

筑波大学大学院 ○照沼利浩
 筑波大学農林工学系 西田顕郎・天田高白
 地質調査所 佐藤功・浦井稔

1.はじめに

火山活動中の火砕流・ラハールの定期的なモニタリングは防災上重要である。しかし、火山活動中は危険が伴う上に噴煙が立ちこめており、空中写真や光学センサーによる観測は困難である。合成開口レーダー (SAR; Synthetic Aperture Radar) は、雲や噴煙を透過する電波 (マイクロ波) を発し、地表面からの反射波の反射強度と位相情報を読み取っているため有用性が高い。反射強度は後方散乱係数と呼ばれ、一般的に SAR 画像と言えちこちらの方を指す。前報¹⁾では後方散乱係数を用いても解析を行ったが、流下範囲を明瞭に抽出することはできなかった。そこで今回は、2 時期の SAR 複素画像を用いて、コヒーレンス (干渉性) 解析を行った。研究対象地域は、1991 年から 1995 年にかけて活発な火山活動を行った雲仙普賢岳とした。

2.コヒーレンス解析と解析に用いた SAR 画像

コヒーレンスは次式により算出した。

$$r = \frac{|\langle C_m \cdot C_s^* \rangle|}{\sqrt{\langle C_m \cdot C_m^* \rangle \langle C_s \cdot C_s^* \rangle}}$$

r はコヒーレンス、 C_m 、 C_s はそれぞれの SAR 画像の複素数値、 $*$ は複素共役、 $\langle \rangle$ は期待値を表す。コヒーレンスは、地表面に変化があると低くなり (海、湖など)、逆に変化がないと高くなる (市街地など)。なお、相関をとる際のウィンドウサイズは、 12×12 の 144 ピクセルで行った。

画像は JERS-1 (Lバンド; 波長 23 cm) と ERS-1 (Cバンド; 波長 6 cm) のデータを用いた。Lバンドと Cバンドの SAR を用いることにより、火砕流・ラハールの流下範囲の抽出には L と C どちらのバンドの方が有利であるか比較検討した。コヒーレンスの算出は、JERS-1 を 7 ペア、ERS-1 を 2 ペアの画像間で行ったが、今回はそのうち表 1 の 3 ペアについての結果を示す。Case1 は、火砕流・ラハールが流下した時期の前後の 2 画像を用いており、Case2・Case3 は火砕流・ラ

ハールの流下がほぼ終息した後の 2 画像を用いている。

表 1 解析画像ペア

Case	衛星	Master	Slave	間隔
1	JERS-1	1992/10/31	1993/4/25	176 日
2	JERS-1	1995/5/13	1995/6/26	44 日
3	ERS-1	1995/9/19	1995/12/28	70 日

なお、グランドトゥルースには、空中写真から作成された 4m メッシュ DEM 同士で差分を取ることで得られる地形変化図を用いた。SAR 画像はフォアショートニング効果によって、山地が東側に倒れ込むような歪みがあるが、DEM 画像との比較は行えると判断した。

3.解析結果



図 1 イベントの前後によるコヒーレンス画像
 1992/10/31 - 1993/4/25 (JERS-1; Lバンド)

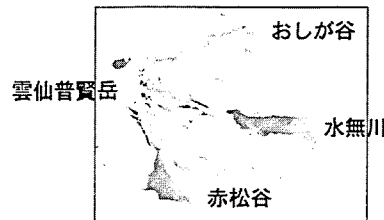


図 2 DEM 差分画像
 1992/8/28 - 1993/4/10

図 1 に Case1 のコヒーレンス画像、図 2 にほぼ同時期の地形変化図を示す。コヒーレンス画像内の白線域は、地形変化図の黒線域に対応している。図 1, 2 を比べると、この時期にはおしが谷、水無川、赤松谷それぞれ

れに火砕流・ラハールが流下しているが、コヒーレンス画像において、流下範囲のコヒーレンスが低くなるという状態で現れているのが分かる。コヒーレンスが低くなったのは、火砕流・ラハールが流下して地表面の状態が変化したためであると考えられる。

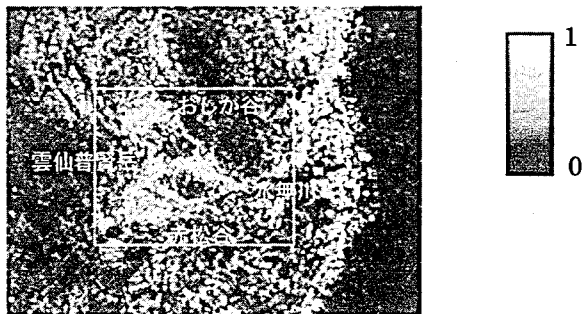


図3 イベントの直後によるコヒーレンス
1995/5/13 - 1995/6/26 (JERS-1; Lバンド)

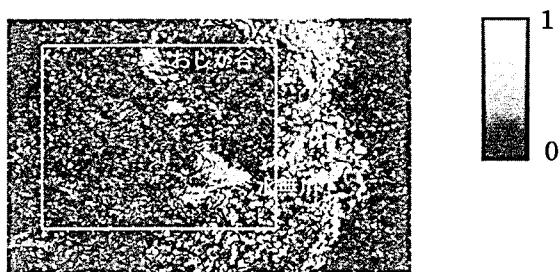


図4 イベントの直後によるコヒーレンス
1995/10/19 - 1995/12/28 (ERS-1; Cバンド)



図5 地形変化図

1991/3/2 - 1994/12/19

図3にCase2、図4にCase3のコヒーレンス画像を示す。図5には、火山活動開始からの地形変化図を示す。図3のJERS-1の方では、火砕流・ラハールの流下範囲が、コヒーレンスが高くなるという状態で抽出された。これは、火砕流・ラハール流下後の地表面は変化がほとんどないため、相対的に風などの影響を受けやすい裸地周りの地表面(森林)に比べてコヒーレンスが高くなることによるものである。このことから、火砕流・ラハールが流下した直後に2つのSAR画像を得ることができれば、同じようにその流下範囲を抽出することができるといえる。

ERS-1を用いた場合は、図4のように全体的にコヒーレンスが低い状態となり、火砕流・ラハールの流下

範囲がほとんど抽出されなかった。これは、Cバンド(6 cm)はLバンド(23 cm)と比べて波長が短いため、地表面のより細かい変化まで捉えてしまったことが原因であると考えられる。つまり、火砕流・ラハールが流下したことによる変化を捉えるというスケールにおいては、CバンドよりもLバンドの方が有利であるといえる。

4. 結論

本研究の結果から、以下のことがいえる。

- 1) 2枚のSAR複素画像間のコヒーレンスを用いて、火砕流・ラハールの流下範囲を抽出することが可能である。その場合の抽出法は、イベント前後の2画像を用いる方法と、イベント後の2画像を用いる方法の2つがある。
- 2) 火砕流・ラハールの流下範囲の抽出には、CバンドよりもLバンドの方が有利である。

火砕流・ラハールの流下範囲の抽出には、上記の2つの方法のどちらも適用することができる。つまり、火砕流・ラハールが流下した場合、その前後の2画像、もしくは次のものが流下しないうちに直後の2画像を得ることができれば、その流下範囲を抽出できる。また、連続的に画像を取得することによって上記のような変化が現れば、その場所は火砕流・ラハールが流下した場所と判断でき、火山地域におけるモニタリング手法としても用いることができる。

LバンドのSARを用いることによって火砕流・ラハールの流下範囲を抽出できることが分かったが、残念ながら現在LバンドSARを搭載した衛星は運用されていない。今後、火山地域における防災のためにはLバンドSARの運用が強く望まれるところである。

本研究は平成11年度砂防地すべり技術センター研究開発助成を受けて行われたことを記して謝意を表す。

5. 参考文献

- 1) 照沼利浩・西田顕郎: 合成開口レーダー(SAR)を用いた雲仙普賢岳の地形解析, 日本リモートセンシング学会第29回学術講演会論文集, pp.35-36, 2000.