

プロジェクト - 5

衛星を用いた地殻変動監視に関する研究

火山活動のモニタリング インドネシア・メラピ火山

服部克巳、野口恭史、大野望(千葉大学)、前田崇、高野忠(JAXA)

1 研究背景と目的

従来の火山噴火の予知は火山性微動や傾斜計の監視等の物理観測や火山ごとに過去の噴火様式や噴火間隔等の解析が必要であり、共通の監視手法はない。しかし、火山の噴火に伴い地表面の温度が上昇することはよく知られている。地表面の温度異常ならば、衛星センサを用いて観測することが可能である。衛星を用いれば高頻度、広域に監視でき、インドネシアやフィリピン等の島国という環境に位置する火山を連続監視することも可能である。そこで、本研究は人工衛星 Aqua に搭載されている赤外線センサ MODIS(Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)データを用いて火山噴火に関連する地表面の温度異常を検出することを目的とした。

2 MODIS データ

人工衛星 Aqua は太陽同期準回帰軌道を使用し、同一地点を同一条件で観測することが可能であり、観測領域内の赤道を通過する昇交軌道時(ascend)は常時昼間であり、降交軌道時(descend)は常時夜間となる。ほぼ毎日インドネシア上空を通過し夜間データを得ることができる。また、夜間データには太陽の影響が含まれておらず、地球内部からの熱情報のみを取得することができる。

MODIS は観測対象の異なる 36 band を持つ。本研究では band 20 を使用する。この band は中心波長 $3.750 \mu\text{m}$ 、空間分解能 1000 m で、比較的大気の影響を受けにくく地上温度の観測が可能である。

3 データ解析手順

インドネシア・メラピ火山はジャワ島中部に位置し、過去に 1930 年、1994 年、2006 年に大きな被害噴火を発生させている。本研究では人工衛星 Aqua が飛行中である 2006 年のメラピ火山の噴火を解析対象に取り上げた。

次に解析手順について簡潔に記す。

() MODIS データから山頂を中心に $\pm 0.5^\circ$ の領域の熱源の強さを表す二次元強度マップを作成する。

() 作成した領域内の任意の位置の時系列図を作成し、解析期間は 2005 年 4 月~2007 年 10 月迄とする。

() 季節変動や空間的な変動要素を取り除くため、各シーンの領域内の任意の位置(Focal point : Fp)の値から東西南北に 5 km 離れた位置(Reference point :

Rp)の値との差分値である評価関数 S を定義する。

() 各位置の評価関数 S をシーンごとに並べ、 S の最大値 S_{\max} 、平均値 \bar{S} を算出した。それらの値から S の特異性を表す乖離率 δ を次のように定義した。[1]

$$\delta = \frac{S}{\bar{S}}$$

また S_{\max} に対応する δ を最大乖離率 δ_{\max} と定義し各シーンにおける S_{\max} 、 δ_{\max} の分布図を作成する。

4 解析結果

前節の()で作成した 2006 年 5 月 10 日(噴火の 4 日前)の二次元強度マップを図 1 に表す。カラースケールは放射輝度を整数化したものであり、図の中心はメラピ山頂である。図 1 の山頂付近の A の領域で高い値を確認できる。

次に上記の領域内で最も大きな変化が見られた山頂の 1 km 東の輝度値の時系列変化を図 2 に示す。ここで、縦軸は図 1 のカラースケールと等しい値であり、横軸は時間である。上の矢印の期間が噴火期間を表す。噴火期間の少し前から輝度値の上昇が見られ、噴火期間で大きく上昇していることがわかる。噴火後に高い値を保持するのは、熱源がゆっくり冷えていったためである。

この値の上昇が火山活動に関連するものであるか確認するために山頂付近以外の場所との輝度変化との比較を行った。例として図 1 の B の位置の時系列変化を図 3 に示す。図 3 では噴火活動期間中に値の上昇は見られない。したがって、山頂付近の値の上昇は火山噴火活動に起因することが強く示唆される。

また、領域内のほとんど全ての時系列変化から季節変動と思われるトレンドが見られた。季節変動や空間的な変動要素(気象条件や土壌水分)の影響を取り除き、図 1 中の C のような普段から高い値をとるような場所と区別するために手順()()に従い解析を行った。山頂位置で S_{\max} 、 δ_{\max} を記録したシーンの S 値と乖離率 δ の 2 次元分布図をそれぞれ図 4、図 5 に示す。両図は 2006 年 6 月 3 日の分布図であり、溶岩ドームが崩壊する前日である。図 4 より山頂位置 D で高い値が確認できる。また、山頂から離れた位置 E でも同様に高い値がある。しかし、図 5 の最大乖離率を見る E' の地点の値は D' よりも小さく、E' よりも D' の特異性が高いことがわかった。

2006/130/1830_band20

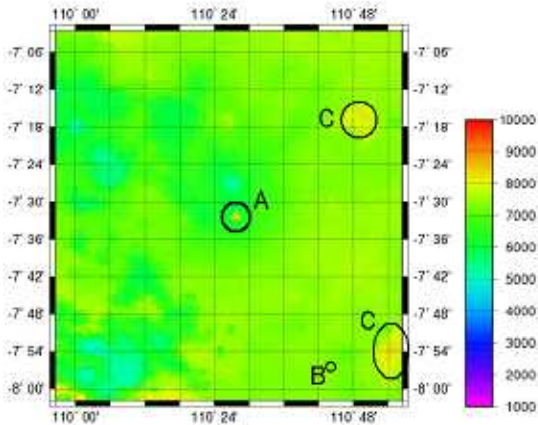


図 1 : 2006 年 5 月 10 日の二次元強度マップ

2006/154_band20

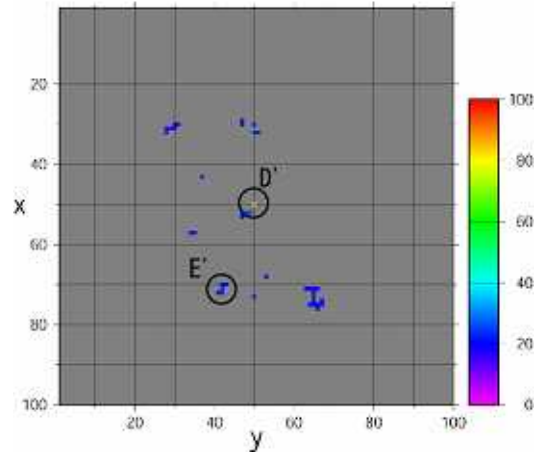


図 5 : δ_{\max} の分布図(2006 年 6 月 3 日)

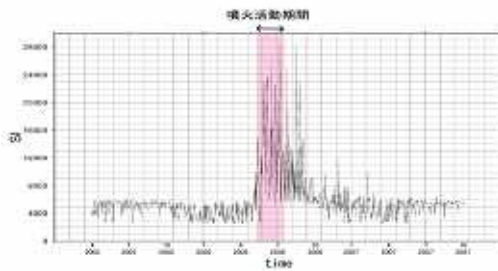


図 2 : 山頂の 1km 東の位置の時系列図

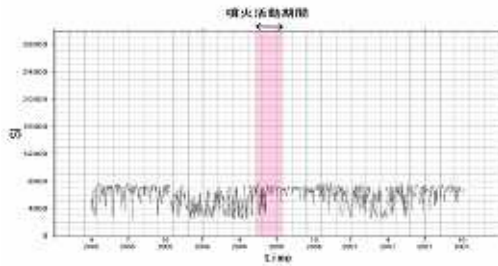


図 3 : 山頂から離れた位置の時系列図

2006/154_band20

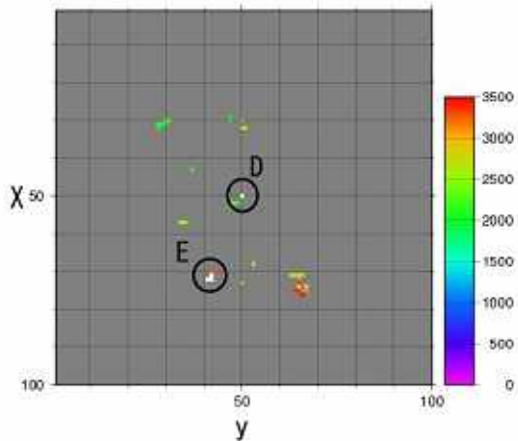


図 4 : S_{\max} の分布図(2006 年 6 月 3 日)

5 まとめ

MODIS band 20の夜間データを用いてメラピ火山の噴火活動に関連する温度異常を検知することができた。また、評価関数 S 、 S_{\max} や乖離率 δ 、 δ_{\max} を導入することで、山頂付近の噴火活動に関連する温度異常のみ検出することができた。したがって MODIS データを用いた火山噴火活動の監視は有効である。

今後は解析期間をのばしてメラピ山に関する輝度変動の特異性についてさらに調査する必要がある。また、噴煙との違いを明確にするために、可視の画像とも比較検討する必要がある。さらに本研究にて開発した手法を他の火山に適用し、有効性を確かめる必要がある。

参考文献

[1] Maeda Takashi, Data Processing for Extracting Local and Faint Changes from a Satellite-borne Microwave Radiometer Data, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2007