

# 「だいち」による災害状況把握と今後への期待

- ALOS/PRISM , AVNIR-2 の活用 -

キーワード：だいち (ALOS)  
PRISM  
AVNIR-2  
変化抽出  
災害状況把握

防災地理課長

田 中 庸 夫

# 「だいち」による災害状況把握と今後への期待 —ALOS/PRISM, AVNIR-2 の活用—

## 1. はじめに

人工衛星は、回帰日数の関係により撮影時期が限定され、また光学センサは対象地域の天候により撮影が制限されるなどの制約がある。その一方で、人工衛星は広範囲の画像を一度に撮影できる利点を持っている。このような人工衛星の特性を踏まえ、衛星画像による災害状況把握を目的として、被災箇所の抽出を効率的に行うための手法を検討した。

この検討は、平成 19 年度～21 年度の国土交通省総合技術開発プロジェクト「高度な画像処理による減災を目指した国土の監視技術の開発」において平成 19 年度に実施した、災害前後の衛星画像から災害状況を迅速に把握するための、「だいち」の光学センサ ALOS/PRISM, AVNIR-2 を活用した衛星画像の精密位置合わせと画像の変化抽出に関する手法の検討結果をとりまとめたものである。

## 2. 今までの取り組み

国土地理院地理調査部では、これまで次の災害において「だいち」の AVNIR-2 画像を利用し被災状況の把握を試みている。

平成 18 年 5 月に発生したインドネシア・ジャワ中部地震では、被災地域の画像を利用して道路、河川、鉄道などを表示した衛星画像図を作成した。

平成 18 年 7 年に発生したジャワ島南方沖地震では、パンガンダラン市周辺の津波災害状況について津波被害範囲の推定を行った。津波による植生活性度の低下を利用し、津波災害範囲を推定した（図-1）。

平成 19 年 7 月に発生した新潟県中越沖地震では、被災箇所の判読を行い災害状況の把握を実施した。



図-1 ジャワ島南方沖地震津波災害状況図

平成 18 年 7 月 21 日撮影の AVNIR-2 画像（JAXA 提供）を使用し、植生活性度から津波による被害範囲を推定。本画像では、植生活性度が高い箇所ほど赤く表現している。

鉄道と道路は PETA RUPABUMI DIGITAL INDONESIA 1:25,000 「CIJULANG」, 「PAJATEN」, 「PANANJUNG」を、地名は U. S. ARMY MAP SERVICE 作成 INDONESIA 1:250,000 「GARUT」を参考にした。

### 3. 画像の精密位置合わせ手法の検討

衛星画像から災害の被災状況を迅速に把握するためには、まず、被災前後に撮影された2時期の画像において精密な位置合わせを効率良く行う必要がある。ここでは、画像の位置合わせを図-2に示す手順とし、精密な位置合わせを半自動的に行うために、2時期の画像内に適度に分布する特徴的な同一点 (Tie Point / TP) を自動抽出する方法を中心として検討を行った。

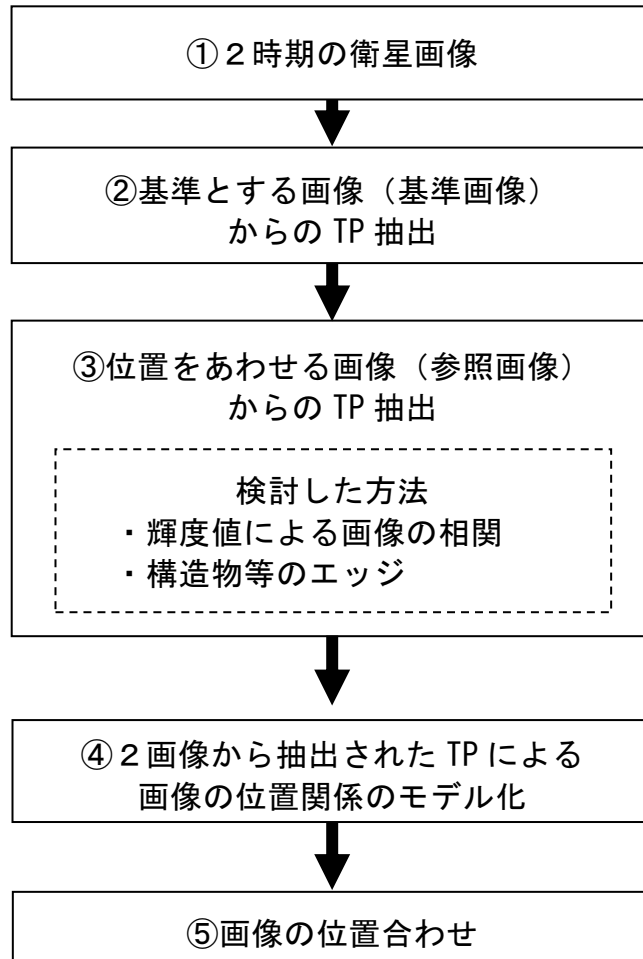


図-2 衛星画像の位置合わせ手順

TPの抽出は、あらかじめ基準とする側の画像(基準画像)において高い精度の位置合わせが期待される特徴点を選択しておき、位置を合わせる画像(参照画像)の中で対応する点(同一点)を自動的に探索することにより行う。探索方法として「輝度値による画像の相関」と「構造物等のエッジ」の2種類について検討した。

#### 3. 1 画像の相関による TP の抽出

画像の相関によるTPの抽出の概念を図-3に示す。参照画像におけるTPの探索は、①基準画像でTPとその周囲の画素を含む任意の計算窓(相関窓)を設定する、②計算窓を用いて参照画像との相関を求める、③相関の高い部分を参照画像上での同一点とする、の順序で行われる。

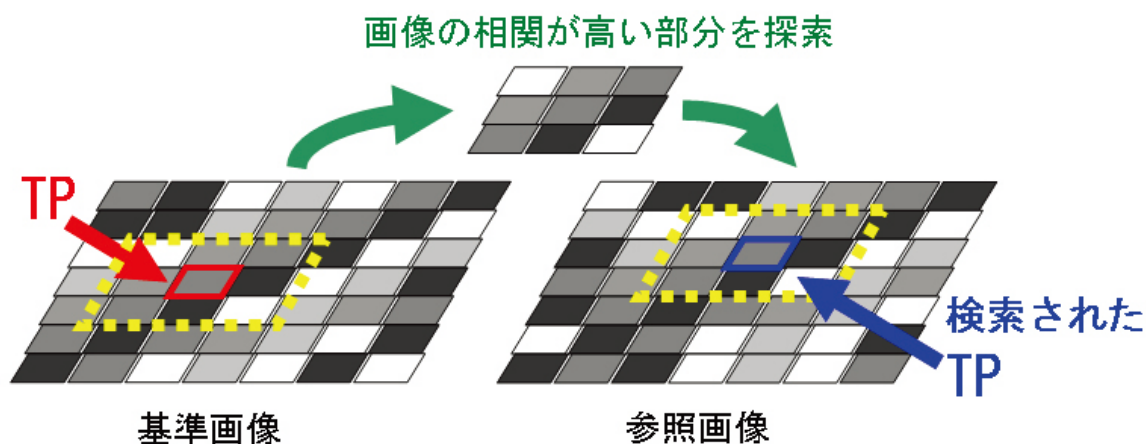


図-3 画像の相関による TP の抽出の概念

### 3. 2 構造物等のエッジによる TP の抽出

構造物等のエッジによる TP の抽出の概念を図-4 に示す。参照画像における TP の探索は、①基準画像と参照画像をエッジ画像化する、②エッジ化された基準画像と参照画像を比較し、③基準画像の TP と同じエッジの特徴を持つ点を参照画像上での同一点とする、の順序で行われる。

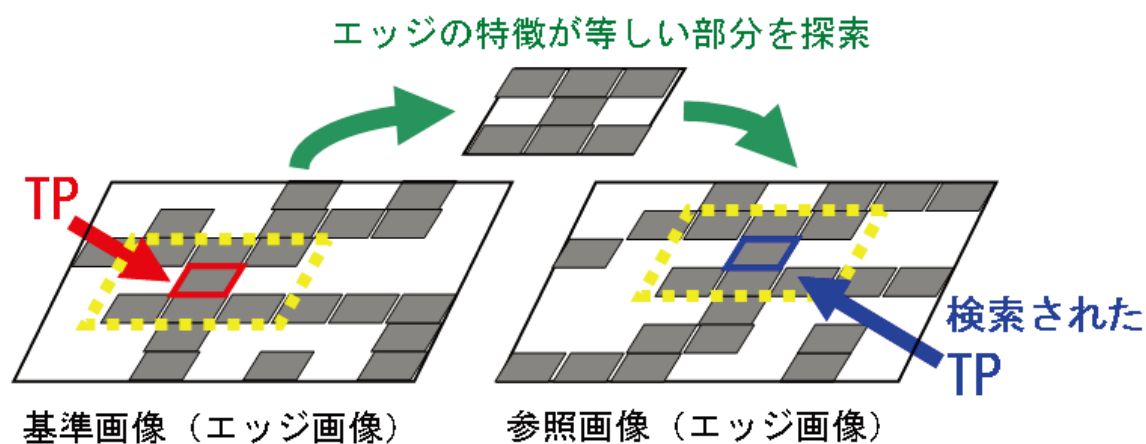


図-4 構造物等のエッジによる TP の抽出の概念

### 3. 3 位置あわせの検証と結果

能登半島（石川県輪島市）付近を対象として、PRISM 及び AVNIR-2 画像を使用し 3. 1 及び 3. 2 で述べた検索方法により参照画像からの TP の自動抽出を行った。AVNIR-2 画像では、撮影時のポインティング角による影響も検討するため、2 時期の画像のポインティング角の差を 2 種類にして検証した。

#### ①抽出された TP に関する位置精度の検証

自動抽出された参照画像の TP と基準画像の TP 間の位置精度を表-1 に示す。この結果から PRISM, AVNIR-2 画像ともに画像の相関による探索の方がエッジによる探索よりも誤差が小さいことがわかった。エッジによる探索方法の誤差の原因は、画像の歪みや回転によるものではなく、主にマッチングのエラーによるものであった。ポインティング角が増加すると軌道方向の画像解像度が低下し、エッジによる探索の精度に影響を与えているものと考えられる。

表－1 抽出された TP の位置精度

画像		PRISM		AVNIR-2		AVNIR-2	
撮影時期		基準画像：2006/8/10 参照画像：2007/9/11		基準画像：2006/7/3 参照画像：2007/9/11		基準画像：2006/9/25 参照画像：2007/9/11	
ポインティング角（度） （画像右方向を正）		基準画像：+1.2 参照画像：-1.4		基準画像：+41.5 参照画像：0.0		基準画像：0.0 参照画像：0.0	
探索方法		画像の相関	エッジ	画像の相関	エッジ	画像の相関	エッジ
抽出 TP 点数（点）		255	526	75	90	495	560
X 方向位置差 （pixel）	最大値	1.42	5.11	0.86	9.94	0.51	9.36
	標準偏差	0.39	0.71	0.19	1.42	0.20	0.99
Y 方向位置差 （pixel）	最大値	1.06	9.69	0.38	10.70	0.81	8.20
	標準偏差	0.28	1.06	0.11	1.89	0.15	0.89

②位置合わせを行った画像精度の検証

画像の相関を利用して参照画像から抽出された TP を用いて、基準画像との位置関係のモデル化を行い、画像の位置合わせを行った。基準画像と位置合わせ後の参照画像から特徴的な同一点（評価用 TP）を目視により抽出し、それぞれの位置の比較を行った。評価用 TP の位置差の統計結果を表－2 に示す。

どの画像においても、抽出した評価用 TP は標準偏差 1 pixel の精度において位置合わせが行われていた。なお、ポインティング角が増加すると画像投影誤差の影響を受け、位置合わせの誤差が大きくなった。

表－2 評価用 TP の位置精度

画像		PRISM		AVNIR-2		AVNIR-2	
ポインティング角（度） （画像右方向を正）		基準画像：+1.2 参照画像：-1.4		基準画像：+41.5 参照画像：0.0		基準画像：0.0 参照画像：0.0	
評価 TP 点数（点）		64		64		64	
X 方向位置差 （pixel）	最大値	1.60		2.80		0.60	
	標準偏差	0.50		0.82		0.27	
Y 方向位置差 （pixel）	最大値	1.60		1.00		0.60	
	標準偏差	0.44		0.38		0.23	

4. 画像の変化抽出手法の検討

衛星画像から被災状況を迅速に把握するためには、正確な位置合わせがなされた災害発生前後の 2 時期の衛星画像から、被災箇所である画像変化を効率的に抽出することが必要である。画像変化を自動的に抽出する方法として、「画像の輝度値」と「画像の NDVI（正規化植生指標）値」について、それぞれ「差分演算」と「相関演算」を行い検討した。

なお、ここでは自動的に変化抽出を行うことを検討していることから、観測時期の違いによる大気補正は、パラメータ等を必要としない簡易な方法を使用した。

#### 4. 1 画像の輝度値についての差分演算，相関演算による変化の抽出

差分演算では，2 時期の画像の各画素について，画素単位での輝度値の差分を演算する．相関演算では，任意の計算窓（相関窓）を設定し，各画素の輝度値を用いて窓内における 2 時期画像の相関係数を算出する．相関係数が 1 であることは 2 時期の画像が同一であることを意味し，相関係数が 1 から離れるほど災害による変化が大きく，災害箇所と示す可能性が高くなると考えられる．なお演算に用いる相関窓の大きさは，経験値をもとに PRISM，AVNIR-2 画像それぞれ  $7 \times 7$  画素， $5 \times 5$  画素とした．

AVNIR-2 は 4 バンドのマルチスペクトルセンサのため，斜面崩壊地をモデルとした検証をもとに，植生による影響を受けにくく輝度値の特徴が現れやすいバンド 3 を演算に用いた．

#### 4. 2 画像の NDVI 値についての差分演算，相関演算による変化の抽出

NDVI 値は植生の活性度を示す指標であり，AVNIR-2 のバンド 3 とバンド 4 より算出した．NDVI 値の差分演算，相関演算の方法は，上記の 4. 1 と同様である．

#### 4. 3 変化抽出の検証と結果

能登半島地震の被災地である石川県輪島市付近（図－5）を対象として，PRISM 及び AVNIR-2 画像を使用し 4. 1 及び 4. 2 で述べた方法による画像変化の自動抽出を検証した．



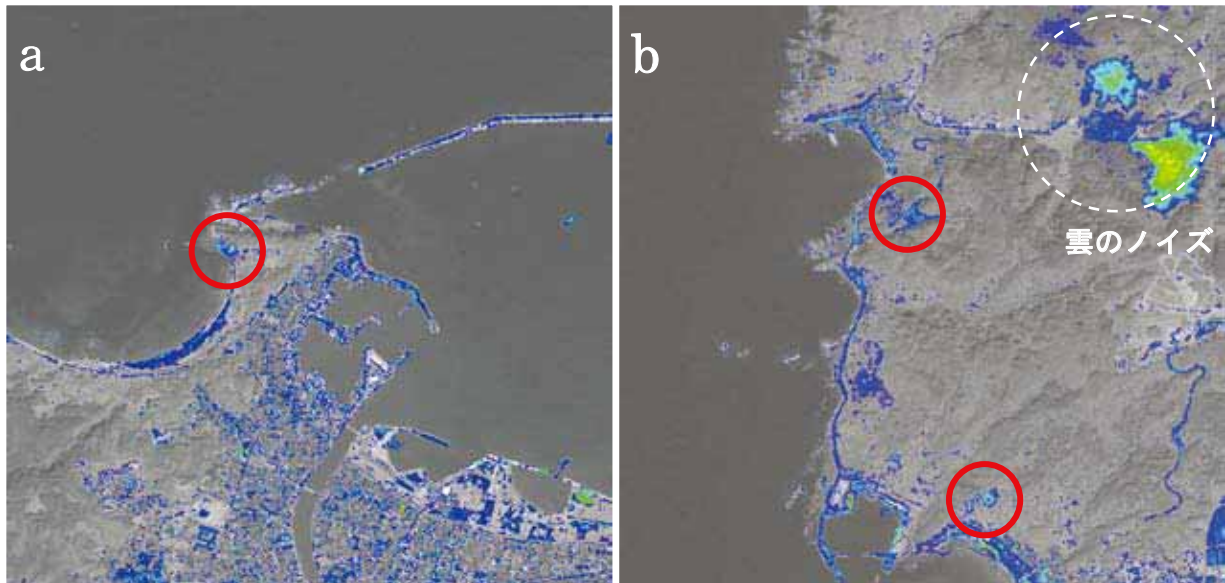
図－5 検証の対象地区（JAXA 提供の AVNIR-2 画像による）

検証の結果，PRISM 及び AVNIR-2 画像ともに輝度値及び NDVI 値の差分による演算により，被災箇所である画像変化が精度よく抽出された．災害前後の画像における輝度値，NDVI 値ともに相関演算による効率的な画像変化の抽出は困難であった．以下では，輝度値及び NDVI 値の差分演算による PRISM 及び AVNIR-2 画像の変化抽出の結果について述べる．

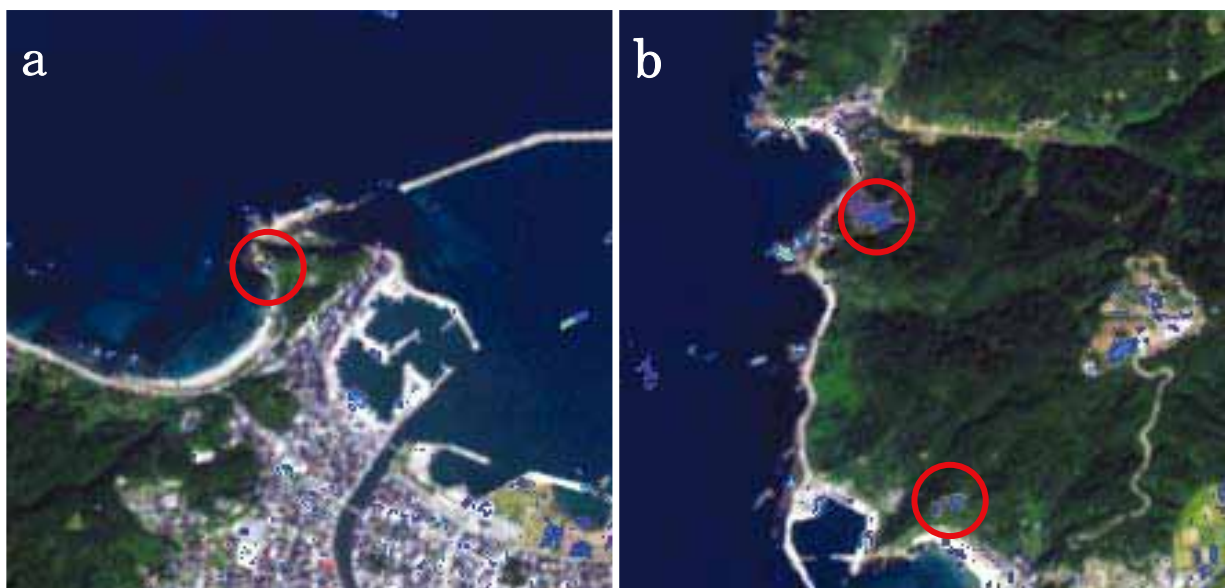
##### ①輝度値の差分による変化の抽出

PRISM，AVNIR-2 画像それぞれについて，衛星画像と抽出した変化領域を重ねたものを図－6，図－7 に示す．





図－6 輝度値の差分による変化の抽出結果（PRISM 画像：JAXA）  
 a：サイト1， b：サイト2．画像は衛星画像と抽出された変化領域の重ね合わせ．



図－7 輝度値の差分による変化の抽出結果（AVNIR-2 画像：JAXA）  
 a：サイト1， b：サイト2．画像は衛星画像と抽出された変化領域の重ね合わせ．

PRISM 画像では、サイト1， 2のいずれの土砂災害箇所とも画像変化として抽出された。また、サイト1では建物部分にも画像の変化が抽出された。高い空間分解能により PRISM 画像では、日照状態の変化や植生域の季節変化も抽出していると考えられ、画像全体にノイズが分布しており、これらの低減が一つの課題となると考えられる。

AVNIR-2 画像でも、PRISM 画像と同様に土砂災害箇所が画像変化として抽出された。しかし被災箇所とそれ以外の箇所の輝度差に大きな違いが見られず、また水田等の季節変化と考えられる箇所も抽出されており、閾値等を用いての被災箇所抽出は困難であると考えられる。

## ②NDVI 値の差分による変化の抽出

AVNIR-2 画像それぞれについて、衛星画像と抽出した変化領域を重ねたものを図-8に示す。図-6, 7の輝度値の差分による変化の抽出に比べて、土砂災害の箇所が明確に画像の変化として抽出されており、今回の検証では最も理想的な結果が得られた。

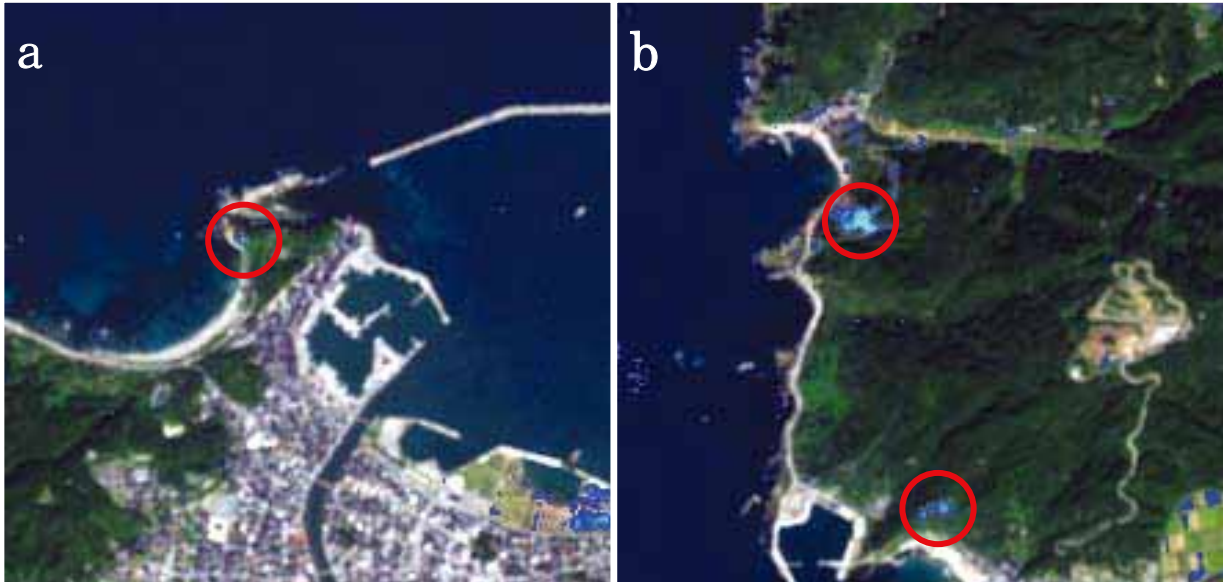


図-8 NDVI 値の差分による変化の抽出結果 (AVNIR-2 画像 : JAXA)

a : サイト 1, b : サイト 2. 画像は衛星画像と抽出された変化領域の重ね合わせ.

## 5. 災害状況把握の検討

今回の検討をもとに、各種災害での被災箇所の抽出についての考察を示す。

### 5. 1 土砂災害

上述したように、土砂災害における被災箇所の抽出には2時期のNDVI値による差分が有効であると考えられる。これは土砂災害においては被災箇所で樹木がなぎ倒され、被災前まであった植生が失われるため、植生の活性度を示すNDVI値の比較によって顕著に差が現れるためであると思われる。ただし、今回の検討では、植生に覆われた地域で比較的植生の活性度が高い9月期の衛星画像が使用できたが、植生の少ない地域、又は、被災時期が植生活性度の低い時期の場合や季節の異なる被災前画像しか使用できない場合への対応に課題を残す結果となった。

一方、輝度値の差分による場合には、観測条件など、太陽照射角との関係から被災を受けていないにも関わらず、2時期の輝度値の差が現れてしまう場合、特に解像度の高いPRISM画像においては、都市部での一戸一戸の住宅の屋根の角度や、道路路面や水田の反射によるものがあり、それらがノイズとなって正確な被災箇所の抽出の妨げとなってしまったことを確認した。

### 5. 2 道路閉塞箇所

今回の報告では直接言及できなかったが、道路閉塞箇所の抽出においては、土砂災害に付随する道路閉塞及び道路構造物(路面)等の損壊を原因とする道路閉塞があり、前者については上記の土砂災害箇所の抽出とあわせて抽出できると考えられる。

後者においては道路構造物の変化を抽出するためには、植生の活性度変化を検出するNDVI値の差分では



なく、輝度値の差分をもとに行う抽出が有力であると考えられる。ただし、この場合では単純に路面上に落ちた周囲の地形・斜面・構造物の影を輝度値の変化をもとに誤抽出する等、別途のノイズとなる原因が考えられる。

### 5. 3 建物の倒壊箇所

こちらでも今回の報告では言及できなかったが、建物倒壊箇所の抽出に関しては、研究で使用した「だいち」の分解能では建物一戸一戸を識別するほど分解能が高くないので、一定以上の密集した建物群が被災し、災害の前後における輝度値の変化が生じる程度までになっていなければ抽出は困難であると考えられる。

### 6. 終わりに

今回の検討を通して、輝度値や NDVI 値による 2 時期の衛星画像の差分演算が被害抽出の可能性、特に NDVI 値の差分演算は、土砂災害による被災箇所を抽出する上で有効であることを確認した。ただし、被災を受けていないのに輝度値・NDVI 値の変化を伴うノイズに対する除去は今後の課題である。これについては気象情報のアーカイブデータを利用し、災害時の 2 時期の画像から季節変化域を解析し、季節変化除去による変数を加える等の付加情報を利用したノイズ除去や既存の土地条件図等を併用した被災箇所の抽出等、課題解決のための方策が考えられる。

これらの解決方策の有用性を確かめるとともに、これらの手法の適用事例を増やし、被災箇所抽出の迅速化、精緻化をはかり、今後の災害対応分野における衛星画像の活用を一層進めていくことが重要である。

### 参 考 文 献

- JAXA/EORC (2006) : ALOS/PRISM&AVNIR-2 Level 1 Data Processing Algorithm, Revision J, October.
- T. Iwata (2007) : Advanced Land Observing Satellite (ALOS) On-Orbit Status and Platform Calibration, Proc. of IEEE IGARSS2007, Barcelona, Spain.
- 高木幹雄, 下田陽久 (1991) : 画像解析ハンドブック, 東京大学出版会.
- J. Canny (1986) : A Computational Approach to Edge Detection, IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., Vol. PAMI-8, No. 6, 679-698.
- G. Borgefors (1988) : Hierarchical Chamfer Matching: A Parametric Edge Matching Algorithm, IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., Vol. 10, No. 6, 849-865.
- 佐久間正剛, 久保克巳, 仏円隆, 他 (2000) : 画像ベクトル表示による材料欠陥目視検査の自動化技術の開発, 第 6 回画像センシングシンポジウム講演論文集, 41-46.
- 佐野晃一, 近津博文 (2002) : 画像ベクトルを用いた航空写真からの倒壊家屋の自動検出に関する研究, 全国測量技術大会 2002 学生フォーラム発表論文集.
- 大林成行, 小島尚人 (2002) : 最新実務者のためのリモートセンシング, (株) フジ・テクノシステム.
- (財) 資源・環境観測解析センター (2002) : 資源・環境リモートセンシング実用シリーズ② 地球観測データの処理.
- (財) 資源・環境観測解析センター (2002) : 資源・環境リモートセンシング実用シリーズ③ 地球観測データからの情報抽出.
- 松岡昌志, 堀江啓, 大倉博 (2007) : 人工衛星 SAR 画像による被害地域検出手法の 2004 年新潟県中越地震への適用と高度化, 日本建築学会構造系論文集, No. 617, 193-200.
- Leica Geosystems Geospatial Imaging, LLC (2006) : ERDAS IMAGINE 9.1 On-Line Help.