

研究プロフィールシート（終了時評価）

研究課題名：気象レーダーを用いた噴煙の汎用的解析手法に関する研究

研究期間：平成29年度～平成31年度

研究代表者：気象研究所火山研究部第2研究室 佐藤英一

研究担当者：

佐藤英一（火山研究部）

千馬竜太郎、池亀孝光、山下千尋、竹下孝弘、長山泰淳、井上温史、福島秀樹、
満永大輔（鹿児島地方気象台）

小窪則夫、重信有三、籠原宏之、河野太亮、小枝智幸、渡辺茂、青柳雄也、
満永大輔（鹿児島地方気象台・平成29～30年度）

稲葉博明、古田仁康、末次秀規（鹿児島地方気象台・平成29年度）

鳥巢啓多、山下隆丞、五藤大仁、手操佳子、新恵正信、武石貢佑
（鹿児島地方気象台・平成30～31年度（令和元年度））

中橋正樹、岸本博志、矢野美波（鹿児島地方気象台・平成31年度（令和元年度））

1. 研究の背景・意義

（社会的背景・意義）

現在、気象庁（地方気象台）では、噴煙の高さの観測を目視で行っているが、曇天時や雨天時など、視程の悪い状況では観測することが出来ない。2014年の御嶽山噴火や2016年の阿蘇山噴火などにおいても、現業による噴煙高度の目視観測は出来なかった。視程の悪い状況下での噴煙のモニタリングのため、気象レーダーによる観測が重要である。

（学術的背景・意義）

気象レーダーによる火山噴煙の観測は、噴煙のダイナミクスや素過程を理解するうえで重要とされている。火山学会での気象レーダーを用いた解析的研究は、(MPレーダーなどの)最先端の技術を得て、新たにスタートしたところであるが、コミュニティの規模が小さい。本共同研究は、学術的な意味での裾野拡大も目指している。

（気象業務での意義）

気象庁では噴煙の高さを移流拡散モデル（JMA-RATM）の初期値（のパラメータ）として利用しているが、噴煙の高さが目視で得られないときは衛星や他のデータを利用する必要がある。気象衛星ひまわりは噴煙高度を得る良い手段であるが、（気象由来の）雲が卓越するような場では、衛星で噴火をはっきりとは確認出来ず、そのようなケースにおいては、気象レーダーにおける解析技術が特

に重要となる。

そのような状況の中、気象レーダーを噴煙の高さ推定に利用すべく、気象研究所では気象庁地震火山部火山課と共同で、観測部で作成されたレーダー3次元データの検証を行っているところである。しかし、現状では自動でエコーの高さを計算することは出来ても、気象レーダーによって観測されたエコーが気象現象なのか火山現象なのかの判断については、自動で判別することは出来ず、人の手を介する必要がある。現在は（比較的大きな）噴火イベントが発生した場合、気象研究所において気象レーダーによる解析を行い、噴火予知連絡会への報告等を行っているが、日常的に起こっている規模の噴火事例への対応は特段行っていない。事例の蓄積と言う点からも、汎用的な解析技術が確立されることが望ましい。

悪天時における気象レーダーの解析技術については、今後、重要性を増していくと考えられるが、現時点で地方官署にその技術を求めるのは困難である。気象研究所では、研修などを通じて気象レーダーを用いた火山噴煙の解析について講義することはあるが、一度の授業で教えることには限界があり、継続した指導体制の下、技術を確立していくことが必要である。

2. 研究の目的

本共同研究の目的は、地方官署（現業）における気象レーダー網を用いた汎用的な噴煙解析技術の確立である。また、これらを通じた（まだコミュニティの規模としては小さい）気象レーダーを用いた火山噴煙解析分野の裾野を拡大することである。

3. 研究の目標

本研究では、汎用的な火山噴煙解析ツールの作成を目標とする。

4. 研究結果

（1）成果の概要

・2017年7月25日・28日、2018年9月10日に、気象レーダーの基本的な処理・データフォーマット・解析ソフトウェアなどについて講習（火山班対象）を行い、理解を深めた。加えて、2019年6月25日には鹿児島地方気象台にて、「火山噴煙の気象レーダーによる観測について」の題で談話会（台内全職員対象）を行った。

・2017年11月28日に鹿児島地方気象台で行われた鹿児島地区研究会で、研究の概要と観測結果、現状の問題点、今後の方針について発表を行った。

・火山学会2018年度・2019年度秋季大会と第3回・第4回「降水と噴火」研究会において、本研究で開発している噴煙解析ツールを用いた事例解析結果を発

表した。解析の結果、目視によって噴煙高度が確認できなかった 2017 年 11 月 13 日の桜島南岳噴火の規模が同年最大規模の噴火であったことを示すと共に、曇天時に気象レーダーを用いて噴火（規模）を観測することの有効性についても示すことが出来た。また、本事例では、火口から離れた領域で反射強度が強まっており、噴煙内部で凝集が発生していた可能性も指摘した。また、本事例では、火口から離れた領域で反射強度が強まっており、噴煙内部で凝集が発生していた可能性も指摘した。なお、気象研究所 X バンド MP（二重偏波）レーダーによる観測でも、このことを裏付けるデータが取得されており、気象レーダーによる噴煙内部で発生する凝集の（直接的な）観測可能性があることも示した。

- ・気象レーダーによる火山噴煙解析ツール（スクリプト）を作成し、WEB ベースの監視ツールとして完成させた。監視ツールでは、噴煙の 3 次元データから水平断面と鉛直断面を表示し、噴煙がどの高度まで達しているかを簡単に確認することが出来る。また、開発したツールは OJT を経て修正・改良されている。
- ・気象レーダー網を用いた汎用的な噴煙解析技術を確立し、気象レーダーを用いた火山噴煙解析分野の裾野を拡大することが出来た。

（2）当初計画からの変更点（研究手法の変更点等）

特になし。

（3）成果の他の研究への波及状況

- ・複数の噴火事例の解析の結果、噴煙高度が低い時には、気象庁一般気象レーダーに比べて、国土交通省高性能レーダ雨量計ネットワーク（XRAIN）による噴煙高度推定結果の方が良好であった。この結果から、気象研究所経常研究「火山活動の監視・予測に関する研究」で開発・検証を進めている、噴煙高度の確率的推定手法に XRAIN を用いることで改善の可能性があることが分かった。

（4）事前・中間評価の結果の研究への反映状況

（中間評価を実施していないものは事前評価の結果の研究への反映状況）

- ・事前評価においては、全体の到達目標を具体的に示すよう指摘があったが、本研究では火山噴煙解析ツールの完成を具体的な目標として定めることにより、目標設定と事後の評価をクリアにすることが出来ている。
- ・成果のとりまとめについて、その後の業務マニュアルにつながるような報告物を作成するよう指摘があったため、ツールのマニュアルを作成すると共に、事例解析の結果について、論文への投稿を予定している。
- ・技術移転に留意して確実に実施するよう指摘があったが、年 1 回以上の講習に加え、メールでのサポートを適宜行うことで、解析・開発作業を確実に行うこ

とが出来た。

・確実に適用可能な事例を増やしていくといったかたちで成功体験を重ねながら進めるといったことも良いのではないかと、という指摘もあり、解析事例は手法の適用可能な範囲に絞って実施した。

・アプリケーションの開発や各種検討においては、気象のコミュニティとの連携を図ることが有効との指摘があったが、本研究では気象研究所の開発した **Draft** というレーダー解析ソフトウェアを使用しており、その使用方法や事例解析手法について、気象のコミュニティと連携を図って進めることが出来た。

(5) 今後の課題

気象庁一般気象レーダーなど単偏波の気象レーダーを中心とした汎用的な解析手法が確立してきた一方で、実用面から考えると、雨天・曇天時には雨灰判別が必要となる。二重偏波 (MP) レーダーはその課題を解決するために有力な手段であるが、手法としてはまだ確立されていない。気象庁でも二重偏波レーダーの導入が進んできており、将来的な監視技術の開発のためにも、今後、まずは二重偏波レーダーを用いた解析環境構築や事例解析などの基礎的な調査・研究を積み重ねていく必要がある。

5. 自己点検

(1) 到達目標に対する達成度

本研究では、汎用的な火山噴煙解析ツールの作成を目標としていたが、解析ツール (スクリプト) に加え、**WEB** ベースの監視ツールも作成しており、到達目標は達成されたと考える。

(2) 到達目標の設定の妥当性

本研究では、火山噴火の事例解析だけではなく、火山噴煙解析ツールの作成を優先的な到達目標と位置付けていた。そのため、まずは解析ツールを整備することで、その後の解析や OJT による効率的な改善が行うことが出来たと考えている。そのため、本研究の到達目標は妥当であったと考える。

(3) 研究の効率性 (実施体制、研究手法等) について

本研究の実施体制に関しては、鹿児島地方気象台火山班全員を対象としているが、年に一度以上の講習や談話会を開催することで、効率的な情報共有を行った。また、研究手法に関して、データフォーマット変換や座標変換などの基礎的な処理はレーダー解析ソフトウェア **Draft** の機能を用いている。そのため、本研究で目標としている火山噴煙解析ツールの開発に関しては、メインターゲットとなる噴煙高度の推定に必要な機能の開発に注力することが出来た。

(4) 成果の施策への活用・学術的意義

本研究で作成したツールは、鹿児島地方気象台の PC にインストールされており、他の PC から WEB (イントラネット) を通じて利用可能な状態になっている。気象レーダーによる火山噴煙の事例解析が容易になったことで、今後、現業を見据えた高度な調査・研究が進展することも期待できる。また、学術的にも、気象レーダーを用いた火山噴煙解析コミュニティの裾野拡大が出来たことの意義は大きい。

(5) 総合評価

本研究を通じて、地方官署で気象レーダーを使って噴煙を解析するための基盤を作ることが出来た。今後、本ツールを使って多くの事例解析がなされれば、それらの結果から、現業での火山監視や降灰予報・航空路火山灰情報の改善に結び付くデータが得られることが期待できる。

本研究の事例解析でも、噴煙内部の凝集の観測に関する興味深い結果が得られている。凝集の観測・監視手法に関しては、将来的な火山噴煙・降灰の監視技術だけでなく、噴煙内部のダイナミクス・素過程の理解にもつながるものである。

これらのことから、本研究では、将来的な研究・開発へとつながる有用な結果を得ることが出来たと言える。

6. 参考資料

6.1 研究成果リスト

(1) 査読論文

なし

(2) 査読論文以外の著作物 (翻訳、著書、解説)

なし

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

- ・国際的な会議・学会等

Sato, E., K. Fukui, T. Shimbori, and M. Maki, "Invisible" volcanic eruption plume/cloud observation with polarimetric weather radar, 39th International Conference on Radar Meteorology, 2019年9月, 奈良市 48.

- ・国内の会議・学会等

千馬竜太郎, 桜島における気象レーダーを用いた噴煙解析手法の開発, 鹿児島地区研究会, 2017年11月, 鹿児島県鹿児島市

千馬竜太郎， 佐藤英一， 桜島における気象レーダーを用いた噴煙解析手法の開発， 第3回「降水と噴火」研究集会， 2018年11月， 鹿児島県三島村

佐藤英一， 千馬竜太郎， 福井敬一， 新堀敏基， 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）， 日本気象学会2019年度春季大会， 2019年5月， 東京都

イ. ポスター発表

・国際的な会議・学会等

なし

・国内の会議・学会等

千馬竜太郎， 佐藤英一， 気象レーダーを用いた噴煙解析ツールの開発， 日本火山学会2018年度秋季大会， 2018年9月， 秋田県秋田市

佐藤英一， 千馬竜太郎， 気象レーダーを用いた汎用的噴煙解析手法の開発， 日本地球惑星科学連合2019年大会， 2019年5月， 千葉県千葉市

千馬竜太郎， 佐藤英一， 気象レーダを用いた噴煙解析ツールの開発（第2報）， 日本火山学会2019年度秋季大会， 2019年9月， 兵庫県神戸市

6.2 報道・記事

なし

6.3 その他（3.（3）「成果の他の研究への波及状況」関連）

なし