が確認されるか</li> <li>・上下流の滞筋幅と比べ不自然な幅となっているか</li> <li>・ダム・取水堰等の人工構造物による湛水では無いか</li> </ul>	
周辺地形	斜面勾配	<ul style="list-style-type: none"> <li>・湛水域近傍に斜面は存在するか</li> <li>・周辺斜面は発生する程度の急勾配斜面か 等</li> </ul>	
崩壊地	滑落崖	<ul style="list-style-type: none"> <li>・湛水域周辺に滑落崖が確認できるか</li> <li>・滑落崖周辺に段差によるシャドウ・レイオーバは確認できるか</li> <li>・滑落崖の形状は斜面方向に対し円弧状となっているか 等</li> </ul>	
	崩壊地内	<ul style="list-style-type: none"> <li>・滑落崖の下に崩壊形状は確認されるか</li> <li>・崩壊形状は斜面方向と整合しているか 等</li> </ul>	
	崩積土砂 (河道閉塞部)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・崩壊地内から下部にかけて崩積土は確認できるか</li> <li>・崩積土の形状は舌状になっているか</li> <li>・崩積土の到達範囲は地形形状と整合しているか</li> <li>・河道閉塞部は谷を埋積する形状となっているか</li> <li>・河道閉塞部の上流に湛水域は形成されているか</li> <li>・崩積土上に倒木等の形状は確認されるか 等</li> </ul>	
	崩壊規模	<ul style="list-style-type: none"> <li>・河道閉塞が発生する程度の崩壊規模か</li> </ul>	
	画像の肌理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・崩壊地内・崩積土等の表面は周辺林地と比べ平滑になっているか</li> <li>・周辺斜面にみられる強度パターンと違うパターンとなっているか 等</li> </ul>	
相対的 位置関係	上下関係等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・滑落崖・崩積土・湛水域等の位置関係に不自然さはないか</li> <li>・崩積土の到達範囲は地形と整合しているか 等</li> </ul>	
	周辺地物	<ul style="list-style-type: none"> <li>・周辺の道路網に分断はないか</li> <li>・建物が埋積されているような状況は確認されるか</li> </ul>	
総合評価			

【評価】

- ：形状が読みとれる箇所
- △：不明瞭だが形状が確認できる箇所
- ×：形状が読みとれない箇所

確認範囲	項目	評価
河道	湛水域	○
周辺地形	斜面勾配	○
崩壊地	滑落崖	○
	崩壊地内	○
	崩積土砂	○
	崩壊規模	○
	画像の肌理	○
位置関係	上下関係等	○
	周辺地物	×
総合評価		○

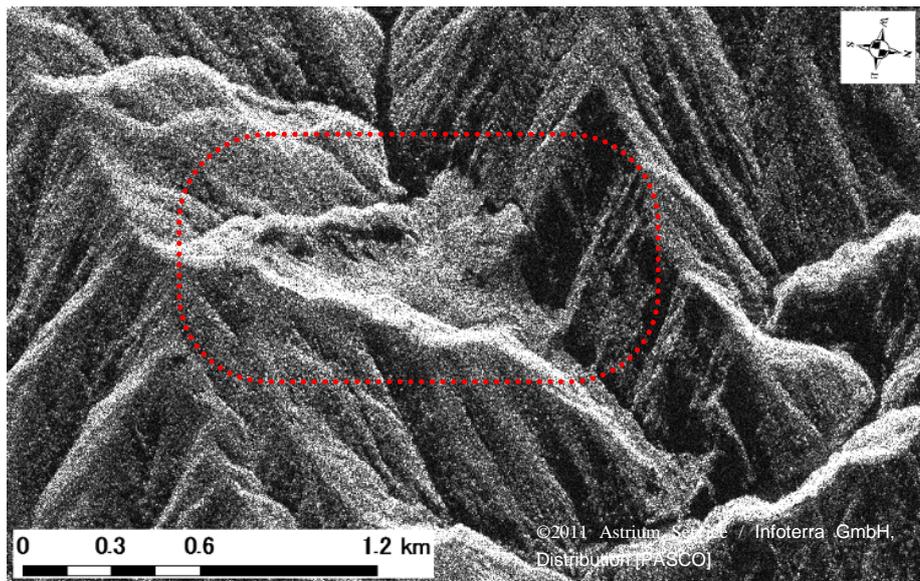


図-2.6.7 河道閉塞箇所判読・抽出チェックリストの例  
平成23年9月台風12号災害 奈良県五條市 赤谷  
の2011/9/5撮影のSAR画像を判読した例

## 7. 判読結果のとりまとめ方法

判読結果は河道閉塞箇所位置図としてとりまとめる。

### 7.1 とりまとめ内容

#### (1) 速報（第1報）

速報は、予察の段階で緊急性が高いと思われる河道閉塞を発見した場合に発する報告であり、スピードを優先し簡便な書式で報告する。

報告内容は以下のとおりとし、関係機関に電子メール、ファックス等で送付する。

- ・位置図
- ・緯度、経度の座標
- ・地形図等から読み取った地名

#### (2) 第2報

第2報は概査が完了した段階で発する速報であり、全体の概要がわかるように全体図で提供する。

報告内容は以下のとおりとし、関係機関に電子メール、ファックス、インターネットのファイル転送サービス等を用いて報告する。

- ・河道閉塞箇所位置図
- ・概要書（判読に用いたデータ、数・規模・位置の簡単な説明などを簡単に解説する。位置図中に記しても良い）
- ・可能であれば、主要箇所の拡大図、GIS データ等

#### (3) 第3報

第3報は、判読作業を行う判読者からの最終報告であり、報告書として作成する。

成果品は以下のものを作成する。

- ・河道閉塞箇所位置図
- ・判読チェックリスト
- ・河道閉塞箇所の拡大図
- ・報告書（判読手法、用いたデータ、結果の所見等を取りまとめる）

### 7.2 河道閉塞箇所位置図の内容

#### (1) 縮尺

判読図の縮尺は、河道閉塞箇所位置図として、判読範囲全体を示したものを作成する。縮尺は1/20万程度とするが、出力サイズや被災範囲に応じて適宜変更する。

#### (2) 背景図

判読に用いた SAR 画像や地形図などを背景図に用いる。市町村境界や主要地名などを重ねるとわかりやすい。

### (3) 凡例

凡例の例を以下に示す（見易さを優先し、状況に応じて適宜変更しても良い）。

- 河道閉塞箇所(可能性大)
- 河道閉塞箇所(可能性小)

### (4) 河道閉塞箇所位置図の形式

河道閉塞箇所位置図は紙及び電子ファイルで作成する。

紙版は普通の事務用コピー機でコピーが可能なように A3 版までとする。電子ファイルは pdf 等の汎用のフォーマットを用いる。電子メールで配布可能なように 2～3MB 程度の低解像度（A4～3 版相当）のものと、大判プロッタで A0～A1 版出力可能な高解像度のものの二種類を用意する。高解像度版のデータは CD もしくはファイル転送サービス等で配布する。

### (5) 著作権の表示

衛星画像は使用権のみが許諾されており、画像には著作権者のロゴ、クレジットを記す必要がある。また、地形図、空中写真、斜め写真等を用いる場合も、著作権者の承諾を得るとともに、必要に応じて出典等のクレジットを記す。出所があいまいで著作権侵害の恐れのある画像・図は使用しない。