

# 三宅島の火砕流に対するハザードマップの作成

水工学研究室 厚田 和紀  
指導教官 細山田 得三

## 1. はじめに

日本には、無人島、海底火山を含め、108の活火山があり、これら活火山の活動が活発になり、噴火その他の異常現象が発生すると、ときには災害をとまなうことがある。噴火に伴う異常現象には火砕流、溶岩流、火山泥流などがあり、特に火砕流は1991年雲仙普賢岳の噴火の際に発生し、麓にいた地元消防団、報道関係者ら43人の命を奪い、大きな被害を与えたため重要視されるようになった。

火砕流とは、火砕物粒子や火山ガスなどが一団となって、高速で斜面を流下する現象である。火砕流の温度は、一般に1000程度までと、速度は時速200km以上にもなるために、事前の避難以外に逃れることは極めて難しく、火山災害の中でも最も危険な現象の一つである。

火砕流の危険性が注目され、火砕流の研究が行われている。既存の研究では、2002年、浅野・福嶋により1次元解析による流動シミュレーションの完成し、2003年、大澤・福嶋により2次元解析による流動シミュレーションの完成している。これにより精密な火砕流の解析が可能になった。しかしながら、このシミュレーションを応用したハザードマップなどの火砕流の危険性を形にしたものが作られていない。火砕流がひとたび発生すれば、人的被害をもたらす可能性がある。

そこで、火砕流による被害を未然に防止するために、火砕流の流動特性を十分に把握し、流下範囲の予測および周知することが重要である。そのため、本研究では大澤・福嶋の流動シミュレーションを用いた、火砕流ハザードマップの作成を目的とした。

## 2. ハザードマップとは

ハザードマップとは、ある火山で将来起こる可能性がある災害の被害想定（危険度や範囲）や、

防災情報（避難場所や避難経路など）を示した地図のことである。雲仙普賢岳の噴火によって、2003年までに33の活火山について、ハザードマップがつけられている。現在までに公開されているハザードマップ（図1）は避難経路などの情報が多く載せられているが、複雑すぎて、一般の住民にとって分かりづらい傾向がある。本研究では、火砕流の到達に関するハザードマップを作成しました。また、避難経路などは表示せず、火砕流の流動範囲を詳細に示した。



図1 公開されている三宅島ハザードマップ

火山噴火による危険区域の説明

ピンク色・・・危険レベルA

黄色・・・危険レベルB

白色・・・危険レベルC

避難時の心構えの説明

避難施設の説明

### 3. 数値解析手法

数値解析手法として、火砕流を空気と火砕物粒子によって構成された、図2のような半楕円形の物体が斜面を高速で流下する現象であると仮定した。さらに、2次元地形を入力データとし、火砕流の横方向の広がり、流下経路、速度や乱れエネルギーなどの諸条件を未知数とし計算した。

そのために、基礎方程式には、空気の質量保存式、粒子の質量保存式、熱エネルギー収支式、X方向・Y方向の運動保存式、X方向・Y方向の位置に関する式、乱れエネルギーの保存式、最大広がり幅に関する式を用いた。ここで  $U_{abs}$  は火砕流の移動速度、 $h$  は高さ、 $P_i$  は空気と境界面の長さ、 $P_b$  は底面と境界部の長さ、 $\rho_a$  はそれぞれ、現象、空気の密度、 $\theta$  は斜面の傾斜角である。 $P_i$ 、 $P_b$ 、 $h$  はそれぞれ現象の中心部分での断面の値となる。

### 4. シミュレーション概要

2000年に噴火し、火砕流が発生した三宅島を対象地域とした。噴火口は2000年に噴火した一箇所にと絞った。過去、数十年および数百年前に噴火した形跡が多数あるが、それら形跡の正確な位置が記録として残っていないこと、それらの形跡から再度噴火する可能性は低いとため、噴火口を一箇所にした。さらに、2000年に噴火した噴火口は現在も噴火活動を続けており、同じ噴火口から再び噴火する可能性がある。

火砕流の発生方法としては、噴火口の中心を16メッシュ(200m×200m)で囲み1メッシュ(50m×50m)ごとに8方向に火砕流を発生させた。火砕流は噴火口の傾き・風向き等によって流下方向が変化するとため、火砕流が噴火口から全方向に流れると想定して、8方向(図5)に火砕流が流れるようにした。よって、16メッシュ×8方向で、合計128回の火砕流を発生させた。

初期条件としては、火砕流の初期層厚は  $h_0 = 50\text{m}$  とし、初期温度は  $T_0 = 1000$  を与えた。初期濃度は  $C_0 = 1.0\%$  とし、初期速度は  $U_{abs0} = 50$

m/s を与えた。楕円体で仮定した火砕流の形状は、最大広がり幅に関する無次元係数  $B_B$  によって大きく変化する。そこで、過去のシミュレーション開発結果より妥当とされている  $B_B = 0.11$  とした。また、どのような粒度の火砕物が火砕流を構成するのか不明な点が多いが、ここでは火砕物粒子の粒径を  $D_s = 0.10\text{mm}$  とし、上の最大広がり幅に関する無次元係数  $B_B$  を与え、計算を行った。

危険性の評価は、128回の火砕流の通過回数をカウンター化し、図化した。128回のうち1回到達したところを水色、2回到達したところを青色、3回到達したところを緑色、4回到達したところを黄色、5回以上到達したところを赤色で表した。128回の火砕流を発生させ通過回数が多いほど、火砕流が流れる確率が高いとし、危険性が高いとした。

また、火砕流の到達時間を示した時間分布によるハザードマップも作成した。発生から30秒後以内に火砕流が通過したエリアを水色、30秒から1分後以内に火砕流が通過したエリアを青色、1分から1分30秒後以内に火砕流が通過したエリアを緑色、1分30秒から2分後以内に火砕流が通過したエリアを黄色、2分から2分30秒後以内に火砕流が通過したエリアを赤色で表した。

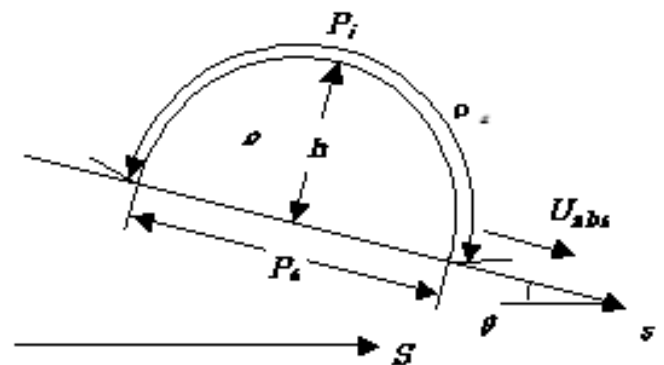


図2 火砕流の概念図



図3 三宅島の位置



図4 噴火口の位置

### 5. シミュレーション結果と考察

実際の火砕流は噴火口から、北東・南西に流れているが、シミュレーション結果でも火砕流がその方向によく流れている。また、図1と図5を比べて、通過回数 4~5 回以上の危険エリアと危険レベルAエリアの範囲が良く似ていることから、シミュレーション結果は妥当であると言える。ハザードマップの内容として、北西部のある区域を除いて、噴火口から全方向に火砕流が流れている。これは、 $D_s = 0.10\text{mm}$ だと火砕物粒子が小さいため、粒子を浮遊または維持させるエネルギーが増加するために、相対的に流下速度が大きくなり、流下距離が増加するからである。このため、北西のある区域を除いて、島のほとんどの火砕流が到

達する可能性がある。

また、火砕流は 30 秒後には三宅島空港近くまで流れ、1 分後には島の 7 割に到達している。このため、火砕流が発生してから、避難を始めても間にあわない可能性が高いと言える。噴火の兆候や噴火が起こった場合は、すぐに三宅島を離れる必要がある。このハザードマップを見る限りでは、三宅島北西部の伊豆岬近くの港には、火砕流が流れてこないため、ここから船で避難する方法が挙げられる。

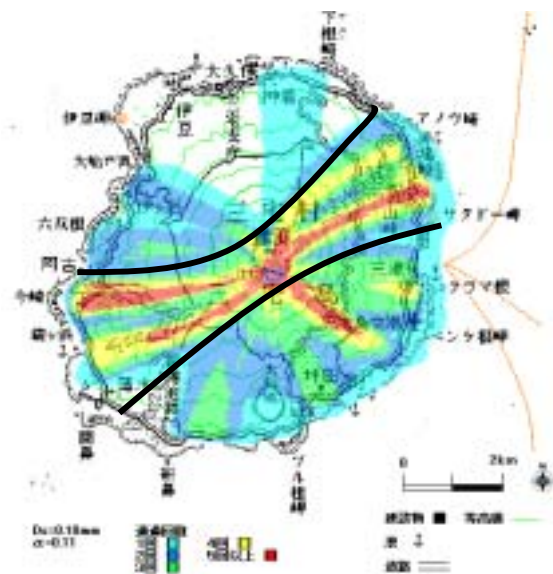


図5 シミュレーションによる危険エリアの範囲

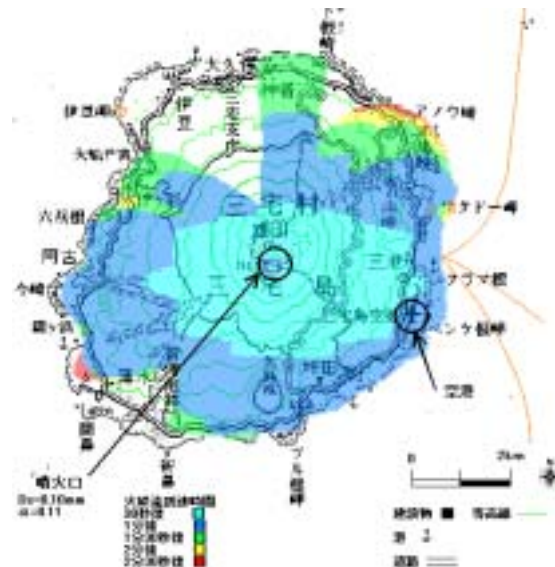


図6 時間分布のハザードマップ

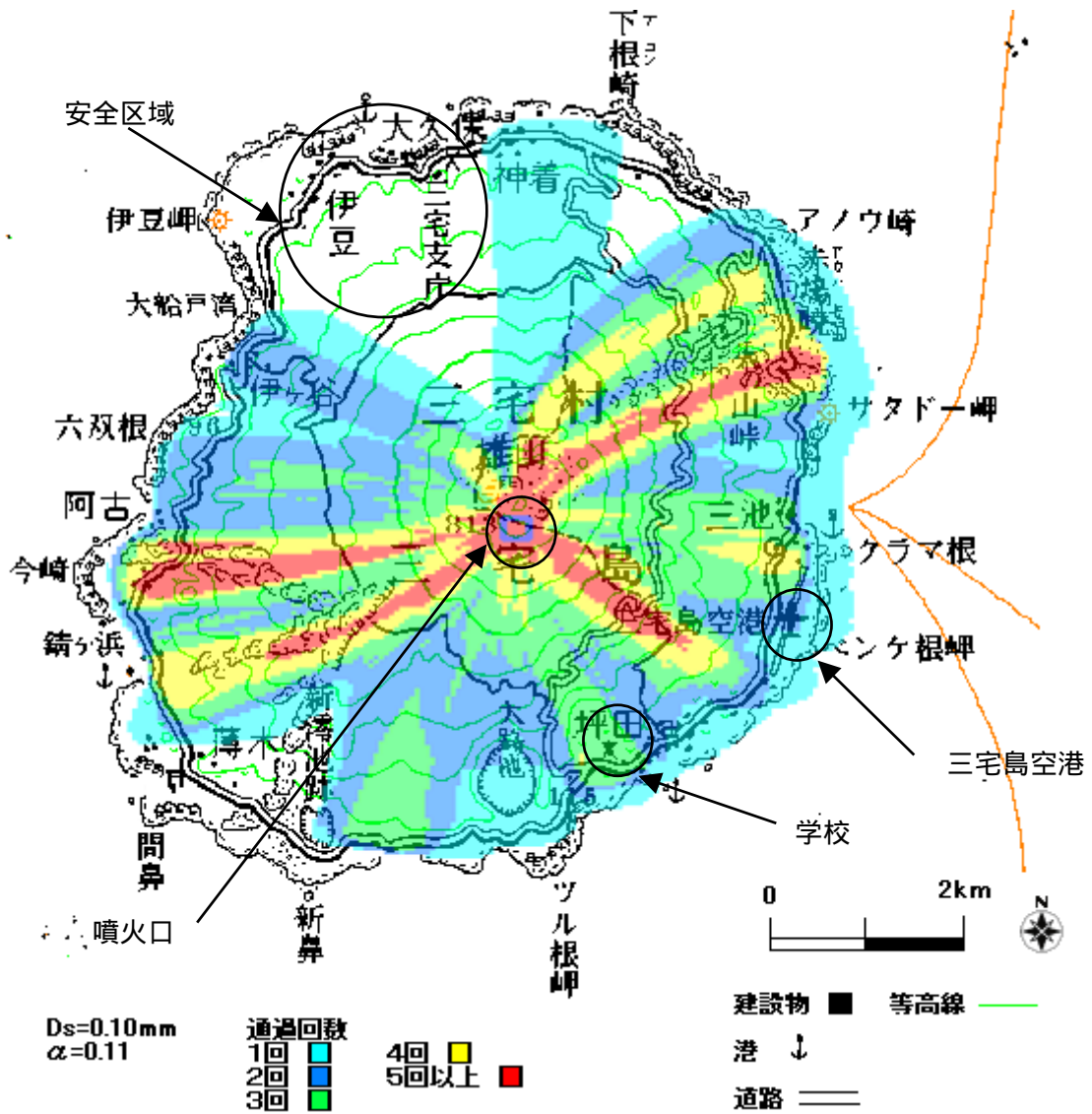


図7 ハザードマップの詳細

## 6. 結論

火砕物粒子  $D_s = 0.10\text{mm}$  ,最大広がり幅係数  $B_B = 0.11$  でシミュレーションを行った結果,公開されているハザードマップと比較して,より詳細な流下範囲を示したハザードマップを作成することができた. 火砕流は北西部の区域を除いて,ほぼ全方向に流れている. 特に北東・南西方向によく火砕流が流れている. この方向は,実際に火砕流が流れている方向であり,特に注意する必要がある. さらに,三宅島空港方向にもよく火砕流が流れているため,注意する必要がある.

また,三宅島では火砕流発生から 30 秒後には

三宅島空港近くまで到達し,1 分後には噴火口から南部全域に火砕流が流れている. そのため,噴火の兆候,噴火が起こるとただちに避難する必要がある.

## 参考文献

- [1] 浅野正彦, 2002: 煙型雪崩の流動シミュレーション手法の検討
- [2] 大澤範一, 2003: 三次元地形を考慮した火砕流及び煙型雪崩のモデル化と数値シミュレータの開発