

## シミュレーション導入への解決案

- 事務用のPCでも並列計算やGPUを利用することなく実施可能な計算手法を利用する。
- 上の目的のため、簡便すぎるとして最近、利用されなくなったシミュレーション黎明期の数値モデルを被害予測という観点で検証し直し、実務上、必要な情報を引き出せるように改良する。
- シミュレーションの計画段階で危機管理実務者と十分に議論し、被害想定や災害対応に重要な情報と直結できるような分かりやすい形で計算結果を表示する。

## テストケース1(火山災害における溶岩流予測)

- 火山災害においては、火砕流や山体崩壊を伴う岩屑なだれが大きな被害をもたらすことが多いが、現象の推移が急すぎて、シミュレーションをする時間的余裕がない。ゆっくりと流れる溶岩流であれば、シミュレーションを災害対応に利用可能。
- 最近の溶岩流のシミュレーションでは、運動方程式を組み込んだダイナミック・モデルを利用するのが主流。溶岩流の拡大速度を溶岩の粘性や流れの厚さの簡単な関数として近似するキネマティック・モデルは様々な欠点が指摘され、最近ではあまり利用されていない。
- キネマティック・モデルは方程式系の構造が簡単で、反復計算を必要としないため、計算量も少なく、一般的なPCで実施が可能。

## 溶岩流のキネマティック・モデルの改良

### 欠点1: 計算格子の方向への依存性

Minomoto & Ozawa (1997)で指摘されているように、石原モデルにおける溶岩流の低下速度は、計算格子に配列方向に関して異方向性を持つ。理想的な水平面上で計算される、地すべりの解析では、それは回避する必要がある(よりも約)3倍程度、速度を大きく見誤り、点源から供給される溶岩流の位置が約2倍のずれを生ずる。

また、従来の傾斜が計算格子の配列と一定の角度をなす平面上で溶岩流を流す計算を行うと、誤りのように平面的傾斜方向が低下速度、計算格子をずらしても傾斜にも影響を及ぼす速度の増加がある。

この問題を、溶岩流のランダムな変動する方向の地形勾配のみを捉えて、溶岩流を駆動する力が降伏応力と同等かを評価している(ただし、力方向の地形勾配を捉えて応力の傾斜を評価することによって、傾斜勾配の方向に計算結果を改善できる。

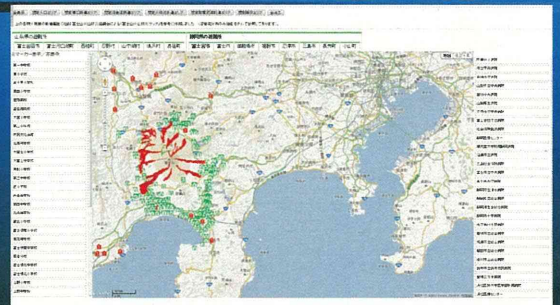
### 欠点2: 計算格子のサイズへの依存性

石原モデルでは計算格子のサイズを変えると、計算結果が大きく変化する(富士山「サードマップ」検討委員会の報告書(2004)で指摘されている。この問題の一要因として、石原モデルが溶岩流のマシラシスな表現としてランダムな厚さの層状の厚さ、溶岩流の停止条件に降伏応力と溶岩流の厚さの関係を利用していることが考えられる。

この解釈に基づき、格子サイズを変えて計算しても各計算格子中の溶岩の体積(格子の面積×層厚)が正しく評価されていると仮定し、溶岩が流れる最小厚さを格子サイズの変数で修正すれば、図8のように結果を改善することができる。このことは、適切な降伏応力が格子サイズごとに異なることを示しており、石原(他1988)による降伏応力の算出方法そのものを改善し直す必要のあることを暗示している。最新の高解像度地形データを解析して、実効的な溶岩流の降伏応力をあらためて見積もることが出来る。

- 従来、指摘されてきたキネマティック・モデルの欠点は、方程式系そのものに内在するものでなく、計算手順を改良することで解決可能なことを示すことに成功。

## 富士山の火山爆発を想定した例



簡便な溶岩流シミュレーション・モデルによる計算結果を組み込んだ富士山噴火のハザードマップの電子化も進行中。

## 今後の展開

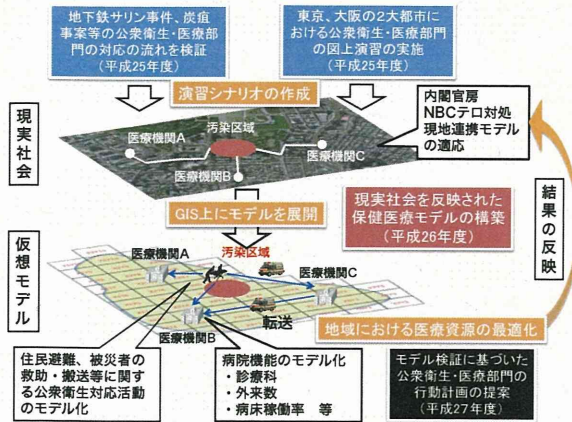
## より小規模なCBRNE災害予測への取り組み

- CBRNE災害では集会場や駅など比較的小さなスペースでの対応が求められることが多い。
- 上の場合、自治体レベルの医療機関の位置関係よりも、近隣の機関での効率的な連携のための情報共有が重要。
- 危険物質の移流・拡散シミュレーションよりも、被災者や危機管理従事者の動きを把握することの方が重要。



マルチエージェント・シミュレーションの活用

これまでの研究成果を踏まえた今後の研究への取組(案)



## マルチミッションを持つエージェントによる閉鎖空間における避難&救助シミュレーション



爆発等による有毒物質の放出・拡散は流体モデルで計算。一般市民の避難とレスキュー・医療チームの救護をマルチエージェントモデルで組み合わせる。

## 結語

- 平成24年度は、東日本大震災への緊急対応の意味を含めてCBRNE災害対策としては通常想定しない大規模な放射性物質の放出を想定したシミュレーションならびにそれを活用するための情報支援システムの開発に従事した。
- 気象モデルを利用したシミュレーションは、危機管理従事者が機動的に活用するには作業負荷や時間的な制約が大きすぎるため、簡略化した移流・拡散シミュレーションを利用する方が現実的である。
- Google Mapsのようなウェブシステムは被害想定にも有用であり、今後、積極的な導入が望まれる。
- 平成25年度以降は、これまでの活動と並行して、より規模や被災エリアが小さいCBRNE災害を想定したマルチエージェント・シミュレーションも実施する予定である。

## 謝辞

- 原子力発電所の事故を想定した放射線量分布の数値計算に関しては、海洋研究開発機構の滝川雅之研究員にご協力をいただきました。
- マルチエージェント・シミュレーションの基本概念については、統計数理研究所の齋藤正也特任助教より、ご教授いただきました。

ここに記して謝意を表します。

ご清聴ありがとうございました。

