

HV 偏波を用いた二時期 SAR 強度画像による土砂移動箇所の抽出に関する一考察

国土技術政策総合研究所 ○村木 昌弘, 金澤 瑛, 瀧口 茂隆

1. はじめに

人工衛星に搭載された合成開口レーダ（以下、SAR という）は、夜間・悪天候時にも広域的に観測を行うことができる。そのため、SAR を用いた大規模土砂災害の判読調査手法が提案され（鈴木ほか¹⁾²⁾）、実際の災害時にも活用されている。現在運用されている ALOS-2 は災害用ベースマップに HH 偏波のみを使用しているが、後継機の ALOS-4 は新たに HV 偏波が追加される予定である。HV 偏波の方が HH 偏波より土砂移動箇所の抽出に有効である可能性が高いと先行研究（伊東ほか³⁾や三浦ほか⁴⁾）で指摘されていることから、HV 偏波を使用した判読手法について検討する必要がある。HH 偏波と HV 偏波は散乱特性が異なり、HH 偏波の後方散乱強度は局所入射角（以下、LIA という）に対して影響を受けることが指摘されている（山下ほか⁵⁾）が、HV 偏波に対する LIA の影響が HH 偏波の場合と同様の傾向を示すかどうかは明らかになっていない。そこで本研究では、土砂災害時の判読に LIA の影響を考慮した上で HH 偏波か HV 偏波のどちらの偏波を使用すべきかを把握するために、二時期 SAR 強度画像による土砂移動箇所抽出に伴う傾向や特性の分析を行った。

2. 対象および手法

2. 1 対象

分析対象は、表 1 に示す 4 つの災害（6 事例）とし、SAR データは ALOS-2 が解像度 6m で観測したものをを使用した。土砂移動箇所（ポリゴンデータ）は災害後の航空写真や LP 成果から判読したものを使用し、平成 28 年熊本地震は九州地方整備局、平成 30 年北海道胆振東部地震は北海道開発局より提供いただいた。平成 29 年 7 月九州北部豪雨は国総研土砂災害研究室が保有しているデータを使用し、平成 30 年 7 月西日本豪雨は広島大学平成 30 年 7 月豪雨災害調査団（地理学グループ）の判読結果を使用した。なお、本研究で対象とする土砂移動箇所とは崩壊地と侵食部分を指す。

2. 2 手法

鈴木ほか¹⁾²⁾の手法では、土砂移動箇所の二時期の後方散乱強度の変化（差）が大きいほど、二時期 SAR 強度画像上での推定・判読が容易となり、土砂移動箇所の抽出には有効であると考えられる。従って、本研究では HH 偏波、HV 偏波それぞれの災害前後の SAR データに対して、災害前から災害後を差し引いた強度画像の差分図を作成した後、レイオーバーやレーダーシャドウ等の不可視領域を含まない土砂移動箇所ポリゴン内における二時期の後方散乱強度差の中央値（以下、二時期強度差という）を抽出し、HH 偏波と HV 偏波のそれぞれの二時期強度差を比較した。また、LIA を 15° 毎の区間に分けて、各区間に存在するすべての土砂移動箇所における二時期強度差の平均値を比較した。鈴木ほか¹⁾²⁾では解像度 3m の SAR 画像を使用し、堆積域を含む土砂移動面積が 2,000m² 以上の場合、検出率が 7 割程度であることが報告されている。本研究では解像度 6m の SAR 画像を使用していることを踏まえて、4,000m² 以上の土砂移動箇所に絞り込み、同様の比較をした。

3. 結果

3. 1 HH 偏波と HV 偏波の二時期強度差の関係

各事例における HH 偏波と HV 偏波の二時期強度差の関係を図 1 に示す。図 1 より、回帰直線が図の右下の領域に位置していることが分かる。このことは同じ土砂移動箇所ポリゴンを見たときに、HH 偏波よりも HV 偏波の方が二時期の後方散乱強度の差が大きい傾向にある事を示唆しており、先行研究を踏襲する結果が得られた。

3. 2 LIA による二時期強度差の比較

各 LIA 区間の二時期強度差の土砂移動箇所ポリゴン内の平均値を比較した結果を表 2 に示す。表 2 の HV>HH の割合に着目すると、全箇所と比較した場合は LIA \geq 45 で 67~83% であるのに対し、LIA<45 では全て 33% であった。このことは LIA \geq 45 であれば HV 偏波を用いた方が土砂移動箇所の抽出には有効であることを示唆している一方で、LIA<45 であれば

表 1：対象災害および使用する SAR データの諸元

No.	災害名称	発災日	観測日		オフナ ディア角
			発災前	発災後	
①	平成28年熊本地震	2016/4/16	2015/12/3	2016/4/21	30.4
②	"	2016/4/16	2015/9/24	2016/9/22	32.7
③	平成29年7月九州北部豪雨	2017/7/6	2016/8/11	2017/7/13	30.4
④	平成30年7月西日本豪雨	2018/7/8	2017/7/31	2018/7/30	25
⑤	"	2018/7/8	2017/9/16	2018/9/15	32.7
⑥	平成30年北海道胆振東部地震	2018/9/6	2018/8/25	2018/9/8	28.4

HH 偏波を用いた方が有効であることを示唆している。4,000m²以上では（事例の少ない LIA<15 と 75≤LIA<90 を除いて）LIA に寄らず 60~80%となり、HV 偏波を用いた方が土砂移動箇所抽出には有効であることが示唆された。

4. LIA と後方散乱強度の関係についての考察

LIA による比較結果より、全事例で比較した場合、LIA45° を境に HH 偏波と HV 偏波で異なる傾向が見られた。

一般的に LIA が大きくなると後方散乱強度は小さくなる傾向があり、その変化の程度は表面粗度の違いが影響することが知られている（図2）。森林における HH の後方散乱強度と HV の後方散乱強度は、LIA の変化に応じて同様に変化するのに対して、崩壊地における HH の後方散乱強度は、LIA が小さい場合に HV の後方散乱強度に比べて急激に低下することが指摘されている（飯坂ほか⁶⁾）。そのため、LIA が小さい場合には、HH の方が森林と崩壊地の後方散乱強度の差が大きくなりやすくなると考えられる。本研究において、LIA<45° の範囲において HH 偏波の後方散乱強度の差が HV 偏波よりも高くなる傾向を示したのは、このような理由が考えられる。

本研究の結果、HH 偏波と HV 偏波では LIA の影響が異なり、土砂災害の判読において LIA によって適した偏波があることが分かった。今後は事例毎の検証が必要だが、ALOS-4 運用開始以降は 2 偏波の情報を効果的に組み合わせることで、これまでは把握できなかった崩壊箇所も抽出できるようになる可能性がある。

参考文献

- 1) 鈴木ほか (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, No. 1110.
- 2) 鈴木ほか (2021) : 災害時における合成開口レーダ (SAR) の散乱変化事例解説集, 国土技術政策総合研究所, No. 1159.
- 3) 伊藤ほか (2017) : 平成 28 年熊本地震を対象とした土砂崩壊の発生箇所抽出の試み, (一社)日本リモートセンシング学会 第 63 回学術講演会論文集.
- 4) 三浦ほか (2023) : ALOS-2/PALSAR-2 多偏波データを用いた土砂移動箇所の検出, 令和 5 年度砂防学会研究発表会概要集.
- 5) 山下ほか (2019) : 二時期 SAR 強度画像を用いた土砂移動箇所判読精度の検証—平成 29 年 7 月九州北部豪雨の事例—, 砂防学会誌, Vol. 71, No. 6, pp. 21-27.
- 6) 飯坂讓二, 日本写真測量学会 (1998) 合成開口レーダハンドブック 地球環境計測の新しい技術, p. 19.

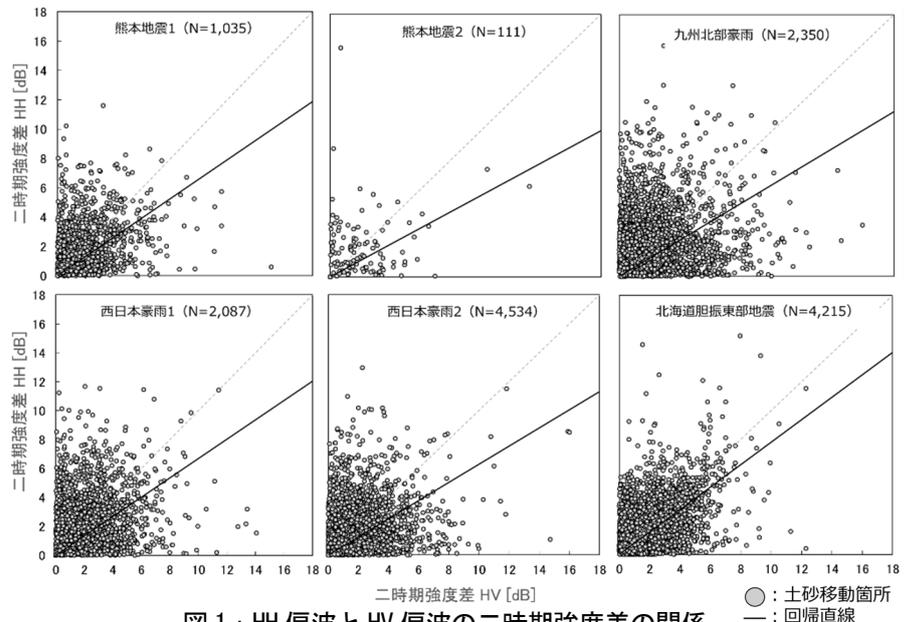


図1: HH 偏波と HV 偏波の二時期強度差の関係 (両軸の値は統一しており、図中の N は土砂移動箇所数を示す。)

表 2: LIA による二時期強度差の比較

(dB 差は各 LIA 区間の HV の二時期強度差の平均値から HH の二時期強度差の平均値を引いた値を示し、箇所数は各 LIA 区間に存在する土砂移動箇所数を示す。HV>HH の割合は各 LIA 区間で土砂移動箇所が存在する事例のうち、dB 差が 0 以上であった事例の割合を示す。)

No.	災害名称 【全箇所】	LIA<15		15≤LIA<30		30≤LIA<45		45≤LIA<60		60≤LIA<75		75≤LIA<90	
		dB差	箇所数	dB差	箇所数	dB差	箇所数	dB差	箇所数	dB差	箇所数	dB差	箇所数
①	熊本地震1	0.17	13	0.34	139	-0.16	256	-0.02	285	-0.06	294	0.02	48
②	熊本地震2	0.08	2	1.01	8	-0.41	46	0.22	34	0.80	20	0.53	1
③	九州北部豪雨	-0.39	209	-0.05	553	-0.03	568	0.02	654	0.09	348	0.10	18
④	西日本豪雨1	-0.10	171	-0.11	411	0.02	698	-0.05	716	-0.12	90	-2.04	1
⑤	西日本豪雨2	-0.22	162	-0.15	801	-0.03	955	0.03	1664	0.03	922	0.67	30
⑥	北海道胆振東部地震	-0.41	64	-0.02	595	0.10	1434	0.01	1786	0.02	330	0.08	6
	HV>HHの割合	33%		33%		33%		67%		67%		83%	
	【4,000m ² 以上】												
①	熊本地震1	-	0	-0.33	2	-0.43	12	0.06	15	-0.21	14	0.69	1
②	熊本地震2	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
③	九州北部豪雨	-	0	-0.96	2	0.53	2	0.05	5	-	0	-	0
④	西日本豪雨1	-	0	1.27	3	-0.84	1	1.46	1	-	0	-	0
⑤	西日本豪雨2	-	0	0.05	6	0.16	15	-0.19	28	0.53	2	-	0
⑥	北海道胆振東部地震	-0.26	4	0.32	90	0.34	342	0.28	497	0.35	34	-	0
	HV>HHの割合	0%		60%		60%		80%		67%		100%	

■ : (HV の dB 差) > (HH の dB 差)
 ■ : (HV の dB 差) < (HH の dB 差)

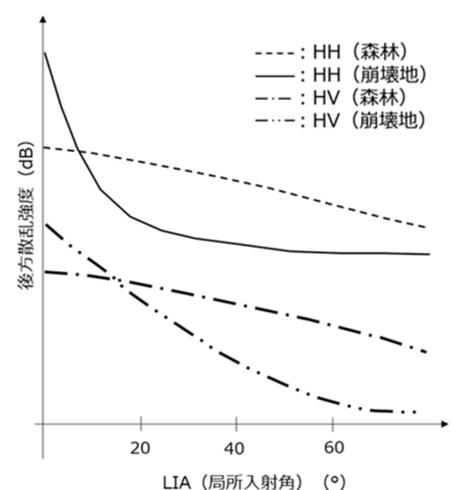


図2: HH 偏波および HV 偏波における表面粗度の違いによる後方散乱強度と LIA の関係 (イメージ)