

有珠火山噴火の数値模擬

東北大学
流体科学研究所
山本裕朗

室蘭工業大学
機械システム工学科
齋藤 務

内容

- 1 . 研究の背景
- 2 . 流動現象の数値模擬
噴煙の形状
- 3 . 地表(波動)現象の数値模擬
爆風 , 爆音
- 4 . まとめ

研究の背景

- 火山災害分布予測地図の作成

- 火山性爆風, 火砕サージ, 火砕流

- 野外観測データと噴火の物理条件との関係

 - 噴火モデルによる圧力波形の違い

- 数値模擬において地表面の形状を正確に表現することの必要性

 - 衝撃波(爆風)は地表面で反射, 回折してその強度を変化させる

 - 火砕流は、高温岩石の破片を高密度に含み、谷に沿って流れる

数値計算上の仮定

- 気体は理想気体
- 熱伝達による影響は無視
- 火山ガスの化学反応は無視
- 噴火モデル: 噴火口から火山性気体と火砕物の混合物が一定流速をもって噴出する

数值解析方法

- 基礎方程式：三次元Euler方程式
- 流束計算：Weighted Average Flux (WAF)法
- Riemann解：HLLC近似Riemann解法
- TVD制限関数：van Leer TVD制限関数
- CFL条件: 0.3

計算条件

噴煙の初期物性

火砕物と火山ガス(水蒸気)からなる単一流体と仮定

火山ガスの質量分率: 0.05

密度: 4.39 kg/m^3

比熱比: 1.014

温度: 1000 K

圧力: 1.013hPa(1気圧)

鉛直方向の初速: 150 m/s

周辺大気の物性

密度: 1.30 kg/m^3

比熱比: 1.4

温度: 300 K

圧力: 1.013hPa(1気圧)

	火口半径 (m)	噴出率 (kg/s)
Run1	30	1.86×10^6
Run2	460	4.38×10^8
Run3	880	1.6×10^9

計算格子

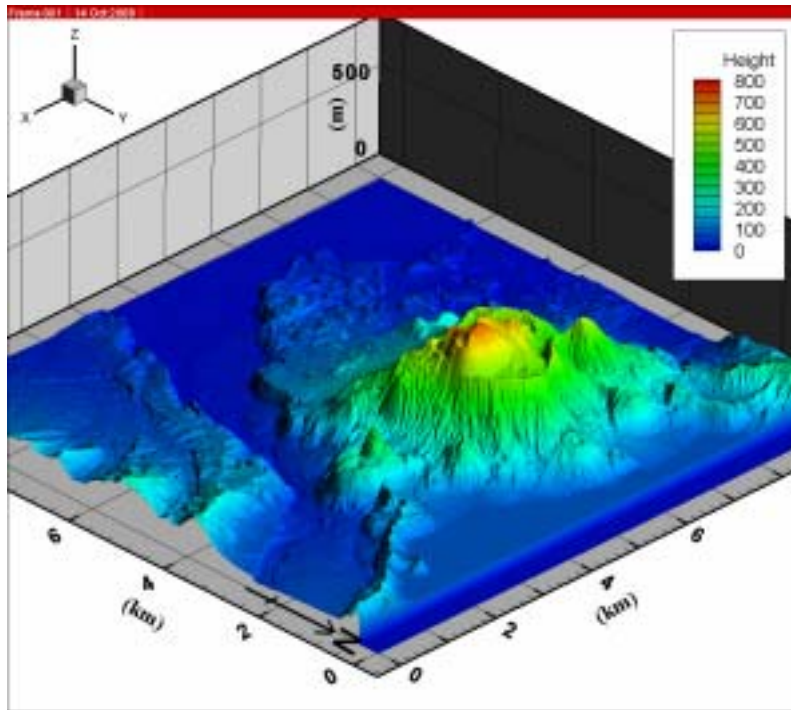


図: 計算格子(地表面)



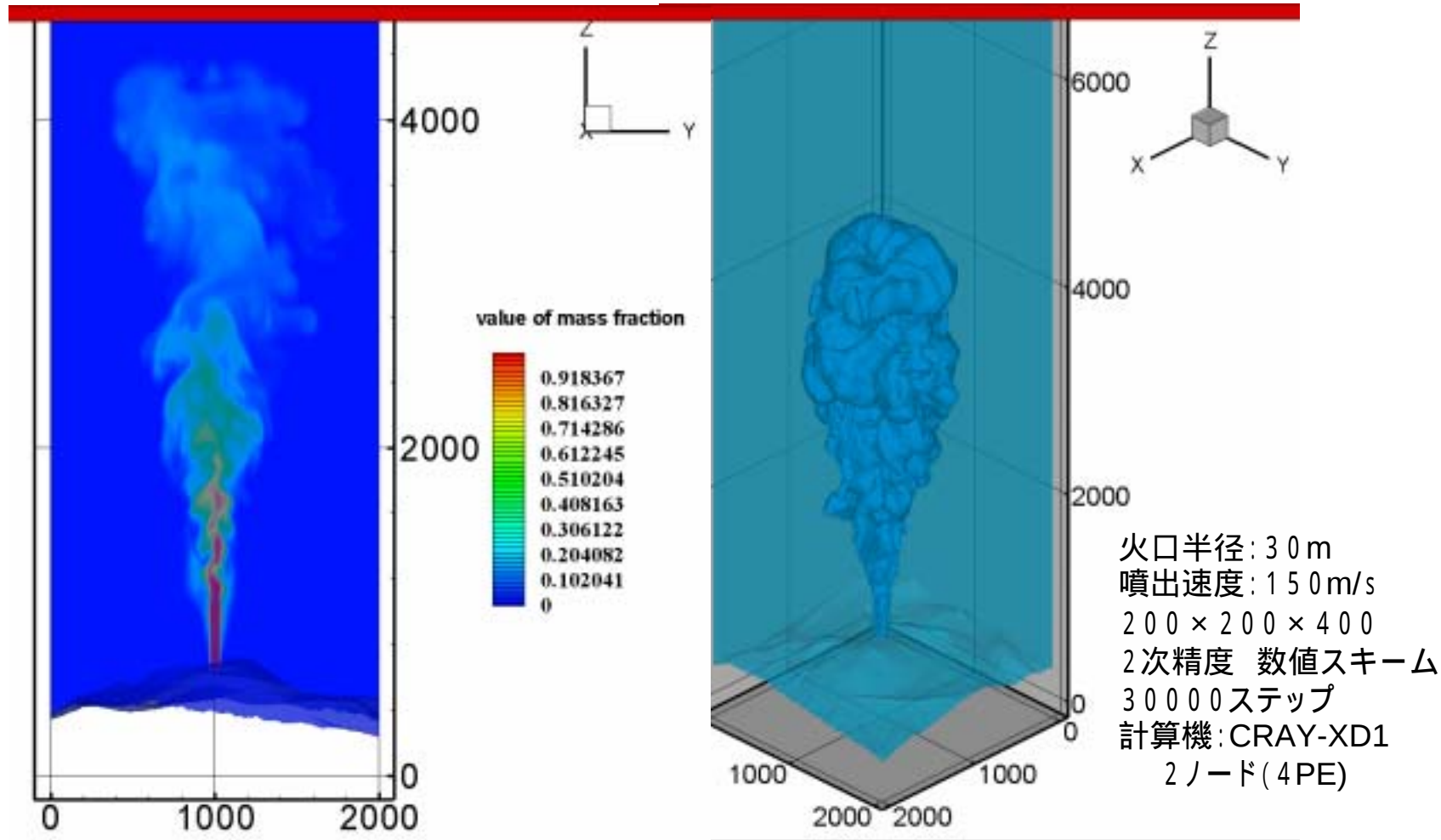
図: 有珠山周辺地図

- 計算格子数: $200 \times 200 \times 400$ (噴煙), $400 \times 400 \times 100$ (圧力場)
- 空間解像度10mの地形データに基づく不等直交格子
- 火口を中心として2km四方, 高さ8000mまたは計算格子外縁に洞爺湖温泉と壮瞥温泉街を含む4km四方, 高さ4000mの領域

計算結果1 噴煙の形状

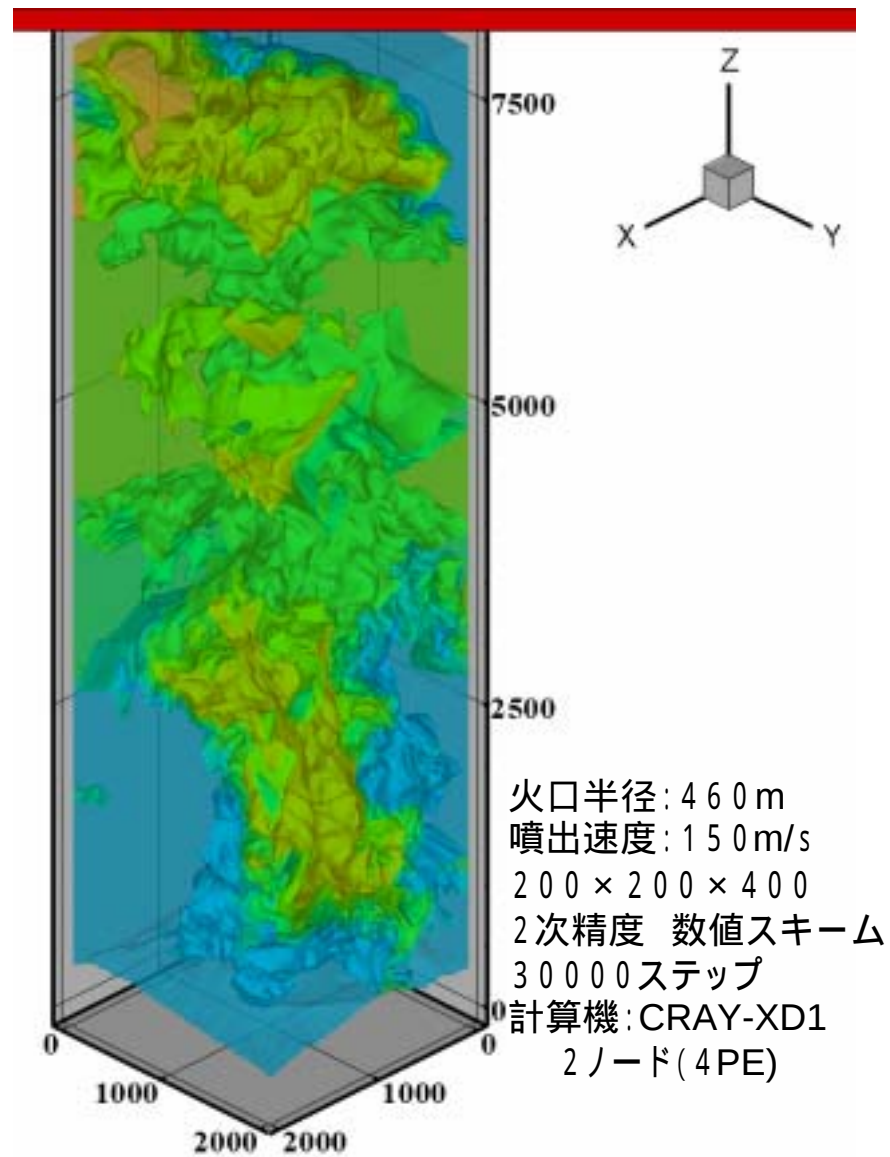
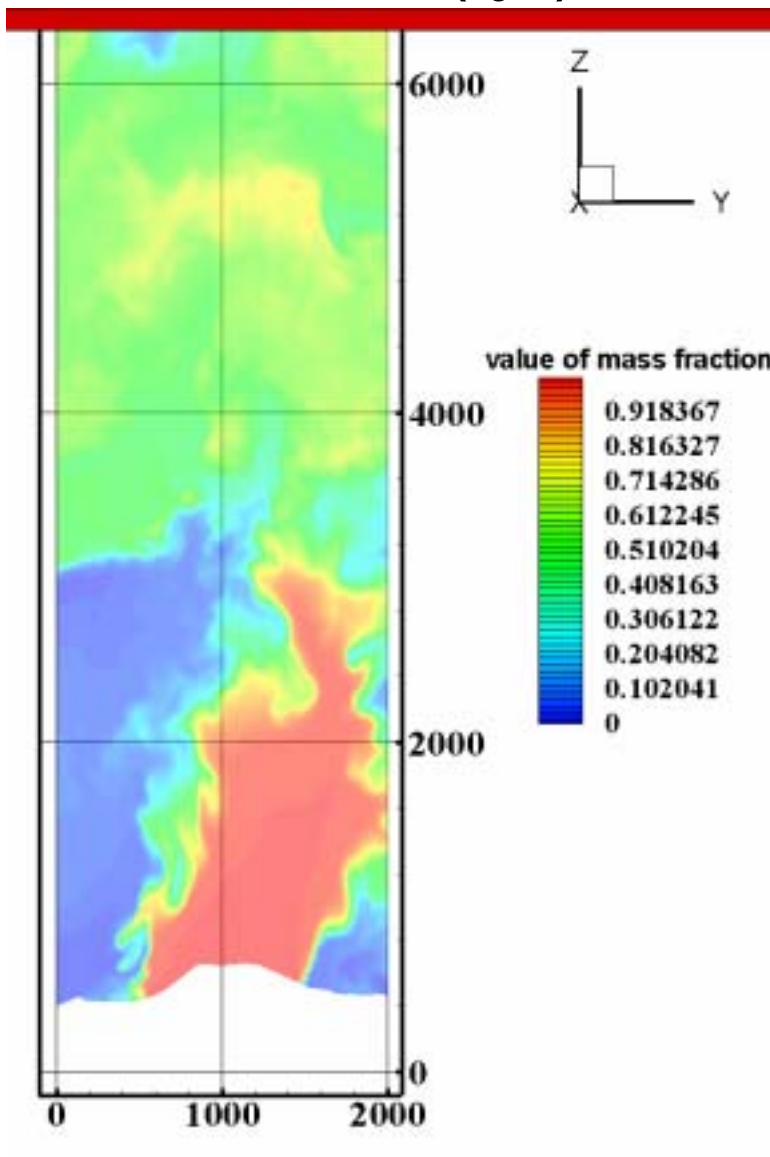
Run1

噴出率 : 1.86×10^6 (kg/s) 噴出開始から90秒後



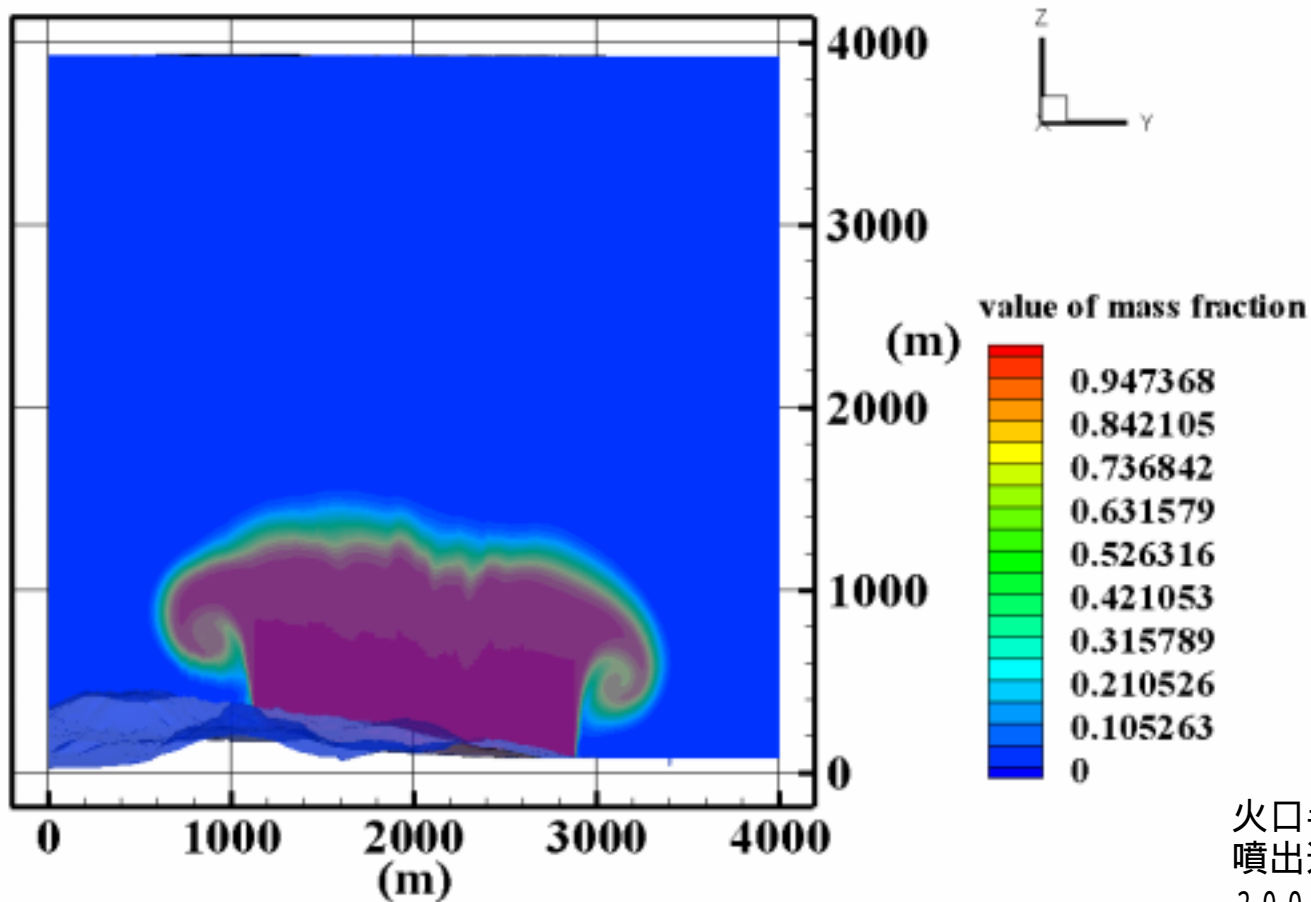
Run2

噴出率 : 4.38×10^8 (kg/s) 噴出開始から90秒後



Run3

噴出率 : 1.6×10^9 (kg/s) 噴出開始から9秒後



火口半径: 880 m
噴出速度: 150 m/s
200 × 200 × 400
2次精度 数値スキーム
10000ステップ
計算機: CRAY-XD1
2ノード(4PE)

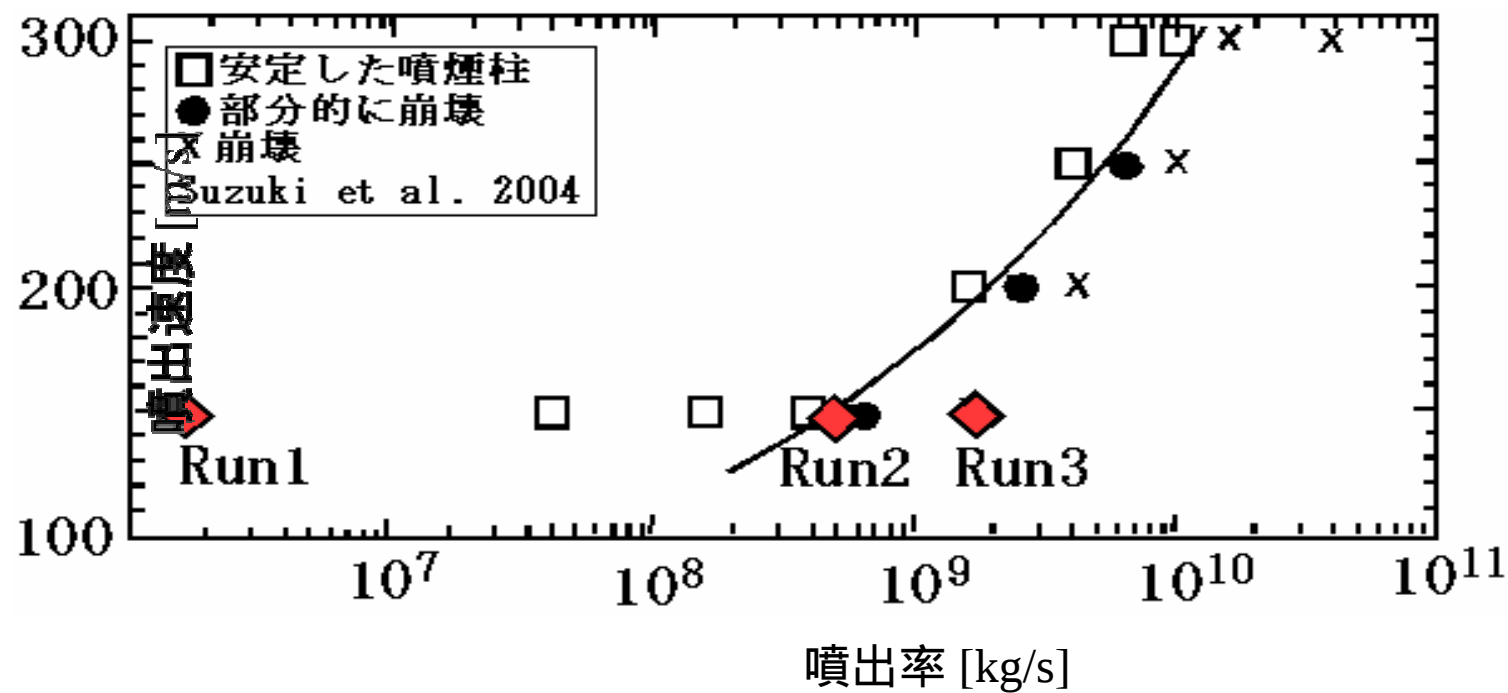
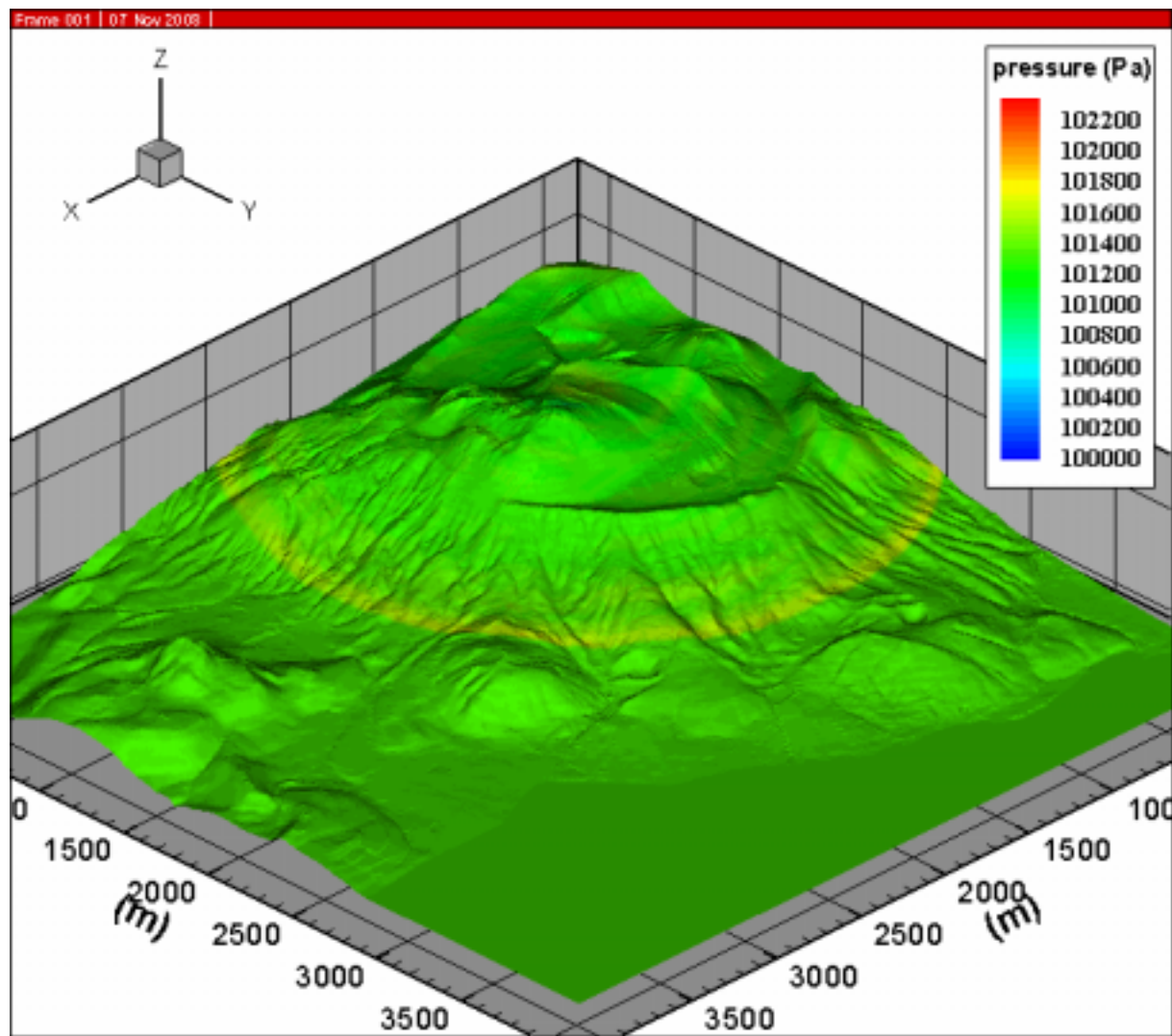


図: 噴煙柱の安定性と噴出率および噴出速度との関係

計算結果2 圧力場



噴出速度: 150 [m/s]

火口半径: 30 [m]

噴出率: 1.86×10^5 [kg/s]

400 × 400 × 100

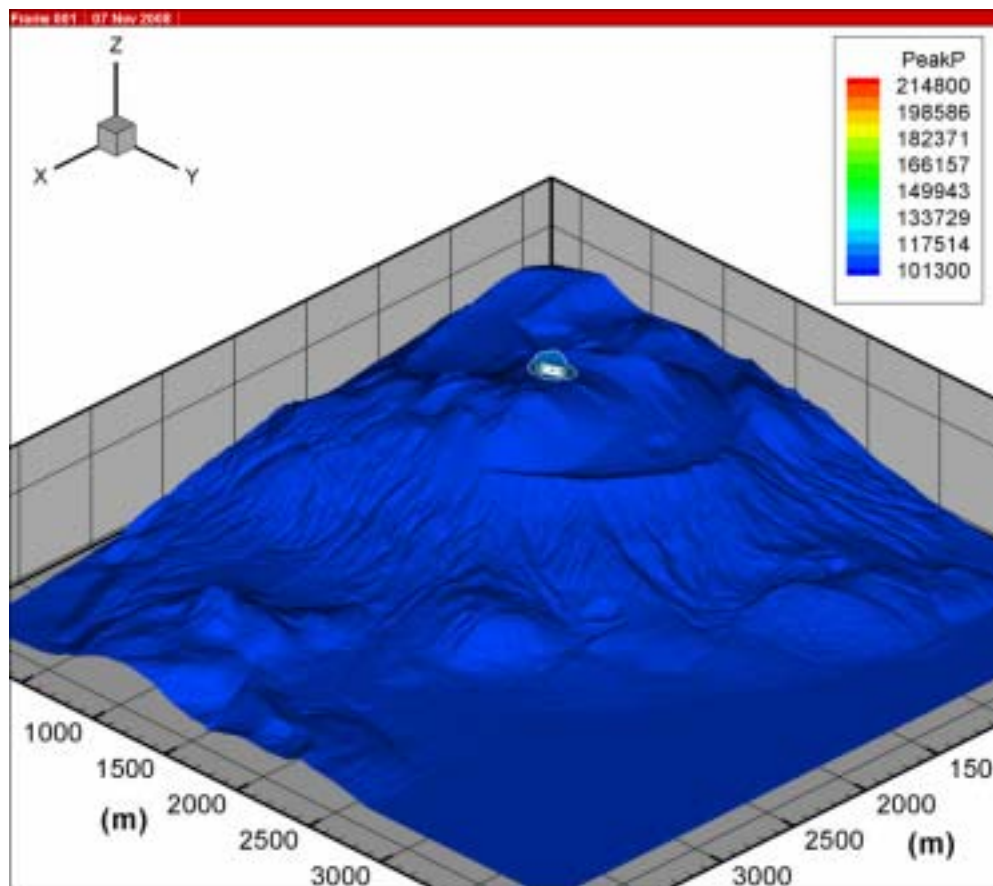
2次精度 数値スキーム

5000ステップ

計算機: CRAY-XD1

2ノード(4PE)

爆風による被害予測



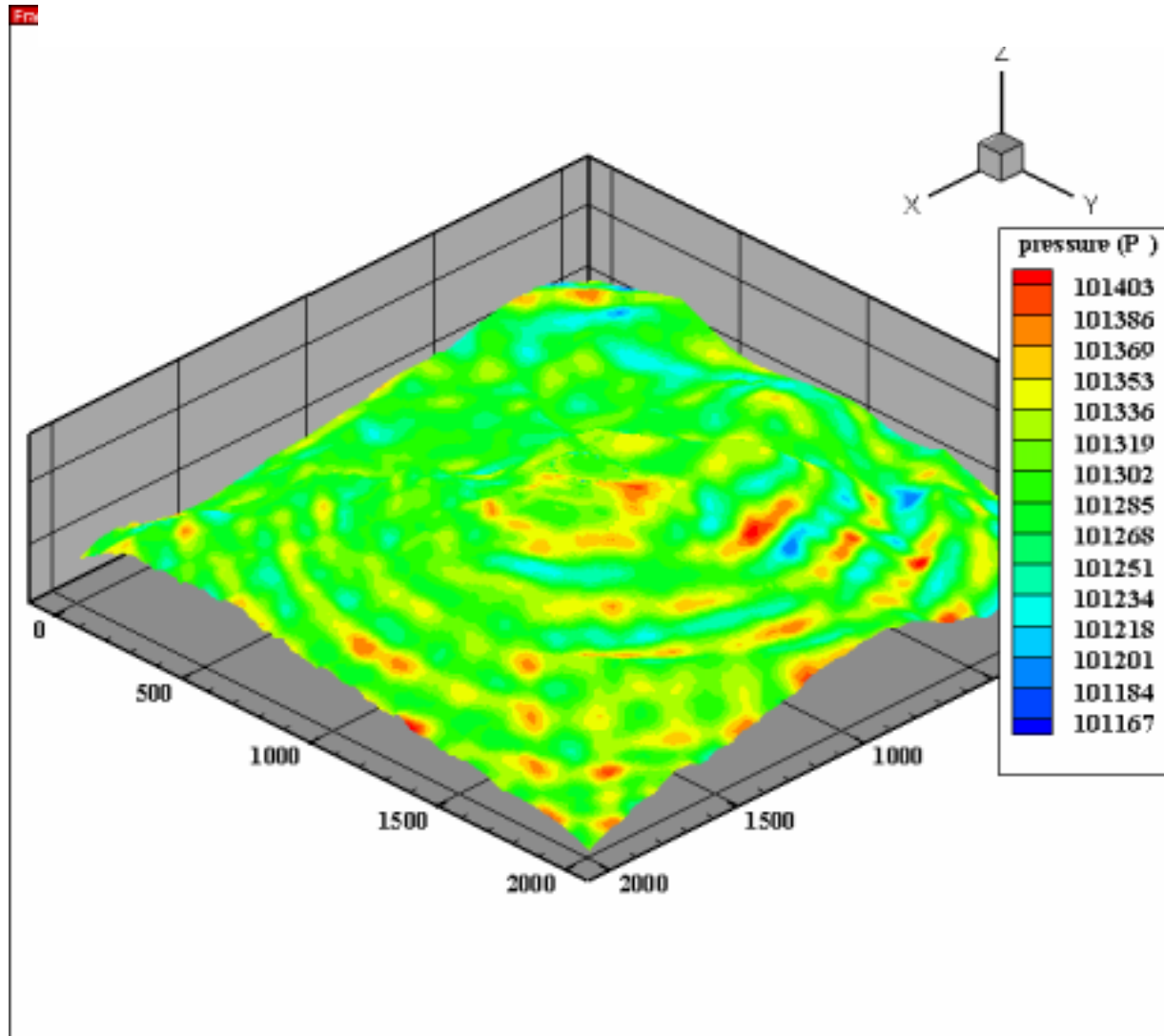
過剰圧と対応する被害

過剰圧 [kPa]	被害
0.1	騒音
0.46	窓ガラスが破損
4.6	窓ガラスが粉碎, 窓枠が外れる 場合がある
46	家屋全壊, 車両が完全に破壊
100<	煉瓦壁が全壊, オイルタンクが 圧壊

図: 最大圧力分布

- 爆風は計算格子外縁に到達するまでには十分に減衰
- 最大過剰圧0.28kPa以上の領域は火口近傍のみ
- 山麓での被害は大きな騒音（143dB）と窓ガラス破損以下

連続噴出に伴い生じる圧力波



火口半径: 100 m
400 × 400 × 100
2次精度 数値スキーム
10000ステップ
計算機: CRAY-XD1
2ノード(4PE)

一定周波数の圧力波が発生

まとめ

- 火山噴煙および火山性爆風の三次元伝播の数値模擬を行った
- 有珠山の爆発的火山噴火時の災害分布予測地図を作成し、爆風が近隣住民へ及ぼす災害を示した

研究計画

噴火条件を変えた場合のハザードマップの作成

噴火位置、噴火モデル(高圧容器モデル、衝撃波管モデル、噴流モデル、混合モデル)

噴火条件と噴火に伴い生じる圧力波の特徴との関係

山麓の観測点における音波の圧力波形、周波数、過剰圧等と噴出速度、火口半径等の噴火条件との関係

火砕サージと火砕流のシュミレーション

発生条件に合わせて噴煙の物性値を設定

END