

火山観測機器を用いた土石流の量的検出

Quantitative detection of debris flow by using tilt and strain meters

*井口 正人¹

*Masato Iguchi¹

1. 京都大学防災研究所火山活動研究センター

1. Sakurajima Volcano Research Center, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

はじめに

火山噴火発生後には、降雨によってしばしば土石流が発生する。降下火山灰や火砕流などの可動性の高い物質が山麓に堆積され、多量の水によって流動する。これまで、土石流の検知はワイヤーセンサーや水位計などに加えて、より安定的に稼働しうるものとして振動センサーが用いられてきた。ここでは、より定量的な土石流の見積もりが可能となる傾斜計やひずみ計などの地盤変動センサーによって土石流を検知できたので、それについて報告する。

一般に、火山噴火に前駆して火山体の膨張が捉えられる。桜島の昭和火口の爆発の場合、火口から2.1km南南東にある有村観測坑道の水管傾斜計により、1時間から最長1日半前に火口方向の隆起の変化が観測され、噴火の発生と同時に沈降傾斜に反転する。火口側隆起の傾斜変動は、有村観測坑道からみて火口方向と反対側にある有村川における土石流発生時にも観測される。土石流は降雨時にしか発生しないので、強い降雨時であれば、土石流の発生の可能性を疑うが、火山噴火は降雨とは関係のない現象なので、降雨の有無は隆起傾斜変化の原因の判定の根拠にはなりにくい。ここでは、土石流発生時の地盤変動の特徴を抽出し、火山爆発に前駆する地盤変動との相違を明らかにし、点荷重モデルを用いて、荷重増加量を見積もった。

傾斜及びひずみ変化

傾斜計及び伸縮計は昭和火口から2.1km南南東の有村観測坑道内に設置され、さらに南0.4kmに有村川がある。有村川では2009年以降、昭和火口において爆発が頻発するようになってから土石流の発生回数が増加しており、2009年から2016年までに65回の土石流が発生している（大隅河川国道事務所調べ）。土石流発生時に地盤変動がなかった例はわずか4例しかなく、ほとんどの場合、地盤変動を伴う。傾斜変化量は火口側隆起の4~409ナノラジアンである。爆発に前駆する傾斜変化は100ナノラジアン以下で、土石流発生時の方が大きい変化が観測される場合がある。火口側隆起は有村川側の沈降を意味し、沈降ベクトルの方向は、有村川の最上流部の1号堰堤の方向を向くので、堰堤への土砂堆積による荷重沈降が地盤変動を引き起こしたものと解釈できる。また、地盤変動は土石流流下による振動の振幅がピークに達した時点で始まる。振動振幅のピークは土石流先端が観測点に最も接近したことを意味し、土石流堆積による荷重沈降が地盤変動の理由として考えやすい。火口方向のひずみ変化量は3~138ナノストレインの伸長である。火山爆発に先行する地盤変動では、火口方向のひずみは収縮を示すので、土石流発生時の極性とは異なる。また、昭和火口の爆発の場合、傾斜変化量よりひずみ変化量が大きいが、土石流発生時の傾斜変化量はひずみ変化量の3倍程度大きい。傾斜とひずみの比3は点荷重を仮定し、ラメの定数 $\lambda = \mu$ とした場合の傾斜とひずみ変化の比に相当する。

土石流堆積量の見積もり

点荷重モデルを用いて、荷重増加量を見積もってみる。例えば、30ナノストレインの収縮ひずみが検知された場合、 $6 \times 10^8 \text{ N}$ の力が働くので重量にして $6 \times 10^7 \text{ Kg}$ 、体積にして $25,000 \text{ m}^3$ の土砂が堆積したことになる。2009年から2016年までの土石流に伴う総ひずみ変化量は1100ナノストレインであり、8年間におよそ200万トン（ 80 万 m^3 ）の土砂が運ばれてきたことになる。2009年から2016年までの噴出物量は4300万トンと見積もられており、総噴出物量の5%が土石流として有村川に流下したことになる。

キーワード：地盤変動、土石流、桜島

Keywords: ground deformation, debris flow, Sakurajima

Rainfall-runoff-inundation model application for volcanic debris flow assessment in Mount Merapi

*Magfira Syarifuddin¹, Satoru Oishi², Ratih Indri Hapsari³, Djoko Legono⁴, Masahide Muranishi¹, Mariko Ogawa⁵, Masato Iguchi⁶

1. Graduate School of Engineering, Kobe University, Japan, 2. Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University, Indonesia, 3. State Polytechnic of Malang, Indonesia, 4. Gadjah Mada University, Indonesia, 5. Office of Promoting Regional Partnership, Kobe University, Japan, 6. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Japan

Volcanic debris flow or lahar is a hydrometeorological disaster happened in the rainy season in Mount Merapi. Following the 2010 eruptions more than 50 lahar events happened and caused material loss and casualties. Although the frequencies are decreasing, but in 2016 the disaster still happened as the unstable material from the volcano eruption remains at elevation higher than 1200 m above mean sea level (amsl).

Lahar is a Javanese term used to describe a rapidly flowing, high concentration, poorly sorted sediment-laden mixture of rock debris and water from a volcano that goes along river stream. It is a continuum flow type which covers debris flows, hyperconcentrated, streamflow, and mudflows. It comes as series of surges with maximum frontal velocity ranges from 5 m/s to 15 m/s. At Merapi lahar is likely to trigger by rainfall intensity of 40 mm in 2 h. Two types of triggering rainfall are: local stationary or orographic confined to slopes above 1200 m amsl and regional, migratory rainfall that moves from the northwest or the southwest. The latest mention usually leads to large-scale debris flow (>80,000 m³ of deposits) (Lavigne et al. 2007).

Hydrological model such as rainfall-runoff-inundation (RRI) could be a useful tool for analyzing hydrometeorological disaster. The model uses full dynamic equations that based on diffusion wave assumption which are effective for flood assessment in both mountainous slopes and lowland plains. However, the application on flash-flood and debris flow is difficult because of the short duration and small area. The RRI model relies on satellite-rainfall and rain gauge data, while lahar occurs in a small-scale that constrained the use of coarse resolution of satellite-rainfall or poor resolution rain gauge network.

Previous studies confirmed that rain gauge-rainfall caused uncertainties and underestimated rainfall threshold for debris flow occurrence (Nikolopoulos et al., 2014; Staley et al., 2013; Marra et al., 2014). On the other hand, remote monitoring by weather radar such as an X-band multi parameter (X-MP) radar gives higher spatial and temporal resolution, which is desirable by lahar studies. It offers advantage to monitor rainfall in the initiation area and it could measure debris flow during short duration of storm event (David-Novak et al., 2004; Chiang and Chang, 2009).

In this paper, we improved the RRI model by applying X-MP radar information. A new submodule of debris flow assessment has also been introduced based on Takahashi theory (Takahashi, 2009). The theory considers debris flow initiation criteria depends on average slope, particle size and discharge per unit width. We used the improved model to analyze hydrologic condition in Gendol Catchment for 2 weeks observation in May 2016.

The radar-rainfall based model gave comparable results with the rain gauge-rainfall based model and the

observed water depth information in the downstream area. The discharge information calculated by RRI model were not only useful for direct lahar assessment but could be important boundary information for other numerical model in ungauged sub-basin. Although direct verification in the ungauged upstream area is difficult, but in the future applying the model for real lahar event could be useful to test the improved RRI model performance in small-scale catchment.

Keywords: Rainfall-runoff-inundation model, X-MP radar, volcanic debris flow, rainfall, merapi

岩手山における火山体構造探査プロジェクト

Detecting interior structure in Iwate volcano using muon radiography.

*伊藤 英之¹、角野 秀一²、辻 盛生¹、市川 星磨²、高崎 史彦³、成田 晋也⁴

*Hideyuki Itoh¹, Hidekazu Kakuno², Morio Tsuji¹, Seima Ichikawa², Fumihiko Takasaki³, Shinya Narita⁴

1. 岩手県立大学総合政策学部総合政策学科、2. 首都大学東京理工学研究科、3. 高エネルギー加速器研究機構、4. 岩手大学大学院理工学研究科

1. Faculty of policy studies, Iwate prefectural University, 2. Department of Physics, Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Metropolitan University, 3. HIGH ENERGY ACCELERATOR RESEARCH ORGANIZATION, 4. Department of Physics, Graduate School of Science and Engineering, Iwate University

近年、宇宙線ミュオンを用いた火山体内部の透視技術が確立され、浅間山、薩摩硫黄島などで成果を出している (Tanaka, et.al 2008)。我々は、岩手山山頂から約6km東麓に位置している国立岩手山青少年交流の家にミュオン測定機を設置し、2016年10月14日より観測を実施している。合わせて、岩手山起源の湧水の化学組成について連続観測を行い、ミュオグラフィーから得られる山体内部構造のイメージングとあわせ、火山体内部の深部地下水流動系の解明を目指している。

現在のデータの取得状況は安定しており、二次元の簡易イメージは得られている状況にある。しかしながら、測定から得られる山の密度長は実際の山の厚さとはかけ離れた値を示しており、電磁シャワーや周囲からの散乱によって入ってきたミュオンによる影響が大きい。一方、数値地図火山標高10mメッシュを用いて、実測密度長と地形データの距離との比を取り、密度分布にすると、北側と南側で濃淡が異なってくることから、今後はバックグラウンドを仮定して、山体の密度分布を把握していく予定である。

一方、湧水の化学組成から、岩手山麓の湧水の多くは $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 型であるが、北麓の金沢湧水と北東麓の生出湧水では、 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ に加え SO_4^{2-} の濃度が高い。これらの湧水についてトリチウム年代を測定したところ、13.9～23.5年の値が得られた。特に生出、金沢湧水については、それぞれ19.4年、23.5年の測定値が得られ、1998～2003年岩手山噴火危機の頃に涵養された地下水が今後湧出してくる可能性が示唆された。

キーワード：ミュオン、湧水、化学組成

Keywords: muon, spring water, chemical analysis

近年の霧島硫黄山の活動に伴う低温噴気活動と地表面からの硫化水素拡散放出現象

Low-temperature fumaroles and diffuse H₂S degassing associated with recent volcanic activity at Iwo-Yama, Kirishima Volcanoes, Japan

*木川田 喜一¹

*Yoshikazu Kikawada¹

1. 上智大学理工学部

1. Faculty of Science and Technology, Sophia University

霧島山系の硫黄山では2013年12月以降、火山性地震が増えるなど活動活発化の兆候が認められ、2015年12月には火口内に噴気が認められるようになった。その後、噴気活動はさらに活発化を見せ、火口周辺に熱異常域が広がるに至っている。この火口域の噴気活動に伴うように、山頂西側外斜面からその下方にかけて、高濃度に硫化水素を含む、噴気を伴わない低温ガス放出域も認められるようになった。この低温ガス放出域はかつて噴気活動のあった酸性変質地帯内にあるが、現状では噴気も熱異常も確認できず、火山ガスが地表面から拡散放出しているものと見られる。また、変質地帯内にはこの火山ガス放出に関係すると思われる、溶存硫化水素濃度が高く、湧出後に硫黄の沈殿が析出する小規模な酸性湧水の存在が認められる。

硫黄山は多くの観光客・登山客が訪れる「えびの高原」に位置し、噴気地帯や低温ガス放出域は観光客が多く利用する県道や登山道・遊歩道に接している。このため宮崎県は、2016年3月から定期的に噴気地帯および低温ガス放出域での硫化水素ならびに二酸化硫黄の大気中濃度測定を実施している。当初は地表30 cmで200 ppmを越えることのなかった低温ガス放出域内の大気中硫化水素濃度は、2016年10月以降急上昇し、最大1400 ppmが観測されるに至った。宮崎県は火山ガス濃度に応じた道路ならびに登山道・遊歩道の規制方針を策定し、2017年1月からは低温ガス放出域の定点2カ所において硫化水素濃度の自動測定も開始した。

講演者は宮崎県とともに2016年3月以降、観光客の安全確保の観点から硫黄山における大気中硫化水素濃度の変化を見守っており、講演では硫化水素濃度の極めて高い低温噴気活動および火山ガス放出現象の推移を報告するとともに、宮崎県ならびに地域コミュニティによる火山ガス防災への取り組みについて紹介する。

キーワード：霧島硫黄山、硫化水素、火山ガス災害、低温噴気、えびの高原、ガス中毒

Keywords: Iwo-Yama, hydrogen sulfide, volcanic gas disaster, low-temperature fumarole, Ebino Highland, gas poisoning

箱根山の火山防災と2015年噴火

Critical review of disaster mitigation for Hakone Volcano and its eruption occurred in 2015

*小山 真人¹

*Masato Koyama¹

1. 静岡大学防災総合センター

1. CIREN, Shizuoka Univ.

小山（2017，科学）は、かつて箱根火山防災マップ作成検討委員会委員をつとめた外部専門家の立場から、箱根山の火山防災に関連した歴史をふりかえるとともに、2015年噴火への当事者や社会の対応を記録し、気づいた点を論じた。本講演では、そのエッセンスを紹介するとともに、紙数の関係で書けなかった総括的な考察と評価をおこなう。

箱根火山の2015年噴火はごく小規模であったが、過去3000年間に5度生じたことが知られる本格的な水蒸気噴火に発展する可能性も十分あった。箱根町火山防災マップ（2004年）は、こうした水蒸気噴火による火山弾・火山礫の飛散や火砕サージ・熱泥流の発生を想定し、それらの危険範囲を描いている。その後、2008年の噴火警戒レベル導入にともなって設立された箱根火山対策連絡会議（後の箱根火山防災協議会）は、箱根町火山防災マップをベースとして噴火警戒レベルの各段階での規制範囲を定め、大涌谷地区の避難計画も事前に作成していた。つまり、防災対応システムの大枠が事前にできていた（間に合った）ことと、幸運にも次の3つの自然的要因が重なったために、2015年噴火に対する緊急対応の成功に至ったと評価できる。

（1）噴気異常の発生（5月3日）から噴火開始（6月29日）までの時間が長く、噴火自体も2日程度の短期間で終了したこと

（2）発生した水蒸気噴火の噴出量は100トン程度とごく小規模、噴火に付随した熱泥流もごく小規模、爆発力も弱く火山弾や火山礫の飛散は火口近傍に限られ、火砕サージも発生しなかったこと

（3）マグマ噴火に発展しなかったこと

しかしながら、20世紀初めから2015年噴火に至る箱根山の火山防災にかかわる歴史を振り返ると、2015年時点の防災体制を構築するまでにはいくつかの岐路があり、各時点でプラスに働いた（かもしれない）社会的要因とマイナスに働いた（かもしれない）社会的要因を挙げることができる。プラスに働いた（働いたかもしれない）社会的要因としては、

（1）大涌谷の蒸気井と温泉供給会社の存在と活動

（2）箱根町と火山学会との連携、ならびに大涌谷自然科学館の設置と活動

（3）地元の火山観測・研究機関（神奈川県温泉地学研究所）の存在と活動

（4）2001年群発地震・噴気異常の経験とその教訓

（5）箱根火山の噴火史、とくに大涌谷付近での水蒸気噴火の履歴に関する研究成果の蓄積

（6）群発地震・噴気異常の発生シナリオ・メカニズムについての学術的知見

（7）箱根町火山防災マップの作成とその過程で得られた教訓

（8）噴火警戒レベルの導入とそれにとまなう箱根火山対策連絡会議の設置と活動

（9）箱根火山防災協議会（現・箱根山火山防災協議会）の設置と活動

（10）箱根ジオパークの設置とその普及・啓発活動

の10項目が挙げられる。また、マイナスに働いた（働いたかもしれない）社会的要因としては、

（1）開発された温泉観光地ゆえのリスク情報公開への躊躇

（2）大涌谷自然科学館の閉館

（3）箱根町火山防災マップ作成過程での噴火想定 の 限定（マグマ噴火ならびに大涌谷周辺以外の火口を想定せず）

- (4) 噴火警戒レベル判定基準への固執（レベル2へ上げる判断の遅れ）
- (5) リスク情報（危険範囲、火山ガス濃度）共有の部分的失敗
- (6) 噴火シナリオ（および各シナリオの確率推定）の不在
- (7) 噴火認定の失敗（噴火警戒レベル3へ上げる判断の遅れ）
- (8) 不透明な意思決定
- (9) 地元行政・経済への過度の忖度
- (10) 政治家の不当な介入
- (11) ジオパークとの連携不十分

の11項目を挙げることができるだろう。箱根山2015年噴火の緊急対応「成功」の影には、上記した自然的要因の幸運の上に、過去数十年間にわたって上記のプラス要因をうまく利用し、危ない橋を渡りつつもマイナス要因を抑制してきた当事者たちのたゆまぬ努力があったと認識できる。

キーワード：箱根火山、防災、2015年噴火、批判的レビュー、自然的条件と社会的条件、プラス・マイナス要因

Keywords: Hakone Volcano, disaster mitigation, 2015 eruption, critical review, natural and social conditions, plus and minus factors

クラカタウ1883噴火の準備過程

-カルデラ噴火の前兆はつかめるか？-

Review on pre-cursor events of Krakatau 1883 caldera-forming eruption

—Can we catch the precursor events of caldera-forming eruption?—

*高田 亮¹

*Akira Takada¹

1. 活断層火山研究部門

1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology Geological Survey of Japan

カルデラ形成を伴う大規模噴火、またはそれに準ずるVEIで6以上の噴火は、既存のDB (Seibert et al., 2010) によれば、100年に1-2回程度発生している。しかし、平均値とは異なり、インドネシアだけで最近200年間で3回のカルデラ噴火を経験している。本発表では、その中で、比較的最近の情報が多く残るKrakatau 1883のカルデラ噴火について、前兆現象を文献(Nishimura, 1980, Yokoyama, 1981, Simkin and Fiske, 1983; Carey et al., 1996; Mandeville et al., 1996)などでレビューし(Takada, 2010; Takada et al., 2012), また、現地での巡検視察(1996, 2006) などをもとに考察する。Krakatau火山は、ジャワ版「列王記」で、西暦416年の噴火記録があるが詳細は定かでない。1596年のスケッチでは、1883年噴火直前の火山島とほぼ同じ形が描かれていた。1680年には爆発的噴火が起こったことが銅版画で残されている。18世紀以後は、1883年の噴火まで噴火記録はなく、樹木に覆われた島は農地や硫黄採掘、温泉などとして利用されていた。クライマックスである1883年8月27日に先立つ3ヶ月半以上前の5月より有感地震が起こった。1883年噴火の前兆現象として、広範囲に噴気孔が広がっていく異常現象がとらえられていた。5月20日には噴煙が約11km上がった。爆発音、振動、少量の降灰が記録されている。5月22日には間歇的な灰噴火が起こり、海面には軽石が浮遊した。また、5月27-28日には、観光ツアーが島を訪れ、北側の噴火口の様子を報告した。その後も、6月に入り役人やオランダの軍人が上陸し観察記録を残している。6月-7月は、2箇所から噴煙が上がっていたが、8月11-12日には、オランダの大尉が上陸すると、約5kmの範囲で3箇所の噴火口と14箇所の噴気孔を確認していた。クライマックスは、8月26日の早朝から始まり、14時に爆裂とともに噴煙中が26km上がったと記録されている。27日には、早朝から4回の噴煙柱が立ち上がり、最高で38kmに達したと言われている。それに伴う津波も発生し、被害を拡大した。火砕流や火砕サージも発生し、対岸の集落を襲った。この噴火で約12km³のマグマが噴出したと報告されている(Carey et al., 1996)。

本研究は、原子力規制庁からの受託研究として行われた。

キーワード：クラカタウ、カルデラ噴火、大規模噴火、噴火前兆現象、インドネシア

Keywords: Krakatau, caldera-forming eruption, large volume eruption, precursor events, Indonesia

Physical parameters analysis of volcanic ash particles measured by 2D-Video Disdrometer

*Sung-Ho Suh¹, Masayuki Maki², Masato Iguchi³, Dong-In Lee¹

1. Division of Earth Environmental System Science, Pukyong National University, Korea, 2. Research and Education Center for Natural Hazards, Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima, Japan, 3. Sakurajima Volcano Research Center, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Sakurajima, Kagoshima, Japan

Weather radar is one of powerful instruments for measuring volcanic ash columns and ash clouds. However, we need fundamental physical properties on ash particles for the quantitative analysis of weather radar data of volcanic ash: necessary information are terminal velocity, axis ratio, and canting angle including density and dielectric constant of target to detect volcanic ash column correctly. In the present study, the basic features of volcanic ash particles are analyzed to develop quantitative ash fall estimations (QAEs).

The data were collected by a number of automatic tephrometers at Sakurajima volcano, Japan and reanalyzed with a 2D-video disdrometer (2DVD) in the large-scale rainfall simulator of NIED. The entire volcanic ash particles were classified as five types based on shape and orientation: Horizontal Oblate (OH), Vertical Oblate (OV), Horizontal Prolate (PH), Vertical Prolate (PV), and Sphere (Sp). Dominant particle shape was OH (71.5%) and the next was PH (17.0%). It should be noted the horizontally oriented type was 88.7% of all sampled data. The 64.4% data are concentrated on $D < 0.5$ mm. The number of PV and Sp particle is increased with D . The relationships of terminal velocity are dependent on particle shape types: Prolate spheroid (vertical orientation) particles were faster than those of oblate (horizontal). The distribution of γ is from 0 to 1.5 at $D < 2$ mm, but these are concentrated to around 1 for $D > 2$ mm. The deviation of canting angle for OV (OH) is around two times larger (smaller) than raindrops. It is inferred that there would be not much rotating phenomenon. The features of ZH and dual-pol radar variables (ZDR, KDP, and AH) were analyzed. ZH is around 4.3 dBZ smaller than that of raindrop and there is no resonance effects with radar frequency. There are large variabilities in ZDR depending on the particles shape for $D < 2$ mm and these were close to 0 for $D > 2$ mm. KDP and AH are variable with radar frequency but these magnitudes are almost 0 regardless of D . These results will be utilized to develop QAE methods, to detect volcanic ash column and predict its activity.

Corresponding author: M. Maki

Acknowledgment: This work was supported the Grant-in Aid for Scientific Research (A) 24244069 of MEXT, Japan, Invitation Program of Foreign Researchers of Kyoto University and the Korea Meteorological Industry Promotion Agency under Grant KMIPA 2015-1050 and the BK21 plus Project of the Graduate School of Earth Environmental Hazard System. 2DVD data were provided by MEXT, Japan. We also thanks to NIED for the experiments in the large-rainfall simulator in Tsukuba, Japan.

Keywords: Volcanic ash, basic feature, 2DVD

Orographic Effects on the Transport and Deposition of Volcanic Ash - A Sakurajima Case Study

*Alexandros Panagiotis Poulidis¹, Tetsuya Takemi¹, Masato Iguchi¹, Ian Alasdair Renfrew²

1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Centre for Ocean and Atmospheric Sciences, University of East Anglia

Introduction

Volcanic ash is a major environmental hazard that acts over both short (hours-days) and long (months-years) timescales and, directly or indirectly, affects life, livelihoods, and infrastructure (Wilson *et al.*, 2015). After an eruption, airborne ash can cause major disruption for international aviation, and in the long term can exacerbate existing respiratory conditions (Hillman *et al.*, 2012). Accurate prediction of the transport and deposition of volcanic ash is therefore vitally important for hazard management and mitigation.

Transport and deposition of volcanic ash are complex processes, depending heavily on the size of the particles (Bonadonna and Houghton, 2005). Heavy ash is deposited quickly within a few 10s of kilometers from the vent, while lighter ash tends to have longer flight times and is more directly influenced by local as well as regional wind fields. Atmospheric flow is heavily influenced by complex terrain creating a number of complex phenomena, such as flow spitting, gravity waves and downslope winds (Smith, 1980). These orographic effects have been seen to affect the deposition of volcanic ash (Watt *et al.*, 2015)

In the study presented we examined the impact of orographic effects on the transport and deposition of volcanic ash from the Sakurajima volcano in Kyushu, Japan. Sakurajima is one of Japan's most active and closely monitored volcanoes. The frequent activity, surrounding mountainous topography, and large amount of observational data make Sakurajima an ideal natural laboratory for the study of these effects.

The August 2013 eruption and ash dispersal modelling

On 18th August 2013 Sakurajima erupted at 1631 JST with a plume height of 5 km - the highest plume height recorded since 2006. Ash was advected W-NW and ashfall was recorded as far as the Koshikijima islands 90 km in the west. This eruption was studied in depth using the Weather Research and Forecasting (WRF) model (Skamarock *et al.*, 2008), coupled with "online" chemistry and aerosol calculations (WRF-chem; Grell *et al.*, 2005). A nested domain setting with high horizontal (12500, 2500, and 500 m) and vertical (90 levels starting at 50 m height increments) resolution was used in order to resolve the orographic effects, while a series of simulations with zero topography were carried out to show the influence of these effects.

Results

Simulations have shown that orographic effects can act in two ways: strong gravity wave activity close to

the volcano act to keep ash afloat, while downslope winds closer to the surface can advect ash downwards and force deposition (Fig. 1; Poulidis *et al.*, 2017). Orographic effects were seen to increase both horizontal and vertical diffusion of volcanic ash. Due to its low residence time, heavy ash was seen to be relatively unaffected by orographic effects: in terms of deposition, the most readily affected size ranges for particles were of grain size between 3-5 ϕ (ie. between 0.125 and 0.03 mm).

Resolving orographic effects over the volcano leads to a “gray area” over the volcano: the initial plume height set at input can be changed due to gravity wave activity over the volcano, leading to a different simulated plume height, something that could affect similar simulations, especially for eruptions with low plume heights.

References

Bonadonna and Houghton, (2005), *Bull. Volcanol.*, doi:10.1007/s00445-004-0386-2

Grell *et al.*, (2005), *Atmos. Environ.*, doi:10.1016/j.atmosenv.2005.04.027.

Hillman *et al.*, (2012), *Bull. Volcanol.*, doi:10.1007/s00445-012-0575-3.

Iguchi, (2016), *J. Disaster. Res.*

Poulidis *et al.*, (2017), *J. Geophys. Res.* (In preparation)

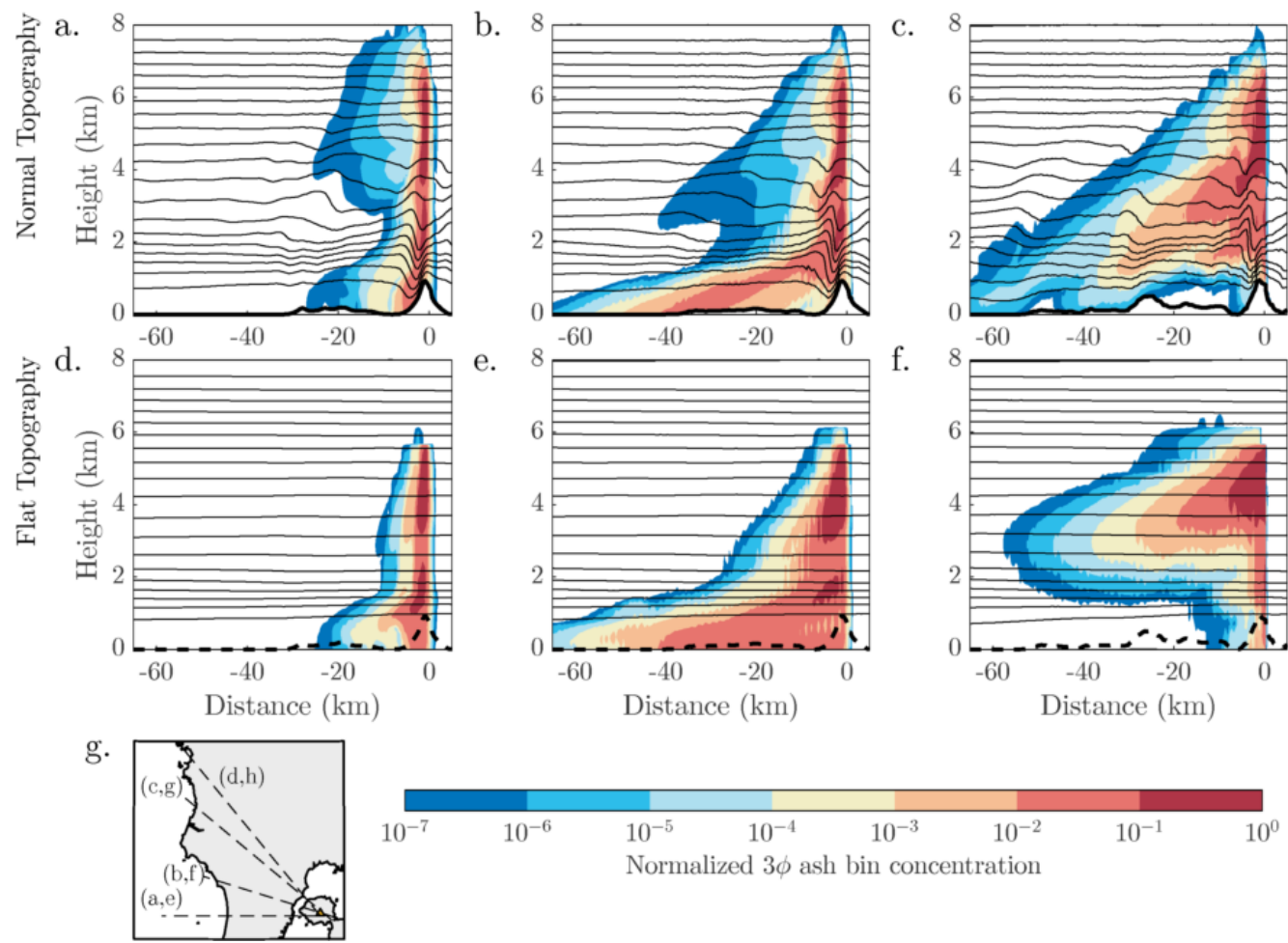
Skamarock *et al.*, (2008), *Tech. rep.*, NCAR/TN-4751STR.

Smith *et al.*, (1980), *Tellus*, doi:10.1111/j.2153-3490.1980.tb00962.x.

Watt *et al.*, (2015), *Bull. Volcanol.*, doi:10.1007/s00445-015-0927-x.

Wilson *et al.*, (2015), *Phys. Chem. Earth*, doi:10.1016/j.pce.2011.06.006.

Keywords: Ash dispersal, Sakurajima, WRF, Orographic effects



降下火山灰シミュレーションソフトによる地球惑星科学教育の試み Attempt of earth and planetary science education by dispersion simulation of pyroclastic materials emitted from the volcanic eruption

*佐伯 和人¹

*Kazuto Saiki¹

1. 大阪大学大学院理学研究科

1. Graduate School of Science, Osaka University

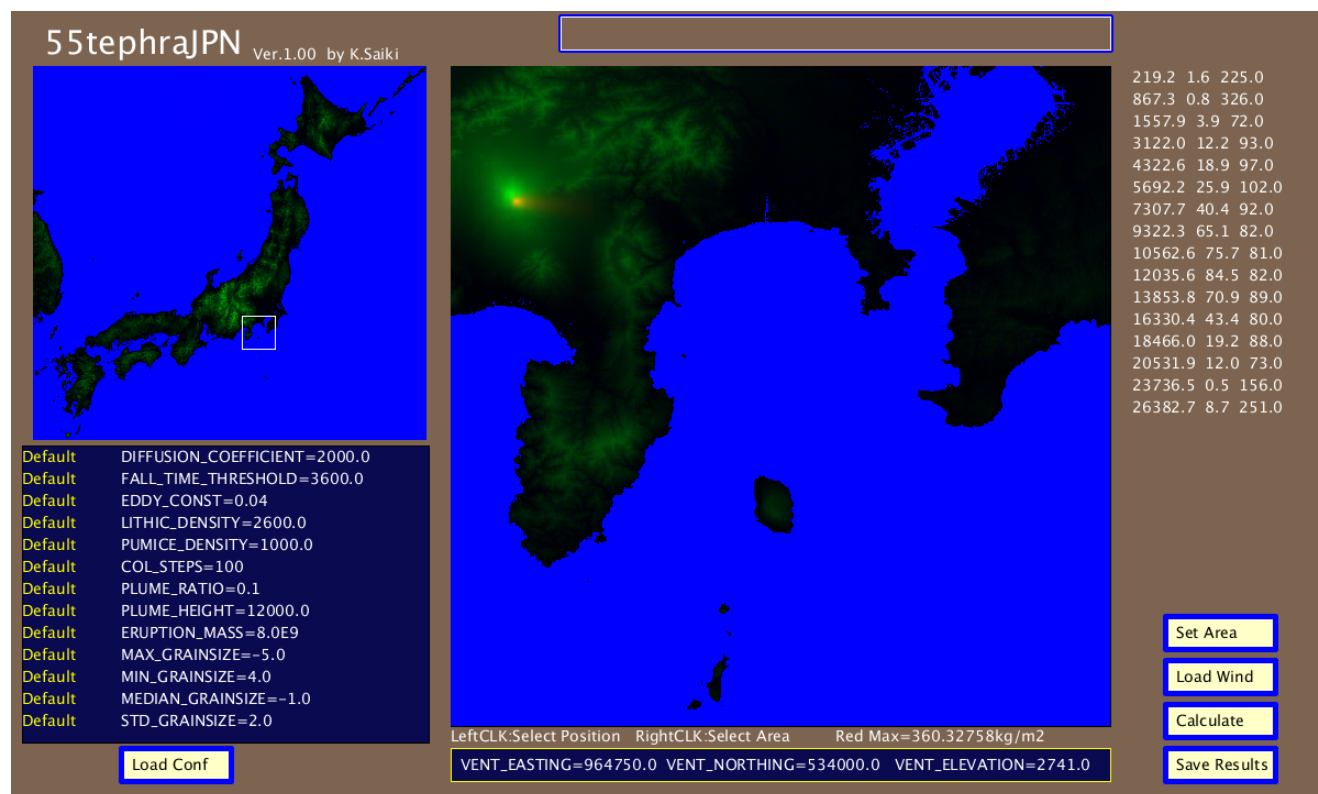
近年、火山噴火によって放出される火砕物の堆積シミュレーションが活発に行われ、防災ハザードマップ等に活用されている。中でもよく使われているTephra2（文献1、2）は火砕物の大気中での移流+拡散モデルをベースとしており、内部の処理が理解しやすく、計算機リソースもあまり必要としない、手軽なシミュレーションプログラムである。このTephra2をベースに、さらにコンパクトにし、使いやすく、コードのリーディングや改造もしやすい55Tephra（図1）というシミュレーションプログラムを作成した。この55Tephraを自然現象のモデル化の考え方や注意する点を学ぶための教材として、高校生を対象に使うことを計画している。地球の火山だけでなく、火星等、地球外火山噴火のシミュレーションに興味をもつ高校もあり、地球惑星科学の教材としながら、自然に防災の感覚も身につく教材となる可能性があると期待している。発表では、55Tephraの紹介と、さまざまな活用のアイデアを提示する。

（1）Bonadonna, C et al. (2005) JGR, 110, B03203.

（2）萬年一剛 (2013) 第四紀研究 52(4) p.173-187.

キーワード：テフラ、シミュレーション、高校生

Keywords: tephra, simulation, high school students



Features of Numerical Model “Ballista” ; the Ballistic Simulator of Explosive Volcanic Eruption

*常松 佳恵¹、ゴメス クリストファー²、レベッカ フィッツジェラルド³、ベン ケネディー³、山岡 耕春⁴

*Kae Tsunematsu¹, Christopher A Gomez², Rebecca Hanna Fitzgerald³, Ben Matthew Kennedy³, Koshun Yamaoka⁴

1. 山梨県富士山科学研究所、2. 神戸大学海事科学部海事科学研究科、3. カンタベリー大学地質学科、4. 名古屋大学大学院環境学研究科

1. Mount Fuji Research Institute, Yamanashi Prefectural Government, JAPAN, 2. Faculty of Maritime Sciences, Kobe University, JAPAN, 3. Department of Geological Sciences, University of Canterbury, New Zealand, 4. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, JAPAN

Ballistic projectiles are emitted from the vent of the volcano when an explosive eruption occurs. Their sizes range from a few centimeters to several meters, and the landing velocity of these pyroclasts can exceed 100 km/h. Therefore, for hazards and disaster risk management it is essential to estimate the affected area of ballistic projectiles. To reach this goal the ballistic trajectory simulator “Ballista” was developed. This model can calculate the trajectory and deposition condition of multiple ballistic particles in three dimensions using a momentum equation including air friction solved by the Runge-Kutta method, and particles are transported by the Lagrangian method. Ballista was programmed using Java to increase portability and includes complementary modules, such as a topographic effect, which is also taken into account by the simulation. As a result, the model can constrain the ejection angle and direction bearing of ballistic projectiles released during the Ontake 2014 eruption (Tsunematsu et al., 2014), not only using ballistic physics but also realistic terrain data.

In the presentation, we show how local conditions and terrain can affect the model by running the same simulations with and without topography, but also by modifying the resolution of the topography to study these effects. The resolution of the digital elevation model (DEM) only changes the large scale distribution of ballistics on the ground when the grid size is fairly large (> 100 m). Results also show that including topography in the calculation changes the travel distance and the spatial distribution of particles significantly. When examined in detail, in particular locations the high resolution DEM can be used to identify shelter areas where ballistic hazard is reduced, for example, behind large boulders or buildings - risk reduction strategy that proved successful for hikers caught in the 2014 eruption. In our presentation, we discuss such topographic dependency of the Ballista quantitatively.

Finally, we have made the model public by a creating graphical user interface and a user guide in order to contribute to the disaster risk management.

キーワード：火山岩塊、爆発的噴火、地形、解像度、数値モデル、グラフィカルユーザーインターフェース

Keywords: Ballistic projectiles, Explosive eruption, Topography, Resolution, Numerical Model, Graphical User Interface

阿蘇火山2016年10月8日噴火の降下火山礫で生じた被害の特徴

Characteristics of damage caused by lapilli fall of the October 8, 2016 eruption of Aso Volcano, Japan

*佐々木 寿¹、成毛 志乃¹、千葉 達朗¹

*Hisashi Sasaki¹, Shino Naruke¹, Tatsuro Chiba¹

1. アジア航測株式会社

1. Asia Air Survey Co., Ltd.

御嶽山2014年噴火で火口近傍の登山客が多数負傷したことを受け、活火山における退避壕等の充実に向けた手引き（内閣府（防災担当），2015）が作成された。一般的に大きな噴石は居住地まで到達しないことが多いため、居住地に退避壕が設置された火山は少ない。一方、上空の風に流された火山礫が遠方まで到達することがあり、気象庁は小さな噴石と呼んでいる。例えば、新燃岳2011年噴火では、火口から北東約16 km地点まで、直径1.5～5 cmの小さな噴石（火山礫）が到達し、車の窓が割れるなどの被害が生じた（気象庁，2011）。気象庁が発表する降灰予報では、降灰の範囲に加え、小さな噴石の落下範囲も発表される（Hasegawa et al., 2015）。富士山広域避難計画（案）（富士山火山防災対策協議会，2014）では、宝永規模の噴火が発生すると、神奈川県まで小さな噴石（火山礫）が到達することが示されている。風に流された火山礫が建物等へ与える影響について検討された事例は少なく、特に物性との関係性は不明な点が多い。阿蘇火山2016年10月8日噴火では、降下火山礫が中岳火口の北東側に分布した。降下火山礫は数km以上離れた居住地域まで到達し、建物や農業施設等への被害が生じた。我々は噴火の翌日の2016年10月9日に現地調査を行った。本研究では2地点の被害状況について報告する。阿蘇青少年交流の家（中岳火口から北東へ約4.5 km）では、本館棟1階の網戸と窓ガラスが1枚破損しており、窓枠には3 cm程度の火山礫が数個落ちていた。網戸に形成された穴と窓ガラスの衝突中心から火山礫は北から落下してきたと推定され、中岳火口の方とは一致しない。阿蘇青少年交流の家の渡り廊下（通路シェルター）では、屋根が複数の地点で破損していた。渡り廊下の屋根は、厚さ3 mmのポリカーボネイト板である。渡り廊下の被害は偏りが多く、破損が多かった地点は、ポリカーボネイト板が紫外線劣化している箇所であり、1 m四方に5点程度の穴（直径10 cm程度）が空いていた。破損にはポリカーボネイト板の紫外線劣化の程度が関係していると考えられる。中岳火口から北東へ約7 kmの地点では太陽光パネルの被害を確認した。道路から屋根に設置された太陽パネルが観察でき、火山礫の落下により破損していた。観察できる範囲で破損状況を集計したところ、384枚中56枚の太陽光パネルが破損していた。金子(2017)によると、この地点周辺の太陽光パネルの被害枚数は1636枚で、被害額は1億円に達すると報告されている。降下火山礫は火口から離れた地点でも被害を及ぼす可能性があるため、今後は降下火山礫の衝突エネルギーとガラスやポリカーボネイト板等の強度との関係についての解析を進めていきたい。

キーワード：降下火山礫、建物被害、阿蘇火山

Keywords: lapilli fall, damage to buildings, Aso volcano

噴石衝突に対する木造建築物屋根の安全性 噴石衝突に対する木造建築物屋根の安全性

Safety of wooden buildings roof subjected to ballistic block collision

*立山 耕平¹、成田 啓司郎²、山田 浩之³、奥矢 恵⁴、充宏 吉本⁴

*KOHEI TATEYAMA¹, KEISHIRO NARITA², HIROYUKI YAMADA³, MEGUMI OKUYA⁴, MITSUHIRO YOSHIMOTO⁴

1. 防衛大学校 理工学研究科学生、2. 防衛大学校 学部生、3. 防衛大学校 機械工学科、4. 山梨県富士山科学研究所

1. Graduate School of Science and Engineering, National Defense Academy, 2. Undergraduate Student of School of Systems Engineering, National Defense Academy, 3. School of Systems Engineering, National Defense Academy, 4. Mount Fuji Research Institute, Yamanashi Prefectural Government

1. 緒言

火山災害には、噴煙・溶岩流・火砕流・岩屑なだれ・土石流など、多様な要因が挙げられる。中でも、2014年9月27日に発生した御嶽山噴火において、その被害の多くは噴石衝突による損傷が主な原因であった。噴石被害が拡大した要因として、御嶽山にはシェルター等の避難施設が設置されていなかったことが挙げられることから、現在、活火山における退避壕等の充実が急がれている。一方で、山頂付近であっても、山小屋に非難した登山客は噴石被害から逃れることができた。この事実は、山小屋等の既存建築物の利用が、噴石衝突から身を守る上で非常に有効であることを示したと言える。

山小屋をはじめとした木造建築物は、その施設の強度に応じて一定の規模の噴石の衝突に対する安全性を有すると考えられるが、あらゆる噴石被害に対して安全性を確保するものではない。そのため、噴石衝突に対する木造建築物の安全性を正しく評価することが必要である。これまで著者らは、高機能繊維を用いて既存の木造建築物の補強に関する研究を行ってきたが、補強されていない既存の木造建築物が噴石に対してどれほどの耐久性を有しているかはわかっていない。

そこで本研究では、一般的に用いられている杉板を用いた木造建築物屋根に対して噴石衝突模擬実験を行うことにより、噴石衝突に対する安全性を明らかにする。

2. 実験方法

2.1 飛翔体

飛翔体には、噴石の標準的な密度（約2400kg/m³）に近い値を持つ直径90mmのビトリファイド砥石（2421kg/m³）を用いた。火山噴火において飛散するものは、小さいもので直径2～64mmの大きさの火山れき、このサイズ以上の噴石が存在する。中でも、噴火時に最も多く飛散する噴石はこぶし大サイズ（φ100mm程度）である。そこで、本研究では、直径128mmの噴石を想定し、飛翔体質量を2.66kgとした。

2.2 木造建築物の屋根模擬試験体

木造建築物屋根を模擬するため、屋根板として板厚18mmの杉板、その表面に防水シートと厚さ0.4mmのガルバリウム鋼板を取り付けたものに、垂木を組み合わせた試験体を作製した。このとき、試験体は5枚の杉板により構成されており、外側の2枚が75mm×600mm、中心3枚は150mm×600mmである。試験体全体の寸法は600mm×600mmである。垂木の寸法は高さ90mm、厚さ45mm、長さ600mmであり、垂木間隔は、垂木の中心を基準として455mmである。構成部材は釘により固定しており、釘間隔はおおむね150mmである。この試験体を実験装置に固定する際には、外径750mm×750mm、内径450mm×450mmの鉄枠により挟み込み、ボルトにより固定した。

2.3 高速投射型衝突破壊実験装置

高速投射型衝突破壊実験装置は発射部およびターゲット台で構成されている。圧縮空気により飛翔体を加速し、ターゲットに衝突させる構造になっている。衝突速度は、発射管の先端2カ所に50 mmの間隔で設置したレーザーおよび受光部を用いて測定を行う。飛翔体がレーザーを通過し、受光部への照射を遮ると受光部から

出力される電圧が低下し、飛翔体が通過し終わると、再度受光部にレーザーが照射され、電圧が増加する。この電圧低下点および電圧上昇点の時間差を利用して衝突速度を測定した。

3. 屋根模擬試験体に対する衝突実験

3.1 実験条件

本実験では、飛翔体の質量を2.66kgに固定したため、速度を変化させることで、運動エネルギーを変化させた。このとき、飛翔体の持つ運動エネルギーを衝突エネルギーとし、このエネルギー量に着目して、実験を行った。飛翔体速度は10m/s～100m/sの範囲で行った。

3.2 実験結果

運動エネルギーを変化させた実験より、衝突エネルギー1200J付近が貫通と不貫通の境界となることがわかった。また、比較的衝突エネルギーの小さい場合では、貫通・不貫通にかかわらず、衝突箇所から放射状にしわが観察され、ガルバリウム鋼板全体に変形が生じていた。この時、杉板は衝突した中央の板のみが変形しており、その他の板および垂木に変形は見られなかった。変形した杉板は垂木に沿って破断しており、垂木を支点とした曲げ変形の影響が大きいことがわかった。

一方、衝突エネルギーの大きい場合においては、ガルバリウム鋼板に変形した様子は観察されず、飛翔体との接触面付近のみの局所的なせん断破壊が観察された。杉板は衝突部から破壊が広がっていることがわかった。これらの結果から、杉板とガルバリウム鋼板において、衝突エネルギーによって変形の様相が変化することがわかった。

3.3 屋根模擬試験体の貫通限界

実験結果より、屋根模擬試験体の貫通境界は1200～1500 J 付近と求めることができた。内閣府が定めている「活火山における退避壕等の充実に向けた手引き 参考資料」の中にある様々な噴石のサイズと衝突エネルギーの目安を参考にすると、得られた値は、火山れきの上限である直径64mmの火山れきが100m/sで衝突する際の衝突エネルギーである1700 J に近いことがわかる。本実験での飛翔体との大きさは異なるため、あくまでもエネルギー量から考えた目安となるが、18mmの杉板を使用した木造建築物屋根では、大半の火山れきの貫通を防ぐことが可能であると考えられる。

4. 結言

本研究では、高速投射型衝突破壊実験装置を用いて木造建築物屋根を模擬した試験体に対する衝突実験を行った。このとき、2.66kgの飛翔体、板厚18mm、垂木幅455mmの杉板の屋根を想定して実験を行い、以下のことがわかった。

(1) 18mmの試験体の貫通の境界エネルギーは1200J付近である。

(2) 衝突エネルギーが小さい場合、垂木を支点とした曲げ変形が支配的であるが、衝突エネルギーが大きい場合は衝突部から変形が広がる様相が観察された。

(3) 板厚18mmの試験体は、100m/sで飛んてくる火山れきの大半の貫通を防ぐことができる。

キーワード：噴石、木造建築物屋根、衝突

Keywords: Ballistic block, Wooden buildings roof, Collision

見えない危機を傾斜計グラフで読み解く＝レベル4 段階で避難勧告や花火大会を中止－2015年桜島のマグマ貫入で鹿児島市長

The mayor who confront the crisis of the volcano that did not erupt;
Sakurajima 2015

*中川 和之¹

*Kazuyuki Nakagawa¹

1. 時事通信社解説委員

1. Commentator ,Jiji Press

2015年8月15日、桜島南岳直下に約200万立方メートルのマグマが貫入し、気象庁が噴火警戒レベルを4に上げた。当時は、現象面としては、なにも起きていなかったが、鹿児島市長は、レベル4の段階で一部の地域に避難勧告を出すとともに、一大イベントだった花火大会の中止を決めた。その判断根拠となったのは、気象庁が資料提供した傾斜計のグラフだった。日頃、専門家からマグマの移動を示す傾斜計の変化について説明を受けていた市長が、そのデータの変化の様子から、「最悪、集団移転も考える事態まで想像」し、決断をした。結果的に噴火せず、観光関係者からは非難された。

噴火に至る以前の危機的な状況を、関係者がどのように判断して対応をしたのか、当日の朝から、市長や鹿児島市の防災担当者、研究者、気象庁関係者らのヒヤリングを元に、報告する。

キーワード：桜島、傾斜計、鹿児島市長

Keywords: Sakurajima, Inclinator, Mayor of Kagoshima

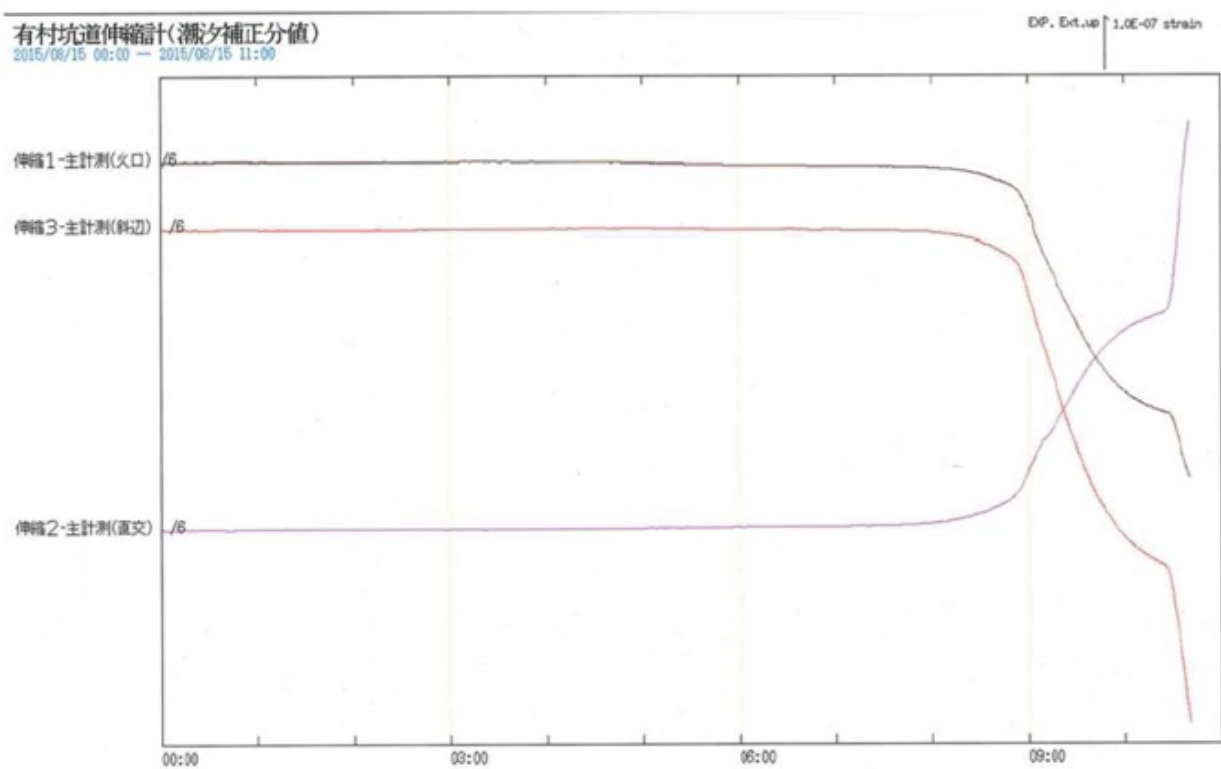


図1 桜島 有村坑道の伸縮計の変化 (2015年8月15日0時~11時)

火山観測用自走式センサー「ほむら」の開発：霧島硫黄山での運用試験と京大における長期間運用試験

Development of mobile sensor for volcanic observation “HOMURA” : operation at Kirishima Iwo-yama and test for a long-term operation at Kyoto University

*金子 克哉¹、岩堀 功大²、伊藤 公一²、鷲 恕太郎³

*Katsuya Kaneko¹, Kodai Iwahori², Koichi Ito², Hirotaro Sagi³

1. 神戸大学大学院理学研究科、2. 京都大学大学院理学研究科、3. 京都大学総合人間学部

1. Graduate School of Science, Kobe University, 2. Graduate School of Science, Kyoto University, 3. Integrated Human Studies, Kyoto University

火山噴火の予兆現象を把握し、火山噴火のダイナミックスの理解を行うためには、火口近傍さらには火口内における諸現象のモニタリングが必須である。現状において、火山活動の静穏時に設置された火口カメラによる監視、火山ガスなどの観測が行われている。一方、活動が活発化している火山において、新たに観測機器を設置しようとしても、危険性のためそれができず、十分な観測体制を持っていない場合もある。これまでに、いくつかのプロジェクトで火山観測用の無人ロボットの開発が試みられてきたが、プロジェクトの終了とともに開発が停止し、実用化に至っていない。本研究では、この現状を打破し、火口内やごく近傍の機動的観測を行う実用的な無人陸上車両型ロボットのシステム「火山観測用自走式センサー『ほむら』」の開発を進めている。今回の発表では、2015年春および2016年春に霧島硫黄山にて行われた1〜2か月間の観測試験、および2016年10月より現在（2017年2月15日）なお継続中の京都大学の建物の屋上で行われている長期観測試験についての結果を報告する。

ほむらが、目指すものは、遠隔地からの無線操縦により、火山フィールドを走行し、人が近づけない活動中の火口近傍や火口内の映像および搭載センサーによる観測データをリアルタイムで操縦局に送信する低コストロボットである。現段階において、我々は、ほむら試作機を製作した。ほむらは、上下対象の構造を持つ6輪の車形状のロボットである。大きさは長さ750 x 幅430 x 高さ310 mm、重さは約12kgである。機体内には、カメラ、GPS、CO₂ガスセンサーなどのセンサー類を収納する。基地局との通信は、Docomo FOMAによる64kbps通信で行う。ほむらを使用しない場合には、遠隔操作より電源を切り、その間の消費電力をきわめて低く抑えることができる。また、任意の時に、遠隔操作により電源を入れ、観測活動を行うことができる。

我々は、立入規制が行われている2014年2月19日〜2015年4月8日（49日間）、および、2016年3月7日〜4月14日（37日間）に霧島硫黄山山頂までほむらを運び、硫黄山火口が見えるようにほむらを設置した。霧島硫黄山は、霧島火山に属し、北側のえびの高原に位置する小火山であり、2014年末以降たびたび火口周辺警報が出され、周辺約1 kmの立ち入りが規制されている。硫黄山山頂周辺では、火口縁の高まりのところでは、えびの高原の観光施設を見通すことができ、FOMA電波が良好であったものの、火口内および低い場所では、FOMA電波状況が不安定であった。そのため、今回は、電波状況が安定している場所にほむらを設置し、ほむらを移動させないことにした。設置の後、京都大学に戻り、大学よりほむらの遠隔操縦を行った。毎日ほむらを起動し、可視画像および内蔵の試験用のセンサー（CO₂および温度計）のデータをリアルタイムで取得することを行った。試験期間中、雨や霧などの悪天候の時もあったが、遠隔操縦に関するトラブルは起こらなかった。

ほむらのさらなる実用的長期運用を目指し、小型の太陽電池を搭載したほむらの安定性の試験を現在行っている。2016年10月10日にほむらを京都大学建物屋上に設置し、6時間ごとに約4分間ほむらを立ち上げ、観測

を行う。現在（2017年2月15日）までの128日間、ほむらを安定して運用することができている。

今回の試験により、長期間でも安定して運用できることが確認された。FOMA電波が利用可能であるということは前提であるが、ほむらは、今回の試験のように、噴火の可能性が高まっている火山に、噴火が起こらないうちに設置し、数か月間にわたり、臨時の観測ポイントとして利用できる。

本活動は2013年度より東京大学地震研究所特定共同研究Bの援助を受けており、ここに謝意を表します。

キーワード：火山観測用ロボット、霧島硫黄山、携帯電話通信

Keywords: Robot for monitoring volcanoes, Kirishima Iwo-yama, communication with cellular phone

阿蘇4火砕流の岩相層厚変化と流動堆積機構

Facies and thickness variations and emplacement mechanism of Aso-4 pyroclastic flow

*宝田 晋治¹、星住 英夫¹

*Shinji Takarada¹, Hideo Hoshizumi¹

1. 産業技術総合研究所活断層・火山研究部門

1. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

火砕流は、高温高速であることが多く、火山体周辺に多大な被害をもたらす。特にカルデラ形成を伴う大規模火砕流は、影響範囲も広く、正確な分布域の把握や、流動堆積機構の解明が重要となってきた。90kaに発生した阿蘇4火砕流は国内最大級の噴火(VEI=7)であり、到達範囲も160km以上に達している。ここでは、阿蘇4火砕流堆積物の層厚や構成物の粒径、岩相変化に基づいた流動堆積機構を議論する。

層厚の変化を明らかにするために、地質図幅、ボーリングデータ、各種文献データ、地形図からの読み取り等によって、3,596地点の層厚データを収集した。溶結した地点については、溶結部の平均密度($1,800\text{kg/m}^3$)と非溶結部の平均密度($1,200\text{kg/m}^3$)から、非溶結としての層厚に換算した。得られた各地点の層厚データを元にクリギング法で内挿し、火砕流堆積物の層厚分布図を作成した。その結果、火砕流堆積物の最大層厚はカルデラ周辺ではなく、北北西42.5km(小国北西)付近、南南西33km(国見岳北部)付近、南東29km(高千穂溪谷)付近に、層厚60m以上の厚い領域が分布することが明らかになった。これらの領域は、比較的狭い峡谷部にあたる。カルデラ近傍ではなく、30~40km離れた峡谷付近に60m以上の厚い堆積物が見られることは、乱流状態で流動層厚数100m以上の火砕流がカルデラ斜面を流れ下り、峡谷付近でその流域のすべての斜面に残された堆積物がより低い領域に集まり、厚い堆積物を形成したと考えるとうまく説明ができる。比較的谷が広い、東部や西部では堆積物の厚さは比較的薄くなっている。

構成物の粒径変化については、阿蘇4火砕流のうち、北西、北側から東側を経て南東側の主に阿蘇4A火砕流を対象とした。これまでに、55箇所の地点で、軽石と岩片の最大粒径を計測した。最大粒径は、露頭毎に軽石と岩片について、10個の長径と短径を測定し、最大と最小を除いた8試料の算術平均を、各地点での最大粒径とした(図)。軽石の最大粒径は、カルデラ近傍ではなく、給源から25~30km離れた地点付近で最大値(47.2cm, 46.2cm)を示した。その後は、70km付近まで単調に減少し、160km離れた山口では、0.4~0.9cmと非常に小さい値を示した。最大粒径は、堆積物の上下方向でも変化が認められ、基底部付近主体部に比べ小さい傾向があった。また、軽石濃集部はマッシュな部分より最大粒径が大きくなる傾向があった。溶結部と非溶結部では、流走距離ごとの軽石の最大粒径に大きな違いは見られない。給源から20kmまでに分布するラグブレッチャ相では、2.3~5.3cmと比較的小さい値を示した。一方、岩片の最大粒径は、給源から10-15km付近のラグブレッチャ相で43cm, 45.6cmと最大を示した。その後、岩片の最大径は次第に減少し、117km離れた地点では0.3cmとかなり小さくなった。給源から南東11km付近の採石場では、層厚15mの阿蘇4火砕流堆積物の下部に、層厚8m以上のラグブレッチャ相が観察できた。ここでは、粒径変化から3枚のユニットに区分され基底は露出していない。構成物は、細粒物に乏しくやや円磨した多量の粗粒岩片(最大70cm)と少量の軽石を含む。ユニット内には、大きな岩片が、層厚20-50cm程度の間隔で横方向に並ぶなどの不明瞭な成層構造が発達する。

ラグブレッチャ相は、給源から約20kmまでに集中するが、これは噴煙柱が高速度で上昇し、周囲からの大気を十分にに取り込めず、カルデラリムの外側付近で不安定になった噴煙柱の一部が崩壊し火砕流として流れ出した際に、まだ非常に乱流度が高い状態で、早期に離脱した比較的粗粒な岩片を含んだ相であると考えられる。細粒物が乏しいことは、堆積時の乱流度が高かったことを示唆する。岩片が円磨されていることは、ラグブレッチャ内の岩片が降下物ではなく、火砕流として流れ、相互作用を受け摩耗してから堆積したと考えることができる。ラグブレッチャ相に大きな岩石が並ぶ不明瞭な成層構造が存在することは、火砕流がフローユニット単位で一度に堆積(mass freezing)しているのではなく、乱流状態の火砕流基底部の境界層付近で、ある

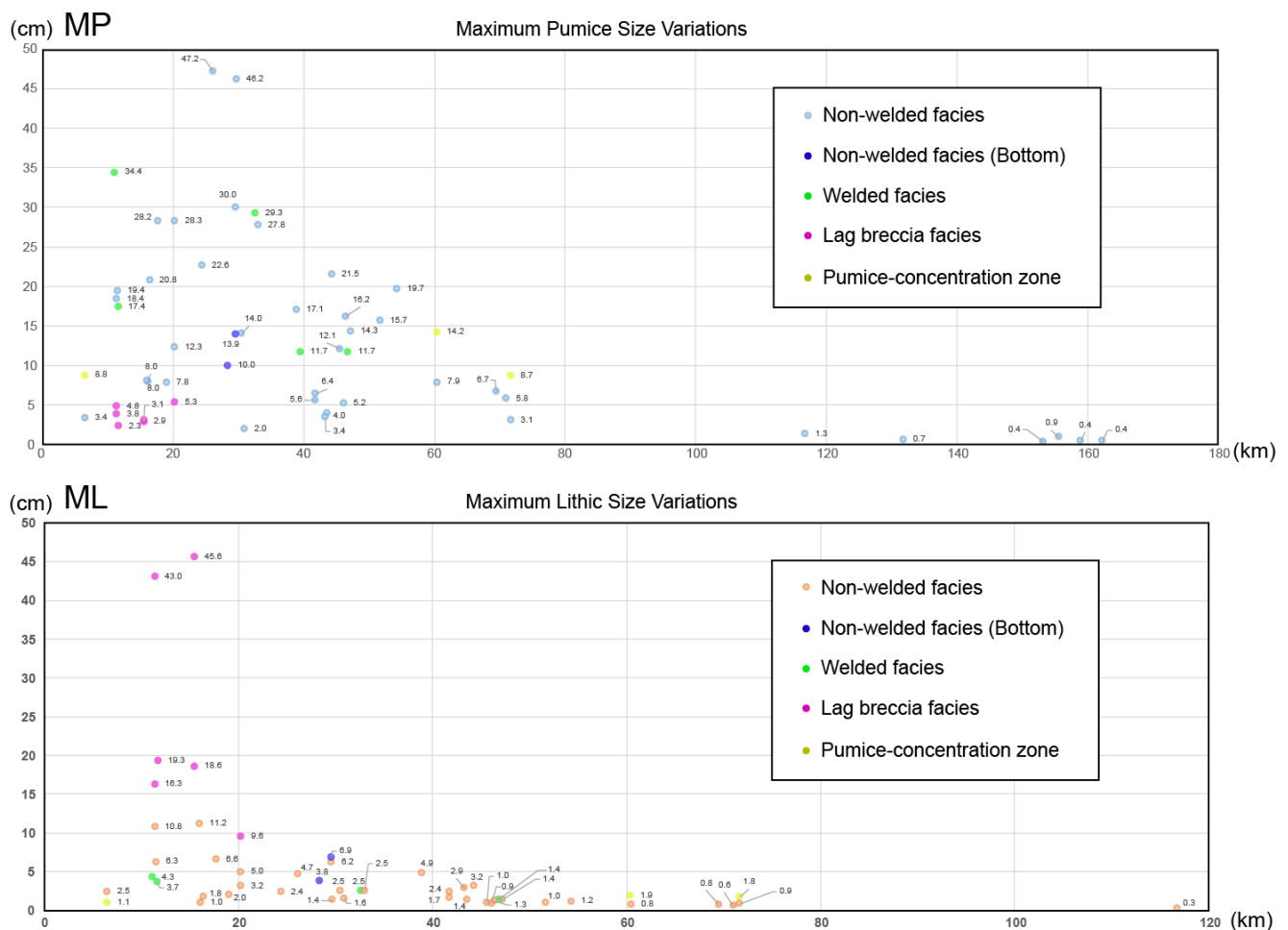
厚さの単位毎に、順次堆積していること（堆積サブユニット; DSU）を示唆している。岩片の並びは、火砕流基底部の比較的低速な境界層付近で、運び切れなくなった岩片が濃集し、基底部付近の速度勾配によって、粒子同士の摩擦や衝突などの相互作用が強まり、比較的大きい岩片が上部に集まって形成されたと考えられる。

軽石の最大粒径は、カルデラ北の小国町や東の竹田市付近で最大となっている。このことの原因として、地形障壁や火砕流流路の地形変換点などにより、斜面を流れ下ってきた火砕流が一時的に滞留し、そこで多量に粗粒な軽石を落とした可能性が高い（軽石や岩片の最大粒径と堆積物の層厚との相関について今後検討を行う予定である）。軽石や岩片の最大粒径が流走距離に応じて順次小さくなることも、乱流状態の流れの基底部から運べなくなった軽石や岩片が、順次定置したことを示唆する。

本研究の成果は、原子力規制庁からの平成27年度及び28年度原子力施設等防災対策等委託費「火山影響評価に係わる技術的知見の整備」として実施したものである。

キーワード：阿蘇4、火砕流、岩相、層厚、流動堆積機構

Keywords: Aso4, Pyroclastic flow, facies, thickness, emplacement mechanism



富士山で発生する融雪泥流・雪崩の発生の特性

Characteristics of lahar and avalanche from snowmelt in Mount Fuji

*小森 次郎¹

*Jiro Komori¹

1. 帝京平成大学

1. Teikyo Heisei University

巨大な独立峰を呈する富士山では、規模の大きな雪崩とそれに引き続く火山泥流が発生し、山麓に被害をもたらしている。スラッシュ雪崩を含むこの雪崩現象は、日本海低気圧の通過に伴う暖気と強雨によって発生することが古くから明らかにされている。また山頂や山麓の気象データから、雪崩発生の気象条件も比較的明瞭であることが既に報告されている。本発表では、雪崩の発生につながるこれらの気圧配置の出現傾向について報告する。さらに、現地調査および防災科学技術研究所の地震計のデータをもとに富士山における雪崩の発生時間および発生位置の傾向について報告する。

キーワード：スラッシュ雪崩、火山泥流、雪代、時間空間的傾向、温帯低気圧、氷板

Keywords: slash avalanche, volcanic mudflow, yukishiro, spatiotemporal trend, extratropical cyclone, ice layer

流紋岩質メルトの発泡実験と溶岩ドーム爆発条件の制約

Vesiculation experiments of rhyolitic melt: constraints on the conditions for lava dome explosions

谷口 瑞帆¹、*吉村 俊平¹

Mizuho Taniguchi¹, *Shumpei Yoshimura¹

1. 北海道大学・地球惑星科学

1. Department of Earth and Planetary Sciences, Hokkaido University

研究背景

溶岩ドームは定置後、突如大爆発を起こし、大規模な火砕流を発生させることがある。例えば1902年のプレ火山、1973年のサンタマリア火山、1991年の雲仙普賢岳の火砕流も溶岩ドームの爆発が原因と考えられている(Ui et al., 1999)。溶岩ドームの爆発は、既に定置した溶岩内部でのガス圧の蓄積がトリガーとなる。すなわち、メルトの高い粘性が気泡の成長を妨げると、気泡内のガス圧は増加し、ガスの過剰圧がメルトの強度を超えることで溶岩が爆発すると考えられる(Sato et al., 1992)。したがって溶岩ドームの爆発の予測を行うには、溶岩の発泡速度を解明しなければならない。これまで流紋岩の発泡速度を求めた実験は行われたが、試料の含水量が非常に低いか(Bagdassarov et al., 1996・Ryan et al., 2015)、または非常に高く(Stevenson et al., 1997)、溶岩ドーム内部には適用しがたいものであった。そこで本研究では溶岩ドーム内部の条件に近い含水量(0.59 wt%)や温度(750~900°C)で加熱発泡実験を行った。そしてその結果を用いて、溶岩ドームの爆発の危険性が低下するまでの時間を予測した。

実験方法

初期含水量0.59 wt%の黒曜石をマッフル炉に入れ、750、800、850、900°Cの4つの温度で15分~95時間加熱発泡させた。試料回収後、画像解析によって発泡度を測定し、その時間変化を調べた。

実験結果

すべての実験温度で、時間とともに発泡度は増加した。発泡速度は初め遅く、あるところで一気に平衡発泡度(すべての水が気体になった場合の発泡度)付近まで増加した。発泡速度は温度に強く依存し、900°Cでは約45分、850°Cでは約4時間、800°Cでは約16時間で平衡発泡度付近に達した。また750°Cでは、95時間の加熱でも平衡発泡度付近には到達しなかった。

考察

発泡度と加熱時間の関係にAvrami方程式を適用し、温度ごとに発泡の速度定数を求めた。

そして速度定数と温度の関係から活性化エネルギーを求めたところ、304 (+/-9) kJ/molであった。この値を、マグマの粘性流動の活性化エネルギー(338 kJ/mol, Giordano et al., 2008)と水の拡散の活性化エネルギー(88 kJ/mol, Zhang et al., 2007)と比較したところ、粘性流動の値と近い。したがって本条件での発泡の律速過程は、マグマの粘性流動だと考えられる。

溶岩ドームへの応用

次にこの結果を溶岩ドームの爆発の予測に応用した。溶岩ドームの爆発の危険性が低下するためには、ガスの過剰圧がこれ以上蓄積しなければよい。ドーム表面は定置後急冷し、発泡の進行が停止するため、ガス圧の蓄積は回避される。一方ドーム内部は冷却するよりも速く発泡が十分に進行するため、ガス圧の蓄積は回避される。中間部分は、緩やかな温度低下と、それに伴う発泡速度の低下が同時に起こるため、発泡の進行は妨げられ、爆発の危険性は最も長時間維持される。そのため、ドーム全体の爆発の危険性が低下するのは、この中間部分のメルトが凍結される、または発泡が十分に進行した時と考えられる。そこで、このことを熱伝導によ

る温度低下と、実験で求めた発泡速度の係を用いてモデル化し、ドーム全体の爆発の危険性が低下するまでの時間を計算した。その結果、初期温度900℃の場合、この時間はおよそ5時間であるが、750℃の場合およそ11日であった。このようにドームの初期温度が低いほど、爆発の危険性は長時間維持されることがわかった。また、上記の考えに基づくと、ドームの地表付近は低発泡度、内部は高発泡度であると考えられる。この考えはパン皮状火山弾の冷却・発泡過程の理解にも有用と考えられる。

キーワード：発泡、溶岩、爆発

Keywords: vesiculation, lava, explosion

浅間山天明噴火降下火山灰粒子の遠方での地質学的認定：千葉県我孫子市における試み

Geological identification of ash-fall particles of the Tenmei eruption of Asama volcano in distant area: An attempt at Abiko, Chiba

*竹内 晋吾¹、上澤 真平¹

*Shingo Takeuchi¹, Shimpei Uesawa¹

1. 一般財団法人 電力中央研究所 地球工学研究所 地圏科学領域

1. Central Research Institute of Electric Power Industry, Civil Engineering Research Laboratory, Geosphere Sciences

火山から遠方の地域に堆積した降下火山灰について、土壌中の粒子の分析により火山灰を認定し、火山灰粒子の粒径などの特性を得るための技術的検討を行っている。一例として、浅間山天明噴火の降下火山灰を対象とした千葉県我孫子市での調査について報告する。

降下火山灰は火山の遠方にまで到達し、人間社会に様々な影響を及ぼす。その影響の大小は堆積量の他、降下火山灰の粒径にも依存する。比較的最近に起こった噴火による降下火山灰は噴火直後の調査により、わずかな堆積量まで計測され、降灰分布などが良く調べられている（例えば及川ほか, 2010, 地質調査研究報告）。一方、百年以上の過去にさかのぼる歴史噴火の場合、層厚の薄い降下火山灰は堆積後の土壌内での物質移動（例えば生物擾乱）などにより地層として残っていない。しかしながら、地表水や風による水平方向の移動が非常に小さい条件であれば、降下火山灰粒子は土壌中に保存されているはずである。土壌中粒子を対象とした場合、降下層準や堆積量の推定は困難を極めるが、降下火山灰の粒径といった特性を得ることは出来ないだろうか？そのためには、土壌中の粒子から特定の噴火の火山灰粒子を認定する方法が必要である。

本研究では浅間山天明噴火の降下火山灰の検出を千葉県我孫子市で試みた。浅間山と我孫子の間には約150kmの距離があるが、降灰主軸が我孫子方向を向いており、天明噴火の際には降下火山灰の被害があったことが古文書から解読されている（例えば中尾, 1986, 手賀沼周辺の水害; 津久井, 2011, 火山）。

調査は電力中央研究所我孫子地区の森林林床内の表土について行った。調査地点付近は下総台地の下総下位面に区分される海成段丘面上にあり、地表から4メートルの深度までローム層が堆積している（杉原, 1970, 地理学評論）。過去の土地利用形態は不明であるが、地図記号で確認できる1927年以降、航空写真で確認できる1947年以降は森林である。林床の地表面から深さ20 cmまでの固く締まった褐色の土壌を検土杖（内径10 mm）により採集した。採集した土壌試料について、水洗の後、過酸化水素水によって有機物を除去し、篩い分けを行った。250 mmで篩い分けられた試料について、実体鏡およびE P M Aにより分析を行った。250 mm粒径の試料の中には、斜長石・カリ長石・石英・カンラン石・斜方輝石・単斜輝石・鉄チタン酸化物といった鉱物に加え、黒色スコリア・茶色ガラス片・透明な火山ガラス片が見られた。斜長石・斜方輝石・単斜輝石には、新鮮な火山ガラスが付着しているものが多く見られた。ガラスの組成分析により、付着ガラスの多くはSiO₂量で66-69%を持つものと70-74%を持つものが見られる。70-74%の組成は、浅間山近傍で採集した浅間山天明噴火の軽石の石基ガラス組成と一致する。またTiO₂-K₂O空間でも両者は一致するため、SiO₂量70-74%の付着ガラスを持つ鉱物は浅間山天明噴火起源の火山灰粒子である可能性が高い。手持ちの試料では確認できていないが、SiO₂量で66-69%を持つガラスの組成は宇井ほか(2002, 火山)で報告されている富士宝永噴火の火山灰のガラスと似た組成を持っている。

以上から、鉱物へのガラス付着組織やガラス組成に基づき、土壌中の浅間山天明噴火起源の火山灰を遠方の土壌から検出し、粒径などに関する地質学的な検討が可能と考えられる。粒径データを古文書の解読による降灰量（津久井, 2011, 火山）と合わせることで、より精密な降灰影響評価につなげていけると期待でき

る。今後の課題としては、現状の検土杖による採集量は、粒径の代表性を考える上で十分かという点が挙げられる。この点に関しては、試料採集量を増やして、検証を行うことが重要である。また、降下火山灰堆積後の再移動の影響が粒径にどれだけ現れるかが不明である。この点に関しては、広域に調査を実施し、広域的な粒径の分布傾向を検討することが一つの方法である。

キーワード：降下火山灰、浅間山、火山ガラス

Keywords: volcanic ash-fall, Asama volcano, volcanic glass

UAV撮影による阿蘇山2016年10月8日噴火の状況把握 3D modeling around Aso crater with SfM of UAV

*千葉 達朗¹、佐々木 寿¹、荒井 健一¹、佐野 実可子¹

*Tatsuro Chiba¹, Hisashi Sasaki¹, Kenichi Arai¹, Mikako Sano¹

1. アジア航測株式会社

1. Asia Air Survey Co., Ltd.

1.はじめに

火山防災にとって、噴火直後の火口付近の状況把握は重要な課題である。しかし、噴火の明らかな終息までは、現地への立ち入り調査や有人航空機による火口上空の飛行もリスクを伴う。そのため、火口から離れた地点からの斜め写真撮影や、高高度からのレーザ計測が行われてきた。しかしながら、高解像度衛星写真は真上から撮影できるが、雲の影響を受けやすいという難点があり、火口付近の詳細な情報を捉えるには不十分であった。これらの問題の解決には、無人航空機（UAV）を使用した、低空からの撮影と3Dモデル作成が有効と考えられる。

2.阿蘇山噴火とUAV撮影

阿蘇山は2016年10月8日未明に噴火をした。噴出された火山灰は上空11000mに到達し、四国方面まで拡散した。噴火後のヘリからの映像からは、火口縁やその周辺に火山弾や降灰、ロープウェイの駅舎の屋根に大きな穴など、噴火前から大きく変わった状況が確認された。

そこで、緊急的に火口周辺2km四方の状況を把握するために、UAVによる撮影を行った。3Dモデルの作成や、被害状況の把握には、地上解像度1cm程度の画像が、一点につき5枚以上必要である。これらの条件を満たすためには、24mmのレンズを装着したフルサイズのCCDをもつ1眼レフで、対地高度は350m以下を保つことが必要であった。UAVのペイロードやバッテリーの持続時間を考慮すると、飛行時間は15分/回となり、火口にできるだけ近い、安全な地点からの離陸が必要である。そこで、火口から1.3kmのロープウェイの下の駅舎前の駐車場を離陸地点として選定した。

しかし、噴火直後に火山噴火警戒レベルは3となり、立ち入り禁止区域になっていたため、阿蘇火山防災会議協議会、京都大学火山研究センター、気象庁と協議の上、特別に入域の許可をいただき、噴火から2ヵ月後の12月8日に撮影を行った。

3.データの処理と判読

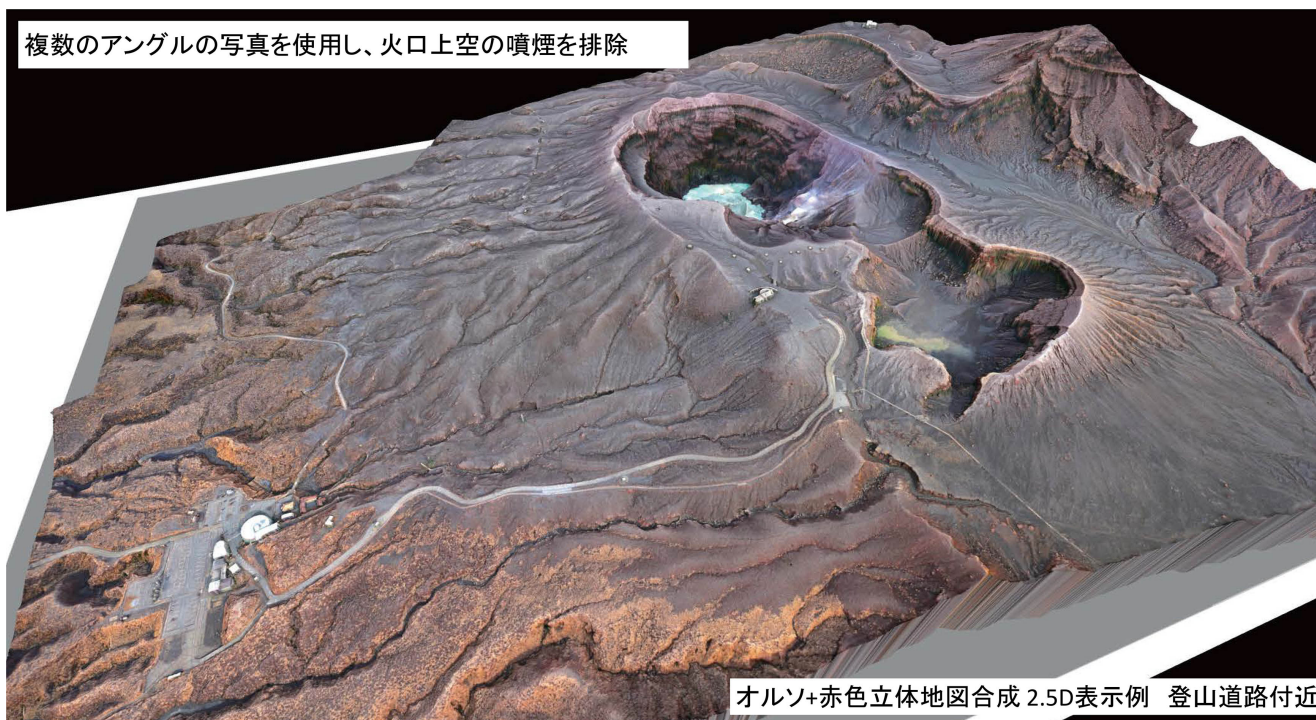
撮影された1000枚以上の写真から、SfM処理によって、3Dモデルを構築した。さらに20cmDSMデータとオルソフォトを作成し、赤色立体地図とあわせて、地形判読をおこなった。火口近傍の谷で、流れの堆積物と思われる、火砕流あるいは泥流のような微地形を確認することが出来た。また、火山弾やその落下時に形成されたクレーターも確認できた。一方、噴火後2ヶ月の間に形成された、ガリー侵食や降下火山灰の2次移動のために、クレーターのうちのいくつかは埋席積されている状況も確認できた。阿蘇山は2015年にも噴火しており、直前の地形との比較による噴出量の計算は、新たなモデル作成が必要で現在作業中である。

4.今後の課題

噴火を認知してから実際の撮影まで、2ヶ月を要した。これは、立ち入りのための関係各機関との協議や飛行申請と許諾等の手続きにかかったことが大きな理由である。あらかじめ、噴火時の緊急撮影のためのルールを定めておくか、危険区域外からも長距離・長時間自律飛行できるような、機体の開発が課題である。本調査は、文部科学省の次世代火山研究・人材育成総合プロジェクトの一環でおこなった。

キーワード：UAV、SfM、阿蘇山

Keywords: UAV, SfM, Aso volcano



雲仙普賢岳災害の教訓－火砕流・火砕サージによる衝撃力と人的被害の関係

The case study of the volcanic disaster on Mt. Unzen and implications for disaster mitigation

*長井 大輔¹

*Daisuke Nagai¹

1. 雲仙岳災害記念館

1. Mt.Unzen disaster memorial hall

雲仙普賢岳の噴火災害から25年が経た。災害の教訓を活かし、今後の防災に繋げることが大切な課題である。本報告は、火山災害の事例として、43名の犠牲の出た平成3年の雲仙普賢岳噴火をテーマに、火砕流・火砕サージによる衝撃力と人的被害の関係について報告する。調査は、当時の被災地、島原市北上木場を中心に実施。当時の空中写真や映像、現地における堆積物の観察、被害家屋の調査、倒木などに残される衝撃痕の調査を行った。本研究で新しく得られた知見は、火砕流の流路における地形の効果が火砕サージの影響範囲に関わりがあり、人的被害にも影響したことが分かった。家屋の被害状況から火砕流・火砕サージの衝撃力を面的に報告した例は少なく、今後の防災上で、重要な研究事例であると考えられる。

キーワード：火山、災害

Keywords: volcano, disaster

噴煙柱の風による曲がり考慮した降下テフラシミュレーションコードの開発

Development of a new tephra fall simulation code considering bending of eruption column under windy condition

*萬年 一剛¹

*Kazutaka Mannen¹

1. 神奈川県温泉地学研究所

1. Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture

現行の降下火山灰のシミュレーションコードは、いずれも火口から垂直に上昇する噴煙柱を仮定している。この仮定はシンプルではあるが、実際の噴煙柱は風の影響を受けて曲がり、その効果は弱い噴煙ほど大きい。このため、どちらかと言えば弱い噴煙を対象としている現行の移流拡散モデルでは、強い風の環境下で発生した噴火における降下火山灰の分布を再現できない。広く利用されている移流拡散モデルに基づく降下テフラシミュレーションコードTephra2もその例外ではない。

最近、風による噴煙柱の曲がり方の定式化が試みられてきている。今回、Woodhouse et al. (2013)に基づき、風の影響を取り入れた改造版Tephra2（仮称Windy Tephra; wt）を開発したので報告する。

Woodhouse et al. (2013)では、風がある環境下で、噴煙中心の座標、噴煙の径、上昇速度、温度などを計算できる。一方、Tephra2では粒度別、噴煙高度別に、地表における分布中心の座標が計算される。wtはWoodhouse et al. (2013)による各高度の噴出中心の座標に、オリジナルのTephra2で計算される落下開始地点を原点とした分布中心の座標を足して、地表における分布中心の座標を求めた。また、Tephra2では地表における粒子の拡がり、噴煙径と落下中の拡散の和として表現されるが、wtではこの噴煙径をWoodhouse et al. (2013)のものにした。

発表では新燃岳2011年噴火を例に、実際の堆積物分布とwtにより計算された堆積物分布の比較検討を行う。

キーワード : Tephra2、弱い噴煙、降下火山灰シミュレーション

Keywords: Tephra2, weak plume, tephra fall simulation

IVHHNの火山灰水溶性成分評価手順書の日本語訳公開

Publication of a Japanese Website on the Protocol for Analysis of Volcanic Ash Leachable Elements

*石峯 康浩¹

*Yasuhiro Ishimine¹

1. 国立保健医療科学院健康危機管理研究部

1. Department of Health Crisis Management, National Institute of Public Health

2013年に改訂された国際火山災害健康リスク評価ネットワーク（International Volcanic Health Hazard Network:IVHHN）による火山灰試料の水溶性成分に関する分析手順書を日本語に翻訳し、IVHHNの日本語版ホームページで公開したことにに関して報告する。噴火で放出されたばかりの火山灰に一定量含まれる水溶性成分には比較的強い毒性がある可能性があるため、火山噴火が起きると、火山灰が人間や動物の健康、飲料水の供給、農作物、土壌、そして地表の水系に与える影響が多く、市民や行政、農業従事者等の大きな懸案事項になる。そのため、緊急時の災害対応の一部として、火山灰の物理化学的な性質と、その毒性について速やかに情報を流すことが望ましい。実際、2016年10月に熊本県の阿蘇山が噴火した際にも、大分県の行政機関等から火山灰が農作物に及ぼす影響に関して、火山専門家らに問い合わせが寄せられている。しかしながら、日本国内では、火山灰の毒性評価に関する標準的な手法に関する情報が乏しいため、他の火山噴火による火山灰と定量的に比較しうるデータベースの構築が進んでいない。このような状況を解消するため、2011年6月に英国で開催されたワークショップに基づき2013年6月に公開されたIVHHNの「水溶性成分による影響評価のための火山灰試料分析の手順書」を日本語に翻訳し、IVHHNの日本語版ホームページ

（<http://www.geocities.jp/ychojp/ivhnh/>）にて公開した。この手順書には、①飲用水の供給や家畜用の飲み水、魚の養殖池、水溶性成分が植物に及ぼす可能性への影響評価に関する‘一般利用目的’の水への溶出に関する分析手順、②家畜が摂食することによる被害の評価方法、③人々が摂食することによる被害の評価方法、④人々が吸引することによる被害の評価方法が含まれている。これらに掲載された国際的に標準化された手法を適用することで、異なる調査どうしでの結果の比較を容易にするとともに比較の精度を上げることが可能になると考えられる。

キーワード：火山灰、水溶性成分、環境評価、分析手順書

Keywords: Volcanic Ash, Leachable Element, Environmental Assessment, Analysis Protocol

新聞における火山リスク報道のテキスト分析

Text mining analysis of newspaper coverage with volcanic disaster risk

*山田 耕¹

*Kou Yamada¹

1. 早稲田大学政治経済学術院

1. Waseda University

Japan has been hit by many deadly volcanic eruptions. Public awareness of volcanic disaster risk and the volcanic risk reduction education are important to strengthen disaster preparedness for effective response. Mass media are one of primary channels in the permeation of expert knowledge to public. Mass media are therefore considered to have large influence on the public understanding of risk, leading to preventing and mitigating harm from volcanic disasters. Transmission of volcanic risk knowledge to public through media coverage is a key component of risk communication. During volcanic crisis, risk related information is frequently released through news media by experts or administrative agencies. Previous studies have paid attention on the risk communication in a short period just after large volcanic disasters. However, risk communication in peace time is also very essential in order to achieve the volcanic disaster reduction and risk awareness of citizen to the higher level and how volcanic risk related issues are framed by mass media in peace time as well as at the time of crisis remains still unsolved.

The Asahi Shimbun, Mainichi Shimbun, and Yomiuri Shimbun were chosen for this study. They are the representative national newspapers in Japan and have a circulation of several million. Almost all news articles published by these newspaper companies have been archived from the 1990s onward. These databases allow us to design the comprehensive research. Although it seems that volcanic risk may be the local problem, damages of volcanic ash widely spread once massive eruption occurs. In addition, an evacuation plan must be supported by not only municipality but also government. Thus, volcanic disaster risk can be a non-negligible national political concern. By examining the national newspaper, one can find which agenda related to volcanic disaster risk typical newspaper media extensively set as the national political concern.

The newspaper articles including two keywords “eruption” and “volcano”, which are published from January 1990 to December 2016, were selected, using these databases. The research methodology is the quantitative text mining analysis with the help of the LDA (Latent Dirichlet Allocation) which is a way of automatically extracting topics that texts potentially contain, on the base of distinctive patterns of lexical density. LDA can divide articles into several sub-groups of objects that share common characteristic and enables to identify volcanic disaster risk related articles. This study will exhibit when they are intensively distributed and what types of issues in the volcanic disaster risk are significantly framed by newspaper media. In this presentation, the feature that newspaper media mainly take up the volcanic hazard topic of Mt. Fuji will be presented.

キーワード：テキストマイニング、火山リスク、メディア、ニュース分析

Keywords: text mining, volcanic risk, mass media, news analysis

富士山における火山防災担当者研修プログラムの試案

Prototype training program of the human resource development for volcanic disaster management officers at Mt Fuji

*吉本 充宏¹、藤井 敏嗣¹、新堀 賢志²、金野 慎²、中田 節也³、井口 正人⁴

*Mitsuhiro Yoshimoto¹, Toshitsugu Fujii¹, Kenji Niihori², Konno Makoto², Setsuya Nakada³, Masato Iguchi⁴

1. 山梨県富士山科学研究所、2. 火山防災推進機構、3. 東京大学地震研究所、4. 京都大学防災研究所

1. Mount Fuji Research Institute, Yamanashi Prefectural Government, 2. Organization of Volcanic Disaster Mitigation, 3. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 4. Sakurajima Volcano Research Center, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

富士山周辺の市町村では、火山防災行政担当者は2～3年で異動する。これらの担当者は、異動当初の数日の引き継ぎのみで、基礎的な知識等については、火山防災パンフレットや短時間の講演会を聴講するのみである。そのため、知識の伝達や対策の継続性がしばしば滞ることがある。これまでも研修会や図上訓練などを実施することにより、火山防災担当者のスキルを向上させる試みは数多く行われているが、効果が上がっていない場合も多い。図上訓練の効果を上げるには、さまざまな個々の火山や火山防災特有の知識を必要とするが、それらを簡単に提供できる仕組みもない。本研究では、行政担当者が、継続的に知識を取得し、共通課題を共有し、地元の火山噴火に的確に対応できる人材育成を目指した研修プログラムを構築することを目的とする。

関係機関へのヒアリングを基に研修プログラム案を作成し、平成29年1月に試験的に研修会を実施した。プログラムの内容は火山噴火や災害の基礎知識、実際の噴火災害対応に関する知識、現行の富士山火山広域避難計画を学び、それらを振り返るための演習（図上訓練）で、実施時間は半日、他の業務と連携して行えるように富士山火山防災会議協議会山梨県コアグループ会議に合わせて開催した。研修会の運営はNPO法人火山防災機構に依頼し、研修会には、オブザーバーを含め50名が参加した。演習としては、「噴火警戒レベルに応じて実施する対策」と題してワールドカフェ形式の図上訓練を行い、最後に全体討論会として班毎の発表と講評、アンケートを実施した。

アンケートの結果、総じて定期的な火山防災研修を望む声が多く、年に1～2回程度実施し、2回の場合は担当者が新規に入れ替わる4月と秋頃に各1回程度、火山防災協議会開催時と同時期に行うのが望ましいとの情報が得られた。開催時間は演習100分程度を含め半日程度が望ましく、内容としては今回実施した内容に加えて「火山防災情報」や「住民等への広報」等の内容が必要とされる。運営面では、別途予算の確保は必要となるが、持続的に実施する場合においては担当者が変わらない民間事業者等の支援を受けることも有効だと考えられる。

本研究は、東京大学地震研究所と京都大学防災研究所の拠点間連携共同研究によって行われたものである。

キーワード：火山災害、防災、研修プログラム

Keywords: Volcanic disaster, disaster management, training program