# 全偏波航空機 SAR 画像を用いた 2016 年熊本地震による斜面崩壊と橋梁被害の検出

1		は	じ	め	12
	•	10		U)	· ~

将来日本で発生が危惧されている首都直下型地震 や南海トラフ地震では、津波や斜面崩壊、強震動に よる道路橋や鉄道橋等の交通インフラの被害が懸念 されている. 地震や津波などの自然災害は被害が広 範囲に及ぶことが多く、現地調査による迅速な被災 情報の把握は極めて困難である. リモートセンシン グ技術は地上を広域かつ瞬時に観測できる特徴から, 自然災害の把握に有効である <sup>1)</sup>. リモートセンシン グ技術の1つである合成開口レーダ(SAR: Synthetic Aperture Radar)は、マイクロ波を地表面に照射し、そ の反射波を受信して画像を作成するため、天候の影 響を受けず夜間でも観測可能である。実際、情報通 信研究機構(NICT)は 2011 年東北地方太平洋沖地震 や 2016 年熊本地震の際に、全偏波航空機 SAR(Pi-SAR-X2)センサを用いた被災地の緊急観測を行った. 本研究は、2016年熊本地震により被害を受けた南阿 蘇村を対象に、Pi-SAR-X2 画像における 3 つの橋梁 と斜面崩壊の後方散乱特性の変化を調べた.4 成分 散乱電力分解を利用し,橋梁輪郭内の散乱電力割合 の変化による橋梁被害の把握を試みた.

## 2. 対象地域と使用する航空レーザーデータ

2016 年 4 月 14 日と 16 日に発生した Mw 6.2 と Mw 7.0 の地震により斜面崩壊が広範囲にみられた 熊本県南阿蘇村を対象地域とした.表1 に使用した Pi-SAR-X2 データの撮影条件を示す. 地震前後の観 測では航空機の機首(アジマス)方向の差がわずか 1 度であったため,位置補正後 2 枚の SAR 画像を重 ねて比較することが可能である.

本研究では SAR 画像の後方散乱特性を検討する ため,撮影された4 偏波を用いて4 成分散乱電力分 解を行った.4 成分散乱電力分解とは,ターゲット から反射されたマイクロ波の散乱現象を表面散乱 (Ps),体積散乱(Pv),2 回反射散乱(Pd),ヘリッ クス散乱(Pc)に分解することで,より詳細に散乱 メカニズムを識別できる方法である<sup>2)</sup>.地震後に撮 影した対象地である南阿蘇村の航空写真と Pi-SAR-X2 の散乱電力成分のカラー合成画像を図1 に示す.

正会員	○リュウ・ウェン
非会員	田邉 諒士
正会員	山崎 文雄
正会員	児島 正一郎
	正会員 非会員 正会員 正会員

表1 使用する2時期のPi-SAR-X2画像の撮影条件

撮影日		2015/12/5	2016/4/17
飛行高度	[m]	8981	9027
機首方向 [°]		-91.3	-90.3
	Near	39.0	38.1
撮影角度 [°]	Center	42.6	41.8
	Far	46.0	45.2
解像度 (A x R) [m]		0.30×0.44	0.30×0.45
リサンプリングサイズ		0.30 m/pixel	



図1 対象地域における国土地理院が2016年4月16日 に撮影した航空写真(左)と4月17日撮影したPi-SAR-X2 画像の散乱電力カラー合成図(右)

# 3. 斜面崩壊域における散乱特性の変化

図2に2時期の表面散乱成分のカラー合成画像 と差分画像(post-pre)を示す.一般的に斜面崩壊では, 植生が裸地に変わると,体積散乱が減少し表面散乱 が増加するため,カラー合成画像に赤色が強くなる. そのため,カラー合成図中の赤色部分は斜面崩壊に より土砂が流出し裸地になった箇所と考えられる.

斜面崩壊による後方散乱特性の変化を調べるため に、大規模斜面崩壊域(a)と中規模の斜面崩壊域(b)を 選択し、各散乱電力成分の2時期差分値を求めて表 2に示す. SAR 画像全体における地震発生前後の 後方散乱係数の差分の平均値と比較して、斜面崩壊 域との差が最も大きいのはPs 成分の16.1dBであり、 他の2 成分の約2 倍であった.よって、Ps が斜面 崩壊箇所において最も後方散乱値が変化した成分で あり、斜面崩壊を特定するのに適していると考えら れる.しかし、農地における季節変化による表面散 乱成分の増加が見られたため、斜面崩壊の特定には 標高や土地被覆などの追加情報が必要である.

キーワード 航空機 Pi-SAR-X2 画像, 熊本地震, 斜面崩壊, 橋梁被害 連絡先 〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33 千葉大学大学院工学研究院 TEL: 043-290-3528



図2 2時期の表面散乱成分のカラー合成画像(左)とその 差分画像(右)

表2 斜面崩壊域(a),(b)と画像全体における各散乱電力成 分の差分の平均値

<b>勤</b> 利 武 八	差分の平均値 [dB]			
取 品 成 万	斜面崩壊域	画像全体	差分	
Pd	16.4	7.8	8.6	
Pv	21.3	13.9	7.4	
Ps	22.2	6.1	16.1	

#### 4. 被害橋梁の後方散乱特性

斜面崩壊により崩壊した阿蘇大橋,橋自体の崩壊 はなかったが制振ダンパー等の部材が破損した南阿 蘇橋,そして橋台部が沈下し橋梁と道路が分断され た長陽大橋の3橋梁について後方散乱成分の変化を 調べた(図3).橋梁の輪郭を作成し,輪郭内におけ る散乱電力の平均値を四成分の散乱電力の合計とし, 各成分の割合を算出した.

阿蘇大橋は全長 206m の道路下にアーチ構造を持 つ橋であった.事前画像では,アーチ構造部分に体 積散乱を生じていることが確認できる.橋梁輪郭内 での散乱電力の割合は,地震後 Ps の割合が 20%近 く増加し, Pd の割合が 20%以上減少した.これは, 橋梁自体が消失し,橋梁輪郭内に橋下の土砂堆積物 が映りこんだためと考えられる.

南阿蘇橋は、全長 110m の道路下にアーチ構造を 持つ橋である.地震により側橋台にある制震ダンパ ーが外れジョイント部が損傷したが、橋自体は崩壊 しなかった.SAR の照射角が小さかったため、橋床 版のみが映り、アーチ構造部分は確認できなかった. 床版上では後方散乱がほぼ確認できず、鏡面反射が 生じていることがわかる.散乱電力成分の割合にお ける変化が少なく、SAR 画像による詳細な橋の損傷 個所についての特定は難しい.

長陽大橋は.黒川渓谷に架かる全長 276m の PC4 径間連続ラーメン構造の橋梁である.地震により橋 台部が約 2m 沈下し支承部が破壊されたため,全面 通行止めになった.また,橋の両端部では斜面崩壊 が発生し,道路のアスファルトが砕けた.地震後, 橋梁輪郭内において Ps の割合が 12%増加した.こ れは,橋梁周囲の谷から土砂が流出し,橋梁輪郭内



図 3 対象とした 3 本の被害橋梁の散乱電力成分のカラ 一合成図

に映り込んだためと考えられた.

本研究では橋梁輪郭を床版のみで作成しており, 橋梁下部のアーチや橋脚を含めていないため,落橋 しない限り,橋の側面や下部工の詳細なダメージを 把握することは困難である.一方で,橋の床版に何 らかの変化(流失や土砂の堆積)があれば,橋梁輪 郭内の散乱電力割合変化から被害を抽出することが 可能である.

## 5.まとめ

2016 年熊本地震によって被害を受けた南阿蘇村 における斜面崩壊域と3本の被害橋梁を対象に,地 震発生前後の全偏波航空機 SAR 画像を用いて,散乱 電力成分の変化を調べた.2つの SAR 画像の撮影条 件が近似していたため,位置補正を行うことで後方 散乱を直接に比較できた.斜面崩壊域では,表面散 乱成分における電力増加が最も大きく,被害抽出に 適していることがわかった.また,橋梁輪郭内にお ける2時期の散乱電力成分の割合を比較して,橋梁 被害の把握を試みた.その結果,崩落した橋梁では 表面散乱の増加が確認されたが,橋脚の損傷や橋台 のずれといった床版外の被害抽出は困難であった.

謝辞:本研究に使用した航空機 SAR データは,国立研究 開発法人情報通信研究機構より提供されたものである. 記して謝意を表します.

#### 参考文献

- 1) リュウ・ウェン,山崎文雄,郷右近英臣,越村俊一: 高解像度 SAR 画像を用いた東北地方太平洋沖地震に おける津波湛水域と建物被害の抽出,日本地震工学会 論文集,12(6), pp. 73-85, 2012.
- Singh, G., Yamaguchi, Y., Park, S.: General four-component scattering power decomposition with unitary transformation of coherency matrix, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 51(5), 3014-3022, 2013.