

衛星データによる火山・溶岩活動の検知 Volcanic activity detecting using satellite data

堤 梨花[1]; 服部 克巳[2]

[1]千葉大・理; [2]千葉大・理

1. はじめに

従来の監視や予知

- ・従来、地上における物理観測や過去の噴火様式、噴火間隔の解析が必要。
- ・インドネシアやフィリピンのような島国に存在する全ての火山を地上で連続観測を行うには多くのコストがかかる。

衛星データを用いた手法

- ・火山噴火に伴い地表温度が上昇。
- ・衛星センサにより地表温度を観測することが可能。
- ・衛星観測は観測頻度が高く、観測領域も広い。
- ・多くのデータは無料で取得することが可能。

→ 衛星データを用いて火山活動に関する地表温度を連続監視し、温度異常を検出することを研究目的とする。

本研究ではNASAの地球観測システム衛星Aquaに搭載されたMODISセンサの夜間の赤外データ (band20, band27, band31, band32, band34, band35) を使用。日本・新燃岳 (31.931° N, 130.864° E) を対象。

2. data pre-processing

1. ダウンロードしたMODISデータをバイナリデータから輝度温度に変換する

2. 山頂を中心に±0.5° (100km×100km)の領域の輝度温度マップを作成する

3. 領域内の任意のピクセルの時系列図を作成する (2003年1月~2008年12月)

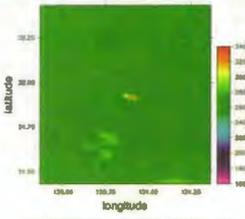


Fig.1: 2006年5月10日の輝度温度マップ
Fig.1は前処理1で作成した2011年1月29日の輝度温度マップである。1月29日には火砕流が発生した。右のカラースケールは輝度温度を表し、山頂付近で値が上昇している事がわかる。

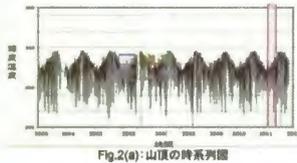


Fig.2(a): 山頂の時系列図

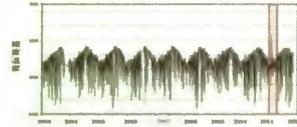


Fig.2(b) 山頂から離れた位置の時系列図

Fig.2(a)は山頂の時系列、(b)は山頂から離れた位置の時系列である。縦軸は輝度温度、横軸は時間を表す。グラフ中のピンク色の領域は噴火活動期間を示す。また、領域内の全てのピクセルにおいて冬から夏にかけて輝度温度が上昇し、夏から冬にかけて減少する季節変動を再現することができた。この季節変動や空間的な変動要素(気象条件や土壌水分)の影響を取り除くために統計処理を次に挙げる。

3. 統計的手法

統計的手法の概要

観測点 (Focal Point:FP) の観測値から距離d離れた観測点 (Reference Point:RP) の観測値との差分値を評価関数(S)とする (Fig.3)。

$$S = \begin{cases} B_{T_{(FP)}} - B_{T_{(RP)}} & (B_{T_{(FP)}} - B_{T_{(RP)}} > 0) \\ 0 & (\text{other}) \end{cases} \quad \text{.....(eq.1)}$$

FPとRPの組み合わせごとに時系列を作成し、時系列から各組み合わせの評価関数(S)と平均値(S)が得られる (Fig.4)。ただし、地表ピクセルと雲ピクセルで評価関数を計算してしまうと、差分値が大きくなってしまい、適切な評価関数が得られない。そのため、雲の除去 (4. 雲の除去) を行う必要がある。

評価関数の特異性を表す乖離率(δ)という値を定義する (eq.2)。評価関数の値が大きほど特異性が高い。

$$\sigma = \frac{S}{\bar{S}} \quad \text{.....(eq.2)}$$

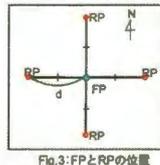


Fig.3: FPとRPの位置

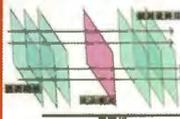
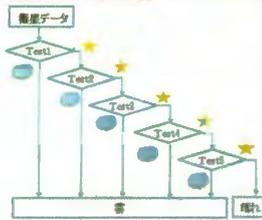


Fig.4: 平均値と最大値の算出

4. 雲の除去

雲除去の流れ



- Test1 ; Band34-Band35
- Test2 ; Band31-Band32
- Test3 ; Band31-Band27
- Test4 ; Band20-Band31
- Test5 ; Band20-Band31
且
Band31-Band32
(上層雲)

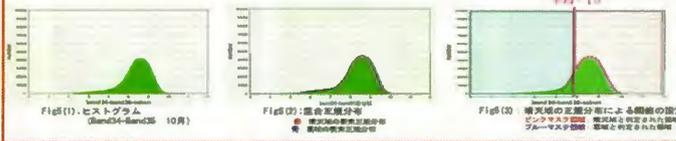
閾値の設定方法

1. 各バンド間差分値において毎月にヒストグラムを作成する (Fig5(1))

2. 作成したヒストグラムを混合正規分布であるとみなし、各要素正規分布のパラメータを算出する (Fig5(2))

3. 晴天域の要素正規分布の平均と標準偏差σを使用し、各バンド間差分値毎に適切な閾値を設定する (Fig5(3))

4. 閾値を超えたものを雲とみなし、棄却する (Fig5(3))



5. 結果

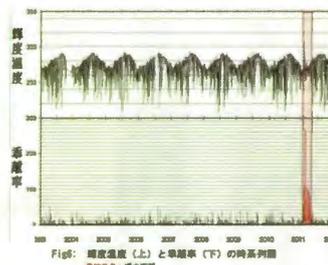


Fig.6: 輝度温度 (上) と乖離率 (下) の時系列図
● マスク、● 検出期間
● 閾値 (平均+6σ) を超えた日

Fig6は輝度温度と乖離率の時系列図である。図のピンク色でマスクされた領域は火山活動期間である。乖離率図において、閾値 (全解析期間の平均+6σ) を超えた日を赤色で示している。図より、赤で示された日が火山活動期間と対応しているため、本研究のアルゴリズムが火山活動の検知に有効であると考えられる。

6. まとめ

- ・雲の除去を正確に行った上で、統計的手法 (評価関数・乖離率) を用いることで、火山活動がしっかり検知できた。
- ・雲の除去については、Band34-Band35、Band31-Band27、Band20-Band31、Band31-Band32のバンド間差分値を用い、各バンドの放射特性を考慮した閾値の設定を行った。

今後の課題

- ・火山活動期間中に山頂またはそのリファレンスポイントに雲がかかっていたため、異常が検知できない日があった。
⇒ 時間分解能の良い静止衛星 (Meteosat等) のデータと合わせて解析を行う必要がある。