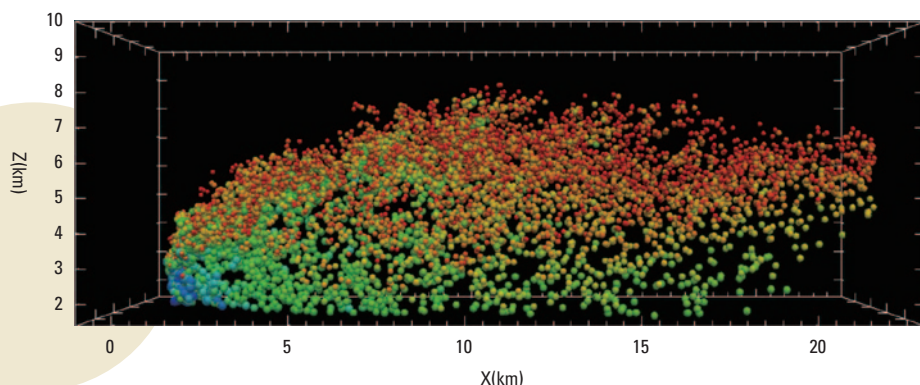
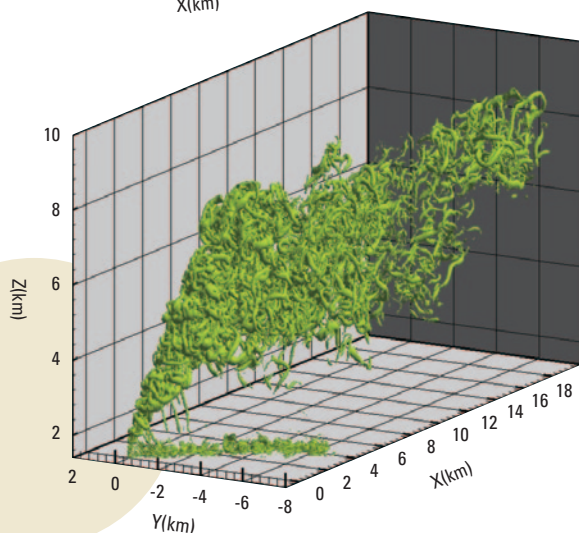
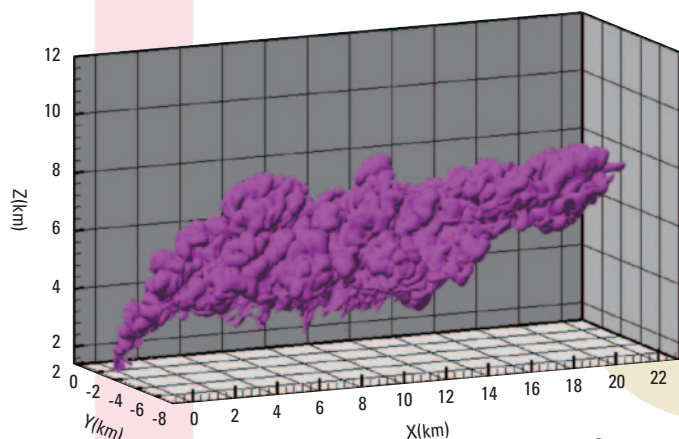


Plus

地震研究所 ニュースレター

No.17
NEWS LETTER Plus
Earthquake Research Institute,
The University of Tokyo



火 山噴火はとてもダイナミックな自然現象である。数理学系研究部門の鈴木雄治郎助教は、マグマの発生から上昇、噴煙、そして火山灰の降灰まで火山噴火を統一的に理解することを目指し、3次元シミュレーションを用いて研究を進めている。そのシミュレーションが確立すれば、人工衛星などによって観測できる噴煙の情報から直接見ることができない火口やマグマだまりの状態を理解したり、地層中の火山灰から過去の噴火の様子を推定したりすることも可能になる。それは、噴煙や降灰の広がりやの予測を可能にし、防災にもつながる。

特集

火山噴煙を3次元で シミュレーションする



東京大学地震研究所

火山噴煙を3次元でシミュレーションする

噴煙の動きを再現する

「火山の噴火によって生じる噴煙の観測から、直接見ることはできない火口、さらには地下のマグマだまりについて理解できるようにする。それが、私が行っている研究の究極の目標です」と鈴木雄治郎 助教は言う。「そのために、実際の噴煙の動きを再現できる高精度な3次元モデルをつくり、シミュレーションを行っています」

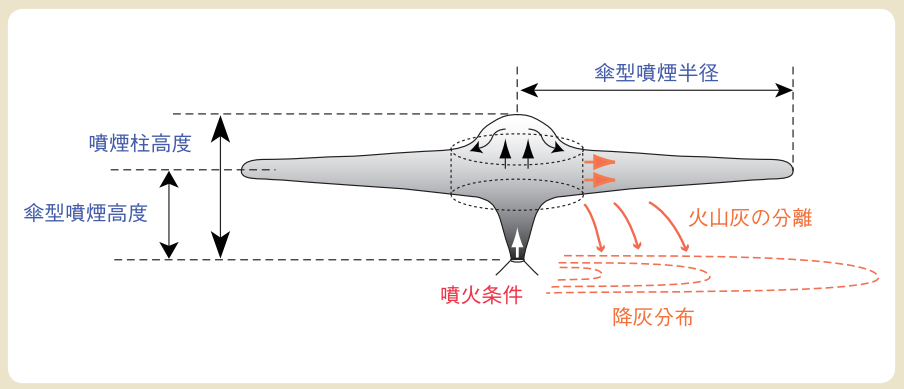
火山の地下には、溶けた岩石が滞留しているマグマだまりがある。たまっていたマグマが火道を通して上昇してくると圧力が下がり、マグマに含まれている水蒸気やガスが急膨張してマグマを粉碎する。それらが火口から爆発的に噴出したものが、噴煙だ(図1)。

噴煙は、マグマの破片である火山灰や噴石と火山ガスの混合物であり、空気より重い。そのため、噴火の勢いで火口から噴出するものの上昇し続けることができず、山肌を流れ落ちる。それが火砕流である。一方、噴煙が周りの空気を取り込むと、高温の火山灰によって取り込んだ空気が急激に膨張するので密度が小さくなり、噴煙柱となって上空数〜数十kmまで上昇していく。空気は上空に行くほど密度が小さくなるため、ある高さで空気と噴煙の密度が釣り合い、それ以上は上昇できずに水平方向に広がっていく。それを傘型噴煙と呼ぶ。

噴煙は航空機の運航に支障を来すほか、火山灰が噴煙によって運ばれて降灰すると健康や農業への被害、交通障害などを引き起こし、社会的経済的に大きな影響を与える。どのような噴火のときに噴煙がどこまで上昇しどのくらい広がるのか、噴火条件と噴煙の挙動の関係を理解することは、火山学の中でも重要なテーマである。

そのために有用な手法の一つが数値シミュレーションであり、世界で初めて噴煙の数値シミュレーションが行われたのは1984年だ。「最初のものは噴煙柱の一つの断面だけを計算する2次元シミュレーション、しかも風がない場合を想定したものでした。計算機の性能も低かったため、2次元が精いっぱい

図1 火山噴煙の概念図



だったのです。噴煙のシミュレーションは2次元止まりの状況が、2005年まで続きました」

噴煙の3次元シミュレーションに世界で初めて成功

その状況を変えたのが、鈴木助教である。「火砕流になるのか噴煙柱として上昇するのか、また噴煙がどこまで上昇しどのくらい広がるのかは、主に噴煙が空気をどれだけ取り込むかによって決まります。そして、空気を取り込み量に最も効くのが、噴煙中に発生する乱流の渦です。噴煙を見ると、モクモクしていますよね。その一つ一つが乱流の渦で、それによって空気を取り込まれます。渦は3次元構造をしているため、2次元シミュレーションでは十分に再現できません。噴煙を再現するには3次元シミュレーションが絶対に必要だと考え、東京大学大学院に進んだ1999年から、その実現を目指して取り組んできました」

そして海洋研究開発機構に所属していた2005年、世界で初めて噴煙の3次元シミュレーションに成功。実は、2次元と3次元の結果は大きく変わらないだろうと考えられており、鈴木助教自身もそう思っていた。ところが、「まったく違いました」と鈴木助教。大きな違いは噴煙の高さで、3次元シミュレーションでは2次元の結果より低くなった。「渦は立体的な構造を持っていて、さまざまな方向から空気が入り込んでいきます。しかし、2次元シミュレーションでは空気の入りが一断面に制限され

てしまいます。そのために、噴煙と空気の混合が抑制され、火山灰の熱を維持した噴煙がより高くまで上昇するという結果になっていたのです。2005年以降、噴煙のシミュレーションは3次元が主流になりました」

ピナツボ火山の噴煙の再現に成功

次に鈴木助教は、1991年に起きたフィリピン・ピナツボ火山の噴火についてシミュレーションを行い、観測データとの比較を行った。ピナツボの噴火では、火山灰の総量や噴火の継続期間が分かっているため、噴出率を求めることができる。それを噴火の条件とした。「人工衛星の観測から、噴火1時間後には噴煙が高度25kmまで上昇し、直径280kmに広がっていたことが分かっています。シミュレーション結果は、人工衛星が観測した噴煙をほぼ正確に再現することに成功しました。噴煙の中は見ることはできませんが、密度などの内部構造も明らかにすることができました」(図2)

霧島連山・新燃岳の噴煙と火山灰の降下を再現

2010年、鈴木助教は地震研へ。「まず取り組んだのが、頻繁に起きる小規模噴火の再現です。シミュレーションでは空間を格子に区切って計算します。小規模噴火のシミュレーションでは格子を小さくしなければならず、



数理系研究部門 助教
鈴木雄治郎

計算量は大規模噴火の1000倍にもなります。さらに風の影響もより大きいので、大規模噴火と比べてとても難しいのです」

鈴木助教が再現の対象に選んだのは、2011年1月に噴火した宮崎・鹿児島県境に位置する霧島連山・新燃岳の噴煙である。1月26、27日の噴火では、噴煙が高度7～8.5kmまで上昇し、東南東に大きくなびく様子が観測されている。観測から求められた噴出率を噴火条件とし、風のデータも入れて3次元シミュレーションを行った結果、観測された噴煙の様子を再現することに成功した(表紙上)。噴煙内部の渦構造も明らかになった(表紙中)。

「新燃岳のシミュレーションでは、火山灰の動きも計算しました(表紙下)。すると、噴煙がたなびく方向と火山灰が降下する方向が少しずれるという結果になりました。二つの方向はだいたい同じだと考えられていたので、シミュレーションの誤りを疑いました。しかし、観測データを詳細に調べてみると、シミュレーション結果と一致していました。この日は地表近くと上空では風の吹き方が異なっていたため、噴煙がたなびく方向と火山灰が降下する方向がずれたのです。このシミュレーションでは風の影響も正確に再現できていることが確かめられました」

地層中の火山灰から過去の噴火を知る

「噴煙だけでなく、火山灰の動きも再現することは、とても重要です」と鈴木助教。「噴煙は一時的にしか観測できません。一方、火山灰は地層となって長く残ります。地質学者は地層中の火山灰の分布や量から、噴煙の高さや噴火の規模、推移などを推定しています。しかし、その推定には多くの仮定が入っています。噴煙のシミュレーションが確立されれば、推定の精度を上げることができます」

しかし鈴木助教は、「新燃岳のシミュレーションではまだ不十分」と指摘する。新燃岳のシミュレーションでは、火山灰に相当するさまざまなサイズの粒子を火口の真上に置き、それらが噴煙の上昇流と風に乗って移動し、大きなものから順に噴煙から分離して落ちていく様子を計算している。「実際には、噴煙中の火山灰と水蒸気や空気は相互作用しています。火山灰が落ちることによって噴煙の高さも変わるでしょう。噴煙と火山灰の相互作用を含めたシミュレーションの実現が今後の課題です。膨大な計算量が必要になるため、スーパーコンピュータ『京』を使うことを検討しています」

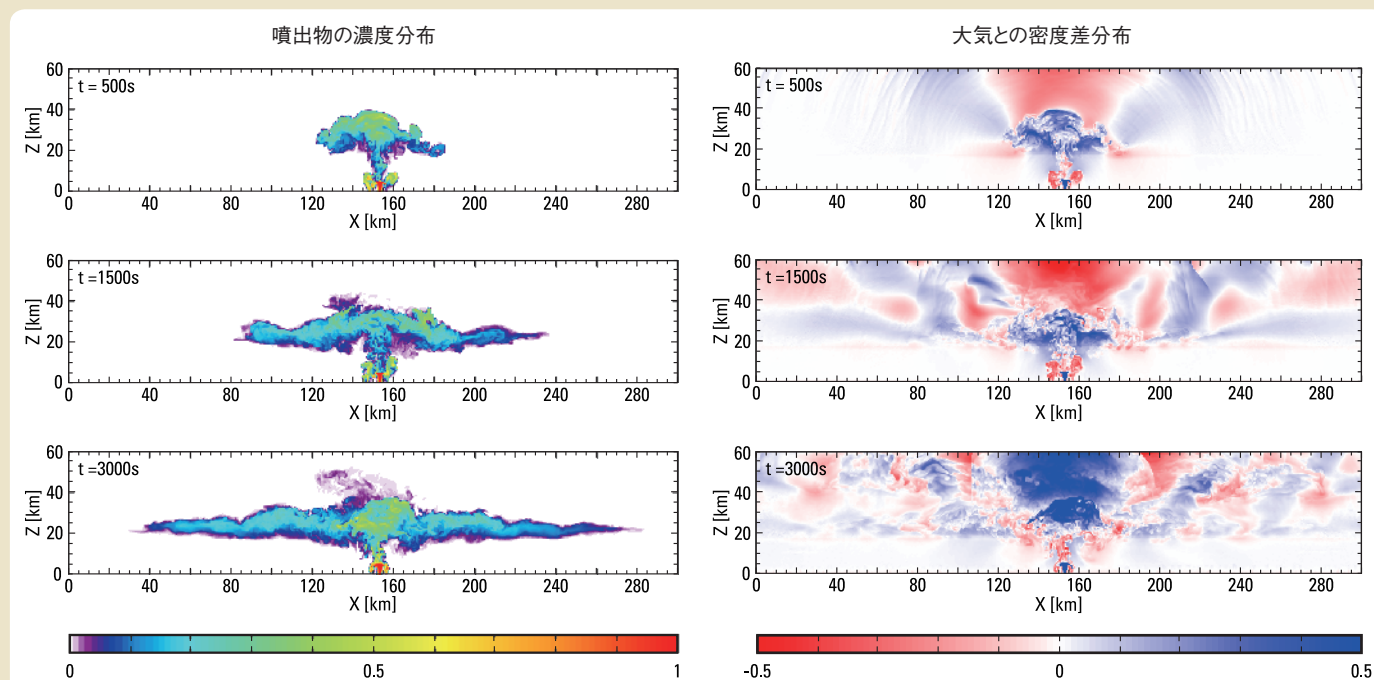
マグマ発生から火山灰の降下までをつなぐ

その先は？「マグマの発生からマグマだまりを経てマグマが上昇し、噴火に至るまでの3次元シミュレーションを実現したいですね」と鈴木助教。マグマは圧力の高い地下深くでは液体のように振る舞うが、上昇してきて圧力が下がるとガスが発泡して気体のように振る舞う。液体のまま火口に達すると溶岩流や溶岩ドームになり、気体の状態で火口に達すると噴煙となる。液体が気体かによって噴火のパターンが変わるため、マグマの上昇過程の理解は、火山学の中でもとても重要な問題である。「液体から気体への遷移を扱うシミュレーションはとても複雑で難しく、まだ1次元シミュレーションしかありません。3次元シミュレーションが実現できれば、噴煙や過去の火山灰の観測から、火口、そしてマグマだまりへ直接つないで理解することが可能になります。それは火山学者の夢です」

そして鈴木助教は、「その実現に、私は比較的近い位置にいると思います」と言う。「私は、基礎的な物理プロセスに注目して研究を進めています。それだけは、ぶれない。噴煙のシミュレーションをやっていると、すぐに防災に役立てなければと考えがちですし、そういう強い要請もあります。しかし、防災への応用では非常に精度の高い予測が求められます。それには基礎的な物理プロセスをしっかりと理解することが不可欠です。時間がかかりますが、そうしたアプローチこそが最終的には防災への貢献の近道になると信じています」

図2 ピナツボ火山の1991年噴火の3次元シミュレーション結果(火口を含む断面図)

左は噴出物の濃度分布で、青から赤に変わるに従って噴出物濃度が濃いことを示す。右は大気との密度差分布で、青は周りの大気より重いことを、赤は周りの大気より軽いことを示す。



TOPICS

受賞

●瀬野徹三 教授が日本地震学会論文賞を受賞

瀬野徹三 教授の論文「南海トラフ巨大地震—その破壊の様態とシリーズについての新たな考え—」が、日本地震学会論文賞に選ばれました。

●前田拓人 助教が

日本地震学会若手学術奨励賞を受賞

前田拓人 助教の研究「広帯域地震波・津波のモニタリングとシミュレーションの融合研究」が高く評価されるとともに、その将来性を期待され、日本地震学会若手学術奨励賞を受賞しました。

●三宅弘恵 助教が平成25年度科学技術分野の 文部科学大臣表彰若手科学者賞を受賞

三宅弘恵 助教が、日本地震学会の推薦を受け、文部科学大臣表彰若手科学者賞を受賞しました。「強震動予測における震源モデル化の研究」が高く評価されたものです。

●田中宏幸 教授が2012年EPS賞を受賞

『Earth, Planets and Space』(EPS) 誌に掲載された田中宏幸 教授の論文が、その手法のオリジナリティを高く評価され、2012年EPS賞に選ばれました。同賞は、36歳以下の若手研究者を奨励する目的で、EPS誌に掲載された優れた論文の筆頭著者を表彰するものです。

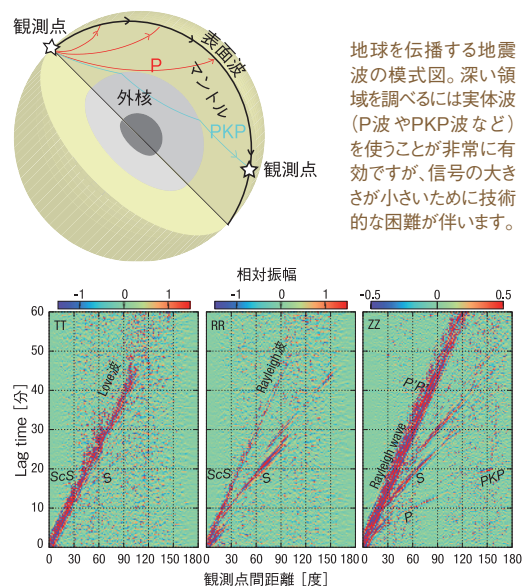
最近の研究から

最新の研究を紹介するコンテンツ「最近の研究から」に、新たな論文が追加されています。ぜひご覧ください。

<http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/category/thesis/>

- 津波波形からみた2011年東北地方太平洋沖地震のすべりの時空間分布
- 常時地球自由振動の相互相関解析によって明らかとなった、全球的に伝わる実体波
- 霧島山新燃岳2011年噴火における深部マグマ供給と浅部マグマ再移動一斑晶メルト包有物と相平衡実験からの制約—
- 余震発生モデルにおける修正された速度・状態摩擦則(修正RSF)の効果
- 修正された速度・状態摩擦則(修正RSF)を用いた地震サイクルシミュレーション

「常時地球自由振動の相互相関解析によって明らかとなった、全球的に伝わる実体波」より



地球を伝播する地震波の模式図。深い領域を調べるには実体波(P波やPKP波など)を使うことが非常に有効ですが、信号の大きさが小さいために技術的な困難が伴います。

全球的に伝播する地震波。本研究では、初めて地震波干渉法を使い、全球的に伝播する実体波を検出することに成功しました。

INFORMATION

人事異動

●2013年2月16日付

昇任

・加藤尚之 地震火山噴火予知研究推進センター 教授

●2013年3月31日

定年退職

・山下輝夫 数理系研究部門 教授

・山科健一郎 地球計測系研究部門 准教授

辞職

・三浦 哲 地震火山噴火予知研究推進センター 教授

・大木聖子 地震火山情報センター 助教

●2013年5月1日付

昇任

・田中宏幸 高エネルギー素粒子地球物理学研究センター 教授

イベント開催

●地震研究所 オープンキャンパス・一般公開2013

・一般公開 2013年8月7日(水)

・オープンキャンパス 2013年8月8日(木)

いずれも登録不要・入場無料

ただし、オープンキャンパスは高校生と大学受験予定の高校既卒者が対象です。一般の方のご来場はご遠慮いただいております。

詳しくはHPへ。

<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/panko/index.html>



東京大学地震研究所
ニュースレターPlus
第17号

発行日 2013年7月1日

発行者
東京大学 地震研究所

編集者
地震研究所 広報アウトリーチ室

制作協力
フォトンクリエイト
(デザイン: 酒井デザイン室)

問い合わせ先

〒113-0032
東京都文京区弥生1-1-1
東京大学 地震研究所
広報アウトリーチ室

Eメール
orhp@eri.u-tokyo.ac.jp

ホームページ
<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/>

表紙: 新燃岳2011年噴火の3次元シミュレーション結果

(上) 噴出物の動き。噴出物の濃度が1%の面を示す。噴火開始から480秒後。

(中) 噴煙内部の渦構造。火口からの距離によって渦の形状や長さが変化している。噴火開始から480秒後。

(下) 火山灰の動き。大きな粒子(青)は火口の近くに落下し、小さな粒子(赤)は噴煙によって遠くまで運ばれていく。噴火開始から679秒後。