

(1) 実施機関名：

気象庁

(2) 研究課題（または観測項目）名：

気象観測技術等を活用した火山監視・解析手法の高度化に関する研究

(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：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(3) 地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程

(3-3) 火山噴火過程

イ．噴火の推移と多様性の把握

3. 新たな観測技術の開発

(2) 宇宙技術等の利用の高度化

ア．宇宙測地技術

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

気象レーダー等のリモートセンシング技術を用いた噴煙観測手法や空振観測等から，噴火発生やその規模を迅速に検知する手法を開発するとともに，移流拡散モデルによる降灰予測手法に用いる初期値の改善を行う．

火山性震動の客観的・定量的な処理手法の開発によって，火山異常をより迅速・正確に把握するための監視・データ解析技術を開発する．また，干渉 SAR による地殻変動観測について，気象の影響の除去手法を開発する．

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

気象レーダーや紫外線による SO_2 カメラを用いたリモートセンシング技術による噴煙観測手法について研究し，噴火の検知力の評価や噴煙の動力学的研究を行う．その上で得られた成果をもとに，移流拡散モデルによる降灰予測における噴煙モデルをより現実的なものに改善する等の技術開発を行う．

降灰予測における初期値改善に資するための空振データの解析手法等監視・データ解析技術を開発する．さらに，空振観測において大きな障害となる気象ノイズの除去手法として，空振計アレイによる空振の検知や空振源推定に関する手法を開発する．

干渉 SAR による地殻変動観測における地形や水蒸気量の時空間分布の変化による観測データへの影響を評価し，その補正手法を開発する．また，火山性震動多発時の処理手法等，火山観測データの客観的・定量的な処理手法の開発によって，噴火や火山異常をより迅速・定量的に把握するための監視・データ解析技術を開発する．

(7) 計画期間中(平成 21 年度～ 25 年度)の成果の概要：

5 年間の計画の中で、降灰予測及び火山灰拡散予測手法に用いる噴煙、移流拡散モデルの改善を進め、そのために、既存の気象レーダー等で捉えられた火山噴煙の解析、噴煙の力学的予測モデルによる解析を行った。また、EDM、GPS、干渉 SAR の対流圏遅延補正手法、空振解析、噴火現象の即時把握などについての研究を進めた。

●リモートセンシングによる噴煙観測

・種子島、福岡気象ドップラーレーダーを始めとする気象庁レーダー観測網および鹿児島空港気象ドップラーレーダーで観測された、2011 年霧島山(新燃岳)噴火に伴う噴煙エコーを解析した。1 月 26～27 日の準プリニー式の噴火では、遠望観測による噴煙高度よりも、噴煙エコー頂高度が系統的に高く観測されたことを明らかにした。連続的噴火では噴煙エコー頂高度の詳細な時間変化が観測できること、降水時であっても爆発的噴火を検知できる事例があることを確認した。噴煙エコーの解析結果は、気象衛星ひまわり 6, 7 号(MTSAT-1R, 2)による火山灰雲の流向ともよく対応していた。噴煙エコー頂高度は、MTSAT-1R, 2 で観測された火山灰雲頂高度と比較して、高めに解析され、検知できるタイミングは早かった。

・種子島レーダーデータによって桜島の爆発時の噴煙検知率を調査し、走査頻度を増せば小規模な爆発も検知可能なことを示した。

・(H25 年度)2013 年 8 月 18 日に遠望観測による噴煙高度が火口上 5000 m に達した桜島昭和火口噴火事例について、鹿児島空港レーダーおよび国土交通省 X バンド MP レーダネットワーク(XRAIN)の垂水局のデータを取得し解析した。気象庁レーダー観測網および鹿児島空港レーダーの噴煙エコー頂は遠望観測による噴煙高度とおおむね整合していたこと、XRAIN の偏波間相関係数を用いて曇天時も噴煙を検出できる可能性があることなどを示した。

●移流拡散予測の高度化

・降灰予測に用いている領域移流拡散モデル(JMA-RATM)で降灰量の換算方法を高分解能化して、2009 年桜島の全予報事例について量的予測を検証した。

・現在、航空路火山灰情報(VAA)に用いられている全球移流拡散モデル(JMA-GATM)により 2010 年エイヤフィヤトラヨークトル火山噴火に伴う火山灰拡散予測の試行およびベンチマーク試験を実施した。

・2011 年新燃岳の降灰予報全 39 事例について、降灰分布との比較検証を行った。現在、降灰予測に用いている初期値(噴煙柱モデル)の拡散比率を変更することにより予想降灰域が改善することを示した。さらに、JMA-RATM による 2011 年新燃岳の降灰の量的予測を実行した。初期値で火山灰の粒度分布や拡散比率を適切に設定することに加え、気象レーダーの噴煙エコー頂高度の解析結果を適用することにより、降灰の時刻や降灰量の予測精度が改善することを確認した。

・降灰予測の精度改善に向けて 2011 年新燃岳噴火に実施した降灰分布調査、高時間分解能での降灰量連続採取データおよび画像による噴煙高度の再解析結果を行い、移流拡散モデルによる降灰予測の検証を行った。この結果、初期値におけるより適切な噴煙高度の利用と拡散比率の離脱定数の見直しの 2 点を再考することにより、予報発表時に較べ予想降灰分布に改善が認められた。

・また JMA-RATM による富士山宝永噴火クラスを想定した降灰シミュレーションを実行し、規模の大きな噴火に対する降灰量の予測可能性を点検した。

・(H25 年度)風の影響を受ける小さな噴石(火山礫)について、JMA-RATM により火山灰の量と同時に落下予測を行う方法を検討した。想定する火山礫の形状に比べて密度の違いの方が同一粒径の落下予測範囲に与える影響が相対的に大きいことなどを示した。

●噴煙ダイナミクス

・気象庁非静力学モデル(JMA-NHM)に基づく噴煙 - 降灰モデルによる 2009 年 6 月 Sarychev Peak 火山の噴煙シミュレーション、新燃岳の噴煙 - 降灰シミュレーションを実行した。2008 年 8 月新燃岳の噴煙 - 降灰シミュレーションでは、降灰分布に対する降水の影響と大気環境場の再現性が重要であることを確認した。

・2011年1月26～27日新燃岳噴火事例について、噴煙-降灰モデルを用いて九州西方沖数100kmにわたる火山灰輸送の再現実験を行った。火口上空で約8km以上あった噴煙頂高度が数100km風下の洋上で高度約6kmまで低下している点に関して、MTSAT-2による赤外差分画像を用いた解析から、火山灰粒子の重力沈降のみならず、噴煙の持つ浮力・鉛直シアを伴う水平風・乱流等が大きく影響している可能性が示唆された。

● EDM, GPS の対流圏遅延補正手法

・浅間山における光波測距観測 (EDM) データを用い、光路における屈折率の空間的・時間的不均質性に起因する観測誤差を、気象庁客観解析データ (GPV) を用いて補正する手法を開発した。

・浅間山における1周波GPSデータを用い、観測誤差が卓越する上下成分について、対流圏における電磁波の行路の屈折率の空間的・時間的不均質性に起因する解析誤差を軽減する手法を開発した。

● 干渉 SAR の対流圏遅延補正手法

・SAR干渉解析に含まれる対流圏における水蒸気による位相伝搬遅延を補正処理するために、高解像度のJMA-NHMによる数値予報GPVから大気遅延量を算出する手法を開発した。

・新燃岳噴火前後のSAR干渉解析画像について、5kmメッシュの客観解析値から1kmメッシュにダウンスケーリングしたJMA-NHMの数値予報GPVを用いることで補正を行った。これによって大気中の水蒸気による気象ノイズが軽減され、新燃岳北西部領域において新燃岳噴火に伴う沈降域を精緻に検出した (H25年度) 同補正を十勝岳等に適用し、地殻変動の検知力を高めるのに有効な手法であることを確認した。

● 空振

・2010年新燃岳噴火に伴う空気振動データから、水蒸気爆発に伴う空気振動は噴煙が大気に突入することによって励起されることで説明可能であることを明らかにした。

・桜島のC型微動に伴う超低周波音を解析し、C型微動は火口直下ごく浅部で発生し、超低周波音は昭和火口から射出されること、超低周波音の励起率は爆発地震あるいはBL型地震発生後、時間とともに減少することを明らかにし、大気にオープンな共鳴体が収縮・閉塞していく過程を見ている可能性を示した。

● 即時把握

・新燃岳噴火における噴煙データを用いて流速画像解析 (PIV 解析) 等を行い、噴出率推移と地震、空振データとの比較を行うことで、噴火規模のリアルタイム推定が可能かどうかの事例調査を行った。

・桜島の爆発的噴火に伴う空振計データを解析し、弾道を描いて飛散する大きな噴石の最大到達距離に対する最大射出速度及び空振振幅との関係を明らかにした。また、新燃岳噴火時の空振観測、傾斜観測及び地震観測のデータを用いて噴煙の高さを推定するための基礎解析を実施し、レーダーから見積もった噴煙の高さの推移を概ね説明できることが分かった。

・新燃岳2011年3月13日噴火について、遠望カメラによる画像から噴煙高度および噴出率、総噴出量の推定を行った。当初4,000mと発表された噴煙高度は、遠方に設置された監視カメラ画像から少なく見積もって火口縁上7,600mで、実際にはこれ以上高かったと推定された。さらに噴煙高度から経験式に従い噴出率および総噴出量を見積もったところ、噴出物調査から見積もられた総噴出量と矛盾のないものであり、降灰調査を待たずに噴煙高度から速報的な総噴出量の見積もりを実施できる可能性を示した。

● その他

・火山性震動の客観的分類手法を三宅島直下の地震活動に適用し、3つのタイプに客観的に分類でき、ごく小規模な噴火の直前に「高周波地震」から「やや低周波地震」へと波形が変化していくことを明らかにした。

・ALOS/PRISMによって北方領土の火山を含む、全国の活火山における噴気活動の規模を解析し、PRISMによって火山の熱的活動を評価できることが分かった。

・(H25年度)「だいち」のAVNIR-2センサを使い、雌阿寒岳、樽前山、十勝岳、吾妻山、口之永良部島等について、地上や上空からの観測結果との比較を行った。その結果、阿蘇山の事例について、火

山活動の変化に伴う輝度変化が検出された。

・(H25 年度) 西之島について , アメリカの光学衛星 (Landsat-8) を用いて , 噴火に伴う噴出状況の調査を行い , 新島の形成を空間的に把握できることが分かった。

- (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) :
気象庁, 2013, SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用の検討, 火山活動の評価及び噴火活動の把握に関する共同研究 成果報告書 (印刷準備中).

気象庁, 2014, 火山噴火予知連絡会火山活動評価検討会報告書 噴火現象の即時的な把握手法について (印刷準備中)。

鬼澤真也・新堀敏基・福井敬一, 2013, 遠望カメラ画像による噴煙高度の把握とマグマ噴出率の推定 - 2011 年 3 月 13 日霧島山新燃岳噴火の事例 -, 験震時報,77,119-138.

鬼澤真也・新堀敏基・福井敬一・安藤 忍・弘瀬冬樹・木村一洋・吉田康宏・岩切一宏・吉田知央・山本哲也・吉川澄夫, 2013, 2011 年霧島山新燃岳噴火における降灰観測と予測, 験震時報,77,215-222.

新堀敏基・高木朗充・山内 洋・佐藤英一・福井敬一・菅井 明・林 勇太・林 洋介・長谷川嘉彦・真木雅之, 2014, 気象レーダーで観測された 2013 年 8 月 18 日桜島噴火に伴う噴煙エコー, 火山噴火予知連絡会会報,116 (印刷中)。

高木朗充・新堀敏基・山本哲也・白土正明・平祐太郎・加藤幸司・福井敬一, 2013, 物理観測による新燃岳の噴火規模の即時的な推定の試み, 験震時報,77,111-118.

- (9) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

気象研究所地震火山研究部

他機関との共同研究の有無 : 無

- (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 : 気象研究所企画室

電話 : 029-853-8536

e-mail : ngmn11ts@mri-jma.go.jp

URL : <http://www.mri-jma.go.jp/>

- (11) この研究課題 (または観測項目) の連絡担当者

氏名 : 山本 哲也

所属 : 気象研究所地震火山研究部第 3 研究室