

# リアルタイム ハザードマップ作成 システムについて

吉田 真也

よしだ しんや

(財)砂防・地すべり技術センター 総合防災部 技術課長代理

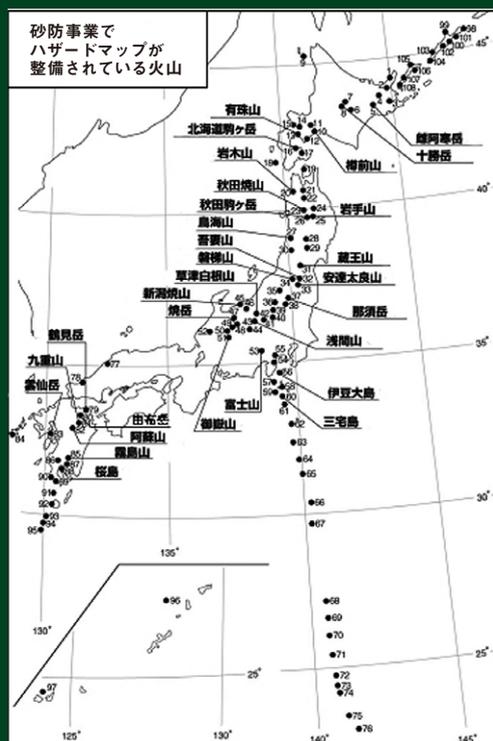


図-1 火山ハザードマップが整備されている火山

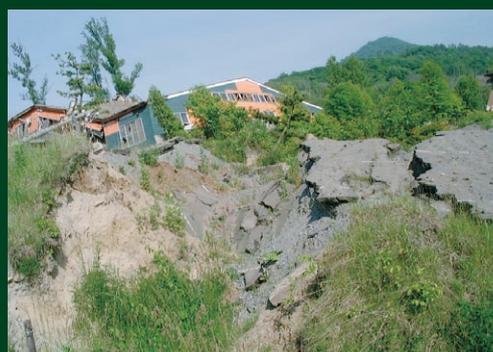


写真-1 火山活動により地面が隆起した有珠山麓

## 1 | リアルタイムハザードマップの必要性

日本は108の活火山がある世界有数の火山国であり、温泉や登山・観光など火山の恵みを受けていると同時に、1990年の雲仙普賢岳、2000年の有珠山、三宅島、2004年・2009年の浅間山、2006年以降の桜島昭和火口からの噴火など、各地で噴火による災害を受けている。

このような火山災害に対しては火山砂防事業として、平常時からの施設整備や監視機器の配置、関係機関との情報共有システムの構築や防災対応のロールプレイ訓練などが行われている。そして対策の前提として「噴火した場合、どのような現象がどこまで影響が及ぶか」を示した火山のハザードマップが約30の火山で整備されている<sup>図-1</sup>。

しかしながら、火山噴火による災害の特徴として、①噴火様式・発生する現象が多様、②発生頻度が低く災害経験が伝わりにくい、③噴火前の予知予測が難しい、④多数の犠牲者を出す大規模な災害になる、⑤災害が長期化する、が挙げられている<sup>★1</sup>。その他にも2000年の有珠山噴火のように山麓に新たに火口が形成され、しかも山体の一部が隆起して地形が変化する例や<sup>写真-1</sup>、1990年の雲仙普賢岳、2000年三宅島のように当初は溶岩流の流出が予想されていたが、実際には火砕流や火山ガスなど想定外の現象が発生する例など、⑥噴火の最中に状況が変化する、という特徴ももっている。

現在整備されているハザードマップは、過去の噴火実績などからある決まった噴火形態・現象を想定してその影響範囲が示されたものである。そのため想定外の火口から噴火し、火山活動により山体が隆起して流路が変わるなどの状況変化に対しては、改めてハザードマップを作り直し、住民・防災関係者に配布するという非常に手間のかかる作業が必要になる。非常に手間はかかるが、このハザードマップに基づく情報共有をしないと、交通規制や住民避難、対策施設の設置など多様な火山防災対策がバラバラに行われることになり期待した効果が得られない。もしも噴火して時々刻々と状況が移り変わっていった場合には、毎日のように状況に応じて新しいハザードマップを作成・公表することになり、紙とペンによる作成方法では速度も精度も間に合わない可能性がある。

そこで時々刻々移り変わる火山活動と土砂移動現象に対して、対策の基礎となる情報(影響範囲や到達速度

など)を、できるだけ早くハザードマップの形で出力する手段が、リアルタイムハザードマップ作成システムである。

## 2 | リアルタイムハザードマップ作成システムとは

リアルタイムハザードマップ作成システムについては、国土交通省国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センターが中心となり、平成15年から検討を行っている。それは「想定される噴火に対してはあらかじめハザードマップを作成しておき、いざという時にはそのなかから最適なものを検索する」「想定外の噴火に対しては新しい条件で数値シミュレーションを行い、可能な限り早くハザードマップを作成する」という二通りの考え方に基づいており、前者をプレ・アナリシス型(事前データベース型)、後者をリアルタイム・アナリシス型(逐次計算型)と呼んでいる。プレ・アナリシス型、リアルタイム・アナリシス型ともに、ハザードマップを作成するまでの手順としては、情報収集→格納→解析→表示という段階を踏んで行き、具体的な作業内容は以下の通りである。

日本の代表的な火山については、噴火形態や発生する現象、その影響範囲などはすでに噴火シナリオやハザードマップの形で整理されている。そのためこの2つの方式の使い分けとしては、実際の噴火時にはプレ・アナリシス型システムによりあらかじめ想定したシナリオから選択することが、ほとんどの場合は可能であると考

えられる。

ただその場合は実際の火山活動は予測が困難であるが、火山観測により選択条件としての情報を入手できれば、①噴火場所→②噴火様式(現象)→③噴火規模という流れで対応するマップを絞り込むことが可能である。

ただし、火山活動に伴う地形の変化や想定外の現象が発生した場合は、例えば新たに形成された流路・谷地形のデータをレーザープロファイラー航測などで取得し、他火山で発生している現象と比較するなど検討をしたうえで、リアルタイム・アナリシス型システムを局地的に適用することが必要である。

## 3 | プレ・アナリシス型システム

リアルタイムハザードマップ作成システムのうちプレ・アナリシス型システムは、前述したとおり事前の想定によりハザードマップを作成・格納しておき、噴火時の火山活動状況に応じて条件検索し、最適なハザードマップを表示するシステムである。特徴としては、

- 数値シミュレーションをする必要がなく、検索条件の設定さえできればきわめて短時間で防災対策に必要なハザードマップを提示できる。
- 想定される全てのハザードマップを重ね合わせて、噴火により危険な範囲全てを示す可能性マップを作成できる。
- 数値シミュレーションに関する知識がなくても、火口

図-2 リアルタイムハザードマップ作成システム

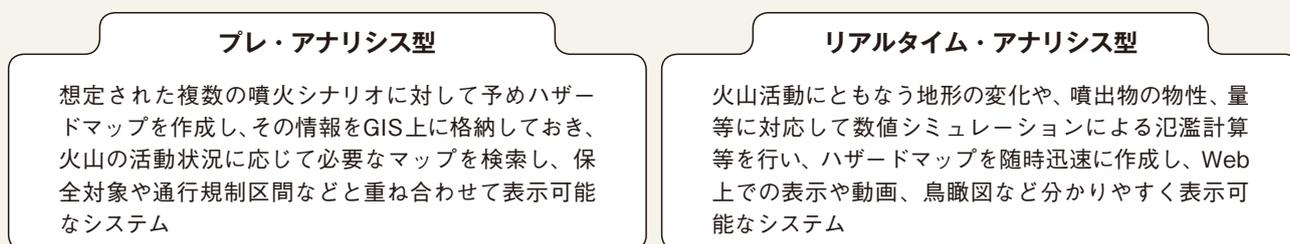
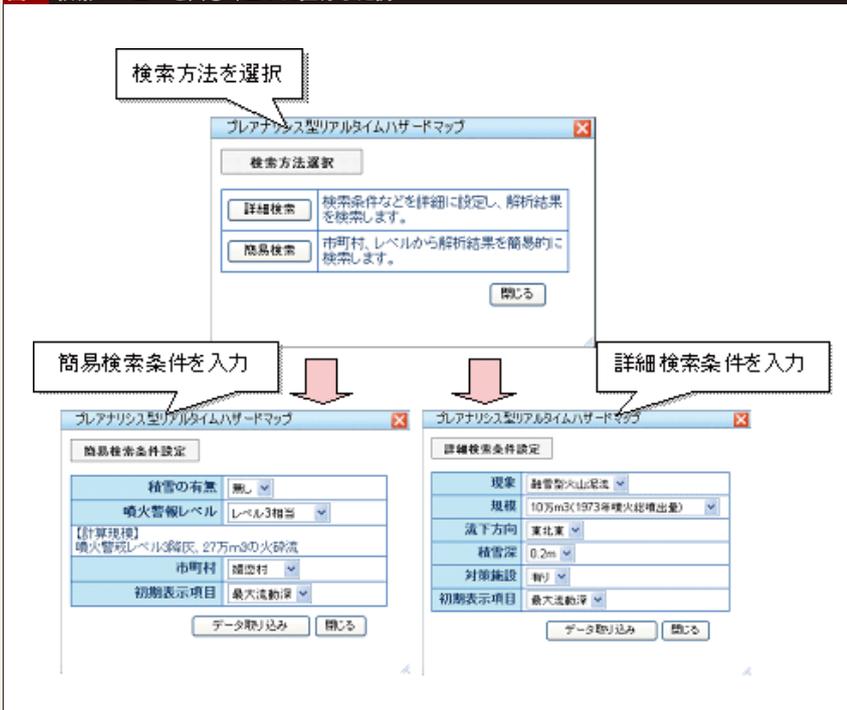


表-1 各段階での作業内容

	プレ・アナリシス型	リアルタイム・アナリシス型
情報収集	・噴火シナリオの想定 ・ハザードマップの作成	・火山活動状況の把握 ・計算パラメーターの想定
格納	・データベースやGIS上にハザードマップを格納	・地形データ、流量データ、パラメーターをシステムに入力
解析	・火山活動状況から、最適なハザードマップを選択	・数値シミュレーションプログラムにより、ハザードマップを作成
表示	・GIS上で保全対象分布などと重ね合わせて表示	・動画や鳥瞰図などで表示・Webを通じて関係者に配信

図-3 検索メニューを大きく2つに区分した例



の位置や噴火規模などから比較的簡単に検索条件を設定できる。

〈短所〉

- あらかじめ想定される全てのハザードマップを作成する必要があり、膨大な時間と費用がかかる。
- 火山活動が推移する場合、特に地形の変化があった場合は、改めてハザードマップを作成する必要があり、短時間では対応できない。
- 降雨量や積雪深など、火山活動以外の条件が変わる土石流や融雪型火山泥流などでは、全てのハザードマップを作成することができないので、ある程度割り切って条件設定をせざるを得ない。

上記の長所・短所を踏まえると、このシステムを運用する際のポイントは、

図-4 航空写真を背景に交通規制区間とハザードマップを重ね合わせた例

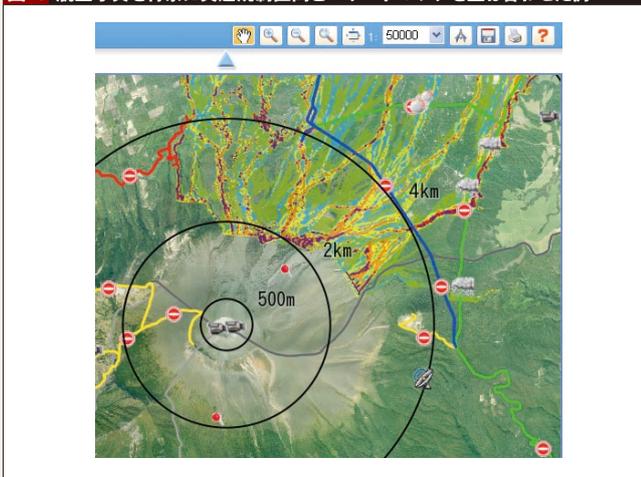


図-5 印刷メニューと印刷イメージの確認



- ① 想定されるハザードマップを事前に網羅できるか
  - ② 火山活動状況から検索条件をどのように設定するか
  - ③ 防災対応上使いやすい形で重ね合わせ表示ができるか
- の3点であり、これまでプレ・アナリシス型システムが整備されてきた浅間山などでは、以下のような工夫がなされている。
- ① 噴火シナリオ、火山砂防基本計画、火山防災マップ、火山監視システム配置計画などを作成する際に検討された個別のハザードマップを、その都度ShapeなどGISに乗る形にファイル変換し、またハザードマップを作成した時の条件と合わせて整理することによって、一元的に管理された火山データベースを構築している。
  - ② 市町村の防災担当者など火山に関する知識があまりないユーザーでも、公表される噴火警戒レベルそのものを検索条件として使用できる「簡易検索」と、詳細な火山活動状況、気象状況に応じて検索条件を設定できる「詳細検索」に区分するなど、検索メニューの作り込み方をそれぞれの火山の特徴に合わせて工夫している(図-3)。
  - ③ 地形図に範囲を重ねた単純なハザードマップだけでなく、背景図を航空写真や赤色立体地図と入れ替える、噴火警戒レベルに応じて設定される交通規制区域や避難対象区域などを重ね合わせるなど、GISの機能や

既往の防災情報システムとシームレスにリンクする。  
またWebGISを使用してオンラインで情報提供すると同時に、アナログ的な使い方にも対応できるようにA1～A4などの紙に印刷する機能も持っている【図-4,5】。

#### 4 | リアルタイム・アナリシス型システム

火山活動状況の変化に応じて随時数値シミュレーションを行い、ハザードマップを作成していくリアルタイム・アナリシス型は、現在浅間山と桜島をモデルとして作成されており、溶岩流、火砕流、火山泥流、土石流の4現象について任意の地点から任意の条件で計算し、結果を見やすく表示することが可能になっている。

このシステムの特徴としては、

〈長所〉

- 地形変化や想定外の噴火に対しても追従でき、その時の条件にあったハザードマップを数分～数時間で作成できる。
- 噴火に対する緊急ハード対策施設を地形データに取り込むことによって、施設効果を確認できる。
- 計算条件次第で、火山噴火の規模や火口位置、積雪深などの気象条件をきめ細かく設定することができる。

〈短所〉

- 数値シミュレーションに使用する地形データについては、使用目的に応じてメッシュ間隔を変えたものを事前に準備しておく必要がある。
- 地形データ以外に必要な流量データ(ハイドログラフ)、物性値などのパラメーターをその場で設定する必要があり、火山現象に関する知識が必要である。
- 火山活動や気象状況などシステム外部の条件の他にも、数値シミュレーションに係わる内部の条件(計算刻み時間など)を適切に設定しないと、計算が発散して正しい結果を得られない可能性がある。
- ある条件を与えても、それが妥当かどうかはシステム内部ではチェックできず、不適切なハザードマップを出力してしまう可能性がある。
- 数値シミュレーションの結果は数値であり、ハザードマップにする段階で何らかの方法で人間に分かりやすく、かつ防災対策の目的に合致した表現を工夫する必要がある。

上記の長所・短所を踏まえると、このシステムを運用する際のポイントは、

図-6 ワイヤフレーム表示で地形データを修正している例

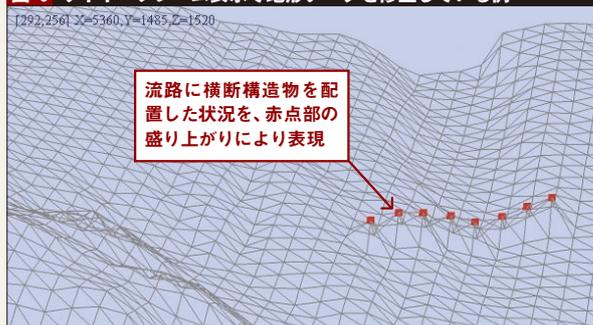


図-7 鳥瞰図によるハザードマップの表示



①火山活動や気象状況、計算パラメーターなど条件設定が短時間で適切にできるか

②地形変化や施設効果などの地形データ、ハイドログラフなどを簡単にかつ短時間に修正できるか

③数値シミュレーションの結果を、分かりやすく、かつ妥当性を検証できるような形で出力できるか

の3点であり、それに対して現行のリアルタイム・アナリシス型システムでは、以下のような機能をもっている。

①既往の計算実績や火山データベースから早見表やデフォルト値が入力しており、その場での観測が難しい物性値や計算パラメーターを半自動的に設定する。

②画面上で直接地形データを修正することにより、砂防えん堤の配置や流路の掘り込み、火山活動による隆起など地形変化を、簡単に反映させることが可能である【図-6】。

③あらかじめ組み込まれた地形データをもとに、流量データ(ハイドログラフ)、計算パラメーターをWeb上で設定して、短時間で数値シミュレーションを行い結果までを自動的に動画にして、Web上でそのまま配信できる。

計算結果は、平面図の他にもランドマークとの重ね合わせ、鳥瞰図、テキストファイルなど多様で分かりやす

い方式で出力でき、それを元にしてGIS上での重ね合わせや詳細な動画を作成することも可能である<sup>図-7</sup>。

## 5 | 運用に当たっての課題

リアルタイムハザードマップ作成システムは、火山活動とそれに伴う土砂移動現象に対して、防災対策に必要な情報を必要な精度で短時間に出力することを目標としたシステムであるが、現時点ではある程度まで目標を達成しており、いくつかの火山で整備と運用が進んでいる。

しかしながら、今後他の火山に対してもシステムを作成・運用しようとする、以下のような課題が残されている。

### ①事前にデータの整備が必要

プレ・アナリシス型では噴火シナリオに対応した複数のハザードマップを、リアルタイム・アナリシス型では数値シミュレーションに必要な範囲の地形データを、あらかじめ作成してシステム内部に取り組みしておく必要がある。

これまでに作成した既往のハザードマップやレーザープロファイラー航測による詳細な地形データが整備されている火山は多いが、それでもシステムに格納するためのファイル変換や座標指定、条件との関連づけなどを、時間と費用をかけて行う必要がある。

### ②火山活動の状況をどのように把握するか

火山性地震が頻発して明日にも噴火するかもしれないという状況でハザードマップを作成する場合、または噴火して溶岩流などが流れ始めた段階で作成する場合、それぞれどのような現象がどんな規模と流量で、どこからどんな物性値で流下するかを、人間が決めてシステムに入力する必要がある。

基本的にはこれらの条件は過去の噴火実績から類推するが、噴火実績が乏しい火山も多く、また実績があっても噴火前にはそもそも予測が困難である。現象が発生した後の観測については、気象庁や国土技術政策総合研究所、土木研究所などが方法確立と機器開発に取り組んでいるが、確定的なものはまだ出ていない。

そのため、リアルタイムハザードマップ作成システムを実際に運用するためには、火山活動状況の観測結果からある程度の幅をもって推定する、基準をあらか

じめ決めておく、火山専門家と連携する、などシステム外部での工夫が必要となる。

### ③運用体制の確立

①のデータ整備、②の火山活動状況の把握とも関連するが、システムを運用するためには平常時から担当者、機器、費用、マニュアルなどを含めた運用体制を確立しておく必要がある。行政の防災担当者の異動、火山に関するあらたな知見への対応、日々のデータの整備とメンテナンスなど、変化に対応できる体制、特に人員配備を考えなければならない。

また火山活動に対応してハザードマップを作成する際にも、緊急時に誰が条件を決めて、誰がシステムを操作するのか、そしてその結果の妥当性を誰が判断して、どの範囲まで情報伝達するか、など運用機関内部と連携先の外部にわたって権限と責任について整理しておく必要がある。

### ④システム適用の限界

リアルタイムハザードマップ作成システムがあり、事前データも運用体制も確立されているからといって、あらゆる火山現象に対して必要な速度で必要な精度の情報を提供できるとは限らない。

プレ・アナリシス型としてあらかじめ多数のハザードマップを用意していても、そもそも火山活動は予測が難しいものであり、適切な検索条件(たとえば火口位置)を絞り込めない場合もあり得る。

またリアルタイム・アナリシス型で極端な例では、火砕流が発生してその状況を見ながら流量や物性値などを決めて数値シミュレーションをしたとしても、その頃には火砕流は麓まで流下しておりハザードマップが火山災害予測図ではなく火山災害実績図になってしまう場合もあり得る。

本質的な問題であるが、リアルタイムハザードマップ作成システムはあらゆるツールと同様に万能ではなく、その限界を知りながら使用する必要がある。

## 6 | 今後の方向性

プレ・アナリシス型、リアルタイム・アナリシス型の双方とも、前述したとおり実運用に当たってはいくつかの課題がある。しかしながら、実際に火山活動が活発化しを緊急対策実施する場合など、今後ますますリアルタイムハザードマップ作成システムの必要性は高まる一方である。

そのため火山噴火緊急減災対策砂防計画の平常時準備として、データ整備を進めておくことはもちろん、普段から以下の方法で訓練・運用していくことにより、緊急時にも適切にシステムを使いこなし、結果としてスムーズな防災対策を実行することができるかと期待される。

①防災対応訓練、情報伝達訓練のツールとして使用する  
火山噴火は自然現象としてきわめて稀な現象で、活動的な火山でも数十年に一度、場合によっては数百年に一度しか噴火せず、通常の土砂災害や洪水のようにほぼ毎年起きるような災害ではない。そのため災害経験者も少なくいざという時に何をしたらよいか分からない、という火山防災対策の弱点を補うためにロールプレイ方式(参加者に訓練シナリオを事前に知らせず、またそれぞれが割り当てられた役割に従って自分で判断して行動する)などによる防災対応訓練や、情報伝達訓練が近年いくつかの火山を対象として行われている。

この訓練のなかで、本番の防災対応と同様にリアルタイムハザードマップ作成システムを使用することにより、担当者が操作に慣れる、事前に準備すべきデータの不足が分かる、システムを運用する体制の不備が分かる、などの効果が期待でき、その後の改良につながっていく

**写真-2。**

②Web上で常時公開

多くの火山ではハザードマップがすでに住民へ配布され、また関係機関で利用されている。これを一歩進めてプレ・アナリシス型のシステムを公開すれば、関係機関との情報共有、住民への周知啓発を常に行っていることになり、平常時のハザードマップに期待されている効果を発揮できる。

また常時公開に伴う問い合わせ対応やメンテナンスを担当者が行うことにより、日々の業務のなかにリアルタイムハザードマップ作成システムが位置づけられ、①の訓練時のみならず、より深く操作に慣れたり問題点の改良に取り組むことができると期待される。

③ハザードマップ作成そのものの訓練

リアルタイムハザードマップ作成システムを手段としてではなく、それを使いこなすことを目的とした訓練を行うことは非常に有効である。具体的には火山活動が活発化し噴火が切迫している状況を仮定して、緊急対策の訓練ではなくその基礎となるハザードマップを提供する作業を、実際の時間の流れに合わせてリアルタイムで行う訓練である。



**写真-2** リアルタイムハザードマップ作成システムを利用して、ロールプレイ型方式で防災対策を検討している例

これを定期的に行うことにより、特にリアルタイム・アナリシス型において条件設定の方法とその根拠、施設効果の反映方法、計算結果の妥当性の検証など、短所としてあげられた点の多くをカバーできると期待される。

## 7 | おわりに

これまで火山活動とそれに伴う土砂移動現象に関する防災対策のためのツールとしての、リアルタイムハザードマップ作成システムについて紹介してきた。

冒頭に挙げたハザードマップがすでに整備されている火山では、現在、火山噴火緊急減災対策砂防計画が検討されているが、この対策の効果評価や外部への説明などにこのツールは非常に便利であり、また砂防事業以外の対策にも利用できるため、今後リアルタイムハザードマップ作成システムの整備が順次進められていくことが期待される。

最後に、資料を提供していただいた国土交通省利根川水系砂防事務所の関係者各位に厚く御礼申し上げます。

★参考文献

- 1 『火山災害』池谷 浩(中公新書)