

3次元気液二相流 流体解析に基づく 噴火発生過程のシミュレーション

防災シミュレーションセミナー
2013年4月25日(木)開催
湊 明彦



Copyright ©2013 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved

内容

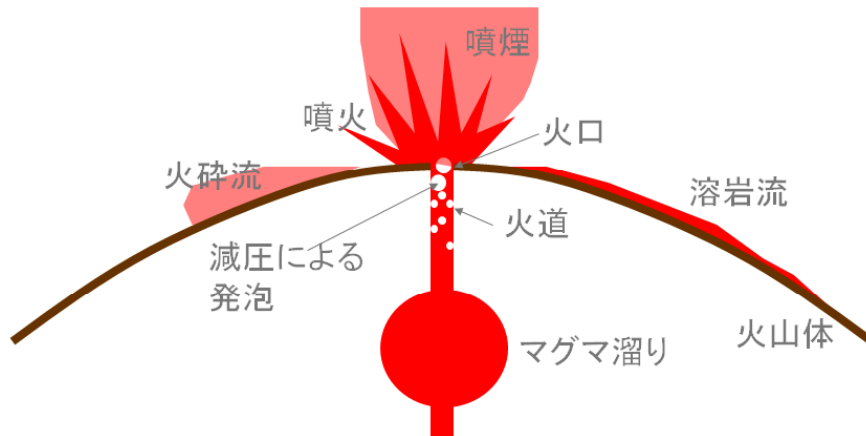
- 噴火とは
- 解析モデルと解析条件
- 噴火の過渡解析結果
- ブラスト(爆風)解析
- 高粘性流体湧出し解析
- 結言



Copyright ©2013 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved

噴火とは

地下深部で発生したマグマが上昇して地表に噴出する現象。



マグマ: 高温高压の岩石溶融物で揮発成分を含む



解析条件

解析モデル

三次元圧縮性二流体モデル

計算格子

ボクセル(立方体)格子(一辺2m)

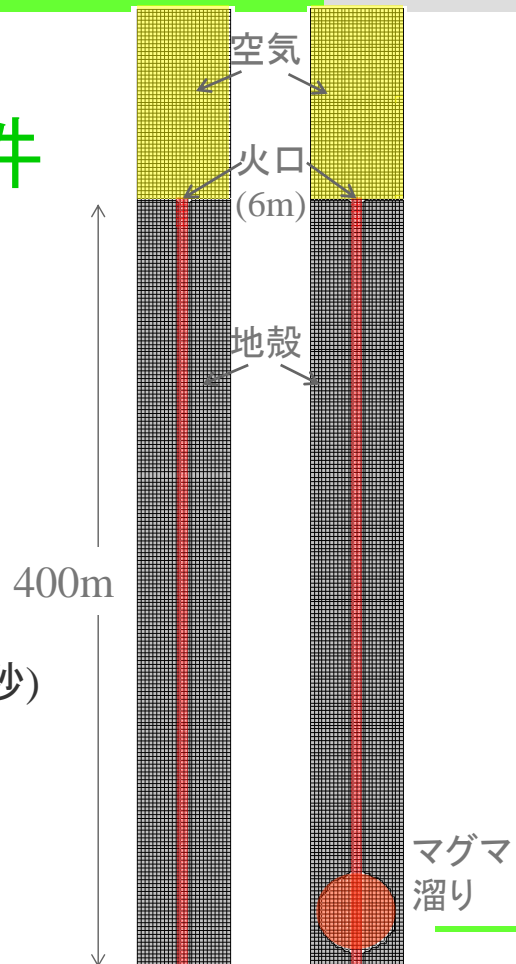
約30,000個

タイムステップ

2×10^{-5} s, 40万ステップの計算(8秒)

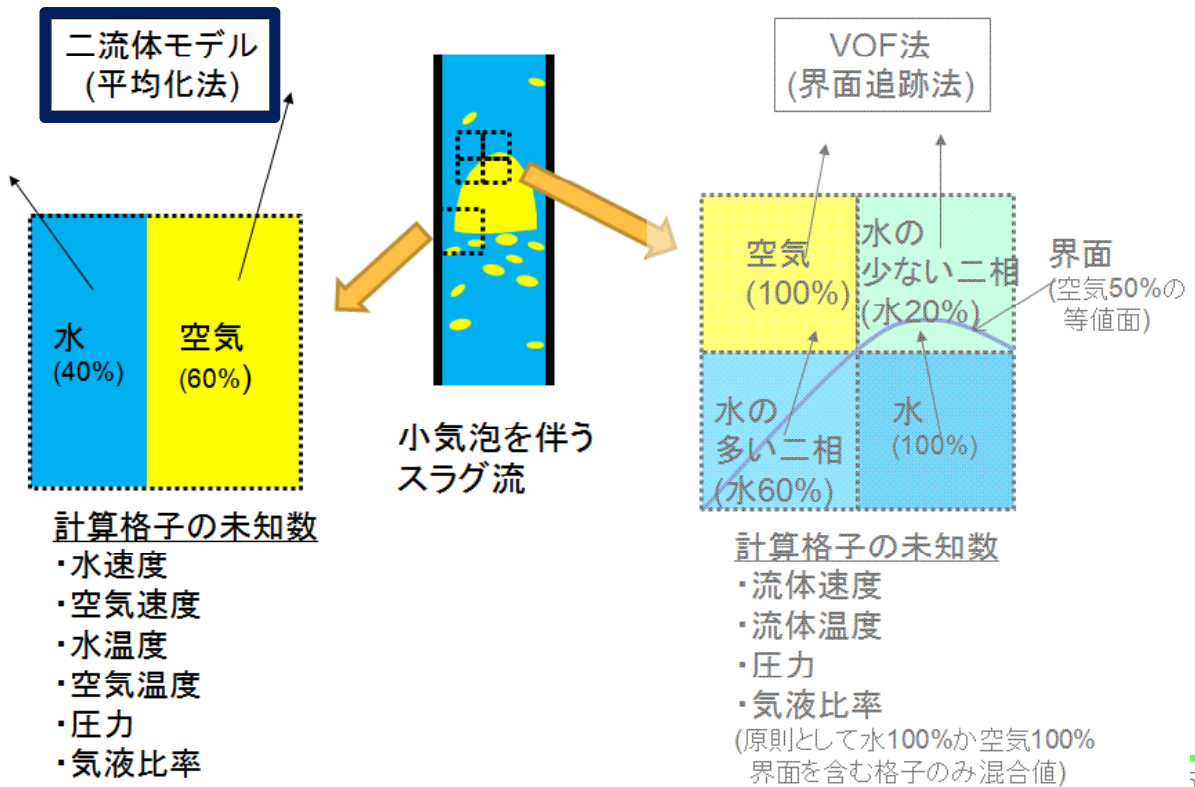
マグマ初期圧力

火口で20MPa, 重力ヘッド考慮



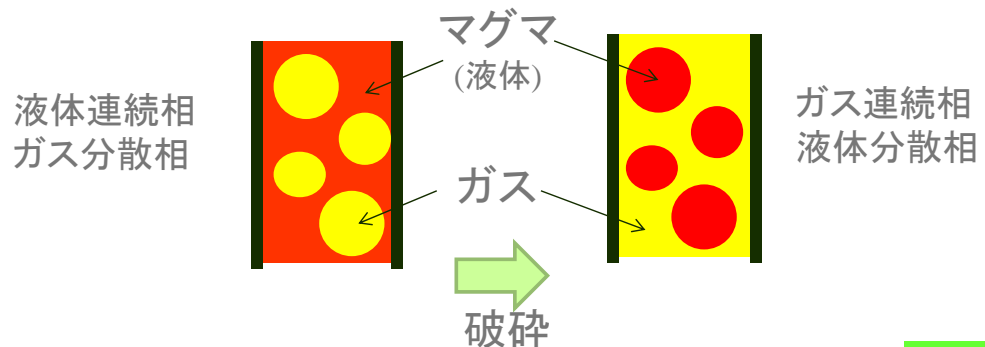
代表的な気液二相流モデル

(気体と液体の混合流)



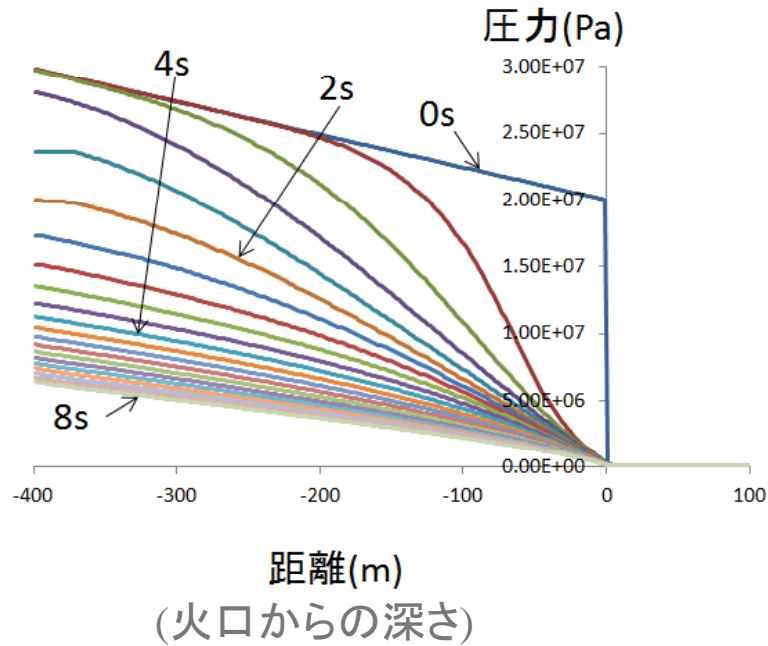
噴火の二相流解析で考慮すべき項目

- マグマ物性(粘性,密度)
- 揮発性ガスの溶解度(温度,圧力依存)
- 発泡の時間遅れ
- マグマ液相の破碎(連続相の交代)



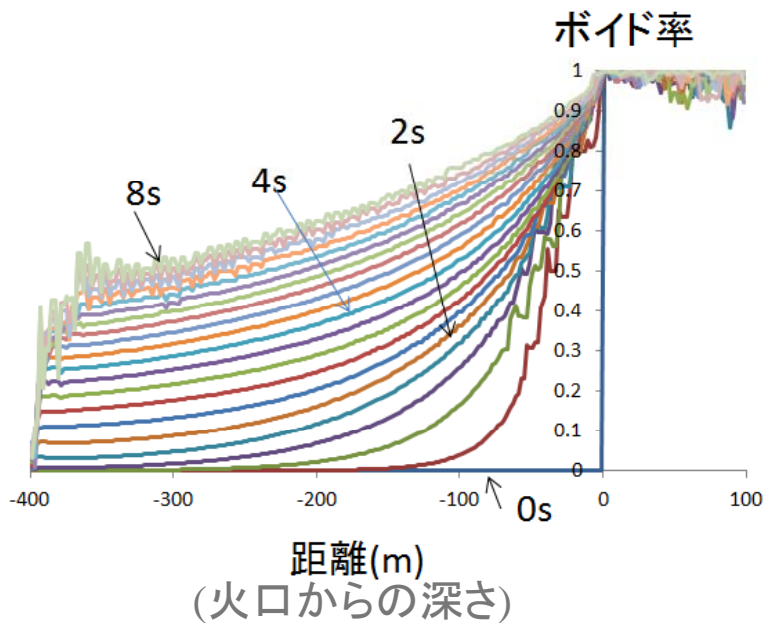
圧力分布の計算結果

(粘性係数 $10^3\text{Pa}\cdot\text{s}$)



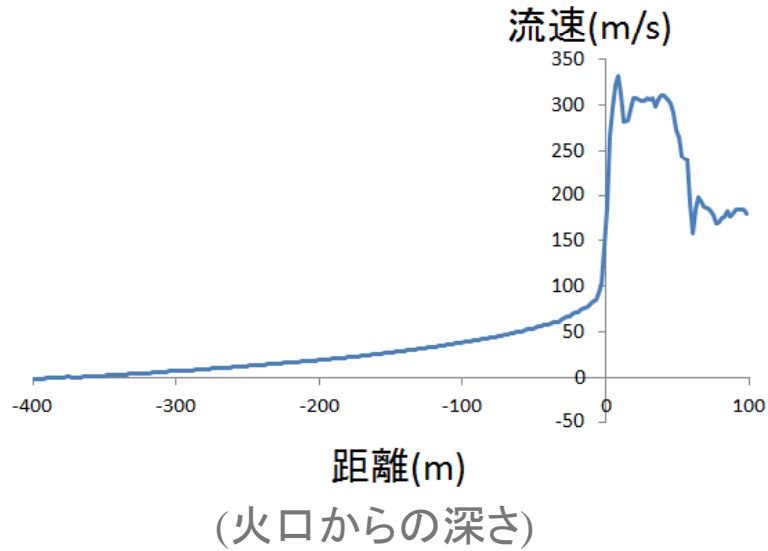
ボイド率分布の計算結果

(粘性係数 $10^3\text{Pa}\cdot\text{s}$)



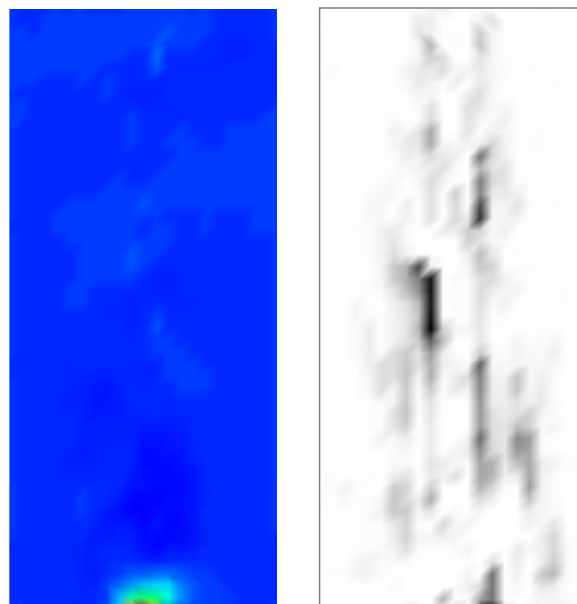
流速分布の計算結果

(粘性係数 $10^3\text{Pa}\cdot\text{s}$)



噴流内の圧力とボイド率

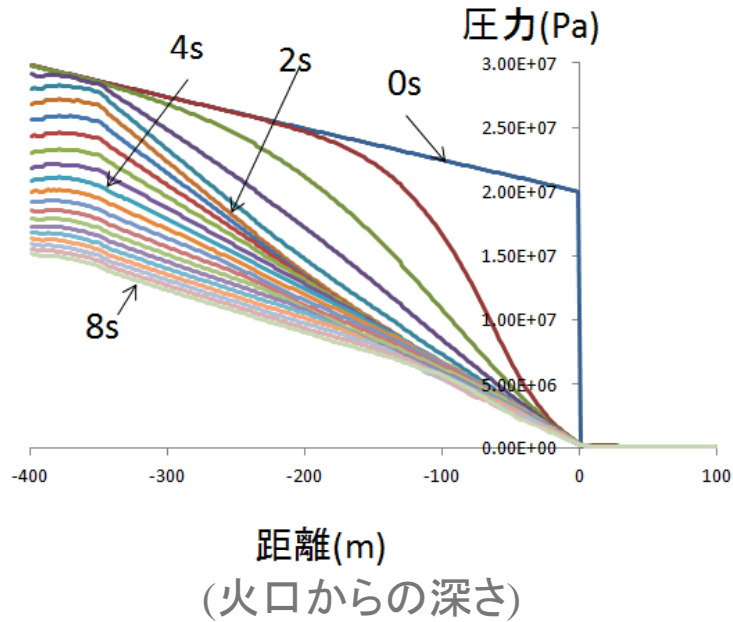
(粘性係数 $10^3\text{Pa}\cdot\text{s}$)



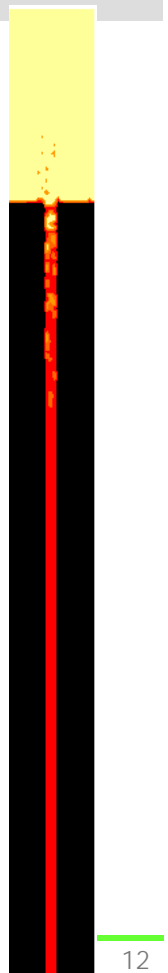
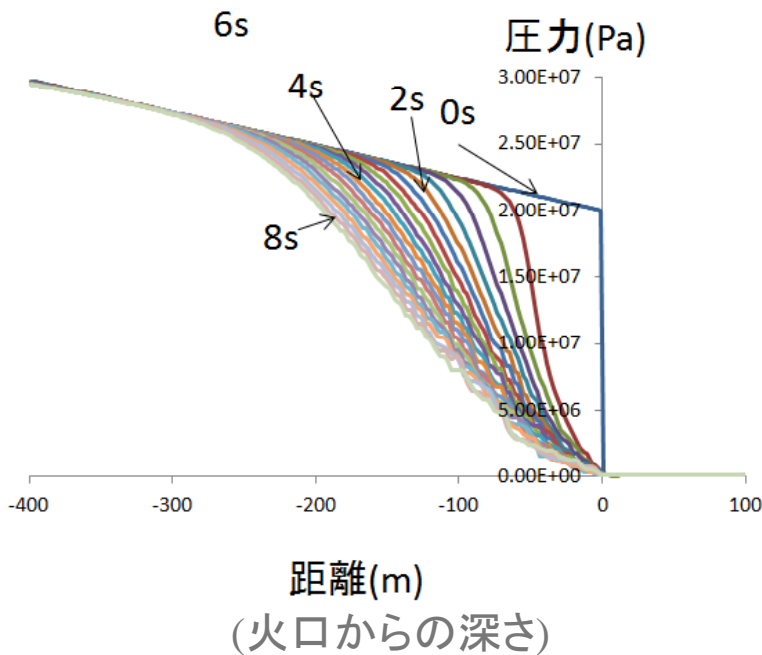
噴流圧力分布 噴流ボイド率分布
(液率を強調して表示)



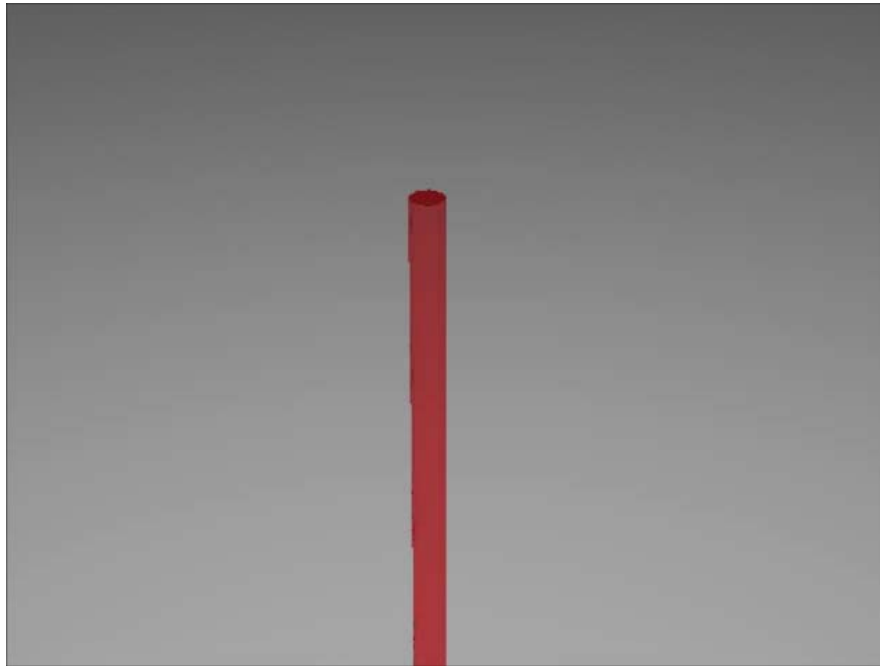
マグマ溜りのある噴火解析結果



高粘性マグマの解析結果 (粘性係数 $10^6 \text{Pa}\cdot\text{s}$)



噴火解析のアニメーション

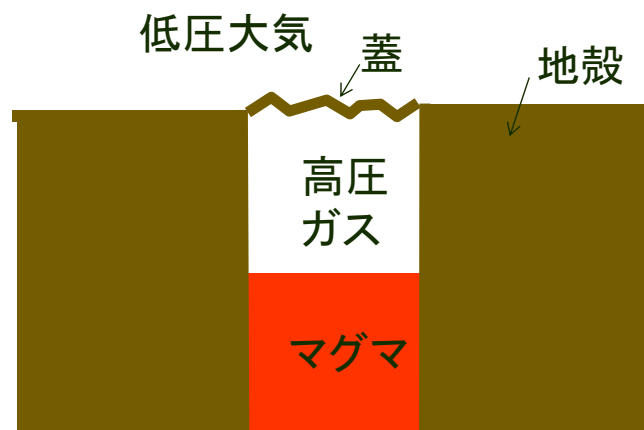


POV-ray
使用

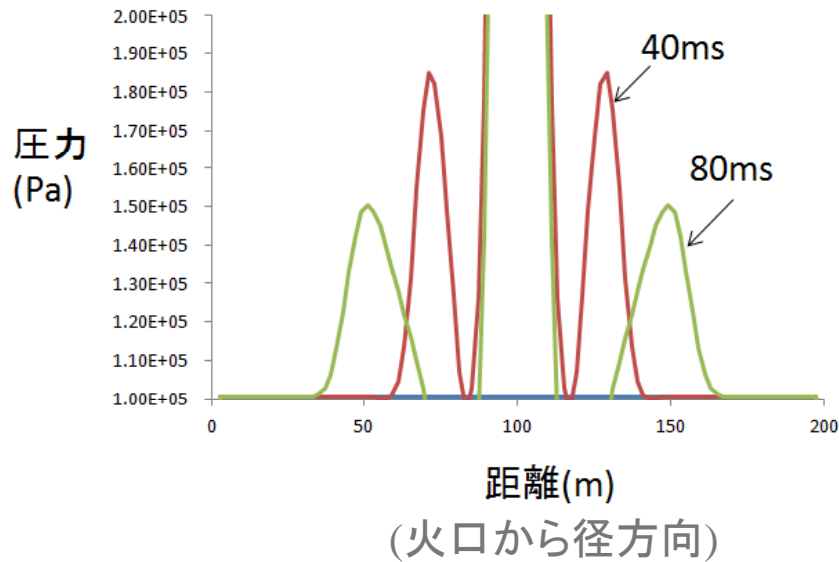


ブラスト(爆風)とは

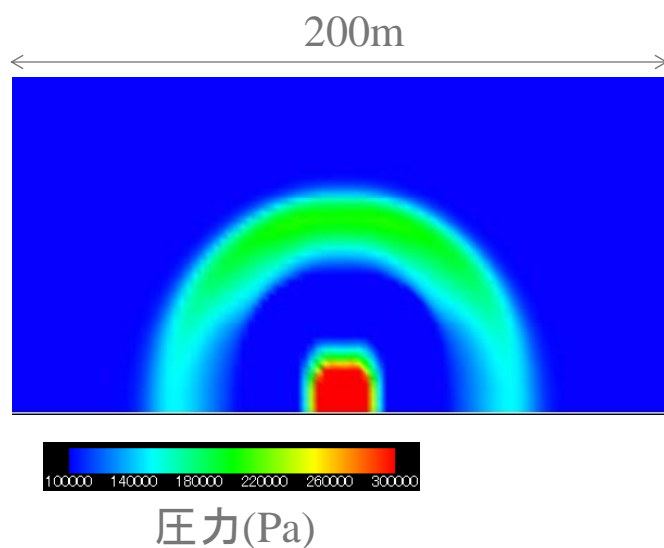
高压ガスが大気に解放されるとき
(火口蓋破壊)発生する衝撃波



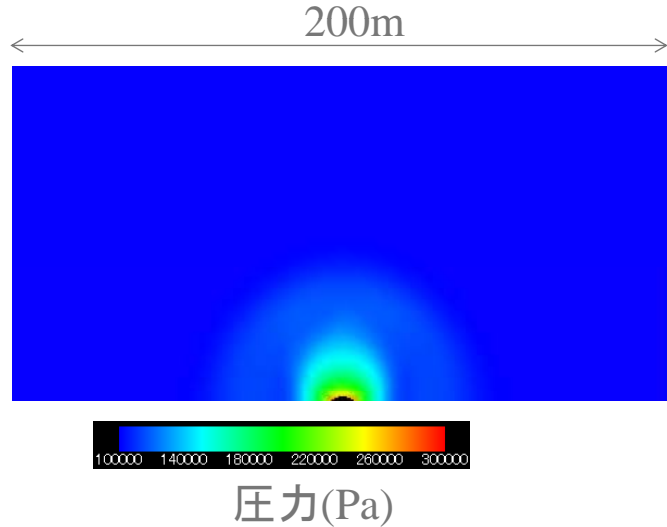
ブラストによる衝撃波伝播 (ガス溜り深さ100m)



ブラストによる圧力分布 (ガス溜り深さ100m,80ms)



ブラストによる圧力分布 (ガス溜り深さ0m,80ms)



高粘性流体の数値解析

高粘性⇒粘性の影響が遠くに及ぶ
(粘性が大きいほど固体に似た挙動)

$$\text{影響距離} = \sqrt{\frac{\mu}{\rho} \times \Delta t}$$

粘り度
密度

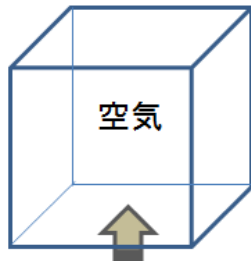
粘り度 $10^6 \text{Pa}\cdot\text{s}$
密度 $2500 \text{kg}/\text{m}^3$
タイムステップ 1s
のとき 20m

計算メッシュはこれより十分大でなければならない
(詳細計算が難しい)

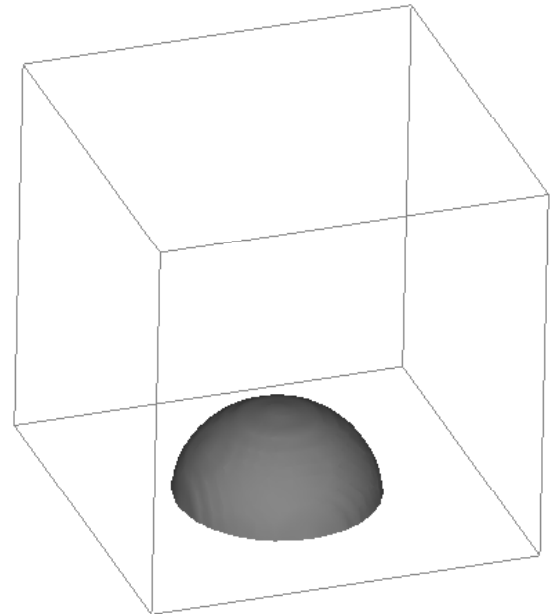


高粘性流体湧出しの解析結果

解析領域 0.5m立方
密度 1000kg/m³



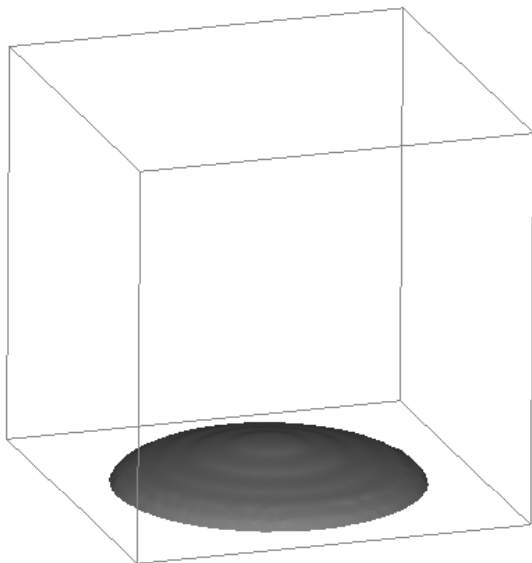
粘性流体湧出し(0.1m/s)
(7.2cm平方開口から6秒間)



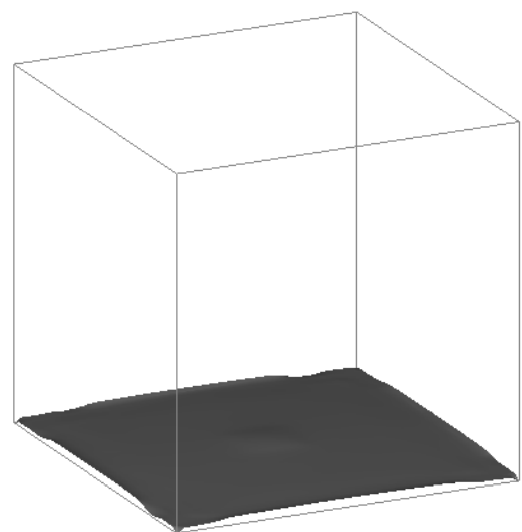
粘性係数10⁶Pa·s



高粘性流体湧出しの解析結果



粘性係数10²Pa·s



粘性係数1Pa·s



結言

- 三次元圧縮性二流体モデルを用いて火口開口からほぼ定常噴流になるまで過渡解析を行った。
- マグマ溜りの効果，粘性の影響を調べた。
- 高圧ガス溜りがある条件でブラスト（爆風）の発生を計算できた。
- 高粘性流体湧出し解析において界面形状に及ぼす粘度の影響を調べた。