

# 火山噴火予知調査に用いる熱赤外放射温度計について

土出昌一・佐藤寛和・小西直樹  
沿岸調査課

Thermal Infrared Scanner (AGA Thermovision 780) in search of  
the Prediction of Submarine Volcanic Eruptions

Masakazu Tsuchide, Hirokazu Sato and Naoki Konishi  
Coastal Survey and Cartography Division

## 1. はじめに

水路部は、昭和49年度に始まった火山噴火予知計画に参画し、南方諸島（明神礁、西之島新島、福徳岡の場、福神海山等）ならびに南西諸島（さつま硫黄島、口永良部島、諏訪瀬島、硫黄島等）方面における海底火山及び火山島の火山活動状況の把握に努めている。

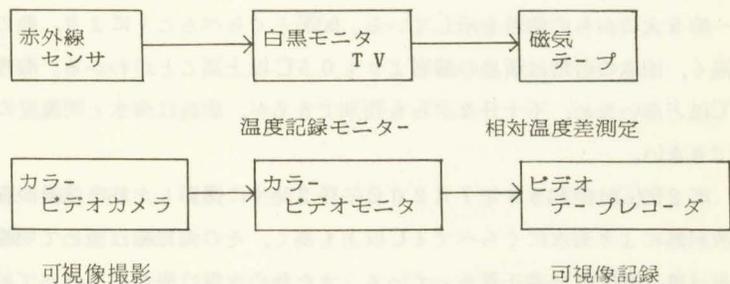
調査手法は、航空機（海上保安庁所属YS-11）にマルチバンドカメラと熱赤外放射温度計を搭載し、空から調査を行うものであり、前者を映像方式、後者を熱方式と称しているが前者については既に簡単に報告したため（杉浦・土出1977, 土出1978）、今回は後者について報告する。

火山調査に熱測定の有効なことは明白であり、既に数多くの調査報告がなされている。そのため水路部としても火山噴火予知計画に参画すると同時に航空機に搭載可能な熱測定装置（赤外線映像装置と呼称）を導入したのであるが、対象となる事象（海底火山爆発）が生じなかったこともあり、見るべき成果をあげるには至らなかった。その間観測機器の性能向上はめざましいものがあり、昭和57年3月に水路部では高性能の熱赤外放射温度計を導入することができた。新装置導入後わずか1年半が経過しただけであり、その成果は十分なものとはいえないが、いくつかの興味ある成果が得られたため概要について報告する。詳細についてはデータの蓄積及び解析を進めた上であらためて報告したい。

## 2. 熱赤外放射温度計

本装置は測定した熱映像をモノクロテレビにモニタ出力し、磁気テープに記録すると同時にビデオカメラによる可視像をビデオテープレコーダに記録している（第1図、写真1）。またその性能は第1表の通りである。

水路部の行う調査は一般に海面上が多く、海面温度観測（シートールズ）は実施していな



第1図 熱赤外放射温度計データ流れ図

い。したがって、熱赤外線による温度測定にとって誤差の原因となる対象物体の放射率及びセンサと対象物体との間に存在する水蒸気等大気による熱吸収や散乱については全く考慮していない。すなわち得られる温度は海面温度を基準とする相対的な温度差の測定であるが、火山性変色の調査にはさしあたり十分と考えられる。

今後適当な機会を捕えてシートツールの調査を行い、相対的な温度差を絶対的な温度に変換する係数を決定し、より精度の高い観測データを取得すべく計画中である。

### 3. 成果

西之島及び西之島新島、福岡の場及びさつま硫黄島について、演算処理装置による解析例を示す。

例示した温度はすべてセンサの感知温度であり、熱映像画面内での温度差を知るめやすとして表示したものである。

#### (1) 西之島及び西之島新島

第2図(a)は昭和57年7月13日午前5時に撮影した西之島及び西之島新島の熱映像濃淡画像であり、第2図(b)は同年7月12日午後2時頃撮影したマルチバンド写真から描いた地形図である。西方(左側)に西之島の台地、中央に同年2月に形成された池、その下方に第1火口からの溶岩、東方(右側)に新島と第2~第5火口からの溶岩を示している。(a)図とくらべることにより、池の温度は島の周囲の海水より $2^{\circ}\text{C}$ 以上高く、旧島の台地は新島の溶岩よりも $0.5^{\circ}\text{C}$ 以上高ことがわかる。海岸線については旧島は海水よりも $0.5^{\circ}\text{C}$ ほど高いため、不十分ながらも判別できるが、新島は海水と同温度のところが多いため、その形状は判別できない。

第2図(c)は昭和58年7月20日午後2時半に撮影した熱映像濃淡画像である。新島・旧島は共に太陽の放射熱により海水にくらべて $4^{\circ}\text{C}$ 以上も高く、その海岸線は極めて明瞭である。(砂礫の移動によりその地形は第2図(b)とは若干異なっている)また池の水温は海水にくらべて約 $2^{\circ}\text{C}$ 高いが、その相対的な温度差は第2図(a)の夜間測定のものにくらべて若干低い。太陽の放射の影響と思われる。

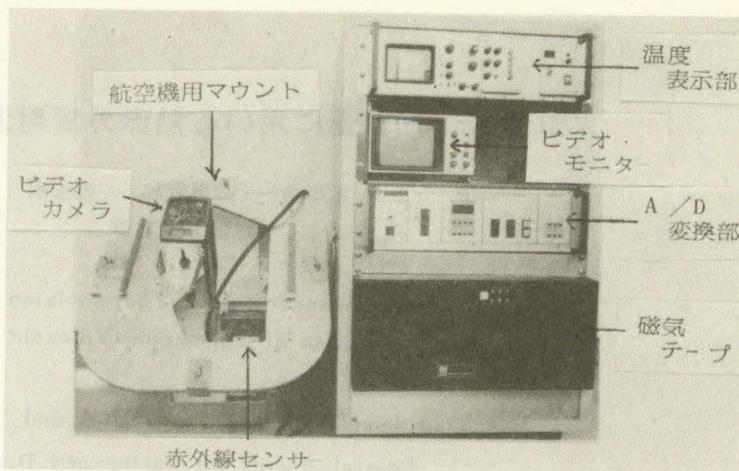
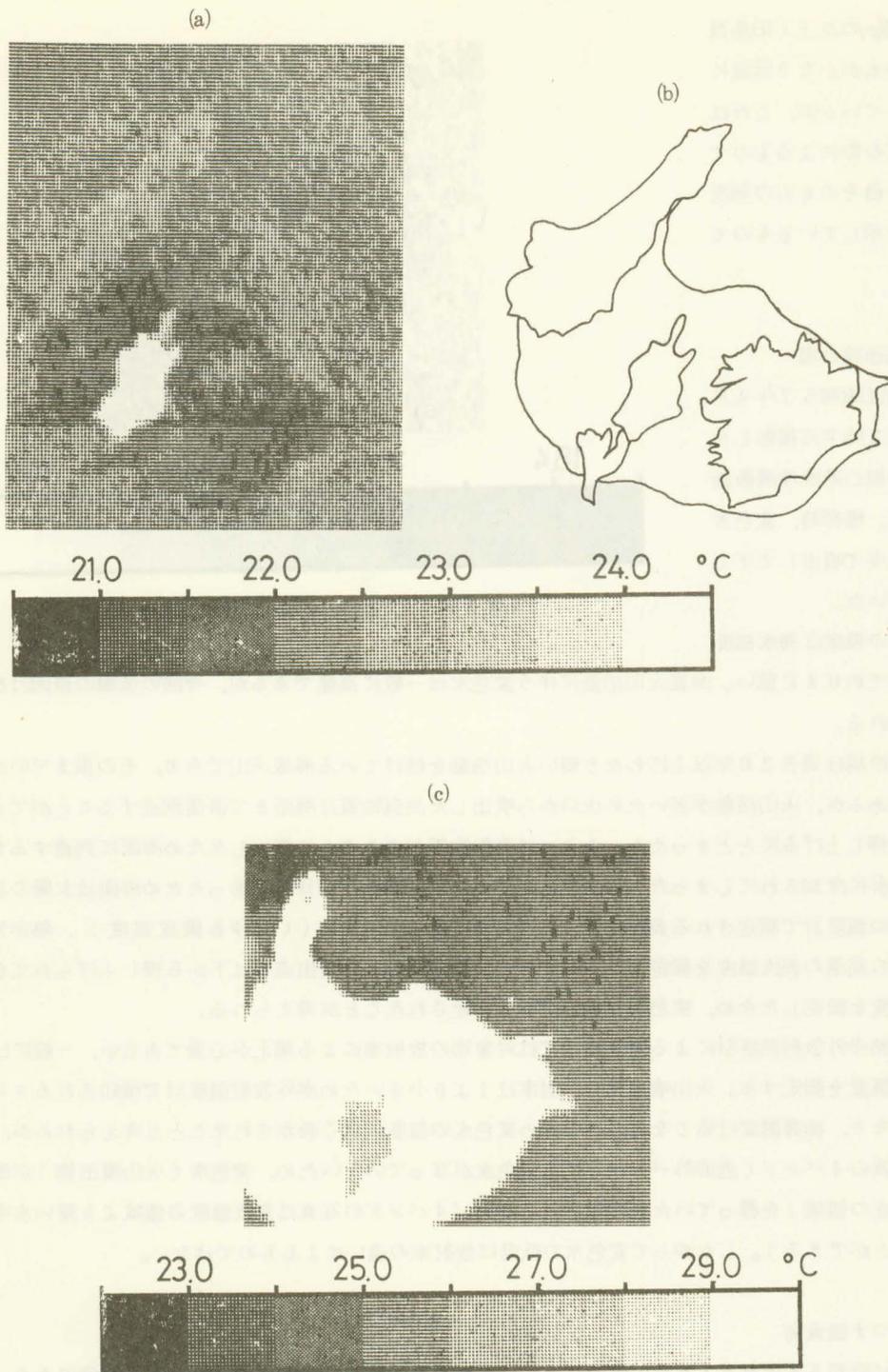


写真1 熱赤外放射温度計

第1表 熱赤外放射温度計諸元

スキャナ	HgCdTeセンサー 熱的分解能 $0.1^{\circ}\text{C}$ 有感波長 $8\mu\text{m} \sim 14\mu\text{m}$
レンズ	視野角 $20^{\circ} \times 20^{\circ}$ f 1.8 焦点距離 33mm 幾何的分解能 3.4 mrad
温度モニタ	白黒テレビ $50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 温度レンジ $2^{\circ}\text{C} \sim 1000^{\circ}\text{C}$ 等温線表示
磁気記録	リールサイズ 7インチ 9トラック 1600 BPI レコードサイズ 1024キャラクタ
可視像モニタ	カラービデオカメラ ビデオモニタ ビデオテープレコーダ



第2図 西之島及び西之島新島

(a)昭和57年7月13日午前5時 (b)地形図 (c)昭和58年7月20日午後2時半

第2図(c)の左上(旧島西側)の海水がかなり低温に表示されているが、これは上空の雲の影によるものであり、水温そのものの局所の変化を示しているものではない。

### (2) 福德岡の場

第3図は昭和57年4月1日午後3時半に撮影した福德岡の場の熱映像濃淡画像である。撮影時、変色水は画像中央で噴出して下方に流れていた。

変色水の温度は海水温度にくらべて約0.4℃低い。海底火山活動に伴う変色水は一般に高温であるが、今回の低温の原因は次のように考えられる。

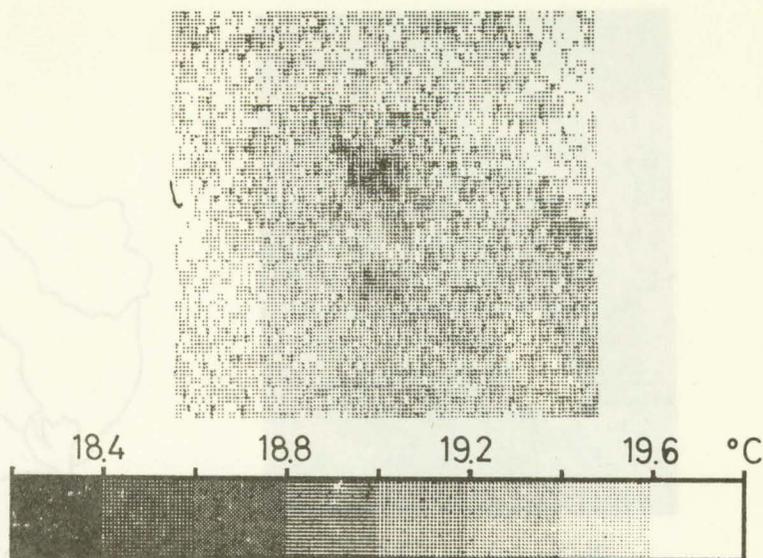
福德岡の場は過去20年以上にわたり弱い火山活動を続けている海底火山であり、その頂までの水深は数10mであるが、火山活動が弱いため火口から噴出した高温物質は海面まで直接到達することができず、単に海水を押し上げるにとどまったか、あるいは高温物質がゆるやかに噴出したため海面に到達するまでにまわりの海水に冷却されてしまったかのどちらかであった。撮影時が日中であったため海面は太陽の放射により、一般の温度計で測定される表面水温よりは高温になっていたが(いわゆる表皮温度)、熱赤外放射温度計はこの高温の表皮温度を測定するものであり、福德岡の場の噴出点では下から押し上げられてきた海水の表面温度を測定したため、変色水の水温が低く測定されたことが考えられる。

なお、熱赤外放射温度計による温度測定では対象物の放射率による補正が必要であるが、一般には海水は1として温度を測定する。火山噴出物の放射率は1より小さいため赤外放射温度計で検知されるエネルギーは小さくなり、換算温度は低くなる。このため変色水の温度が低く表示されたことも考えられるが、マルチバンド写真の4バンド(近赤外バンド)には変色水が写っていないため、変色水(火山噴出物)が海表面(表皮温度の領域)を漂っていたとは考えられない(4バンドの写真は表皮温度の領域より深い水中の情報を示すことができる)。したがって変色水の低温は放射率の違いによるものではない。

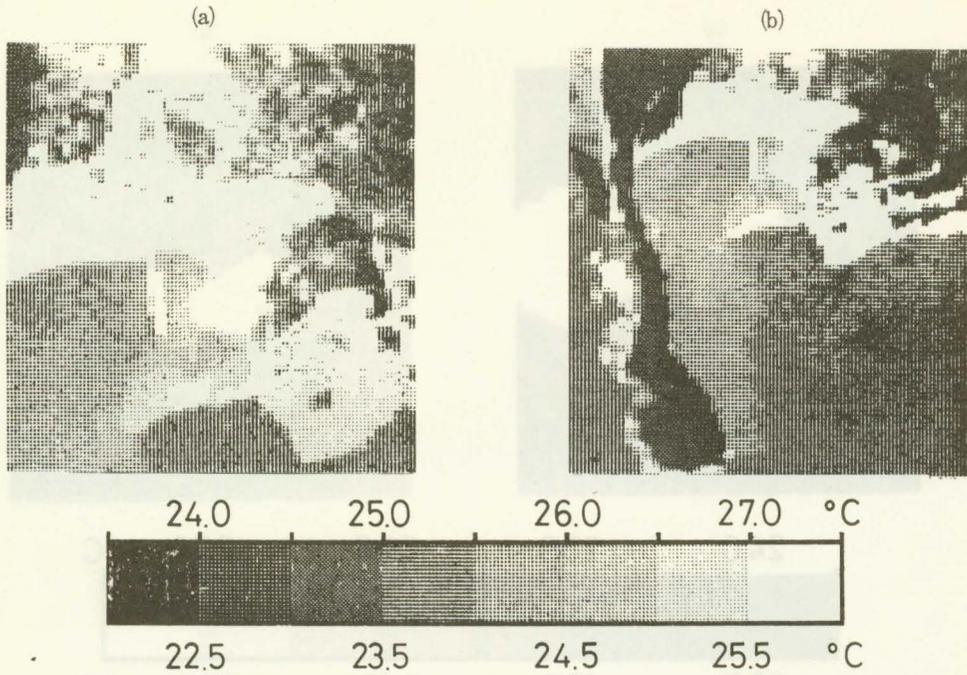
### (3) さつま硫黄島

第4図は昭和58年9月16日に撮影したさつま硫黄島の硫黄島港周辺の熱映像濃淡画像であり、観測高度差による検知温度を比較するため高度1500m(a)と高度3000m(b)の2画像を示した。また画像下の温度スケールは上の目盛りが高度1500m、下のものが高度3000mのものを示しており、低高度(a)の温度目盛りが高々度(b)にくらべて1.5℃高い。第4図(c)は撮影範囲(破線(a)、実線(b))である。

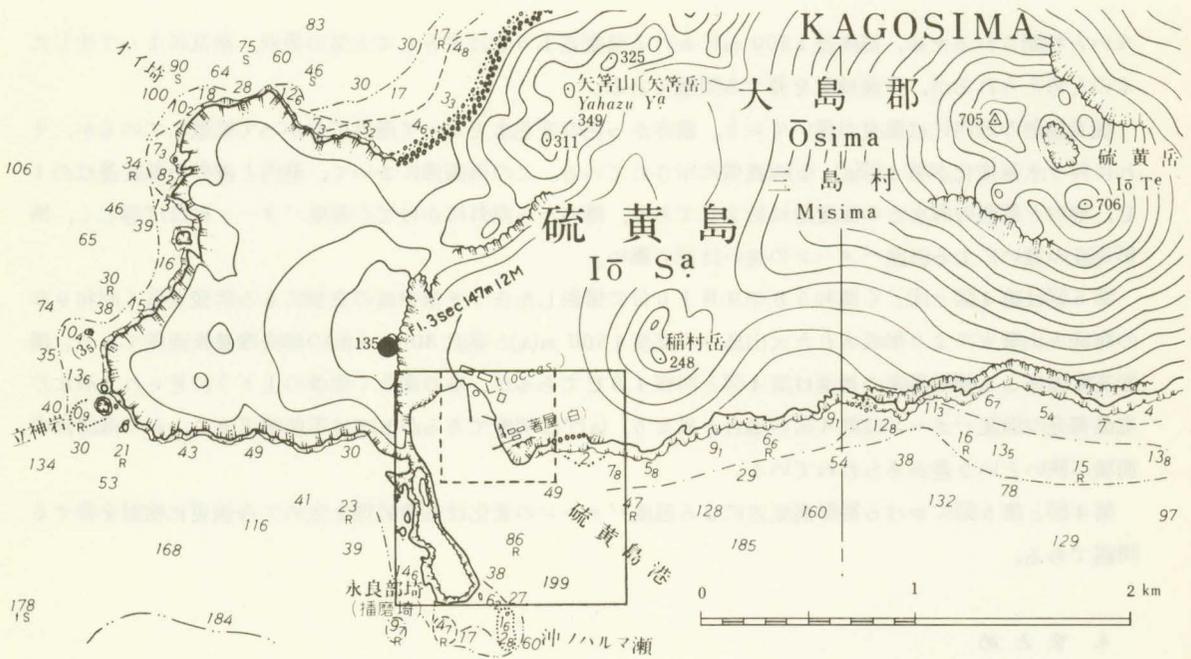
第4図(a)、(b)の撮影時刻の差は約30分であるが、その間天候は一定しており海水温度の変化は極めて少



第3図 福德岡の場 昭和57年4月1日

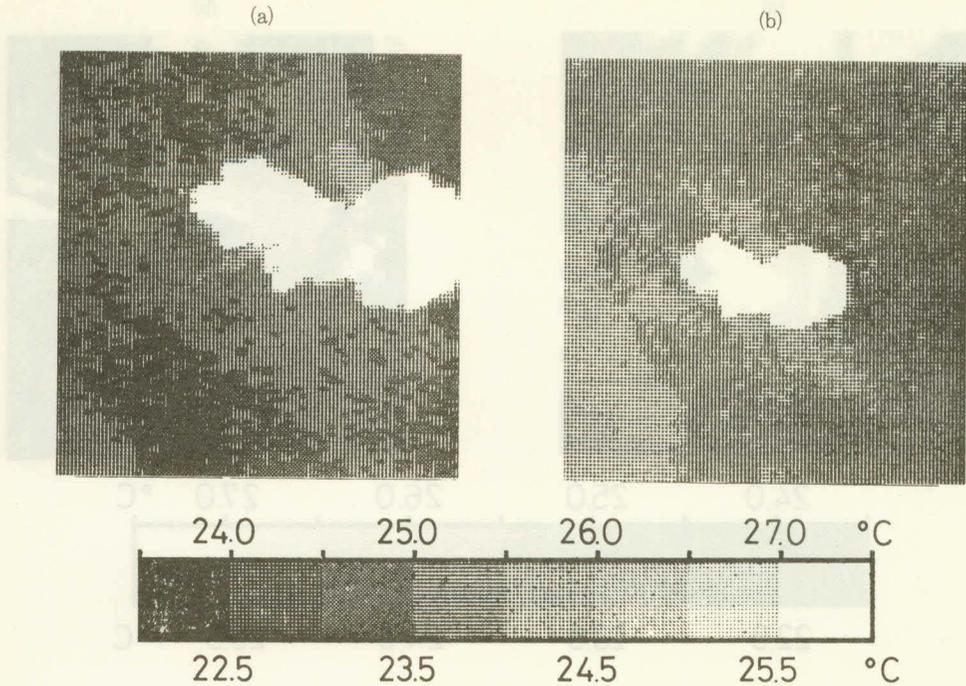


(c)



第4図 さつま硫黄島

(a)昭和58年9月16日高度1500m (b)高度3000m (c)撮影区域



第5図 新硫黄島

(a) 昭和58年9月16日高度1,500 m (b) 高度3,000 m

ないと判断されるため、高度差1500 mにおける温度差1.5℃は主として大気の吸収、散乱によって生じたものと考えられるが、今後検討を要する問題である。

硫黄島港の港内には温泉が湧いており、濃赤かつ色の変色水となって港外にむかって拡散しているが、それに伴う水温変化が第4図(a),(b)両画像に示されている。この両画像において、港内と港外の温度差は約1℃、港内と周囲の海水との温度差は約2℃であり、港内から港外にかけての温度パターンはほぼ等しく、撮影高度の違いによる温度パターンの違いは認め難い。

第5図は第4図と同じく昭和58年9月16日に撮影したさつま硫黄島の東側にある新硫黄島(昭和9年の海底火山噴火により形成された火山島)の高度1500 m(a)と高度3000 m(b)の熱映像濃淡画像である。撮影高度差による検知温度の相違は第4図と同様1.5℃であるが、島の南北(画像の上下)に見られる海水の高温部分の温度パターンは第4図の場合と異なり、(a)では明瞭であるが(b)では不明瞭であり、かつ高温部の面積が狭いという差があらわれている。

第4図と第5図における撮影高度差による温度パターンの変化は画像処理を含めて今後更に検討を要する問題である。

#### 4. まとめ

成果として示したものは3例にすぎないが、これまでの調査により熱赤外放射温度計は、従来用いていた赤外線映像装置にくらべて感度が高く、海面の温度パターンをよく表すことがわかった。

対象物体の絶対温度を知るためには、シートゥルースとの対比を行い、大気の吸収等による補正係数を決

定する必要があるが、温度パターン上の相対的な温度差を測定するには温度表示部（写真1参照）の操作だけで比較的簡単に計測することができる。昭和58年10月には三宅島噴火の際航空機からの温度測定を行ったが、たまたま地震研究所の観測班が地上で放射温度計による観測を実施しており、我々が航空機から測定した温度はその地上観測値とかなり良い一致を示していることがわかった。データの詳細な比較検討は未了であるが、貴重なグラントゥルースを得ることができた。

今後は本装置により主として南方諸島方面の海底火山の活動状況の把握に努めると共に、三宅島のような陸上火山においても、比較的グラントゥルースが得やすいと思われるため航空機による観測を行い、その測得温度の精度向上に努める必要がある。

### 参考文献

- (1) 杉浦邦朗・土出昌一 1977：西之島火山に対する噴火予知研究（第1報）—マルチスペクトル画像による解析—, 水路部研究報告 12, 36～49 ページ
- (2) 土出昌一 1978：西之島火山に対する噴火予知研究（第2報）—予備の数値解析—, 水路部研究報告 13, 111～126 ページ

