

## 桜島とマヨン火山の 2006 年夏季火山活動のリモートセンシング

### Remote sensing of Sakurajima and Mayan volcanoes in the summer of 2006

○飯野直子<sup>1</sup>・金柿主税<sup>2,3</sup>・木下紀正<sup>1</sup>・土田理<sup>2</sup>・福原稔<sup>2</sup>・片野田洋<sup>2</sup>

Naoko Iino, Chikara Kanagaki, Kisei Kinoshita, Satoshi Tsuchida, Minoru Fukuhara and Hiroshi Katanoda

**Abstract:** The Kagoshima University Volcanic Cloud Research Group has been conducting long-term monitoring from the ground at three active volcanoes; Sakurajima, Satsuma-Iwojima and Suwanosejima in southwest Japan. Furthermore, the group, in collaboration with Philippine Institute of Volcanology and Seismology (PHIVOLCS), is also conducting long-term observation of volcanic clouds at Mayon volcano in the Philippines. Here we focus on Sakurajima and Mayon volcanoes which were very active in the summer of 2006. Various camera systems could take Sakurajima plumes as visible and near-infrared images. Lava flows at Mayon volcano were successfully captured by near-infrared images in nighttime. In order to contribute to the disaster prevention and disaster prevention education, the resultant images have been presented through the Internet.

**Keywords:** thermal anomaly, near infrared, automatic recording, ground observation, satellite image

#### 1. はじめに

火山から放出される噴煙は火山ガスの挙動や火山活動を推測する手がかりとなる。航空機の安全航行の面からも火山噴煙のモニターは重要である。鹿児島大学噴煙研究グループ(以下、鹿大グループと記す)では、鹿児島県下の3火山(桜島・薩摩硫黄島・諏訪之瀬島)とフィリピンのマヨン火山について、可視や近赤外カメラを用いた長期自動システムによる噴煙の地上映像観測を行っている[1](Fig. 1)。本稿では2006年夏に活発な火山活動を示した桜島昭和火口およびマヨン火山について、地上観測映像と衛星画像を用いた観測・解析を報告する。

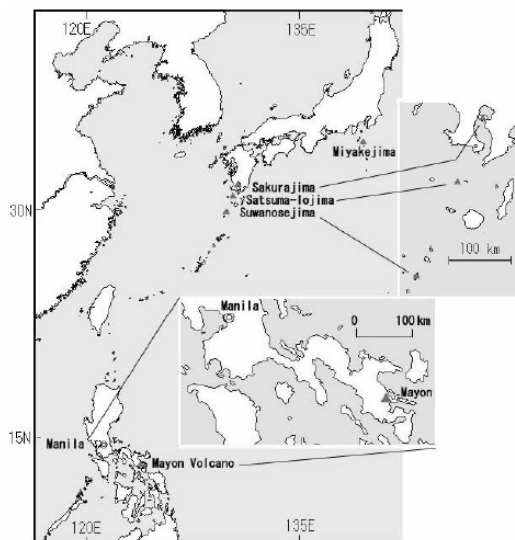


Fig.1 Locations of Sakurajima, Mayon and other volcanoes under investigation.

<sup>1</sup>正会員 鹿児島大学 <sup>2</sup>鹿児島大学 <sup>3</sup>天草市立御所浦北中学校  
(所在地: 〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-40)  
(連絡先: E-mail: iino@mech.kagoshima-u.ac.jp)

#### 2. 桜島南岳・昭和火口

長期の火山活動の経過の視点から、桜島の火山活動は穏やかな傾向が続いているが、2006年6月4日に南岳山頂火口とは異なる、南岳東斜面の桜島昭和火口付近の新たな火口(6月22日の火山観測情報以降、暫定的に昭和火口と呼ばれている。以下では昭和火口と記す)から58年ぶりに噴火が始まった。1000 m以上の噴煙を伴う昭和火口の噴火は6月7, 9, 10, 12, 14, 16, 19日に合計15回観測されている。このうち12日は7回の噴火を起こしており、小規模な火砕流も認められた。同日には南岳山頂火口でも爆発的な噴火が発生し、噴煙が2000 mまで上がった。火山活動レベルが2(比較的静穏な噴火活動)から3(活発な火山活動)に引き上げられた。

その後、昭和火口は時々白色噴煙や噴気を上げているが、6月20日の小規模な噴火を最後に噴火は観測されていない。8月18日に火山活動レベルが3から2へ引き下げられた。しかし、南岳山頂火口は、その後も時々爆発的な噴火を起こしており、9月20日には噴石が7合目まで飛散した。

鹿大グループでは、2006年7月24日から8月31日までの期間、昭和火口正面の麓に位置する黒神中学校の屋外にデジタルカメラパッケージ(A: Casio QV-R4 + 外付け小型バッテリー: デジカメパッケージ(A)と記す)、黒神小学校の理科室にデジタルカメラパッケージ(Casio QV-2900UX + 外付けバッテリー: デジカメパッケージ(B)と記す)、デジタルビデオカメラ(SONY DCR-TRV30: DVシステム(C)と記す)、Windowsマシンによる連続自動観測システム(近赤外仕様のWebカメラ: Webカメラシステム(D)と記す)を設置し映像観測を行った(Fig.2)。黒神小学校の理科室からのデジタルビデオカメラによる観測は現在も



Figure 2 Locations of new Showa crater, Kurokami Elementary school (KES) and Kurokami Junior High school (KJH).

継続中であり、10月1日からは夜間の火映をねらって近赤外撮影 (SONY DCR-TRV33K のナイトショットモード+IR84 フィルタ+ND フィルタ:DV システム (C)) に切り替えた。

Figure 3 に7月30日の9時20分頃に発生した噴火について、それぞれのカメラが捉えた映像を示す。

黒神中学校屋外設置のデジカメパッケージ (A) では、2006年7月24日の15:34~8月22日の17:34の1時間毎の映像が得られた。黒神小学校の理科室に設置したデジカメパッケージ (B) では2006年7月24日の16時~8月31日の9時の1時間毎の映像が得られた。DV システム (C) では、ミニ DV テープに5分間待機・0.5秒間撮影のモードで2006年7月24日16:00以降の撮影を続けている。近赤外仕様の Web カメラシステム (D) は、2006年7月24日15:30~8月15日18:59の10秒毎 (5:00~19:00) の画像が得られた。これらの映像のうち、デジカメパッケージ (A・B) の全ての画像、DV システム (C) と Web カメラシステム (D) の6,9,12,15,18時 (ただし、近い時刻に噴火があった場合は、その噴煙映像) の映像および Web カメラシステム (D) の10秒毎の画像を編集した7月28日と30日の噴火の動画を以下のホームページで公開している。

桜島昭和火口付近2006:

<http://ese.mech.kagoshima-u.ac.jp/sakurajima06/saku06.htm>

上記のホームページには、6月4日に鹿児島県立博物館の桑水流淳二先生が撮影された噴煙映像や6月9-14, 16, 19-22, 24-25日に鹿児島市立黒神中学校の出水澤孝洋校長先生が撮影された噴煙映像、6月上旬に黒神小学校の齋藤博教頭先生が撮影されたビデオ映像から編集した動画集も掲載している。なお、鹿児島市立黒神中学校のホームページ (<http://keinet.com/kurokac/>) 内の「四季の黒神」のページにおいて、最近の桜島の噴火の様子を示す映像が随時追加掲載されている。

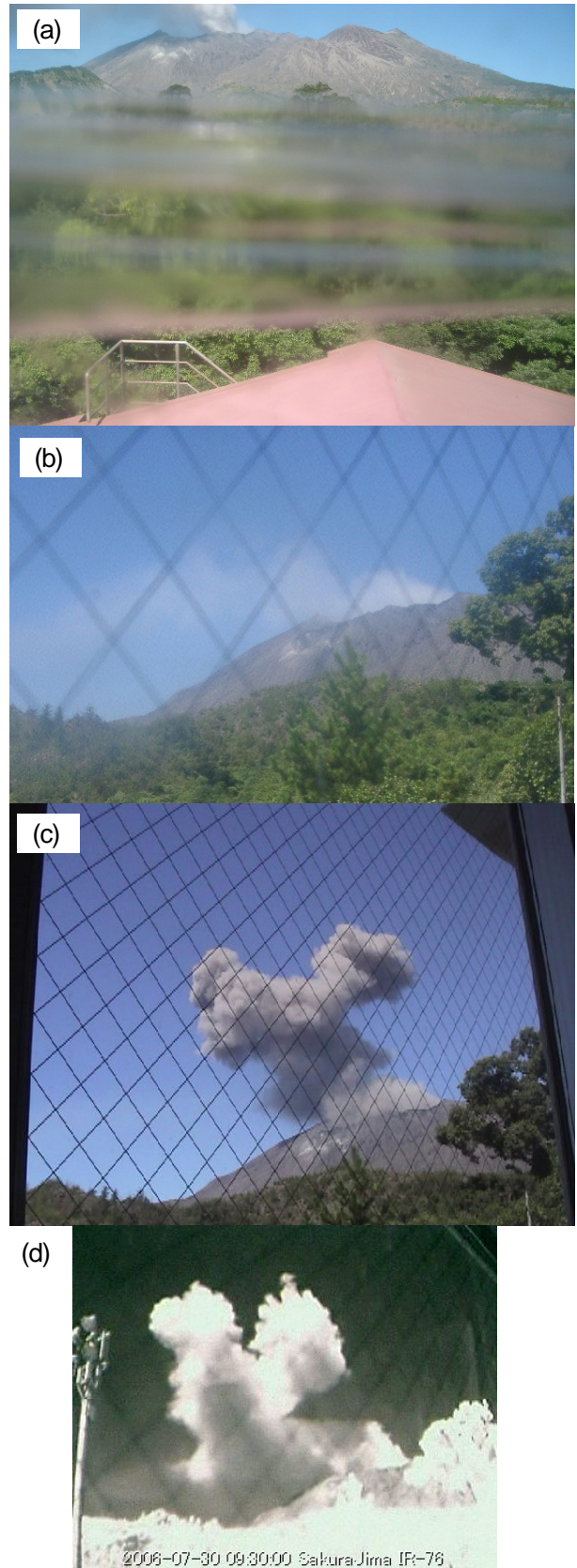


Figure 3 Eruption clouds images on 30 July 2006. (a) 9:34 by Digicam pack system A, (b) 10:00 by Digicam pack system B, (c) 9:25 by DV system C, (d) 9:30 by Webcam system D.

### 3. マヨン火山

マヨン火山 (2462 m, [13.2576N, 123.6856E]) はフィリピン・ルソン島の南東部 (マニラ南東約 330 km) に位置する円錐形の活火山である。最大の噴火は 1814 年 2 月 1 日に発生し、1200 人の犠牲者を出した。最近の噴火では 1993 年 2 月 2 日の噴火で約 70 人が犠牲になった。2000~2001 年も噴火活動が盛んで、25000 人を超える住民が避難する事態となった。今年 (2006 年) 7 月 14 日には溶岩を噴出し、Alert Level が 1 (Abnormal) から 3 (Increased Tendency Towards Eruption) に引き上げられた。7 月 31 日には溶岩流は山頂から 5.6 km (海拔 300m) に達し、二酸化硫黄(SO<sub>2</sub>)の放出量も 12,745 tons/day と、7 月 14 日の約 10 倍の放出量が記録されている。その後も噴火や溶岩の噴出が続き、8 月 7 日には Alert Level が 3 から 4 (Hazardous Eruption Imminent) に引き上げられた。山頂から 6 km 以内の常時危険地域と南東部 8 km 以内に拡大された危険地域に住む 4 万人を超える住民が避難を求められた。避難は 9 月 11 日に Alert Level が 4 から 3 へ引き下げられるまで続いた。10 月 1 日以降、溶岩流はストップしており、火山活動の低下に伴い、10 月 3 日には Alert Level は 2 にまで引き下げられた。しかしながら、フィリピンの火山地震研究所 (Philippine Institute of Volcanology and Seismology: 以下、PHIVOLCS と記す) は、常時危険地帯および南東部 7 km までの拡大危険地帯への住民の立ち入り制限を継続している[3]。

鹿大グループは PHIVOLCS と共同で、2003 年 6 月 22 日からマヨン火山の山頂火口から南南東 11 km にある PHIVOLCS 観測所より、デジタルビデオカメラのインターバル撮影による噴煙自動観測を行っている。2004 年 2 月からはビデオカメラに加えて、可視および近赤外仕様のネットワークカメラシステムを用いた観測を行っている[1]。同年 4 月以降、インターネットに接続して日本からのアクセスも可能になった。安定した連続運用は困難であるが、非常に活発に活動していた 2006 年 8 月の 4-5, 8-9, 14-20, 22 日の計 12 日分の可視および近赤外映像がリアルタイムで得られた。熱帯性の気候のため、日中は山頂や山体が雲に覆われることが多いが、朝夕には噴煙や山体が観測できる可能性が高い。

Figure 4 に 2006 年 8 月 5 日 21:19 UTC(フィリピン時間は+ 8 時間)の可視(a)と近赤外(b)の地上観測映像を示す。なお、画像中に書き込んでいる日時情報は映像をダウンロードした日本時間になっていることに注意が必要である。可視映像では夜が明けているが、画像処理を行わない近赤外映像では全体的に暗い映像が得られていた。Figure 4(b)の近赤外映像は、Green 成分のみを抽出してデジタル値 25-60 にストレッチをかけて強

調処理した画像である。溶岩流が白く表示されている。印刷の都合上、ここには示さないが、Red に強調処理した夜間の近赤外映像、Green と Blue に日中の近赤外映像を割り付けてカラー表示を行うことによって、溶岩流を赤く表現して山体を流れる様子を捉えることができる。

Figure 5 に 2006 年 8 月 19 日 12:48 UTC (溶岩流の検出) と 20 日 5 : 45 UTC (背景画像) のカラー合成画像を基に、溶岩流の赤色領域を白色に置き換えた後、グレースケール化した画像を示す。Figure 6 に 8 月 19 日 14:22 UTC の MODIS 画像を示す。中間赤外バンドの b 20 から熱赤外バンドの b31 を差し引いた差画像を示す。図中に白枠で囲んだマヨン火山付近を拡大した図を貼りこんでいる。溶岩流に対応していると思われる高温部分 (熱異常) が白色の数ピクセルとして捉えられている。

なお、2006 年夏のマヨン火山の解析結果については、以下のホームページで公開している。

Eruptions of Mayan Volcano in Summer 2006:

<http://ese.mech.kagoshima-u.ac.jp/Mayon/mayon2006/mayon2006.htm>

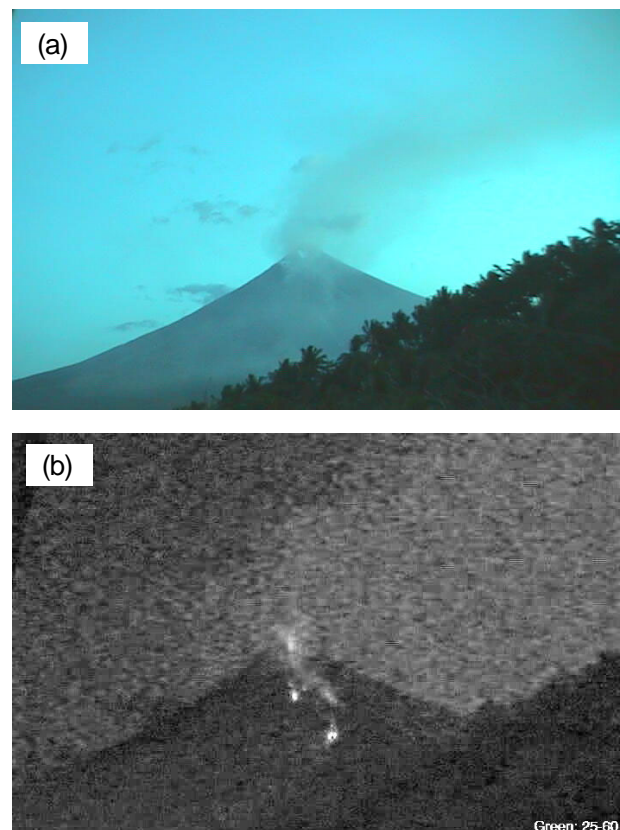


Fig.4 Mayon volcano at 21:19 UTC on 5 August 2006.

(a) visible image and (b) enhanced near infrared image.



Fig.5 Lava flow at Mayan volcano on 19 August 2006.

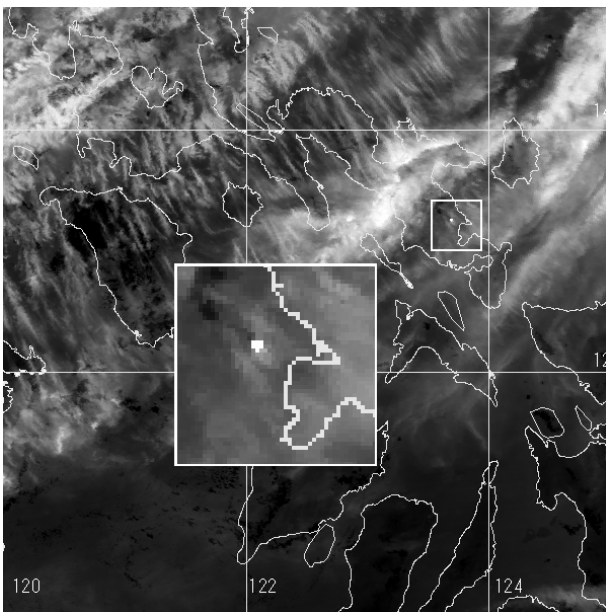


Fig.6 MODIS image at 12:48 UTC on 19 August 2006.

#### 4. おわりに

2006年夏季に活発な火山活動を行っていた桜島とフィリピンマヨン火山について、可視および近赤外カメラによる地上観測映像と衛星データの解析結果についてまとめた。可視や近赤外カメラを用いた比較的安価なシステムによって噴煙のモニタリングや熱異常の観測を行うことができた。得られた映像や解析結果を編集・整理してホームページに公開した。防災や教育利用へ活用が期待できる。現在、両火山の活動レベルは低下したが、防災のためには今後も継続的なモニタリングが必要である。鹿大グループでは、今後も両火山を含む、活動的火山の観測を継続する予定である。

#### 謝辞

桜島噴煙の観測システムの設置に関して、鹿児島市立黒神小学校と鹿児島市立黒神中学校に深く感謝いたします。大変貴重な桜島噴煙映像をご提供いただきました鹿児島県立博物館の桑水流淳二先生、鹿児島市立黒神中学校の出水澤孝洋校長先生、黒神小学校の齋藤博教頭先生に心よりお礼申し上げます。マヨン火山の共同観測について PHIVOLCS に感謝いたします。MODIS データは東京大学生産技術研究所の Web MODIS システムよりご提供いただきました。心より感謝申し上げます。本研究の一部は、科研費(若手(B)18710152)および鹿児島大学のご支援により行いました。ここに記して感謝の意を表します。

#### 参考文献

- [1] 木下・金柿：地上映像観測と衛星による噴煙・火山ガス研究、「火山爆発ダイナミクス」2003年度報告書、pp.426-430.2004: Volcanic Eruption Research Group, Kagoshima University, Volcanic Eruption Clouds in the Western Pacific - Ground and Satellite based Observations and Analyses-, 142p, Kagoshima University, 2004.
- [2] 気象庁、火山活動解説資料(平成18年6月~9月)
- [3] PHIVOLCS, Latest Volcanic Activity,  
<http://www.phivolcs.dost.gov.ph/VolLatest.htm>