

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^{1*}
TAKARADA, Shinji^{1*}

¹産総研地質調査総合センター

¹GSI, 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^{1*}

ITOH, Hideyuki^{1*}

¹ 岩手県立大学総合政策学部

¹Iwate 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m³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^{1*}

SASAKI, Hisashi^{1*}

¹ 国際航業株式会社

¹ 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^{1*}, 荒井 健一¹, 岸本 博志¹, 廣谷 志穂¹, 鈴木 雄介²

CHIBA, Tatsuro^{1*}, ARAI, Kenichi¹, KISHIMOTO, Hiroshi¹, HIROTANI, Shiho¹, SUZUKI, Yusuke²

¹ アジア航測株式会社, ² 伊豆半島ジオパーク推進協議会事務局

¹ Asia Air Survey co., Ltd., ² 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¹, 藤田 英輔^{2*}, ワーナー・マルゾッチ¹
Alexander Garcia¹, FUJITA, Eisuke^{2*}, Warner Marzocchi¹

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

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、 ≈ 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