

リアルタイム火山ハザードマップ作成手法の検討

国土技術政策総合研究所 砂防研究室 寺田 秀樹 國友 優 ○柳原 幸希  
財団法人砂防・地すべり技術センター 松井 宗広 吉田 真也

1. はじめに

火山地域における防災対策を考える場合、どのような現象が、どの範囲まで影響を及ぼすのかを予め想定することは不可欠である。これらの情報については、過去の噴火とそれに伴う災害の履歴を調査することによって、将来おこるべき噴火の様相とそれに伴って起こるかもしれない災害の種類や発生域をある程度予測し、その地域をハザードマップとして地図上に示すことが可能である<sup>1)</sup>。そこで、現在わが国においては主要な火山においてハザードマップが作成され、防災対策立案のために活用されている。

しかしながら、ハザードマップは、あくまで現状で考え得る範囲で、対象とする現象、規模及び噴火口（仮に、ここでは火山ハザードマップを作成するに当たって必要となる「基本三要素」という）を選定し（必要に応じ複数の現象、規模及び噴火口が選定されることがある）、ハザードエリアについては、現在の地形が噴火後も変化しないことを前提に特定されている。

しかしながら、「基本三要素」が想定範囲を超えたり、さらには前提としている山体自体が火山活動によって変化してしまう場合がある。

そこで、本研究では、火山防災における危機管理（想定外の事態への対処に対する事前準備）として、火山活動の進行に伴い変化するハザードエリアを迅速に特定するための対処技術の一つとしてリアルタイム火山ハザードマップの作成手法の検討を行った。

2. リアルタイム火山ハザードマップの定義

リアルタイム火山ハザードマップの作成手法を検討するに際し、リアルタイム火山ハザードマップ作成システム（作成するためのソフトウェアとヒューマンウェアを統合したもの）を次のように定義した。

「リアルタイム火山ハザードマップとは、火山ハザードマップを作成・見直しの際に必要な、「情報収集」、「情報格納」、「情報解析」、「情報提供」に係るそれぞれの作業処理過程において、作業手順、作業手法の効率化を図ることにより、ハザードマップ作成・見直しにかかる作業時間の短縮化・最適化を図ったシステムのことをいう」

3. リアルタイム火山ハザードマップ作成システムの構造

火山ハザードマップの見直しに関しては、

- ① 基本三要素については、事前に設定する条件の範囲を広げていくことが可能であるが（噴火規模を大きなものを想定するなど）、
- ② 山体形状の変化については、それを予め想定して準備を行っておくことは極めて困難であるため、

リアルタイム火山ハザードマップ作成システムを構築するに当たっては、「基本三要素」の変化への対応と、山体形状が変化する場合に分けて考える必要がある。

したがって、ハザードエリア特定の要請からプロダクトの提出までの時間短縮の観点からは、①については、できる限

り予め数多くの条件設定に基づく計算を行っておくことが重要である。しかしながら、②に対応するためには実際の火山活動状況によって変化した山体形状を計測した後にハザードエリアを緊急的に特定することが求められる。

そこで、リアルタイム火山ハザードマップ作成システムは、上の二つの事項に対応すべく、図-1に示すようにプレアナリシス・システム、リアルタイムアナリシス・システムによって構成することとした。

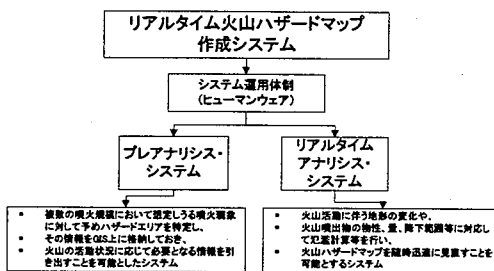


図-1 リアルタイム火山ハザードマップの構造

4. プレアナリシス・システム

プレアナリシス・システムについては、GIS上に基本三要素について、それぞれ複数の条件設定を行い特定したハザードエリアを予めGIS上に格納し、噴火が差し迫った段階で、火山専門家から提供される想定噴火口に最も近い地点を起点とした、その時点で可能性の高い現象と規模を指定することにより、それに対応したハザードエリアを迅速に検索、表示できるようにした。また、ハザードエリア以外にも防災対策上必要となる情報（①行政界（都道府県界、市町村界、区界）、②集落範囲（建築物等）、③道路図、④国勢調査データ（人口、人口構成等））についても検索、表示を可能にした。富士山の試作版の表示例を図-2に示す。

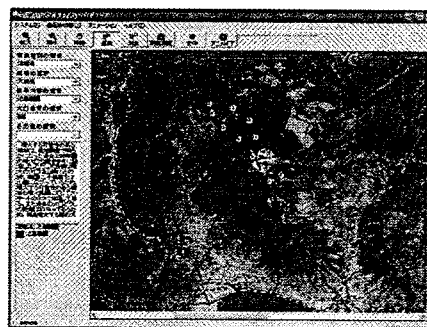


図-2 プレアナリシス・システム（試作版；富士山の事例）

5. リアルタイムアナリシス・システム

5.1 火山ハザードマップ見直し作業の構造化

リアルタイムアナリシス・システムを検討するに際しては、作業開始から完了までの時間短縮化が最大の課題である。したがって、ここではまず①雲仙普賢岳火山災害（1990年～）、②有珠山火山災害（2000年～）、③三宅島火山災害（2000年～）で緊急的に実施された火山ハザードマップの見直し作業

について、①情報収集、②情報格納、③情報解析、④情報提供の各フェーズにおける全ての作業リストを作成し、各作業間の関係を明らかにした上で、ガントチャートによる整理を行った。火山ハザードマップの作業内容については、実際の作業員に対するヒヤリングにより、以下の観点から整理した。

- ① 作業項目の特定
- ② 作業ごとの作業量の算定
- ③ 作業ごとの作業時間の算定

### 5.2 火山ハザードマップ見直し作業時間短縮化の検討

5.1で整理したガントチャートの分析結果から、ここでは、火山専門家や行政担当者の判断に係わるタスクを除き、全体作業時間を大きく規定しているもののうち、シミュレーション計算の実行時間の短縮化の検討を行った。シミュレーション計算については、ハザードマップの使用目的に応じた最低限の精度を確保した上で、最短時間で計算を完了するために最適な①計算グリッド間隔 ( $\Delta X$ )、②計算刻み時間 ( $\Delta t$ ) を決定する手法を検討した。なお、シミュレーション計算には J-sas (財) 砂防・地すべり技術センター) を使用することとした。

計算グリッド間隔 ( $\Delta X$ ) については、使用目的別に表-1 に示すようなレンジを設定した。緊急時には許された時間内で目的を達成するグリッド間隔を選定することになる。

表-1 使用目的別のグリッド間隔のレンジ (土石流の事例)

詳細小	使用目的	グリッド間隔	理由
↑ 現象規模 ↓ 概略大	家屋への影響	5~10m	家屋幅より狭いことが必要
	施設効果評価	5~25m	砂防施設の水通し幅や、流路工の幅等施設を表現できることが必要
	大まかな到達範囲	25~100m	1/25,000~地形を表現できる程度の間隔に設定
	被害額算出	100~	保全対象の統計データ(約500mメッシュ)に合わせて設定

表-1 で設定した目的別のグリッド間隔のレンジのうち、計算時間短縮化の観点からは  $\Delta X$  を大きくとる方が有利となるが、 $\Delta X$  を大きくとると、より地形がなだらかに表現されるようになる。このため、グリッド間隔を変化させたことによる影響でシミュレーション上氾濫を起こす箇所が無いかを確認するため、各レンジの最低グリッド間隔で表現される流下断面での疎通能力  $Q_{\Delta X_{min}}$  と当該地点での土石流ピーク流量  $Q$ 、 $\Delta X_{min}$  を  $\alpha$  分だけ拡大させた  $\Delta X_{min} + \alpha$  のグリッド間隔で表現される流下断面での疎通能力  $Q_{\Delta X_{min} + \alpha}$  と土石流ピーク流量  $Q$  を比較した際に、次式を満足する  $\alpha$  により計算グリッド間隔を設定することとした。

$$(Q_{\Delta X_{min}} - Q) \times (Q_{\Delta X_{min} + \alpha} - Q) \geq 0$$

一方計算刻み時間 ( $\Delta t$ ) については、従来土石流のシミュレーション計算の場合など、CFL 条件の二分の一程度で計算されることが多かった。そこで、ここでは CFL 条件の 0.5 倍から 1.0 倍までの範囲で計算を実施した結果、CFL 条件の 0.8 倍までは安定した計算結果が得られることが分かった。

また、シミュレーション計算時間はコンピュータの性能にも大きく依存することから、パソコンの CPU のクロック周波数と計算速度の関係についても検討を行い図-3 のような結果を得た。

以上の検討結果より、シミュレーション計算の実行時間の

短縮化を図るための作業手順のフローにまとめると図-4 のとおりとなる。この手順に則り必要な計算グリッド間隔  $\Delta X$  と計算刻み時間  $\Delta t$  を設定し、計算グリッド数 ( $K$ )、総計算時間 ( $H$ ) を確定し、使用する計算機の CPU の性能が確定すればシミュレーション計算に要する時間を割り出すことができる。以上の結果を有珠山の 2000 年噴火当時とガントチャートを用いて比較すると、22 時間必要とした土石流の氾濫計算を 14 時間短縮し、現在では 8 時間で終了することが可能であることが分かった。

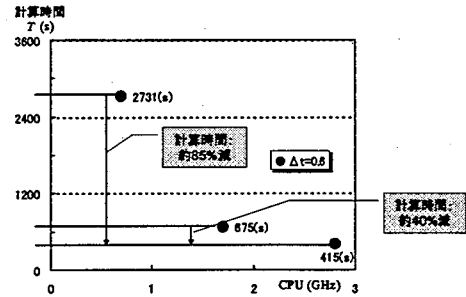


図-3 クロック周波数と J-sas による計算速度の関係

※現象：土石流、流量：100m<sup>3</sup>/sec.、継続時間：3600sec.、 $\Delta x$ ：10m、メッシュ数：20,000、 $\Delta t$ ：0.6sec.

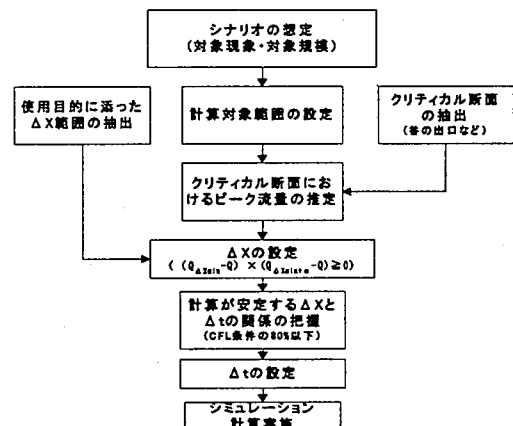


図-4 計算実行時間短縮化のための作業手順フロー

## 6. おわりに

火山防災における危機管理体制構築の一環として、リアルタイム火山ハザードマップ作成システムを構築する際、当該システムは

- プレアナリシス・システム、リアルタイムアナリシス・システムの二系統のハザードエリア特定システムを構築することが有利であること。また、
- ハザードマップの使用目的、現象規模と地形の関係から適切な  $\Delta X$  を設定し、
- 対象現象別に  $\Delta X$  と  $\Delta t$  の関係を予め把握し最長の  $\Delta t$  によりシミュレーション計算を実施することによって計算時間が短縮可能であることが分かった。

今後は、作業に投入できる人的資源を考慮に入れた、システム運用体制 (ヒューマンウェア) についても検討進めたい。

### 参考文献

- 1) 宇井忠英ほか：火山噴火と災害、東京大学出版会、pp117-120、1997