

桜島火口および周辺の赤外映像*

京都大学防災研究所附属桜島火山観測所
北海道大学理学部
東北大学理学部

桜島火山における赤外映像による熱的状態の調査は先に空中から気象研究所が、地上からは筆者らが、1974年12月に実施している。今回「桜島火山の総合調査」に時期を合わせ空中と地上から再び赤外映像による測定をおこなった。

空中赤外映像については京大防災研が文部省特別経費により、地上赤外映像については1974年12月に北大理・京大防災研が、1975年4月に東大理・京大防災研が撮像にあたり、そして解析は主に京大防災研が担当した。当局に謝意を表すると共に、通産省公害資源研究所のマルチスペクトルスキナーと解析装置の使用に尽力頂いた同研究所公害第1部第2課長 高村 啓 氏に、また崩壊地における標準含水実験地設定に当たった建設省肝付川工事事務所に感謝する。

その1 火 口

当初の空中赤外映像による観測計画にもとづいて、西之島、大島、鳥海山、および阿蘇山と桜島で使用された装置と異なる器種を選定し、撮像範囲を全島域としそして自然侵蝕と植生調査も可能なようにマルチスペクトルスキナーを用いた。測定器の特性および測定作業は次の通りである。

測 定 器：Bendix社製M²S（公害資源研究所所有、操作はナックK.K.）

波 長 域：0.38～1.06 μm を10バンドに分割、第11チャンネル赤外バンドに遠赤外および中間赤外用フィルターを装置

8.5～13 μm 低温用（昼間撮像）

3.5～5 μm 高温用（夜間撮像）

赤外検出素子：3元合金半導体（Hg, Cd, Te），液体窒素冷却

分 解 能：走査速度10～100 scan/sec，瞬間視野2.5 mr，視野角100° ± 10°

ロール補正：inertial roll compensation standard

記 録 方 式：磁気テープに数値化記録

dual thermal reference -10°～40°

測 定 日 時：1975年3月18, 19日

航 空 機：grand commander 680LF型 JA-5197

（日本航空機輸送K.K.）

高 度・速 度：3000 ft. 140 kt. ground and sea truth 測定

8000 ft. 160 kt. 昼間測定

10000 ft. 160 kt. 夜間測定

撮 影 範 囲：全島域20回撮像

地形判断: Hassel Blad F= 40 mm による同時撮影

検定: ground truth

- (1) gray seale を設定して地表物質の分光測定、気象観測 (日本航測K.K.)
- (2) 崩壊地に標準含水実験地を設定、Sample 採取含水比測定 (建設省肝付川工事事務所)

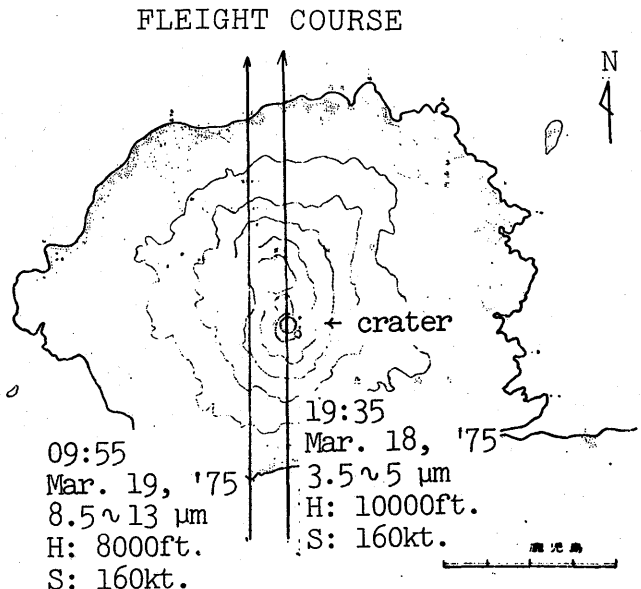
sea truth 桜島南北海水域で水温、透明度、湿度および採水SS測定 (日本航測K.K.)

解析および結果

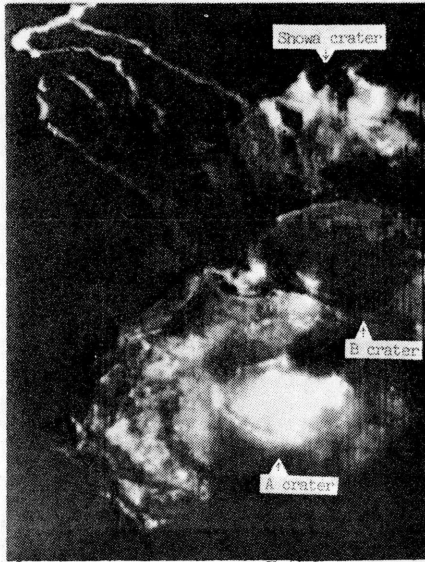
撮像範囲は桜島全島におよんでいて、ぼう大なデータ量となっている。そこでM²S専用解析装置 Quick Look System (ナック計測センター)により概査した後、地表温度の異常域についてのみ Interactive Color Image System (ナック計測センター)により精査した。測定期間中3月18日夜間測定以外は、南岳B火口より火山灰混じりの噴煙を大量に噴出していた。概査の結果、解析範囲は火口周辺が対象となった。撮像条件の良好であった第1図に示された測定コースによる映像を解析した。即ち低温用8.5~13 μmについては3月19日09h 55m, 高温用3.5~5 μmについては3月18日19h 35mに撮像されたI.R. imageである。

解析に当っては、M²S内で設定された dual thermal reference から255 stepに記録されている赤外線強度 level を適当に分割し、対応する温度領域に着色してブラウン管に表示させた映像を写真撮影した。白黒濃淡で表示した total I.R. image を第2図に示した。着色された各温度領域を示す写真から図化した地表温度分布を第3図に示した。波長域8.5~13 μm, 3.5~5 μmの映像と温度分布図を夫々独立に示して

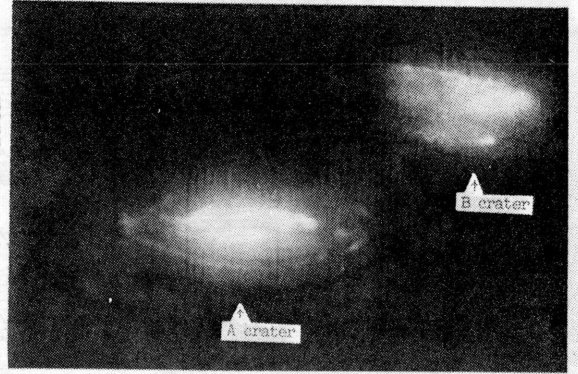
ある。リモートセンシングの場合、真値を得るため測定値の補正が問題となる。今回検定用に実施した温度測定の ground truth と sea truth の解析では補正の必要は認められなかった。即ち測定器により表示された見かけ上の温度は20℃付近で5%以内の誤差でそのまま真値として取扱ってさしつかえない。dual thermal reference の上限が40℃であるが、地上実験で100℃までは linear に外挿できることが確認された。ここでは100℃以上についても同様の取扱いをした。地上用サーマルカメラの測定の際用いた理論的補正方法、⁽²⁾ 即ち、桜島火山の地表物質の I.R. 放射率0.97⁽³⁾とH₂OによるI.R. 吸収(高層気象データを使用)を



第1図 空中赤外映像撮像コース
(火口上空で撮像されたデータを解析)

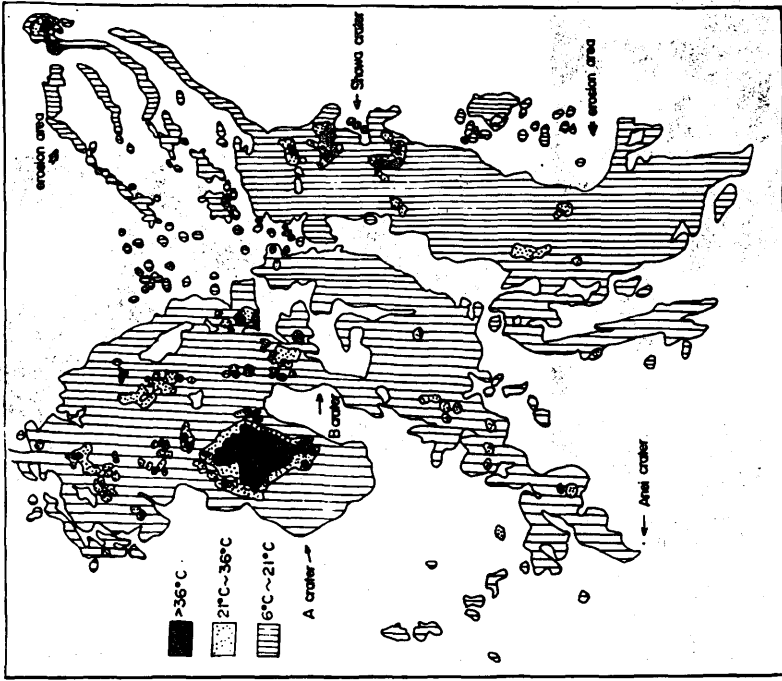
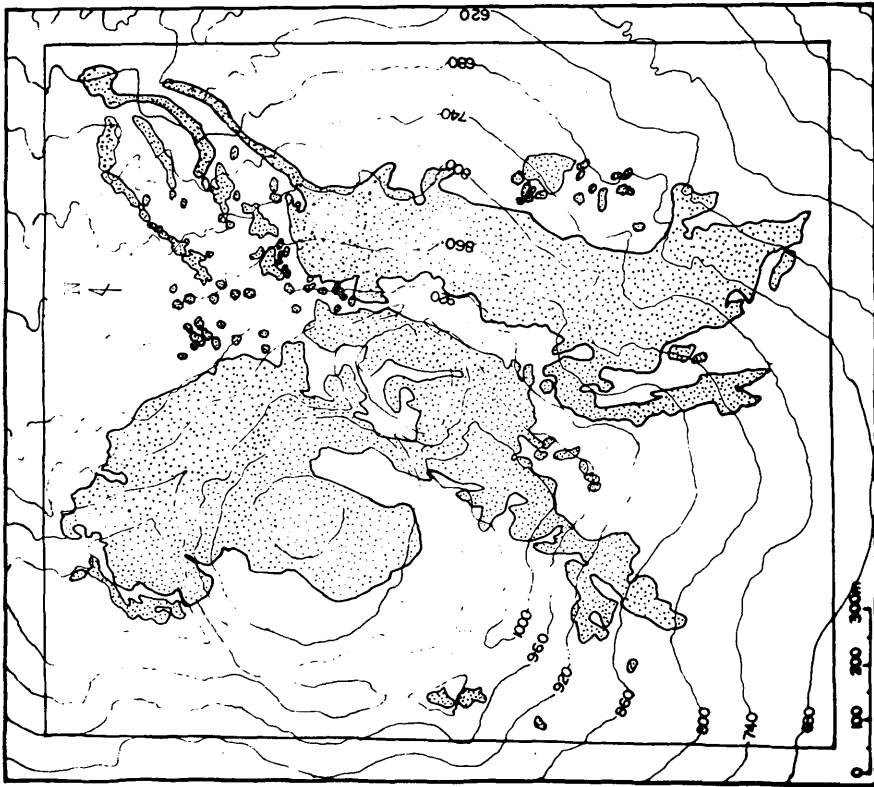


第2図(a)
8.5~13 μm range の空中赤外映像

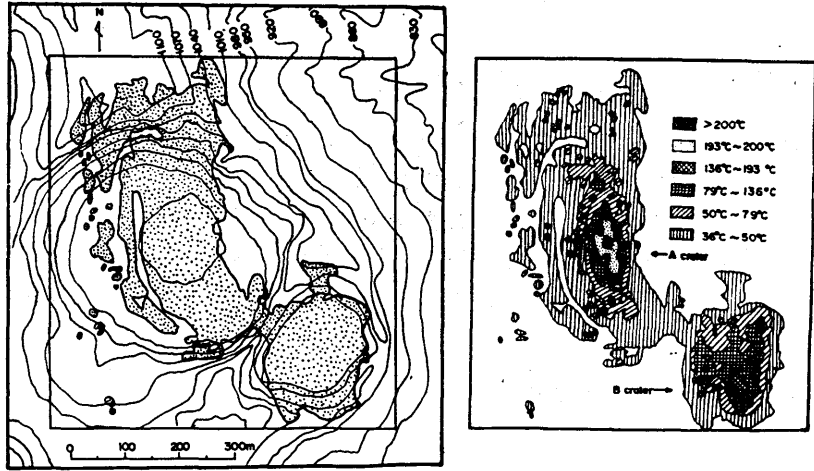


第2図(b)
3.5~5 μm range 空中赤外映像

考慮するとすれば、第3図の表示温度 200°C 付近で約 $+35^{\circ}\text{C}$ ， 100°C 付近で約 $+25^{\circ}\text{C}$ ， 50°C 付近で約 $+15^{\circ}\text{C}$ の補正值となる。第2図(b)では飛行方向に映像が歪んでいる。即ち火口は大体円形であるがだ円にみえ長軸方向が飛行方向である。第3図(b)では光学的にこの歪を補正してあるが若干残っている。なお第3図(a)でB火口の温度異常域が検出されていないのは噴煙のためである。



第 3 図 (a)
 桜島南岳火口付近の地表温度分布
 (低温度域 8.5 ~ 13 μm range (による))



第 3 図 (b)

桜島南岳火口付近の地表温度分布
 (高温域 $3.5 \sim 5 \mu\text{m}$ range に よる。)

考 察

桜島全島の赤外映像を概査したところでは、周囲温度との差が推定 10°C を示す地表温度異常域は、ここで解析している地域の外には見当らなかった。第3図に示されているように地表温度異常域は、現在活動中の南岳火口域 (AおよびB火口)、南岳東斜面の昭と火口の上縁部、南岳南西斜面の安永火口の上縁部および自然侵蝕の進行の激しい北東および南東斜面にみられる。自然侵蝕域をのぞいては温度異常がみられて当然の部分でその値も活動中であることからみて特に異常ではなさそうである。南東斜面にみられる侵蝕域で約 40°C 前後 (第3図(a)では 36°C 以上で検出され、(b)では (1) 見当らない) の部分については今後調査が必要であろう。これらの結果は先に気象研究所が得た結果と比較してみると全般的に同じ分布をしているとみられる。先に指摘した南東斜面の異常域は、「その2山腹」でも述べるように、12月時点では地上からの赤外映像でもみられなかった。この比較から次に気付くことは高温域の測定には赤外線放射の性質の通り、遠赤外線より中間赤外線の $3 \sim 5 \mu\text{m}$ range を利用する方が有利なようである。ここでは太陽光の影響を除くため夜間測定を行ったが、西之島の測定例からみて高温域に対しては昼間測定も可能であろう。問題点をあげると桜島のように複雑な地形をとる火山では、地形との対比で温度異常域の位置決定が赤外映像だけでは可成り困難である。次に測定温度 range を換えて何回も飛行すると撮影条件が変わることである (まして飛行機の運行費がかさむ!)。

このような観点から(1)測定温度の dynamic range を広げた、(2) $3.5 \sim 5 \mu\text{m}$ および $8 \sim 13 \mu\text{m}$ の両 window を同時に測定できる、そして(3) 地形判定のため visible image を同じ

system で同時撮影できる機能を備えた火山調査専用赤外映像撮像装置と専用解析装置の開発が望まれる。

終りにあたり解析装置の使用に多大の便宜をはかって頂いたナック K.K. の計測センターの方々に感謝の意を表します。

その2 山 腹

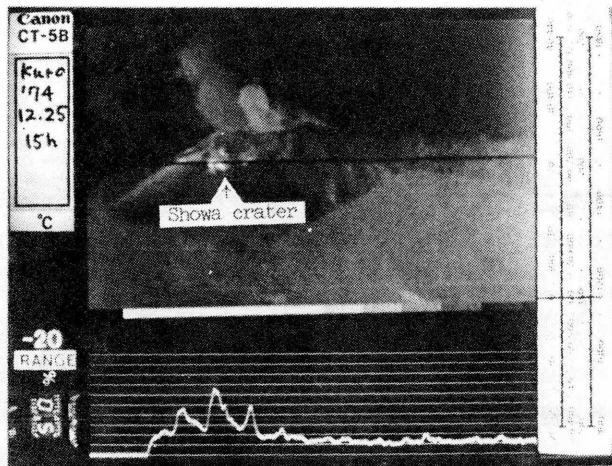
桜島火山体の地上赤外映像による測定は先に報告した。(1)前回冬期(1974年12月)に実施して数ヶ月経過しているため時間的な変化と季節による問題点との調査研究、(2)南岳東面に前回の地上赤外映像ではみられず空中赤外映像で検出された地表温度異常域の調査を目的として、再び南岳東部山腹を撮像解析した。南岳南西面についてはこの期間噴煙のため調査できなかった。

測定器の特性および解析方法は前回⁽²⁾同様なので省略する。補正方法において前回山体の平均放射率を0.92としたが、今回は江原⁽³⁾の調査結果とわれわれのサーモカメラによる実験値が一致したので0.97の値を採用した。

撮像日時：1975年4月25日 15時～00時

測定結果および考察

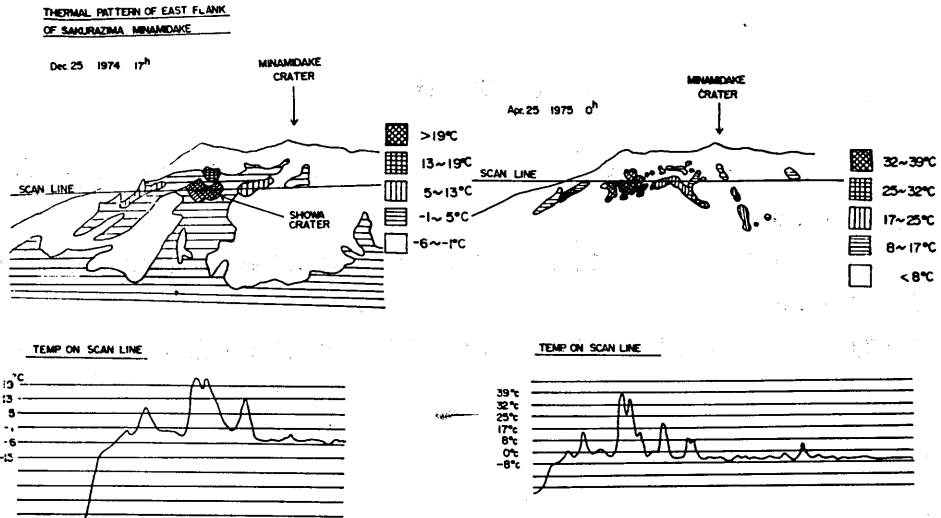
サーモカメラによる地上赤外映像の一例を第4図に示した。



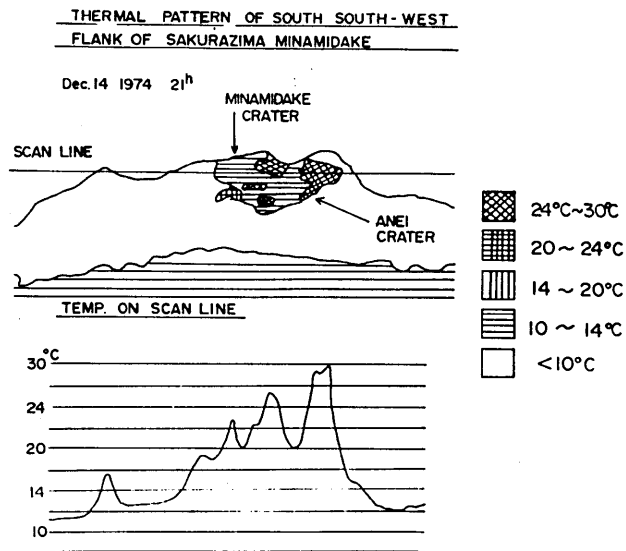
第4図 桜島南岳東山腹の地上赤外映像

第5図には、冬季および4か月経た春季に測定された南岳東山腹の地表温度分布を比較して示した。第5図左は先に述べたように放射率0.97として再補正したものである。昭和火口をはさんで両側に冬季にみられなかった侵蝕地域に温度異常がはっきりみられる。このことは空中赤外映像で得られた結果と一致するが、その値については必ずしも一致しない。これは多分地上から上向きに測定していて、地形等の影響によるものであろう。昭和火口の高温部の空中値と地上値が良く一致している一方、空中からみられた侵蝕地先端部の約40°Cの部分から地上からは検出されていないことからうかがえよう。

冬季測定値に比べて春季測定値の方が全般にわたり高い値を示している。高層気象データによると異常域付近の大気温度は冬季測定時には5.8°C、春季には12.2°Cであった。地下からの熱補給



第5図 桜島南岳東山腹の地表温度分布の比較
 左：1974年12月25日測定
 右：1975年4月25日測定



第6図 桜島南南西山腹の地表温度分布

速度について今議論できないが、大気による cooling の問題を検討しておく必要がある。第6図に前回測定した南岳の南南西山腹の地表温度分布を再補正して、前回示した分布⁽²⁾の訂正の意味で掲げた。

参 考 文 献

- (1) 気象研(1975): 赤外線映像による阿蘇山および桜島の火山観測、火山噴火予知連絡会報, 第3号, 17-19
- (2) 北大理・京大防災研(1975): 桜島 その2 赤外映像による観測, 火山噴火予知連絡会報, 第3号, 38-39
- (3) 江原幸雄(1975): 桜島火山周辺地域における地表物質の放射率決定, 桜島火山の総合調査報告書(印刷中)