

## 次世代型リアルタイム火山災害予測システム構築に向けて The next-generation real-time volcano hazard assessment system

宝田 晋治<sup>1\*</sup>  
TAKARADA, Shinji<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>産総研地質調査総合センター

<sup>1</sup>GSI, AIST

火山災害軽減のため、世界中でさまざまな取り組みが行われている。近未来の火山防災システムとして、火山噴火の進行のさまざまな段階で、噴火予測、被害想定、避難等に利用可能な「次世代型リアルタイム火山災害予測システム」の構築が必要とされている。

### 1. 噴火シナリオ

活火山において、過去にどのような経緯をたどって大規模噴火に至ったか、主要な火山噴火の噴火シナリオをとりまとめることが、今後の噴火予測を行う上で重要な基礎データとなる。まず、どのような噴火前兆現象が、いつどこで発生し、どこまで分布したかを明らかにする。特に、大規模噴火が起こる数年前から数ヶ月、数日間の小規模火砕噴火の発生日時、降下テフラの分布、本質物の有無、噴出物の化学組成の変化、各種の地震活動、GPS等の地球物理データなどをできる限り、詳細にとりまとめておく。また、大規模噴火開始後の噴火経緯も詳細にとりまとめておく必要がある。現在、Newhallらのグループは、噴火前兆データベース(WOVodat)の構築を進めている。

噴火記録が残っていない有史以前の噴火については、詳細な地質調査、年代測定等を実施し、各堆積物が、いつどこで噴出し、どの範囲まで分布しているのかを詳細に調査する必要がある。より精度の高い分布図を作成し、個別の噴出量を、統一した手法で再計算する必要がある。各火山の主要噴火の噴出量と年代を精度よく求めることができれば、より精度の高い階段ダイヤグラムを作成でき、確率的噴火予測に利用できる。

### 2. 火山噴火データベース

各噴出物の噴火年代、噴出量、噴火形態をとりまとめた火山噴火データベースは次世代システムの基礎データとなるため、より精度の高いデータベースの構築が必要である。各火山の主要噴火及びそれに伴う小規模噴火の噴火年代、噴出量、分布、化学組成を再度まとめ直す必要がある。現在、世界中の火山噴火データベースをとりまとめ、リスク評価を行うプロジェクト(GVM)が進行中である。数万年以前の大規模噴火については、より小規模な噴火が区別されずにひとまとめにされていることが多いため注意が必要である。各堆積物の分布図等は、GISで取り扱える形式で整備しておくべきである。

### 3. シミュレーション

火山噴火データベースは、過去の噴火実績を示しており、実際の噴火では、噴火地点、噴出量、噴出率、風向き、化学組成、流路の地形の違い等により、過去の実績とは異なった分布を示すことが多い。したがって、各種条件を変化させて数値シミュレーションを行うことで、より精度の高い噴火予測が可能となる。過去の主要な大規模噴火については、火砕流、火砕サージ、岩屑なだれ、溶岩流、降下テフラ、弾道物、火山泥流について各種のシミュレーションを予め実施しておき、各地域のリスク評価を行っておくべきである。高精度なシミュレーションの実行には時間がかかるため、予め代表的な場合のシミュレーション結果を求めておくと、噴火時により迅速な対応ができる。

現在、世界的には、Energy cone, LaharZ, PDAC, Titan2D, VolcFlow等の各種のシミュレーションが火山重力流の評価に用いられている。これらのメリットデメリット等を把握した上で、目的に応じた適切なシミュレーションを行う必要がある。GEO Grid 火山重力流シミュレーションやV-Hubでは、オンラインシミュレーションシステムを提供している(宝田ほか, 2011)。

### 4. 火山災害予測システム

活火山の過去の噴火シナリオ、火山噴火データベース、各種シミュレーションを統合化し、次世代型リアルタイム火山防災予測システムを構築する。まず、日本の活火山において、噴火過程を詳細に再現できるシステムを構築する。各噴出物の分布域、噴出量等を、タイムラインの移動により、GISで容易に取り出せるようなシステムとし、また過去の火山噴火データベースから、比較的類似した噴火シナリオを検索し、今後の噴火推移予測に利用可能なシステムとする。

次に、シミュレーション技術により、噴火地点、噴火形態、噴出量、噴出率、風向きを変動させて、何分後にどの範囲まで火砕流や降下テフラ等の噴出物の影響が及ぶかを図示できるシステムが必要となる。そのシステムは、GISを用いて、ある噴火現象に対して、既存の主要道路や家屋、避難所等の情報と重ね合わせて演算することにより、何分後にどの地点がどの程度の被害を受けるか、リアルタイムにリスク評価ができることが望ましい。主要な噴火について、シミュ

# Japan Geoscience Union Meeting 2012

(May 20-25 2012 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2012. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SVC51-01

会場:102B

時間:5月21日 15:30-15:45

レーションをくり返し、予め火山周辺地域の個別の火山噴火現象の確率的火山噴火予測図を作成することも必要である。火山防災予測システムは、オンラインで全世界中の火山のリアルタイム評価ができるシステムとして構築すべきである。

キーワード: 火山災害, リアルタイム, 次世代, 噴火シナリオ, 火山噴火データベース, シミュレーション

Keywords: volcanic hazard, real-time, next-generation, volcanic eruption scenario, volcano eruption database, simulation

## 火山防災シミュレーション技術の現状と課題 Overview of numerical simulations for volcanic disaster management.

伊藤 英之<sup>1\*</sup>

ITOH, Hideyuki<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 岩手県立大学総合政策学部

<sup>1</sup>Iwate Prefectural University

ハザードマップや各種防災計画立案には、数値シミュレーションが欠かせない。近年では平常時のハザードマップ作成のみならず、時間とともに推移する噴火現象に体操するためのリアルタイムハザードマップシステムの提案も行われている。一方で、シミュレーション実行の上で最も基本的である噴火シナリオやパラメータ設定に関する検討やモデルそのものの問題など解決すべき問題も山積している。

### (1) 流れ現象モデル

現在、実用化されている災害予測モデルは、Yamashita and Miyamoto(1991)を基本としている。Yamashita and Miyamoto(1991)では、溶岩流、火砕流などの流れ現象のレオロジーを考慮して、溶岩流の場合にはビンガム流体モデルを、火砕流の場合には乾燥粒子流モデルを適用し、その挙動を力学的に説明している。一方、運動方程式や体積の連続式は溶岩流、火砕流、泥石流・土石流まですべて水の体積保存則で説明しており、必ずしも現象に適した方程式を検討しているとは言い難い。また、モデル自体も20年以上の時間経過を経ており、計算手法やモデルそのものの見直しが望まれる。しかしながら目的を明確にし、適切な噴火シナリオに基づいていけば、防災計画立案やハザードマッピングには耐えうるものと考えられる。

### (2) 噴火シナリオ

シミュレーション計算結果を大きく左右するものに、時間-流量供給曲線(ハイドログラフ)がある。ハイドログラフは噴火継続時間、すなわち噴火シナリオに大きく依存する。従来の検討では、コンピュータの性能にも依存していたため、数100万m<sup>3</sup>程度の火砕物量を与えるのに90分以上の時間を与えていた。従って計算結果、特に到達時間に大きな問題があった。これは溶岩流などその他の現象についても同様であった。しかしながら、コンピュータの制約がほぼ解消された現在においても、すでに公表されたハザードマップ等でも不適切な条件設定の結果と思える計算結果が散見される。これは多くの場合、噴火シナリオの策定に問題があるものと考えられる。

現在実用化されている災害予測モデルは、検討されてから20年もの時間経過を経ているものの、適切な噴火シナリオとそれに付随する適切な条件を与えることができれば、現状でも使用に耐えうるものと考えられる。問題は適切な噴火シナリオを設定できる技術者の質の確保であろう。

キーワード: 火山防災, ハザードマップ, 数値シミュレーション, シナリオ

Keywords: disaster prevention, hazard map, numerical simulation, scenario

## 火山学における航空レーザ測量の現状と課題 Overview of airborne laser scanner(lidar) for volcanology

佐々木 寿<sup>1\*</sup>

SASAKI, Hisashi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 国際航業株式会社

<sup>1</sup> Kokusai Kogyo Co., Ltd.

火山噴火によって生じる地形変化を正確に把握することは、火山防災を考える上で重要である。わが国では2000年以降、航空レーザ測量の普及が進み、メッシュサイズ1mという高分解能の数値標高モデル(DEM)が入手できるようになった。本発表では、2000年以降に発表されたわが国の研究事例をレビューし、航空レーザ測量がもたらした新しい知見や手法の共有化を行うとともに、今後の課題について述べる。

わが国で航空レーザ測量が注目されたのは、有珠山2000年噴火であった。有珠山の2000年噴火では、噴火前と噴火後のDEMから溶岩ドームの隆起量を詳細に把握することができた(仲野ほか, 2001)。その後、全国各地で航空レーザ測量が実施されるようになった。細密なDEMが得られることから、赤色立体地図(千葉・鈴木, 2004)やELSAMAP(佐々木・向山, 2009)などの新しい地形表現方法が開発された。赤色立体画像は陰影図や等高線の欠点を克服した表現方法であり、富士山ハザードマップに関する調査で使用され、火口や溶岩流について新しい知見が得られた(千葉ほか, 2007)。佐々木・小林(2007)はELSAMAPを用いて、大正溶岩の詳細なユニット区分を行った。一方、地球物理学的な研究事例として阿蘇と桜島の事例が挙げられる。Terada et al.(2008)は、1mDEMを用いて阿蘇中岳火口をモデル化し、湖水変動量を定量的に見積った。Yokoo et al.(2009)は桜島南岳で発生する空振解析の基礎データとして活用した。いずれの場合も、既存の地形図・DEMは作成時期が古く、現在の地形とは大きく異なっているため、使用できないことが課題であった。航空レーザ測量を用いることで、現在の地形を反映した詳細な地形モデルを作成できたため、より詳細な解析が実現できたと考えられる。

火山噴火時には溶岩流出や地殻変動で、地形が大きく変化することが考えられる。そのため、火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドライン(国土交通省砂防部, 2007)では、火山噴火時の緊急調査として「レーザー地形計測や人工衛星データなどによる地形変化の把握など」と記述されている。しかし、新燃岳2011年噴火では、噴火直後の航空レーザ測量は実施できず、斜め写真測量による溶岩体積の推定(佐々木ほか, 2011)や、山頂の一部を高高度レーザ測量(千葉・井上, 2011)により計測された。したがって、火山活動が活発な状態が継続すると、航空レーザ測量が実施できないケースも考えられ、斜め写真測量や合成開口レーダなど他の手段の検討も必要であろう。

現在、全国の活火山のほとんどで航空レーザ測量が実施され、細密なDEMを用いた研究の進展が期待される。しかしながら、データの普及や流通は十分であるとは言いがたく、データの共有化が今後の課題となる。

### [引用文献]

- 千葉達朗・鈴木雄介(2004) 応用測量論文集, 15, 81-89.  
千葉達朗・富田陽子・鈴木雄介・荒井健一・藤井紀綱・宮地直道・小泉市朗・中島幸信(2007) 荒牧重雄, 藤井敏嗣, 中田節也, 宮地直道 編, 富士火山, 山梨県環境科学研究所, 349-363.  
千葉達朗・井上武士(2011) 日本地球惑星科学連合2011年大会講演要旨, SVC070-P26.  
国土交通省砂防部(2007) 火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドライン, 42p.  
仲野公章・清水孝一・山越隆雄・葛西勝栄・中村 剛・秋山幸秀・高貫潤一(2001) 砂防学会誌, 53, 6, 88-94.  
Terada A., Hashimoto, T., Kagiya, T. and Sasaki, H. (2008) Earth Planets Space, 60, 705-710.  
佐々木寿・磯部浩平・本間信一・阪上雅之・向山 栄・中田節也・小林哲夫・村上 亮(2011) 日本火山学会講演予稿集, p.13.  
佐々木寿・小林哲夫(2007) 日本火山学会講演予稿集, p.105.  
佐々木寿・向山 栄(2009) 応用地質, 49, 6, 318-330.  
Yokoo, A., Tameguri, T. and Iguchi, M. (2009) Bull. Volcanol., 71, 619-630.

キーワード: 航空レーザ測量, 活火山, 地形解析, モデル化, 防災, 災害調査

Keywords: lidar, active volcano, terrain analysis, modelization, disaster prevention, disaster investigation

## 精密赤色立体地図 3D 模型とアナログモデル実験によるリアルタイム火山災害予測 Real time volcano hazard assessment by precise terrain model and experiments with shampoo

千葉 達朗<sup>1\*</sup>, 荒井 健一<sup>1</sup>, 岸本 博志<sup>1</sup>, 廣谷 志穂<sup>1</sup>, 鈴木 雄介<sup>2</sup>

CHIBA, Tatsuro<sup>1\*</sup>, ARAI, Kenichi<sup>1</sup>, KISHIMOTO, Hiroshi<sup>1</sup>, HIROTANI, Shiho<sup>1</sup>, SUZUKI, Yusuke<sup>2</sup>

<sup>1</sup> アジア航測株式会社, <sup>2</sup> 伊豆半島ジオパーク推進協議会事務局

<sup>1</sup> Asia Air Survey co., Ltd., <sup>2</sup> Izu Peninsula Geopark Promotion Council

火山災害は、噴火の際に火口から放出される様々な物質が、到達する範囲に、人間の社会活動が営まれているときに発生する。影響範囲には居住せず、社会的に重要なインフラを構築しないことが、究極の火山防災である。しかしながら、火山噴火の発生頻度は低く、火山周辺では様々な土地利用が進んでいるために、噴火が発生した場合には、緊急的な避難が必要となる。適切な避難行動を行うためには、噴火開始の早い段階で、(1) 火口の位置、(2) 噴火の種類、(3) 噴火の規模(噴出率)をもとに、到達範囲を予想し、避難計画を立案する「リアルタイム火山災害予測」の実現が強く望まれる。

しかしながら、リアルタイムすなわち短時間にシミュレーション計算を行うには、高度な計算能力を持つハードウェアとコストがかかる。特に、玄武岩質溶岩流は微地形によって流下方向が大きく変化するために、精密な地形モデルによる計算が必要となる。噴火中の火山近傍では、そのようなインフラの構築はなかなか困難であると考えられる。

そこで、森ほか(2009)では、伊豆大島の精密地形模型を作成し、模型上での液体を使用したアナログモデル実験を検討した。航空レーザ計測による詳細 DEM をもとに硬質ポリウレタン樹脂を切削加工、その表面に赤色立体地図を 3D インクジェットプリンターで印刷した地形模型を作成し、その上で、様々な液体を流下させ、最も溶岩流に近いものを選び出した。

本システムは、噴火が発生した際に、火口の位置さえ明らかになれば、溶岩流に模した、リンスインシャンプーの 50% 水割りを流下させることで、直ちにおおまかな影響範囲を検討することが可能である。実験結果は、あらゆる方向から立体的に動的に観察可能である。3DCG 作成にかかる時間やコストを考えると、桁違いに安価で高速なシステムである。また、紙で拭き取ることで、何度でも繰り返し実験することができる。火口の位置を変更したり、流出率を変化させることも容易である。また、このモデル実験には、電力を一切使用しないため、全電力喪失という想定外の事態でも使用可能である。

発表では、その後の問題点や改良点についても紹介する。

参考文献

森洋・岸本博志・鈴木雄介・千葉達朗(2009) 伊豆大島火山, 精密地形模型を用いた影響範囲予測のための擬似溶岩流・土石流の流下実験, 日本火山学会講演予稿集, p168.

キーワード: 火山災害, ハザードマップ, シミュレーション, アナログモデル実験, 赤色立体地図, レーザ計測

Keywords: volcanic hazard, hazard map, simulation, analog model experiments, red relief image map, LiDAR

## 噴火の確率・統計評価：Brownian Passage-Time モデルの三宅島噴火への適用 A Brownian Passage-TIME model for recurrent volcanic eruptions: An application to Miyakejima volcano

アレキサンダー・ガルシア<sup>1</sup>, 藤田 英輔<sup>2\*</sup>, ワーナー・マルゾッチ<sup>1</sup>  
Alexander Garcia<sup>1</sup>, FUJITA, Eisuke<sup>2\*</sup>, Warner Marzocchi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> イタリア国立地震学・火山学研究所, <sup>2</sup> 防災科学技術研究所  
<sup>1</sup>INGV, <sup>2</sup>NIED

### 1. はじめに

火山活動について、長期的・短期的視点から評価を行うため、確率的・統計的手法の適用を検討する。火山が噴火に至るには、地下のマグマ供給システムへのマグマの蓄積、発泡の促進などによる不安定状態への移行、さらに閾値を超えて噴火に至るといったプロセスが考えられるが、その周期性について定量的な評価を試み、物理メカニズムを検討するうえでの条件を明らかにするものである。

### 2. 三宅島の噴火履歴と評価対象の決定

解析の対象として、長期的評価の視点から比較的噴火の発生頻度が高く、記載も多くされている三宅島噴火を選択した。短期的評価については、2000年三宅島噴火の際に発生した地震系列を取り扱うが本講演では前者のみ発表する。

三宅島では8000年前から2000年噴火まで計29回の噴火発生が報告されている(Nakada et al., 2005; Tsukui and Suzuki, 1993; Smithsonian Institution)。しかし特に古い年代のイベントについては精度が悪いため、すべてを統一的に評価を行うのは困難である。このため、Kolmogorov-Smirnov法を用いて、噴火年代と積算噴出量の関係の変曲点を求め、1469年の噴火以降の13回の噴火を扱うこととした。

### 3. 統計モデルの適用

上記で対象とした13回の噴火の時間間隔及び噴火規模についての統計的性質を抽出するため、まず、Poisson過程、Time-predictable model(TPM), Size-predictable model(SPM)への適合度を求めた。噴火の時間間隔について、Poisson過程であればランダムな分布となるが、三宅島の場合、 $\approx 0.51$ (は時間間隔の平均値と分散の比)となり、Poisson分布ではなく規則性があることが確認された。また、TPM, SPMのいずれもモデルとして不適切であることが確認された。

このほか、確率分布関数として、Double exponential, Weibull, Lognormal, Gamma, Brownian Passage-Timeそれぞれについて適用し評価を行った。Maximum likelihoodとAICが最小となるのはBrownian Passage-Time分布となりこのモデルが最適であることがわかった。

### 4. Brownian Passage-Time モデル

三宅島の噴火履歴について最適なモデルと選択されたBrownian Passage-timeモデルは、Matthews(2002)やEllsworth et al.(1999)など、地震の発生サイクルの統計モデルとしても提唱されており、火山噴火の周期性を前提とする。状態を記述する関数は、一定レートで負荷を加える成分と、ある分散値を持ちランダムに変動する成分の和として表現される。この状態関数がある閾値を超えた段階で噴火が発生するものとする。三宅島噴火の時間間隔について本関数を推定することにより、Brownian Passage-timeモデルのパラメータを決めることにより噴火の確率分布関数を求めた。これに基づき、将来の噴火可能性の確率を表現することが可能である(図1)。

キーワード: 噴火予知, 確率モデル, ブラウニアンモデル, 三宅島, 周期性

Keywords: volcanic eruption prediction, probabilistic models, Brownian-passage time model, Miyakejima volcano, periodicity

## MODIS データを用いた火山・溶岩活動の検知に関する研究 Volcanic activity and lava activity detection using MODIS data

堤 梨花<sup>1\*</sup>, 服部 克巳<sup>1</sup>  
TSUTSUMI, Rika<sup>1\*</sup>, HATTORI, Katsumi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 千葉大学大学院理学研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Science, Chiba University

世界には多くの火山が存在するが、その全てを連続監視することは多くのコストを要するため困難である。一方、火山活動は温度上昇を伴うという点と、衛星によるリモートセンシングでは広範囲の地表面温度の監視が可能ということ踏まえ、衛星データを使用することで、効率的に多くの火山を連続監視することができる。

よって、我々は衛星データによって火山活動（特に人命に関わる甚大な被害を及ぼす溶岩活動）に関連する温度異常を検知するアルゴリズムを構築することを本研究の目的としている。また、本研究で用いたアルゴリズムでは雲の除去を行うことが極めて重要となる。本報告では雲の除去を正確に行うことで、より精度の高い解析を目指した。熱帯域や温帯域の火山（インドネシア・メラピ火山や新燃岳）に開発したアルゴリズムを適用したところ、雲による溶岩活動の誤認識を大幅に減ずることができた。詳細は講演時に報告する。

キーワード: MODIS, 地表面温度異常, 火山・溶岩活動, 雲除去, 新燃岳, メラピ

Keywords: MODIS, surface temperature, volcanic and lava activity, Cloud detection, Mt. Shinmoedake, Mt. Merapi

## 桜島火山の昭和火口から発生する可能性がある溶岩流の分布を簡易型数値モデルで推定する試み

An attempt of estimating a possible lava flow distribution from Sakurajima Showa crater with a simple numerical model

石峯 康浩<sup>1\*</sup>

ISHIMINE, Yasuhiro<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 理化学研究所次世代計算科学研究開発プログラム

<sup>1</sup>RIKEN Computational Science Research Program

I will present a preliminary result of lava flow simulations conducted with a newly developed simple kinematic model discretized in a finite difference scheme. I estimated the distribution of a lava flow originated from Showa crater of Sakurajima Volcano because the volcanic activities at the crater have been significantly increased in these years.

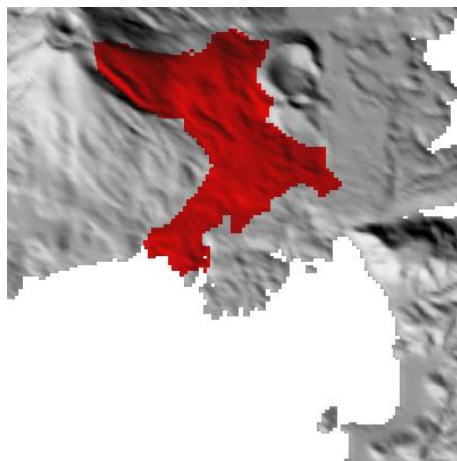
The spreading speeds of lava flows are assumed to be directly proportional to the gradient of the topography including the effect of the depth of lava flows. The calculation domain is dynamically varied depending on the lava flow distribution to save computational time. The topography is described with a 50 m grid digital map of Sakurajima area published by Geospatial Information Authority of Japan.

The numerical results indicate that the distribution of lava flow that may be generated in near future is similar to the distribution of lava flow during the eruption in 1946 except that the simulation does not generate the lava flow that reaches Kurokami area through a valley between Mt. Nabeyama and Mt. Gongenyama as shown in Figure.

Such a simple numerical model may be helpful for the civil defense officials during volcanic crises although it should be carefully validated by comparing its results with observational data obtained during actual eruptions and simulation results obtained from more sophisticated numerical models.

キーワード: 溶岩流, シミュレーション, 桜島, 昭和火口

Keywords: lava flow, simulation, Sakurajima, Showa crater





## 降灰後の土石流による被害想定範囲を速やかに推定する手法の開発 Quick analysis system for debris flow hazard area after volcanic eruption

山越 隆雄<sup>1\*</sup>, 木佐 洋志<sup>1</sup>, 清水 武志<sup>1</sup>, 石塚 忠範<sup>1</sup>, 内田 太郎<sup>2</sup>

YAMAKOSHI, Takao<sup>1\*</sup>, Hiroshi KISA<sup>1</sup>, Takeshi SHIMIZU<sup>1</sup>, Tadaanori ISHIZUKA<sup>1</sup>, Taro UCHIDA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(独)土木研究所, <sup>2</sup>国土技術政策総合研究所

<sup>1</sup>PWRI, <sup>2</sup>NILIM

火山が噴火して、周囲の溪流の流域に火山灰等の細粒の火砕物が堆積すると、地表面の浸透能が低下する等の理由により、斜面の侵食が進みやすくなり、その後の降雨によって土石流が発生しやすくなる。一般に、流域の急こう配な領域が一定程度火山灰で覆われると、その傾向が顕著になることが知られている。土石流による二次災害を防ぐためには、降灰範囲を把握し、火山灰による被覆率の大きい溪流において、土石流が発生した場合に被害が想定される影響範囲を速やかに推定することが重要である。発表者らは、火山灰の堆積状況を踏まえて土石流ハイドログラフを推定し、下流においては、その土石流の氾濫範囲を二次元氾濫シミュレーションによって簡易に推定する手法を開発した。本来、数値計算には、数多くのパラメータを設定する必要がある。しかし、計測が可能かつ計算結果への影響度の大きいパラメータを厳選することによって、速やかに結果が得られるようにした。この手法は、2011年1月の霧島山(新燃岳)噴火時にも活用された。調査開始から約1週間で降灰範囲に含まれる35の溪流全てにおいて土石流による被害想定範囲を推定することができた。

キーワード: 降灰後の土石流, 2次元氾濫シミュレーション, 2011年霧島山(新燃岳)噴火

Keywords: Post eruption debris flow, 2 dimensional debris flow inundation simulation, The 2011 Mount Kirishima Eruption

## 監視カメラとDEMを利用した降灰範囲等の早期把握

### The single image photogrammetry system of using CCTV-camera and Digital elevation model

荒井 健一<sup>1\*</sup>, 藤巻 重則<sup>1</sup>, 岸本 博志<sup>1</sup>

ARAI, Kenichi<sup>1\*</sup>, FUJIMAKI, Shigenori<sup>1</sup>, KISHIMOTO, Hiroshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> アジア航測株式会社

<sup>1</sup> Asia Air Survey Co.,LTD.

#### 1. はじめに

監視カメラは、火山噴火時の情報把握手段として重要な役割を担っている。しかし、現在整備されているカメラシステムの多くは、映像を閲覧することしか使用されていない。いっぽう、噴火影響やその後の対策を決定するために必要な位置情報を得るには、目視判読により地図上に転写する以外に方法がなく、客観性が不足している。今回、新たな火口出現位置、火砕流や降灰到達範囲や面積、噴石到達距離などの位置情報を、早期に監視カメラの映像から取得するシステムを開発し、実用段階に入ったので紹介する。

#### 2. 数値地形データと写真測量原理の活用

本システムは、噴石の落下地点や火口からの距離、火砕流の流下面積、降灰範囲の位置座標を予め標定済の監視カメラ画角と数値地形データを利用して、写真測量の原理を用いて計測するものである(図1)。画面上で点や図形を描き、GISで使用できるファイル形式で保存できる。このため、過去に保存したGISの図形データとの重ね表示により、火口や溶岩ドームなど地形の成長、土石流や火砕流の到達範囲などの経時変化解析に有効である。

#### 3. 標定作業の簡便化と斜め写真からのオルソ化

噴火時には予め標定してあったカメラが使用できなくなることも想定しておく必要がある。そこで、本来は現地調査を伴う標定作業を簡略化し、事前に準備できる数値地形データと計測したい画像さえあれば実行できる標定解析手法を設定した。

この手法は、仮想空間内に再現した三次元モデルと写真内の地物形状を照合(以下、形状照合)することにより、カメラ位置姿勢と焦点距離、レンズ歪み係数の数値を推定するものである。推定した数値を用いて、地形情報(DEM/DSM)とテクスチャー画像(航空写真や衛星画像など)から正規化した画像を作成できる。図2は、2011年の新燃岳噴火際に飛行禁止区域から民生用のデジタルカメラで撮影した写真である。この画像と予め作成しておいた三次元モデル(図3)を同じ画角に表示調整することにより、画像に位置情報を与えるものである。1枚の写真を計測可能な精度まで調整するのに、Exif形式で格納されている緯度、経度、高さ情報を使用した場合では5分程度、使用しない場合でも1時間以内には作業を完了して、オルソ化できる(図4)。例えば、目視による降灰範囲を平面図上に図示する手段として、複数の異なるアングルの斜め写真を利用し、複数の計測結果を組み合わせることで、信頼性の高い降灰範囲図を迅速に作成した(図5)。

#### 4. まとめ

数値地形データを有効活用し、画面上で座標値の特定や鳥瞰図作成、距離や面積の計測などを簡単に行うシステムが実用段階に入った。また、斜め写真を利用して簡便に客観性ある計測することが出来るようになったため、活用場面が広がった。

注意点として、斜め写真の計測精度は、対象物撮影距離や角度によって大きく変化するので、1枚の写真誤差を平均値やRMSなど特定の数値で表現するのは適さない。また、単写真計測の原理上、立体的な地形変動については対応できない点に留意する必要がある。実際の運用には、必要な計測精度に合わせて使用する三次元モデルの空間解像度やカメラ撮影について事前検討しておくことが望ましい。

2011年1月末時点の新燃岳噴火時には、残念ながら本システムは開発途中であり、初動対応に役立てることができなかった。しかし、今後の噴火発生時には噴火影響範囲等を早期に、安全かつ正確に図示する手段として適用できて、減災や噴出物分布の早期把握に役立てられるものと期待する。

キーワード: 監視カメラ, 斜め写真, オルソ, 数値地形モデル, 降灰範囲, 単写真計測

Keywords: CCTV camera, Oblique airborne image, Ortho photo, DEM(Digital Elevation Model), Ash fall area, Single image photogrammetry

SVC51-P04

会場:コンベンションホール

時間:5月21日 17:15-18:15

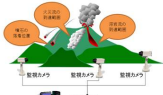


図1: LISA衛星の軌道と観測原理の概略図



図2: 衛星から撮影された山脈の衛星画像

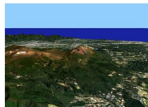


図3: 衛星から撮影された海岸線の衛星画像



図4: LISA衛星を使って撮った山脈の衛星画像

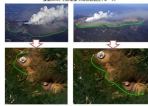


図5: 衛星から撮影された海岸線の衛星画像

## 改良版 Tephra2 による伊豆大島 1986 年 B 噴火の給源モデリング

### Particle source modeling using modified Tephra2; an application using Izu-Oshima 1986 eruption

萬年 一剛<sup>1\*</sup>

MANNEN, Kazutaka<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 神奈川県温泉地学研究所

<sup>1</sup> Hot Springs Research Institute

降下火山灰が噴煙のどこからどれだけ放出されているかという問題(ここでは「給源モデル」と呼ぶ)は、降灰予測を高精度化する上で必要なだけでなく、純粋に火山学的にも大きな課題である。Bursik et al.(1992)に代表される重力流モデルでは、粒子が、側方に拡大する傘型領域の底部から放出されると仮定している。一方、Suzuki (1985)以来、数多提案されている移流拡散モデルでは、粒子が垂直に伸びる噴煙柱から放出されると仮定している。

本研究では、移流拡散モデルである Tephra2 のコードを改良して傘型領域を表現できるようにした上で、粒子が噴煙のどこからどれだけ放出されているかを伊豆大島 1986 年噴火について、観測を最も説明する給源モデルを探索している。給源モデルの探索は、大気中の拡散係数を固定した上で、傘型領域の大きさを示す  $\sigma$ -p、傘型領域の高さを示す plume ratio、および粒子放出の垂直方向の変化を示す鈴木パラメーター ( $A$  および  $\lambda$ ) を変化させ、観測と計算の残差が最も少ない組み合わせを探すことによって行われている。

これまでのところの成果は以下の通りである。まず、噴煙の高度は 12km 前後が最適で、これは実際の観測と調和的である。一方で粒子の放出は傘型領域のものは少なく、噴煙柱からの放出がないと説明がつかない。また、噴煙柱の特徴的な径は 1000m 以上あることが計算から示唆されたが、これはこの噴火が長さ 1km を超える割れ目噴火であったことと調和的である。

キーワード: 噴煙柱, 伊豆大島, テフラ, 降下火山灰

Keywords: eruption column, Izu-Oshima, tephra, ash fall