

桜島火山における空中熱赤外映像観測

京都大学防災研究所 横 尾 亮 彦

産業技術総合研究所 松 島 喜 雄

1. はじめに

2002 年以降, 桜島の南岳山頂火口の噴火活動は比較的低調であり, 爆発回数は年に 10 回程度, 火山灰放出量は最盛期の $1/1,000 \sim 1/10,000$ 程度で推移してきている。その一方, 南岳南東斜面にある昭和火口では, 2006 年 6 月に 58 年ぶりとなる噴火活動が再開し, その後, 2007 年 5 月～6 月, 2008 年 2 月の 3 期間で噴火活動が発生した。2006 年噴火に先立つ 2006 年 3 月には, 昭和火口近傍領域での熱活動が 1992 年に比べて活発化していた¹⁾ことを考慮すると, 近年の南岳山頂火口・昭和火口の活動傾向の違いが, 熱異常域の範囲ならびにその温度分布に反映されている可能性が考えられる。そこでわれわれは, 両火口を含む桜島中央部の約 7 km^2 の領域(図 1)の地表面温度分布図の作成を目的に, これを被うように東西に平行な 4 飛行測線を設定して, 航空機(セスナ)による空中からの熱赤外映像観測を実施した。ここでは, その結果について報告する。

なお, 桜島でこれまでに実施されてきた熱赤外観測は, その多くが山麓からのものである。航空機等による空中から観測は少なく^{2)～6)}, 1990 年代以降の実施報告について著者らは知見していない。

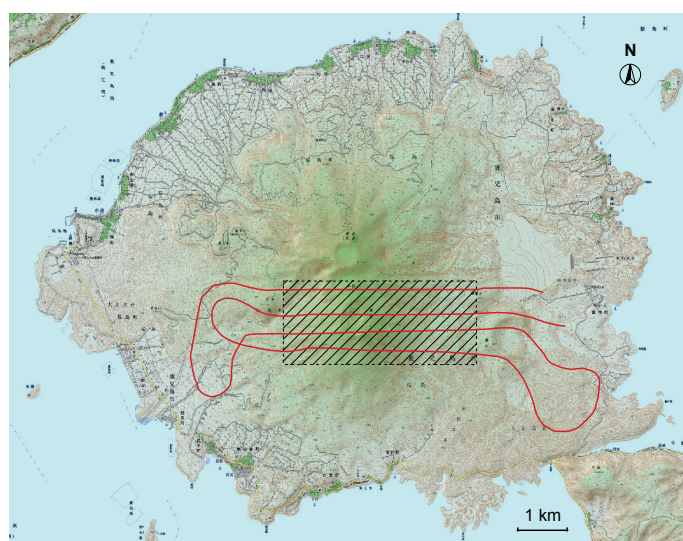


図 1. 観測対象領域(網掛け部, 東西約 4 km×南北約 1.75 km)と飛行航跡(赤線)

表 1. 熱赤外映像装置 TH9260 の主な仕様⁷⁾

温度測定範囲(レンジ 3)	0～500℃
最小検知温度差	0.12℃以下
測定精度	±2%(読取值), または±2℃ いずれか大きい方
測定波長	8～14μm
検出器	国産 2 次元非冷却センサ(マイクロボロメータ)
視野角	水平 21.7° ×垂直 16.4°
瞬時視野角	0.6 mrad
画像データ画素数	640(H) × 480(V)ドット
データ深度	14 bit

2. 観測

観測は 2008 年 3 月 11 日午前 10 時 50 分～11 時 5 分にかけて、熱赤外カメラ(NEC 三栄 TH9260)とデジタルカメラ(PENTAX *ist DS)を用いて実施した。今回の観測に使用した熱赤外カメラの主な仕様は表 1⁷⁾に示されるとおりであり、山麓からの繰り返し観測¹⁾に使用しているもの(NEC 三栄 TH7102MV)と、(瞬時)視野角、画像解像度のほかに大きな違いはない。航空機の飛行高度は 9800 ft(海拔約 3 km)で一定であったため、たとえば標高 0 m, 500 m, 1000 m の地表面を撮影した場合の空間分解能(最小検知面積)は、それぞれ、3.2 m², 2.2 m², 1.4 m²となる。観測時の天候は快晴であり、また、南岳山頂火口からのガス・水蒸気放出も少なめであったため、山体斜面および山頂火口内の観測に大きな支障はなかった。

熱赤外カメラ、デジタルカメラはいずれも垂直下方が撮影可能となるように、航空機床面の一部を取り外して設置し、撮影は飛行測線上において 5 秒間隔で行った。機内では、GPS 信号による航空機の航跡(図 1)もノート PC に記録した。また、航空機の進行方位をハンディーGPS (Germin eTrex VistaC)の磁気コンパスによって 1 秒間隔で記録したほか、航空機のロール角、ピッチ角については、傾斜角計 (Schaevitz AccuStar) の出力データをデータロガー (DATAMARK LS3300PtV)に 1 秒間隔で保存した。これらのデータは、撮影した熱赤外・可視画像を地表面上へ正射投影する際に使用する予定である。

3. 結果

図 2 に各測線で撮影された熱赤外・可視画像から作成したモザイク画像を示す。山体地形や飛行状況の影響を除去するための幾何補正は行っていないため、画像にはひずみが残存しているものの、熱分布の特徴を見る分に問題はない。なお、これ以降記述する温度は、熱画像上での表示温度であり、大気中の放射伝播の影響は考慮されていない。実際の地表面温度はここ

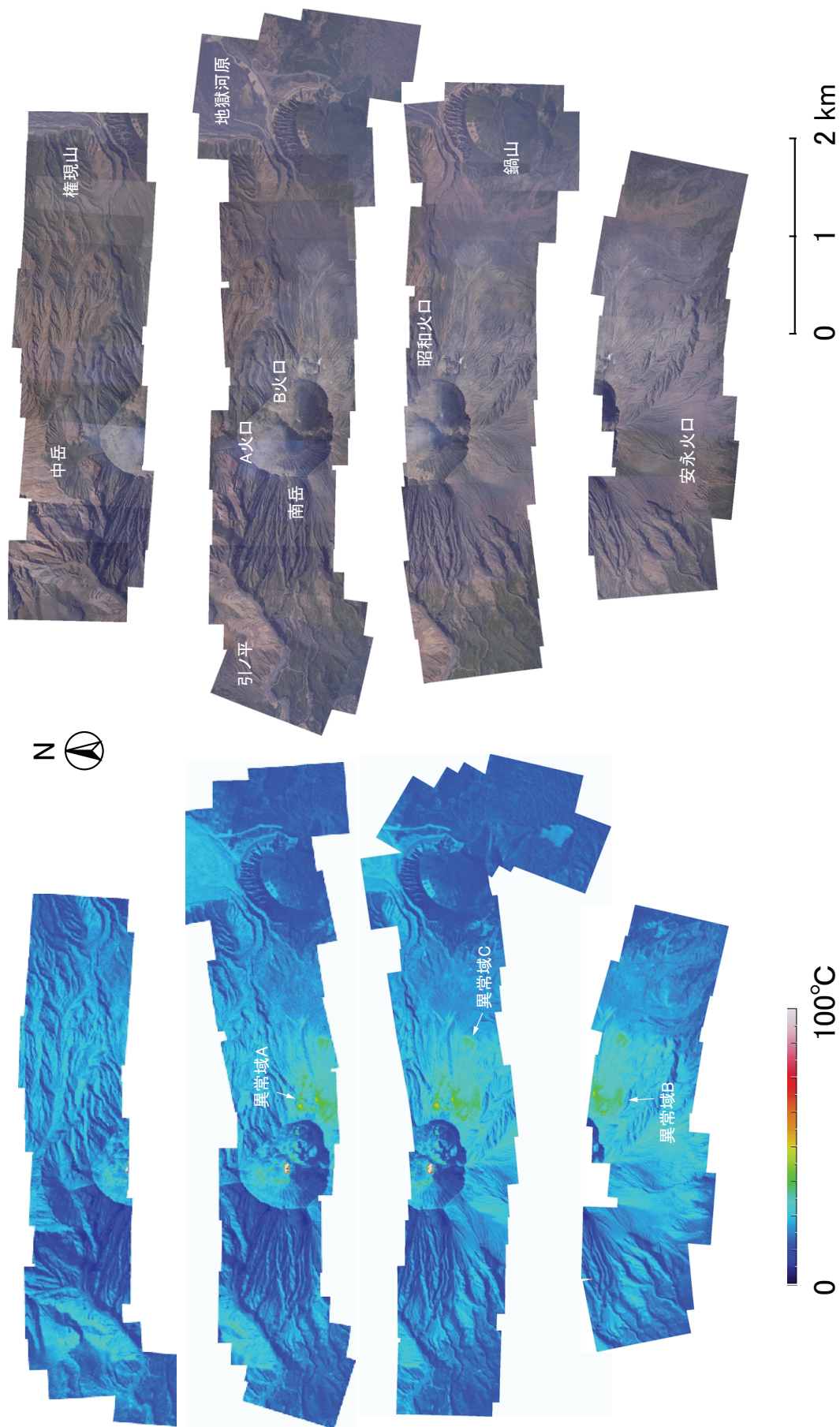


図 2. 各測線において撮影された熱赤外画像(左)と可視画像(右)

で記す温度よりも高いと考えられる。

撮影された熱画像(図 2)を概観すると、観測対象領域のうち、東～南側に面した地表部分が 20～30℃程度、西～北側に面した部分が 10～20℃程度であり、全体的に東～南側の斜面の表示温度が高い。観測実施時刻が正午に近かったことを考えれば、これらの違いは日射の影響によるものと考えられる。また、鍋山の南東側や引ノ平の南側に広がる相対的な低温地域は、植生の効果によって温度上昇が抑えられたためであろう。熱画像から判断される山体斜面の熱異常域としては、これまでの山麓からの繰り返し観測¹⁾で把握されていた昭和火口近傍の熱異常域 A、南東側斜面の侵食谷付近に広く分布する熱異常域 B、および、南岳と鍋山の間地点の熱異常域 C 以外には、顕著なものは見当たらない(図 2)。山麓からの観測でもあまり高い温度が観測されない安永火口上部の熱異常域 D、南岳南東斜面の低標高地域に存在する熱異常領域 E については、今回の観測結果では不明瞭である。南岳山頂火口(A 火口底)に見られる高温領域(後述)を除いて考えれば、現在の桜島の地表熱活動の中心は、山頂火口内ではなく、むしろ、昭和火口を含んだ南東斜面にあるとみなせそうである。

南岳山頂火口内は、全体的には 10～25℃程度を示しているが(図 3a)、A 火口底(北西側)・B 火口底(南東側)のいずれにも特徴的な円弧状の 30～60℃程度の熱異常がみられる(図 3a

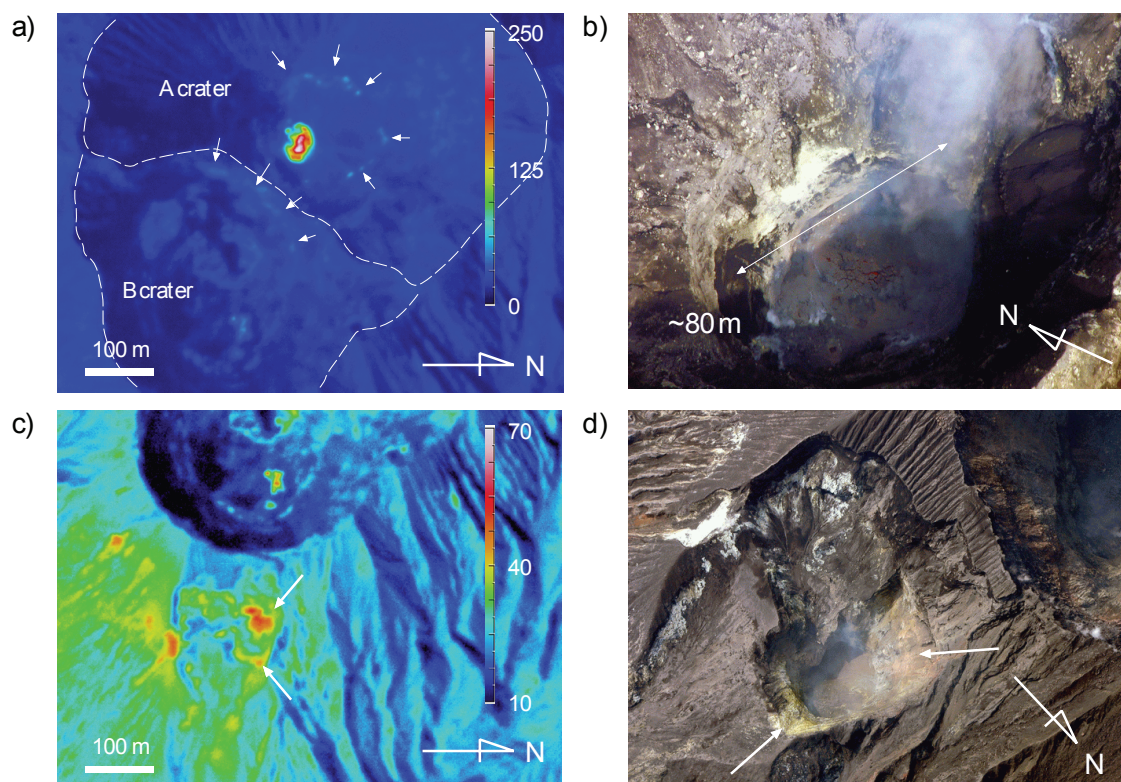


図 3. a) 南岳山頂火口内の垂直熱赤画像。矢印部には円弧状の弱い熱異常がある。A 火口中央部の最高温度は 270℃。b) A 火口底に観察された凹地形。ひび割れ部では赤熱している様子が確認できる。c) 昭和火口周辺の垂直熱赤画像。昭和火口内で温度の高い 2 領域を矢印で示した。d) 昭和火口の斜め写真。2008 年 2 月噴火の火孔は北側部分(写真下側)である。2 本の矢印は c) のものと対応する。

の矢印部)。これらの一部からは弱い噴気の発生が確認できた。また、A 火口底には最高温度 270℃を示す高温の凹地領域(直径は約 80 m)が認められる。当該領域では地表面に赤熱したひび割れが観察されたため(図 3b), 直下での活発な熱活動が想像される。実際、観測実施のおよそ 2 時間前(3 月 11 日 8 時 55 分ごろ)に、ごく小規模な噴火が A 火口で発生している。B 火口底中央にあるやや広い凹地には A 火口底にみられたような高温の熱異常はみられないが、B 火口内東側には 50℃程度のスポット的な熱異常が観察された(図 3a および図 3c)。また、昭和火口内での高温部分(図 3c 矢印;50℃程度)は、2008 年の活動火孔底ではなく、その周囲に露出した褐色～黄色に変質した部分に対応していた(図 3d)。

3. まとめ

2008 年 3 月 11 日に、桜島南岳の山頂火口、昭和火口を含むおよそ 7 km²の領域を対象に、航空機による空中熱赤外観測を実施した。海拔 3 km から撮影した熱赤外画像から判断する限り、山体斜面に存在していた熱異常域はこれまで観測によって既知のものであり、新たな熱活動の兆候は認められなかった。山頂火口内における熱異常は円弧状に分布する特徴が認められ、また、A 火口底には最高温度は 270℃を示す凹地の存在も確認された。他方、昭和火口の火孔底には顕著な高温部は認められず、同火口における最高温度を示す部分は火口地形内部に露出した変質した堆積物の一部であった。

謝 辞

産業技術総合研究所の篠原宏志氏には観測の機会を、京都大学防災研究所の井口正人氏には結果公表の機会を、それぞれ提供していただいた。鹿児島国際航空株式会社の西 泰弘氏には航空機運行に便宜を図っていただいた。以上の方々に感謝します。

参 考 文 献

- 1) 横尾亮彦・井口正人・石原和弘 (2007): 熱赤外映像観測からみた桜島山体斜面の熱活動, 火山, 第 52 巻, 121-126.
- 2) 加茂幸介・西 潔 (1975): 赤外映像による桜島南岳の地表温度異常域の調査, 桜島火山の総合調査報告, 33-39.
- 3) 加茂幸介・江頭庸夫・西 潔・石原和弘 (1977): 赤外線映像による桜島火山の地表温度異常域の調査, 第 2 回桜島火山の集中総合観測, 34-44.
- 4) 加茂幸介・西 潔・高山鐵朗 (1980): 赤外線映像による桜島火山の地表温度異常域の調査, 第 3 回桜島火山の集中総合観測, 27-33.

- 5) 建設省国土地理院 (1982): 火山基本図と地表面温度分布, 第 4 回桜島火山の集中総合観測, 33-37.
- 6) 植原茂次・矢崎 忍・熊谷貞治・幾志新吉・高橋 博 (1988): ヘリコプター搭載 MSS 及びランドサット TM データによる桜島火山の熱観測, 第 6 回桜島火山の集中総合観測, 37-46.
- 7) NEC 三栄 (2008): サーモレーサーTH9260 取扱説明書.

(Received on March 17, 2008)