

2009年8月5日  
東京大学地震研究所

## **記者発表のご案内**

### **噴火推移の予測、初めての実績**

#### **-浅間山での素粒子ミュオン観測-**

以下のとおり記者発表を開催いたしますので、ご案内いたします。なお、記者発表の前後に別添のとおりにシンポジウムを開催いたしますので、あわせてご案内いたします。

日時： 2009年8月11日(火) 15:00～15:50  
場所： 帝国ホテル本館 4階 桐の間  
発表者： 東京大学地震研究所 田中宏幸 特任助教  
連絡先： 田中宏幸

### **1. 概要**

ミュオンを使った「レントゲン写真」(ミュオグラフィ)はX線の代わりにミュオンを用いた放射線透過試験法で、X線では写真では検査が困難な大きな対象物を撮影できる。地球に絶えまなく降り注ぐ宇宙線ミュオンを用いて、巨大物体のイメージングが可能である。ミュオンはどんな物質でも透過するわけではなく、厚い物や密度が高い物、原子番号が高い物(金属等)ほど透過しづらい性質を持っている。この性質を利用して、ミュオンが透過してきたものを例えば「青」、透過しないところを「赤」で表現したものがミュオグラフィである。宇宙線ミュオン望遠鏡による火山体の観測が可能になったことにより、活動中の火山の火道内部の詳細を測定できる新たな機会を得た。宇宙線ミュオグラフィでは地震波などを用いた従来の地球物理学的観測に比べて、かつて無い高い空間分解能で山体内部の密度測定が可能である。2009年2月2日に噴火した浅間山の近傍で、宇宙から飛来する素粒子(ミュオン)の観測を行っていた。噴火直前の1ヶ月間と、噴火直後の1週間のデータを用いて、浅間山内部の密度変化を解析した結果、2日の浅間山の噴火は、火口に堆積していた古い溶岩などを吹き飛ばした現象であると解釈できることがわかった。その後の解析により、マグマが地表付近まで上がってきていないことが明らかになり、火山噴火推移の予測を行う上での初めての実績となった。

## 2. 発表内容

2008年10月、浅間山の噴火過程を可視化する目的で、省電力・可搬型宇宙線ミュオンテレスコープモジュールシステムが山頂からおよそ1.2 km 東にはなれた観測点に設置された(図1、図2)。観測点についてはあらかじめ浅間山の幾何学的形状を考慮したモンテカルロシミュレーションを行い、地形による影響ができるだけ少ないところを選択した。更に、見たい部分、すなわち火口底の下に相当する領域におけるミュオン透過経路が出来るだけ短くなるように選んだ。ミュオン透過経路が短くなることは、ミュオンの透過イベント数が増えて統計的に有利になるだけではなく、見たい部分に対する周囲の厚さの比が大きくなり、結果としてS/N比が向上する。モンテカルロシミュレーションは浅間山全体が均一な密度構造を持っていると仮定して行われる。それぞれ異なる均一密度でのシミュレーション結果は宇宙線ミュオンの観測データと比較され、後に山体内部の密度構造の推定に用いられる。

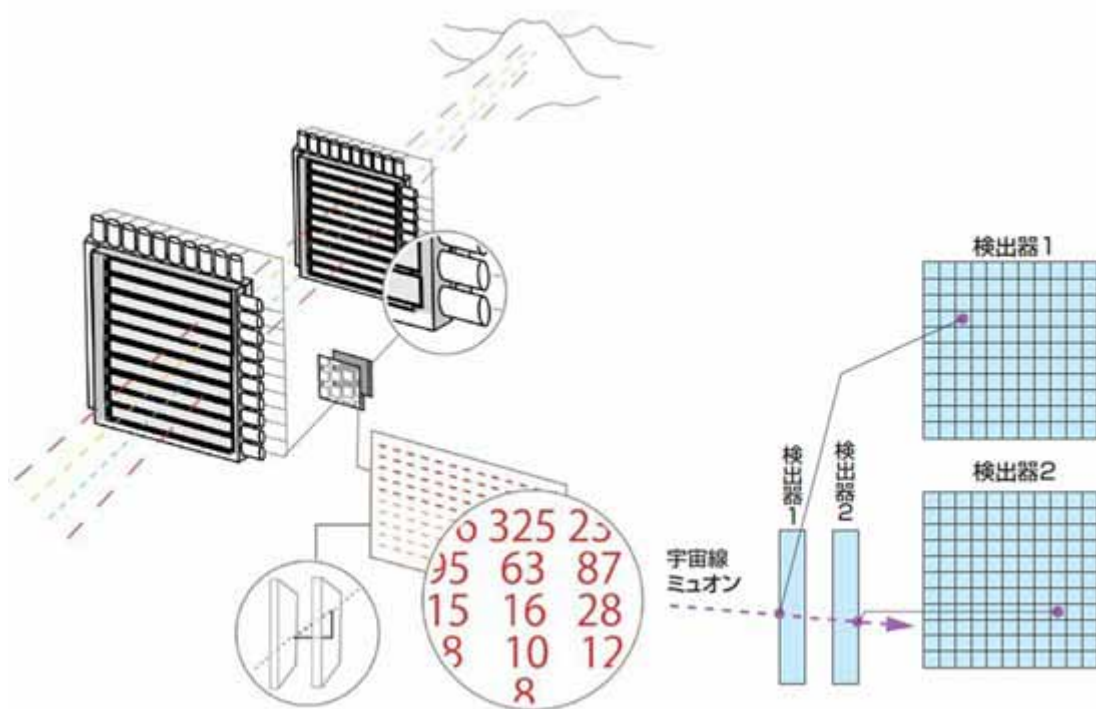


図1. 省電力・可搬型宇宙線ミュオンテレスコープモジュールシステムの概念図とミュオン測定原理

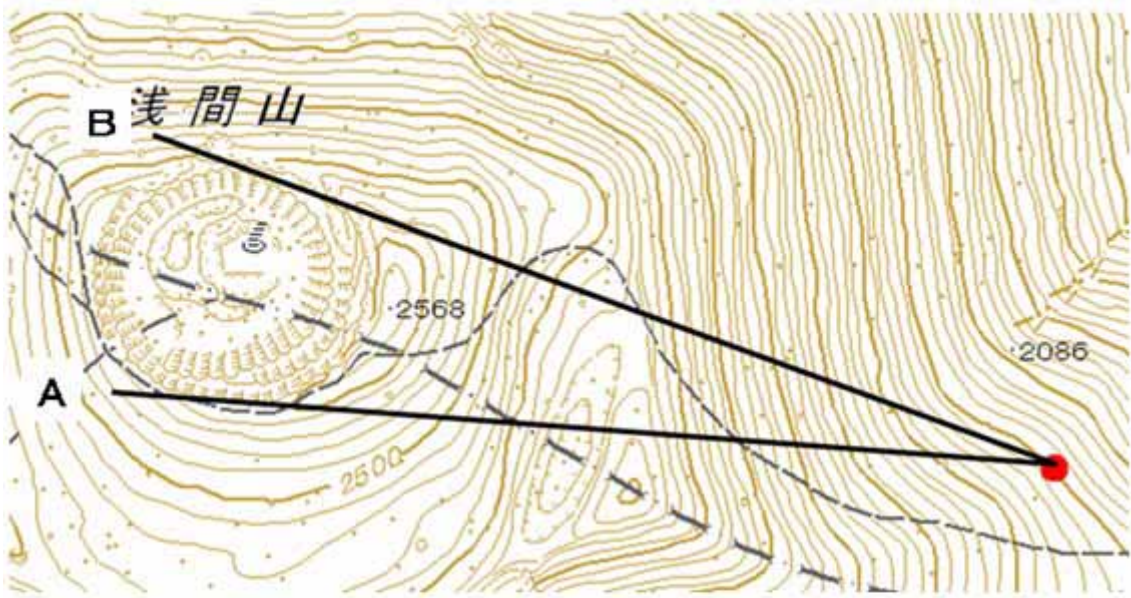


図2 . 省電力・可搬型宇宙線ミュオンテレスコープモジュールシステムの設置位置(赤丸)(上)、浅間山における観測装置、及び観測点の写真(下)

水平角と垂直角の角度空間で表されたミュオン経路に沿った平均密度を火口位置での位置空間に焼きなおして、それを火山の断面図に重ね合わせ、噴火前1ヶ月間及び噴火後1ヶ月間を比較した図が図3である。2004年9月の噴火前の火口底の地形が点線で、噴火後しばらくしてから(2004年12月)の火口底の地形が実線で示されている。

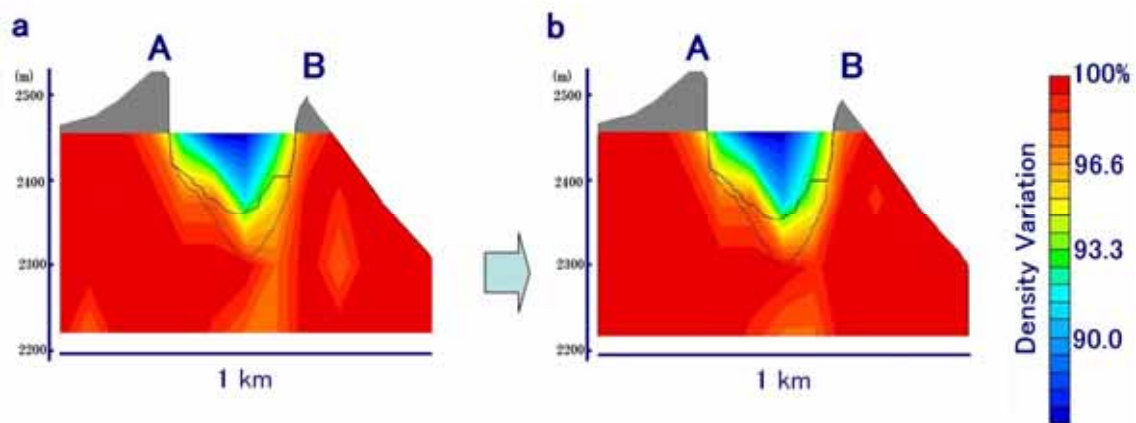


図3 噴火前1ヶ月間及び噴火後1週間の浅間山内部のミュオン経路に沿った平均密度分布の比較

図3 (Bの下の標高2300から2400mの間の部分)に見られるように火口中間～火口底でミュオン強度の増加が見られるためには、噴火の前後でその増加量に相当する物質が消えている必要がある。一方で、火口底より下の低密度領域ではミュオン強度を変化させるような大きな物質の移動は無かったものと考えられる。したがって、2日の浅間山の噴火は、熱で膨張した水蒸気が噴出し、火口に堆積していた古い溶岩などを吹き飛ばした現象であると解釈

できる。図3の密度変化を元に体積欠損量は  $30780 \pm \frac{32723}{19475}$  トンと求められた。今回の噴火

での火山灰の噴出量は2-3万トンであった。その他噴石が周囲に飛散しているのでそれが数万トンと推定されることから、合計約5万トン前後であろうと考えられる。火口に溜まっていた岩塊や土砂(空隙も存在するとして)の重さが  $1\text{m}^3$  当たり2トン位であるとすれば、吹き飛ばした量は数万  $\text{m}^3$  ということになり、ミュオンで見積もられた量の範囲に収まっているようである。

本研究は高エネルギー加速器研究機構との共同研究によって実施されたものである。

### 3.用語解説

**1 宇宙線ミュオン:** 高エネルギー宇宙線は主に超新星の爆発により放出され、星間を伝播する間に磁場による擾乱を受けるため、地球表面から見て垂直方向にも水平方向にも等方的に降り注いでいる。宇宙線は地球の大気に衝突して2次宇宙線を生成する。2次宇宙線にはミュオンと呼ばれる透過力の強い粒子が含まれ、宇宙線ミュオンと呼ばれている。宇宙線ミュオンは地表で最も数の多い荷電粒子でそのほとんどが対流圏高層(大体15km上空)で作られる。ミュオンは電子の207倍の質量を持つため物質中でのエネルギーロスが比較的少な

く、電子よりもずっと透過力が強い。これらのミュオンは、地球上のあらゆる物質を絶えず透過しているが、全く無害である。垂直方向から飛来する1 GeV以上のミュオン強度はおよそ  $70 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}\text{sr}^{-1}$  であるが、この値は1平方センチメートルの領域に1分間に1個のミュオン数として広く知られている。これは一晩寝ている間に100万個の宇宙線ミュオンが人体を通り抜けていることと等しい。

**2 ラジオグラフィ：**放射線を目的の物質に照射し、透過した放射線を典型的にはフィルムに焼き付けるなどすることによって可視化し、内部の様子を知ることのできる非破壊画像検査の一種である。ミュオンの強い透過力を利用してこれまでに多くの研究者たちが宇宙線ミュオンを用いた巨大物体のラジオグラフィを試みてきた。一例として、カリフォルニア大学バークレー校の Luis W. Alvarez (ノーベル物理学賞受賞)らのグループによって、60年代後期に遂行された実験が有名である。彼らはエジプトにある Khafre のピラミッド内部に隠された空き部屋の存在を探るためにミュオンの検出器をセットアップした。

東京大学地震研究所

高エネルギー地球科学シンポジウム

# 素粒子で視る



日本が世界に誇る「素粒子」を用いて  
世界を先導するサイエンス、技術、教育分野を切り開く

[日時] 平成21年8月11日(火) 13:00~17:30

シンポジウム 〈第1部〉 13:00~14:15 〈第2部〉 16:00~17:30

意見交換会 14:15~16:00

[場所] 帝国ホテル本館4階 桐の間(シンポジウム)

同 楓の間(意見交換会)

<問合せ先>

国立大学法人東京大学 地震研究所

03-5841-2498

## [プログラム]

### 〈第1部〉技術・教育

- 13:00~13:05 1. 主催者挨拶  
平田直 (東京大学地震研究所長)
- 13:05~13:15 2. 来賓ご挨拶  
森口泰孝 (文部科学省文部科学審議官)
- 13:20~13:35 3. 素粒子と地球の教育モデル事業  
鳥越浩一 (苫小牧市議会議員)
- 13:40~13:50 4. 火山と共生する町-素粒子・火山の教育事業  
山中漢 (北海道社警町長)
- 13:55~14:10 5. 素粒子と世界ジオパーク  
宮島宏 (糸魚川市教育委員会・総務企画部参事館長補佐)

意見交換会 14:15~16:00

### 〈第2部〉サイエンス・技術

- 16:00~16:20 6. 素粒子実験から生まれる新しい電子回路技術  
浅井康裕 (高エネルギー加速器研究機構 / Bee Beans Technologies代表取締役社長)
- 16:30~16:50 7. 原子炉を視る  
高松邦吉 (日本原子力研究開発機構 大洗研究開発センター 原子力基礎工学研究部門研究副主幹)
- 17:00~17:20 8. 地球を視る  
田中宏幸 (東京大学地震研究所)

17:30 終了