

令和 2 年 7 月 7 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H03145

研究課題名(和文) 降水時の爆発的火山噴火に関するレーダ気象学的研究

研究課題名(英文) Radar meteorological studies on explosive volcanic eruptions under precipitation conditioner precipitation

研究代表者

眞木 雅之 (Maki, Masayuki)

鹿児島大学・地震火山地域防災センター・特任教授

研究者番号：10360364

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,600,000円

研究成果の概要(和文)：これまでほとんどわかっていない降水時の爆発的噴火の実態を解明するために、頻繁に噴火を繰り返す桜島火山を対象に先端的气象レーダによる観測を実施した。その結果、高速スキャンが可能な研究用レーダによるいわゆる灰雨の検出に成功した。船舶レーダによる観測では、弱い降雨中に発生した連続的な噴火の検出に成功した。今後の課題はあるものの、偏波レーダを用いることで降水と降灰を分離できることが示された。また、学校教育における噴火現象と火山防災に関する知識の普及を目的とした教材を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

火山学、レーダ気象学、リモートセンシング、教育学などの分野の専門家グループによる学際的な研究である。これまで手が付けられなかった降雨時の爆発的噴火を先端的研究用気象レーダを用いた地球物理学的なアプローチに独創性がある。本研究により降雨中の噴煙柱に関する多くの観測データを蓄積することができたこと、噴煙柱の新たなモニタリング技術の開発とそれを用いて噴煙柱の構造を明らかにしたことは学術的に意義がある。また、本研究の成果を活用した防災教育の試みやレーダ観測情報を活用した火山防災技術の発展は社会的に意義がある。

研究成果の概要(英文)：In order to elucidate the explosive volcanic eruption under precipitation conditions, which has yet to be carried out, we conducted four-year observation of Sakurajima volcanic eruptions with several types of meteorological radars. We collected a lot of volcanic eruption data in rain conditions which are valuable for microphysical and kinematical studies on the volcanic eruption columns. For the first time, we succeeded in detecting the formation of eruption column and volcanic rocks emitted from the vent using an X-band marine radar. It is demonstrated that discrimination between volcanic ash particles and hydrometeors can be possible using polarimetric radar parameters. A rapidly descending reflectivity cores, which correspond to ash rain, were detected by fast scanning Ku-band radar. We also developed the educational materials which promote the dissemination and sharing information on volcanic disaster prevention education at schools.

研究分野：気象学

キーワード：桜島 火山噴火 降水・降灰 観測研究 レーダ 防災教育 噴煙モニタリング 凝集

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

爆発的火山噴火に伴って発生する噴煙柱や噴火雲に関する観測的研究は、理論的研究や数値モデル研究に比べて遅れていた。その理由として、火山噴火がまれな自然現象であること、観測手段が限られていたことが挙げられる。しかしながら、1990年代後半になると、国内外で気象レーダが火山噴火や噴煙の観測に利用できることが示された。国内外でほぼ同時期に始まったレーダによる噴煙観測研究であるが、その後の研究成果は欧州にリードされた感がある。その理由として、欧州が火山観測専用の小型レーダを開発し、機動的に噴火の観測を行ったのに対し、我が国では既存の降雨観測用の研究レーダを利用しようとしたために、レーダの移設許可の取得などに時間がかかり、観測の機会を見逃すといったことがある。更に、筆者も含めて噴火現象に興味を持ったレーダ気象学の専門家が少なかったことがあげられる。本研究ではレーダ気象学の専門家が中心となって先端的なレーダによる降雨中の火山噴煙の観測に取り組んだ点が新しい点である。

2. 研究の目的

これまでほとんどわかっていない降水時の爆発的噴火現象に関して、先端的気象レーダによる観測を通じた噴煙モニタリング技術を開発し、多くの噴火事例データを蓄積する。蓄積されたデータを用いて、降雨時の噴煙柱と火山灰雲の振る舞いを明らかにする。また、得られた知見を学校教育の教材としてまとめ、火山防災に関する知識の普及に役立てることを目的とする。

3. 研究の方法

桜島をターゲットに、降雨時を中心とした気象レーダ観測を行った。気象研究所では、Xバンド二重偏波レーダ、Kuバンド高速スキャンレーダの他、気象庁一般気象レーダ、航空気象ドップラーレーダ、国土交通省 X バンド MP レーダなどの現業レーダも利用した。また、開発する手法の検証データとして、粒子の形状や粒径分布などを実測する二次元ビデオディストロメータ (2DVD) による観測を実施した (図 1)。鹿児島大学では船舶レーダによる機動的な観測を実施した。



図 1 噴煙柱・火山灰雲のレーダ観測の概要 (気象研究所)

4. 研究成果

ここでは、特に新たに発見した成果について述べる。本研究が目指した、降雨時の噴火の検出、噴火雲のレーダ気象学的特徴についてまとめた。

(1) レーダによる降雨時の噴火の観測

① 船舶レーダによる観測例

噴火後に形成される噴煙柱の従来の観測方法は監視カメラや目視によるものであった。このため、雲や降雨があるときには噴煙柱高度の計測ができない場合があった。今回の研究で、船舶レーダが噴煙柱の観測に極めて有効であることが、国内外で初めて示された。船舶レーダによる観測の様子を図 2 に示す。レーダは FRS コーポレーションにより 2018 年に桜島京大防災研究所黒神観測所に設置された。レーダ本体は 6 脚スタンド付きの支柱の上部に 90° 傾けて取り付けられており、スロットアンテナを縦回転することにより噴煙柱内部の鉛直構造が調べられた。船舶レーダの大きな特徴は、アンテナの回転速度が 48rpm と高速であること、ビーム幅が垂直 1.2°、水平 22° のファンビーム状をしていること、パルス幅は可変で、最小 12m のレンジ分解能で観測することができる点である。約 60 日間の連続観測期間中に計 145 事例の噴火 (内、爆発的噴火は 83 事例) のデータが取得された。その中から顕著な噴火事例として 57 事例 (内、爆発的噴火は 49 事例) が抽出され、各事例の動画データがアーカイブされた。降雨時に発生した噴火事例の観測画像を図 3 に示す。青色部分は層状性の降水エコーと考えられる。火口から風の影響を受けて画面の左方向に傾いた噴煙柱がとらえられている。船



図 2 船舶レーダによる噴煙柱の観測

図 3 降雨時に発生した噴火事例の観測画像を示す。青色部分は層状性の降水エコーと考えられる。火口から風の影響を受けて画面の左方向に傾いた噴煙柱がとらえられている。船

船舶レーダは、この噴煙柱が形を変えながらレーダ上空へ流れていく様子を約 1.25 秒毎にとらえることに成功した。この事例では、間欠的に噴火が発生しており、レーダ上空、高度 1400 m に達する赤色のエコーは、一つ前の噴火による噴煙によるものである。

② Ku バンドレーダによる観測例

船舶レーダほど短時間間隔ではないが、Ku バンド高速スキャンレーダはレンズアンテナを使うことで、約 1 分間隔で噴煙柱の 3 次元データを取得することができる。これは、通常のパラボラアンテナの気象レーダの約 1/5 の時間である。図 4 は Ku バンド高速スキャンレーダがとらえた湿った環境場で発生した噴火事例である。三次元レーダデータ解析ツール (ANT3D) により構築された噴火雲の三次元 CAPPI データを可視化した。ボリュームレンダリングの手法により、噴火雲の内部構造が見られるようにしている。オレンジ色部分は反射因子が強い所を示している。図は、上段左から右に向かって時間が経過し、下段左端へ移った後、右に向かって経過する。時間間隔は 1 分毎である。着目する点は、20:32 に白い矢印で示した反射因子エコーのコアが時間とともに上昇しながら強くなり、体積を増加させている点である。20:34 からは強くなった部分が下降に転じていることである。上空での反射因子の強まりはこの事例以外にも観測されている。この現象は、噴煙柱内にある上昇流により運ばれた火山灰粒子が雲内を通過する際、水雲粒子が媒体となり火山灰が凝集する過程を反映していると考えられる。20:34 からの反射因子のコアの下降は、凝集により大きくなった火山灰粒子が、時間とともに弱くなる噴煙柱内の上昇流に打ち勝って下降したと考えられる。このような現象は、噴火雲の微物理を理解する上で重要であると同時に、火山灰の水平輸送過程を考える上でも重要である。

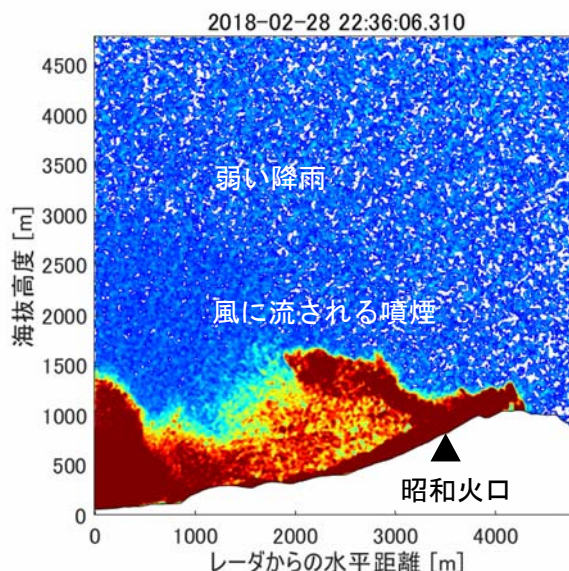


図 3 船舶レーダがとらえた弱い降雨中の噴煙。2018 年 2 月 28 日、桜島昭和火口。

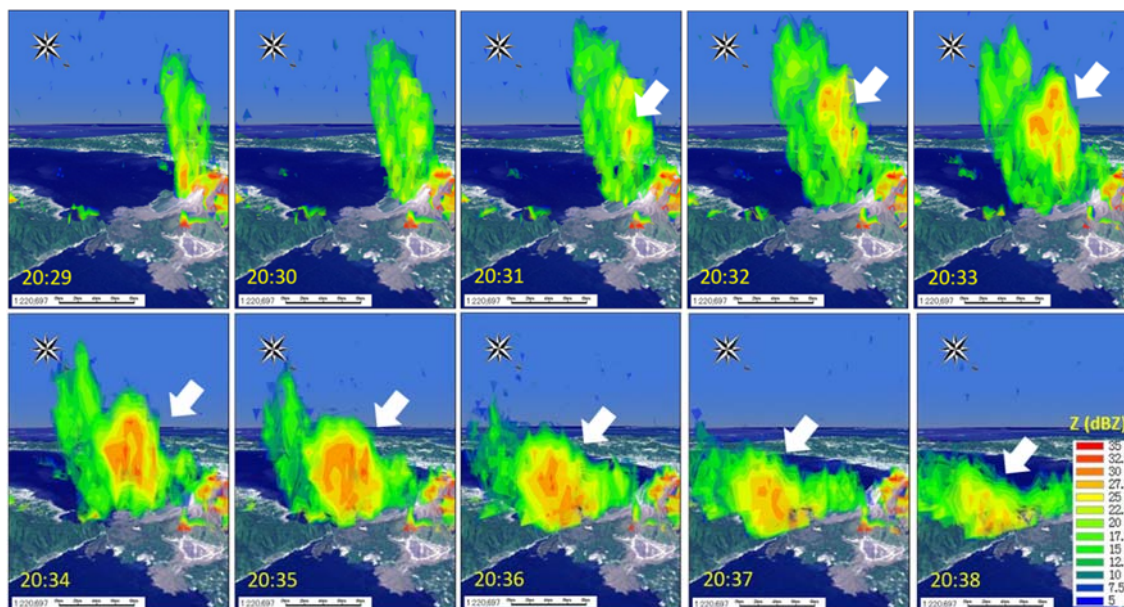


図 4 Ku バンド高速スキャンレーダがとらえた湿った環境場で発生した噴火。2018 年 3 月 5 日、桜島南岳火口。Maki et al., (2019)より。

(2) X バンド偏波レーダパラメータによる降灰と降雨の判別の試み

この研究テーマは挑戦的なテーマであり、結論から述べると完成に向けたさらなる研究が必要なテーマである。以下、本研究で得られた知見について述べる。

① X バンド偏波レーダによる観測例

図 5 に X バンド偏波レーダで観測された事例を示す。この事例では、噴火直後の噴火雲が東進してきた降雨と合流した例である。図 5(a) は ANT3D により 3 次元表示された噴煙柱と降雨である。(b) は高度 1000 m における反射因子の分布、(c) から (f) はそれぞれ (b) に示された直線での鉛

直断面での各偏波パラメータの分布である。

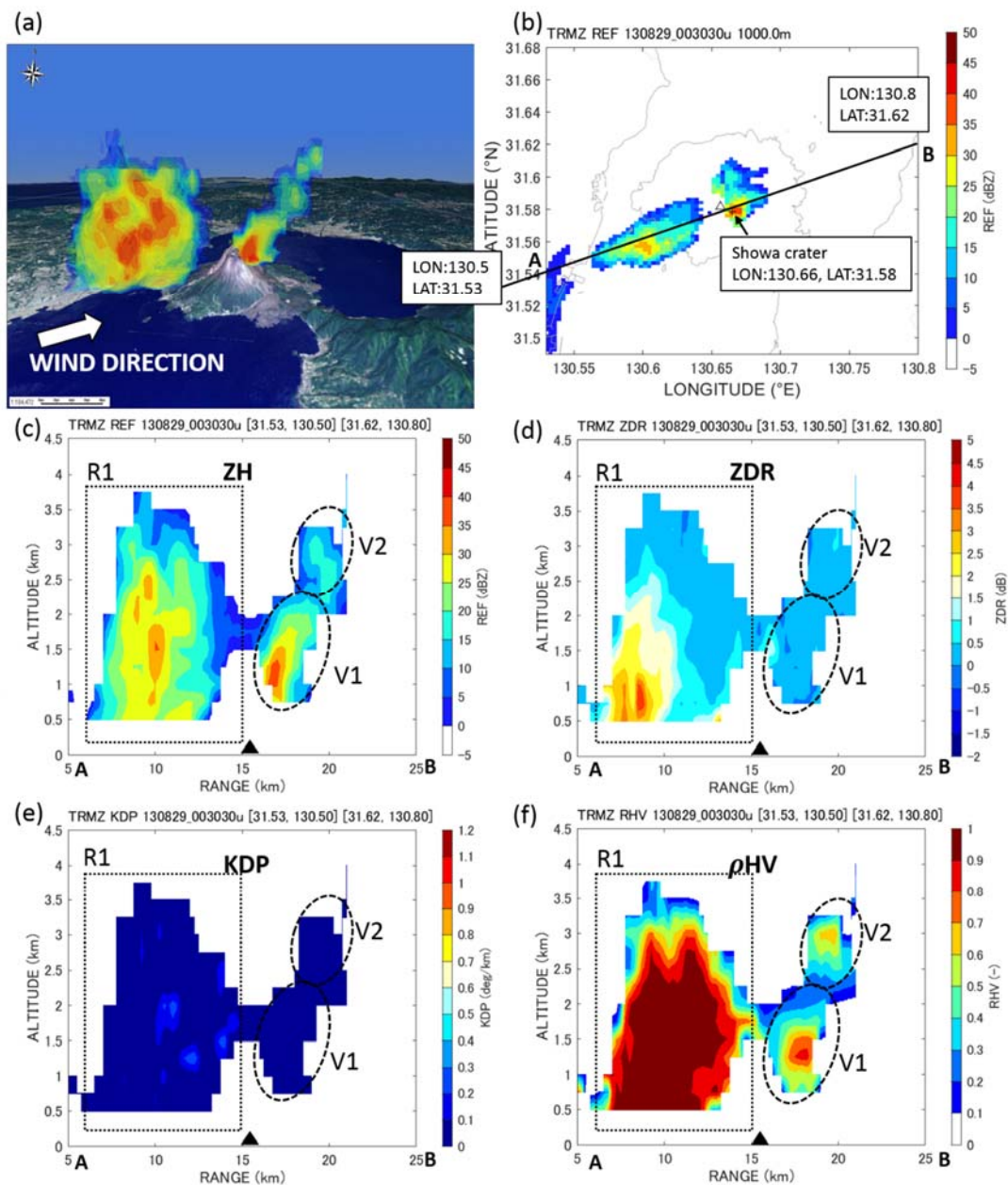


図5 噴火雲と降雨が分離して存在した事例のXバンド偏波レーダによる観測結果。2013年8月29日、桜島南岳火口。

② 噴火雲の偏波レーダパラメータの特徴

レーダ気象学における降水粒子判別では、雨、雹、雪片などの偏波パラメータの統計的な特徴の違いを利用して粒子の判別をおこなう。具体的には、各粒子のメンバーシップ関数をあらかじめ求めておき、観測された粒子の特徴がどのメンバーに最も近いかをファジーロジックを使って判定する。この手法を噴火雲に利用できないかを調べた。図6に噴火雲の降灰エコーの偏波レーダパラメータの頻度分布を示す。影を付けた分布は噴火雲の確率密度関数である。噴火雲の反射因子(REF)で約15dBZ以上の分布は弱い雨(1mmh⁻¹ ≤ R < 10mmh⁻¹)との重なりが見られる。比偏波間位相差(KDP)は弱い雨とほぼ完全に重なっており、一部は中程度の雨(10mmh⁻¹ ≤ R < 30mmh⁻¹)と重なっている。反射因子差(ZDR)は中程度の雨との分布と似ており、弱い雨と強い雨(30mmh⁻¹ ≤ R)とも重なりがある。偏波間相関係数(RHV)は全ての雨と重なっているが、0.7より小さい値を持つ点が特徴的である。これらのことから、各偏波レーダパラメータ単独では噴火雲と降雨の区別が難しいことがわかる。さらに、噴火雲の全ての偏波レーダパラメータは弱い雨の偏波レーダパラメータとの重なりが見られる。このことは、噴火雲と弱い降雨の区別が困難であることを示唆している。

図7にファジーロジックを用いた噴火雲と降雨の判別結果を示す。水平分布、鉛直分布ともに判別がうまく行っている。降雨が噴火雲と合流後は、両者の判別はできなくなった。今後の課題であろう。

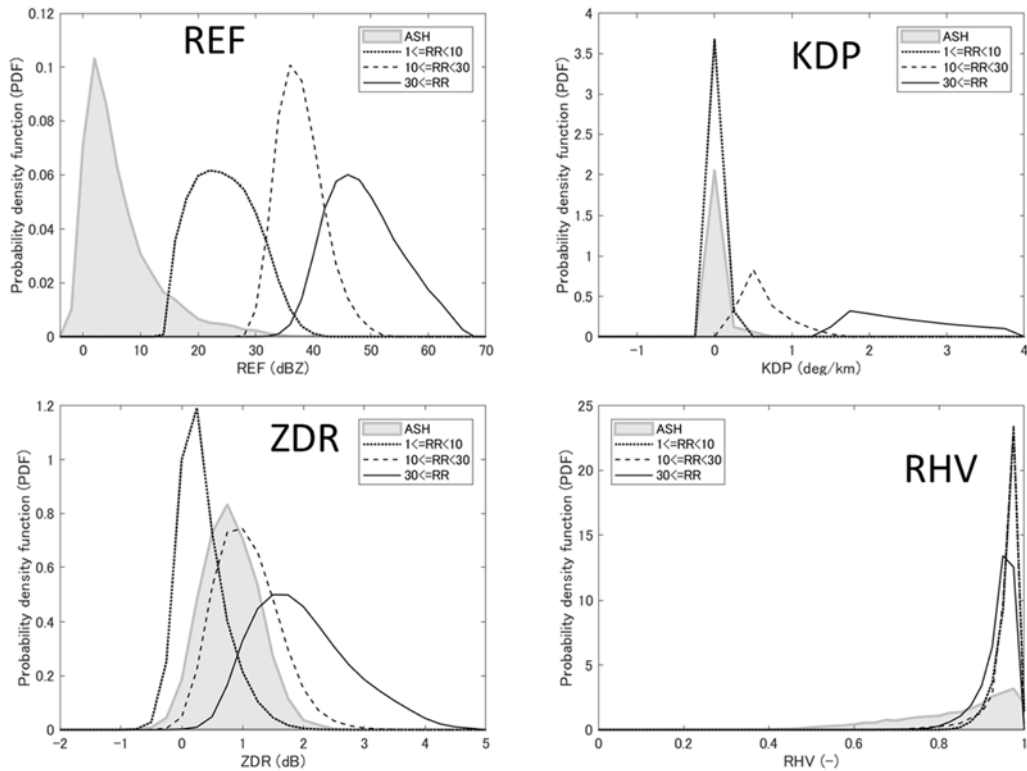


図6 噴火雲と降雨 ($1 \text{ mmh}^{-1} \leq R < 10 \text{ mmh}^{-1}$, $10 \text{ mmh}^{-1} \leq R < 30 \text{ mmh}^{-1}$, $30 \text{ mmh}^{-1} \leq R$) の偏波パラメータの確率密度関数。Xバンド偏波レーダ。REF: 反射因子、KDP: 比偏波間位相差、ZDR: 反射因子差、RHV: 偏波間相関係数。

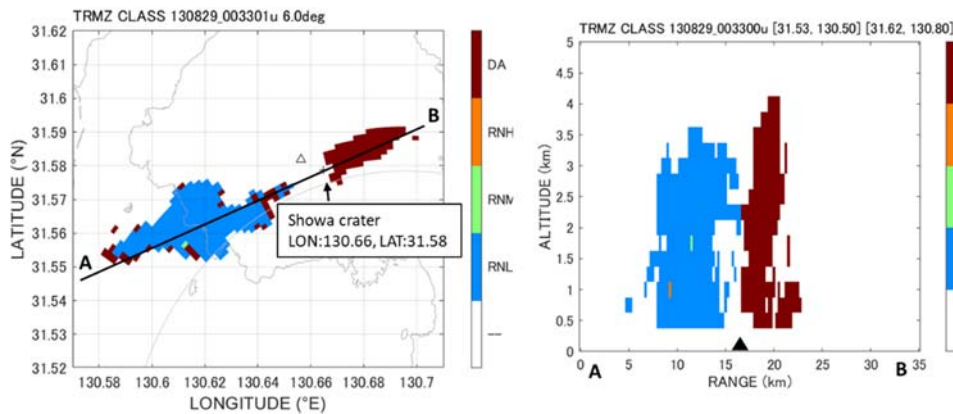


図7 噴火雲と降雨の判別結果。左 ($1 \text{ mmh}^{-1} \leq R < 10 \text{ mmh}^{-1}$, $10 \text{ mmh}^{-1} \leq R < 30 \text{ mmh}^{-1}$, $30 \text{ mmh}^{-1} \leq R$) の偏波パラメータの確率密度関数。Xバンド偏波レーダ。REF: 反射因子、KDP: 比偏波間位相差、ZDR: 反射因子差、RHV: 偏波間相関係数。

<引用文献>

Maki M., Takahashi, S., Okada, S., Imai, K., Yamaguchi, H., 2019. Ku-band rapid scanning Doppler radar for volcanic eruption monitoring. *J. Disast Res.*, 14, pp. 630–640. doi: 10.20965/jdr.2019.p0630.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Maki Masayuki, Takahashi Shinobu, Okada Sumiya, Imai Katsuyuki, Yamaguchi Hiroshi	4. 巻 14
2. 論文標題 Ku-Band High-Speed Scanning Doppler Radar for Volcanic Eruption Monitoring	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Disaster Research	6. 最初と最後の頁 630 ~ 640
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jdr.2019.p0630	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kim Yura, Maki Masayuki, Lee Dong-In, Jeong Jong-Hoon, You Cheol-Hwan	4. 巻 225
2. 論文標題 Three-dimensional analysis of the initial stage of convective precipitation using an operational X-band polarimetric radar network	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Atmospheric Research	6. 最初と最後の頁 45 ~ 57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.atmosres.2019.03.015	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kim Yura, Maki Masayuki, Lee Dong-In	4. 巻 25
2. 論文標題 Data that effectively demonstrate the benefits of a 3D CAPPI algorithm	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Data in Brief	6. 最初と最後の頁 104116 ~ 104116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dib.2019.104116	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 真木雅之・鈴木郁子・井口正人・Shakti P.C.	4. 巻 64
2. 論文標題 気象レーダによる降灰量推定 2013年8月18日桜島噴火のZ-RA関係式	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 火山	6. 最初と最後の頁 219-241
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Suh Sung-Ho, Maki Masayuki, Iguchi Masato, Lee Dong-In, Yamaji Akihiko, Momotani Tatsuya	4. 巻 12
2. 論文標題 Free-fall experiments of volcanic ash particles using a 2-D video disdrometer	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Atmospheric Measurement Techniques	6. 最初と最後の頁 5363 ~ 5379
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/amt-12-5363-2019	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 黒光貴峰・石坂奈々・眞木雅之	4. 巻 71
2. 論文標題 学校教育における防災教育の充実 - 桜島の副読本の開発 -	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 鹿児島大学教育学部研究紀要教育科学編	6. 最初と最後の頁 39-51
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 黒光貴峰・野口裕二・山元卓也・飯野直子・眞木雅之	4. 巻 71
2. 論文標題 学校・家庭・大学が連携した防災の視点を取り入れた中学校理科での授業実践	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 鹿児島大学教育学部研究紀要教育科学編	6. 最初と最後の頁 53-67
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計42件(うち招待講演 1件/うち国際学会 5件)

1. 発表者名 眞木 雅之・小堀 壮彦・キム ユラ・藤吉 康志・佐藤 英一・徳島 秀彦・井口 正人
2. 発表標題 異なるタイプの気象レーダによる火山噴煙柱の観測
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小堀壮彦・木下 紀正・飯野 直子・真木 雅之・福島 誠治
2. 発表標題 霧島新燃岳2011噴火の映像解析
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤英一, 千馬竜太郎
2. 発表標題 気象レーダーを用いた汎用的噴煙解析手法の開発
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤英一, 福井敬一, 新堀敏基
2. 発表標題 気象庁の気象レーダー網で観測した2018~2019年口永良部島の噴煙・火山灰雲エコーについて
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤英一, 千馬竜太郎, 福井敬一, 新堀敏基
2. 発表標題 二重偏波レーダーを用いた曇天・雨天時の火山噴煙の観測について(第2報)
3. 学会等名 日本気象学会2019年度春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kim, Y., M. Maki and M. Iguchi, D.-I. Lee
2. 発表標題 Characteristics of polarimetric radar parameters of dry volcanic ash clouds
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 千馬竜太郎, 佐藤英一
2. 発表標題 気象レーダーを用いた噴煙解析ツールの開発 (第2報)
3. 学会等名 日本火山学会講演予稿集2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤英一, 福井敬一, 新堀敏基
2. 発表標題 気象レーダーによる火山噴煙高度推定手法の検証
3. 学会等名 日本火山学会講演予稿集2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Maki, M., Fujiyoshi, Y., Tokushima, H., Iguchi, M.
2. 発表標題 X-band marine radar detection of ejected lapilli and volcanic blocks.
3. 学会等名 39th international Conference on Radar Meteorology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kim, Y., M. Maki and M. Iguchi, D.-I. Lee
2. 発表標題 Classification of precipitation and volcanic clouds using operational X-band polarimetric radar parameters
3. 学会等名 39th international Conference on Radar Meteorology
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takaoka, R., M. Maki and S. Fukushima, M. Iguchi, D. Miki, T. Kozono, T. Miwa, T. Maesaka
2. 発表標題 Characteristics of particle size distribution of falling ash particles from Sakurajima obtained from laser-optical particle size velocity disdrometer observation data
3. 学会等名 39th international Conference on Radar Meteorology
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sato, E., K. Fukui, T. Shimbori, and M. Maki
2. 発表標題 "Invisible" volcanic eruption plume/cloud observation with polarimetric weather radar
3. 学会等名 39th international Conference on Radar Meteorology
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤英一, 福井敬一, 新堀敏基, 石井憲介, 徳本哲男, 真木雅之
2. 発表標題 二重偏波レーダーを用いた曇天・雨天時の火山噴煙の観測について
3. 学会等名 日本気象学会2018年度春季大会, 2018年5月, 茨城県つくば市
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤英一, 福井敬一, 新堀敏基, 石井憲介, 徳本哲男
2. 発表標題 気象レーダーで観測した2017年新燃岳噴火と2018年草津白根山噴火,
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会, 2018年5月, 千葉県千葉市
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤英一, 福井敬一, 新堀敏基, 石井憲介, 徳本哲男
2. 発表標題 気象レーダーによる噴煙高度の推定
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会, 2018年5月, 千葉県千葉市
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 千馬竜太郎, 佐藤英一
2. 発表標題 気象レーダーを用いた噴煙解析ツールの開発
3. 学会等名 日本火山学会2018年度秋季大会, 2018年9月, 秋田県秋田市
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤英一・福井敬一・新堀敏基・石井憲介・真木雅之・井口正人
2. 発表標題 二重偏波レーダーを用いた火山噴煙の観測について
3. 学会等名 2017年度日本気象学会春季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sato, E., K. Fukui, T. Shimbori, K. Ishii, T. Tokumoto, M. Maki, M. Iguchi
2. 発表標題 Fine structure of volcanic ash plume observed by advanced weather radars
3. 学会等名 IAVCEI 2017 Scientific Assembly (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kim, Yura, M. Maki and D.-I. Lee
2. 発表標題 Three-dimensional analyses of initial stage of convective precipitation using two X-band polarimetric radars
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2017年大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小堀壮彦・真木雅之・福島誠治
2. 発表標題 気象レーダを用いた降下火砕物の落下速度の推定
3. 学会等名 日本火山学会2017年度秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 真木雅之・小堀壮彦
2. 発表標題 火山噴煙の三次元レーダデータ解析ツール (ANT3D) の概要
3. 学会等名 日本気象学会2017年度春季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Suh, S.-H., M. Maki, D.-I. Lee, T. Momotani, and A. Yamaji,
2. 発表標題 Physical parameters analysis of volcanic ash particles measured by 2D-Video Disdrometer
3. 学会等名 JpGU-AGU joint meeting 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤英一・福井敬一・新堀敏基・石井憲介・徳本哲男・真木雅之, 井口正人
2. 発表標題 気象レーダーによる桜島の噴煙観測結果について
3. 学会等名 災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画桜島課題研究集会(国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤英一
2. 発表標題 火山噴煙のレーダー観測について
3. 学会等名 防災ワークショップ -大規模火山噴火に備える地域防災
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Fukui, K., E. Sato, T. Shimbori, and K. Ishii
2. 発表標題 Detectability and observations of eruption clouds by the JMA's C-band weather radar network
3. 学会等名 Cities on Volcanoes 9(国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Sato, E., K. Fukui, T. Shimbori, K. Ishii, M. Maki and M. Iguchi
2. 発表標題 Preliminary Results of Volcanic Ash Plume Observation by Weather Radar Network around Sakurajima Volcano, Japan,
3. 学会等名 Cities on Volcanoes 9 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 佐藤英一, 福井敬一, 新堀敏基, 石井憲介, 真木雅之, 井口正人
2. 発表標題 “先進的な” 気象レーダー網による噴火の初期解析結果
3. 学会等名 日本火山学会2016年度大会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 噴火監視システム、噴火監視方法、及び噴火監視プログラム	発明者 真木雅之・小堀荘彦・藤吉康志	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、19P010	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	黒光 貴峰 (Kuromitu Takamine) (50452925)	鹿児島大学・法文教育学域教育学系・准教授 (17701)	
研究分担者	佐藤 英一 (Sato Eiichi) (80614023)	気象庁気象研究所・火山研究部・主任研究官 (82109)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	キム ユラ (Kim Yura)		
研究協力者	シュー ソンホ (Suh Song-Ho)		
研究協力者	福井 敬一 (Fukui Keiichi)		
研究協力者	新堀 敏基 (Shimbori Toshiki)		
研究協力者	足立足立 アホロ (Adachi Ahoro)		
研究協力者	石井 憲介 (Ishii Kensuke)		
研究協力者	飯尾 直子 (Iio Naoko)		
研究協力者	前坂 剛 (Maesaka Takeshi)		