

( 1 ) 実施機関名：

( 独 ) 防災科学技術研究所

( 2 ) 研究課題(または観測項目)名：

火山活動把握のためのリモートセンシング技術活用

( 3 ) 最も関連の深い建議の項目：

3. 新たな観測技術の開発

( 2 ) 宇宙技術等の利用の高度化

イ. リモートセンシング技術

( 4 ) その他関連する建議の項目：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

( 1 ) 地震・火山現象のモニタリングシステムの高度化

ア. 日本列島域

( 3 ) 地震・火山現象に関するデータベースの構築

ア. 地震・火山現象の基礎データベース

( 5 ) 本課題の 5 か年の到達目標：

航空機リモートセンシング技術を用いて、熱的活動、火山ガス等の火山体表面状態の計測を実施し、火山活動を評価する技術を開発する。火山活動が活発化した場合には、対象火山について同技術を活用した観測を行う。さらに、これらより得た、火山体表面状態の基本情報を整備する。また、噴煙監視や火山放出物把握のために、レーダーなどを用いた計測技術を開発する。

( 6 ) 本課題の 5 か年計画の概要：

当所の航空機搭載型超多波長スキャナ(ARTS)を活用し、平常時の火山体表面状態の計測を実施し、熱的活動、火山ガス等の火山活動を評価する技術を開発する。また活動が活発化した火山に対する観測も適宜実施する。これらから得た火山体表面状態の基本情報をデータベースなどとして整備する。また現業レーダーなどによる噴煙観測データの収集、解析を行い、レーダーなどを用いた計測技術を開発する。

平成 21 年度は、ARTS による火山体表面状態の計測を実施するとともに、火山ガス濃度分布把握技術の開発を行う。また現業レーダーが捉えた 2008 年の桜島の噴火事例について、火山噴出物の時間変化、空間分布の定量的な評価を試みる。

平成 22 年度以降は、ARTS による火山体表面状態の計測を実施するとともに、火山ガス濃度を通常の観測項目化することの実現、ARTS の超多波長情報を活用した観測精度の改善手法の検討、ARTS の多波長データで実現できる新規な観測項目に関する取りまとめ、火山体表面状態に関する基本情報のデータベース化手法の検討及びデータベースのプロトタイプの完成、などを実施する。また、現業レーダーのデータについて噴煙観測データの収集、解析を継続的に行うとともに、可能であれば MP レーダー化された現業レーダーのデータを解析する。さらに、噴煙監視レーダーのプロトタイプ実現に関する基礎的な取りまとめを行う。

( 7 ) 計画期間中(平成 21 年度～ 25 年度)の成果の概要：

航空機リモートセンシング技術

平成 21 年度：ARTS のオーバーホールと再較正(4 年ごと実施する特別保守)を 8 月～2 月に実施、完了した。ARTS により浅間山と三宅島を 2010 年 3 月に観測した。また、火山ガス濃度分布把握技術の開発として、2008 年に取得した桜島の赤外多波長観測データを解析し、A 火口及び昭和火口付近の二酸化硫黄ガス濃度分布を推定する手法を開発した(推定濃度：数 ppmv～数十 ppmv)。

平成 22 年度：火山ガス濃度分布把握技術の汎用化を目指し、H21 年度に開発した ARTS の赤外多波長データを用いた火山ガス濃度分布把握技術を、2010 年 3 月 18 日に観測した三宅島のデータに適用した結果、火口内の SO<sub>2</sub> ガス濃度分布を把握でき、本手法の汎用化の目処を得た。また ARTS による火山観測を、阿蘇山中岳(観測日：2010 年 11 月 20 日)、桜島南岳(観測日：2010 年 11 月 21 日)、霧島山新燃岳(観測日：2010 年 11 月 24 日)で実施し、火口内の輝度温度分布、温度頻度分布、放熱率、ガス濃度分布を推定した。また火山体表面状態に関する基本情報のデータベース化手法の検討として、2007 年から 2010 年の浅間山の ARTS による観測事例に対し、共通のデータ処理手法として、可視画像、輝度温度分布と地形図との重ね合わせ表示や放熱率、輝度温度頻度分布情報の解析を適用した、観測データの提示手法の構築を行い、結果を防災科学技術研究所研究資料にまとめた。

平成 23 年度：ARTS による観測機会を拡大するために、ARTS を小型化する技術開発に着手した。H23 年度は単発機への搭載手法の検討を行い、その目処をつけた。また、火山体表面状態に関する基本情報のデータベース化手法の検討として、阿蘇山と桜島の ARTS による観測事例(阿蘇:2008 年 4 月 4 日、2010 年 11 月 20 日、桜島:2008 年 4 月 8 日、11 月 26 日、2010 年 11 月 21 日)について、可視画像、輝度温度画像、放熱率、輝度温度頻度分布等の解析を行った。また、ARTS の多波長データで実現できる新規な観測項目に関する検討として、スペクトルデータの解析によるマグマの物性に関連する SiO<sub>2</sub> 含量の推定技術開発に着手した。H23 年度は FTIR により LWIR 領域での放射率の間接計測を実現する装置を構築し、玄武岩、安山岩、流紋岩の放射率スペクトルが、SiO<sub>2</sub> の含量の相違により異なることが確認できた。

平成 24 年度：ARTS による観測機会を拡大するための ARTS を小型化する技術開発を H23 年度に引き続き実施した。H24 年度は単発機搭載用の現行 ARTS 用新型小型制御装置を完成させ、ARTS のセンサユニットを単発機に搭載し、その制御を実現する準備ができた。また、火山体表面状態に関する基本情報のデータベース化手法の検討として、浅間山について、可視画像、輝度温度画像、放熱率、輝度温度頻度分布等の解析を行った。また、ARTS の多波長データで実現できる新規な観測項目に関する検討を進め、昨年度に開始したスペクトルデータの解析によるマグマの物性に関連する SiO<sub>2</sub> 含量の推定技術開発として、H24 年度は FTIR を用いた画像計測手法による安山岩、流紋岩の反射率の試験計測を行った。その結果、H23 年度に計測した火成岩の放射率は、構成物(石基)のスペクトルの平均スペクトルである可能性が示唆された。

平成 25 年度：ARTS による観測機会を拡大するための ARTS を小型化する技術開発を H24 年度に引き続き実施した。H25 年度は単発機搭載用の新型 LCD モニタとその搭載用インターフェースを完成させた。これより ARTS の単発機搭載作業は、センサーと搭載航空機のインターフェースの製作を残すのみとなった。また、火山体表面状態に関する基本情報のデータベース化手法の検討として、桜島について、可視画像、輝度温度画像、放熱率、輝度温度頻度分布等の解析を行った。また、ARTS の多波長データで実現できる新規の観測項目に関する検討を進め、H25 年度は FTIR を用いた画像計測手法において反射率(放射率)計測における表面形状の影響を調べるための表面形状計測手法の検討実施した。その結果、白色干渉法や共焦点レーザ法で、安山岩、流紋岩の研磨サンプルの凹凸形状がミクロンオーダーで計測できることを確認した。以上より、概ね当初の計画を遂行できた。

レーダーを用いた計測技術

平成 21 年度：2009 年桜島の噴火事例について、国土交通省 X バンド降雨レーダーのデータを収集した(計 3 事例、2008 年と合わせて計 12 事例)。これらの現業レーダーがとらえた桜島の噴火事例について、火山噴出物の時間変化、空間分布の定量的(降水強度換算)評価を行うためのデータ解析、

表示プログラムを開発した。その結果、複数の観測事例について火山噴出物の時間変化、空間分布の評価ができた。

平成 22 年度：2008 年 2 月 3 日，2 月 6 日，7 月 28 日の桜島の爆発的噴火について，鹿児島県垂水市に設置されている国土交通省の X バンド気象レーダーがどのように噴火を捉えていたかを調査し，噴火監視レーダーの可能性と問題点を検討した。その結果，在来型 X バンド気象レーダーによる桜島の爆発的噴火の観測は可能であり，高時間分解能の観測（1 分毎）や高空間分解能の観測（250m～500m 間隔）ができることが分かった。またレーダー観測シャドウ域や降水と灰との識別が今後の問題点としてあることを確認した。

平成 23 年度：現業レーダーのデータの解析として，2011 年 1 月～3 月の間に起きた霧島新燃岳の顕著な噴火事例計 27 事例について，国土交通省河川局の国見山レーダーおよび釈迦岳レーダーのデータ（C バンド，H，V 偏波）を収集・解析し，噴煙検出期間，最大反射強度，積算反射強度を求めた。これらの解析結果および反射強度の時系列解析から，現業用気象レーダーは顕著な火山噴火現象の監視に有効であることがわかった。しかしながら，レーダービームの観測高度以下の噴火は検出できない，降雨時の噴火は降雨エコーと混在して検出できない場合がある等の問題点も分かった。また，噴煙監視レーダーの開発のための技術調査（主に文献調査）を行った。

平成 24 年度：昨年度に解析した，2011 年 1～3 月の間に起きた霧島新燃岳の顕著な噴火事例計 27 事例を捉えた現業レーダーのデータより，国土交通省河川局の国見山レーダーの 1 月 26 日，27 日のデータ（C バンド，H，V 偏波）を選択し，レーダー反射因子と地上の火山灰降灰量実測値との関係を解析した。その結果，A-Z 関係（power law）を仮定した場合，統計的に積算レーダー反射因子と地上降灰量の線形関係が求められた。しかしながら，求められた係数は，各噴火の観測において異なる値となった。この要因として，噴煙の粒径分布，粒子形状，それらの降下時のレーダーから見た形態等が考えられ，反射因子差（ZDR）等を用いた補正等の必要性が示唆された。

平成 25 年度：鹿児島大学と連携し，気象レーダーによる噴煙観測技術開発を推進した。これまでの研究で，気象レーダーは爆発的噴火に伴う噴煙の観測に有効な手段であることがわかってきた。しかし，定量的な噴煙量推定のためには噴煙粒子の電波散乱特性を明らかにする必要がある。H25 年度は，定量的噴煙量推定の検討として，気象レーダーが検出できる噴煙粒子の最小反射因子を明らかにするとともに，噴煙粒子の偏波パラメータの特徴を明らかにするための研究を実施した。噴煙の散乱計算によるレーダーの感度評価として，桜島を事例として，降雨時における各レーダーの検出可能な最小反射因子（MDR）をシミュレートし評価した。その結果，噴煙の近くに位置するレーダーの MDR は小さいこと，波長によって降雨減衰の影響が異なることを定量的に評価できた。噴煙粒子の偏波パラメータの特徴評価として，2013 年 8 月 18 日（16:31-27:31 JST）に，国交省垂水 X バンド MP レーダーにより取得された，桜島の噴火事例を解析した。その結果，反射強度（ZH）と反射因子差（ZDR）に，火砕物のふるい分けを示唆する特徴がみとめられた。以上より，概ね当初の計画を遂行できた。

- ( 8 ) 平成 25 年度の成果に関連の深いもので、平成 25 年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
- Jitsufuchi T., 2013, Thermal infrared surveys for mapping surface temperature and sulfur dioxide plumes at Sakurajima Volcano (Minamidake A-crater, Showa crater) using the airborne hyperspectral scanner, Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2013 IEEE International, 715-718, doi: 10.1109/IGARSS.2013.6721257
  - T. Jitsufuchi, 2013, Validation of LWIR Hyperspectral Image Data of an Airborne Hyperspectral Imager (ARTS) for Volcano Observations, Seventh International Conference on Advanced Vibrational Spectroscopy (ICAVS7), August 2013, P-061
  - 實淵哲也，2014，航空機搭載型光学スキャナーによる火山災害の観測，光学 第 43 巻 第 2 号（2014 年 2 月），66-72
  - M. Maki, T. Maesaka, and T. Kozono (2013): Polarimetric radar observations of volcanic eruptions. IAVCEI 2013, Kagoshima.

真木雅之，2013，気象レーダによる定量的降灰量推定（１）-レーダで検出可能な最小反射強度-，  
火山学会予稿集，53  
真木雅之，2013，気象レーダで検出可能な噴煙の最小反射強度について，東大地震研共同利用研究集  
会「火山現象のダイナミクス・素過程研究」，12月

（ 9 ）実施機関の参加者氏名または部署等名：

独立行政法人防災科学技術研究所 観測・予測研究領域地震・火山防災研究ユニット 水・土砂防  
災研究ユニット

他機関との共同研究の有無：有

宇宙航空研究開発機構、国土交通省などの協力を得て実施。

（ 10 ）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名：防災科学技術研究所 アウトリーチ・国際研究推進センター

電話：029-851-1611

e-mail：toiawase@bosai.go.jp

URL：http://www.bosai.go.jp/index.html

（ 11 ）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：實淵哲也

所属：観測・予測研究領域地震・火山防災研究ユニット