

高知女子大学 ○大村 誠
 熊本大学 小池克明
 独立行政法人土木研究所 山越隆雄
 国土交通省 笹原克夫
 インドネシア砂防技術センター Sutikno
 京都大学防災研究所 井口正人
 リモートセンシング技術センター 富山信弘

1. はじめに

メラピ (Merapi) 火山 (2960 m) は、インドネシア・ジャワ島中部で大変活発に活動している火山である。この火山では、山頂溶岩ドームの崩落による火砕流が頻繁に発生している。火砕流が多発する時期の地上調査は危険であり、これらの現象を面的かつ迅速に観測する手段として、リモートセンシングの応用が期待されている。しかし、メラピ火山のように熱帯域に存在する火山は、雨季には頻繁に山体が雲に包まれ、航空機や衛星搭載の光学センサによる観測は困難であることが多い。そこで、全天候下での観測が可能な衛星搭載 SAR (合成開口レーダ: Synthetic Aperture Radar) によるメラピ火山西斜面での火砕流 (1998年7月) の観測が試みられ¹⁾、火砕流の分布と堆積物の量が推定された²⁾。

本研究では、2001年1月に新たに発生した火砕流を含めて、RADARSAT 衛星搭載 SAR と SPOT 衛星 および LANDSAT 衛星搭載の光学センサで観測されたデータを解析し、その結果を比較した。

2. RADARSAT によるメラピ火山西斜面の観測

SAR 画像は空中写真とは大きく異なる特性を有し、砂防分野をはじめとする実務の現場での利用は必ずしも広まっていない。ここでは、RADARSAT SAR を用いた効果的な観測の実例を示す。観測に当たっては、観測地域、軌道の向き (北行: Ascending / 南行: Descending) およびビームモードを指定する必要がある。このとき、観測する地形や現象の特性を考慮して条件を指定しないと、良好な結果は得られない。今回は、南緯 7 度 33 分、東経 110 度 27 分付近をシーンセンターとし、南行 (Descending) 軌道からレーダー波を右向きに照射して取得されたデータを用いた。ビームモードは、高分解能 (Fine: 地上分解能 8m) かつ入射角の小さい (約 38 度) F1N または F1 を指定した。これは、火山の東側から山頂越しに西斜面を観測する形になるので、光学センサでは通常選ばれない観測方法であるが、メラピ火山の西斜面での火砕流の観測には、この観測条件が最適であることがわかっている^{1) 2)}。また、火

砕流やラハールの SAR による検出には地表からの後方散乱波の位相を利用する干渉処理によって多時期のデータのコヒーレンス (相関) 解析を用いても成果が得られている³⁾。しかし、干渉処理が可能な SAR データの組を取得することは、かなり困難である。

今回は、地表被覆の状態に敏感な C バンド (波長約 6 cm) SAR で観測された地表面からのマイクロ波の後方散乱強度画像 (以後、「強度画像」と略記) を用いた。ほぼ同じ条件で得られた多時期の強度画像の強度演算によって火砕流分布を解析した。

3. データおよび処理システム

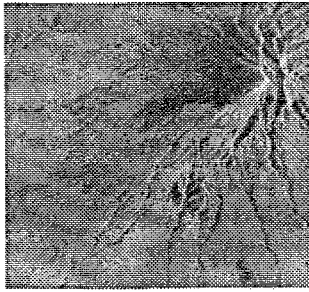
使用した SAR データ (予定を含む) は、RADARSAT SAR が、1997年8月20日、1998年8月15日、2000年11月8日、2001年2月12日、2002年5月14日に取得した5シーンである。1シーン (2001/02/12) のみ強度画像 (パスイメージ) であるが、他のデータはシグナルデータ CD-ROM として配布を受けた。SAR データ処理には、シグナルデータからの強度画像作成に APP (Advanced Precision Processor)、強度画像の幾何変換・演算には EarthView (Ver. 4.4.1) を使用した (ともに Atlantis Scientific Inc.)。

SPOT HRV データ (1999年6月19日、2001年2月16日) および LANDSAT TM データ (1998年8月2日) の処理には、ERDAS IMAGINE (ERDAS) を使用した。

さらに画像の処理には、Adobe Photoshop (Adobe Systems Inc.) も使用している。

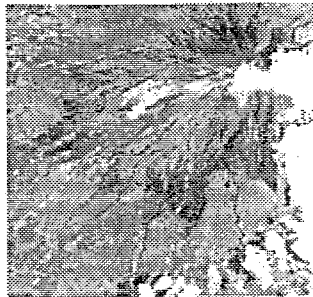
4. おもな結果

観測日に4日の違いしかない RADARSAT SAR 強度画像 (2001/02/12: 図1) と SPOT HRV 画像 (2001/02/16: 図2) を比較する。まず、雲がなければ、両方で火砕流が認められる。



RADARSAT data
(C) Canadian Space Agency
/ Agence spatiale canadienne
2001. Received by the Canadian
Centre for Remote Sensing.
Processed and distributed by
RADARSAT International.

図1 RADARSAT SAR 強度画像
(2001年2月12日)



5 km
(C) CNES 2001

図2 SPOT HRV 画像
(2001年2月16日) 原画はカラー

SPOT 画像(図2)は、山頂からの噴煙や流下した新しい火砕流からの噴気らしいものの状況もわかる。しかし、以前の火砕流の分布域と最新の火砕流との区別は不明瞭である。一方、SAR 強度画像(図1)では、最新の火砕流分布域が、とくに山麓部で暗い部分として明瞭に現れている。これは、Cバンド SAR 強度画像が主として数cm程度より大きい地面の起伏(粗さ)を反映しており、火砕流の流下域は谷が埋められて表面が滑らかになり、後方散乱強度が低下するからである。SAR 画像は雲があっても取得できるので、火砕流の分布を迅速に抽出する際に使用できる。

また、図3は、RADARSAT SAR 強度画像から2001年の火砕流堆積物分布を詳細に抽出するために、2時期(2001/02/12, 1998/08/15)の強度画像を重ね合わせて強度の差をとったものである。

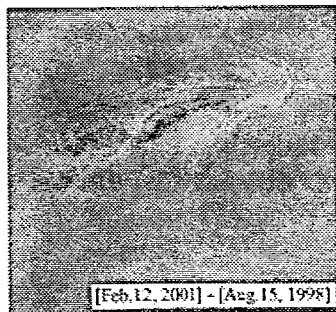


図3 RADARSAT SAR 強度画像の差
(2001/02/12-1998/08/15)

図3では、2001年1月の火砕流の分布が強度の変化域として抽出されている。約2年半の間に強度が増加した部分(白い部分)も広範囲に分布しており、これは、2つの画像の取得時間間隔が長いため、山体の侵食・崩壊が進んだ部分を示していると思われる。また、火砕流堆積物の分布域で、強度が増加するか減少するかは、主として堆積物表面の起伏状態に影響されると思われるので、火砕流堆積物の侵食過程も考慮して解析を行う必要がある。

5. 結論

メラピ火山のような熱帯域の活火山は雲に包まれることが多く、全天候の観測能力を持ち、噴火活動による危険のない、衛星搭載 SAR を用いた火砕流観測は有効である。とくに、RADARSAT の高分解能Cバンド SAR 強度画像では地表面の粗さが反映されやすいので、最新の火砕流の抽出や堆積物の侵食過程などの観測も可能であろう。一方、SAR を活用するには、対象に合わせた最適な条件のもとでの観測が必要である。現場での観測とも連携して、砂防の現場で活用することが期待される。

なお、本研究で使用した RADARSAT SAR データには、(財)リモート・センシング技術センター(RESTEC)平成9年度「RADARSAT SAR データ検証・評価」研究にて RESTEC よりご提供いただいたもの、および、株式会社イメージワンの「レーダー衛星 実利用新規研究/新規プロジェクト支援による RADARSAT-1 データ特別価格提供」によって配布を受けたものが含まれます。ここに記して感謝の意を表します。

6. 参考文献

- 1) 大村 誠・小池克明・井口正人・(財)リモート・センシング技術センター データ提供部:メラピ火山(インドネシア)の観測、「RADARSAT SAR データ検証・評価」研究報告集【増補改訂版】、(財)リモート・センシング技術センター、pp. 57-69, 2000.
- 2) K. Koike, M. Omura, M. Iguchi, N. Matsunaga, N. Tomiyama and RESTEC: Detection of Distribution of the 1998 Pyroclastic Flows at Merapi Volcano, Central Java, Indonesia Using RADARSAT SAR Images, Asian Journal of Geoinformatics, 2002 (accepted).
- 3) 照沼利浩・西田顕郎・天田高白・佐藤 功・浦井稔: 合成開口レーダーを用いた火砕流・ラハールの流下範囲抽出法に関する研究、平成13年度砂防学会研究発表会概要集、pp. 376-377, 2001.