

# 雲仙岳の温度分布 ( 1 ) \*

防災科学技術研究所

## 要 約

雲仙・普賢岳火山体の温度を、航空機搭載多波長走査放射計（火山専用空中赤外映像装置 VAM-90A 以下「装置」と言う）を用いて1990年11月23日、1991年2月9日、3月24日、6月21日、8月4日、9月11日及び11月5日の7回観測した。3月24日までの観測によって得られた主な成果は、①各火口の最高温度の推移、山頂部の温度帯域別の面積を把握できて火山活動の推移の予測に役立ったこと、②屏風岩火口が生成されていない火山噴火の3日前に、それぞれ12m<sup>2</sup>、25m<sup>2</sup>の面積を有する温度異常域が検出されたことである。このことは、熱学的手法による火山噴火の直前予測の可能性を示唆したものとして意義は大きい。

## まえがき

九州の島原半島に位置する雲仙・普賢岳が1990年11月17日の早朝より噴火活動を開始した。この噴火は1792年以来198年振りのことである。

防災科学技術研究所では、火山体の温度異常域、温度、温度分布等を精度良く検出し、火山活動の予測と火山噴火予知研究の熱学的手法の開発に資するため、所外の専門家の協力を得て、火山活動観測を主たる目的とした航空機搭載の装置を、昭和55年度より設計・試験・試作を繰り返して、平成元年までに実機を製作して、平成2年度に装置の検証実験を行っていた。

検証実験中に雲仙岳の火山噴火が発生したため、実験を兼ねつつ1990年11月23日を第1回とし以降1991年11月までの間に7回雲仙岳とその周辺地域の温度を上空から装置を使用して、観測を行った。

ここでは、平成3年3月までに実施した3時期の観測データを解析した結果について報告する。

## 観測の概要

### (1) 多波長走査放射計（火山専用空中赤外映像装置 VAM-90A）による空中から火山体の温度観測

観測は、装置を双発の固定翼機（セスナ404, JA5264）に搭載し、上空から雲仙岳とその周辺地域について行った。観測範囲及び諸元を第1図に、装置の性能を第1表に示す。

なお、U-3コースの観測は、3時期のうち1991年3月24日のみである。

### (2) 地上の観測・調査

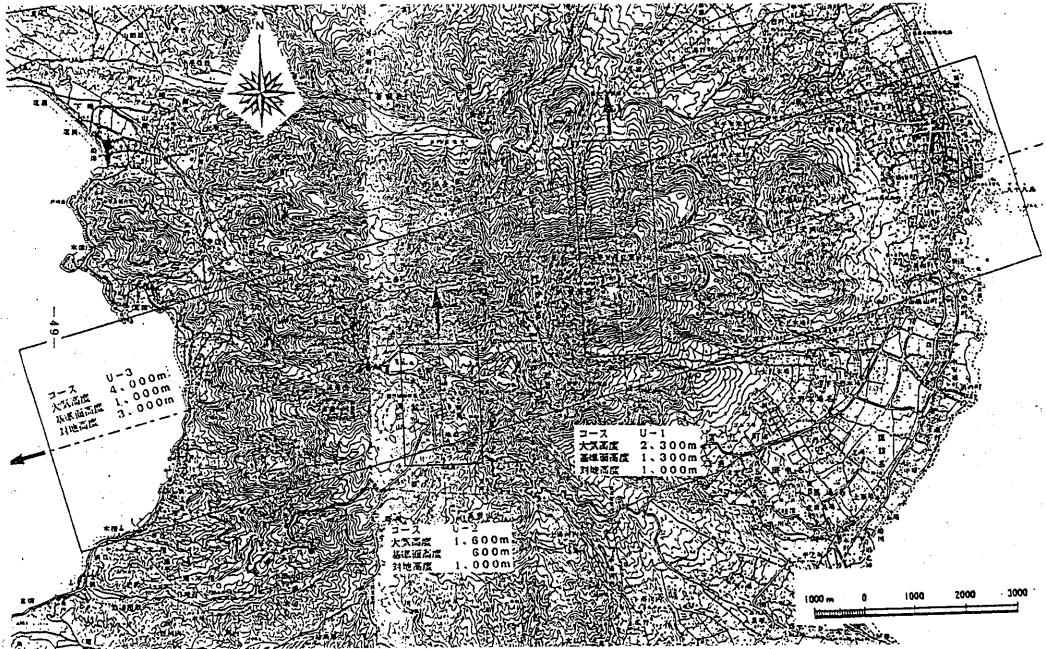
比較対象地域の雲仙温泉街において、噴気帯や池等12箇所を選定し、放射温度計及び接触温度計を用いて、地上から温度観測を行い、上空から観測した値と比較検討した。

その結果と、基準熱源（最高温度550℃）による較正值と対比して、観測した温度を評価した。

### (3) 観測値の比較検討

3時期の観測値を比較して、①温度異常域の有無、②温度分布とその変化、③火口別、温度異常域別

\* Received 9 Jan., 1992



第1図 MSSによる雲仙岳の温度観測範囲  
 Fig.1 Observation Area by Airborne MSS

第1表 多波長走査放射計(火山専用空中赤外映像装置VAM-90A)の性能  
 Table 1 Specifications of Airborne MSS(VAM-90A)

観測波長(単位: $\mu\text{m}$ )	
可視・近赤外域: 0.51-0.59, 0.61-0.69, 0.80-1.10	
短波長赤外域: 1.55-1.75, 2.08-2.35	
熱赤外域: 3.5-4.2, 8.0-11.0, 11.0-13.0	
温度測定	
測定範囲: $-10^{\circ}\text{C} - +1,500^{\circ}\text{C}$	
測定精度: (基準熱源: 標準黒体温度を対象)	
$-10^{\circ}\text{C} - +30^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$	
$+30^{\circ}\text{C}$ 以上 対象温度の $\pm 3\%$	
視野角	
有効視野角	
垂直方向	: $60^{\circ}$
片側一方向サイドルッキング	: $50^{\circ}$
瞬時視野角	
熱赤外域	: 1.5mrad.
その他	: 3.0mrad.
測定データの量子化レベル	: 16ビット以下
基準熱源	
常温域: 2種の黒体を航空機搭載MSS部に装備	
高温域: 較正用基準黒体(可変、最高温度 $550^{\circ}\text{C}$ )	
航空機姿勢の検出・補正	
自動補正	: ローリング ( $15^{\circ}$ まで)
ジャイロ信号記録	: ローリング、ピッチ、ヨーイング
測定データの記録	: HDDTへのデジタル記録
機上モニター	: クイックルック映像装置

の最高温度とその変化を把握し、火山活動と対比する。

## 成 果

- (1) 第1回観測(1990.11.23)では検出されなかった温度異常域が、2月12日に噴火した屏風岩火口の位置に3日前の第2回観測(1991.2.9)において検出された。写真1に第2回観測時の屏風岩火口(観測時点では、火口になっていない。噴火後、屏風岩火口と命名された)付近の温度分布状況を示す。「装置」の瞬時視野角が1.5mrad.であり、観測時の対地高度が1,000mであるから、1ピクセル(画素)は、1.5m×1.5mで、2.25m<sup>2</sup>(以下同じ)となる。よって、写真1から判読して、温度異常域は2箇所、北北西-南南東方向に約14m離れて位置し、面積はそれぞれ約12m<sup>2</sup>、25m<sup>2</sup>と推定された。異常域の最高温度は、30.8℃であるが、周辺が雪で覆われていることを考慮すれば温度異常域と考えられる。この場所は、第1回観測時には17.2℃で、積雪はなく一応常温域ではあるが、観測時期が11月下旬で16時22分ということ考虑すれば、この時点で、火山噴火の前兆である温度異常域であったとも考えられる。第1回観測時における山頂部の温度分布を写真2に示す。

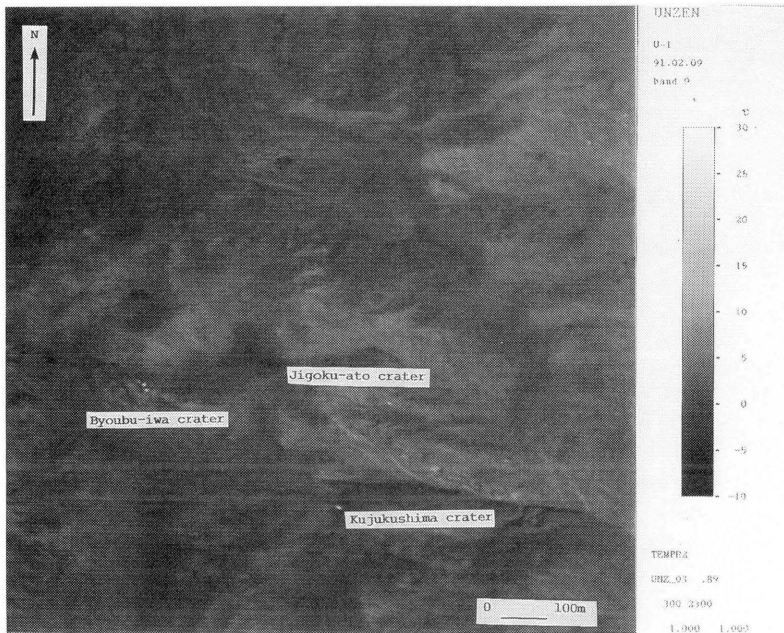


写真1 雲仙岳山頂部の温度分布(1991年2月9日観測、観測波長11-13 $\mu$ m)

Photo 1 MSS(VAM-90A) thermal image of the Unzendake volcano  
(thermal band; 11-13 $\mu$ m, 9 Feb. 1991)



写真2 雲仙岳山頂部の温度分布 (1990年11月23日観測, 観測波長11-13 $\mu$ m)

Photo 2 MSS(VAM-90A) thermal image of the Unzendake volcano (thermal band; 11-13 $\mu$ m, 23 Nov. 1990)

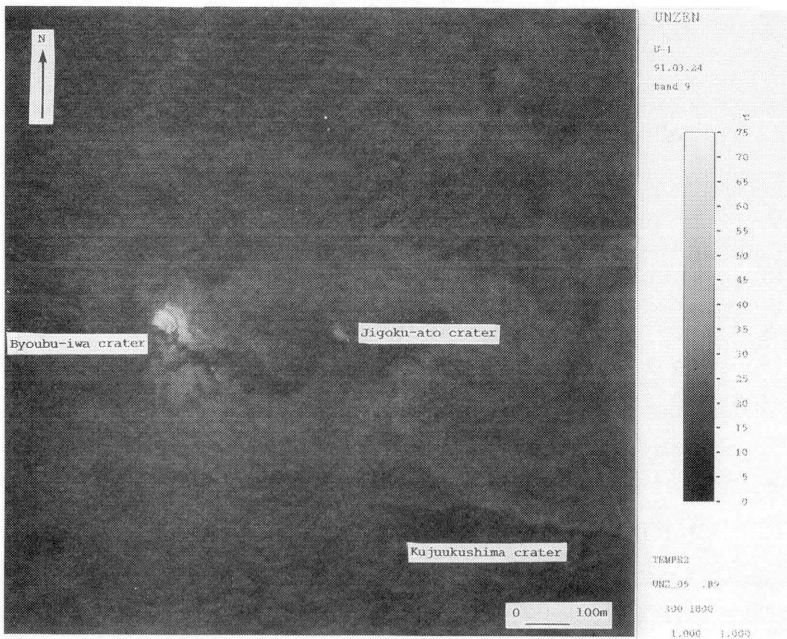


写真3 雲仙岳山頂部の温度分布 (1991年3月24日観測, 観測波長11-13 $\mu$ m)

Photo 3 MSS(VAM-90A) thermal image of the Unzendake volcano (thermal band; 11-13 $\mu$ m, 24 Mar. 1990)

(2) 1991年3月24日の第3回観測時における地獄跡火口の最高温度は47.0℃で、2月9日の観測時には、火口内は雪で覆われており、噴気や地表面温度は雪を溶解することができず0℃を示していたのが47℃上昇して、火山活動の活発化を示唆していたものと推定される。第3回観測時における山頂部の温度分布の画像を写真3に、等温線で示したものを第2図に示す。



第2図 雲仙岳山頂部の等温線図(1991年3月24日観測)

Fig.2 Isotherm of the Unzendake volcano, detected by airborne MSS(VAM-90A) on Mar. 24 1991

(3) 雲仙岳山頂から眉山に至る長さ約13km、幅約3kmの観測範囲では、常温より高い温度を示す異常域は、山頂部以外には検出されなかった。

雲仙岳山頂部で30℃を越える温度異常域が検出された場所は、第1回観測時が九十九島火口、第2回観測時が屏風岩火口の地点と九十九島火口、第3回観測時は活動中の九十九島、屏風岩火口及び地獄跡の3火口であった。温度異常域で見ると、噴火活動の可能性のあるのは、3火口とその周辺に限定される。火口別、観測時別の最高温度を第2表に示す。

時期 \ 火口名	地獄跡火口	九十九島火口	屏風岩火口	備 考
1990年11月23日	17.6	73.1	17.2	将来の火口位置
1991年02月09日	0	30.1	30.8	将来の火口位置
1991年03月24日	47.0	39.6	71.9	

第2表 火口別・時期別の最高温度(単位:℃)

Table 2 Consecutive crater temperature of Unzendake volcano (unit:℃)

## 討 論

- 火口の最高温度の上昇傾向や温度分布等火山体の熱的状態から、噴火活動が活発化する兆候を示していた。事実、地獄跡火口は1991年5月にはいて、溶岩ドームの生成、火砕流の発生等火山活動が活発化した。これから、温度異常域の発生や急激な温度上昇には着目する必要がある。
- 屏風岩火口が2月12日に噴火して、2月27日の現地調査(雲仙岳測候所の調査、火山噴火予知連絡会の未発表資料)によると、火口の形状は約30m×約50mの楕円形(走向NNE-SSW)であった。2月9日から15日間で火口の面積が約55倍に成長した過程は、途中の調査・観測データがないため不明である。既存の噴気孔でない場所から噴火したのは、構造的に弱かったものと推定される。
- 屏風岩火口は、地獄跡火口や九十九島火口のように既存の火口ではなく、今回の噴火で新しく形成されたものである。噴火地点に温度異常を検出したのは、3日前の観測時である。このことは、火口でなくとも温度異常域が検出された地点は、火口へ発達する可能性があるため、噴火の前兆として注目すべきことを示している。更に、常温より高い温度異常域の分布状況は、噴火活動の推移に関する他の観測データと合わせて、火山体の地下構造や熔融したマグマの上昇域を推定するうえで有用なデータとして活用できるものと期待される。

## 今後の課題

- 火山体の温度分布を精度良く観測することにより、火山噴火の直前予知に可能性があることを雲仙岳の温度観測の例から示唆できた。しかし、温度異常域が検出されても、それが将来火口に発達するとは限らない。それを判断するためには、温度異常域を高い精度で観測を継続する必要があるとともに、地震等他の観測データの活用と物理探査等により火山活動が静穏な時期に火山体の地下構造を詳細に把握しておくことが必要である。
- 今回の観測に使用した多波長走査放射計(火山専用空中赤外映像装置 VAM-90A)は、上空から観測したデータを地上に伝送する機能が装備されていない。そのため、観測されたデータを解析し、火山活動予測の判断資料とし活用するまでに日時を要し、緊急時には対応が遅くなる。火山噴火予知の研究にデータを使用するだけであれば、現状の装置でも良いが、監視を目的とするならば、観測データを上空から地上局への伝送システムと、現地に専用の処理・解析システムの整備が必要である。

本研究は、科学技術庁・科学技術振興調整費による。(熊谷貞治, 矢崎 忍, 大見士朗, 植原茂次)

## 参 考 文 献

- 九州大学理学部付属島原地震火山観測所(1991):1990年雲仙火山噴火と地震活動,噴火予知連会報, 49, 58-68
- 科学技術庁研究開発局(1991):雲仙岳噴火活動に関する緊急研究研究成果報告書
- 熊谷貞治・植原茂次・矢崎 忍・大見士朗(1991):空中からMSSによる雲仙岳の温度観測,日本火山学会講演予稿集,1991年度秋季大会,1991, 2, 28
- 植原茂次・熊谷貞治・矢崎 忍(1991):航空機搭載MSSによる雲仙岳火山の熱観測,日本リモートセンシング学会誌, 11, 3, 49-55
- 雲仙岳測候所・気象庁地震火山業務課(1991):雲仙岳の火山活動,噴火予知連会報, 49, 46-57
- 矢崎 忍・熊谷貞治・植原茂次(1991):空中熱赤外映像装置の開発と雲仙岳等の火山の熱観測,計測自動制御学会第17回リモートセンシングシンポジウム資料, 113-116