

# PIUS

## 地震研究所 ニュースレター

NEWS LETTER Plus No.7  
from Earthquake Research Institute,  
The University of Tokyo



特集

## 観測機器を開発し 新世界を拓く

日本測地学会の2009年度「坪井賞」を、地球計測部門の新谷昌人准教授が受賞した。坪井賞は測地学の分野で顕著な業績を挙げた若手研究者に贈られるもので、今回の受賞対象は「レーザー干渉法の精密測地観測への応用」である。新谷准教授は、「今までにない精度で、今までできなかった場所で観測することは、未知の現象の発見につながる」という信念のもと、世界最先端の観測機器の開発に取り組んでいる。レーザーひずみ計は、 $10^{-13}$ の精度で地殻変動をとらえることが可能だ。最近では、遠地で起きた地震によるわずかな地殻変動をとらえることに成功。地震研究に新しい道を拓いた。



東京大学地震研究所

# 新観測機器を開発し 世界を拓く

地球計測部門  
准教授

新谷昌人

## 世界最高精度の レーザーひずみ計

ニュートリノ観測で有名な「スーパーカミオカンデ」がある岐阜県神岡鉱山。その地下1000mに、新谷昌人准教授が開発したレーザーひずみ計が設置されている(表紙)。ひずみ計の長さは100mだ。「伸びたり縮んだり、ねじれたりといった地殻変動を精密に計測する装置です」と新谷准教授は説明する。「ひずみ計の両端に取り付けた鏡と鏡の間でレーザーを往復させ、2点間の距離をレーザーの波長をもとにして求めます。レーザーひずみ計の精度は、レーザーの波長がどのくらい安定しているかで決まります。使用しているレーザーは、 $10^{-13}$ の精度で波長を安定させています。つまり、このひずみ計は、100m離して置かれた鏡と鏡の距離が0.01nm、つまり1億分の1mm変化しても検知できるのです」

現在一般に使われている体積ひずみ計の精度は $10^{-9}$ である。25mプールにビー玉を1個落としたときの水位の変化が分かるという。それでも十分すごいが、レーザーひずみ計は、その4桁上をいく。新谷准教授は、こんな例も出してくれた。「地球と太陽との距離の変化を1.5cmの精度で検知できる能力に相当します」。もちろん世界最高精度のひずみ計だ。

「見たいものがぎりぎり見える精度では、本当に見えているのか、装置の誤差なのか、不安が残ります。どうせやるなら究極のものをつくろうと、最先端のレーザー技術を取り入れました」

## 常時地球自由振動と重力波

このレーザーひずみ計で、何を知らうとしているのだろうか。

「地震研究所に来る前は、国立天文台で重力波の研究をしていたんです」と新谷准教授。地震研の深尾良夫所長(当時)から声が掛かった。「重力波検出器の原理を使って地殻変動を精密に検知できれば、常時地球自由振動がなぜ起きているのか、その証拠がつかめるはずだ」と言うんです。常時地球自由

振動のことはよく知りませんでした。面白そうだなと思いました」

大きな地震が起きると、その後しばらく地球全体がゆれ続ける。しかし大きな地震がなくても、地球全体はゴムボールのように常に振動している。それが「常時地球自由振動」だ。その原因として、大気や海洋の運動、微小地震などさまざまな説が出されているが、まだ結論は出していない。さらに、地球自由振動を高精度で検知できれば、地球の内部構造を詳しく知ることもできる。しかし、その振動はとて小さい上に周期が長いので、従来の地震計で検知することは難しいのだ。

一方、重力波は星が超新星爆発を起こしたときなどに発生し、時空のゆがみが波となって伝播する。ゆがみは非常にわずかなため、検出が難しく、重力波をとらえた例はまだない。新谷准教授は、重力波の検出を目指し、レーザー干渉計を用いた長さ数kmにも達する巨大な検出器の開発を進めていた。

2点間の距離が変わるという点では、地殻変動も時空のゆがみも同じだ。重力波の研究で培った技術を携えて地震研に籍を移した新谷准教授は、1996年からレーザーひずみ計の開発に着手。2003年に神岡鉱山に機器を設置し、地殻変動の観測を続けている。

## 遠地の地震に伴うひずみを検出

レーザーひずみ計は、地球自由振動などによってゆっくり変化する地殻変動だけでなく、数十Hzの速い変化である地震波も観測できる。「地震の信号がたくさん入ってきます。せっかくだがデータが取れているのだから少し調べてみよう」と、解析を始めました。すると、2007年能登半島地震に伴うひずみを検出することに成功しました。本震の後、鏡と鏡の間が $3.5\mu\text{m}$ 伸びていたのです(図1)。この変化は、グラフが階段状になることから「ひずみステップ」と呼ばれる。

地震は、岩盤が断層を境にずれ、その衝撃が波として伝わって地面がゆれる現象である。また、地震に伴って地殻変動も起きる。震源に近い場所では、強震計による地震波の観測と、人工衛星を利用したGPSや合成開口レーダーによる地殻変動の観測、つまり地震学的観測と測地学的観測が行われている。しかし、震源から離れると、地震波は広帯域地震計によって観測できるものの、地殻変動は小さ過ぎてGPSや合成開口レーダーでは検知できず、測地学的な観測方法がなかった。「神岡は能登半島地震の震源域から約100kmも離れています。レーザーひずみ計は、遠地での測地学的観測を初めて可能

図1 レーザーひずみ計が検出したひずみステップ

神岡鉱山から約100km離れた場所で発生した2007年能登半島地震に伴って、長さ100mのひずみ計が $3.5\mu\text{m}$ の伸びを検出した。

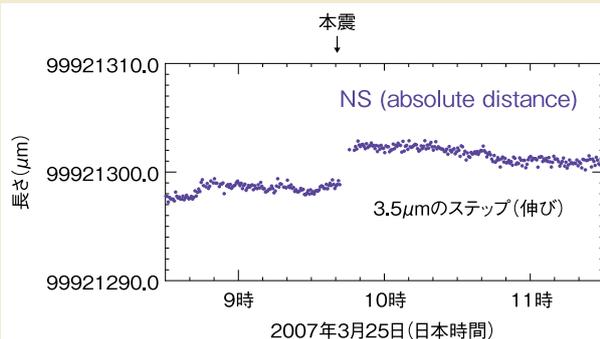


図2 光ファイバーリンク式レーザー傾斜計

左:概念図。傾斜検出部分のみ孔内に設置。レーザー発振装置や光検出器は観測孔の外に設置して光ファイバーでつなぐ。  
右:傾斜検出部分。つるされた振り子(箱型の部分、10cm角)の動きをレーザー干渉計(振り子の内側の小さい部品)によって検出する。

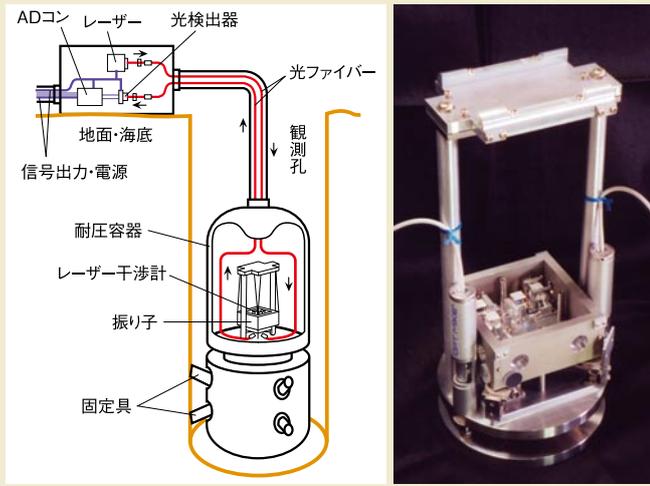
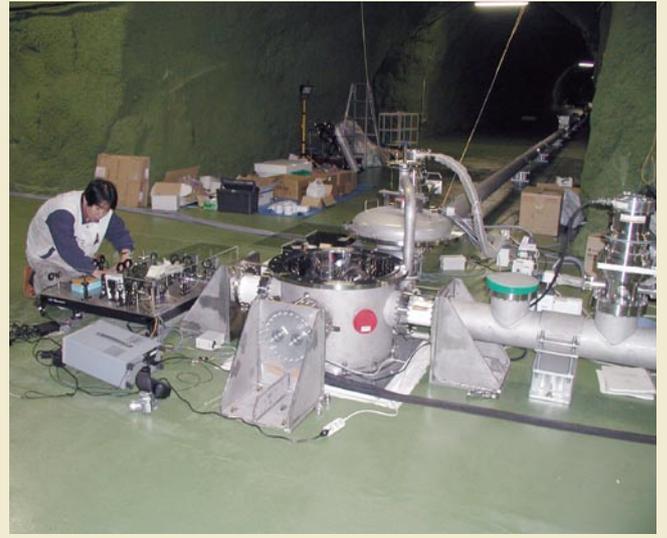


図3 レーザーひずみ計の調整を行う新谷准教授

「開発途中の観測装置は気まぐれ。メンテナンスも謙虚な態度で臨まないとうまくいかないことが多いですね」



にしたのです。ひずみステップは、これまでに10例検知されています。どのひずみステップの大きさも、地震を起こした断層モデルから計算された地殻変動とほぼ一致しています」

近地でも遠地でも地震学的観測と測地学的観測が可能になったことで、断層の位置や形、動きを精度よく決められるなど、地震発生機構の解明につながる。今後は、より多くの地震について解析し、手法を確立させていく計画だ。

「常時地球自由振動を忘れたわけではありませんよ」と新谷准教授。「レーザーひずみ計は観測できる周波数帯域が広いので、さまざまなデータが入ってきます。まず目立つ地震のデータについて解析したら、新しい発見がありました。いろいろな切り口を見つけ、一つずつ明らかにしていって先に、常時地球自由振動が見えてくるのではないのでしょうか」

## 地下6000m、200°Cで観測可能な傾斜計

「観測機器の開発には、とても時間がかかります。しかも、うまくいかないことも多くて、つらいんですよ」。そう語る新谷准教授が機器の開発を続けているのは「今まで見えなかったものを見たい」という強い思いからだ。「時間がかかっても失敗してもあきらめずにやり遂げるには、魅力的な目標が必要です。私は、誰も見たことがない信号をとらえ、新しい世界を拓きたいのです」

そのための方法の一つが、レーザーひずみ計のように精度を上げること。しかし、新谷准教授は言う。「世界最高精度を達成すればいいわけではありません。観測データを自ら解析し、結論を引き出し、ほかの人に認めてもら

うことで、初めて新しい世界が拓かれるのです」

新しい世界を拓くもう一つの方法が、未知の場所で観測すること。新谷准教授は火山観測に参加したときに絶対重力計を見て、その大きさに驚いたという。絶対重力計を使うと火山のマグマの動きや、地面の隆起・沈降を重力変化から検知することができる。しかし、従来の絶対重力計は200kg以上もあるため機動性が悪く、設置できる場所が限られていた。そこで、新谷准教授はレーザーの新しい計測方法を考案し、小型化につながる技術の開発に成功。大幅に軽量化できる見込みが得られた。現在製作中の装置は火口近くまで運べるため、マグマの動きを詳しく知ることができるようになるだろう。

また、新谷准教授は「プレート境界地震が発生している地下深くで観測したい」と考え、地下6000m、200°Cの環境で観測可能な傾斜計を開発している(図2)。傾斜の検知にはレーザー干渉を用いる。観測孔に設置するのは傾斜検出部分だけで、熱に弱いレーザー発振装置や光検出器などは海底に設置して光ファイバーで信号をやりとりする。そうすることで傾斜検出部分を小型化できる上に、ほかの部分の熱対策が不要になる。

レーザー傾斜計は、千葉県富津市にある鋸山観測所の観測孔に設置して観測を行っている。そこには、水管傾斜計も設置されている。水管傾斜計は、水平に置いた長さ40mのパイプに水を入れ、その水面を基準に地面の傾きを測る。レーザー傾斜計は直径20cm足らずだが、長さ40mの水管傾斜計と同等の精度で傾斜を検知することに成功している。海底での試験などを経て、地下

6000mへの設置を目指す。

## 日本測地学会「坪井賞」受賞

新谷准教授は、観測機器開発の先に抱いている夢がある。「とても野心的なのですが」と前置きして話してくれた。「地球くらいのスケールになると、相対論的な作用が現れることがあります。地球を使って実験を行い、物理の基本的な発見や研究がしたい。まだ具体的なテーマを挙げることはできませんが、今までの実験方法では検証できなかったことが、地球科学との連携によって可能になるかもしれません。そのとき私は、地球科学の世界に来てよかった、と思うのではないのでしょうか」

新谷准教授は、日本測地学会の2009年度「坪井賞」を受賞。「私は地震研に来た当初、地震や地球に関する専門知識はほとんどありませんでした。今でも十分とは思いませんし、疑問や不思議は増える一方です。観測機器を開発しながらも、基礎知識がないから見当外れなことをしているのではないかと不安が、常にありました。『坪井賞』という形で評価していただいたことを、とてもうれしく思います」

現在、レーザー干渉を使った地震計の開発も進めている。「それを火星に持っていき、火星の内部構造を調べようという計画もあります」。そして最後に、新谷准教授はこう語った。「悩んで苦勞して、でも失敗することがあります。ダメージは大きいですが、でも、確実に成功する開発って何だろう、と思うのです。失敗を恐れているのは、チャレンジングなことではできません。それでは新しい世界を拓くことはできない。私は、誰も測ったことのない未知の領域を目指してチャレンジを続けます」

# TOPICS



本所永遠の使命とする所は地震に関する諸現象の科学的研究と直接又は間接に地震に起因する災害の予防並に軽減方策の探究とである(寺田寅彦)

## 東京大学地震研究所 ニュースレターPlus 第7号

発行日 2009年7月31日

発行者  
東京大学 地震研究所

編集者  
地震研究所 アウトリーチ推進室  
(責任者: 東田進也)

制作協力  
フォトクリエイティブ  
(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>

## 一般公開・公開講義のお知らせ

全所員を挙げての地震研究所公開イベントが8月7日(金)に開催されます。今年度のテーマは「ハイブリッド地球科学」です。さまざまな科学的手法を組み合わせつつ、日夜、地球の謎を解き明かそうとしている研究所の姿をぜひご覧ください。

一般公開は、パネル展示やミニ講演会「なまずカフェ」、学生による実験コーナーなど、参加者との交流型のイベントです。また、公開講義では金沢敏彦教授による「深海の底から観る・測る」、武井康子准教授による「地球の中の流体のはなし」という2つの講演を行います。(http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/outreach/openlec/panko/)

また、前日の6日には「高校生のためのオープンキャンパス」として、高校生や保護者の皆さまを対象に地震研究所ラボツアーを実施致します。

日時：2009年8月7日(金)

- 一般公開 10:00～15:00  
地震研究所1号館・2号館(受付は1号館1階)  
パネル展示(最新の研究成果の紹介)／ミニ講演会「なまずカフェ」／学生実験ほか
- 公開講義 15:00～17:00(14:00開場)  
本郷キャンパス大講堂(安田講堂)  
定員800名(事前申し込み不要・先着順)  
「深海の底から観る・測る」(金沢敏彦教授)  
「地球の中の流体のはなし」(武井康子准教授)

参加費：いずれも無料

問い合わせ先：アウトリーチ推進室

電話 03-5841-5643

Eメール openlec@eri.u-tokyo.ac.jp

## 表彰・受賞

- 博士課程2年のNatalia Poiataさんは、2003年のバム地震(イラン)についての研究発表で、アメリカ地球物理学連合(AGU)のOutstanding Student Paper Awardを受賞しました。
- 火山噴火予知研究センターの相澤広記特任研究員が「電磁気観測による火山浅部構造の研究」により、日本火山学会研究奨励賞を受賞しました。

## 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・研究会などの制度を設け、地震・火山現象の解明と予知、それらによる災害の防止と軽減に関する研究を推進しています。

●平成22年度共同利用・客員教員募集:

9月開始、11月中旬締切

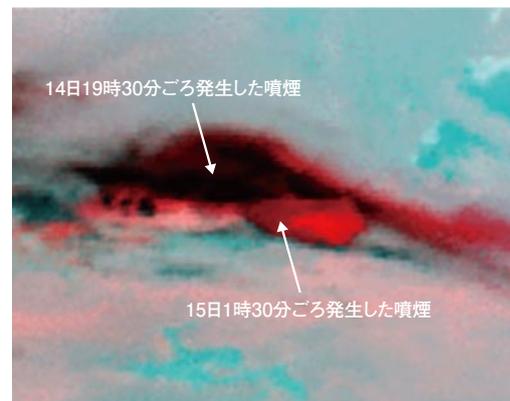
施設・実験装置、データ・資料などの利用は随時受け付けています。詳しくは、<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/sharing/info.html>をご覧ください。

### イベント

- 高校生のための東京大学オープンキャンパス(本郷)2009年8月6日
- 地震研究所 一般公開・公開講義 2009年8月7日

## 千島列島中部のサリチェフピークの噴火活動

「東アジア活火山の準リアルタイム観測計画」で行っている運輸多目的衛星(MTSAT)による観測で、千島列島中部に位置するサリチェフピークが2009年6月11日から断続的に噴火を繰り返していることが分かりました。今回の噴火は1989年以来20年ぶりとなるものです。このうち12日から16日未明にかけての活動は特に激しいものでした。地震研究所ホームページ([http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/topics/200906\\_Sarychev/](http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/topics/200906_Sarychev/))にて画像や解説をご覧ください。



サリチェフピーク火山の噴火で発生した二重の傘型噴煙(2009年6月15日2時30分UTC)

MTSATによる観測で、6月14日19時30分ごろ発生した噴煙の下から新しい噴煙が上がり(15日1時30分ごろ)、例のない二重の傘型噴煙が形成されている様子がとらえられた。図の横幅は約500km。地震研究所では気象庁のMTSAT衛星のデータを直接受信し、東アジアの火山のリアルタイム観測を行っている(詳しくは<http://vrsserv.eri.u-tokyo.ac.jp/REALVOLC/>)。

## ニュージーランド西岸の地震

2009年7月15日18時22分(日本時間、現地では20時22分)、ニュージーランド南島の西岸でMw7.8の地震が発生しました。アウトリーチ推進室では地震研ホームページに特集ページ([http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/topics/200907\\_NewZealand/](http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/topics/200907_NewZealand/))を作成して速報データを公開しました。

## 人事異動

●2009年7月1日付

昇任	専門職員(研究支援チーム)	高島悟史
採用	助教(地震火山噴火予知研究推進センター)	福田淳一
転入	係長(庶務チーム・庶務)	大橋正浩
	主任(庶務チーム・庶務)	酒井芳夫
転出	一般職員(庶務チーム・人事)	井口健吾

●2009年7月16日付

昇任	准教授(海半球観測研究センター)	清水久芳
----	------------------	------