

異なる波長帯の SAR 衛星画像を活用した土砂災害発生箇所判読手法の検討

国土技術政策総合研究所 ○金澤瑛、村木昌弘、瀧口茂隆

一般財団法人リモート・センシング技術センター 井鍋僚祐、佐藤鞠江、奈良誠大、大森直登、平松真宙、鈴木大和

1. はじめに

豪雨や地震後に広域に土砂災害発生箇所を調査する手法として、合成開口レーダー(以降、SAR という)を搭載した人工衛星の利用が進められている。鈴木ら¹⁾は、Lバンドの波長帯の電磁波を照射するSARを搭載した人工衛星ALOS-2の画像を利用して、土砂災害前後の2時期の画像の後方散乱強度の差分を可視化した強度差分SAR画像(以降、差分画像という)を作成し、画像の色の分布の特徴から土砂災害が発生した箇所を判読する方法(以降、強度差分法という)を提案した。しかしながら、現在提案されている強度差分法は、土砂災害前後のALOS-2の画像のみを用いることとしているため、判読できる範囲が当日のALOS-2の軌道や観測条件に依存するという課題があり、迅速な調査が求められる緊急時において必要な観測が実施できない可能性がある。

そこで、本研究では、強度差分法の汎用性の拡大を目指し、強度差分法にALOS-2とは異なる波長帯のSAR衛星を適用することの効果や課題を把握することを目的に、ALOS-2の画像とXバンドSAR衛星であるCOSMO-SkyMed(以降、CSKという)の画像を用いて強度差分法による目視判読実験を実施したので、その結果を報告する。

2. 異なる波長帯のSAR衛星画像を用いた強度差分法による目視判読実験

2.1. 実験ケース

マイクロ波の波長帯によって散乱特性が異なることから、SARの波長帯の違いによって、差分画像における土砂災害発生箇所の視認性が変化する可能性がある。また、植生等の土地被覆の季節的な変化によっても差分画像の視認性が変化する可能性がある。そこで、強度差分法に用いる2時期のSAR画像に、波長帯や季節が異なる画像を用いて強度差分法を実施する目視判読実験を行った。

実験の対象とした災害は、平成29年7月九州北部豪雨災害(H29 福岡)と平成30年7月西日本豪雨災害(H30 広島)である。実験ケースと実験に用いた画像は表-1のとおりである。それぞれのケースで用いる2時期のSAR画像は、同じ波長帯、異なる波長帯、同じ季節、異なる季節の画像の組み合わせをそれぞれ入れ替えた。

2.2. 差分画像の作成

図-1に、差分画像作成のフローを示す。2時期で同じ波長帯の画像を用いたケース(ケース1, 2, 5, 6)では、地形による後方散乱強度への効果を除くため斜面勾配補正を実施した。また、スペックルノイズの影響を低減するため移動平均フィルタによる処理を実施した。2時期で異なる波長帯の画像を用いたケース(ケース3, 4, 7, 8)では、後方散乱強度の値の分布が大きく異なり適切な差分画像が作成できない可能性が考えられたため、2枚の画像の後方散乱強度のヒストグラムを合わせるヒストグラムマッチング処理も加えて実施した。

表-1 判読実験ケースと実験に用いた画像

(a) 平成29年7月九州北部豪雨災害

実験ケース	強度差分画像に用いる画像								画像1と2の季節の条件
	画像1				画像2				
	衛星	観測日	観測方向	入射角(°)	衛星	観測日	観測方向	入射角(°)	
1	ALOS-2	2017/9/7 15:11	AR	29.1	ALOS-2	2017/5/18 15:10	AR	29.1	同じ季節
2	CSK	2017/8/13 9:10	DR	24.13	CSK	2017/6/26 9:10	DR	24.13	同じ季節
3	ALOS-2	2017/9/7 15:11	AR	29.1	CSK	2017/6/4 21:00	AR	35.9	異なる季節
4	CSK	2017/7/18 21:01	AR	35.9	ALOS-2	2017/6/20 15:16	AR	38.2	同じ季節
5	ALOS-2	2016/12/6 15:17	AR	38.2	ALOS-2	2017/6/20 15:16	AR	38.2	異なる季節
6	CSK	2017/2/2 9:10	DR	24.13	CSK	2017/6/26 9:10	DR	24.13	異なる季節
7	ALOS-2	2016/12/6 15:17	AR	38.2	CSK	2017/6/4 21:00	AR	35.9	異なる季節
8	CSK	2017/2/2 9:10	DR	24.13	ALOS-2	2016/4/29 14:43	AL	21.9	異なる季節

(b) 平成30年7月西日本豪雨災害 - 広島

実験ケース	強度差分画像に用いる画像								画像1と2の季節の条件
	画像1				画像2				
	衛星	観測日	観測方向	入射角(°)	衛星	観測日	観測方向	入射角(°)	
1	ALOS-2	2018/8/29 3:10	DR	35.4	ALOS-2	2018/6/20 3:10	DR	35.4	同じ季節
2	CSK	2018/7/9 8:58	DR	32.0	CSK	2018/4/20 8:58	DR	32.0	同じ季節
3	ALOS-2	2018/7/21 15:04	AR	32.4	CSK	2018/4/26 20:49	AR	30.62	同じ季節
4	CSK	2018/7/9 8:58	DR	32.0	ALOS-2	2018/6/20 3:10	DR	35.4	同じ季節
5	ALOS-2	2017/11/22 3:10	DR	35.4	ALOS-2	2018/6/20 3:10	DR	35.4	異なる季節
6	CSK	2018/1/17 9:04	DR	24.13	CSK	2017/7/1 9:04	DR	24.13	異なる季節
7	ALOS-2	2017/3/15 3:09	DR	35.4	CSK	2017/8/15 8:57	DR	33.63	異なる季節
8	CSK	2014/12/8 9:07	DR	24.13	ALOS-2	2014/8/26 14:30	AL	29.1	異なる季節

AR:北行軌道・右側観測、DR:南行軌道・右側観測、AL:北行軌道・左側観測

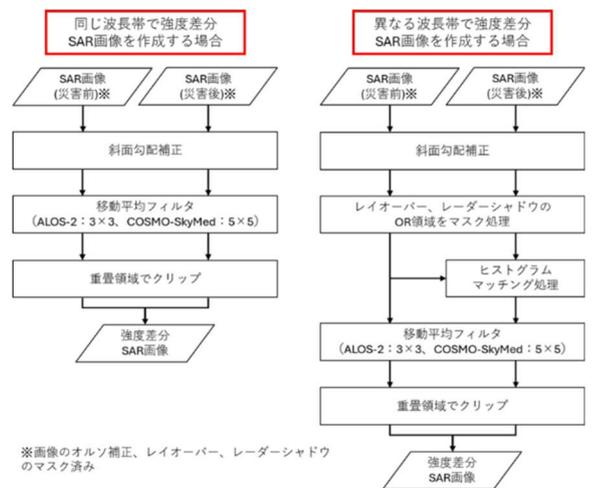


図-1 差分画像作成フロー

2.3. 判読実験の評価

ケース1からケース4では、土砂災害の発生・非発生および差分画像の変化の有無によって二値分類を実施し、適合率（差分画像の変化があった箇所のうち、実際に土砂災害が発生した箇所の割合）、再現率（実際に土砂災害が発生した箇所のうち、差分画像の変化があった箇所の割合）、F値（適合率と再現率の調和平均）を算出することで判読の精度を評価した。また、全てのケースにおいて、判読した箇所の視認性の特徴を整理した。

3. 結果と考察

図-2に、H29福岡のケース1からケース4の差分画像の例を示す。全体的な見た目の印象は各ケースで差異があるものの、すべてのケースにおいて、災害箇所は谷地形に沿って赤色が明瞭に見られ、その下流側でシアン色が確認できた。また、判読した箇所の特徴を整理した結果、現行のALOS-2画像のみを用いるケースと比較して、他の波長帯の画像を用いるケースのみで災害箇所を判読できなかったという事例は確認されなかった。

表-2に、ケース1からケース4における判読実験の精度評価の結果を示す。H29福岡では、適合率は75.0~95.8%、再現率は1.9~4.7%、F値は0.037~0.089であった。H30広島では、適合率は96.1~98.9%、再現率は7.4~14.0%、F値は0.137~0.246であった。H29福岡の適合率においてケース間に差異はあるものの、適合率、再現率、F値は、概ね各災害事例のケース間でほぼ同程度の値であり、実験ケース間の差よりも対象とする災害事例間の差の方が大きいことが分かった。この結果から、強度差分法において、現行のALOS-2画像のみを用いる手法と異なる波長帯の画像を用いる手法では、判読の視認性に大きな差は無いと考えられる。

図-3には、H29福岡のケース5からケース8の差分画像の例を示す。災害前後にALOS-2の画像どうしを用いるケース5では明瞭な変化が見られないものの、それ以外のケースでは落葉樹が分布する領域で変化が見られた。これは、光学画像から分かるように、冬季の落葉によって後方散乱強度が変化したためだと考えられる。したがって、波長の長いALOS-2どうしの組み合わせであれば季節による影響は受けにくいものの、CSKの画像どうしの組み合わせや災害前後のどちらかにCSKの画像を使用する場合は、季節的な変化の影響を受ける可能性があると考えられる。

これらの結果を総合すると、強度差分法にALOS-2とは異なるXバンドの波長帯のSAR衛星を適用する場合、季節的な変化の影響を考慮する必要があるものの、適切な前処理を実施することで、現行のALOS-2画像のみを用いる手法と同程度の判読精度で強度差分法を実施できる可能性があることが示唆された。

参考文献

1) 鈴木ら(2020): 合成開口レーダ(SAR)画像による土砂災害判読の手引き, 国土技術政策総合研究所資料第1110号

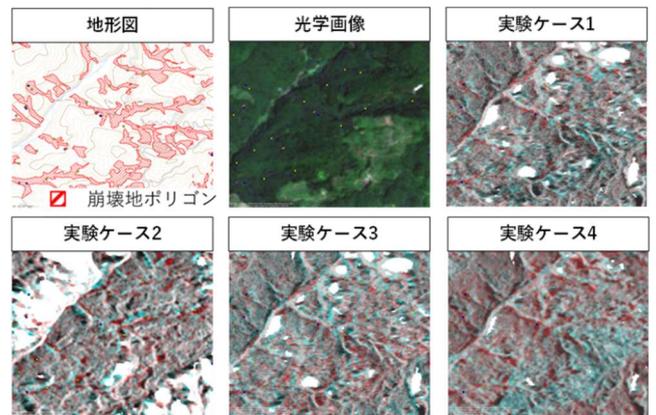


図-2 差分画像の例 (H29 福岡・ケース1~4)

表-2 精度評価の結果 ●: 4ケースのうちの最大値 ●: 4ケースのうちの最小値

H29福岡		実験ケース1		実験ケース2		実験ケース3		実験ケース4	
		災害前: ALOS-2		災害前: CSK		災害前: ALOS-2		災害前: CSK	
		災害後: ALOS-2		災害後: CSK		災害後: CSK		災害後: ALOS-2	
		強度差分SAR画像の変化		強度差分SAR画像の変化		強度差分SAR画像の変化		強度差分SAR画像の変化	
		有	無	有	無	有	無	有	無
土砂災害	発生	30	605	23	612	12	623	15	620
	非発生	8		1		4		2	
適合率		78.9%		● 95.8%		● 75.0%		● 88.2%	
再現率		● 4.7%		● 3.6%		● 1.9%		● 2.4%	
F値		● 0.089		● 0.07		● 0.037		● 0.046	

H30広島		実験ケース1		実験ケース2		実験ケース3		実験ケース4	
		災害前: ALOS-2		災害前: CSK		災害前: ALOS-2		災害前: CSK	
		災害後: ALOS-2		災害後: CSK		災害後: CSK		災害後: ALOS-2	
		強度差分SAR画像の変化		強度差分SAR画像の変化		強度差分SAR画像の変化		強度差分SAR画像の変化	
		有	無	有	無	有	無	有	無
土砂災害	発生	88	574	49	613	93	569	51	611
	非発生	1		2		1		2	
適合率		● 98.9%		● 96.1%		● 98.9%		● 96.2%	
再現率		● 13.3%		● 7.4%		● 14.0%		● 7.7%	
F値		● 0.234		● 0.137		● 0.246		● 0.143	

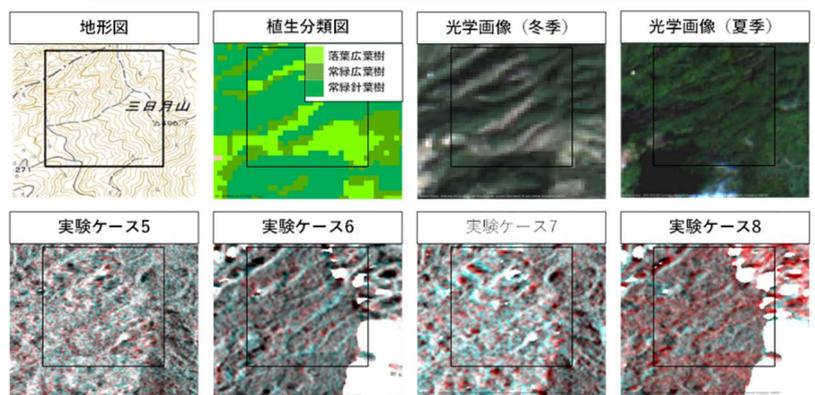


図-3 差分画像の例 (H29 福岡・ケース5~8)