

ネパール地震のALOS-2画像を用いた大規模崩壊及び天然ダムの判読抽出手法の検討

国土交通省砂防部地震・火山砂防室 ○岡本 敦
 国土交通省国土技術政策総合研究所 長井 義樹
 新潟大学災害・復興科学研究所 水野 正樹
 アジア航測株式会社 佐野 寿聰、屋木 わかな
 株式会社バスコ 鶴殿 俊昭、鈴木 崇
 国際航業株式会社 江川 真史、佐藤 匠

1. はじめに

2015年4月25日にネパールの大地震(Mw7.8)が発生したことから、国土交通省、公益社団法人砂防学会、公益社団法人日本地すべり学会をメンバーとする「ネパール地震大規模土砂災害衛星調査プロジェクト」を立ち上げた。この中で砂防学会として、今後、海外や国内で大規模地震が発生した時に実施できるALOS-2(だいち2号)PALSAR-2のLバンド合成開口レーダーの反射強度画像(以下、「ALOS-2画像」)による緊急判読調査手法を確立する目的で、ALOS-2画像の大規模崩壊・天然ダム判読抽出への適用性、実施手順、抽出精度、留意点及び判読効率等について検討した。

本検討で使用したALOS-2画像データは、独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)から防災利用実証実験の一環として土砂ワーキンググループを通じて提供を受けた。今回の検討で使用したALOS-2画像を表-1、図-1に示す。

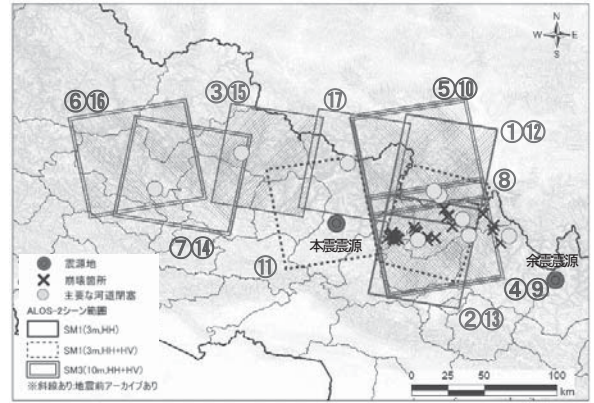


図-1 判読用ALOS-2画像と判読した河道閉塞・崩壊地の位置図

表-1 判読用ALOS-2画像一覧

時期	画像番号	パスフレーム	撮影日時	軌道方向	照射方向	偏波	分解能	オフアング
地震前	①	49-3040	2014/11/7	Des	西向	HH	3m	29.1°
	②	49-3050	2014/11/7	Des	西向	HH	3m	29.1°
	③	49-3040	2014/12/19	Des	西向	HH	3m	35.4°
	④	157-550	2015/02/21	Asc	東向	HH+HV	10m	32.5°
	⑤	157-560	2015/02/21	Asc	東向	HH+HV	10m	32.5°
	⑥	158-560	2015/02/26	Asc	東向	HH+HV	10m	32.5°
	⑦	50-3040	2015/03/04	Des	西向	HH+HV	10m	28.2°
地震後	⑧	56-3000	2015/05/01	Des	東向	HH+HV	3m	49.5°
	⑨	157-550	2015/05/02	Asc	東向	HH+HV	10m	32.5°
	⑩	157-560	2015/05/02	Asc	東向	HH+HV	10m	32.5°
	⑪	158-550	2015/05/07	Asc	東向	HH+HV	3m	38.2°
	⑫	49-3040	2015/05/08	Des	西向	HH	3m	29.1°
	⑬	49-3050	2015/05/08	Des	西向	HH	3m	29.1°
	⑭	50-3040	2015/05/27	Des	西向	HH+HV	10m	28.2°
	⑮	49-3040	2015/06/19	Des	西向	HH	3m	35.4°
	⑯	158-560	2015/10/08	Asc	東向	HH+HV	10m	32.5°
	⑰	49-3040	2015/6/5	Des	西向	HH	3m	32.4°

表-2 ALOS-2画像による河道閉塞・崩壊地の判読結果

		前後差分画像	前後差分画像	2偏波画像	2偏波画像				
		3m	10m	10m	3m				
		29.1°	32.5°	32.5°	49.5°				
		軌道方向・照射方向							
		南行・西向	北行・東向	北行・東向	南行・東向				
箇所番号	崩壊幅 Google Earth (m)	判読結果							
		①-⑫ ②-⑬	④-⑨ ⑤-⑩	⑨⑩	⑧				
河道閉塞	1	400	△	×	×				
	2	250	HAKU	○	○	△	×	シャドウ	
	3	1,000	LANGTANG	○	×	×	×	×	
	4	150		×	×	×	レイトパ	×	シャドウ
	5	160		×	×	×	×	シャドウ	
	6	85		×	×	×	×	シャドウ	
	7	180	10m 画像は湛水を判読	△	○	△	△	×	シャドウ
	8	280		○	△	△	×	シャドウ	
	9	200		○	×	×			
	10	95		○	×	×			
	11	50		○	×	レイトパ	×	レイトパ	
	12	70		○	×	×			
	13	500		○	×	レイトパ	×	レイトパ	
	14	1,000		○	×	レイトパ	×	レイトパ	
	15	30		○	×	レイトパ	×	レイトパ	
	16	50		×	レイトパ				
	17	90		○	△	×			
崩壊	18	220		○	×	レイトパ	×	レイトパ	
	19	200		×	レイトパ				
	20	300		○	×	レイトパ	×	レイトパ	
	21	70		○	×	レイトパ	×	レイトパ	
	22	80		○	×	レイトパ	×	レイトパ	
	23	240		×	シャドウ	×	レイトパ	×	レイトパ
	24	50		○	×	×			
	25	110		○	×	レイトパ	×	レイトパ	
	26	100		○	×	レイトパ	×	レイトパ	
	27	20		○	×	レイトパ	×	レイトパ	
	28	200		○	×	×	×		
	29	90		○	×	×	×		
	30	350		○	×	×	×		
	31	200	積雪上土砂		△	×			
	32	200	積雪上土砂		○	○			
	33	200	積雪上土砂		○	○			
	34	100			△	×			

凡例 ○:判読できる、△:不明瞭だが形状が確認できる、×:判読できない

2. 画像判読による抽出結果と視認性評価

ALOS-2画像判読により河道閉塞と崩壊地を抽出する場合に適するALOS-2画像の撮影条件を明確化するため、「地震前後のHH偏波反射強度画像の差分画像」(以下、「前後差分画像」)と、「HH+HVの2偏波反射強度(R:HH,G:HV,B:HH)画像の単独画像」(以下、「2偏波画像」)を用いて、図-1、表-2のとおり崩壊地を判読抽出するとともに視認性を比較評価した。

また、光学画像で湛水域延長500m以上の大規模な天然ダムが確認できたProk、Kali Gandaki川の2箇所についてALOS-2画像(画像番号:⑪,⑰,⑦-⑭,⑥-⑯)で確認したが、急峻な斜面勾配によるレーダーシャドウで判読抽出できなかった(図-2)。

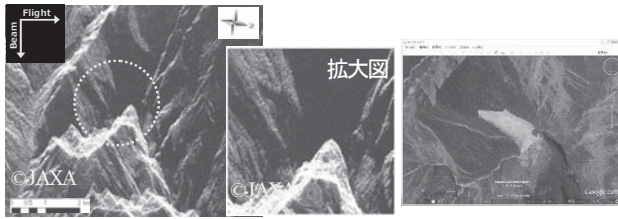


図-2 Prok 大規模天然ダムの画像例
(左: 3m 分解能 HH+HV 画像)(右: GoogleEarth 光学画像)

3. 判読効率

以下に示す条件で ALOS-2 画像を判読した時の作業量を表-3 のとおり取りまとめた。

- 判読作業には、光学写真のみならず SAR 画像による山間部の荒廃状況の判読経験を持ち、砂防の経験年数が 30 年以上と 20 年以上の技術者が各 1 名、計 2 名が携わった。
- SAR 画像が作業者の手元に届いた時点から判読成果が完成するまでの実作業時間を集計した。
- 判読した ALOS-2 画像は表-4 に示す 1 シーンである。災害前後の Google Earth 光学画像で崩壊地を判読して、ALOS-2 画像で崩壊地位置の視認性を確認した。
- 判読作業には ArcGIS 10.2 for Desktop、Google Earth を使用した。

表-3 ネパール ALOS-2 画像の判読作業量
※対象面積約 3,800km²の作業量 (単位: 人日)

項目		作業量
準備	作業フォルダに画像をコピー、ArcGIS 環境設定	1.0
	予察、地名、地形、既往崩壊地の確認	1.0
	Google Earth の操作環境の設定	0.5
判読	崩壊地抽出、位置マーク及び ID 等属性の入力	2.0
	地震前との比較による新規箇所絞り込み	2.5
	ALOS-2 画像上での視認性確認、ポリゴン作成、ID 等属性データ作成	2.5
成果作成	Google Earth 上で崩壊地位置の画像クリップ	1.0
	ArcGIS 上で崩壊地位置の画像クリップ	1.0
	画像とりまとめ、コメント作成、体裁調整	2.0
計		13.5

表-4 判読条件

	紀伊半島	ネパール
使用した衛星	TerraSAR-X	ALOS-2
波長・偏波	Xバンド・HH	Lバンド・HH
分解能	約 3m	約 3m
角度(°)	入射角 39.21°	オフレイ角 29.1°
軌道	北行軌道	南行軌道
判読に使用した画像	・災害後の単画像のみ ・光学画像なし	・地震前後差分画像 ・光学画像あり
判読した面積	約 1,500km ²	約 3,800km ²

ネパール ALOS-2 画像判読の単位面積当たりの作業時間は「13.5 人日 ÷ 3,800km² = 0.004 人日/km²」であり、時間になると 13.5 人日 × 7.5 時間 × 60 分 ÷ 3,800km² = 「約 1.6 分/km²」であった。

平成 23 年の紀伊半島大水害において河道閉塞箇所を SAR 画像で判読した報告¹⁾と作業効率を比較する。使用した画像は表-4 に示す TerraSAR-X の画像(撮影モード Strip Map、

観測幅東西約 30km × 南北約 50km (画像面積は約 1,500km²)、処理レベル GEC) であった。判読には約 10 名で当たり約 4 時間で判読が終了したとの記述がある。単位面積当たりの作業時間は「(10 人 × 4 時間) ÷ 1,500km² = 0.0267 人時間/km² = 約 1.6 分/km²」であり、1 日 7.5 時間で計算すれば 0.004 人日/km² であった。このように単位面積当たりの作業時間は紀伊山地とネパールではほぼ、同じであったが、表-4 に示すとおり、それぞれの作業内容は異なる点に留意が必要である。

紀伊半島の事例では、災害後の光学画像は無く、災害後の HH 単画像のみで撮影範囲をくまなく網羅的に判読した(ただし、災害前の光学画像、地形図等を活用)。他方、ネパールの事例では、災害前後の光学画像と HH の 3m 前後差分画像を同時に用いて、崩壊地をくまなく網羅的に判読した。表-2 のとおり HH の 3m 前後差分画像は崩壊幅 20m の崩壊地まで判読できた。結果として単位面積当たりの作業時間はほぼ同じであった。

4. まとめ

(1) 分解能による抽出対象限界の規模の比較

- 地震「前後差分画像」10m 分解能画像で抽出できた河道閉塞は、湛水延長又は崩壊幅が概ね 250m 以上の河道閉塞であった。
- 地震「前後差分画像」3m 分解能画像で抽出できたのは、崩壊幅が約 20m 以上の崩壊地であった。
- 抽出限界に近い大きさの崩壊地は見逃しやすい。

(2) 判読に有効な画像の種類比較

- 地震「前後差分画像」は、天然ダムが発色、積雪上の土砂堆積が発色し、HH+HV の「2 偏波画像」の判読に比べて判読性が良く、誤抽出が少ない。

(3) 画像の有効性の順位付け

- 今回の検討による画像の有効性の順位付けは、次のとおりである。
地震「前後差分画像」3m > 地震「前後差分画像」10m
≡ HH+HV 「2 偏波画像」3m > HH+HV 「2 偏波画像」10m

(4) 留意点

- 電波の入射角よりも斜面の傾斜が急峻な場所では、斜面が陰に隠れるレーダーシャドウにより、大規模天然ダムや大規模崩壊でも判読抽出できない場合がある。
- 約 3,800km² の前後差分画像 3m 分解能画像で、河道閉塞・崩壊地の判読効率は、約 0.004 人日/km² であった。
- 崩壊地 SAR 画像の見え方が現地状況(積雪、植生樹林被覆状況、等)により異なることから、発生崩壊地の標準的な SAR 画像を認識(目合わせ)して判読を実施する。そこで、崩壊後の現地写真又は光学画像と位置情報が全く無い場合は判読効率が低下する。

<参考文献>

- 林真一郎ほか(2012): 高分解能 SAR 衛星画像を用いた台風 12 号での河道閉塞箇所の推定. 平成 24 年度砂防学会研究発表会概要集, R-21.