

**ALOS 後継機衛星データを想定した防災利用のための
山陽地方での地域連携に関する研究**

災害対応マニュアル

JX-PSPC-357558

2013 年 2 月

広島工業大学

目 次

第 1 章	災害種別等に応じた災害情報等の抽出手法	1
1.1	災害種別の災害種別に適した抽出	1
1.1.1	土砂災害	1
1.1.2	河川氾濫	24
1.2	地形や地理的条件に適した抽出	40
1.2.1	山間地	40
1.2.2	市街地	42
1.3	季節変化等の諸条件を考慮した抽出	47
1.3.1	積雪の有無，水田の湛水等	47
1.4	各衛星センサのスペック等に応じた抽出	51
1.4.1	FORMOSAT-2	51
1.4.2	EROS-B	55
1.4.3	COSMO-SkyMed	58
1.5	アーカイブの有無や入射角の違い等の観測条件等を考慮した抽出	60
1.5.1	アーカイブのない場合の抽出手法	60
1.5.2	観測条件が異なる場合の抽出手法	64
第 2 章	災害対応活動に適した形式への変換	73
2.1	防災関連機関が有効活用しやすい情報への加工手法	73
2.1.1	解析・判読結果の表示	73
2.1.2	判読結果のシェープや一覧表での提供	81
2.2	災害対応フェーズや場面に応じた有効なプロダクト等の検討	83
2.2.1	被害状況把握	83
2.2.2	2 次被害予防	84
2.2.3	孤立集落の抽出	85
2.3	土砂崩壊危険箇所等のハザードマップや GIS 等の併用による有効利用	87
2.4	情報提供時の注釈や説明事項の整理	88
2.4.1	災害種別やフェーズ等に応じて必要な注釈等	88
第 3 章	防災関係機関における利活用モデル	91
3.1	災害対応フェーズや場面に応じた各プロダクトの利用方法	91
3.1.1	被害状況把握	91
3.1.2	他地域の災害への支援	91
3.1.3	地域連絡会の各機関からの要望事項	92
参考文献		94

第1章 災害種別等に応じた災害情報等の抽出手法

本章では、衛星データによる災害情報の抽出手法を、山陽地方で発生する災害について、地形、季節、衛星センサおよび衛星観測条件等を考慮した検討を行う。広島西部山系を含む山陽地方沿岸部では、山すその近くに住宅が密集しているため人命に関する土砂災害発生の危険性が非常に高い。また、沿岸部の低地では大雨や高潮による河川氾濫の危険性も併せ持っている。したがって、ここでは土砂災害と河川氾濫についての衛星データによる災害情報等の抽出手法について述べる。また、衛星データは、ALOS 後継機衛星データを想定しているが、海外の衛星データも利用した災害情報等の抽出手法について検討を行う。

1.1 災害種別の災害種別に適した抽出

1.1.1 土砂災害

土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律第二条では、「土砂災害」とは、急傾斜地の崩壊（傾斜度が三十度以上である土地が崩壊する自然現象をいう。）、土石流（山腹が崩壊して生じた土石等又は溪流の土石等が水と一体となって流下する自然現象をいう。第二十六条第一項において同じ。）若しくは地滑り（土地の一部が地下水等起因して滑る自然現象又はこれに伴って移動する自然現象をいう。同項において同じ。）（以下「急傾斜地の崩壊等」と総称する。）又は河道閉塞による湛水（土石等が河道を閉塞したことによって水がたまる自然現象をいう。と定義されている^[1]。以上を整理すると土砂災害は、次の4つに分類される。

1. 急傾斜地の崩壊
2. 土石流
3. 地滑り
4. 河道閉塞による湛水

これらの中で、1. 急傾斜地の崩壊、2. 土石流、3. 地滑りに関しては、衛星画像から土砂の領域を抽出する手法が有効であるが、4. 河道閉塞による湛水に関しては、衛星画像から水域を抽出する必要がある。そのため、ここで述べる衛星画像による土砂災害の抽出は、1. 急傾斜地の崩壊、2. 土石流、3. 地滑りを対象とする。4. 河道閉塞による湛水に関しては、次節の河川氾濫の項で述べる。

衛星画像による災害情報等の抽出手法については、いくつかの手法が考えられる。光学衛星画像による土砂災害の抽出については、以下のA-1～A-3、SAR衛星画像による土砂災害

の抽出については、以下のB-1～B-3で、それぞれの手法について述べる。

A-1. 光学衛星画像のカラー合成表示による土砂災害崩壊地の抽出

光学衛星データによる土砂災害の抽出では、被災前後の衛星画像データを合成処理することで被災地域をカラー合成表示することができる。カラー合成表示画像の目視判読により被災地域を大まかに判読することが可能である。本手法は処理工程が少ないため短時間で処理が可能である。

処理手順は、下記のとおりである。

- ①被災前後の衛星画像に、それぞれ、幾何学的補正処理を行う。
- ②被災前後の衛星画像から画像合成処理を行う。
- ③赤色バンドでカラー合成表示（R:被災後赤色，G&B:被災前赤色）を行う。
- ④カラー合成表示を基に土砂災害崩壊地の目視判読を行う。

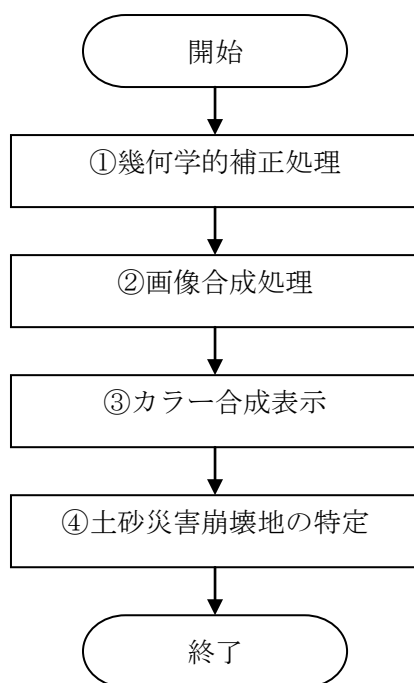


図 1-1 光学衛星画像のカラー合成表示による土砂災害崩壊地の抽出

ここでは、光学衛星画像を用いて山口県防府市で2009年7月21日に発生した豪雨災害を解析した事例について述べる。使用した衛星データは、ALOS/AVNIR-2の2009年6月14日（被災前，図 1-2）と2010年9月17日（被災後，図 1-3）である。これらの画像は、幾何学的補正処理を施した画像である。図 1-4に画像合成処理を施した画像を示す。赤色に被災後の赤色バンド，緑色および青色に被災前の赤色バンドを割り当て，カラー合成表示を行っている。画像の右上部から左下部に流れる佐波川沿いの山地（黄梓）に発生した土砂災害が赤

色で表示されている。画像左上部から左中央部に見られる赤色の領域（緑枠）は、水田・畑地の季節変化によるものであり、画像中央上部の赤色の領域（白枠）は、雲によるものと考えられる。

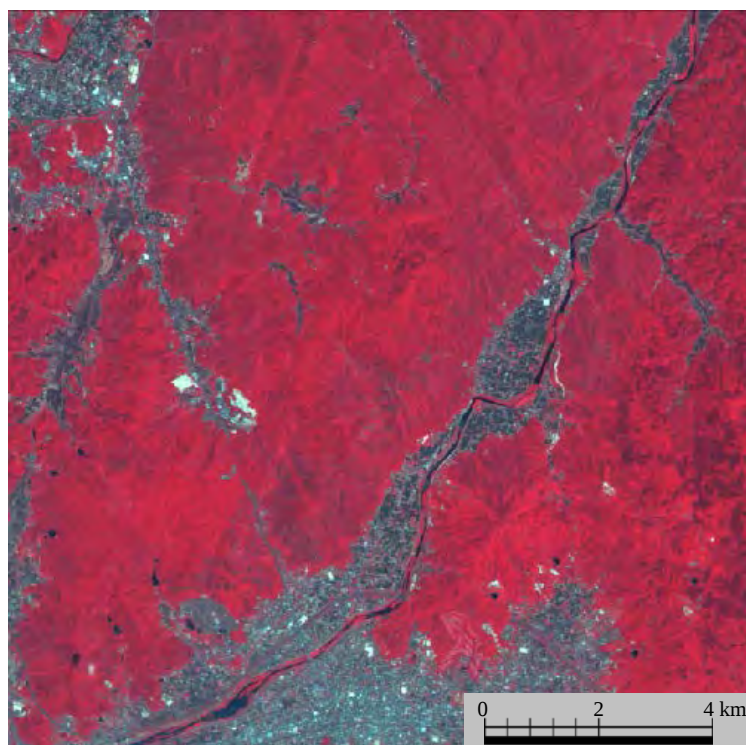


図 1-2 ALOS/AVNIR-2 画像（2009 年 6 月 14 日観測）© JAXA/HIT

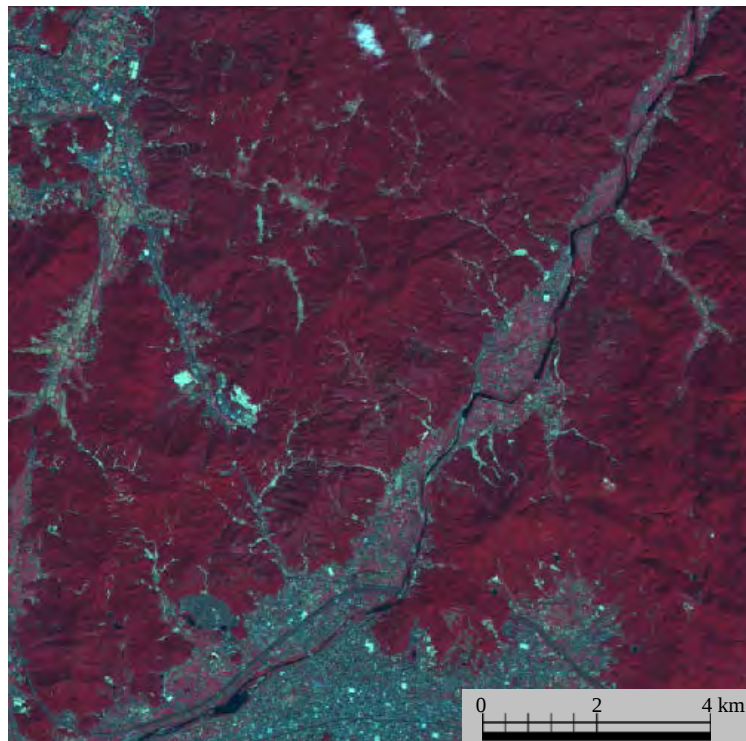


図 1-3 ALOS/AVNIR-2 画像（2010 年 9 月 17 日観測）© JAXA/HIT

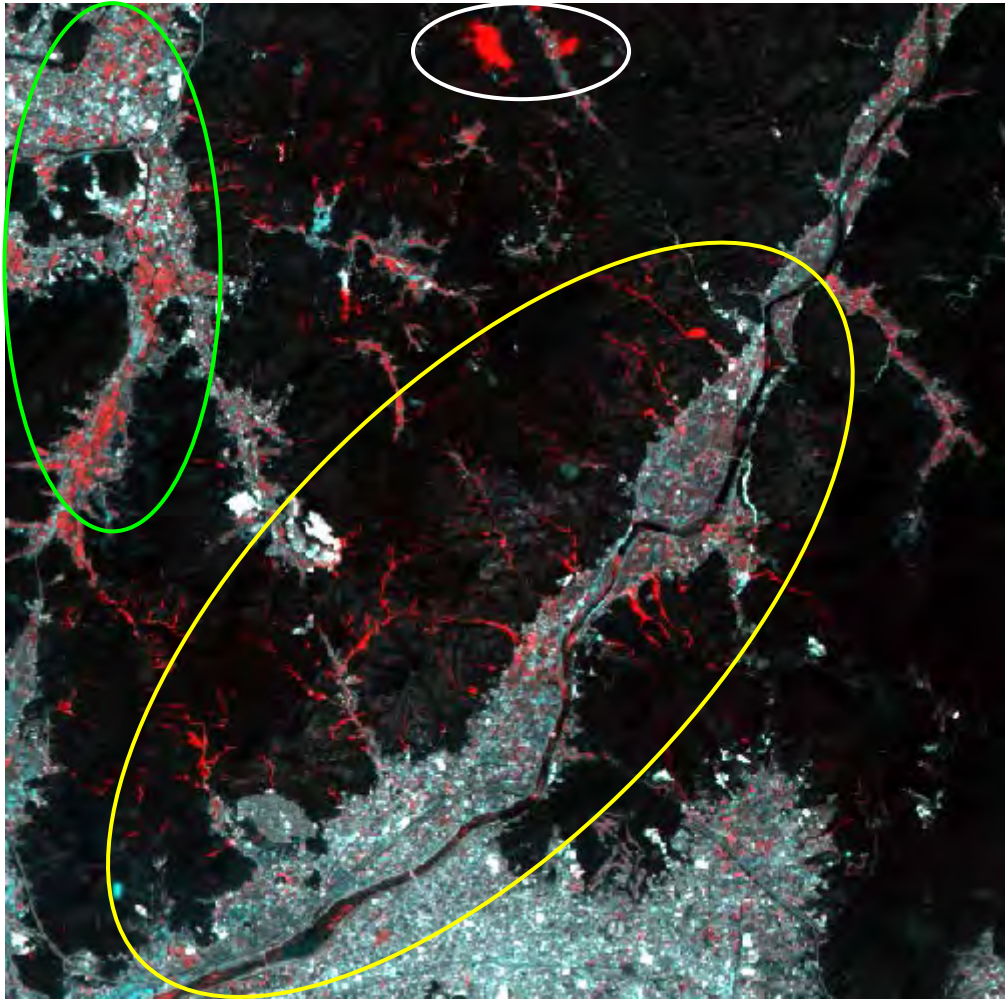


図 1-4 画像合成処理画像 (R: 2010 年 9 月 27 日,G&B: 2009 年 6 月 14 日)

© JAXA/HIT

A-2. 光学衛星画像の分類処理による土砂災害崩壊地の抽出

マルチスペクトルセンサを搭載した光学衛星では、被災前後の衛星画像データに、それぞれ、画像分類処理を施すことで土砂災害の抽出を行うことができる。画像分類処理では、マルチスペクトルセンサデータの使用が有効であり、それぞれの画像分類処理の精度が土砂災害の抽出に影響を与える。また、被災前後で異なるセンサのデータを使用しても本処理を実行することができる。

処理手順は、下記のとおりである。

- ①被災前後の衛星画像に、それぞれ、幾何学的補正処理を行う。
- ②幾何学的補正処理画像を、それぞれ、DN値から反射率へ変換する。
- ③反射率画像に、それぞれ、画像分類処理を行う。
- ④被災前後の分類画像から「森林」から「裸地」へ変化した領域を土砂災害崩壊地として抽出する。

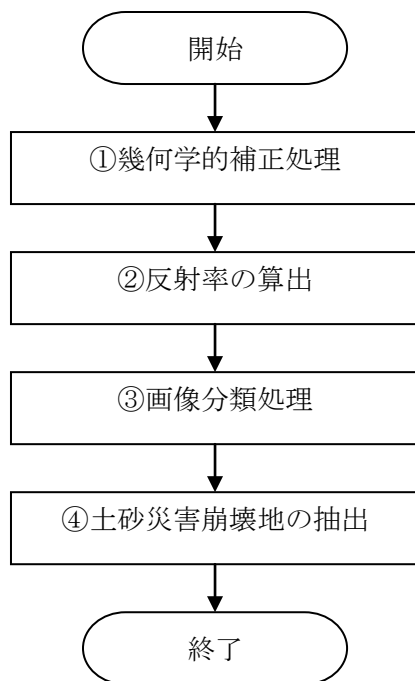
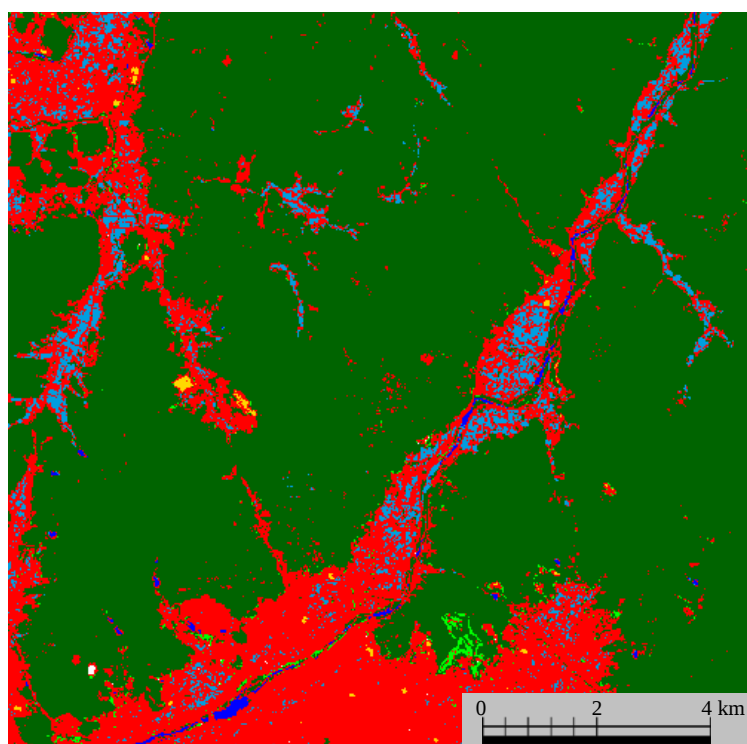


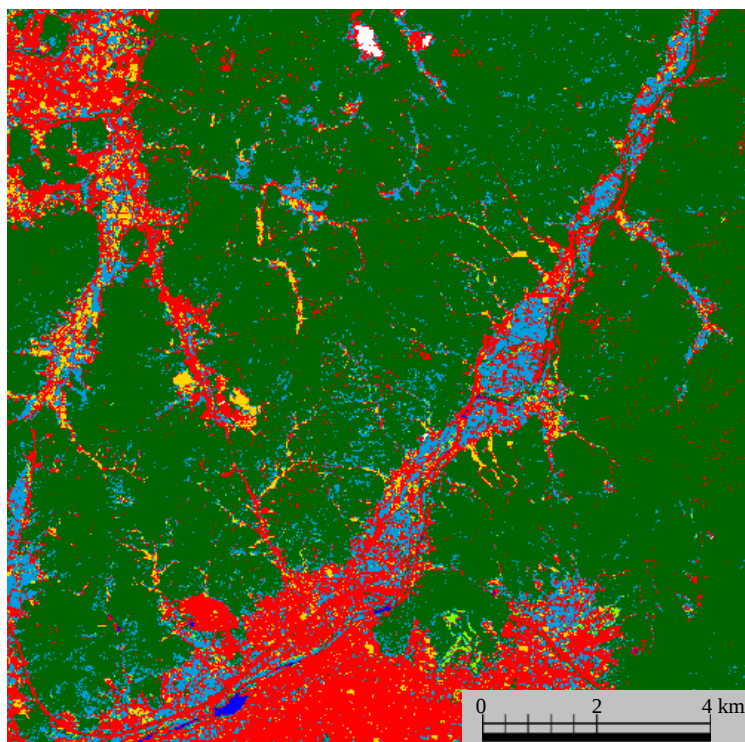
図 1-5 光学衛星画像の分類処理による土砂災害崩壊地の抽出

ここでも、A-1.で使用した山口県防府市のALOS/AVNIR-2画像を使用して解析事例を示す。図 1-6に被災前の分類画像、図 1-7に被災後の分類画像を示す。これら、被災前後の分類処理画像から「森林」から「裸地」へ変化した領域を抽出した画像を図 1-8に示す。黄色で示す領域が土砂災害として抽出された領域である。本手法では、被災前が「森林」、被災後が「裸地」という条件を設定しているため、A-1の光学衛星画像のカラー合成表示による土砂災害の抽出で見られた雲域や水田・畑地での土砂災害の誤抽出が減少している。



■ 森林 ■ 水田 ■ 芝生 ■ 市街地 ■ 裸地 □ 雲域

図 1-6 ALOS/AVNIR-2 分類画像 (2009 年 6 月 14 日観測) © JAXA/HIT



■ 森林 ■ 水田 ■ 芝生 ■ 市街地 ■ 裸地 □ 雲域

図 1-7 ALOS/AVNIR-2 分類画像 (2010 年 9 月 17 日観測) © JAXA/HIT

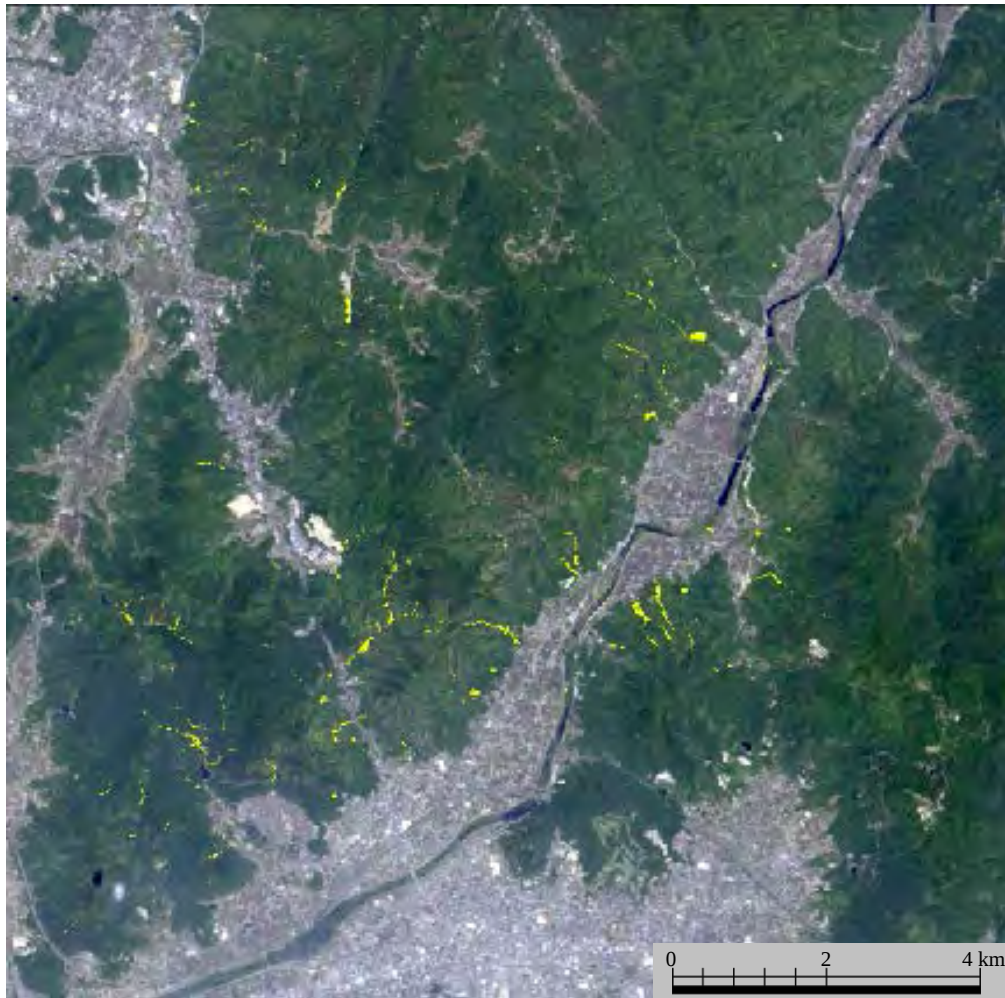


図 1-8 光学衛星画像の分類処理による土砂災害崩壊地の抽出画像 ©JAXA/HIT
(黄色部：土砂災害崩壊地)

A-3. 光学衛星画像のNDVIによる土砂災害崩壊地の抽出

正規化植生指標（Normalized Difference Vegetation Index: NDVI）は、衛星データのマルチスペクトルバンドから求められる植生の有無，多少や活性度などを示す代表的な植生指標であり，式(1.1)で求められる。

$$NDVI = \frac{(Band4(NIR) - Band3(RED))}{(Band4(NIR) + Band3(RED))} \quad (1.1)$$

ALOS/AVNIR-2などマルチスペクトルセンサの多くは，Band4が近赤外（Near-InfraRed: NIR）バンド，Band3が可視域の赤色（Red）バンドであり，Band4とBand3を用いた演算によりNDVIを算出することができる。なお，NDVIは－1～＋1の値を取り，値が大きい方が，植生が多く活性度が高い。

処理手順は，下記のとおりである。

- ①被災前後の衛星画像に，それぞれ，幾何学的補正処理を行う。
- ②幾何学的補正処理画像を，それぞれ，DN値から反射率へ変換する。
- ③反射率画像から，それぞれ，NDVIを算出する。
- ④被災前後のNDVI値が閾値よりも低下した領域を土砂災害崩壊地として抽出する。

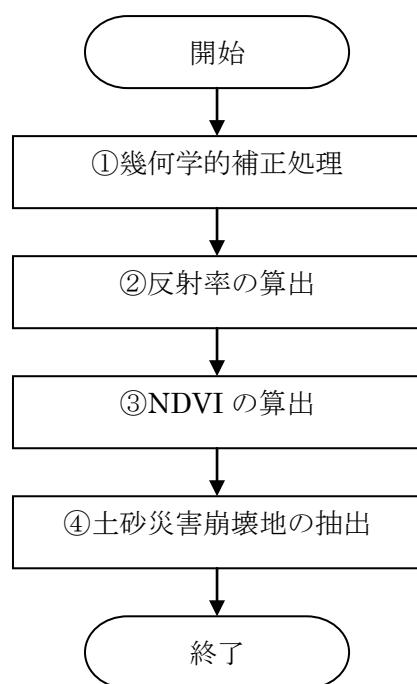


図 1-9 光学衛星画像の NDVI による土砂災害崩壊地の抽出

ここでも，A-1.で使用した山口県防府市のALOS/AVNIR-2画像を使用して解析事例を示す。図 1-10に被災前のNDVI画像，図 1-11に被災後のNDVI画像を示す。これら，被災前後のNDVI画像から閾値を設定し土砂災害を抽出した画像を図 1-12に示す。黄色で示す領域が

土砂災害として抽出された領域である。本手法では、被災前後でNDVI値が低下することを利用して土砂災害を抽出している。本解析では、図 1-12の画像上部（白枠）の雲域を土砂災害として抽出しているがNDVI値の差だけでなく被災前後NDVI値を利用することで雲域（NDVI値が低い）を土砂災害から除去できると考えられる。

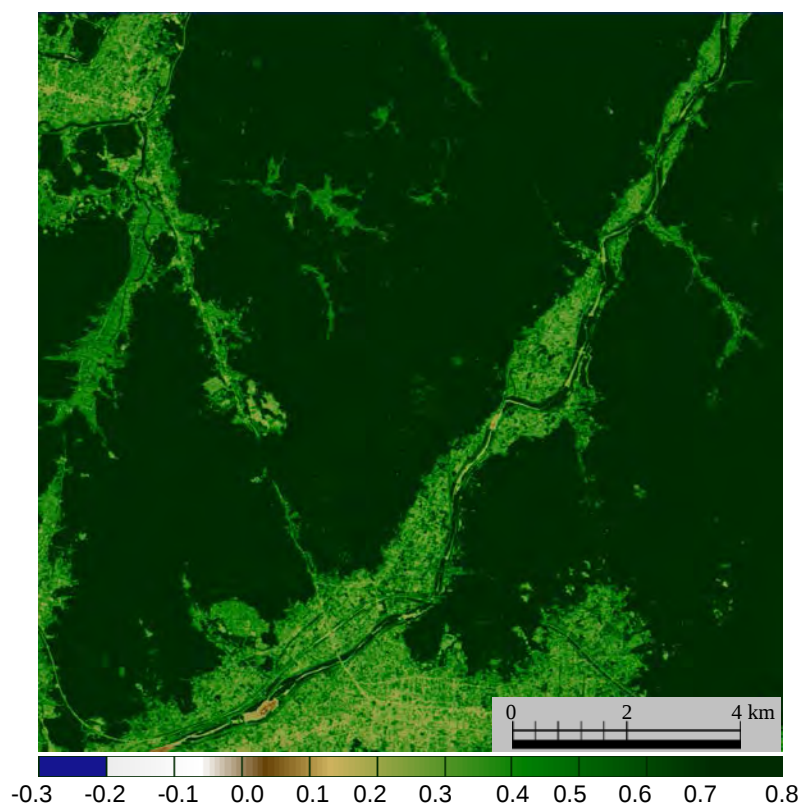


図 1-10 ALOS/AVNIR-2 NDVI 画像 (2009 年 6 月 14 日観測) © JAXA/HIT

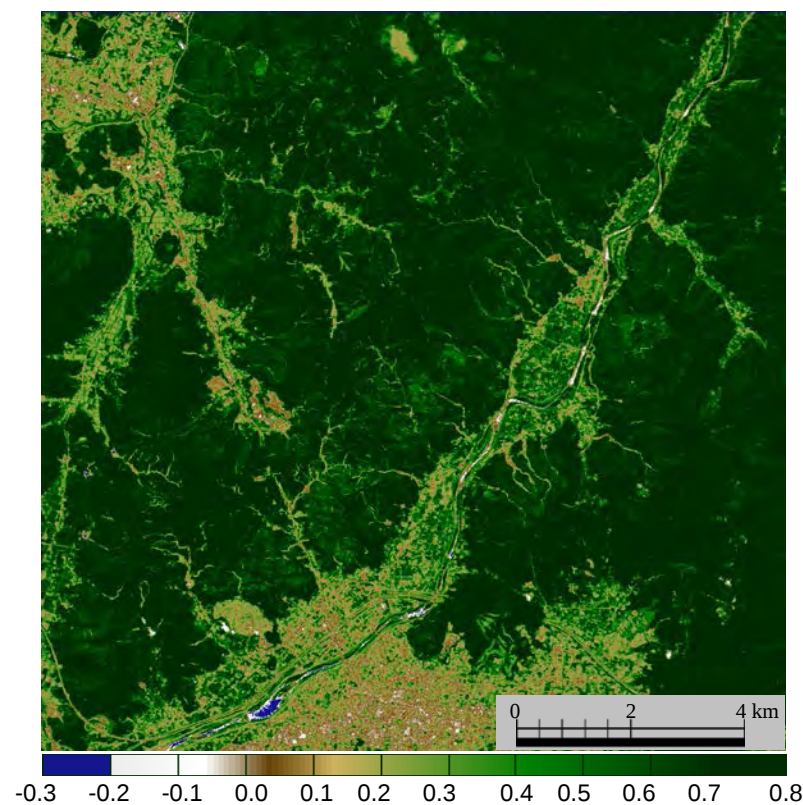


図 1-11 ALOS/AVNIR-2 NDVI 画像 (2010 年 9 月 17 日観測) © JAXA/HIT

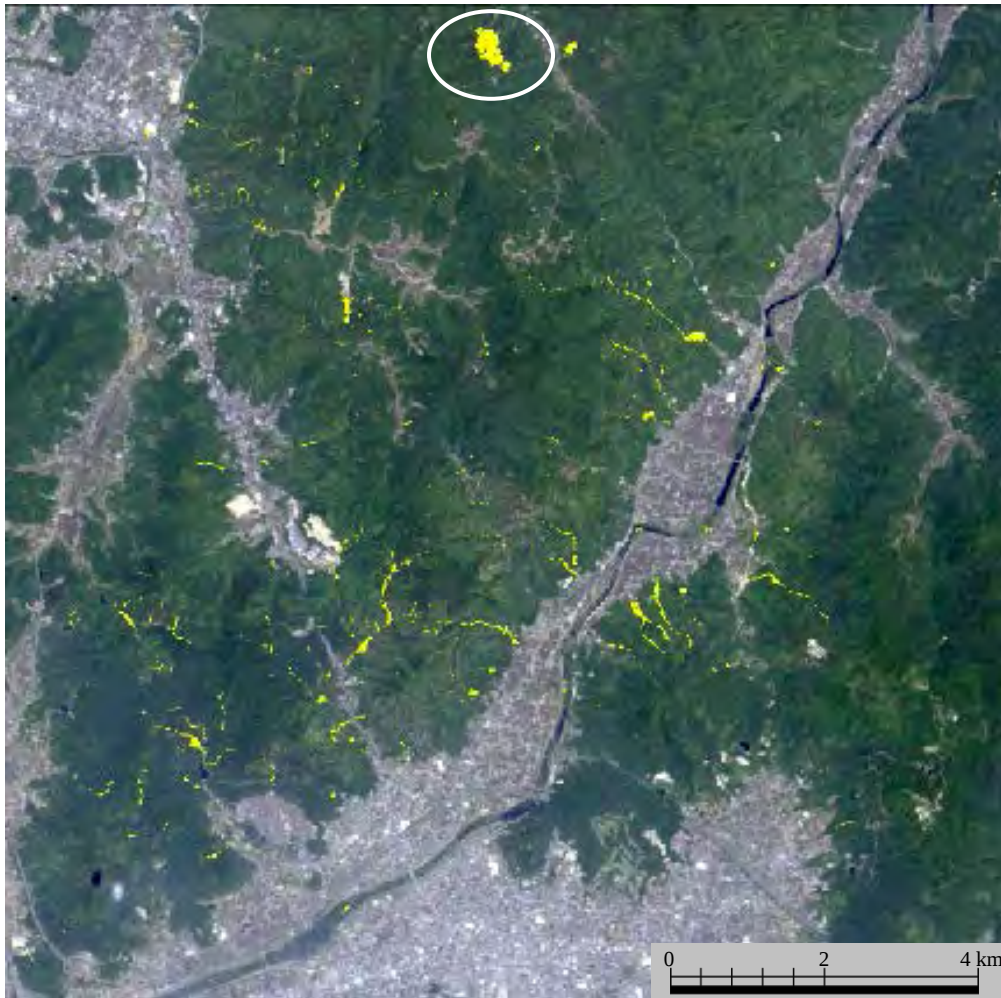


図 1-12 光学衛星画像の NDVI による土砂災害崩壊地の抽出画像 ©JAXA/HIT
(黄色部：土砂災害崩壊地)

B-1. SAR衛星画像のカラー合成表示による土砂災害崩壊地の抽出

被災前後のSAR衛星画像データを合成処理することで被災地域をカラー合成表示することができる。

処理手順は、下記のとおりである。

- ①被災前後の衛星画像に、それぞれ、幾何学的補正処理を行う。
- ②幾何学的補正処理画像に、それぞれ、校正処理を行う。
- ③校正処理画像から画像合成処理を行う。
- ④画像合成処理画像からカラー合成表示（R:被災前，G&B:被災後）を行う。
- ⑤カラー合成表示を基に土砂災害崩壊地の目視判読を行う。

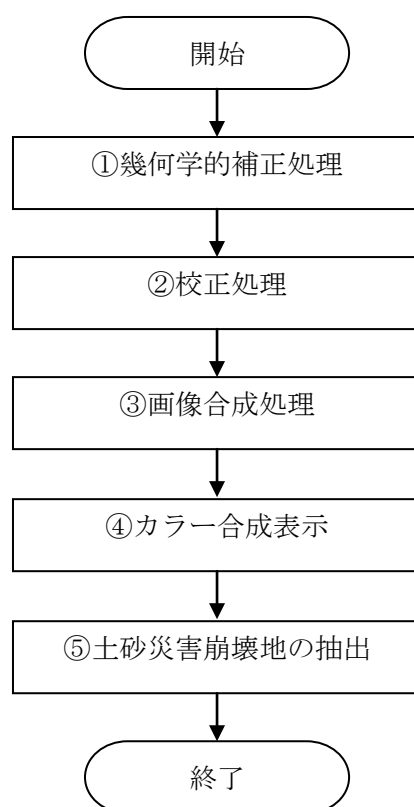


図 1-13 SAR 衛星画像のカラー合成表示による土砂災害崩壊地の抽出

ここでは、SAR衛星画像を用いて広島県庄原市で2010年7月16日に発生した豪雨災害を解析した事例について述べる。使用した衛星データは、ALOS/PALSARの2007年2月21日と2010年7月17日に観測されたものである。図 1-14および図 1-15に被災前と被災後の幾何学的補正処理済みのALOS/PALSAR画像を示す。SARは、斜め観測であるため標高に応じた幾何学的な歪が発生するため幾何学的補正処理では、数値標高データ（Digital Elevation Model: DEM）を用いた標高歪みの補正を行う必要がある。また、SAR画像に対して衛星デ

一タ提供機関が公表している変換係数を用いて、校正処理を行う。そして、被災前後のSAR画像の合成処理を行う。図 1-16に被災前後のALOS/PLASAR画像に合成処理を行った画像を示す。被災前を緑と青，被災後を赤に割り当てたカラー合成表示を行っている。被災前後で地表面が水没等により滑らかになった領域はシアン，被災前後で土砂の流入等で地表面が粗くなった領域は赤色で表示される。この画像から目視判読により土砂崩壊地や土砂の流入している領域を判読することができる。

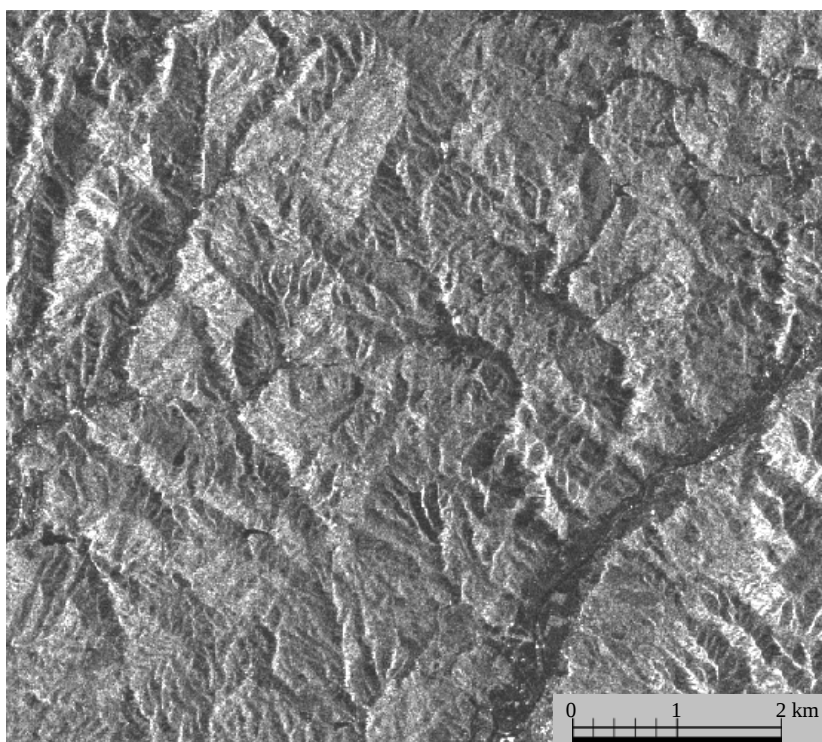


図 1-14 ALOS/PALSAR 画像（2007 年 2 月 21 日観測）© JAXA/HIT

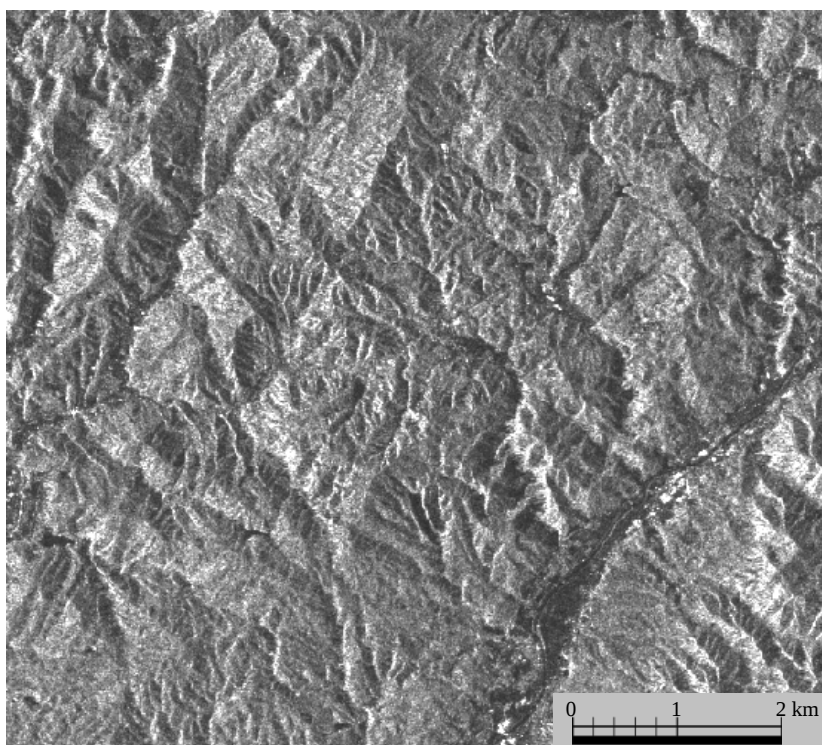


図 1-15 ALOS/PALSAR 画像（2010 年 7 月 17 日観測）© JAXA/HIT

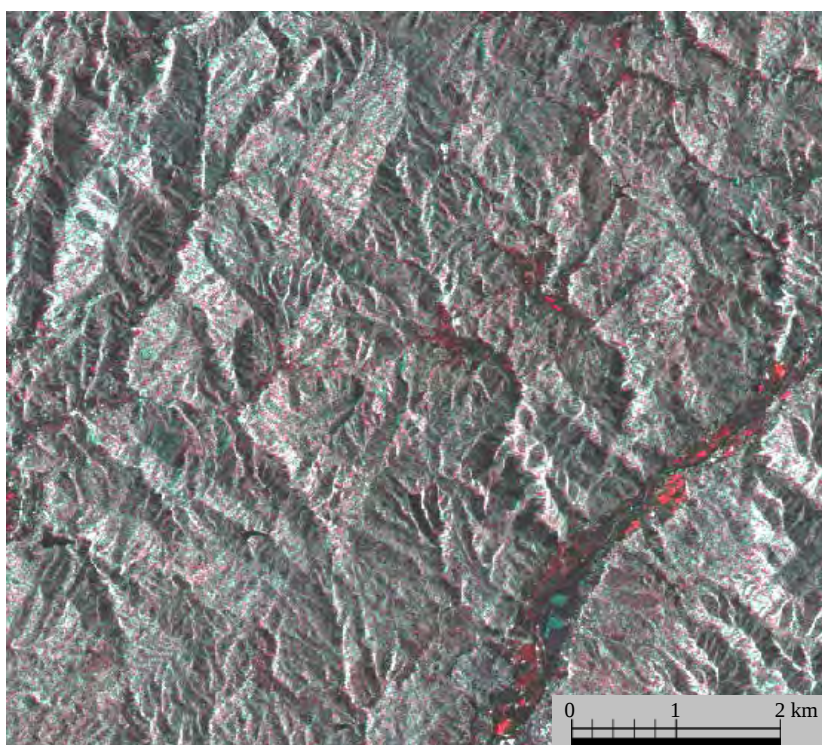


図 1-16 SAR 画像合成処理による土砂災害崩壊地抽出画像
(R: 2010 年 7 月 17 日, G&B: 2007 年 2 月 21 日観測) © JAXA/HIT

B-2. SAR衛星画像のNDSI値による土砂災害崩壊地の抽出

NDSI (Normalized Difference Sigma Naught Index) は、2 時期のSAR後方散乱係数の差を正規化した値で、 $-1 \sim +1$ の値をとる。NDSIの計算式を式(1.2)に示す。

$$NDSI = \frac{(\sigma_0^{before} - \sigma_0^{after})}{(\sigma_0^{before} + \sigma_0^{after})} \quad (1.2)$$

ここで、 σ_0^{before} は災害前のSAR後方散乱係数、 σ_0^{after} は災害後のSAR後方散乱係数である。NDSI値が0に近ければ2 時期間で地表面の変化が小さく、 -1 または $+1$ に近ければ2 時期間で地表面の変化が大きく、災害等の地表面変化が発生していると考えられる。

処理手順は、下記のとおりである。

- ①被災前後の衛星画像に、それぞれ、幾何学的補正処理を行う。
- ②幾何学的補正処理画像に、それぞれ、校正処理を行う。
- ③校正処理画像に、それぞれ、フィルター処理を行う。
- ④フィルター処理画像からNDSIの算出を行う。
- ⑤NDSI画像に閾値を設定して土砂災害崩壊地の抽出を行う。

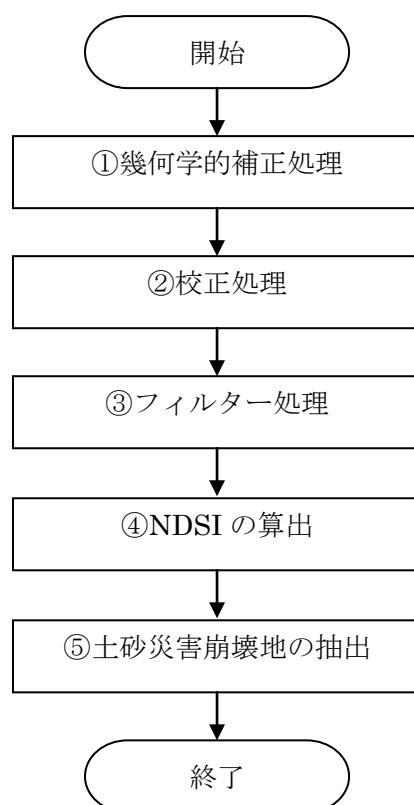


図 1-17 SAR 衛星画像の NDSI 値による土砂災害崩壊地の抽出

ここでも、B-1と同様にSAR衛星画像を用いて広島県庄原市で2010年7月16日に発生した豪雨災害を解析した事例について述べる。B-1と同様に幾何学的補正処理および校正処理を行い、さらに、SAR特有のスペックルノイズを低減するためフィルター処理を行う。フィルターの処理ウィンドウサイズは、スペックルノイズの低減に影響し、衛星データの分解能や解析対象大きさ等により最適サイズは異なる。ここでは、ALOS/PALSARデータに11×11のウィンドウサイズのLeeフィルター処理を行った。フィルター処理後の画像に対して図 1-18のようにNDSI画像を作成した。明るい色ほどNDSI値が高く、暗い色ほどNDSI値が低いことを示す。土砂災害等により被災前後のSAR画像間で変化した領域は、NDSI値が高い場合（被災前後で後方散乱係数が低下）と低い場合（被災前後で後方散乱係数が増加）の両方が考えられる。土砂災害崩壊地の抽出は、NDSI値に上限と下限の閾値を設定して行う。閾値（ v ）は、NDSI画像の平均値（ μ ）と標準偏差（ σ ）を用いて、以下の式から決定した。

$$v = \mu \pm 2 \cdot \sigma$$

ここでは、平均値は-0.0155、標準偏差は0.056であり、閾値は-0.127と0.096であった。NDSI値が-0.127以下および0.096以上の領域を土砂災害崩壊地として黄色で表示したのが図 1-19である。画像中央部と右下部では、土砂災害が発生した地域である程度土砂災害の抽出が行えているが、それ以外の領域では、季節変化によるものや小領域の誤抽出が発生していると考えられる。

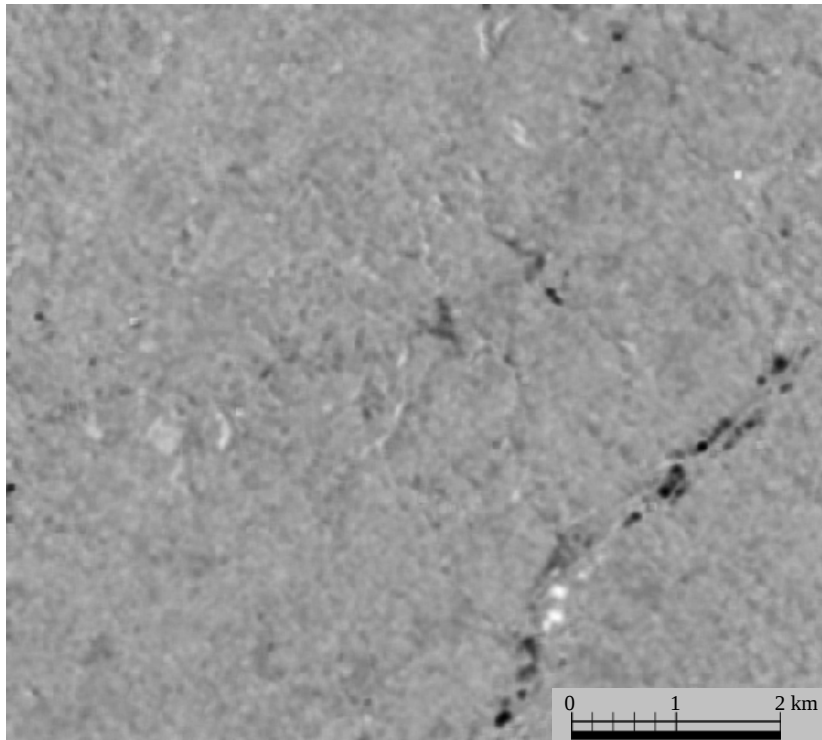


図 1-18 ALOS/PALSAR 衛星画像から求めた NDSI 画像 ©JAXA/HIT

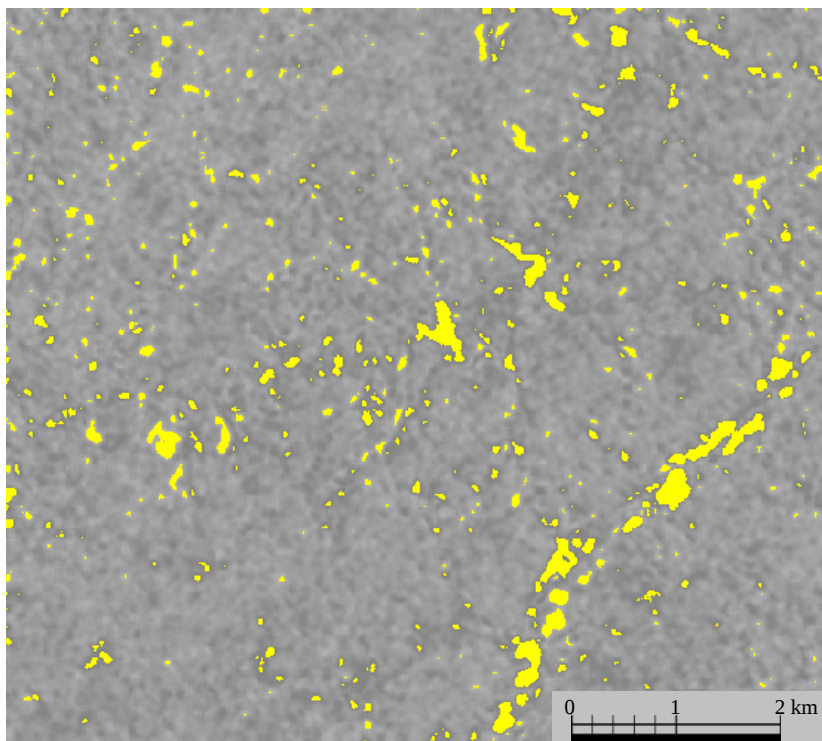


図 1-19 SAR 衛星画像の NDSI による土砂災害崩壊地抽出 ©JAXA/HIT
(黄色部：土砂災害崩壊地)

B-3. SAR衛星画像による相関係数による土砂災害崩壊地の抽出

被災前後の SAR 画像から相関係数を算出し、土砂崩壊地の抽出を行う。被災前後の土地被覆状況が変化していない場合には相関係数は高く、反対に変化した場合には相関係数は低くなる。相関係数（ r ）は式(1.3)により求めた。

$$r = \frac{N \sum_{i=1}^N I a_i I b_i - \sum_{i=1}^N I a_i \cdot \sum_{i=1}^N I b_i}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^N I a_i^2 - \left(\sum_{i=1}^N I a_i \right)^2 \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^N I b_i^2 - \left(\sum_{i=1}^N I b_i \right)^2 \right)}} \quad (1.3)$$

ここで、 N は計算するウィンドウ内のピクセル数、 $I a_i$ 、 $I b_i$ は被災後と被災前のそれぞれの画像の i 番目における画素の値である。

処理手順は下記のとおりである。

- ①被災前後の衛星画像に、それぞれ、幾何学的補正処理を行う。
- ②幾何学的補正処理画像に、それぞれ、校正処理を行う。
- ③校正処理画像に、それぞれ、フィルター処理を行う。
- ④フィルター処理画像から相関係数の算出を行う。
- ⑤相関係数画像に閾値を設定して土砂災害崩壊地の抽出を行う。

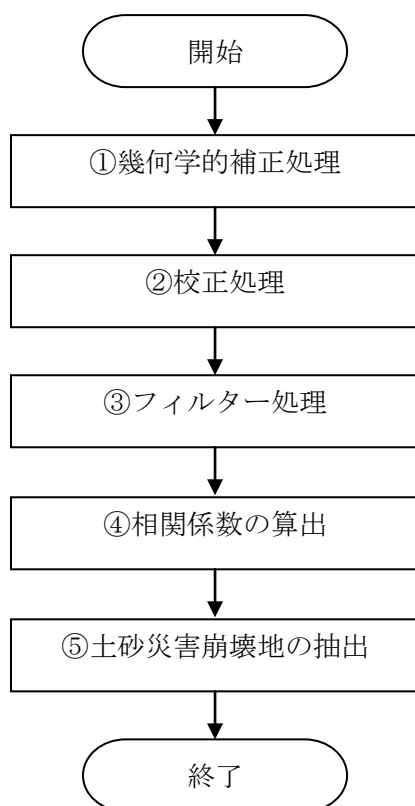


図 1-20 SAR 衛星画像による相関係数による土砂災害崩壊地の抽出

B-1, B-2と同様にSAR衛星画像を用いて広島県庄原市で2010年7月16日に発生した豪雨災害を解析した事例について述べる。B-2と同様に幾何学的補正処理, 校正処理およびフィルター処理を行う。ここでは, 被災前後のSAR画像からあるウィンドウサイズ内の相関係数の算出を行う。相関係数は, 被災前後の画像間で変化があれば低く, 逆に変化が無ければ高い値を示す。したがって, 被災前後で土砂災害が発生すれば相関係数は低くなる。ここでは, 図 1-21のようにウィンドウサイズ 11×11 サイズの相関係数を算出した。明るい色ほど相関係数が高く, 暗い色ほど相関係数が低いことを示す。閾値 (v) は, 相関係数画像の平均値(μ)と標準偏差(σ)を用いて, B-2と同様に以下の式から決定した。

$$v = \mu \pm 2 \cdot \sigma$$

ここでは, 平均値は0.322, 標準偏差は0.204であり, 閾値は-0.086であった。相関係数が-0.086以下の領域を土砂災害崩壊地として黄色で表示したのが図 1-22である。

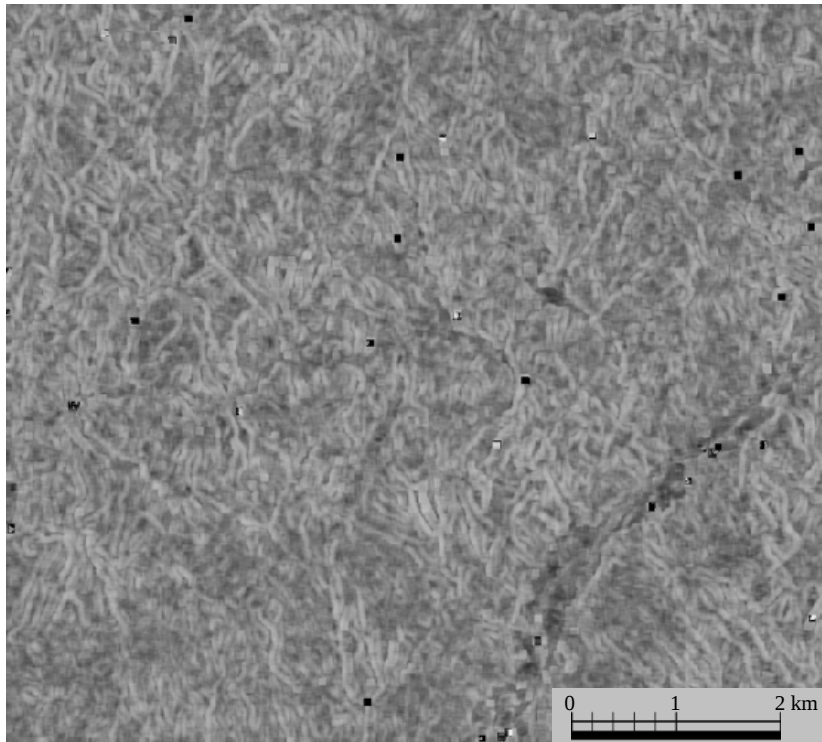


図 1-21 ALOS/PALSAR 衛星画像から求めた相関係数画像 ©JAXA/HIT

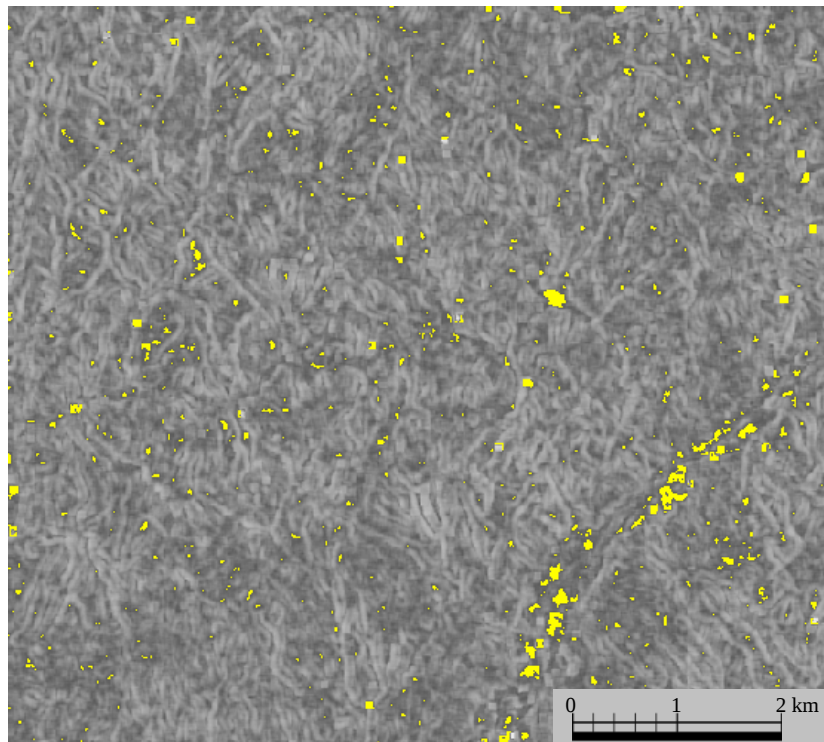


図 1-22 SAR 衛星画像の相関係数による土砂災害崩壊地抽出 ©JAXA/HIT
(黄色部：土砂災害崩壊地)

表 1-1は衛星データ取得後の土砂災害抽出処理にかかる処理時間を示したものである。

表 1-1 土砂災害抽出処理時間

災害種別	土砂災害					
衛星種別	光学衛星			SAR 衛星		
解析処理	A-1.カラー合成表示	A-2.分類処理	A-3.NDVI	B-1.カラー合成表示	B-2.NDSI	B-3.相関係数
幾何学的補正	30 分	30 分	30 分	60 分	60 分	60 分
反射率変換	-	15 分	15 分	-	-	-
後方散乱係数変換	-	-	-	15 分	15 分	15 分
画像合成	15 分	15 分	15 分	15 分	15 分	15 分
被災地抽出	-	60 分	30 分	-	30 分	30 分
プロダクト作成	15 分	15 分	15 分	15 分	15 分	15 分
合計	1 時間	2 時間 15 分	1 時間 45 分	1 時間 45 分	2 時間 15 分	2 時間 15 分

光学衛星データについては、約1時間から2時間15分程度で提供が可能である。SAR衛星データについては、1時間45分から2時間15分で提供が可能である。速報的なプロダクト提供では、光学衛星・SAR衛星データ共にカラー合成表示による方法が有効である。その後、光学衛星データについては、分類処理、NDVIによる解析、SAR衛星データについては、NDSI,相関係数による解析により、より詳細な土砂災害崩壊地の情報を提供することが可能である。

1.1.2 河川氾濫

氾濫には、大雨による河川の増水による外水氾濫や雨水の量が排水能力を超えて発生する内水氾濫がある。外水氾濫では河川氾濫等により主に泥水が市街地に流れ込み、内水氾濫では主に雨水が市街地に流れ込む。人工衛星による氾濫域の抽出では、外水氾濫か内水氾濫かを判断することは直接的には困難であるが、湛水域として抽出を行うことが可能である。しかし、日本の河川氾濫は湛水が数時間から数日で解消されることが多いため、災害発生後の迅速な衛星観測によるデータ取得が必要である。

C-1. 光学衛星画像のカラー合成表示による河川氾濫の抽出

光学衛星データによる河川氾濫の解析では、被災前後の衛星画像データを合成処理することで被災地域をカラー合成表示し、湛水域として判読することができる。

処理手順は、下記のとおりである。

- ①被災前後の衛星画像に、それぞれ、幾何学的補正処理を行う。
- ②幾何学的補正処理画像に画像合成処理を行う。
- ③赤色バンドでカラー合成表示（R:被災後赤色，G&B:被災前赤色）を行う。
- ④カラー合成表示を基に河川氾濫の目視判読を行う。

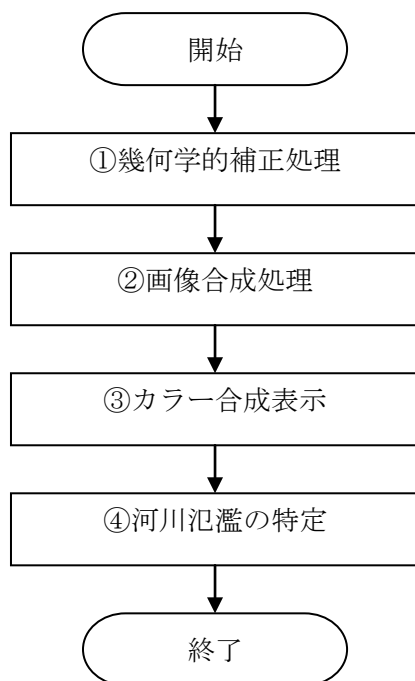


図 1-23 光学衛星画像のカラー合成表示による河川氾濫の抽出

ここでは、光学衛星画像を用いて2011年3月11日に発生した東日本大震災により湛水した

宮城県北上川周辺の解析事例について述べる。この災害は、河川氾濫により発生したものではないが、河川を遡上した津波により北上川周辺に湛水域が発生しているため、ここでは河川氾濫を想定した画像として使用した。解析に使用した衛星データは、ALOS/AVNIR-2の2010年8月23日（被災前，図 1-24）と2011年3月19日（被災後，図 1-25）である。これらの画像は、幾何学的補正処理を施した画像である。図 1-26に画像合成処理を施した画像を示す。赤色に被災前の赤色バンド，緑色および青色に被災後の赤色バンドを割り当て，カラー合成表示を行っている。画像の左側から右側に流れる北上川およびその周辺の農地が赤色で表示されている。河川周辺の農地は，季節および津波被害による地表状態の変化と湛水により赤色に表示されている。特に，湛水域は他の領域に比べて濃い赤色で表示されており，画像合成処理画像から河川氾濫を判読することが可能である。



図 1-24 ALOS/AVNIR-2 画像（2010 年 8 月 23 日観測）© JAXA/HIT



図 1-25 ALOS/AVNIR-2 画像（2011 年 3 月 19 日観測）© JAXA/HIT

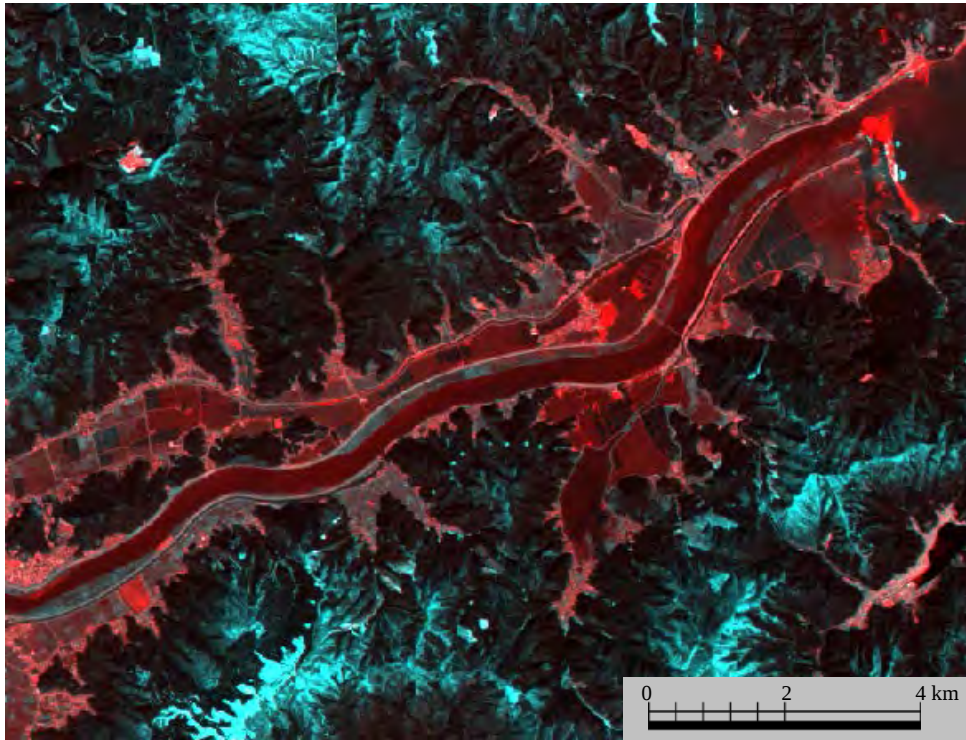


図 1-26 画像合成処理画像 (R: 2010 年 8 月 23 日,G&B: 2011 年 3 月 19 日)
(赤色部: 湛水域) © JAXA/HIT

C-2. 光学衛星画像のNDVIによる河川氾濫の抽出

光学衛星画像による水域の観測では、水の濁度、水面からの反射、大気の状態などの影響がある²⁾。また、河川氾濫の時間的経過、氾濫箇所の地形・植生条件などで複雑な分光特性を示す³⁾これらの影響を低減するために、NDVIを求めて湛水域抽出に利用する。NDVIは、近赤外域と可視赤色域の差をとるため、上記の影響を少なくすることができる。NDVIは、水域で低い値をとることが知られており、湛水により陸域から水域に変化した場合にはNDVIは低下する。この性質を利用して、被災前後のNDVI変化から河川氾濫を抽出する。

処理手順は、下記のとおりである。

- ①被災前後の衛星画像に、それぞれ、幾何学的補正処理を行う。
- ②幾何学的補正画像を、それぞれ、DNから反射率へ変換する。
- ③反射率画像から、それぞれ、NDVIを算出する。
- ④被災前後のNDVI値が閾値よりも低下した領域を河川氾濫として抽出する。

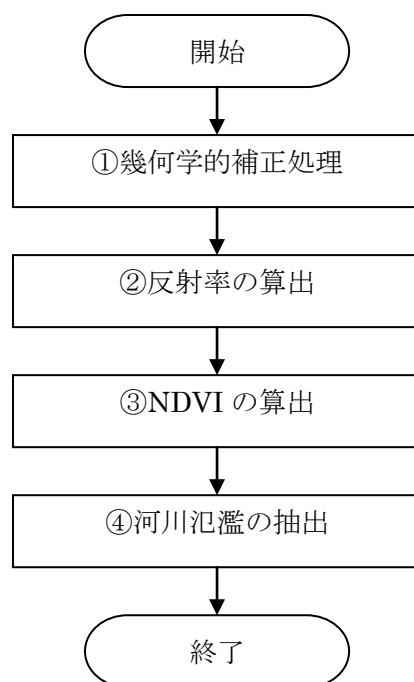


図 1-27 光学衛星画像の NDVI による河川氾濫の抽出

C-1.で使用した宮城県北上川周辺のALOS/AVNIR-2画像を使用した。まず、被災前後の衛星画像に幾何学的補正処理を行い、DN値から反射率へ変換処理を行う。次に、被災前後の画像に対して図 1-28および図 1-29のようにNDVI画像の作成を行う。観測日が8月と3月のために、森林域でNDVI値に違いが見られるが、水域はどちら時期においても低い値を示している。被災前後のNDVI画像を合成処理した画像を図 1-30に示す。被災前を赤色、被災後を水色に割り当ててカラー合成表示を行った。赤色の領域は被災前後でNDVIが低下した

領域であり、季節変化と湛水による変化が含まれる。湛水域のNDVIは非常に低くなっているため季節変化のあった領域よりもNDVIの低下が著しいため、より濃い赤色となっている。この被災前後のNDVIに閾値を設定し湛水域の抽出を行った画像を図 1-31に示す。水色が抽出した湛水域である。ここでは、被災前後のNDVI値が0.45以上低下した領域を河川氾濫として抽出した。

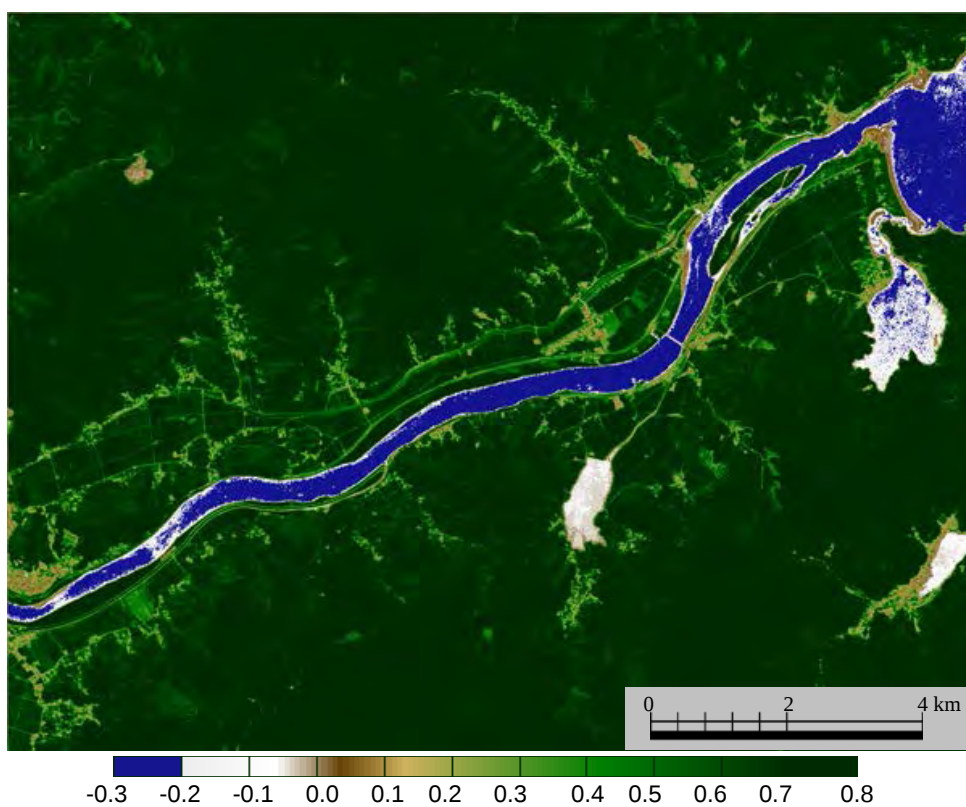


図 1-28 ALOS/AVNIR-2 NDVI 画像（2010 年 8 月 23 日観測）© JAXA/HIT

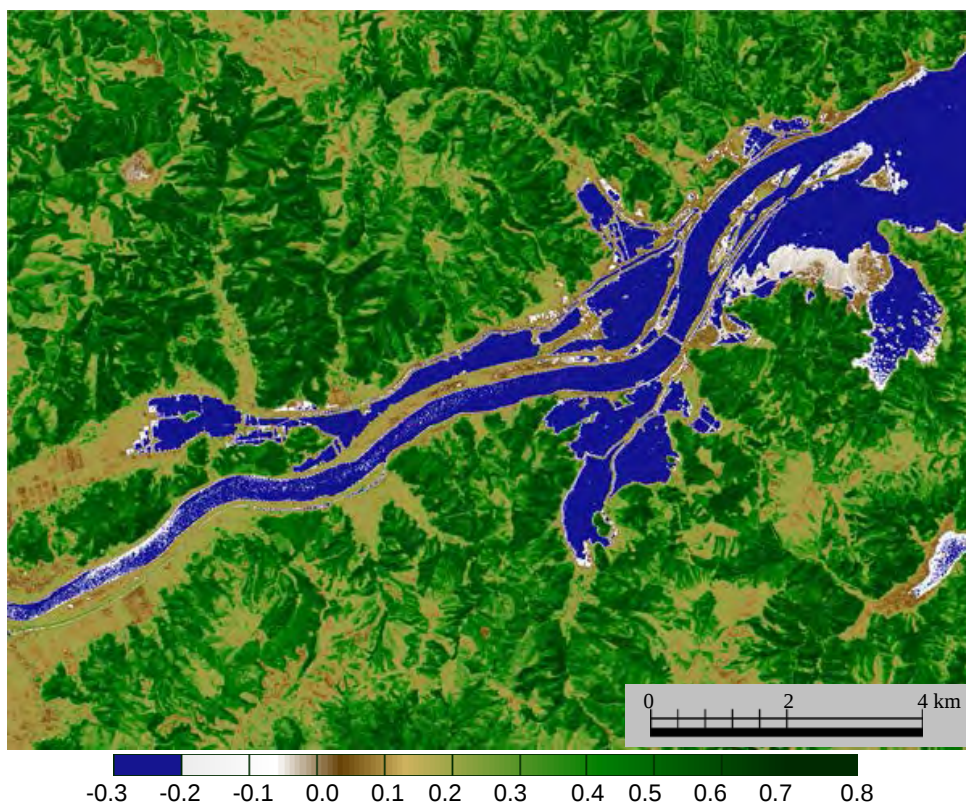


図 1-29 ALOS/AVNIR-2 NDVI 画像（2011 年 3 月 19 日観測）© JAXA/HIT

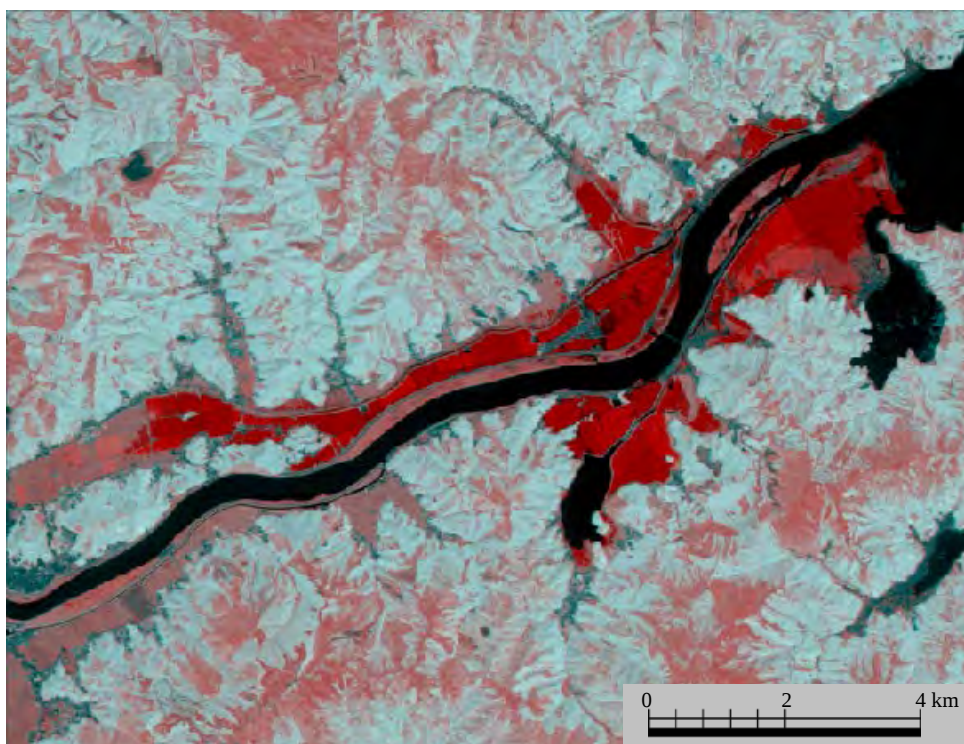


図 1-30 NDVI 画像合成処理画像 (R: 2010 年 8 月 23 日,G&B: 2011 年 3 月 19 日)

© JAXA/HIT

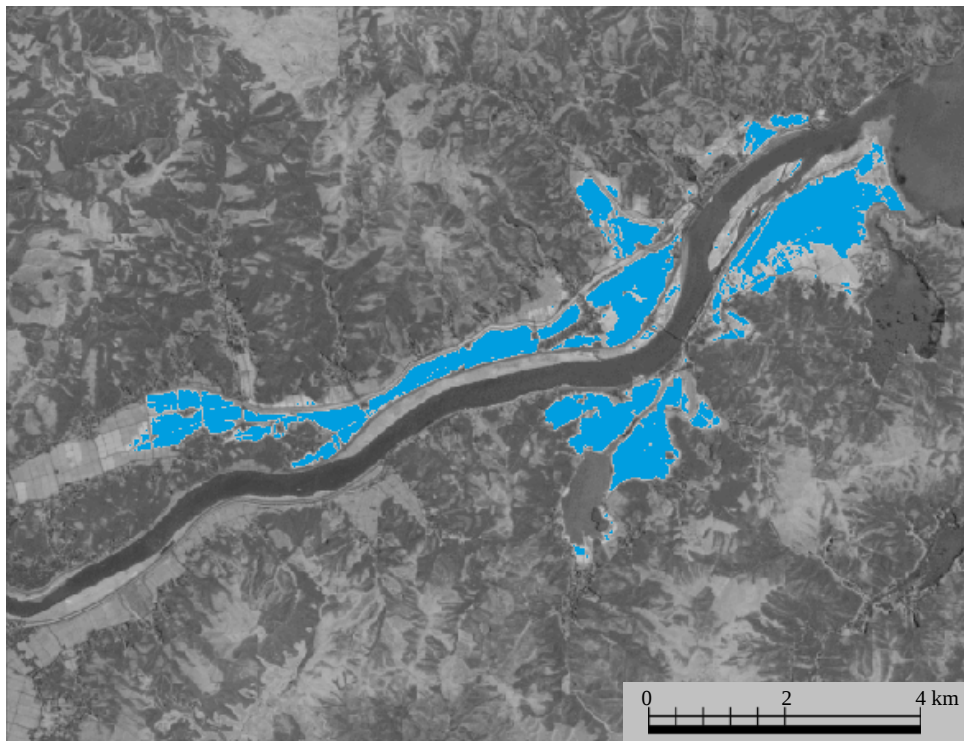


図 1-31 光学衛星画像の NDVI による河川氾濫の抽出画像 (水色部: 湛水域)

©JAXA/HIT

D-1. SAR衛星画像のカラー合成表示による河川氾濫の抽出

SAR衛星画像による河川氾濫の解析では、被災前後の衛星画像データを合成処理することで被災地域をカラー合成表示し、変化のあった領域を河川氾濫として判読する。

処理手順は、下記のとおりである。

- ①被災前後の衛星画像に、それぞれ、幾何学的補正処理を行う。
- ②幾何学的補正処理画像に、それぞれ、校正処理を行う。
- ③校正処理画像に画像合成処理を行う。
- ④カラー合成表示（R:被災前，G&B:被災後）を行う。
- ⑤カラー合成表示を基に河川氾濫の目視判読を行う。

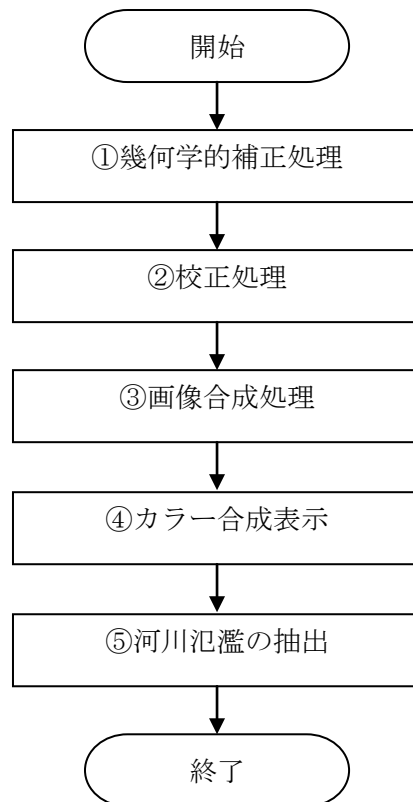


図 1-32 SAR 衛星画像のカラー合成表示による河川氾濫の抽出

ここでは、SAR衛星画像を用いてC-1と同様に2011年3月11日に発生した東日本大震災により湛水した宮城県北上川周辺の解析事例について述べる。解析に使用した衛星データは、ALOS/PALSARの2010年10月28日（被災前，図 1-33）と2011年3月15日（被災後，図 1-34）である。これらの画像は、幾何学的補正処理を施し、さらに校正処理を行った画像である。

図 1-35に画像合成処理を施した画像を示す。赤色に被災前，緑色および青色に被災後の PALSAR画像を割り当て，カラー合成表示を行った。画像の左側から右側に流れる北上川およびその周辺の農地が赤色で表示されている。SAR画像では，湛水域は他の陸域に比べて後方散乱が弱く赤色で表示されるため，画像合成処理画像から河川氾濫を判読することが可能である。

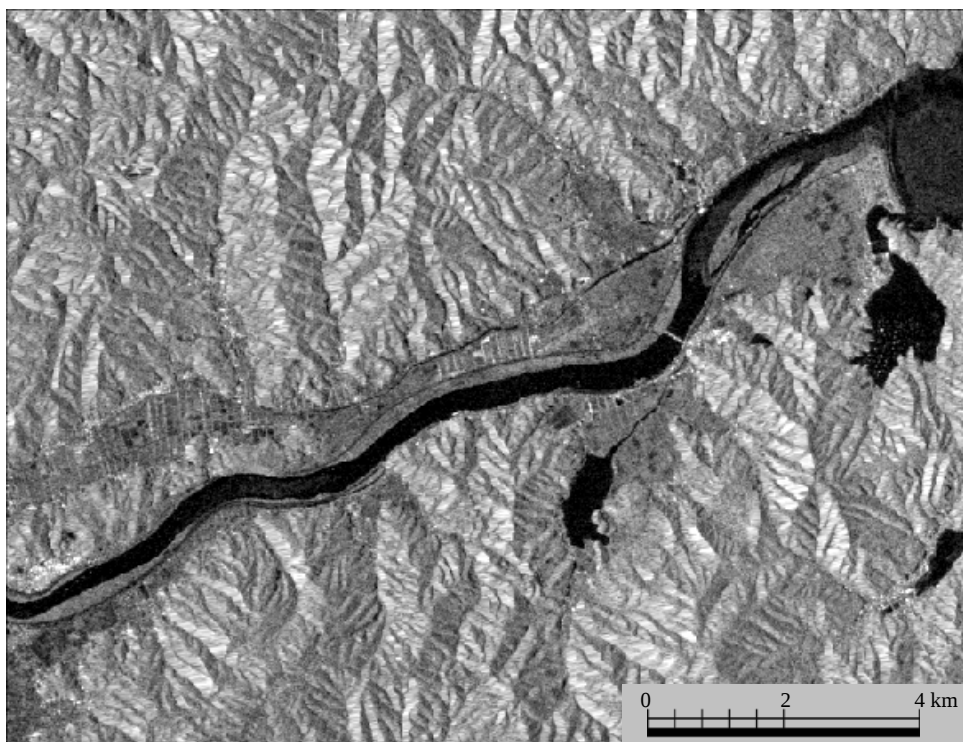


図 1-33 ALOS/PALSAR 画像（2010 年 10 月 28 日観測）© JAXA/HIT

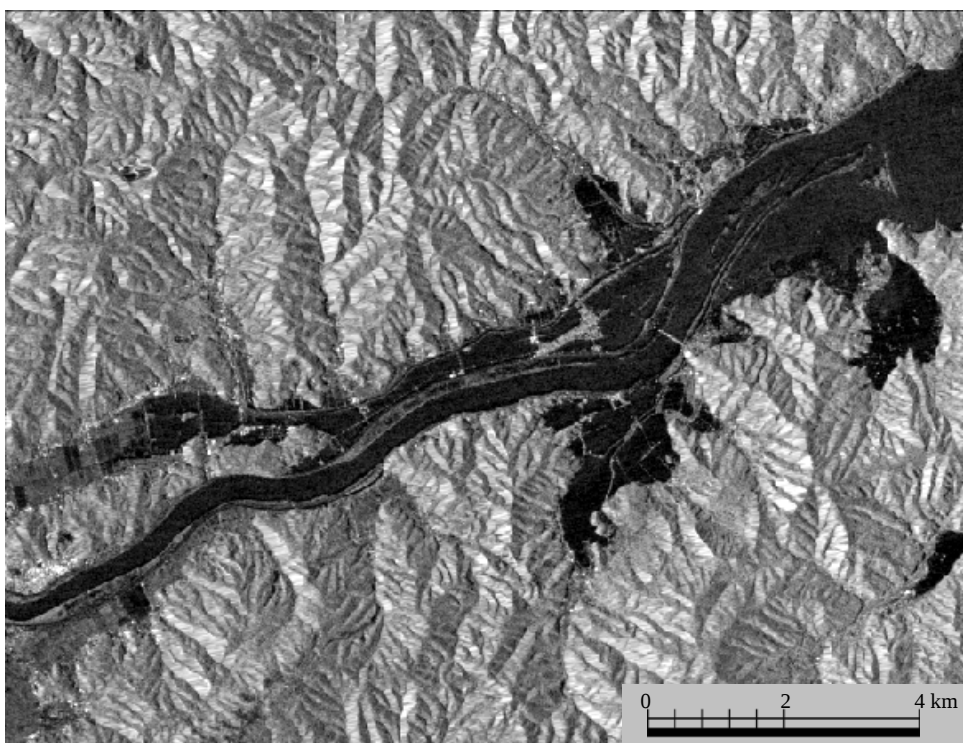


図 1-34 ALOS/PALSAR 画像（2011 年 3 月 15 日観測）© JAXA/HIT

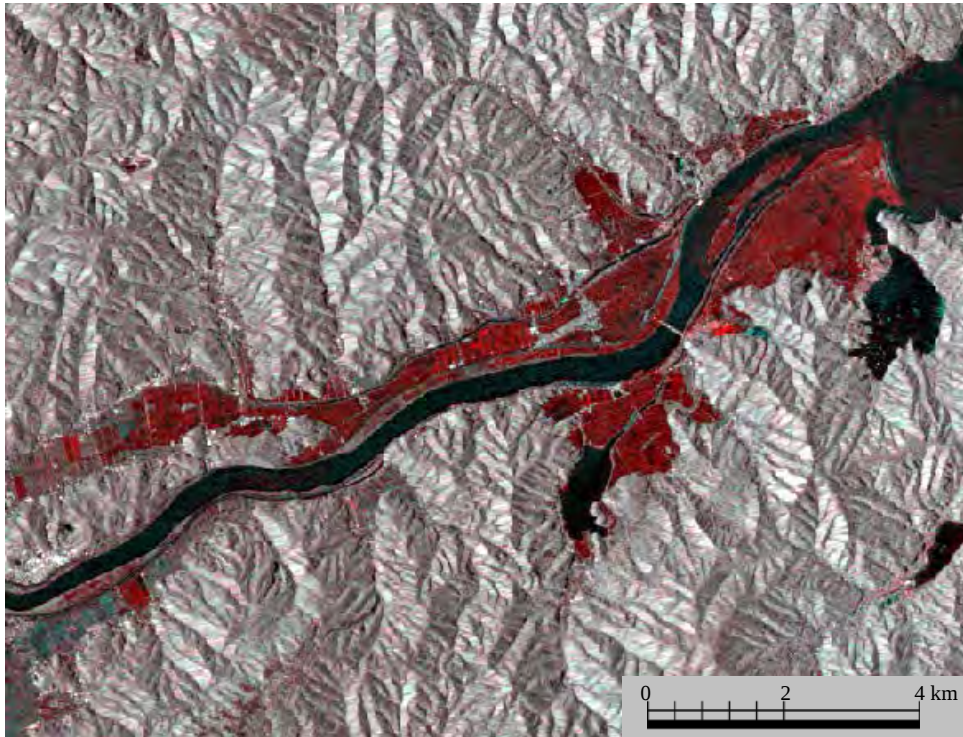


図 1-35 画像合成処理画像 (R: 2010 年 10 月 28 日,G&B: 2011 年 3 月 15 日)
(赤色部：湛水域) © JAXA/HIT

D-2. SAR衛星画像によるNDSI値による河川氾濫の抽出

NDSI (Normalized Difference Sigma Naught Index) は、2 時期のSAR後方散乱係数の差を正規化した値で、 $-1 \sim +1$ の値を取る。NDSI値が0に近ければ2 時期間で地表面の変化が小さく、 -1 または $+1$ に近ければ2 時期間で地表面の変化が大きい。そのため、NDSIが -1 または $+1$ に近い値を示せば、河川氾濫等による地表面変化が発生していると考えられる。

処理手順は、下記のとおりである。

- ①被災前後の衛星画像に、それぞれ、幾何学的補正処理を行う。
- ②幾何学的補正画像に、それぞれ、校正処理を行う。
- ③校正処理を画像に、それぞれ、フィルター処理を行う。
- ④フィルター処理画像からNDSIの算出を行う。
- ⑤NDSI画像に閾値を設定して河川氾濫域の抽出を行う。

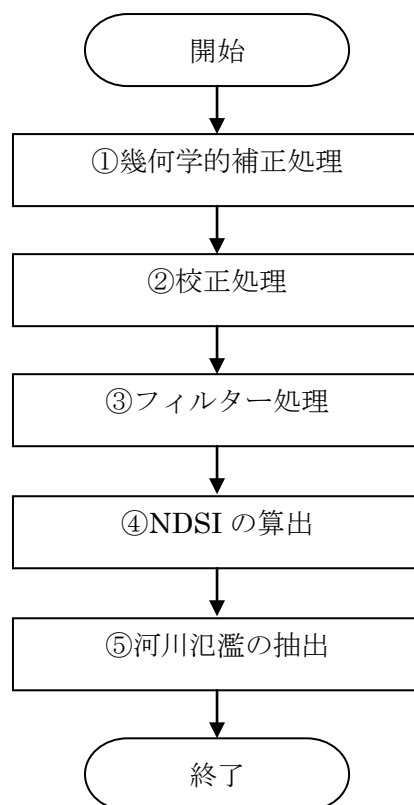


図 1-36 SAR 衛星画像の NDSI 値による河川氾濫の抽出

D-1と同様にSAR衛星画像を用いて北上川周辺の湛水域を解析した事例について述べる。D-1と同様に幾何学的補正処理および校正処理を行い、さらに、SAR特有のスペック

ルノイズを低減するためフィルター処理を行う。被災前後のフィルター処理後の画像から図 1-37のようにNDSI画像を作成した。明るい色ほどNDSI値が高く、暗い色ほどNDSI値が低いことを示す。河川氾濫等により被災前後のSAR画像間で変化した領域は、被災前後で後方散乱係数が低下しNDSI値が高くなる。河川氾濫の抽出は、NDSI値に上限の閾値を設定して行う。閾値（ v ）は、NDSI画像の平均値（ μ ）と標準偏差（ σ ）を用いて、以下の式から決定した。

$$v = \mu + 2 \cdot \sigma$$

ここでは、平均値は-0.00583、標準偏差は0.058であり、閾値は0.110であった。河川氾濫による湛水域を水色で表示したのが図 1-38である。北上川沿いに、湛水域の水色部分が確認でき、光学衛星による河川氾濫の抽出結果とほぼ同様な抽出結果となっている。

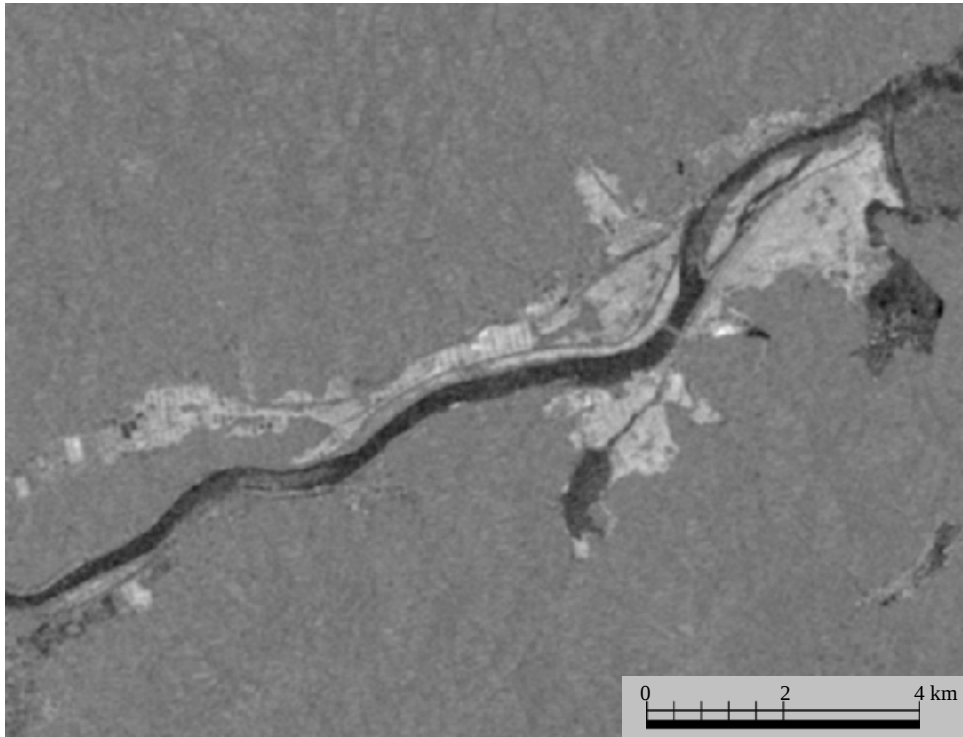


図 1-37 ALOS/PALSAR 衛星画像から求めた NDSI 画像 ©JAXA/HIT

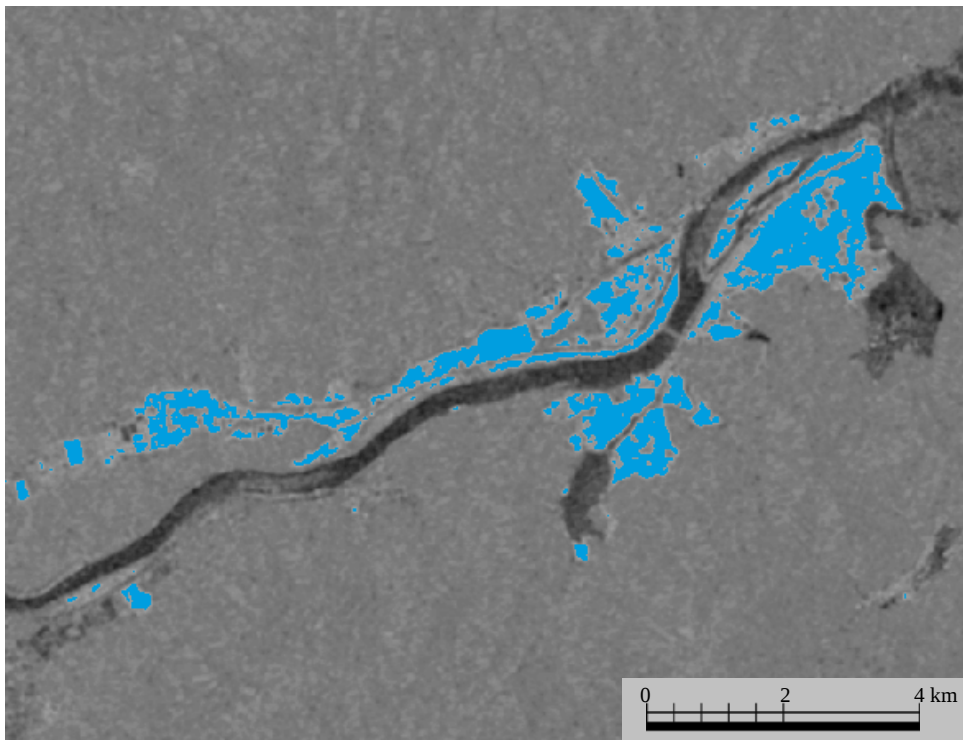


図 1-38 SAR 衛星画像の NDSI による河川氾濫抽出（水色部：湛水域） ©JAXA/HIT

表 1-2は衛星データ取得後の河川氾濫抽出処理にかかる処理時間を示したものである。

表 1-2 河川氾濫抽出処理時間

災害種別	河川氾濫			
衛星種別	光学衛星		SAR 衛星	
解析処理	C-1.カラー 合成表示	C-2.NDVI	D-1.カラー 合成表示	D-2.NDSI
幾何学的補正	30 分	30 分	60 分	60 分
反射率変換	-	15 分	-	-
後方散乱係数変換	-	-	15 分	15 分
画像合成	15 分	15 分	15 分	15 分
被災地抽出	-	30 分	-	30 分
プロダクト作成	15 分	15 分	15 分	15 分
合計	1 時間	1 時間 45 分	1 時間 45 分	2 時間 15 分

光学衛星データについては、約1時間から1時間45分程度で提供が可能である。SAR衛星データについては、1時間45分から2時間15分で提供が可能である。速報的なプロダクト提供では、光学衛星・SAR衛星データ共にカラー合成表示による方法が有効である。その後、光学衛星データについては、NDVIによる解析、SAR衛星データについては、NDSIによる解析により、より詳細な河川氾濫による湛水域の情報を提供することが可能である。

1.2 地形や地理的条件に適した抽出

1.2.1 山間地

山間地における衛星データによる災害情報の抽出では、幾何学的な補正処理が非常に重要となる。精密なオルソ補正処理による地図座標系への投影や複数時期、異なるセンサデータ間の精密な重ね合わせが必要である。そのため、地上基準点（Ground Control Point: GCP）に対応する衛星画像上の点を取得し、精密な幾何学的補正処理を行う必要がある。また、光学センサのポインティング観測やSARでの観測では、標高に応じて幾何学的な歪が発生するため数値標高モデルを用いた標高歪み補正が必要となる^[4]。

ここでは、2009年7月の山口県防府市豪雨災害の解析事例について述べる。解析には、ALOS/AVNIR-2による2009年6月14日と2009年7月23日観測の画像を使用した。2009年6月14日は直下視観測であったが、2009年7月23日は緊急観測であったためポインティング角 17° で観測されている。図 1-39に一般的なアフィン変換式による幾何学的補正処理を行った災害前後のALOS/AVNIR-2の合成画像を示す。また、図 1-40に標高歪み補正処理を行った災害前後のALOS/AVNIR-2画像を示す。黄枠内は、標高の高い水田地帯であり、通常幾何学的補正処理では、標高による位置ずれが発生している。一方、標高データを用いた標高歪み補正処理を行った画像では、災害前後の画像が良く一致していることがわかる。この標高歪みによる誤差により土砂災害の抽出面積や抽出位置等に誤差が生じるため標高歪み補正が重要である。

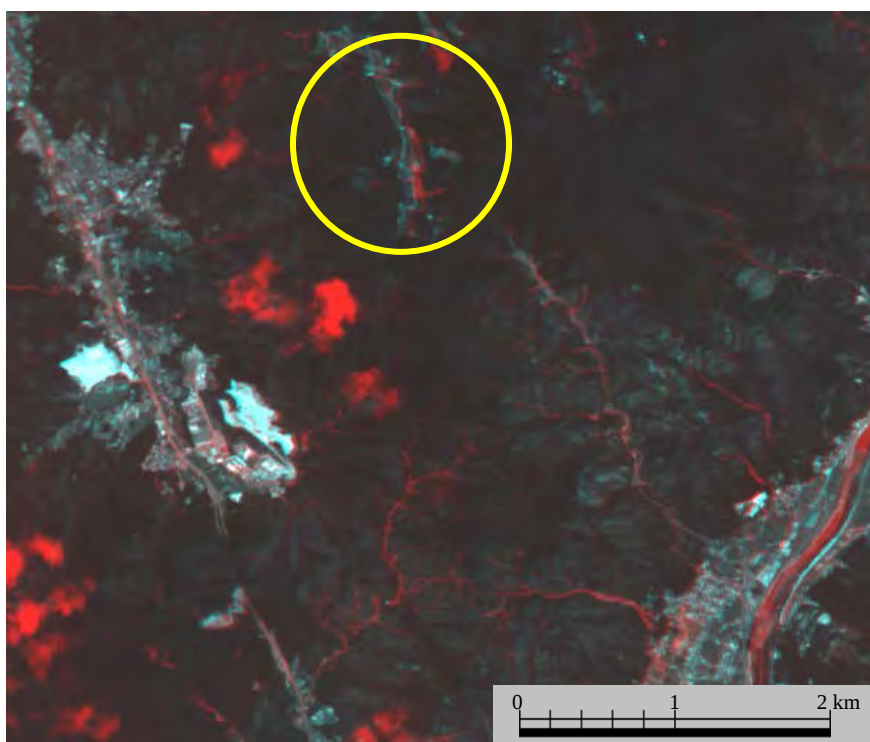


図 1-39 ALOS/AVNIR-2 幾何学的補正処理画像 ©JAXA/HIT
(R:2009 年 7 月 23 日, G&B:2009 年 6 月 14 日)

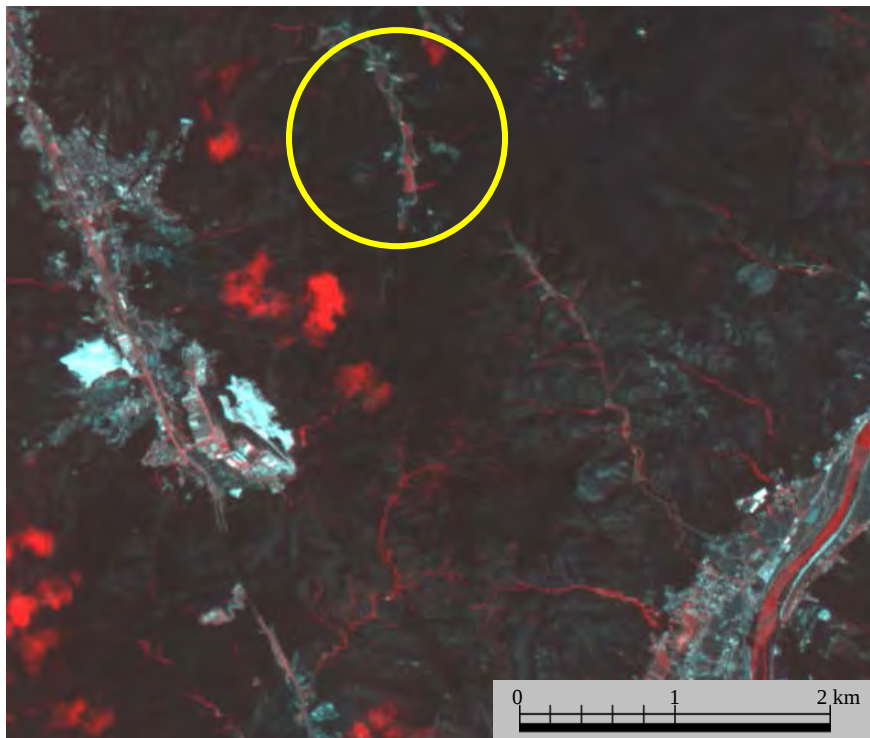


図 1-40 ALOS/AVNIR-2 標高歪み補正処理画像 ©JAXA/HIT
(R:2009 年 7 月 23 日, G&B:2009 年 6 月 14 日)

1.2.2 市街地

市街地における衛星データによる災害情報の抽出では、山間地に比べると標高による幾何学的歪の影響は小さいが、道路や建物等で位置ずれが存在すると災害等に誤検出検出されてしまうため、市街地においても幾何学的な補正処理は重要である。

高分解能光学衛星では高層建築物の影および陰により地表面が判読しにくい場合や観測できない場合がある。例として高分解能光学衛星である EROS-B による広島市佐伯区の画像を図 1-41 示す。また、図 1-41 の黄枠内の拡大画像を図 1-42 に示す。これらの画像は 2009 年 4 月 17 日と 2010 年 7 月 20 日に観測された画像で、それぞれ、数値標高データを用いて標高歪みの補正処理を行った後に画像合成処理を行った。拡大画像を北東から南西に JR 山陽本線が通っておりその北側では、宅地開発が行われており土地被覆状態が森林から裸地に変化したため赤色で表示されている。そのため、土砂災害が発生した場合にも同様の色の変化が現れると考えられる。一方、JR 山陽本線南側にある 2 棟のマンションは標高歪み補正では除去できない建物の歪みのために幾何学的な位置ずれと影が生じている。そのため、災害の検出においてはこのような幾何学的な位置ずれと高層建築物の影および陰に注意が必要である。

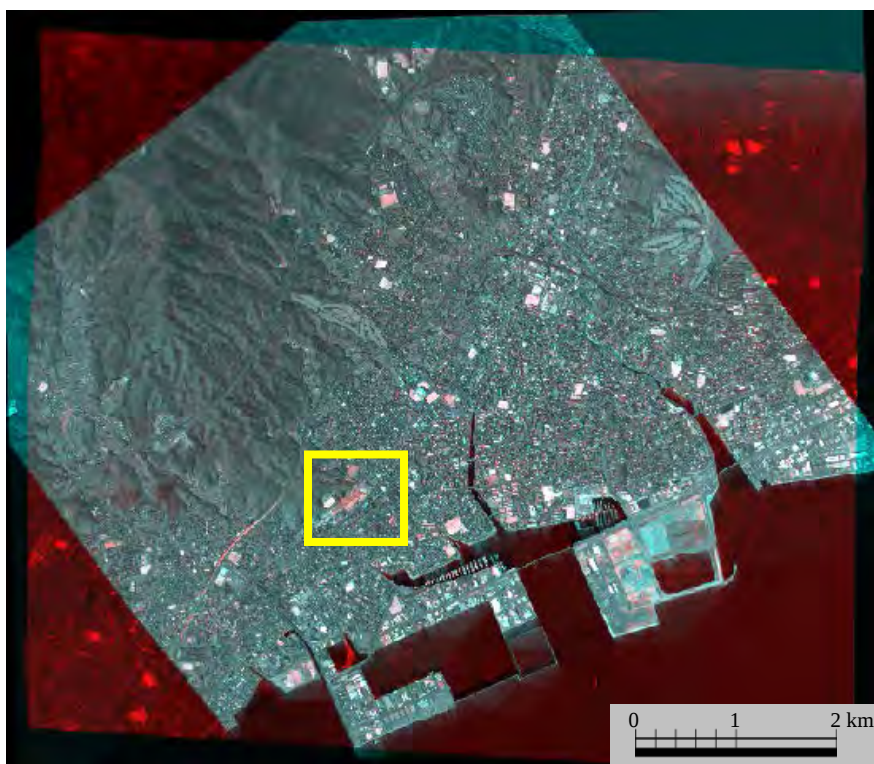


図 1-41 EROS-B 合成画像 (R:2010 年 7 月 20 日, G&B:2009 年 4 月 17 日)

© 2009-2010 ISI/HIT

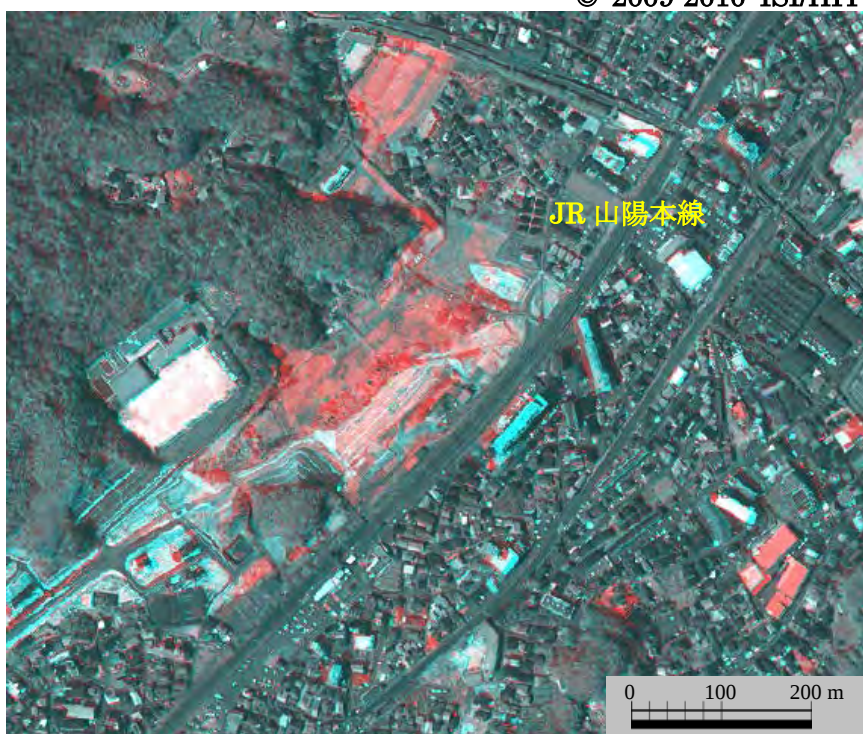


図 1-42 EROS-B 合成拡大画像 (R:2010 年 7 月 20 日, G&B:2009 年 4 月 17 日)

© 2009-2010 ISI/HIT

マルチスペクトルの中分解能衛星では、アスファルトや裸地、水域などの土地被覆の状態が判読できるため土地被覆分類処理や NDVI を用いて災害の抽出ができる。例として 2009 年 7 月の山口県防府市豪雨災害の解析について述べる。図 1-43 に山口県防府市の被災前後の ALOS/AVNIR-2 バンド 3 の合成画像を示す。図 1-44 に同地域の NDVI 合成画像を示す。図中の①は防府市上右田，②は防府市下右田地区であり山に隣接する市街地である。これらの地区では図 1-45 および図 1-46 に示すように，土石流により道路や住宅に土砂が流入した。AVNIR-2 のバンド 3 画像では市街地に赤色として表示されている。さらに，AVNIR-2 の NDVI 画像では土砂の流入した市街地は赤色として表示され，それ以外の市街地は黒く表示されているためバンド 3 の画像よりも判読しやすい。したがって，市街地においても NDVI を用いた災害の解析が有効である。

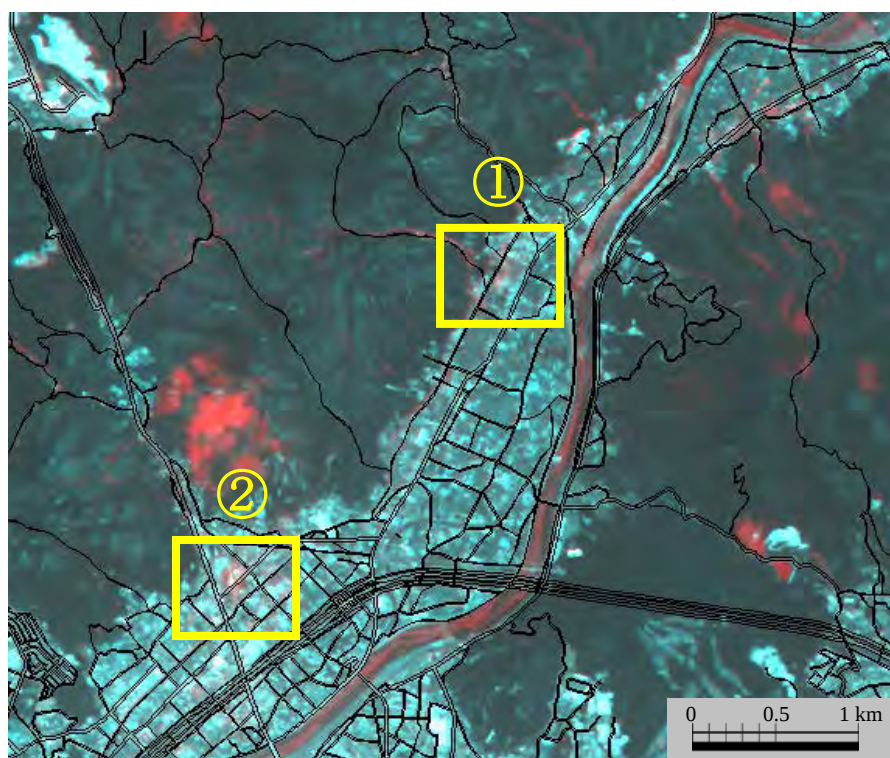


図 1-43 ALOS/AVNIR-2 画像

(R:2009 年 7 月 23 日バンド 3, R&B: 2009 年 6 月 14 日バンド 3) ©JAXA/HIT

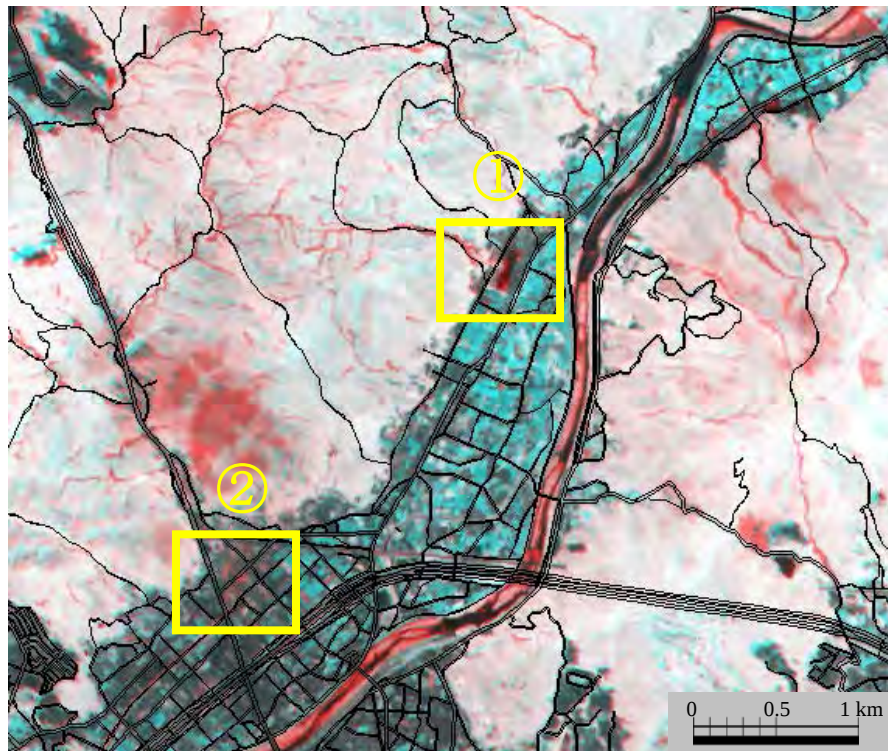


図 1-44 ALOS/AVNIR-2 NDVI 画像

(R: 2009 年 6 月 14 日, R&B: 2009 年 7 月 23 日) ©JAXA/HIT



図 1-45 防府市上右田の現地観測写真（2009 年 7 月 31 日撮影）



図 1-46 防府市下右田の現地観測写真（2009 年 7 月 31 日撮影）

1.3 季節変化等の諸条件を考慮した抽出

1.3.1 積雪の有無，水田の湛水等

季節による衛星データの変化について，広島県広島市佐伯区および廿日市市を例に検討を行った。解析対象項目は，森林（日向，日陰），水田，裸地，水，雪とした。衛星データは，ALOS/AVNIR-2 を用いて，その反射率および NDVI を用いて季節変化の抽出と災害検出における注意点について考察を行った。

表 1-3 に使用したデータの一覧を示す。観測日や観測時刻の違いにより太陽高度および太陽方位（北を 0° として時計回りを正の角度とする。）が異なっている。図 1-47 に解析対象地域の ALOS/AVNIR-2 画像を示す。太陽高度が高い 2007 年 5 月 23 日と 2006 年 9 月 20 日では山間部の影の影響が少ないが，太陽高度が低い 2007 年 2 月 20 日，2007 年 11 月 23 日，2008 年 1 月 8 日，2010 年 12 月 1 日では山間部の影の影響が大きくなっている。

図 1-48 に ALOS/AVNIR-2 画像から計測した森林（日向，日陰），水田，裸地，水，雪の反射率を示す。雪については，2008 年 1 月 8 日のみ積雪があり，他の時期の画像では同じ場所の森林を計測している。森林（日向）では全ての画像で同じような反射率のパターンを示しているが，森林（日陰）では太陽高度が低い 2007 年 2 月 20 日，2007 年 11 月 23 日，2008 年 1 月 8 日，2010 年 12 月 1 日で特にバンド 4 の反射率の低下が顕著である。水田は，水稻の作付け期間中の画像が少ないが，田植え直後の 2007 年 5 月 23 日では各バンドとも反射率が低い。一方，収穫時期の 2006 年 9 月 20 日では特にバンド 4 の反射率が高くなっている。裸地は，時期により反射率の値が異なっているが全ての画像で同様な反射率のパターンを示している。可視域では，森林と比較して反射率が高いため光学衛星による画像合成処理では可視バンドの合成が有効である。水は，全シーンで同様な反射率のパターンを示し特にバンド 4 の反射率が低い。雪は，先に述べたように 2008 年 1 月 8 日のみ積雪があり，反射率は可視域が他の時期よりも高くなっている。これらの反射率のパターンから，雪は裸地と反射率のパターンが近いこと誤判別に注意が必要であるが，裸地は雪に比べてバンド 2 とバンド 3 の反射率が高くなるため識別は可能であると考えられる。田の湛水については，2007 年 5 月 23 日のように田植え直後の画像においてもバンド 4 の反射率が水域よりも高くなっているため，水田の湛水と河川氾濫とを識別することができると考えられる。しかし，田植え前の湛水状態では，水田か水域かを判別することは直接的には困難である。また，2006 年 9 月 20 日のように稲が成長した水田と森林の反射率パターンが似ているが，土砂災害の抽出では森林（または水田）と裸地の識別が重要であり，1.1.1 章の方法で抽出可能であると考えられる。

図 1-49 に ALOS/AVNIR-2 画像から計測した森林（日向，日陰），水田，裸地，水，雪の NDVI 値を示す。森林（日向）では 0.4～0.7 の値を示し NDVI が高い。森林（日陰）では太陽高度の高い太陽高度が高い 2007 年 5 月 23 日と 2006 年 9 月 20 日のシーンでは 0.5 程度であるが，太陽高度が低い 2007 年 2 月 20 日，2007 年 11 月 23 日，2008 年 1 月 8 日，2010 年 12 月 1 日のシーンでは 0.1～0.2 と低い値を示している。水田では，田植え直後の

2007 年 5 月 23 日で 0.17, 収穫前の 2006 年 9 月 20 日で 0.5 を示している。裸地は, NDVI 値が 0.1 と低く季節による変化が小さい。水は, 0 以下の値を示しているが 2007 年 5 月 23 日では濁度の違いから少し高い値を示した。雪は, 積雪のある 2008 年 1 月 8 日のシーンで NDVI が 0.1 と低い値を示し裸地とほぼ同じ値であった。以上のような結果から積雪の有る場合には, 1.1.1 章土砂災害, 1.1.2 章河川氾濫で示した NDVI の抽出方法に加えて可視域のバンド 2 および 3 の情報を併せて利用することが有効である。

表 1-3 使用した衛星データ

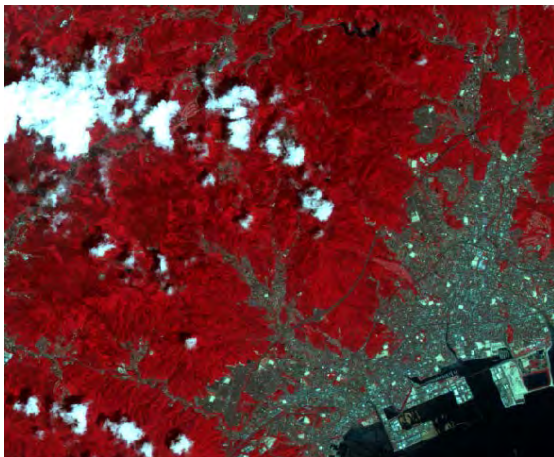
観測日	シーン ID	パス	フレーム	ポインティング角	太陽高度	太陽方位
2006/09/20	ALAV2A034862930	72	2930	-34.3°	51.6°	144.8°
2007/02/20	ALAV2A057182910	81	2910	0.0°	40.5°	153.2°
2007/05/23	ALAV2A070602910	81	2910	0.0°	70.3°	130.0°
2007/11/23	ALAV2A097442910	81	2910	0.0°	34.0°	164.3°
2008/01/08	ALAV2A104152910	81	2910	0.0°	30.7°	159.7°
2010/12/01	ALAV2A258482910	81	2910	0.0°	32.3°	163.8°



2006年9月20日



2007年2月20日



2007年5月23日



2007年11月23日



2008年1月8日



2010年12月1日

0 2 4 km

図 1-47 解析対象地域の ALOS/AVNIR-2 画像 (R:バンド4, G:バンド3, B:バンド2)

©JAXA/HIT

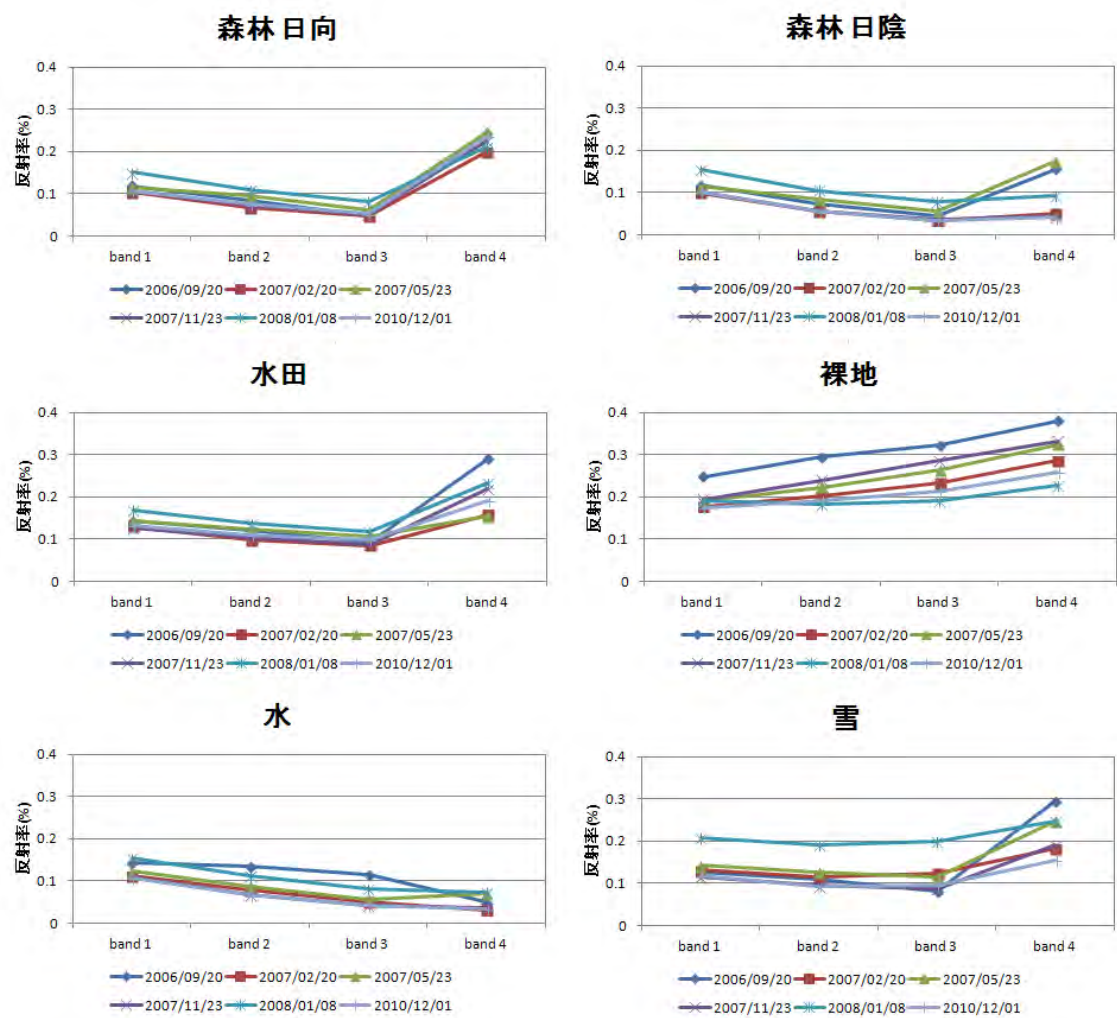


図 1-48 ALOS/AVNIR-2 画像から計測した反射率

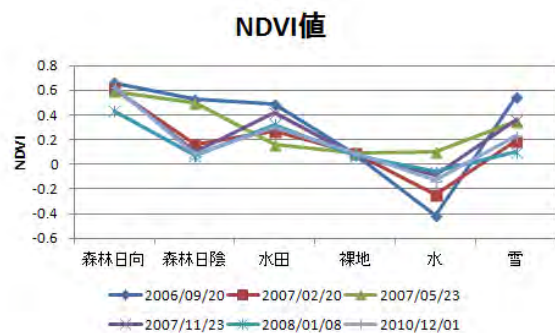


図 1-49 ALOS/AVNIR-2 画像から計測した NDVI 値

1.4 各衛星センサのスペック等に応じた抽出

現在運用中の地球観測衛星の中からマルチスペクトル光学衛星 FORMOSAT-2, 高分解能パンクロマチック光学衛星 EROS-B, 高分解能レーダー衛星 COSMO-SkyMed を用いて災害検出の解析を行った。

1.4.1 FORMOSAT-2

FORMOSAT-2 は、台湾国家宇宙機構（NSPO）が打ち上げた地球観測衛星でパンクロマチックとマルチスペクトルセンサを搭載した光学衛星である。FORMOSAT-2 は、特殊な軌道を周回しており特定地域を毎日 1 回観測することが可能である。山陽地方はこの観測範囲に入っており災害時にはリクエストを行うことで短期間での観測が可能である。表 1-4 に FORMOSAT-2 の主要諸元を示す。

表 1-4 FORMOSAT-2 の主要諸元

打ち上げ日	2004 年 5 月 20 日
衛星高度	888km
最訪日数	1 日
分解能	パンクロ：2m, マルチ：8m
スペクトルバンド	Pan: 0.45 – 0.90 μm B1 : 0.45 – 0.52 μm (Blue) B2 : 0.52 – 0.60 μm (Green) B3 : 0.63 – 0.69 μm (Red) B4 : 0.76 – 0.90 μm (Near-infrared)
観測幅	24 km

ここでは、2012 年 7 月 11 日から 14 日にかけて九州北部を中心に発生した豪雨災害の事例について述べる。センチネルアジアでは、九州北部豪雨に対して緊急観測を行い JAXA からは図 1-50 に示す被災前の ALOS パンシャープン画像、NSPO からは FORMOSAT-2 の衛星画像が GeoTIFF 形式で提供された。FORMOSAT-2 画像は、パンクロマチック画像とマルチスペクトル画像が提供されたため、図 1-51 に示すようなパンシャープン画像を作成した。次に、ALOS 画像を基準として GCP14 点を取得し、FORMOSAT-2 画像の幾何学的補正処理（一次アフィン変換）を行った。標定残差は RMSE3.7 ピクセルであった。なお、DEM による補正も標定残差は同程度であった。図 1-52 と図 1-53, 図 1-54 と図 1-55 に、それぞれ、ALOS と FORMOSAT-2 の同じ領域の拡大画像を示す。被災前後の画像を比較すると豪雨による河川の増水と氾濫により一部市街地が茶色くなっている。FORMOSAT-2 画像は、パンシャープン処理を行うと高分解能のカラー画像として利用できるため、今回のような河川氾濫および土砂災害を判読することができる。



図 1-50 ALOS パンシャープン画像（災害前）©JAXA/HIT



図 1-51 FORMOSAT-2 パンシャープン画像(災害後:2012年7月17日観測)© NSPO/HIT



図 1-52 ALOS パンシャープン画像（災害前） ©JAXA/HIT



図 1-53 FORMOSAT-2 パンシャープン画像（災害後：2012 年 7 月 17 日観測）
（黄色枠：河川氾濫） ©NSPO/HIT



図 1-54 ALOS パンシャープン画像（災害前） ©JAXA/HIT



図 1-55 FORMOSAT-2 パンシャープン画像（災害後：2012 年 7 月 17 日観測）
（黄色枠：河川氾濫） ©NSPO/HIT

1.4.2 EROS-B

EROS-B は、イスラエルの ImageSat International 社が運用している商用衛星である。搭載センサはパングロマチックのみで白黒画像となるが地上分解能が 0.7m と高い。観測範囲は、Basic scene モードで 7×7km である。高分解能画像が得られるため土砂災害や河川氾濫等を精密に判読することができる。そのため災害後の EROS-B 画像のみでも被災状況を判読することが可能である。一方で、高分解能のために建物等の陰により観測できない領域や影により観測しにくい領域が発生するため画像判読に注意を要する。

図 1-56 に徳島県三好市西祖谷山村善徳地区の EROS-B 画像を示す。図 1-57 に標高歪み補正処理を行った画像を示す。また、図 1-58 に図 1-57 の黄色枠内を拡大した画像を示す。図 1-59 には、図 1-58 と同じ範囲の ALOS/PRISM 画像を示す。この地域は、全国でも有数の破砕帯地すべり地帯であり、過去にも幾度となく土砂災害を引き起こしている⁵⁴。EROS-B 画像と PRISM 画像を比べると分解能が高い EROS-B 画像が鮮明に判読できる。画像下部の農地では EROS-B 画像では積雪が確認できる。また、森林では樹木の樹冠まで確認することができるため、土砂災害を観測すれば災害後画像のみで被災地域を判読することが可能と考えられる。

表 1-5 EROS-B の主要諸元

打ち上げ日	2006 年 4 月 25 日
衛星高度	510km
最訪日数	2-3 日
分解能	パングロ : 0.7m
スペクトルバンド	Pan: 0.50 – 0.90 μm
観測幅	7 km

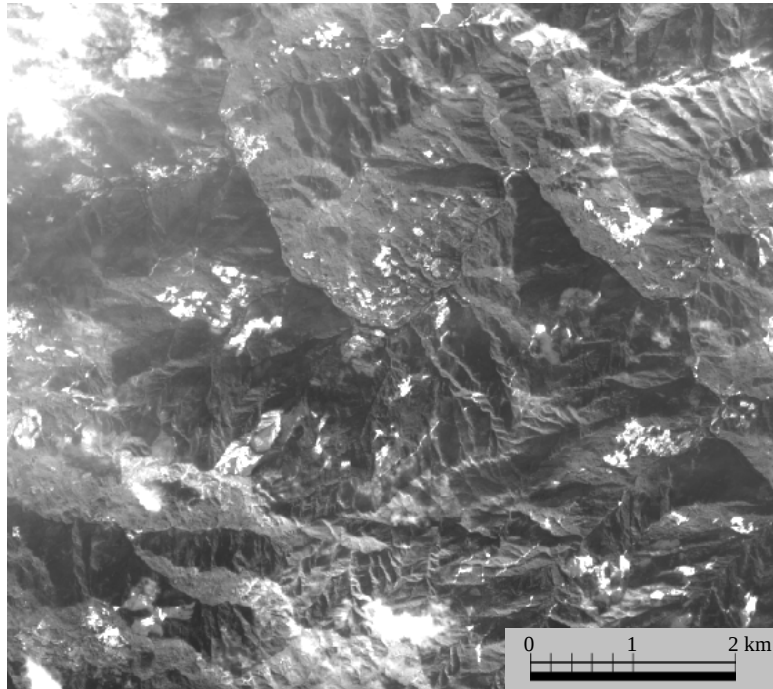


図 1-56 EROS-B 画像 (2013 年 1 月 1 日観測) © 2013 ISI/HIT

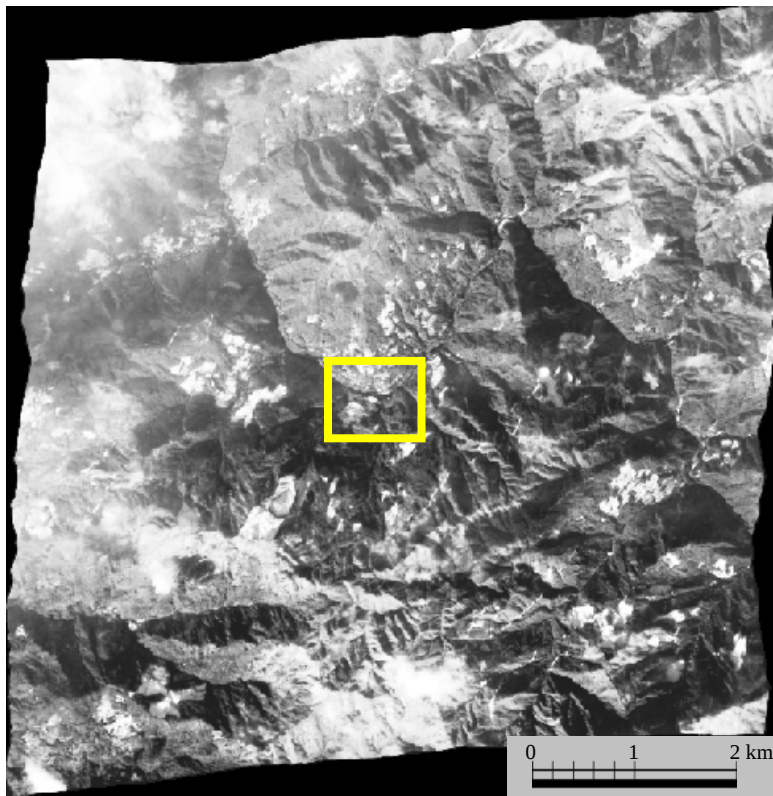


図 1-57 EROS-B オルソ画像 (2013 年 1 月 1 日観測) © 2013 ISI/HIT

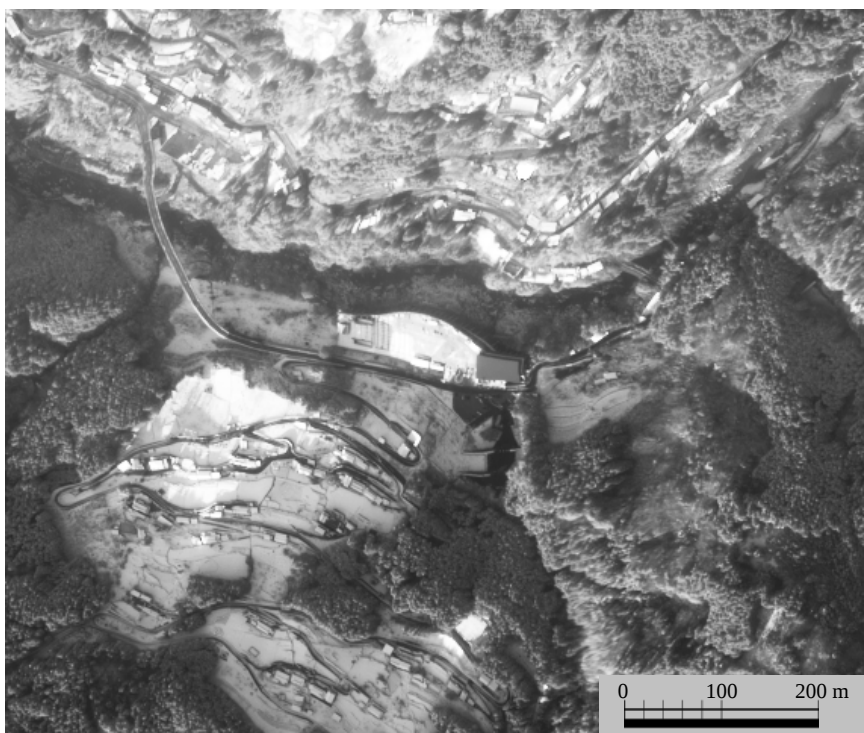


図 1-58 EROS-B 拡大画像（2013 年 1 月 1 日観測）© 2013 ISI/HIT

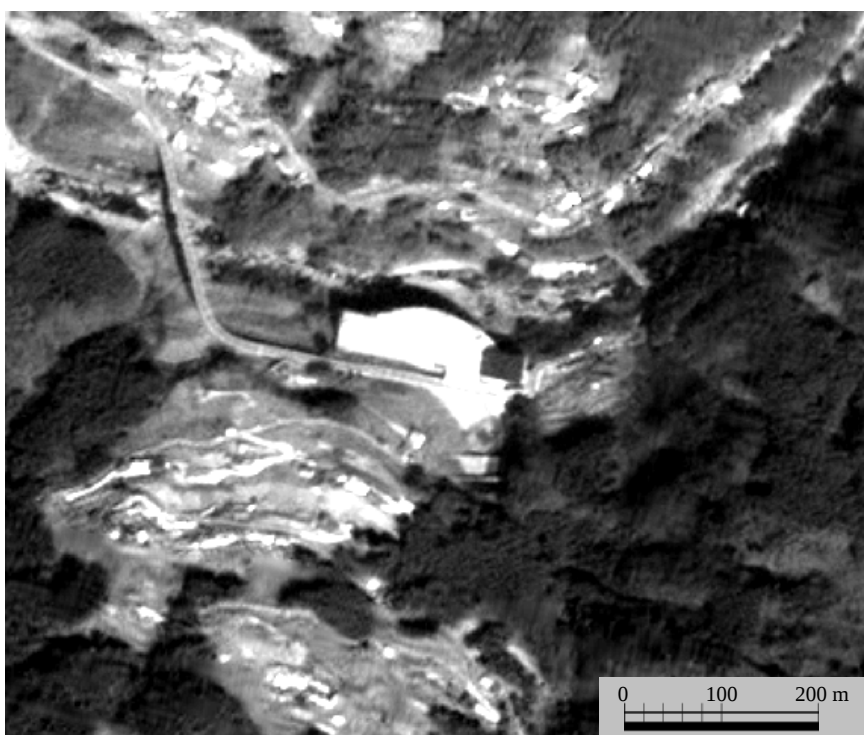


図 1-59 ALOS/PRISM 拡大画像（2009 年 4 月 7 日観測）© JAXA/HIT

1.4.3 COSMO-SkyMed

COSMO-SkyMed は、イタリア宇宙機関(Agenzia Spaziale Italiana: ASI)が打ち上げた地球観測衛星であり、現在は 4 基体勢で運用されている。合成開口レーダー (SAR) を搭載し、天候によらず対象地域の観測は 1 日に数回可能である。観測モードは、SPOTLIGHT, STRIPMAP, SCANSAR の 3 種類である。SPOTLIGHT モードでは分解能 1m で観測範囲は 10×10km, STRIPMAP モードでは分解能 3m で観測範囲は 40×40km, SCANSAR モードでは分解能 16m または 30m で観測範囲は 100×100km または 200×200km である。日本での災害解析には、SPOTLIGHT モードまたは STRIPMAP モードが適しており、分解能と観測範囲を考慮して観測モードを選択する必要がある。

COSMO-SkyMed による解析事例として、2011 年 9 月に紀伊半島で発生した土砂災害の事例について述べる。図 1-60 に災害前後の COSMO-SkyMed 画像と EROS-B から抽出した土砂崩壊地を黄線で示す。また、図 1-61 に COSMO-SkyMed から抽出した土砂崩壊地を赤色で示す。土砂災害の抽出には、1.1.1 節の「B-3. SAR 衛星画像による相関係数による土砂災害の抽出」を用いた。小規模な土砂災害を検出することは困難な場合が多いが、分解能 5 m (STRIPMAP モード) の COSMO-SkyMed 衛星データでは本事例のように土砂災害を抽出することができた^{[6][7]}。

表 1-6 COSMO-SkyMed の主要諸元

打ち上げ日	2007 年 6 月 8 日 (1 号機) 2007 年 12 月 9 日 (2 号機) 2008 年 10 月 25 日 (3 号機) 2010 年 11 月 09 日 (4 号機)
衛星高度	620km
最訪日数	1 日
分解能	SPOTLIGHT : 1m STRIPMAP : 3m (5m) SCANSAR : 16m(30m), 30m(100m)
周波数	X バンド (9.65GHz)
観測幅	SPOTLIGHT : 10km STRIPMAP : 40km SCANSAR : 100km, 200km

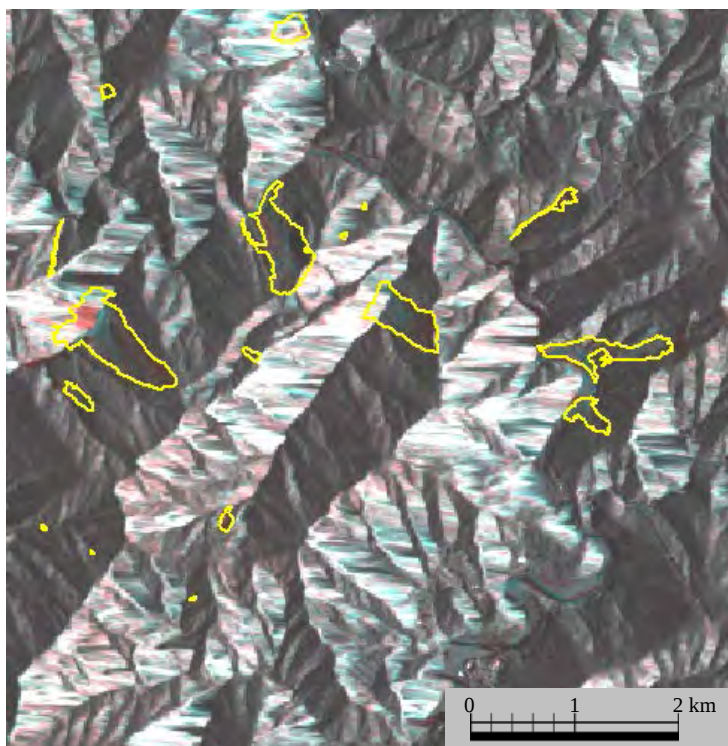


図 1-60 COSMO-SkyMed 画像 (R:2010 年 7 月 29 日, G & B:2011 年 9 月 11 日)
(黄色枠 : EROS-B から検出した土砂崩壊地) ©ASI/HIT

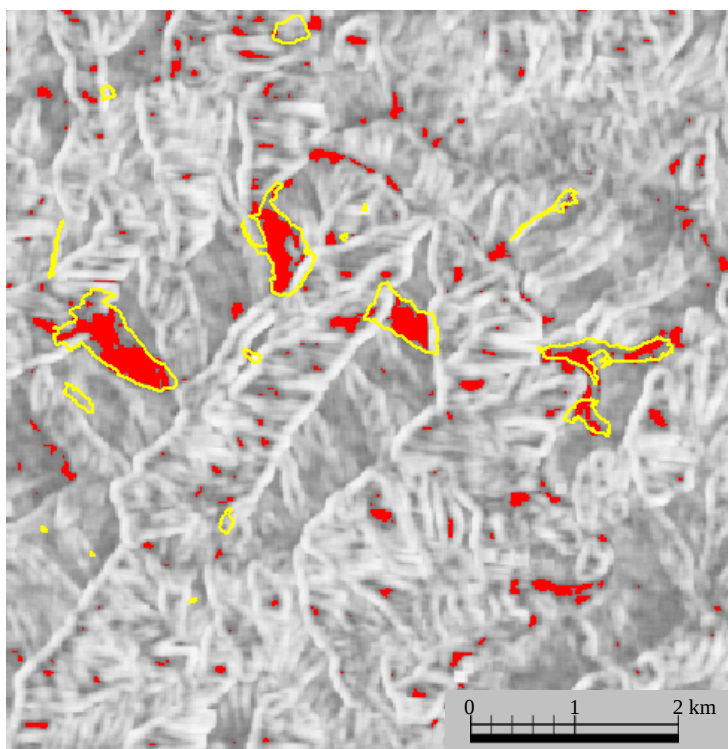


図 1-61 COSMO-SkyMed による土砂崩壊地抽出画像
(黄色枠 : EROS-B, 赤色部 : COSMO-SkyMed から検出した土砂崩壊地) ©ASI/HIT

1.5 アーカイブの有無や入射角の違い等の観測条件等を考慮した抽出

1.5.1 アーカイブのない場合の抽出手法

アーカイブの無い場合の災害抽出では、災害後の衛星画像のみから被災地の抽出を行う必要がある。土砂災害では、対象としている災害により土砂が流出したのか、以前から土砂が堆積していたのか、河川氾濫では対象としている災害により湛水したのか、もともと湛水域なのか、という判断が難しい。抽出手法としては、災害後の衛星画像から被災地の可能性の高い領域を抽出した後、基盤地図情報や数値標高データ、空中写真などの情報を基に最終的に被災地の抽出を行う。

土砂災害の抽出では、1.1.1 土砂災害の山口県防府市の解析事例について検討を行った。災害後の2010年9月17日観測のALOS/AVNIR-2画像（図 1-62）を使用し画像分類処理を行った。災害後の分類処理画像のみでは、土砂災害により流出した土砂とグラウンドや造成地等の裸地を識別することは困難である。そこで、基盤地図情報数値標高モデル10mメッシュを使用し傾斜角画像を作成した。ここでは、傾斜角 5° 以上の領域を土砂災害として抽出した。図 1-63 に土砂災害を黄色で表示したALOS/AVNIR-2画像を示す。画像下部の市街地に誤抽出されていた土砂災害領域が数値標高モデルを利用することで取り除かれていることがわかる。一方、画像の白色丸枠内は造成地であるが、数値標高データにはこの地形の修正がまだ行われておらず、数値標高モデルを利用する方法においても土砂災害として誤抽出されている。以上のような注意点もあるが被災後の衛星画像から土砂災害を抽出することができる。



図 1-62 ALOS/AVNIR-2 画像 (2010 年 9 月 17 日観測) ©JAXA/HIT

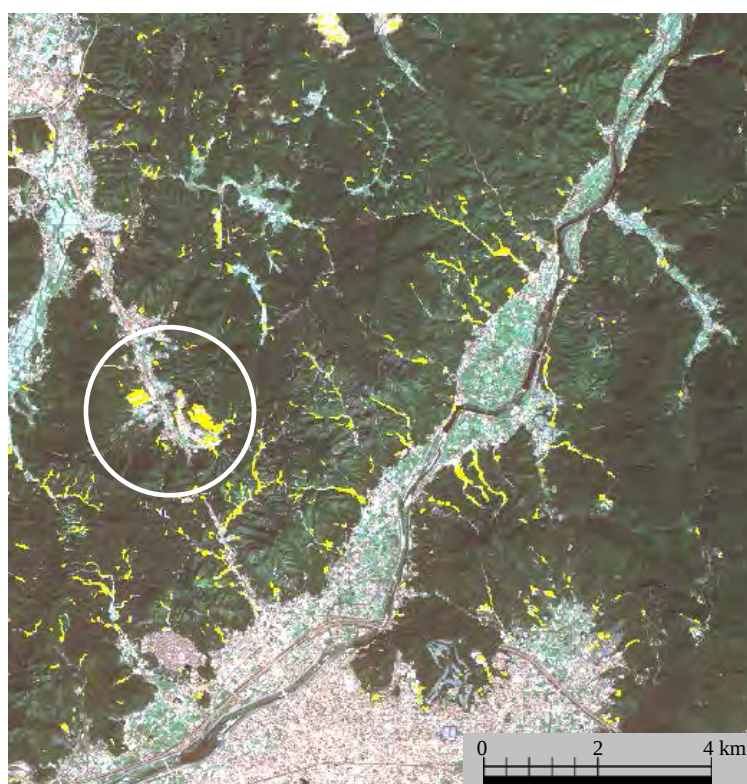


図 1-63 ALOS/AVNIR-2 土砂災害抽出画像 (2010 年 9 月 17 日観測)
(黄色部：土砂災害崩壊地，白色枠：造成地) ©JAXA/HIT

次に、河川氾濫の抽出では、1.1.2 河川氾濫の宮城県北上川周辺の解析事例について検討を行った。光学衛星による抽出では、災害後の2011年3月19日観測のALOS/AVNIR-2画像からNDVIを算出し、その画像に閾値を設定し水域の抽出を行った。閾値は、NDVI値が0.1以下として水域を抽出した。図1-64に2011年3月19日観測のALOS/AVNIR-2画像と水域を水色、基盤地図情報25000の水涯線を黄色で表示した画像を示す。この画像では、河川も水色で表示されているが水涯線を表示することで河川と河川氾濫域を判読することが可能である。SAR衛星による抽出では、災害後の2011年3月15日観測のALOS/PALSAR画像に3×3のミーンフィルタ処理を行い、その画像に閾値を設定し水域の抽出を行った。図1-65に2011年3月15日観測のALOS/PALSAR画像と水域を水色、基盤地図情報25000の水涯線を黄色で表示した画像を示す。SAR画像は水域では陸域よりも低い値を示すため災害後の画像のみからでも水域を抽出することができる。

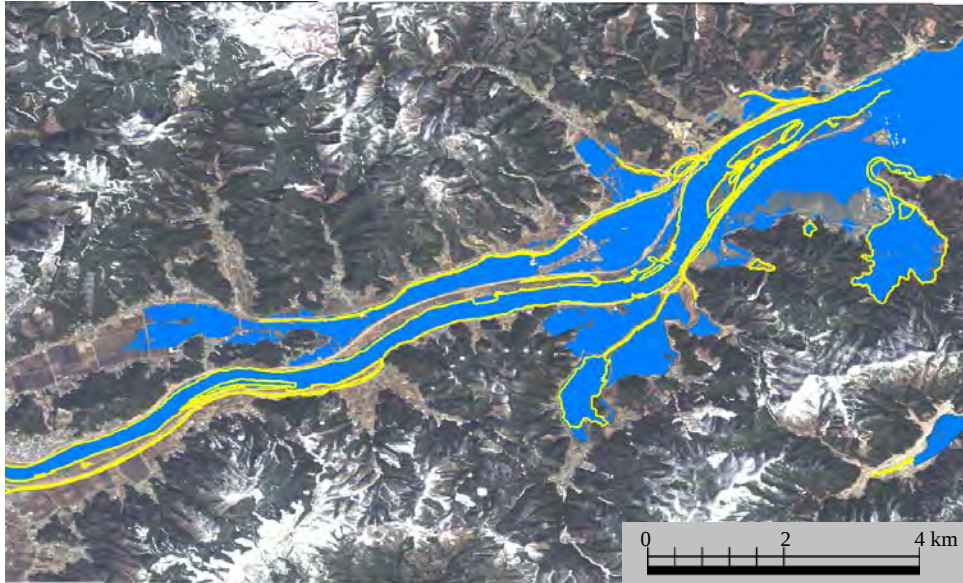


図 1-64 ALOS/AVNIR-2 画像（2011 年 3 月 19 日観測）（水色部：水域，黄色線：水涯線）

© JAXA/HIT

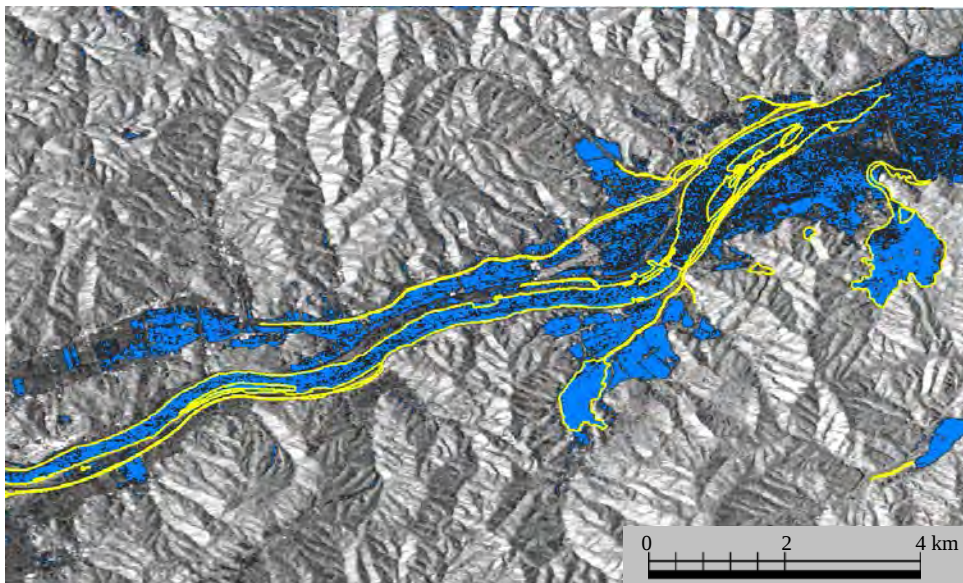


図 1-65 ALOS/PALSAR 画像（2011 年 3 月 15 日観測）（水色部：水域，黄色線：水涯線）

© JAXA/HIT

1.5.2 観測条件が異なる場合の抽出手法

光学衛星画像の観測条件が異なる場合として、広島県廿日市市吉和と徳島県三好市西祖谷山村をステレオ観測した EROS-B 衛星画像を事例として述べる。表 1-7 に EROS-B 画像の観測条件を示す。どちらのステレオ観測も同程度のポインティング角で、観測日時も近いので太陽高度および太陽方位も近い角度であった。広島県廿日市市吉和は、2013 年 1 月 11 日に観測された画像である。図 1-66 と図 1-67 に広島県廿日市市吉和を観測した EROS-B ステレオ画像を示す。これらの画像の黄枠内を拡大した画像を図 1-68 と図 1-69 に示す。また、図 1-70 には同じ範囲の ALOS/PRISM 画像を示す。画像中央は、レジャー施設のもみのき森林公園である。図 1-71 にもみのき森林公園のスキー場から撮影した地上写真、図 1-72 に 3D レーザースキャナーにより地上観測を行った 3 次元画像を示す。EROS-B 画像では、広場や駐車場などが積雪により白くなっている。その間に黒っぽい樹木が写っているが、太陽方位が約 202° （南南西）であるため樹木の影が北北東に伸びている。また、ステレオ観測であるため MBT1-e2372481 と MBT1-e2372482 では衛星の観測方位が 336.91° と 229.05° で大きく異なるため樹木や建物、山地の倒れこみ方向が異なる。この視差を利用した標高データの抽出やオルソ画像の作成が精密な変化検出や災害の抽出に必要である。徳島県三好市西祖谷山村は、2013 年 1 月 1 日に観測された画像である。図 1-73 と図 1-74 は徳島県三好市西祖谷山村を観測した EROS-B ステレオ画像である。これらの画像の黄枠内を拡大した画像を図 1-75 と図 1-76 に示す。また、図 1-77 には同じ範囲の ALOS/PRISM 画像を示す。拡大画像は、大規模な地すべり地帯である。標高は画像中央で約 450m、南側で約 350m、北側で約 550m であり、急傾斜となっている。そのためポインティング観測による標高歪みが広島県廿日市市吉和の画像に比べて大きくなっている。これらの画像のようにステレオ観測である場合にはステレオマッチングを行いオルソ画像の作成を行い、単画像の場合には数値標高データを用いて単画像オルソ画像の作成を行う必要がある。

表 1-7 EROS-B 画像の観測条件

観測場所	広島県廿日市市吉和		徳島県三好市西祖谷山村	
シーン ID	MBT1-e2372481	MBT1-e2372482	MBT1-e2370964	MBT1-e2370965
観測日	2013/1/11	2013/1/11	2013/1/1	2013/1/1
観測時刻(UTC)	5:02:00	5:02:52	4:41:29	4:42:13
ポインティング角	24.4°	24.3°	24.2°	23.9°
観測方位	336.91°	229.05°	57.95°	143.42°
太陽高度	28.83°	28.75°	29.12°	29.06°
太陽方位	202.67°	202.40°	201.96°	201.72°

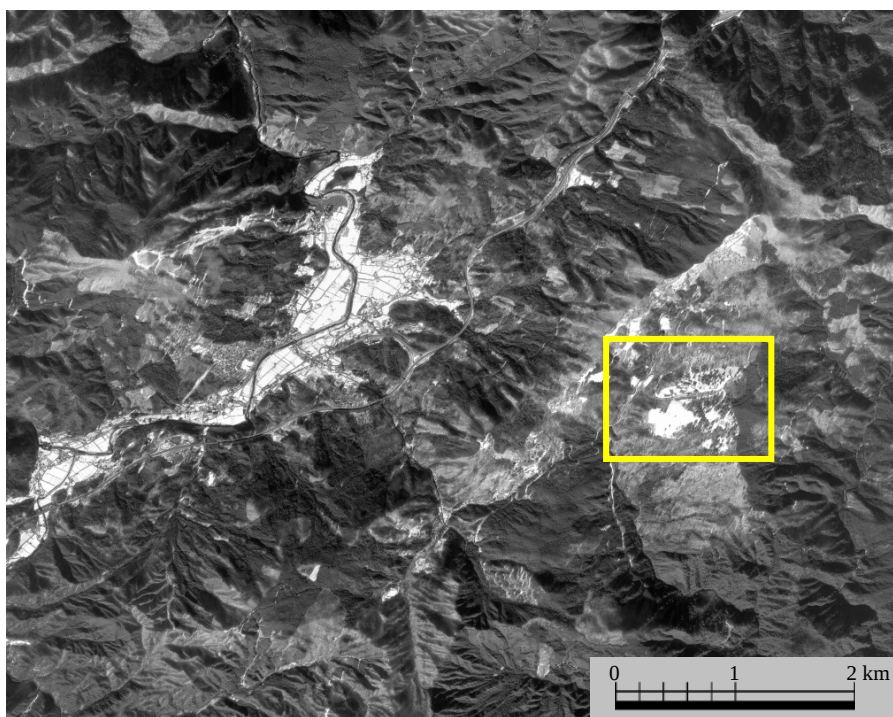


図 1-66 EROS-B 画像（2013 年 1 月 11 日観測：MBT1-e2372481，広島県廿日市市吉和）

© 2013 ISI/HIT

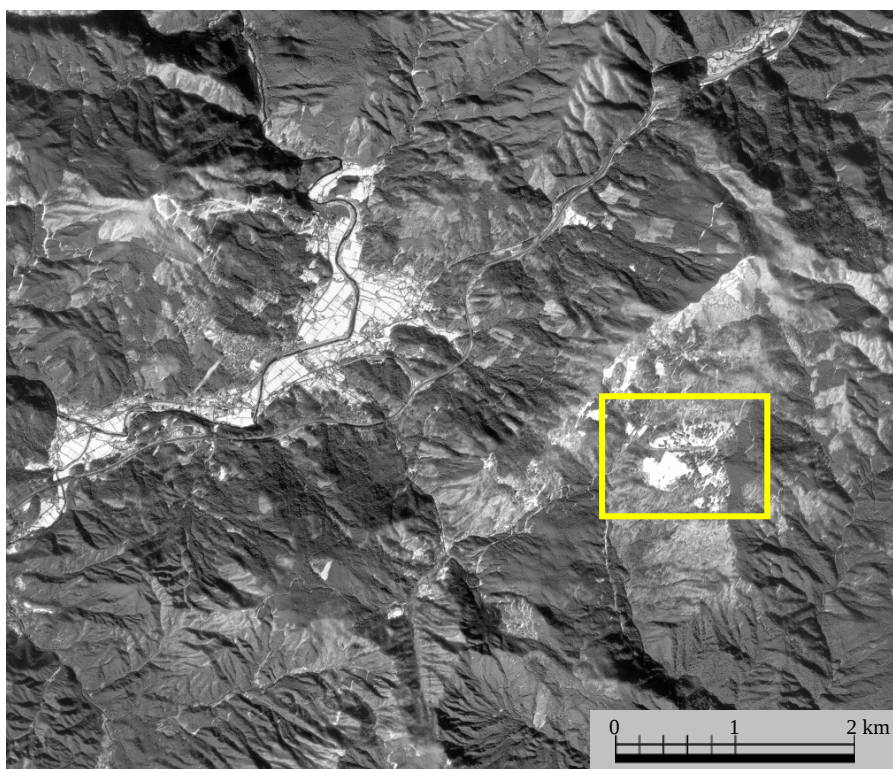


図 1-67 EROS-B 画像（2013 年 1 月 11 日観測：MBT1-e2372482，広島県廿日市市吉和）

© 2013 ISI/HIT

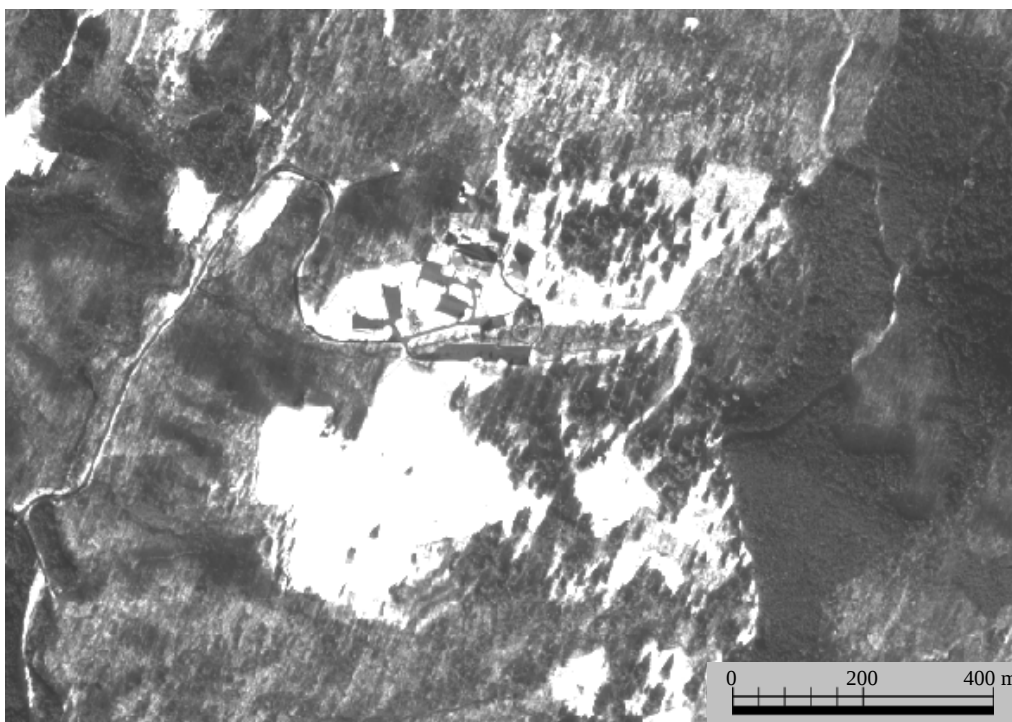


図 1-68 EROS-B 拡大画像 (2013 年 1 月 11 日観測 : MBT1-e2372481)
(広島県廿日市市吉和) © 2013 ISI/HIT

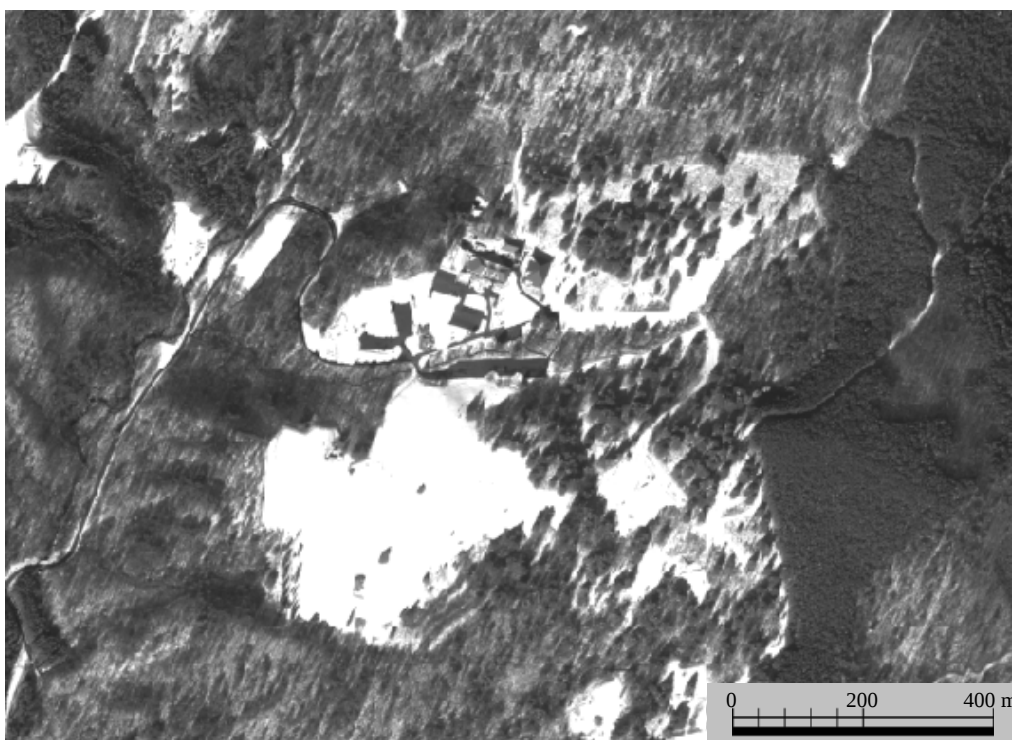


図 1-69 EROS-B 拡大画像 (2013 年 1 月 11 日観測 : MBT1-e2372481)
(広島県廿日市市吉和) © 2013 ISI/HIT



図 1-70 ALOS/PRISM 画像（2010 年 12 月 1 日観測，広島県廿日市市吉和）© JAXA/HIT



図 1-71 もみのき森林公園の地上写真（2012 年 12 月 4 日撮影）

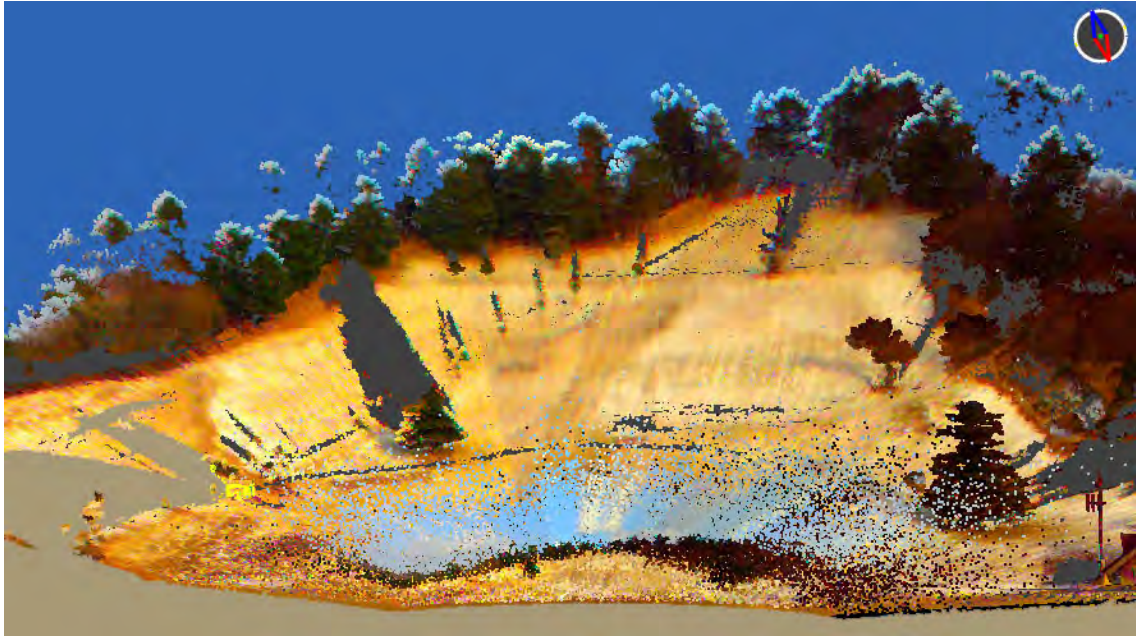


図 1-72 地上型 3D レーザースキャナーデータ
(もみのき森林公園, 2012 年 12 月 4 日観測)

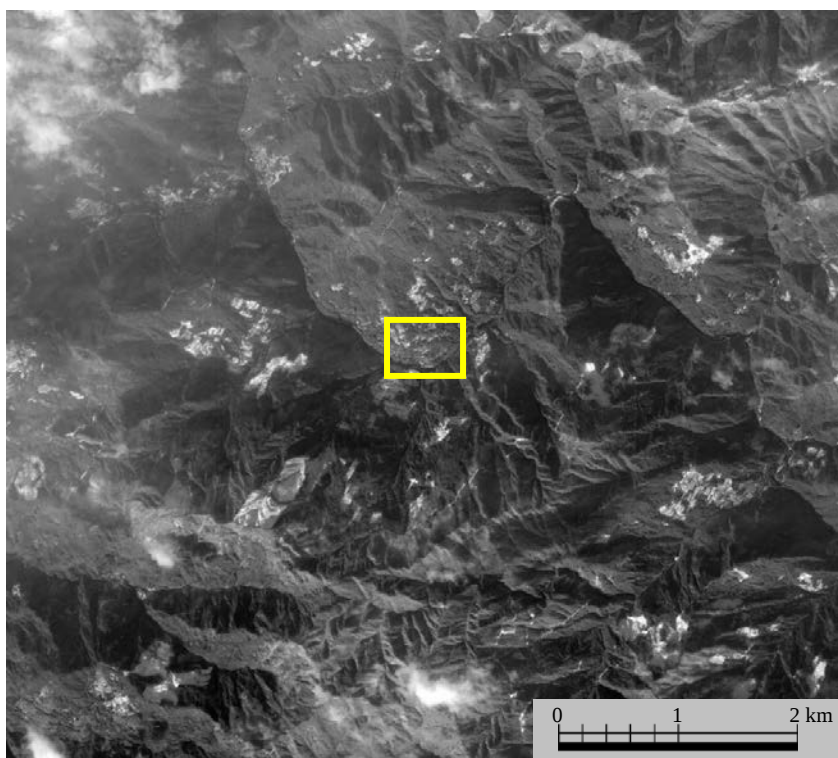


図 1-73 EROS-B 画像 (2013 年 1 月 1 日観測 : MBT1-E2370964)
(徳島県三好市西祖谷山村) © 2013 ISI/HIT

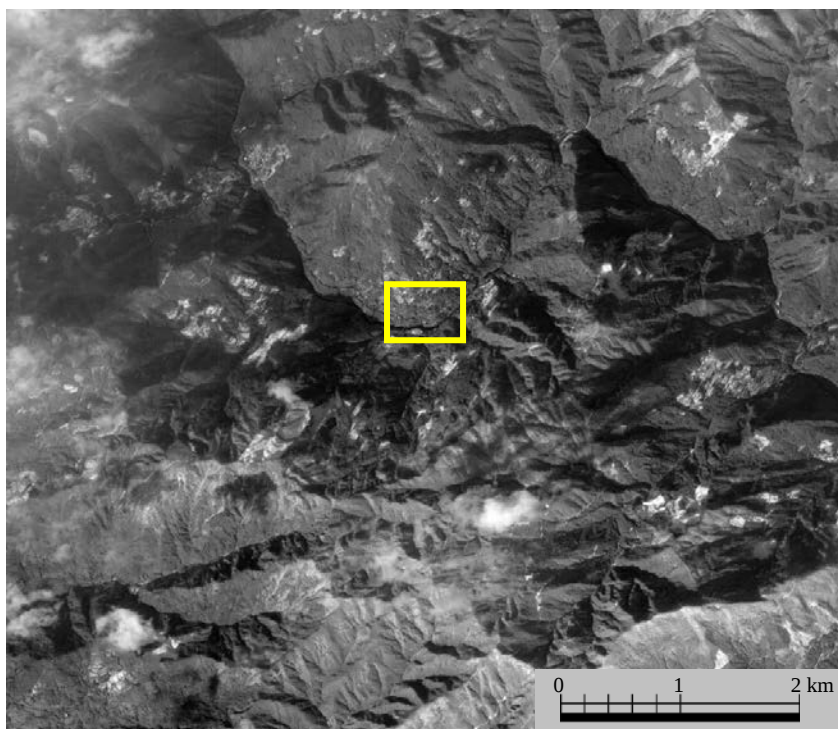


図 1-74 EROS-B 画像 (2013 年 1 月 1 日観測, MBT1-E2370965)
(徳島県三好市西祖谷山村) © 2013 ISI/HIT

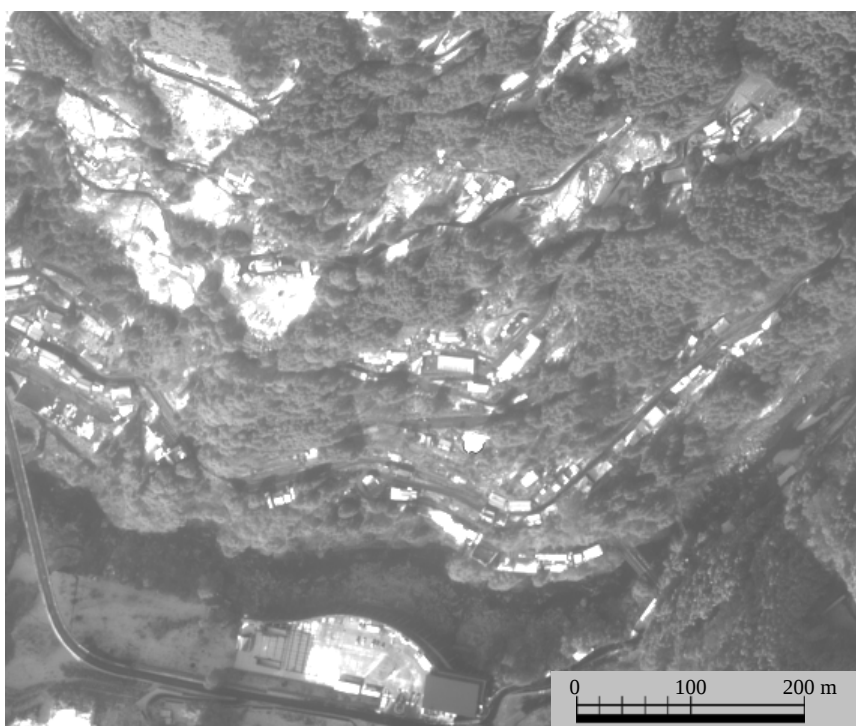


図 1-75 EROS-B 拡大画像 (2013 年 1 月 1 日観測 : MBT1-E2370964)
(徳島県三好市西祖谷山村) © 2013 ISI/HIT

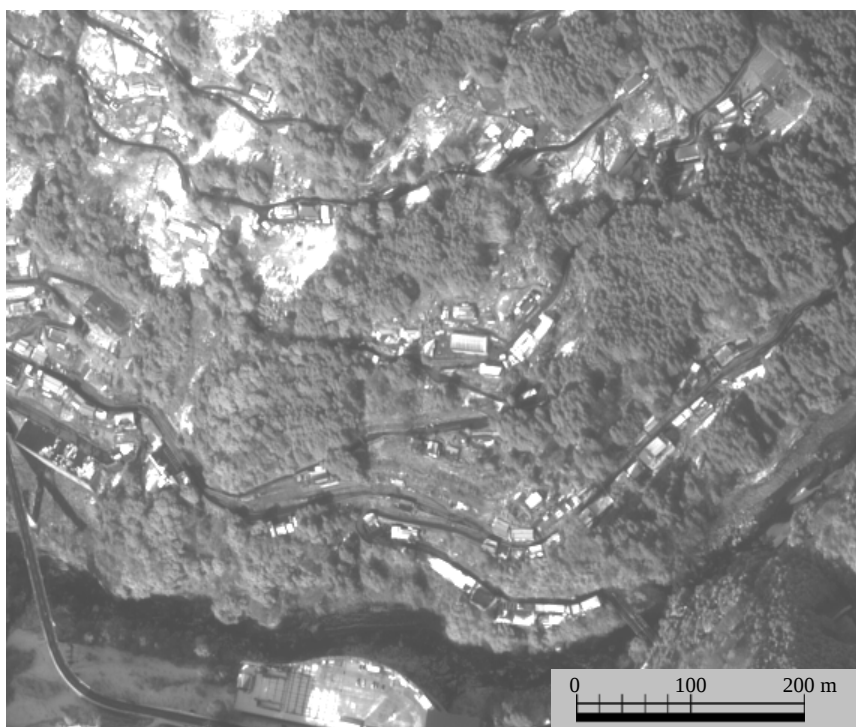


図 1-76 EROS-B 画像 (2013 年 1 月 1 日観測 : MBT1-E2370964)
(徳島県三好市西祖谷山村) © 2013 ISI/HIT

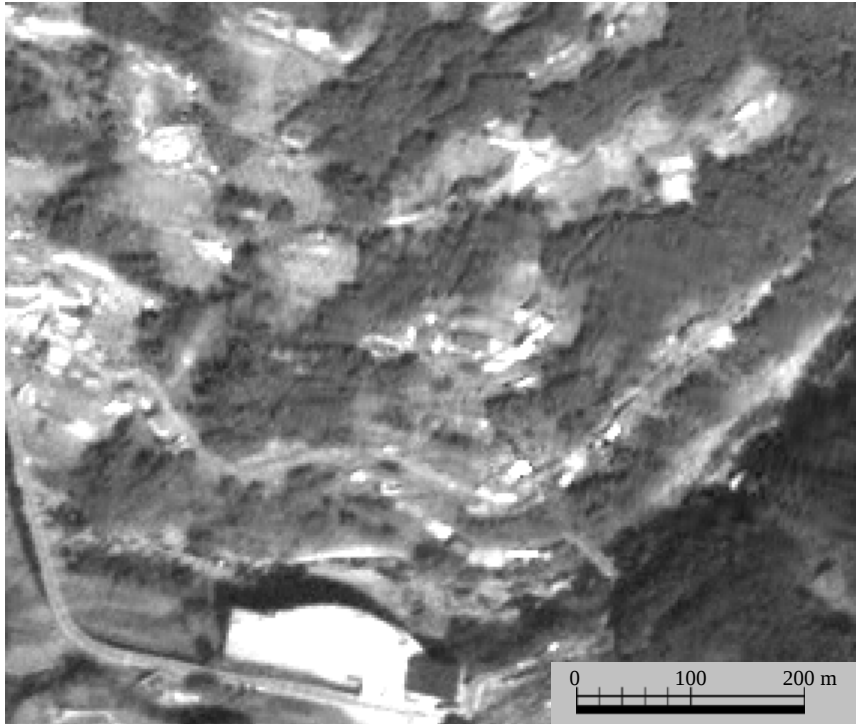


図 1-77 ALOS/PRISM 画像（2009 年 4 月 7 日観測）
（徳島県三好市西祖谷山村） © JAXA/HIT

SAR 画像の観測条件が異なる場合においては、1.4.3 節で解析した COSMO-SkyMed のように高分解能 SAR 画像による土砂災害崩壊地の抽出が可能と考えられる。しかしながら、地形条件によっては SAR 特有のフォアショートニングやレイオーバー、シャドーイングが発生し、土砂災害崩壊地抽出の妨げとなる。実際に上記の解析では、フォアショートニングにより土砂災害崩壊地が抽出できない場所もあった。そのため、アセンディングやディセンディング軌道、衛星の右側や左側方向の観測による異なる方向からの災害解析が重要であると考えられる。ALOS/PALSAR では、衛星進行方向の右斜め下方向のみの観測であったが、後継機の ALOS-2 では、左右両方向の観測が可能であり、観測機会の増加と異なる方向からの画像を利用することで土砂崩壊地の抽出精度向上が期待できる。

第2章 災害対応活動に適した形式への変換

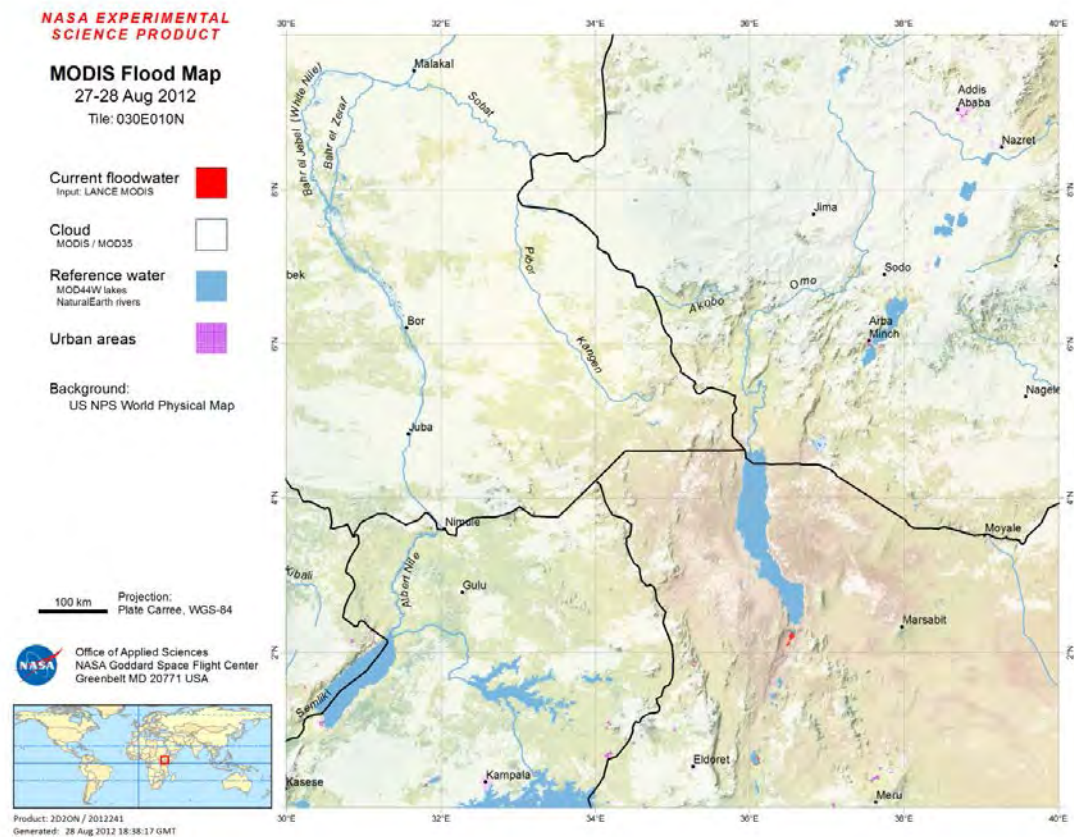
2.1 防災関連機関が有効活用しやすい情報への加工手法

2.1.1 解析・判読結果の表示

災害解析・判読結果を利用者が活用しやすい情報として提供するため、その表現手法について検討を行った。衛星運用・提供機関等のウェブサイト等に公開されている主題図の表現手法について調査を行った。ここでは、JAXA、NASA、ESA、DLR について調査を行い、表 2-1 のようにまとめた。また、図 2-1～図 2-4 に各機関の表示例を示す。

表 2-1 各機関における衛星画像解析結果の表現手法

機関	災害の種類	衛星データ カラー合成	画像解析の内容	属性情報	凡例
JAXA	河川氾濫	トゥルー カラー	災害前後の画像を表示 黄ライン	地名、方位、縮尺、距離、 凡例、経緯度、広域地図、 提供元、機関	境界線、道路、電車、河川、空港、 公共機関、氾濫地域
	津波	フォールス カラー	災害後の画像を表示 緑、黄、青、紫ライン	地名、方位、距離、凡例 経緯度、広域地図、提供元、 機関	境界線、道路、電車、河川、湖、空港、 港、公共機関、仮設住宅、瓦礫、 破壊された鉄道橋、破壊された防波 堤、破壊された橋
	土砂災害	トゥルー カラー	災害後の画像を表示 赤ライン	地名、方位、縮尺、距離、 凡例、経緯度、広域地図、 説明、提供元、機関	土砂災害該当地域
NASA	河川氾濫	トゥルー カラー	災害後の画像を表示 赤ポリゴン	距離、凡例、経緯度、広域 地図、機関	洪水範囲、雲、河川等、都市
	津波	フォールス カラー	災害前後の画像を表示 青ポリゴン	地名、方位、縮尺、距離、 凡例、経緯度、広域地図、 説明、提供元、機関	氾濫地域
ESA	河川氾濫	フォールス カラー	災害後の画像を表示 青ポリゴン	地名、方位、距離、凡例 広域地図、説明、提供元、 機関	洪水地域
DLR	河川氾濫	トゥルー カラー	災害後の画像を表示 青ポリゴン	地名、方位、縮尺、距離、 凡例、経緯度、広域地図、 説明、提供元、機関	沈下、農業地、川床、洪水前の地域、 洪水後の地域、影響が出る地域
	津波	トゥルー カラー	災害前後の画像を表示 青ライン	地名、方位、縮尺、距離、 凡例、経緯度、広域地図、 説明、提供元、機関	農耕、沈下、雲、町名、氾濫範囲



URL :

<http://www.gdacs.org/resources.aspx?eventid=3968&episodeid=3&eventtype=FL>

災害の種類：洪水

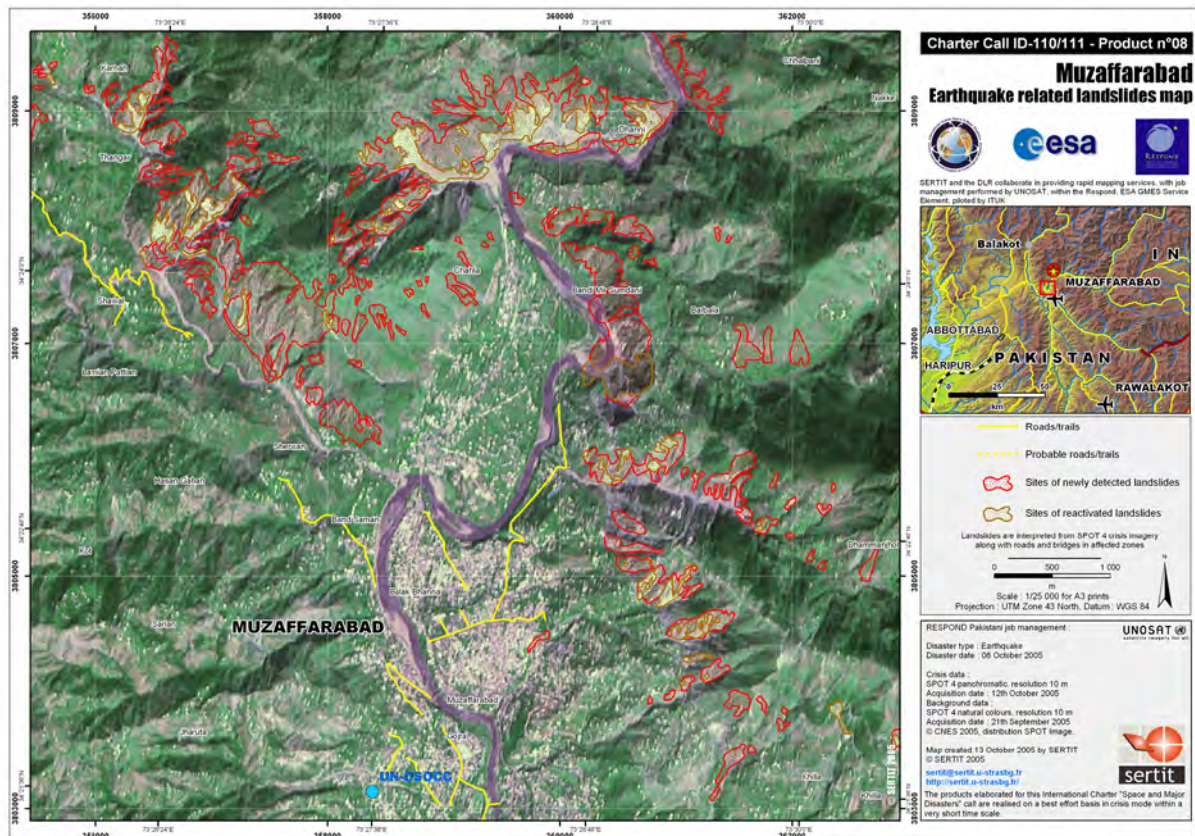
使用衛星データ：MODIS

観測日：2012 年 8 月 27, 28 日

災害の表示方法：赤ポリゴン

属性情報：広域地図，距離，凡例，経緯度，水域表示

図 2-2 衛星画像解析結果の表現事例 (NASA)



URL :

<http://www.redorbit.com/news/space/1112427980/satellites-respond-to-humanitarian-needs/>

災害の種類：地震による土砂災害

使用衛星データ：SPOT-4 トゥルーパーカラー

観測日：災害前 2005 年 9 月 21 日，災害後 2005 年 10 月 12 日

災害の表示方法：赤ライン

属性情報：地名，方位，縮尺，距離，凡例，経緯度，場所，提供先，機関名

図 2-3 衛星画像解析結果の表現事例（ESA）



URL :

http://safer.emergencyresponse.eu/site/FO/scripts/myFO_contenu.php?noeu_id=105&lang=EN

災害の種類：洪水

使用衛星データ：SPOT-5 トゥルーカラー

観測日：災害前 2000 年 6 月 5 日，災害後 2010 年 7 月 2 日（SPOT-5）

災害の表示方法：青ポリゴン

属性情報：地名，方位，広域地図，縮尺，距離，凡例，経緯度，場所，説明，提供先，機関名

図 2-4 衛星画像解析結果の表現事例（DLR）

以上のような各機関の衛星画像解析結果の表現事例を参考に、①光学衛星データによる 2009 年 7 月山口県防府市の土砂災害の解析、②SAR 衛星データによる 2010 年 7 月広島県庄原市の土砂災害の解析、③光学衛星データによる 2011 年 3 月東日本大震災による湛水域の解析、④SAR 衛星データによる 2011 年 3 月東日本大震災による湛水域の解析の成果プロダクトを作成した。記載した情報は、地名、方位、広域地図、距離、凡例、経緯度、機関名、使用データである。本事例では、災害の状況や注意事項、解析手法などについては記載していないが、データ提供時には別紙や E-mail 本文などで記載することが必要と考えられる。図 2-5～図 2-8 にこれらの解析結果の画像を示す。

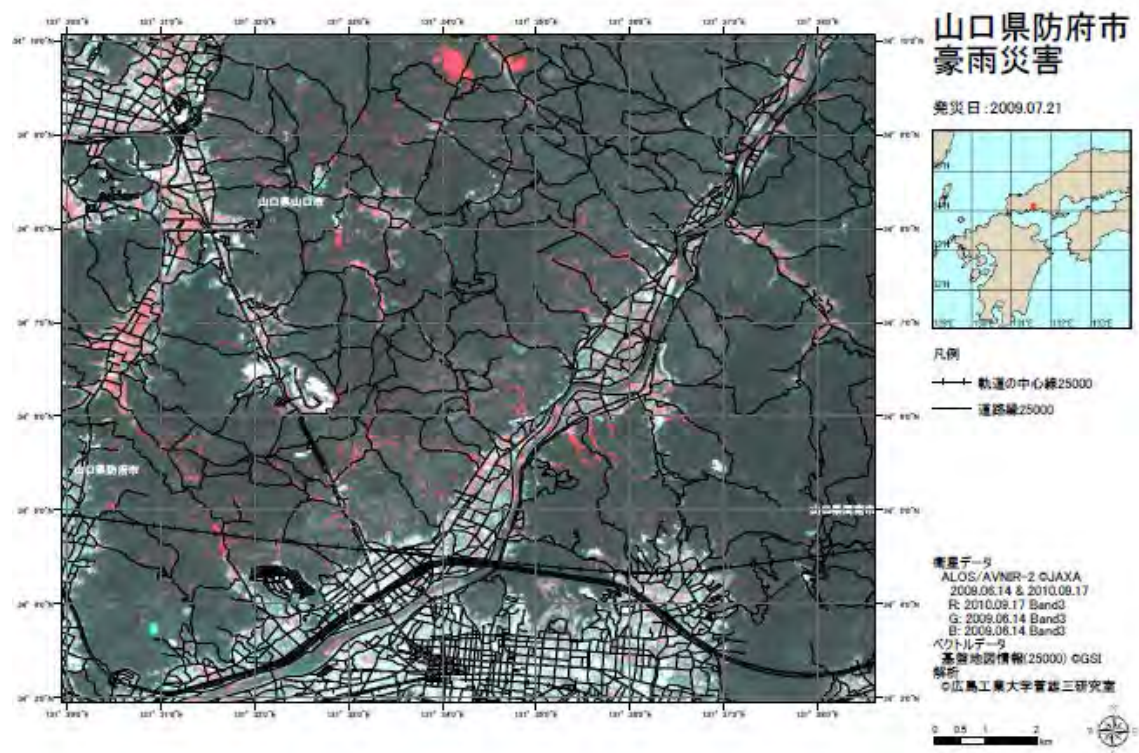


図 2-5 光学衛星データによる 2009 年 7 月山口県防府市の土砂災害の解析画像

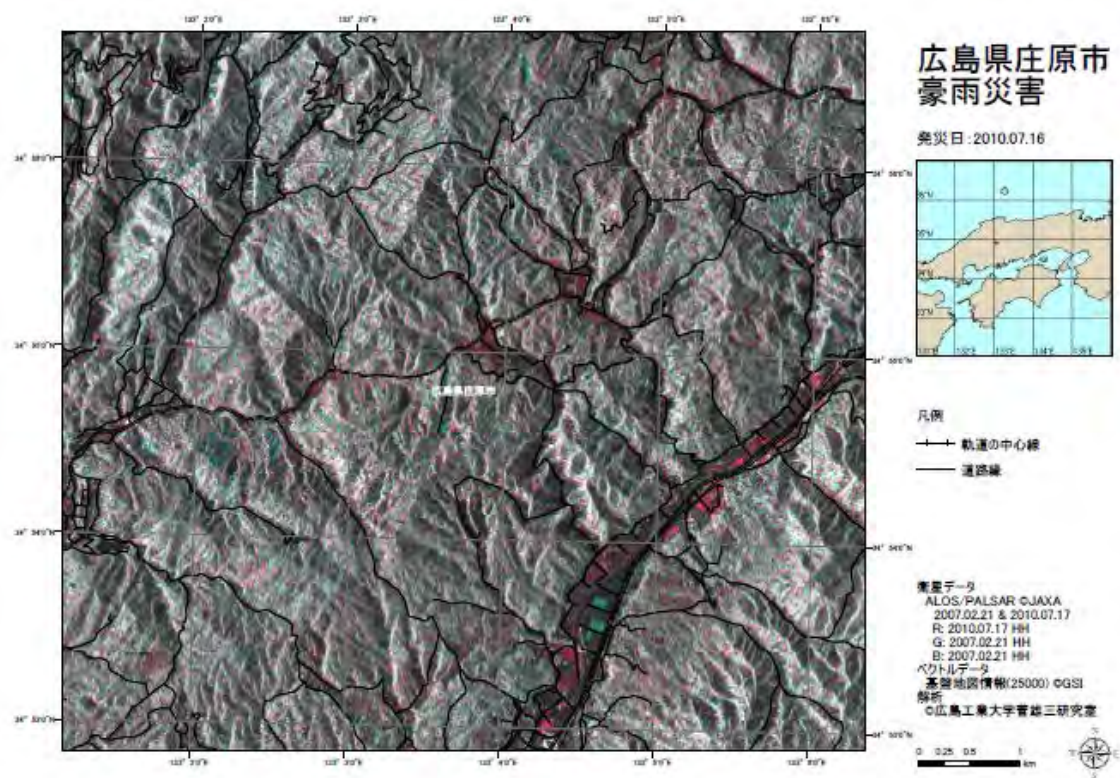


図 2-6 SAR 衛星データによる 2010 年 7 月広島県庄原市の土砂災害の解析画像

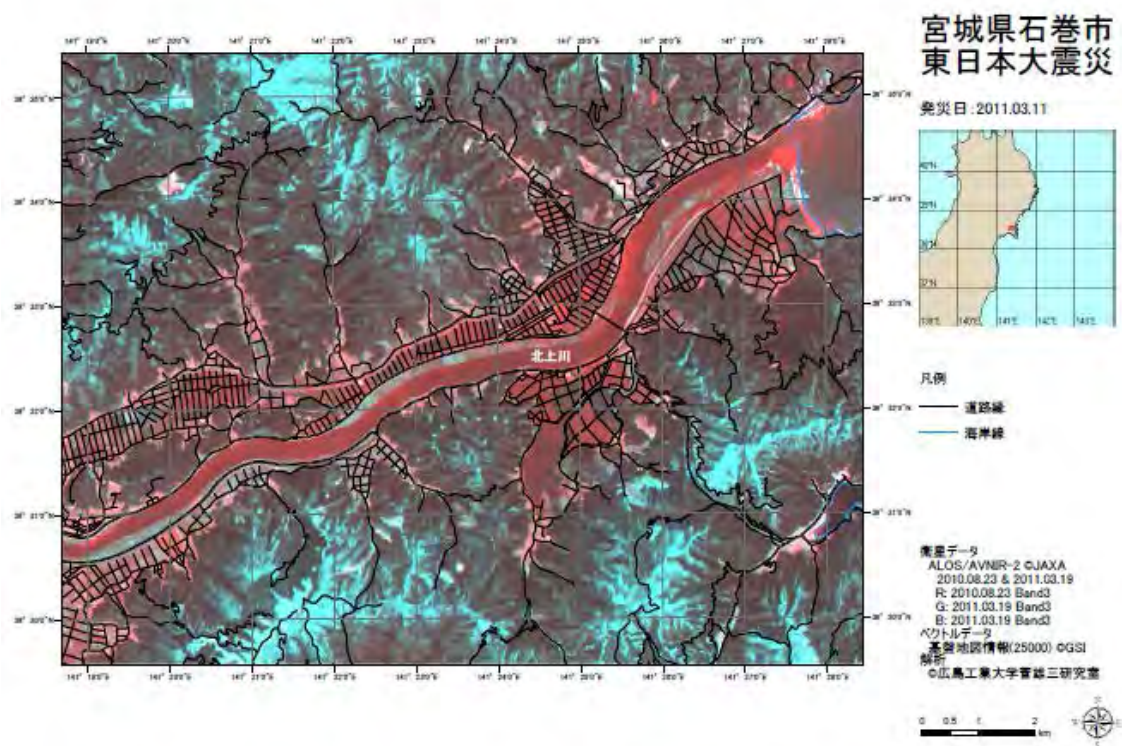


図 2-7 光学衛星データによる 2011 年 3 月東日本大震災による湛水域の解析画像

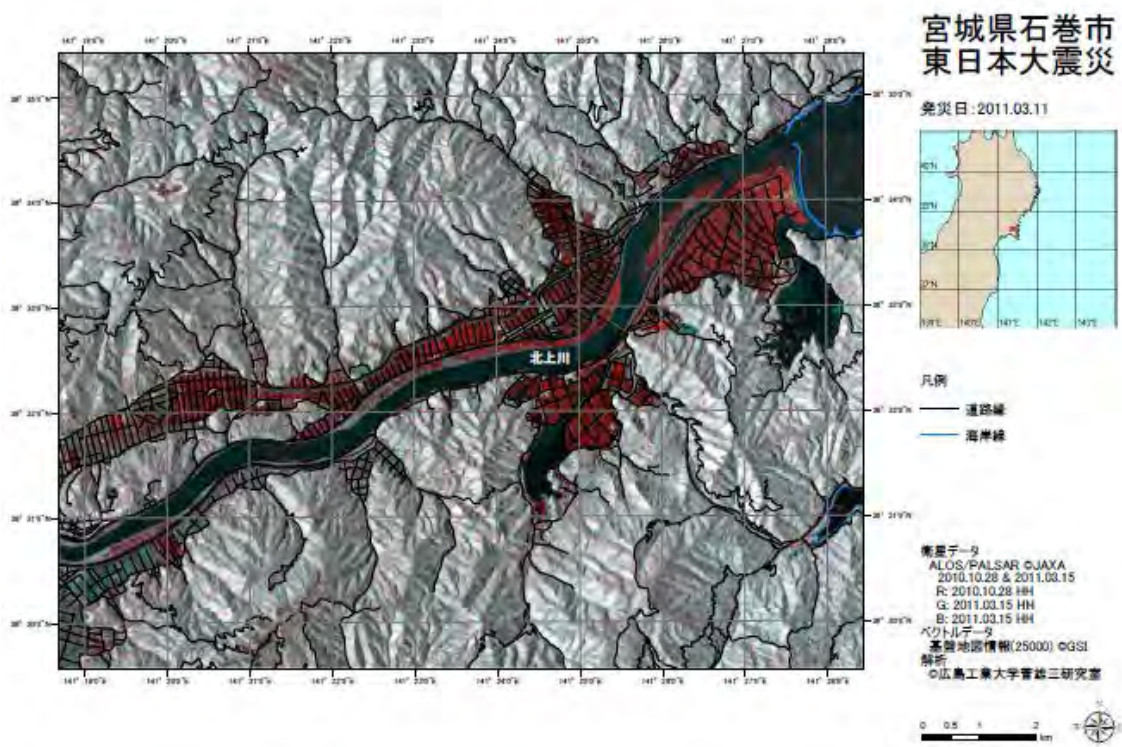


図 2-8 SAR 衛星データによる 2011 年 3 月東日本大震災による湛水域の解析画像

2.1.2 判読結果のシェープファイル一覧表での提供

シェープファイル (ShapeFile) とは、米国 ESRI 社が開発した GIS データのフォーマットであり、GIS 業界での交換用ファイルという位置付けになりつつある⁹⁾。そのため、様々な GIS ソフトウェアで利用することができるため、シェープファイルを受け取った利用者は、使い慣れた GIS ソフトウェア等に災害情報のシェープファイルを取り込み利用することが可能である。シェープファイルの作成は、衛星画像の被災地域の抽出画像からラスター・ベクター変換により行う。図 2-9 に衛星画像にシェープファイルを重ねて表示した画像を示す。

一方、判読結果を一覧表で提供することも考えられる。表 2-2 に図 2-9 の災害判読結果を一覧表示したものを示す。本来は津波災害であるが、本マニュアルでは河川氾濫の疑似データとして使用しているため災害の種類を河川氾濫としている。項目としては、災害の種類、住所、緯度、経度、コメントとした。

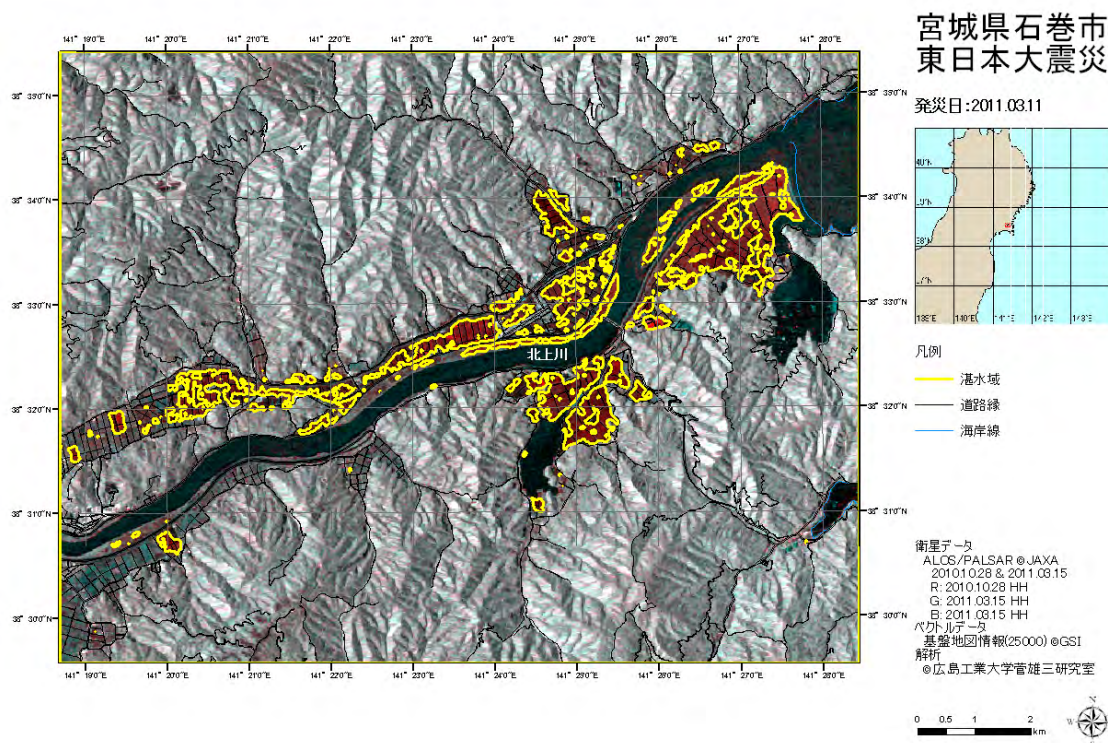


図 2-9 シェープファイルの表示

表 2-2 災害判読結果の一覧表示

災害の種類	住所	緯度 (°)	経度 (°)	コメント
河川氾濫	宮城県石巻市釜谷大谷地	38.5608915	141.445931	大規模, 信頼性高い
河川氾濫	宮城県石巻市福地大正	38.5367092	141.414302	大規模
河川氾濫	宮城県石巻市針岡芦早前	38.5316904	141.420224	大規模
河川氾濫	宮城県石巻市北上町橋浦大須	38.5497326	141.413185	大規模
河川氾濫	宮城県石巻市北上町女川本田	38.5654885	141.410438	大規模
河川氾濫	宮城県石巻市北上町橋浦上大須	38.5451343	141.393572	大規模
河川氾濫	宮城県石巻市中野牧野巣前	38.5361215	141.366878	大規模
河川氾濫	宮城県石巻市中野新相野田入	38.5344094	141.347393	小規模
河川氾濫	宮城県石巻市相野谷日影前	38.5276615	141.322844	小規模

2.2 災害対応フェーズや場面に応じた有効なプロダクト等の検討

2.2.1 被害状況把握

災害発生時の初動体制の確立には、まず災害情報の収集が重要であり、衛星による情報収集としては、被災箇所の特定、その規模や状況の把握などが期待される。まず、できるだけ迅速に発生場所、被災規模、災害内容等の情報が重要であり、ある程度の精度を持った上での迅速性が優先される。前章の 1.1 節で記述した土砂災害と河川氾濫の解析において作成した「光学衛星画像のカラー合成表示による土砂災害の抽出」、「SAR 衛星画像のカラー合成表示による土砂災害の抽出」、「光学衛星画像のカラー合成表示による湛水域の抽出」、「SAR 衛星画像のカラー合成表示による湛水域の抽出」のように災害前後の光学・SAR 衛星をカラー合成処理することにより変化した領域を赤色などで表示する手法が処理時間の点で最も優れている。図 2-5～図 2-8 に示したようにカラー合成処理を行った衛星画像に道路情報や地名などの情報とともに被害状況のコメント等の付加情報を追加した図 2-10 のようなプロダクトの作成が有効であると考えられる。

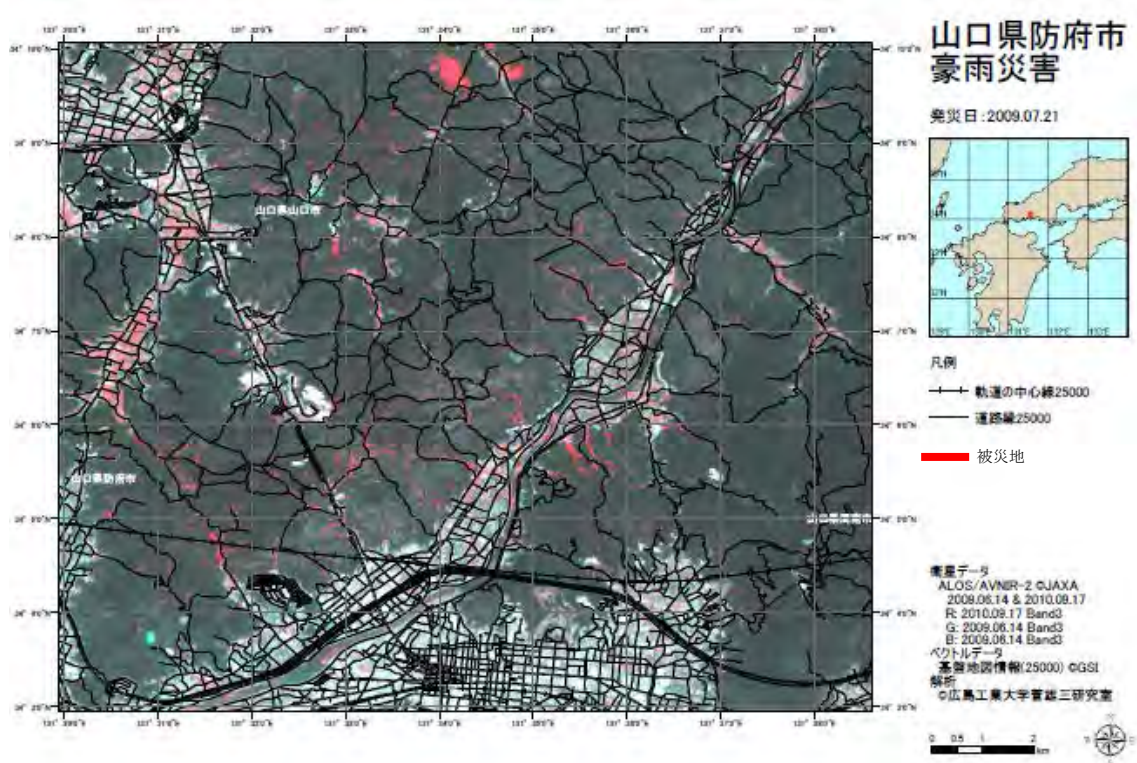
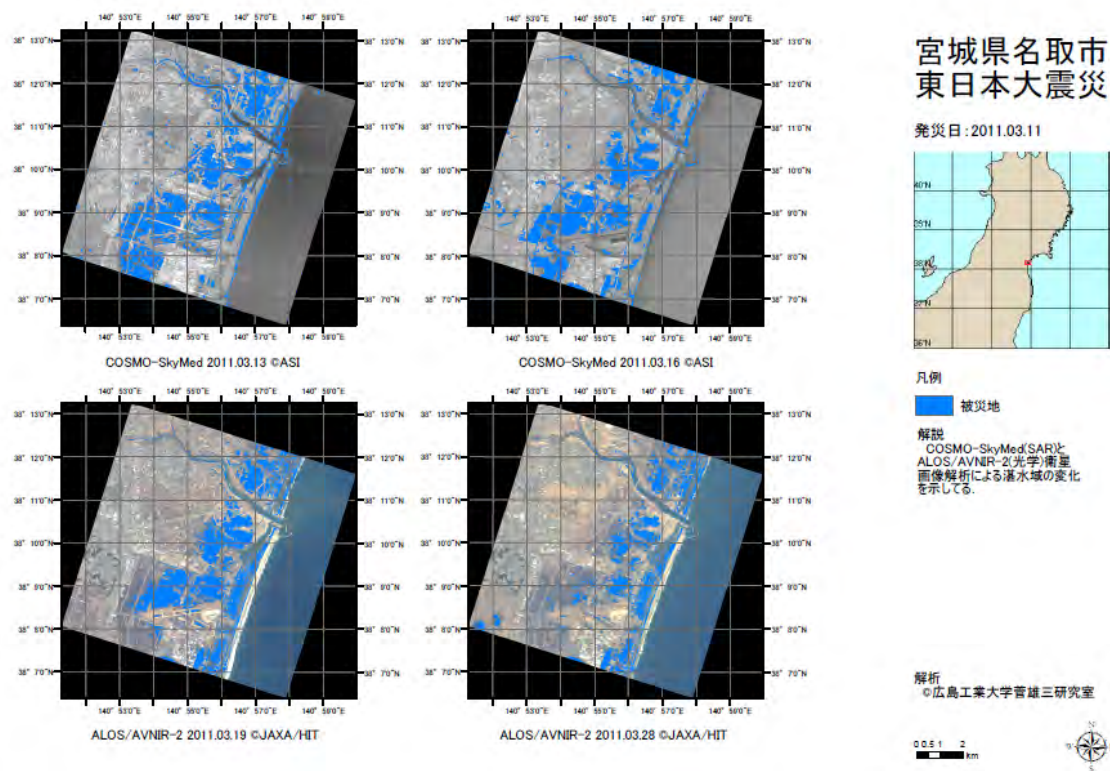


図 2-10 被害状況把握のプロダクト

2.2.2 2次被害予防

災害発生後には、避難中の事故や救援および復旧活動中の事故等が考えられる。また、土砂災害では、豪雨等により地盤が緩んでいるため少しの降雨でもさらに土砂が崩壊することが考えられる。そのため、各都道府県が作成している土砂災害危険箇所図と土砂災害崩壊地を抽出した衛星画像を合成したプロダクトを作成し、避難経路や復旧活動案の策定に利用することが有効である。一方、河川氾濫等による湛水では、時間的な変化過程を衛星により捉えることで交通規制等の対策に寄与できると考えられる。ここでは、事例として2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による宮城県名取市周辺で発生した湛水域の変化過程について述べる。図2-11に衛星画像から抽出した湛水域の変化過程の画像を示す。上の2つの画像はSAR画像、下の2つの画像は光学衛星画像である。抽出方法は、1.1.2節に記述した「D-2. SAR衛星画像による閾値による河川氾濫の抽出」、「C-2. 光学衛星画像のNDVIによる河川氾濫の抽出」を使用した。この衛星データの観測範囲から推定された水没面積は、3月13日では18.1km²、3月16日では15.0km²、3月19日では12.7km²、3月28日では7.6km²であり、災害から日を迫うごとに湛水域が減少していることが判読できる。このような衛星画像情報を継続的に提供することにより復旧状態の把握や2次被害の危険性等を検討するための情報となる。



2.2.3 孤立集落の抽出

新潟県中越地震（平成 16 年）では地盤の崩落，道路の寸断，通信伝送路の障害などにより孤立集落が発生した⁸⁾。衛星情報による孤立集落の抽出には，GIS 等による道路の情報が必要である。国土地理院では基盤地図情報をインターネットで公開しており，その中で道路縁情報を提供している。この情報を災害抽出した衛星画像と合成することで孤立集落を抽出できる可能性がある。また，国土交通省中国地方整備局等の防災機関と協力し，事前に孤立可能性のある集落とそのアクセス道路を整理しておく必要がある。

衛星画像による孤立集落の抽出方法としては，道路の損傷や道路への土砂堆積，地震動に伴う液状化による道路構造物の損壊などを高分解能光学衛星から判読することが考えられる。ここでは，2006 年 9 月の台風 13 号による被害を事例にして述べる。災害後の 2006 年 10 月 17 日に高分解能衛星である EROS-B により観測を行った。図 2-12 に広島市安佐北区の EROS-B 画像を示す。また，図 2-13 に図 2-12 の黄枠を拡大した画像と地上写真を示す。拡大画像の黄枠内では，黒っぽい道路に白い部分があり，地上写真のようにこの部分は台風の影響で道路が損傷していることがわかる。このように高分解能光学衛星画像により道路の損傷などが判読できるため孤立可能性のある集落とそのアクセス道路を事前に整理しておくことで孤立集落の抽出が可能となると考えられる。

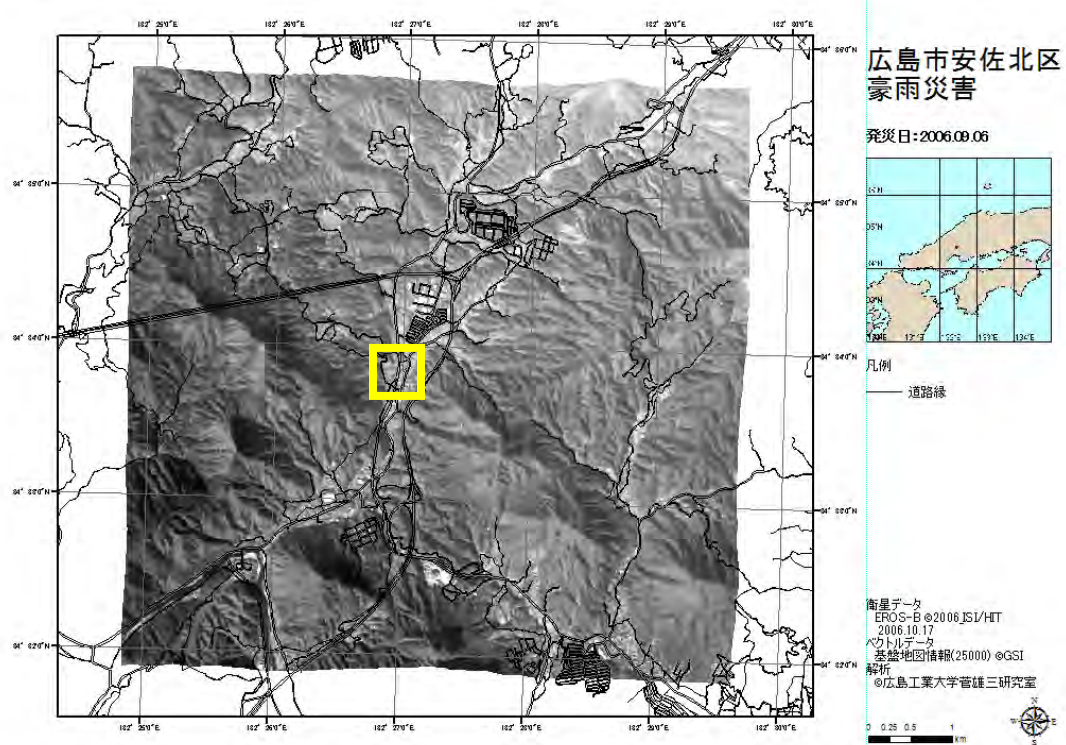


図 2-12 EROS-B 画像（2006 年 10 月 17 日観測）© 2006 ISI/HT

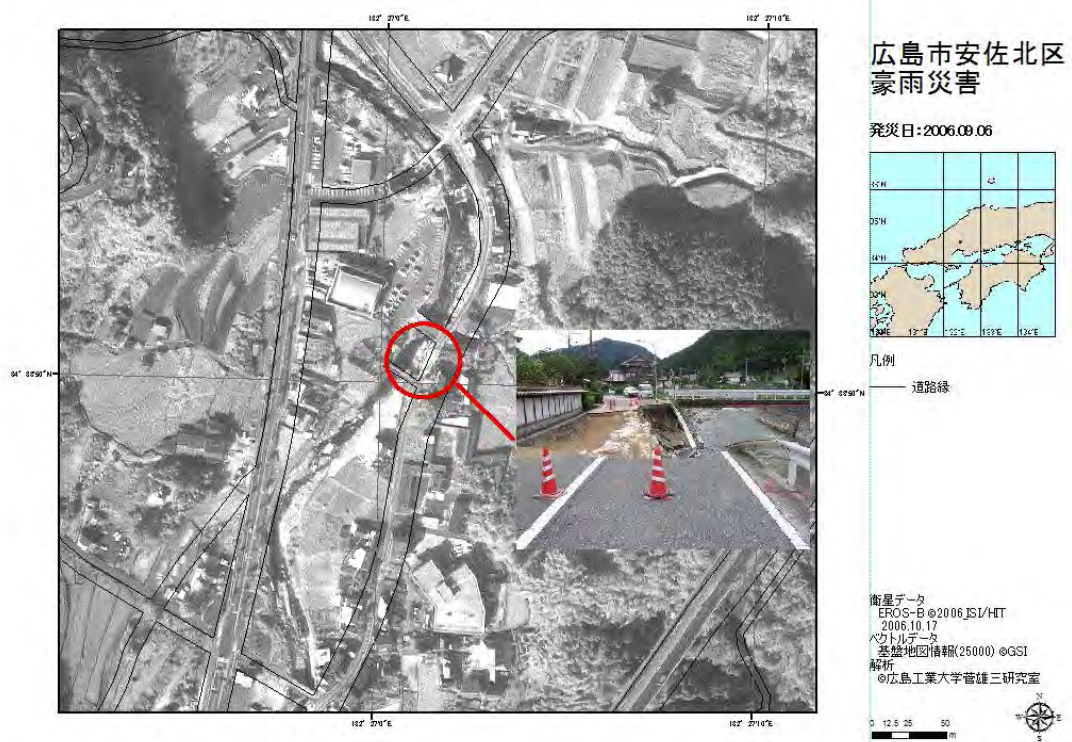
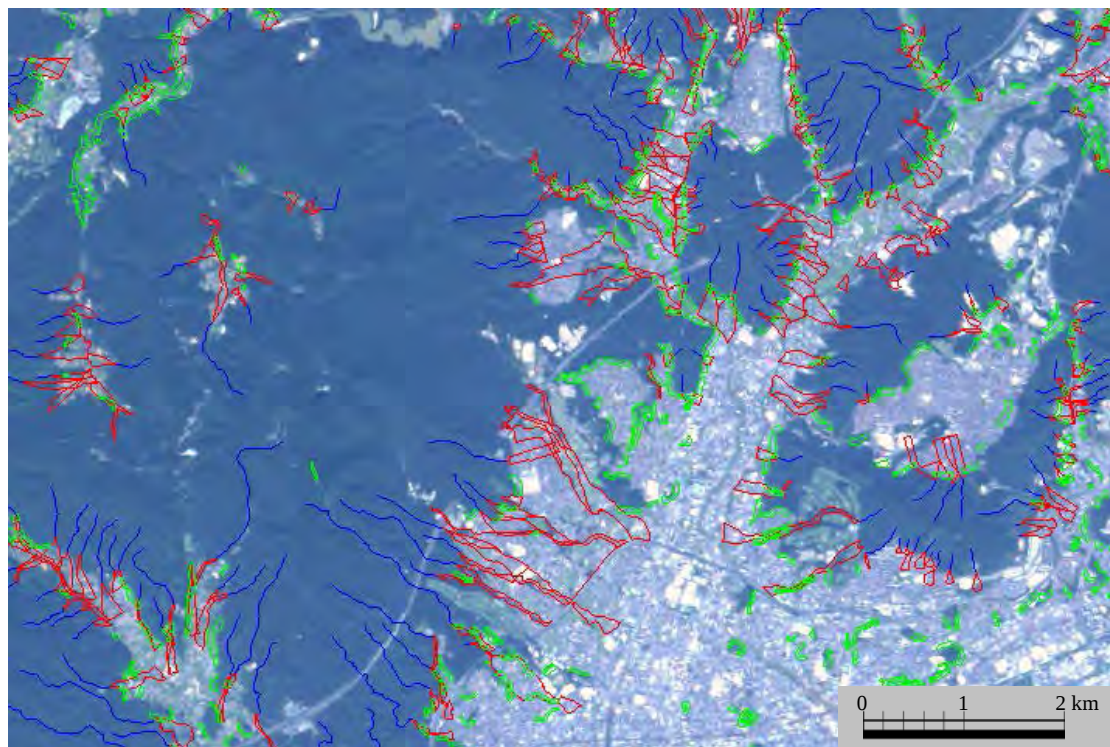


図 2-13 EROS-B 拡大画像と地上写真（2006 年 10 月 17 日観測）© 2006 ISI/HT

2.3 土砂崩壊危険箇所等のハザードマップやGIS等の併用による有効利用

各都道府県では、土砂災害危険箇所図を作成しインターネット等で公表している。土砂災害危険箇所とは、土石流危険渓流、地すべり危険箇所および急傾斜地崩壊危険箇所の総称である。土砂災害危険箇所は、全国で頻発する土砂災害に対し、計画的に対策を実施するために、全国に存在する土砂災害の発生の恐れのある危険な箇所を抽出・整理し、その実態を把握するため、一定の調査要領に基づき、各都道府県において調査が実施され、公表されている^[10]。国土交通省では、インターネットによる国土数値情報ダウンロードサービスの中で、「土砂災害危険箇所（面，線，点）」データをJPGIS1.0形式，JPGSI2.1(GML)形式，SHAPE形式で公開している。http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/gml_datalist.html

利用者が上記サイトから土砂災害危険箇所データをダウンロードして災害前に準備しておくことや衛星画像解析の際に解析者が衛星画像の上に土砂災害危険箇所データを合成した画像を作成し、データ提供すること等が考えられる。また、広島工業大学では広島県から上記と同様の「土砂災害危険箇所（面，線，点）」データの提供を受け、図 2-14 のように広島市のALOS/AVNIR-2画像に土砂災害危険箇所データを合成した画像を作成した。このような画像処理により土砂災害の発生が予想される区域を重点的に確認することができる。



— 土石流危険区域 — 急傾斜地崩壊危険区域 — 土石流危険渓流主流路

図 2-14 ALOS/AVNIR-2 画像と土砂災害危険箇所 ©JAXA/HIT/広島県

2.4 情報提供時の注釈や説明事項の整理

2.4.1 災害種別やフェーズ等に応じて必要な注釈等

2.1.1 章で調査した各機関における衛星画像解析結果の表現手法を参考に土砂災害および河川氾濫の衛星画像解析結果に付加するべき注釈や説明事項について検討を行った。

被害状況把握フェーズでは、迅速な情報提供が重要であるため衛星画像解析としては、災害前後の衛星画像を並べて表示する方法や災害前後の衛星画像のカラー合成表示などの方法が考えられる。ここでは、衛星画像のカラー合成表示の例を

図 2-15 に示す。画像の判読のために被災箇所のマーキングや雲や水田など災害以外の変化箇所のマーキングや注釈が必要である。また、基本情報として方位，距離，経緯度を示す表示や道路・軌道などを表示し被災地を特定しやすくすることが重要である。

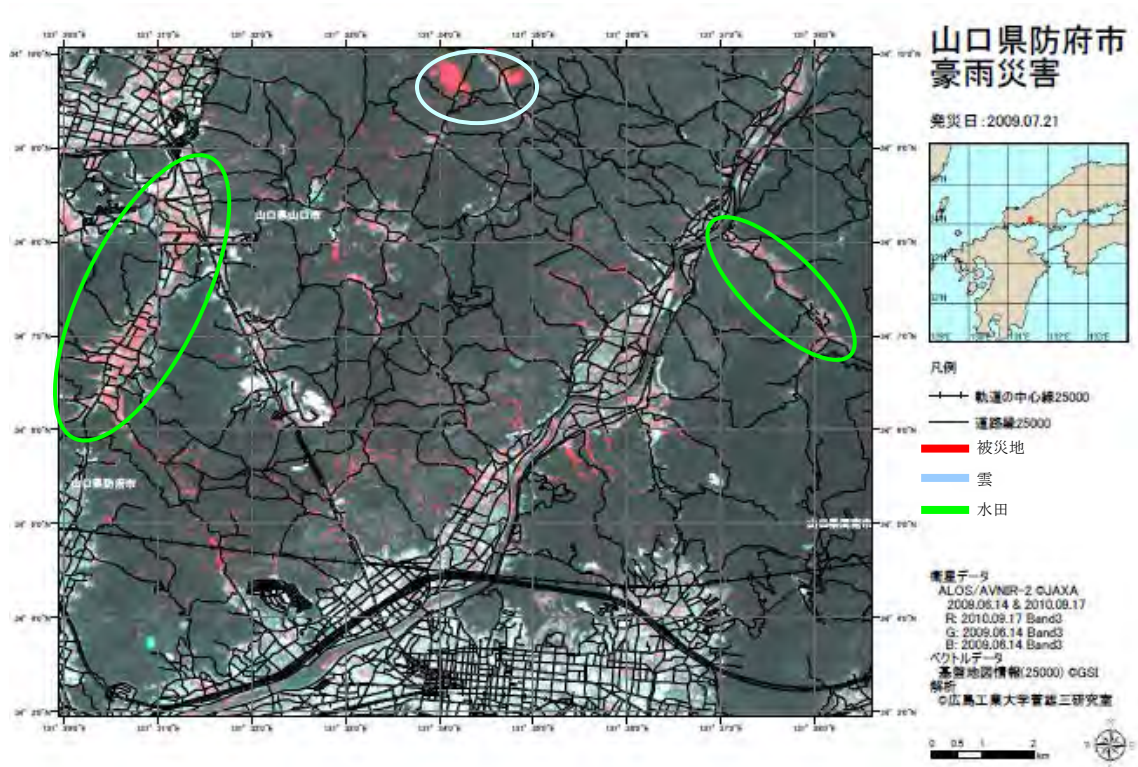


図 2-15 被害状況把握フェーズの注釈例

2次被害予防フェーズでは、衛星画像解析としては、被災地域の抽出や面積算出などが行われていると考えられ、土砂災害では赤色、河川氾濫では青色で被災地域を表示する。必要に応じてシェープファイル等ベクトルデータおよび一覧表として提供する。図 2-16 のような数値標高データを利用して被災地域の地形判読や土砂災害および河川氾濫が移動する可能性の高い方向等について検討することが考えられる。また、土砂災害では土砂災害危険箇所に指定されている地域、河川氾濫では洪水ハザードマップなどで湛水想定区域に指定されている地域は、特に警戒が必要であるため、図 2-17 のように衛星画像に土砂災害危険箇所を重ねて表示するなどの表現手法が有効である。さらに、災害後に複数時期の衛星画像が得られれば災害の変化過程の情報を提供することができるため、移動方向や移動量などの注釈を加えることができる。

最後に、災害種別や災害対応フェーズに応じて必要な注釈を表 2-3 にまとめた。

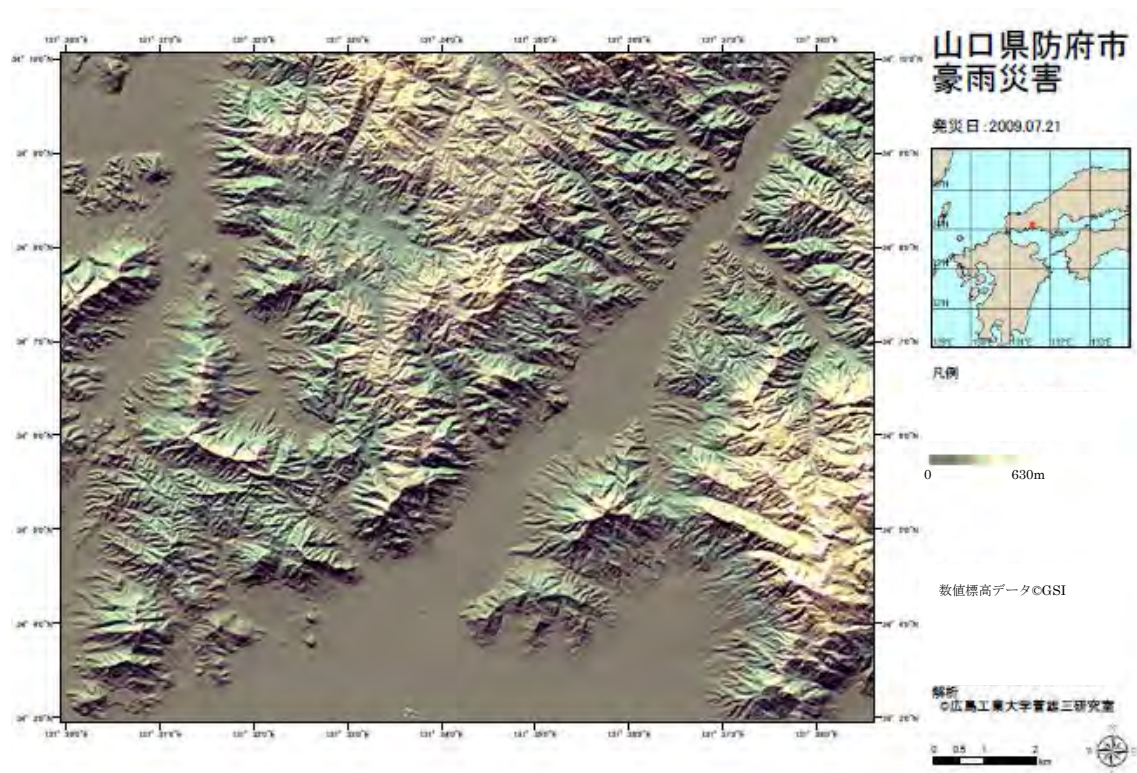


図 2-16 数値標高データの表示

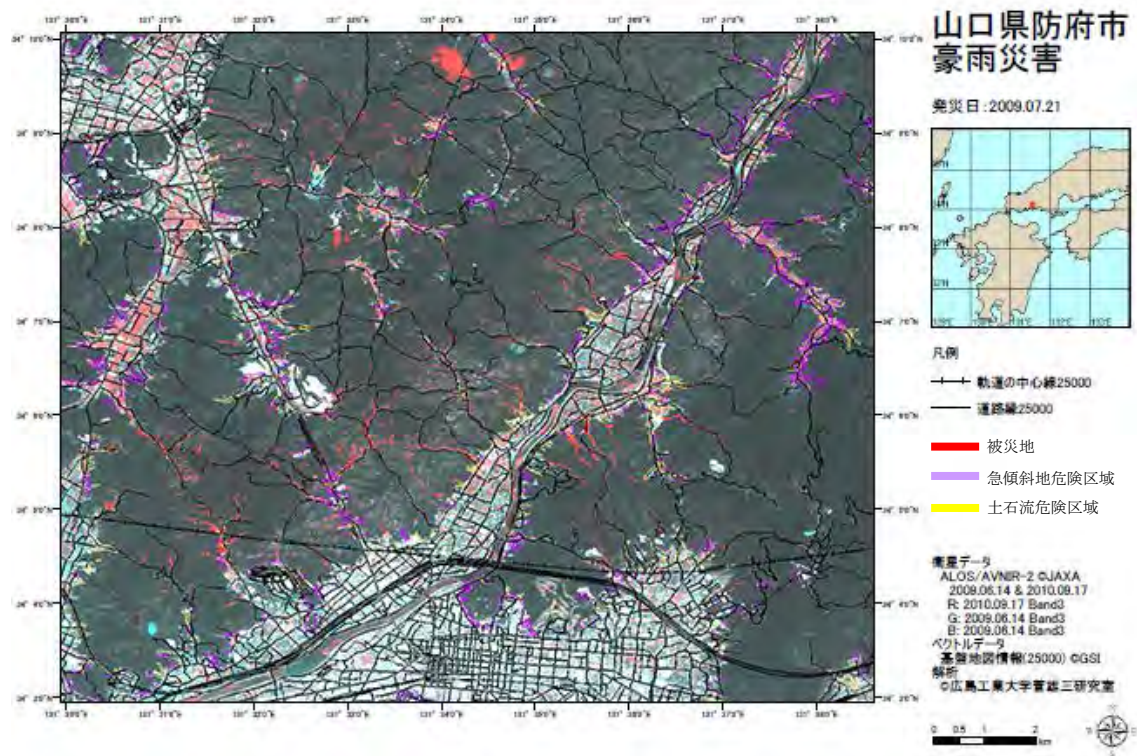


図 2-17 土砂災害危険箇所の表示

表 2-3 災害種別や災害対応フェーズに応じて必要な注釈

災害種別	災害対応フェーズ	
	被害状況把握	2次被害予防
土砂災害	被災箇所のマーキング	被災箇所のマーキング
	雲・雪・季節変化のマーキング	数値標高データの表示 土砂災害危険箇所に指定されている地域 複数時期衛星画像解析による災害の変化過程
河川氾濫	被災箇所のマーキング	被災箇所のマーキング
	雲・雪・季節変化のマーキング	数値標高データの表示 湛水想定区域に指定されている地域 複数時期衛星画像解析による災害の変化過程

第3章 防災関係機関における利活用モデル

3.1 災害対応フェーズや場面に応じた各プロダクトの利用方法

災害発生時の初動体制の確立には、まず災害情報の収集が重要であり、衛星による情報収集としては、被災箇所の特定、その規模や状況の把握などが期待される。これにより、救援部隊（災害時タスクフォース）の派遣計画等に活用が期待される。さらに、2次災害発生の可能性の有無等、主要な被災現場およびその周辺地域等広域的な被災状況の把握が期待される。

住民の安全が確保できた後には、土砂災害による堆積土砂の撤去や湛水域の収束状況等、衛星情報による被災地域の復旧状況のモニタリングが期待される。

3.1.1 被害状況把握

災害発生直後には、被災状況の発生場所、被災規模、災害内容等、被害状況把握が必要である。国土交通省では、災害対策用ヘリコプターを所有しており大規模な災害発生時には、ヘリコプターの現場派遣等により被害状況の把握が行われる。しかし、気象条件によっては飛行できない場合もあり、衛星による迅速な被害状況把握が期待される。防災担当者からは、災害発生から数時間後には情報が必要であるとの要望もあり、迅速な衛星画像の緊急観測、衛星画像解析、防災機関への解析結果の伝達が不可欠である。したがって、衛星画像解析においても処理の時間と内容を考慮する必要がある。まずは、光学衛星画像や SAR 画像の画像合成処理により災害前後の変化領域をカラー合成処理し、解析者が被災領域を判読し、画像上に印を付けたり、被災箇所をリスト形式に纏めた結果を提供することが考えられる。その後、土砂災害では崩壊地と発生土砂量、河川氾濫では氾濫場所と湛水面積を発生から1～2日で提供することで状況把握及び復旧に役立つ情報となる。

さらに、3次元表示ソフトウェアの活用によりこれまでの2次元情報より、災害の全体的な状況が3次元的に判読することができ、被害の全体像を視覚的かつ空間的に把握できるようになる。さらに、基盤地図情報などのデータを衛星データと組み合わせることでさらに利用しやすいプロダクト作成が行える。

3.1.2 他地域の災害への支援

中国地方は、四国等の他地方に比べて地震や津波による被害が小さいと想定されている。そのため、地震等による大規模災害が発生した場合、中国地方から他地域へ支援に出動することが考えられる。被災した自治体では混乱が予想され、他地域からの救援部隊へ情報提供を行うことは困難と考えられる。救援部隊としては安全な交通経路や被災状況把握、リスク管理等の為、被災地の情報が不可欠である。衛星情報は、世界中どこでも土砂災害や河川氾濫等を抽出することができるため、他地域の災害支援にも有効である。一方で、土地勘の無い地域での活動となるため、現場で理解しやすい情報を付加して衛星情報を提

供することは極めて効果的である。

3.1.3 地域連絡会の各機関からの要望事項

防災のための地球観測衛星情報利活用地域連絡会や衛星画像を利用した防災実習での意見交換会等を通じ、地域連絡会の各機関から衛星情報活用の可能性と将来に向けての要望等について意見を頂き、以下の通り取り纏めた。

国土交通省中国地方整備局企画部防災課

1 担当課での衛星データ利活用の可能性について

- ・ 衛星の特性整理(光学・SAR)
出来ること・出来ないことの整理
- ・ 衛星画像取得に係る手順整理

2 将来に向けての要望等

- ・ 衛星撮影のオーダーについて
現在撮影をして頂くには、座標 1 点の中心からの距離とか、座標数点からの範囲となる。
衛星画像を必要とする側と、広島工業大学間で画面を共有しながらオーダーする手法の検討。

国土交通省中国地方整備局太田川河川事務所調査設計第二課

1 担当課での衛星データ利活用の可能性について

<災害時>

- ・ 地盤変動位置の把握(災害位置の特定)
- ・ 移動した土砂量の把握(崩壊土砂量, 流出土砂量)
- ・ 被害エリアの把握
- ・

<調査・計画時>

- ・ 地形の把握(レーザープロファイラーのような用途, 地形図の作成)

2 将来に向けての要望等

- ・ 土壌の水分量の把握 → 土砂災害発生予測
- ・ 地表の状況による水分の蒸散量の把握(森林, 原野, 裸地など)
→土壌水分量把握の研究

広島県砂防課

1 担当課での衛星データ利活用の可能性について

- ・ 被災地への現地調査の事前情報収集時に、被災状況の全体がわかる画像の提供があれば、効果的に現地調査が可能と思われる。

2 将来に向けての要望等

- ・ 同時多発的な土砂災害時において、崩壊地と発生土砂量が1～2日で手に入るようになると、状況把握及び復旧に向け、その情報が役立つ。

廿日市市分権政策部総合政策課

1 担当課での衛星データ利活用の可能性について

- ・ 講習会で見ていただいた内容であれば、災害の発生状況の現状確認になると思います。市内で起きた土砂災害の全体的な状況が3次元で見ることができ、被害の全体像が視覚的にイメージし易いと感じました。
- ・ 土地利用形態の変遷を記録して、将来の土地利用構想を検討する際に活用したい。廿日市市域だけでなく、広島都市圏から柳井市あたりまでの地理情報を記録として残しておきたい。

2 将来に向けての要望等

- ・ 現在、どこの自治体でも、住民に対しとにかく逃げてもらい、人的被害を出さない災害対応に取り組んでおり、被害が起きた後の情報もちろん必要であり、発生する前の情報は、ぜひほしい情報である。
- ・ 大雨が降ったときなどに、土砂災害などの兆候が分かる情報が得られれば、ぜひ活用したい。
- ・ 避難勧告などを出す場合の参考情報として、現在県ホームページの土砂災害ポータルで雨量などの情報を判読できるが、衛星画像などを利用して山の状態の情報が得られれば、勧告などを出す際の参考になるのではないかと思う。また、その情報を動画で見ることができればなお良いと考える。

ただ、情報をもらっても判断する目安が分からないと意味がないので、最終的な判断は自治体がするとしても、例えば山肌の水分量や状態が分かり、崩れそうな兆候が分かるなど、数値的な情報が得られればより活用しやすいと考える。

また、被害防止の観点からは、その情報がいかに迅速で簡単に得られるかが重要である。

- ・ 3次元的表示ができるソフトについては、3次元でいろいろな角度で簡単に判読することができ、災害の状況把握などに活用できるが、市の災害対応で使うならさらに詳細に判読できる必要がある。

参考文献

- [1] 国土交通省：「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律（土砂災害防止法）」法令関係資料，第 1 回土砂災害防止法に関する政策レビュー委員会，参考資料 2，2011
- [2] 小西智久，竹内章司，菅雄三，幾志新吉：SAR データと光学センサデータによる洪水域抽出の比較，日本写真測量学会平成 11 年度年次講演会発表論文集，日本リモートセンシング学会第 26 回学術講演会論文集，pp. 465-468，1999
- [3] 土屋清：リモートセンシング概論，朝倉書店，pp. 256-260，1990
- [4] 竹内章司，小川博道，菅雄三，米澤千夏：回帰モデルによる標高歪み補正とその標高計測への応用，写真測量とリモートセンシング，Vol.39，No.2，pp.90-98，2000
- [5] 国土交通省四国地方整備局四国山地砂防事務所：吉野川上流地区 平成 18 年度 直轄砂防災害関連緊急事業，2006
- [6] Y. Suga, T. Konishi : Landslide detection using very high resolution satellite imageries, Proc. of the 8th SPIE Asia-Pacific remote sensing (Kyoto, Japan), pp. 8524-90, 2012
- [7] 菅雄三，小西智久，松村隆一：光学系およびレーダー衛星データを用いた土砂災害調査について，土木学会第 67 回年次学術講演会講演概要集，IV-050，pp. 99-100，2012
- [8] 内閣府政策統括官(防災担当)：中山間地等の集落散在地域における孤立集落発生の可能性に関する状況フォローアップ調査，2010
- [9] 村井俊治（監修），鹿田正昭，鈴木厚志，中谷友樹，布施孝志：GIS 実習マニュアル ArcGIS 版，日本測量協会，pp.10，2005
- [10] 国土交通省河川局砂防部砂防計画課：土砂災害ハザードマップ作成のための指針と解説（案），pp.27，2005

本報告書の用紙は，「リサイクル適性」である。