

平成 26 年度 地球シミュレータ利用報告 研究成果概要

1. 課題名

火山ダイナミクスの数値シミュレーション

Numerical Simulations of the Dynamics of Volcanic Phenomena

2. 課題責任者

小屋口 剛博(東京大学地震研究所)

Takehiro Koyaguchi

3. 課題の目的

本プロジェクトでは、地球内部のマグマ発生から地表におけるマグマ噴出までの火山現象を、相変化・相分離・熱輸送・乱流を伴う流体力学的問題として数値コードを開発し、火山現象の物理過程に関する理解を進める。また、その計算結果を実際の火山噴火現象と比較検証することで、より現実的な数値モデルを構築する。将来的に、数値シミュレーションに基づき、大気中の火山灰拡散や地表への降灰被害を予測する火山防災上で利用可能なツール開発を目指す。

4. 今年度当初の研究計画

火山噴煙の挙動とそれによって運ばれる火山灰輸送・堆積の挙動に焦点をあて、以下の3つの研究テーマを計画した。(a) 火山灰輸送・堆積のシミュレーション: 流体力学モデルと粒子モデルの混合モデルを用いた大規模計算を行い、実際の噴火事例の再現を試みる。(b) 噴煙高度に与える風の影響のパラメータスタディ: 共通の噴火条件で風速を変えた場合の噴煙高度変化を数値的に計算し、風がある条件下での大気と噴煙の混合効率に関する経験的パラメータの決定を行う。(c) 火口噴出圧力が火砕流の発生条件に与える影響のパラメータスタディ: 噴出圧力が火口直上の流れの内部構造や大気との混合効率に与える影響を数値的に計算し、それが火砕流の発生条件に与える影響を評価する。

5. 研究計画に沿った利用状況

主な計算機利用は(a) 火山灰輸送・堆積シミュレーションと(b) 噴煙高度に対する風の影響のパラメータスタディに関連する大規模計算で、主に年度前半に実行した。年度後半は計算結果の解析に充て、1~2月に補足的な計算を行った。以上より、平成26年度の地球シミュレータ利用を予定通りできていると言える。

6. 今年度得られた成果、および達成度

<成果>

(a) 火山灰輸送・堆積シミュレーション

平成26年度利用申請の直前に発生したインドネシア・ケルト火山噴火事例に関し、年度開始後に様々な観測データが入手可能となったため、数値計算による噴煙ダイナミクスの再現を試みた。大気の再解析データを初期条件とし、野外調査で見積もられた噴出条件を火口での境界条件として、3次元シミュレーションを行った。その結果、噴煙の最高高度、成層大気中で水平に拡大する傘型噴煙の高度と拡大率、降灰分布の拡大方向といった観測データを再現することに成功した。特に、野外調査に基づく噴出率のうち、最小値を使った場合に観測データを整合的に説明できることを明らかにし、噴煙高度等のデータから噴火条件に拘束を与えることができることを示した。

本プロジェクトでは、これまでに大規模噴火事例(フィリピン・ピナツボ 1991年噴火)、及び、小規模噴火事例(新燃岳 2011年噴火)の噴煙のダイナミクス・火山灰の輸送過程の定量的再現に成功している。上記ケルト火山噴火は中規模噴火であることから、本成果によって、開発した数値モデルが幅広い噴火規模に適用可能であることが示された。

(b) 噴煙高度に対する風の影響のパラメータスタディ

昨年度に引き続き、大気状態や風速を変えた広範なパラメータスタディを行い、噴煙・大気の風に起因する混合効率を示す経験パラメータの傾向を明らかにした。このパラメータは、条件に依らずおおそユニバーサルな値を持つが、風が弱い場合は強い場合に比べて混合効率が下がること、混合効率は噴煙の高さ方向にバリエーションがあるという予察的結果を得た。

(c) 火砕流の発生条件に与える噴出圧力のパラメータスタディ

昨年度の成果として得られた「噴煙が高圧状態で噴出した際の火口直上の膨張に伴う不安定による渦」の発生が、噴煙への大気流入量に与える影響を系統的に見積もる手法を確立した。この手法を用いて、比較的大規模な噴火に対して、火口噴出圧力が火砕流の発生条件に与える影響を定量的に評価した。

<達成度>

(年度当初の研究計画を全て達成した場合を 100% / 複数の目標があった場合は、それぞれについて達成度を数値で記載)

- (a) 100%
- (b) 90%
- (c) 90%

7. 計算機資源の利用状況

<計算機資源の利用状況>

(計画的に計算機資源を利用できているか、状況を記載)

使用するプログラムコードの最大利用可能ノード数 64 に対し、主に 32 もしくは 16 ノードによる計算を実行し、並列化効率・ベクトル化効率・メモリ使用量を効率的に利用することができた。計画的な計算機資源の利用をすることで、許可ノード時間のほぼ全体を使用し研究を完了した。

<チューニングによる成果>

(ベクトル化、並列化チューニング等、計算機資源を有効利用するために行ったこととその効果を記載)

主に実行している風の効果を含めた流体計算・粒子計算コードは、前年度までにベクトル化・並列化チューニングを十分に行っているものをベースとしている。ピーク性能比率は平均して20%前後まで到達しており、計算機資源を十分に有効利用していると考えられる。したがって、今年度は新たなベクトル化、並列化チューニングは行っていない。

<計画的に利用できていない場合、その理由>

特になし

8. 新聞、雑誌での掲載記事

なし。

火山ダイナミクスの数値シミュレーション

小屋口剛博、東京大学地震研究所

本プロジェクトでは火山噴煙の挙動と火山灰の拡散・降灰に関する数値モデルを開発している。この数値モデルは、これまでに、大規模噴火(ピナツボ1991年噴火)と小規模噴火(霧島新燃岳2011年噴火)の噴煙を定量的に再現することが確認されている。

H26年度は、中規模噴火であるインドネシア・ケルト火山2014年噴火の再現を試みた。

→ 計算の結果、観測値(噴煙の最高高度・傘型噴煙の高度と拡大)の再現に成功した。

[図1]

[図2]

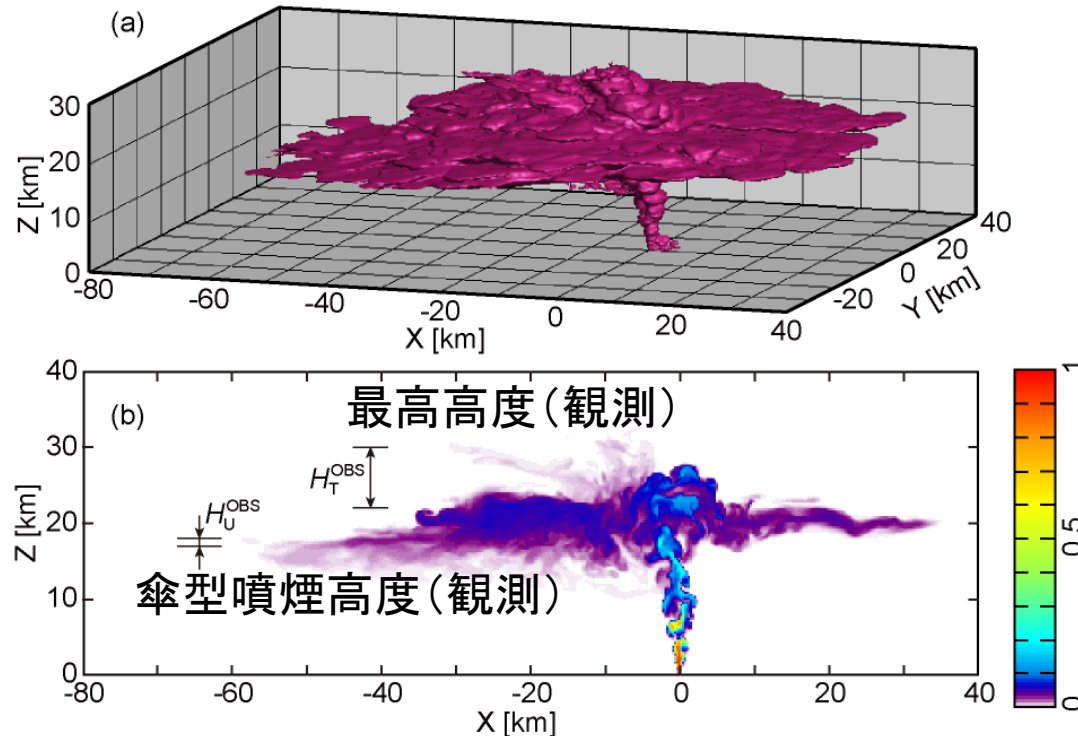


図1:シミュレーションによって得られた噴煙の
(a) 3D分布図と(b) 断面図.

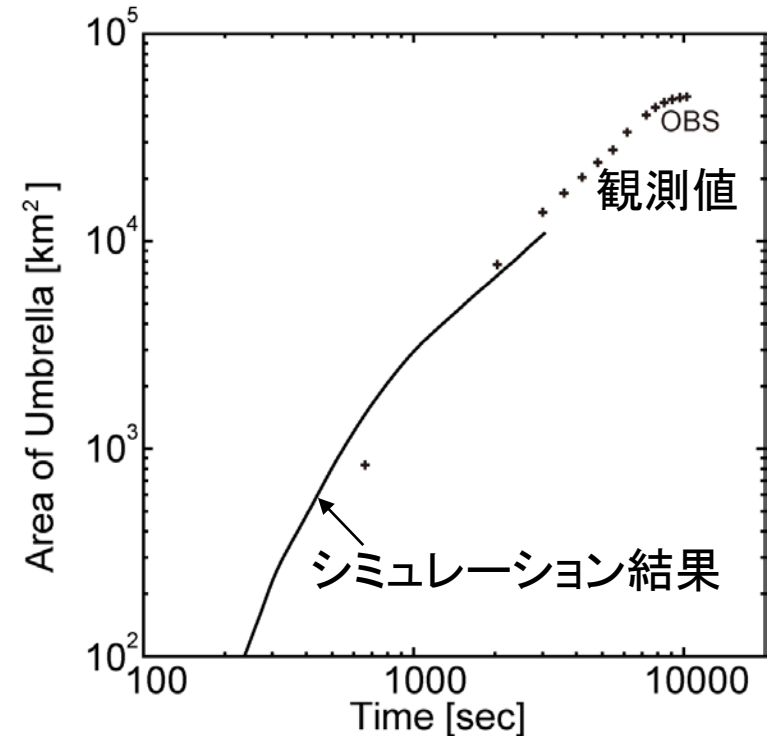


図2:シミュレーションによって得られた
傘型噴煙面積の時間発展と観測値.