

爆発的火山噴火による爆風伝播の数値模擬

Numerical simulations of blast waves induced by volcanic eruptions

齋藤 務[1], 山下 宙也[2], 高山 和喜[3], 谷口 宏充[4]

Tsutomu Saito[1], Hiroya Yamashita[2], Kazuyoshi Takayama[3], Hiromitsu Taniguchi[4]

[1] 東北大・流体研, [2] 東北大・情報, [3] 東北大 流体研 衝撃波センター, [4] 東北大・東北アジア研セ

[1] IFS, Tohoku Univ., [2] Graduate Sch. Information Sci. Tohoku Univ., [3] Shock Wave Research Center, IFS, Tohoku Univ., [4] CNEAS, Tohoku Univ

東北大学流体科学研究所衝撃波研究センターでは、火山の爆発的噴火による爆風の発生と伝播を数値模擬し、ハザードマップを作成する研究をおこなっている。本研究では富士山の爆発的噴火を想定し爆風伝播を数値計算して災害分布地図を作成した。

数値計算では気体の粘性、熱伝導の効果を無視し、三次元圧縮性オイラー方程式と質量及び、エネルギー保存則を基礎式として有限体積法による数値積分をおこなった。検査体積界面を横切る数値流束の計算には重み付き平均流束 (Weighted Average Flux: WAF) 法を用いた。数値スキームWAFは高次精度化したゴドノフ法的一种であり、リーマン問題の解を必要とするが、本研究ではHLLC近似リーマン解法による解を用いた。基礎方程式を閉じるためには状態方程式を必要とするが、本研究では理想気体を仮定した。三次元的に伝播する衝撃波の強さは急激に減衰するため、爆発のごく初期を除いてはこの仮定による誤差は無視できる。

衝撃波 (爆風) は地表面で複雑に反射、回折してその強さを変化させるため、数値模擬において地表面の形状を正確に表現する事がきわめて重要となる。本研究では計算領域がきわめて広範囲になるため、計算機的能力を考慮すると格子間隔を50mより小さくすることは困難である。このため、空間解像度50mの国土地理院発行数値地図を用いて地表面形状格子を作成した。5万分の1の地形図から等高線を自動的に読みとる計算機システムも開発し、空間解像度を10mまであげることが可能であるが本研究では用いていない。三次元計算のための空間格子は、地表面格子を垂直方向に積み重ねながら徐々に平滑化する事で作成した。最終的な数値格子は富士山火口を中心に5km四方、高さ10kmの六面体領域とし、格子数は100×100×80である。

火山噴火を数値模擬する際に、どのような方法でエネルギーを開放するかを噴火モデルとして指定する必要がある。噴火想定地点に高温高压気体をつめた容器を置き、計算開始と同時に容器内の高压気体を瞬時に開放する压力容器モデル、高速ジェットが指定した時間だけ噴出するとするジェットモデル、噴火地点に衝撃波管の管端部を持ってくる衝撃波管モデル等が提案されているが、本研究では压力容器モデルおよびジェットモデルについて計算を行った。ジェットモデルは実際の噴火に、より近いと思われる一方、ジェットの流速、継続時間、流速の時間変化など自由度が多く、これらを決定するのに必要なデータが不足している現状では、これらの噴火モデル間の優劣を断定する事は出来ない。

谷口等は、爆風による災害の種類およびその程度を調査し、地表面での過剰圧から災害の程度を予測する方法を提案した。本研究では、この方法に基づいて火山噴火のハザードマップを作成した。谷口等はまた、噴火の際に放出されるエネルギーと、その噴火によって生じた火口直径との関係式を導いている。本研究での数値模擬においては山頂の火口直径(800m)を基にして放出エネルギーは 3.2×10^{15} Jと仮定した。これは、想定され放出エネルギーとしては大きめのケースである。山頂火口でこのエネルギーによる噴火が起こり、压力容器噴火モデルを採用した場合、山麓付近でも90%の樹木が倒れる等の被害が予想される結果となった。現在、エネルギー、噴火モデル、噴火地点などを変え、一方で更に広範囲でのハザードマップを作成する作業を行っている。