

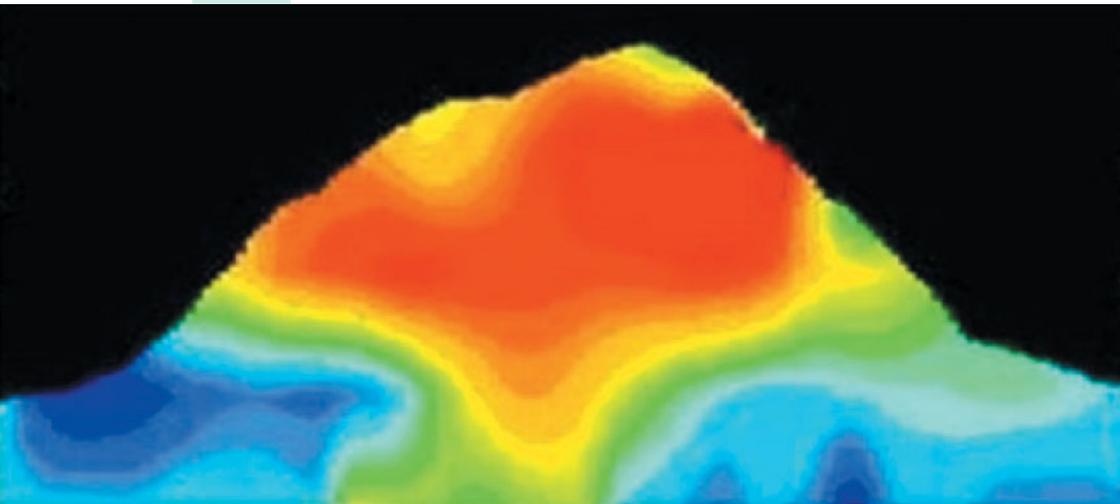
# PIus

地震研究所  
ニュースレター

NEWS LETTER Plus No.2  
from Earthquake Research Institute,  
The University of Tokyo

特集

## 素粒子で地球をのぞく



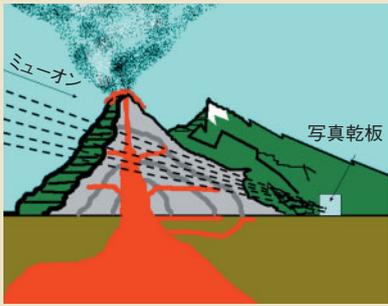
0 100 200(m)

**素** 粒子を使って火山の内部を透視する——そんな斬新な研究が、地震研究所の田中宏幸特任助教らによって進められている。浅間山と昭和山では、ミュオンを原子核乾板で観測し、マグマの通り道である「火道」の可視化に成功。間もなく、リアルタイム観測が可能な新システムも動き出す。火山噴火のメカニズム解明、そして噴火予知にも大きく貢献することだろう。「新しい手法を取り入れ、見えないものを見るのが私たちの使命」と語る田中特任助教。次に狙うのは「ニュートリノ地球科学」の開拓である。



東京大学地震研究所

図1 ミューオンによる火山探査の原理



## ミュオンで火山を透視する

宇宙から地球に降り注ぐ宇宙線で素粒子の一種、ミュオン（ミュ粒子）を使って火山の内部を透視できるかもしれない——そんな「宇宙線ラジオグラフィ」のアイデアを最初に出したのは、永嶺謙忠 東京大学名誉教授である。十数年前のことだ。ミュオンは岩石をも通り抜ける。それでも、厚いところや密度が高いところを通り抜けると、ミュオンの数は減る。密度が低いところや空洞を通り抜ければ、ミュオンの数はあまり減らない。そのようなミュオンの性質を利用し、エジプトのピラミッドの内部構造を探査した例がある。

具体的な探査方法はこうだ。ミュオンをとらえる検出器を2つ用意し、少し離して設置する。ミュオンが通過した2点を結べば、それがどの方向から飛んできたかが分かる。また観測されたミュオンの数を調べることで、飛来方向にある物体の密度分布が分かる(図1)。「ピラミッドや火山のレントゲン写真を撮るようなもの」と、田中特任助教は説明する。

永嶺名誉教授が始めたミュオンによる火山探査に田中特任助教が加わったのは、大学院生のとき。「新しい手法を使うと、必ず新しいものが見えてきます。だから、素粒子を使って火山を見たら、何か新しいもの見えるに違いないと思ったのです」

しかし……。当時の検出器は、ミュオンをとらえるシンチレーションカウンターをX軸と

Y軸に並べたもので、重さは10.5トン。5000Wもの電力が必要な上、トレーラーがなければ移動することもできなかった。「リアルタイム観測ができる優れものでしたが、観測をしたい火口近くには持っていきことができない、そんなシステムでした」

突破口が見つからないまま、田中特任助教は大学院を修了。米国カリフォルニア大学へ籍を移し、加速器を使った陽電子の研究に取り組んでいた。「出会いはアクシデンタルでした」と田中特任助教は振り返る。「Webを見ていたら、たまたま名古屋大学理学研究科の基礎粒子研究室のホームページへたどり着いたんです。そこには、原子核乾板がとらえた素粒子の飛跡を高速で読み取る装置を開発したと書いてあった。これだ!と思いました」

原子核乾板は40cm×50cmほどで1枚1kg以下、鉄シールドを含めても20kg程度と軽く、電気も必要としないので、火口まで持って行って簡単に設置できる。「ミュオンの観測に原子核乾板が使えることはもちろん知っていましたが、火山の内部探査では大面積の乾板が必要になり、それをマニュアルで解析するのは現実的ではないと思っていたのです。そこで、名古屋大のグループが開発した高速読み取り装置を使うと大きなブレイクスルーをもたらす可能性があると思い、すぐにメールを送りました。すると、名古屋大の人にも興味を持っていただいたようです」

田中特任助教は日本に戻り、地震研でミュオンによる火山探査を再開した。「きっとうまくいく、という確信がありました」

## 浅間山の火道をとらえた

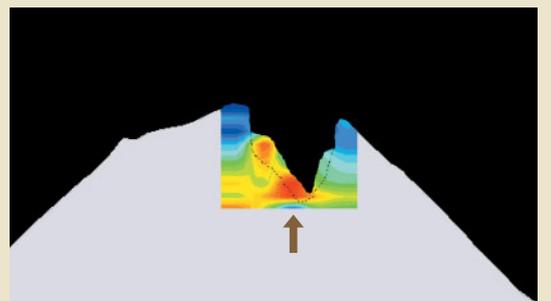
そして2007年4月、「浅間山を透かしてみれば……宇宙線で撮影成功」「浅間山の内部パチリ 宇宙線使い撮影に成功」といった見出しが新聞各紙を飾った。「Nature誌やScience誌のニュースやリサーチハイライトなどでも取り上げられました。皆さんに面白いと思っていただけたようですね」

2006年8月から2ヶ月間、浅間山の火口から1km離れたところに原子核乾板を設置。その結果、浅間山の内部構造が見えてきた。図2では、密度が高い部分は赤、低い部分は青で示されている。火口の周りは、降り積もった火山灰なので、密度は低い。火口の底に見える密度の高い部分は、2004年9月の噴火で噴出したマグマが冷えて固まったものだ。「火口底で固まったマグマは、きっと見えると思っていました」と田中特任助教。「もう一つは、予想外だったので驚きましたね」

予想外だったものとは、火口の下に見える空洞だ(図2矢印)。「マグマの通り道、火道です。マグマは火道を上がっていき、火口から噴き出します。噴火が収まると、マグマは地下に吸い込まれるように落ちていき、火道は空っぽの状態になると考えられています。三宅島で重力場の測定から知られるようになった現象ですが、火口直下の低密度領域

図2 ミューオン観測によって明らかになった浅間山の内部構造

色は密度を示し、青、緑、黄、赤の順で密度が高くなっている。旧火口底(黒点線)にたまった密度の高い部分は噴出して固まったマグマ、周りの密度が低い部分は火山灰を示す。火口底の下に見える密度が低い部分は、空洞になったマグマの通り道「火道」(矢印)。



▼浅間山にて



# 素粒子で

田中宏幸 火山噴火予知研究センター 特任助教

これまで地殻や地球内部の構造は、地震波などを使って探査されて「素粒子を使って火山や地殻、さらには地球内部まで探査しようと、

域を“見た”のは、初めてでした」

今回見えたのは、火道の上端だけだ。火道の全体像をとらえるべく、100mほど標高が低い地点に装置を設置して再度観測する計画がある。

## 昭和新山の溶岩ドームを透視

田中特任助教らは次に、北海道の昭和新山を探索した。昭和新山のマグマは粘性が非常に高いため、溶岩ドームを形成している。ミュオンの観測で見えてきたのは、周囲と比べて密度の高い溶岩ドームと、冷えて固まったマグマが詰まった火道(表紙)。火道の直径は約100mであることも分かった。火道の大きさは、噴火様式を左右し、噴火のメカニズム解明や噴火予知にも重要な情報である。

予想以上の成果を挙げている原子核乾板だが、「精神衛生上、よくありませんよ」と田中特任助教は笑う。「原子核乾板は、現像をしてみるまで、データが取れているかどうか分かりません。本当にデータが取れているのだろうか、設置している2〜3ヶ月間、ずっと不安なんです。バックアップとしてリアルタイムにデータを見ることができ装置が欲しいですね」

## リアルタイム観測へ

リアルタイム観測が可能になれば、噴火が収まってマグマが地下に吸い込まれていく様子をとらえることも可能だ。また、マグマの動きを監視できれば、噴火予知にも役立つ。

田中特任助教らは、リアルタイム観測に向けた開発をすでに進めている。「乾板のようなポータブル性を維持しながら、リアルタイム観測を行うという大なる野望を抱いています。もう一歩で、夢の装置の誕生です」。ポイントは、ソーラーパネルで全電力を賄うことができるような、省電力の光センサと解析システムの開発(図3)。5月には、浅間山などで観測を開始する予定だ。



図3 製作中のリアルタイム観測が可能なミュオン検出器

プラスチックシンチレータを30本×30本、格子状に並べる。ミュオンが入ってくると420nmの紫外光を発生し、それをファイバーが吸収して520nmの緑色の光を発生(右下)。その光を電気信号変換装置に送り、解析する。一つの小さなチップに収まる多チャンネルの解析回路を開発したことで、省電力化を実現。

## 南極からニュートリノで地球をのぞく

田中特任助教は、新しいプロジェクトにも着手している。「ずっとニュートリノをやりたいかった」という。ニュートリノは素粒子の一種で、ほかの物質とほとんど相互作用をしない。「これまで地震波や地球の自由振動\*を使って地球の内部構造を調べてきましたが、もう一つだけ地球の中をのぞく方法があります。それが、ニュートリノなんです」

地震波を使うと地球の内部構造を2次元的にとらえることができるが、地震計を設置できる範囲に制限があるため、ピンポイントでしか見ることができない。一方、自由振動は地球の内部構造は分かるが、1次元の情報しか得られない。「ニュートリノは、地震波と自由振動を合わせたような能力を持っています。ニュートリノは地球も通り抜けますが、密度が高い部分を通ると、数が減ります。地球を通り抜けてきたニュートリノを観測すれば、地球全体を透かして、その内部構造を2次元的にとらえることができるのです」

南極の氷床に80本の縦穴を掘り、60個ずつ、合計4800個の検出器をつるしてニュートリノをとらえようという「アイスキューブ」計画が進行中だ。田中特任助教は、これに目を付けた。計画を取りまとめている米国ウイスコンシン大学の研究者にニュートリノで

地球の内部構造を見る「ニュートリノラジオグラフィ」の可能性を打診したところ、話が進展。2009年から観測を開始できる見通しが立った。「液体コア(外核)とマントルの境界付近の構造は、地震や火山活動と密接なかわりがあります。また、液体コアの形は地磁気の形成にかかわっているのですが、その形はよく分かっていません。ニュートリノを使えば、液体コアとマントルの境界を詳しく見て、液体コアの形も分かるようになるでしょう」

観測できるニュートリノの数は非常に少ない。地球内部の透視図ができるまでには、10年以上はかかるという。

## 生活に役立つ素粒子物理学に

知らないものを明らかにするのが好き。対象が何であるかには、こだわらない。知りたいことは、まだ誰も知らないこと。やりたいことは、まだ誰もやっていないこと——それが、田中特任助教だ。

田中特任助教は、最後にこう指摘する。「あらゆる科学分野に应用的側面がある中、素粒子物理学は応用がなかなか見いだせない状況にありました。でも、未開拓の多くの可能性があると考えています」

\*大地震の後などに地球全体が数分から1時間程度の周期で何日間も振動する現象

(取材・執筆:鈴木志乃)

# 地球をのぞく

きた。そこにまったく新しい手法を持ち込んだのが、田中宏幸特任助教たちだ。使うのは、素粒子。世界に先駆けて研究を開始した」と田中特任助教は言う。

安田講堂近くに展示されている海底地震計(実物)

# TOPICS

## 「知のプロムナード」に海底地震計が登場

創立130周年を記念し、東京大学本郷キャンパスには7つの「知のプロムナード」(散策路)が設けられています。3月5日、安田講堂近くの「時計台の道」に、地震研究所で開発した海底地震計が登場。チタン製の耐圧球に地震計・電源・記録装置を収納し、深さ6000mの海底でも1年間観測可能な世界最高性能の地震計です。

## JGN2アワード「アプリケーション賞」受賞

1月17日、地震予知情報センターの鷹野澄准教授(当時)が中心となって進めた「高速広域レイヤー2網によるリアルタイム地震観測波形データ交換システムの構築」が、JGN2アワード「アプリケーション賞」を受賞しました。JGN2は、情報通信研究機構が運用する次世代を担う超高速・高機能研究開発テストベッドネットワークです。

## 総合防災情報研究センター(CIDIR)設立

4月1日、東京大学大学院情報学環に総合防災情報研究センター(CIDIR:Center for Integrated Disaster Information Research)が設立されました。3月12日の設立準備シンポジウムで地震研究所の久保修平所長は、「CIDIRはいわば“三ツ矢サイダー”。防災研究拠点である情報学環、生産技術研究所、地震研究所の3部局の文理融合型の連携で設立」と紹介。地震研究所から鷹野澄教授と古村孝志教授が異動(兼務)しています。設立記念式典は6月2日に開催予定。

## 「日経BP技術賞」受賞

4月4日、地震火山災害部門の壁谷澤寿海教授は、「『E-ディフェンス』の建設技術と、これを用いた実大震動実験」の功績により、第18回「日経BP技術賞」(建設部門賞)を共同受賞しました。E-ディフェンスとは、世界最大の実大3次元震動破壊実験施設(防災科学技術研究所)のことです。壁谷澤教授はこの施設を用いて、一番難しいといわれるRC(鉄筋コンクリート)構造物の実験に取り組み、実際の建物が地震で倒壊する過程を確認することに成功しました。

## 地震・火山噴火予知研究計画シンポジウム

3月3日から3日間にわたり地震研究所で「地震・火山噴火予知研究計画シンポジウム」が開かれ、全国の地震学者と火山学者約200名が、次期研究計画(平成21~25年度)について議論しました。地震、火山噴火の予知研究は、今まで個別の研究計画(科学技術・学術審議会の建議)によって進められてきましたが、地震と火山現象には共通の地球科学的背景があることから、次期計画では両者が統合される予定です。

## 防災研究フォーラム第6回シンポジウム

3月15日、東京大学小柴ホールで、防災研究フォーラム(代表:久保修平 地震研究所長)と地震調査研究推進本部(事務局:文部科学省)の共催により、シンポジウム「能登半島地震と新潟県中越沖地震から学ぶ」が開かれました。昨年大きな被害をもたらした二つの地震をめぐり、地震学、土木・建築・地盤工学、社会科学の幅広い立場から研究成果がまとめて紹介されました。自治体職員や研究者など約130名の参加がありました。

3ヶ月に1度、小粒でピリリと辛いニュースをお届けします。

## 東京大学地震研究所 ニュースレターPlus 第2号

発行日 2008年4月30日

発行者  
東京大学 地震研究所

編集者  
地震研究所 広報委員会  
(責任者:辻宏道、担当:前野深)

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  
アウトリーチ推進室

Eメール  
outreach@eri.u-tokyo.ac.jp

ホームページ  
http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/index-j.html

# INFORMATION

## 共同利用

地震研究所は全国共同利用研究所として、国内の研究者を対象に共同利用・研究集会などの制度を設けています。平成20年度は全部で62件の課題が採択されました。  
●平成21年度特定共同研究課題登録:7月末締切  
●平成21年度共同利用・客員教員募集:9月開始、11月中旬締切  
共同利用改善のためのアンケートにご協力ください。詳しくは、<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/sharing/info.html> へ。

## 新刊

- 『地震・津波と火山の事典』  
丸善株式会社、東京大学地震研究所 監修、藤井敏嗣・額綱一起 編(2008年3月)
- 『日本列島大災害の記録(DVD)』  
NHKエンタープライズ、額綱一起他 監修(2008年)



## 人事異動

- 2008年3月16日付  
昇任・地震火山災害部門 教授 古村孝志
- 2008年3月31日付  
定年退職・一般職員 島村ひろ子  
退職・地震予知情報センター 助教 宮崎真一  
(→京都大学大学院理学研究科 准教授)
- 2008年4月1日付  
採用・地球計測部門 助教 田中愛幸(←国土地理院)  
・地震予知情報センター 助教 大木聖子  
(アウトリーチ推進室専任)
- 転入・庶務チーム 主任 倉光知恵
- 転出・研究支援チーム 専門員 吉川ひろ子  
・庶務チーム 一般職員 大杉俊男  
・地震火山災害部門 教授 古村孝志  
(→情報学環・総合防災情報研究センター;  
地震火山災害部門 兼務)
- ・地震予知情報センター 准教授 鷹野澄  
(→情報学環・総合防災情報研究センター 教授;  
地震予知情報センター 兼務)
- 兼務・地震予知情報センター長 佐竹健治

## イベント

- 地震研究所 一般公開・公開講義(安田講堂) 2008年7月30日
- 高校生のための東京大学オープンキャンパス(本郷) 2008年7月31日