

高分解能 SAR 画像を用いた河道閉塞箇所抽出手法の検討

国土政策技術総合研究所砂防研究室 林真一郎、水野正樹、佐藤 匠、岡本 敦
株式会社パスコ ○鶴殿俊昭、吉川和男、野田敦夫

1. はじめに

2011 年台風 12 号により紀伊半島で発生した大規模土砂災害において、改正土砂災害防止法の緊急調査の対象となった河道閉塞箇所の、人工衛星合成開口レーダー画像（以下、SAR 画像と記す）の判読による抽出（赤谷、栗平）に成功した。これを踏まえ、撮影条件・衛星等の撮影諸元の異なる SAR 画像を用いて各河道閉塞箇所の視認性を評価し、SAR 画像による河道閉塞箇所を判読・抽出する技術的基準・手法を整理した。

2. 河道閉塞の地形的特徴と SAR 画像判読のキー

河道閉塞の地形的特徴は形成の時系列に従えば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発生する。➡ 大きな裸地、露岩地が出現する。崩れた跡が馬蹄形、板状などの形状を呈し、凹地が出現する。
- 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。➡ 新たな水面が出現する。
- 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。道路等の連続性が絶たれる。

これらのうち SAR 判読の際に特に重要になる地形的特徴を重要な順に記すと次の通りである。

- ・水面の出現・・・河道閉塞による河川上流域での湛水域の形成
- ・連続性の切断・・・谷・水みちや道路等の連続性の消滅
- ・深層崩壊の形状、地形変化・・・大きな凹地形や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）の出現、堆積物による大きな凸地形の出現
- ・肌理（きめ）の変化・・・新たな裸地化による周辺との地被状況の差
- ・上記要素の組み合わせ・・・上記要素の組み合わせと地形的な位置関係

3. 判読手順とチェック項目

SAR 画像の判読の際には上記の地形的特徴をふまえ、特に、新たに形成された湛水域に着目し、その他の地形要素との組み合わせにより総合的に判断して河道閉塞箇所を抽出する。この判読基準と手順を整理し、判読チェックリストを作成した。上から順次チェックし、該当するものに○、不明瞭な場合△、該当しない場合×を記す。

4. 視認性評価

奈良県十津川村周辺を撮影した撮影条件・衛星等の撮影諸元の異なる SAR 画像を用いて、判読チェックリストに従った判読を行い、視認性の評価を行った。評価に用いた河道閉塞箇所は国土交通省が確認し公表している 17 箇所のうち、画像の範囲内の 11 箇所である。また、用いた SAR 画像は、マイクロ波の照射方向・照射角度（入射角）・衛星及びバンドなどの異なる 9 種類である。表-2 に視認性の評価結果を示した。撮影諸元毎に評価結果をまとめると以下のとおりである。これは今回の検討から得られた河道閉塞抽出に適した SAR 画像の撮影条件、および、地形条件である。視認性の例として⑥赤谷における 3 衛星の画像を図-1 に示した。

A)照射方向

片側照射のみの SAR 画像では斜面方位によっては抽出精度に偏りが生じ、50～70%程度の抽出率となる。両側からの画像を用いれば抽出率は 90%に向上する。このため、片側照射方向の画像では読みとれない範囲をカバーするために、逆側からの照射画像の取得も行い抽出精度を高めることが望ましい。

表-1 判読チェックリスト

確認範囲	チェック項目	判断基準	評価
河道	湛水域	・湛水域と想定される暗い領域が確認されるか ・上下流の湛積幅と比べ不自然な幅となっているか ・ダム・取水堰等の人工構造物による湛水域は無い	
周辺地形	斜面勾配	・湛水域近傍に斜面は存在するか ・周辺斜面は発生する程度の急勾配斜面か 等	
崩壊地	滑落崖	・湛水域周辺に滑落崖が確認できるか ・滑落崖周辺に段差によるシャドウ・レイオーバーは確認できるか ・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	
	崩壊地内	・滑落崖の下に崩壊形状は確認されるか ・崩壊形状は斜面方向と整合しているか 等	
	崩壊土砂 (河道閉塞部)	・崩壊地内から下部にかけて崩壊土は確認できるか ・崩壊土の形状は舌状になっているか ・崩壊土の到達範囲は地形形状と整合しているか ・河道閉塞部は谷を埋積する形状となっているか ・河道閉塞部の上流に湛水域は形成されているか ・崩壊土上に倒木等の形状は確認されるか 等	
	崩壊規模	・河道閉塞が発生する程度の崩壊規模か ・崩壊地内・崩壊土等の表面は周辺林地と比べ平滑になっているか	
	画像の肌理		
相対的位置関係	上下関係等	・滑落崖・崩壊土・湛水域等の位置関係に不自然さはないか ・崩壊土の到達範囲は地形と整合しているか 等	
	周辺地物	・周辺の道路網に分断はないか ・建物が埋積されているような状況は確認されるか	
判 定			

表-2 各河道閉塞箇所の視認性評価結果

○：抽出可能

△：抽出は困難だが形状はある程度読みとれる

×：形状が読みとれない

※画像 No. 0 は台風 12 号災害対策に実際に使用した画像

衛星						TerraSAR-X						COSMO-SkyMed		RADARSAT-2		RADARSAT-2													
画像No						0		3		4		4'		5		6		7		8		8'							
撮影日						2011/9/5		2011/9/20		2011/10/6		2011/10/6		2011/11/19		2012/1/21		2011/9/10		2012/1/10		2012/1/10							
軌道						北行軌道		南行軌道		南行軌道		南行軌道		南行軌道		北行軌道		南行軌道		北行軌道		北行軌道							
照射方向						東向き		西向き		西向き		西向き		西向き		東向き		西向き		東向き		東向き							
分解能						3m		1.7m		3m		3m		3m		3m		3m		3m		8m							
入射角						39°		51°		37°		37°		39°		21°		34°		36°		36°							
偏波						HH		HH		HH		HH		HH		HH		HH		HH		HH							
箇所No						箇所名		面積(ha)		方位		勾配(°)																	
①						坪内		2.0		南東		32		○				×		○		×							
②						坪内		11.8		東		31		○				×		○		△							
③						坪内		5.2		北西		33		○				×		○		×							
④						宇井		8.7		北東		38		○		×		×		○		○							
⑤						長殿		19.5		北西		37		○		○		○		○		×							
⑥						赤谷		28.2		北西		37		○		○		○		○		○							
⑦						栗平		33.7		北		35		○				○		○		○							
⑧						野尻		16.9		北西		36		×				△		○									
⑩						檜股		0.6		西		36		×				×											
⑭						北股		5.5		南西		35		×				△		×									
⑮						三越		6.3		北		36		○															
位置づけ										基本		分解能		照射方向		照射方向		照射方向		入射角		センサ相違		Cバンド		分解能			
集計										①対象数		11		3		8		1		5		9		8		7		7	
										②○		8		2		4		0		2		0		4		7		3	
										③△		0		0		1		0		1		1		1		0		1	
										④×		3		1		3		1		2		8		3		0		3	
										視認可(②+③/①)		73%		67%		63%		0%		60%		11%		63%		100%		57%	

B)入射角

SAR 画像取得時の入射角が小さくなると歪みが大きくなり河道閉塞抽出に影響を及ぼすため、一定程度の入射角を確保する必要がある。概ね 35° ～50° 程度が望ましい。

C)センサ(衛星)の違い (COSM-SkyMed (X バンド、イタリア) との比較)

センサ(衛星)の違いによる視認性の差は見られないので、災害発生時には画像取得が早い衛星画像を選定することが望ましい。

D)バンドの違い (RADARSAT-2 (C バンド、分解能 3 mモード、カナダ) との比較)

X バンド・C バンドの違いによる視認性の差は見られないので、災害発生時には画像取得が早い衛星画像を選定することが望ましい。

E)分解能 (RADARSAT-2 (C バンド、分解能 8 mモード、カナダ) との比較)

河道閉塞を抽出する際の SAR 画像分解能は、3m 程度以下であることが望ましい。なお、3mより高分解能な SAR 画像はより詳細な現地状況が判読できるが、撮影範囲が狭くなるため注意を要する。

F)判読可能な崩壊発生規模

紀伊半島における判読結果からは、平面投影面積 1ha 程度未満の河道閉塞は判読が困難である可能性が考えられる。このため、SAR 画像から抽出された河道閉塞は、ある一定規模以上の深層崩壊等によるものと解釈する必要がある。また、⑧野尻のように、崩壊地が大きくても河道閉塞が土石流の流下によるものである場合は、判読が困難である可能性が考えられる。

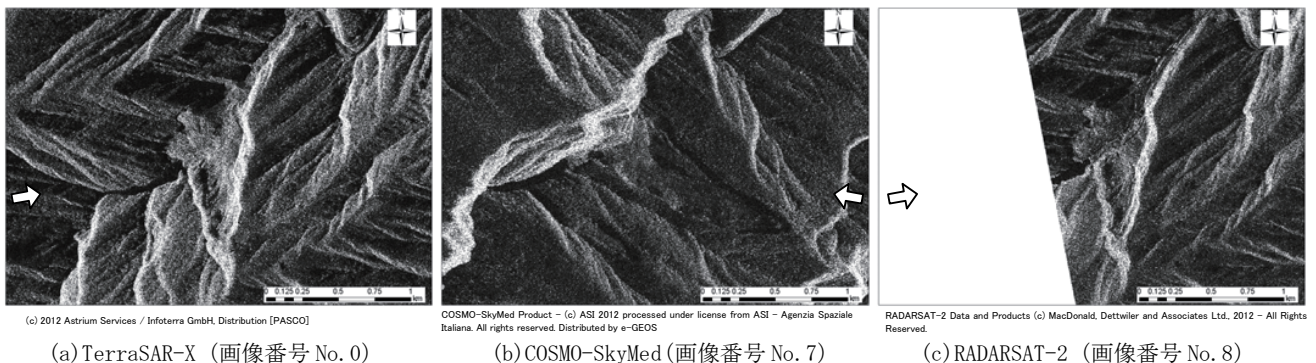


図-1 視認性の例 (⑥赤谷) (矢印は照射方向)

5. おわりに

この検討により、河道閉塞箇所を判読・抽出するために必要な SAR の撮影諸元と判読基準をまとめることができた。今後は日本の JAXA の ALOS-2 はじめ新たな SAR 衛星の打ち上げも予定されており、本成果とともに大規模土砂災害時の活用が期待される。特に、今回作成した判読チェックリストは判読作業における誤判読・見落とし防止、個人差の均一化に寄与すると思われ、今後の活用が望まれる。