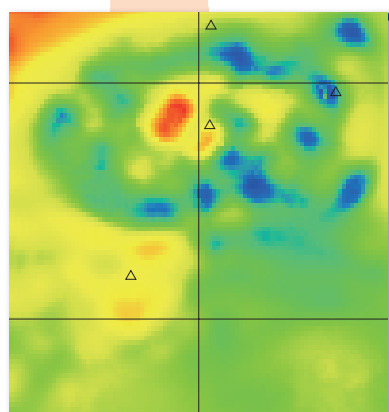


PIUS

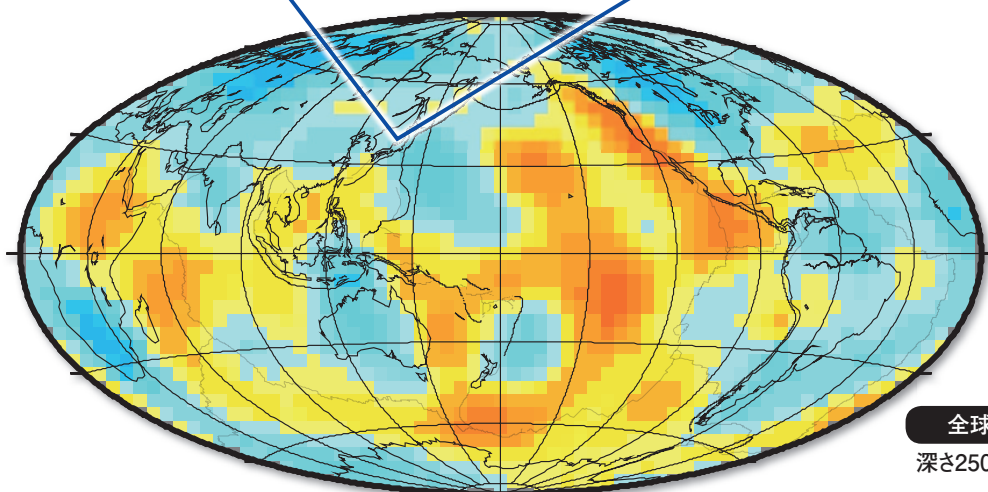
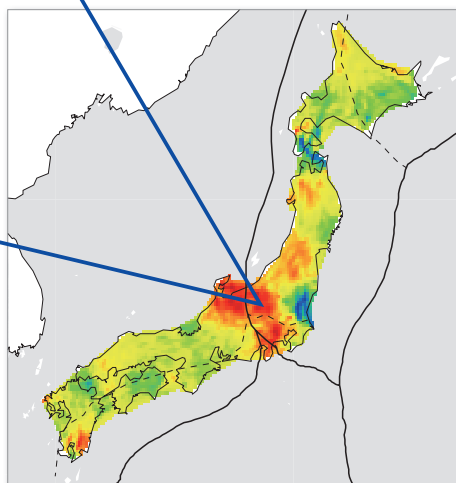
地震研究所 ニュースレター

No.18
NEWS LETTER Plus
Earthquake Research Institute,
The University of Tokyo



浅間山
深さ5km

日本列島
深さ30km



全球
深さ250km

地球は、地震が起きていないときにも、いつも貧乏ゆすりをしているかのようにゆれ続けている。これまで、地震が引き起こした振動を使って、地球の内部構造が調べられてきた。では、地震以外が引き起こした振動を使って、地球の内部を調べることはできないのだろうか。西田 究 准教授は、地震以外が引き起こした振動を使って、日本列島の地殻の構造や全地球的な内部構造、浅間山の内部構造などを明らかにすることに成功。さらには、この手法を用いて火星の内部構造も調べようとしている。

特集

地震以外のゆれから 地球内部を探る



東京大学地震研究所

地震以外のゆれから地球内部を探る

西田 究

数理系研究部門
准教授

地球は、ゆれ続けている

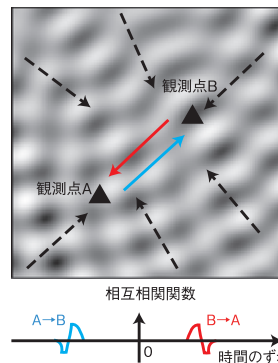
ほかの人にはノイズ、私には宝の山——
西田 究 准教授の研究方針の一つだ。「地震による地面のゆれを記録する装置が地震計です。しかし、地震が起きていないときにも、地震計には振動が記録されています。私たちには感じませんが、地球はいつも、貧乏ゆすりをしているかのようにゆれ続けているのです。そうした振動は、地震による振動を解析したい人にとっては、重要な地震から出た波を隠してしまう邪魔者です。私は、ほかの人にとってはノイズである地震以外によって引き起こされた振動、雑微動 (ambient noise) を使って、地球の内部を探ろうとしています」

地球の中心には内核があり、その外側には外核、マントルがあり、表面は地殻で覆われている。そうした地球の内部構造は、地震の観測から明らかにされてきた。地震波は、異なる物質の境界で屈折したり反射したりする。また、硬い物質中では速く伝わり、軟らかい物質中ではゆっくり伝わる。震源から広がる地震波を多数の観測点で観測し、到達経路と到達時間の違いから、どこに硬い物質があり、どこに軟らかい物質があるか、つまり地球内部の3次元構造が分かるのだ。この手法は、地震波トモグラフィーと呼ばれている。

実は、地震以外が引き起こす振動を用いて地球の内部構造を調べようという試みは、1950年代からある。1957年には、当時地震研究所の助手だった故 安芸敬一博士が、東京大学のグラウンドで人間活動が引き起こす振動を観測して地下構造を調べている。しかも、地面を掘り起こし、推定が正しいことを示した。しかし、人間活動が引き起こす振動は短周期のため深さ1kmくらいまでの構造しか分からないなどの理由から、大きなスケールの構造解析には使われてこなかった。「ところが2005年ごろから、地震以外が引き起こす振動を用いて構造を調べる研究が注目され始めました」と西田准教授は言う。

図1 地震波干渉法の原理

海の波などに起因する振動は、常にあらゆる方向から伝わってくる(上)。2点の観測点を考えると、一方の観測点で地震が発生し、もう一方の観測点で観測しているような波形が観測される(下)。たくさんの波形から相互相関関数を計算すると、2つの観測点間の地震波速度構造が分かり、内部構造を知ることができる。



貧乏ゆすりを使って地殻の構造を見る

2004年、フランスの研究グループが、周期10秒の振動を使ってアメリカ・カリフォルニア地域の地殻の構造を推定することに成功したのだ。その振動は、海洋の波が海底をたたくことで生じたものである。彼らが使った手法は、地震波干渉法と呼ばれている。2つの観測点で捉えた振動の波形がどの程度似ているのかという相互相関関数を計算すると、2点間で振動がどのように伝わるかが分かる(図1)。それをいろいろな観測点の組み合わせについて調べることで、地殻の構造を明らかにした。

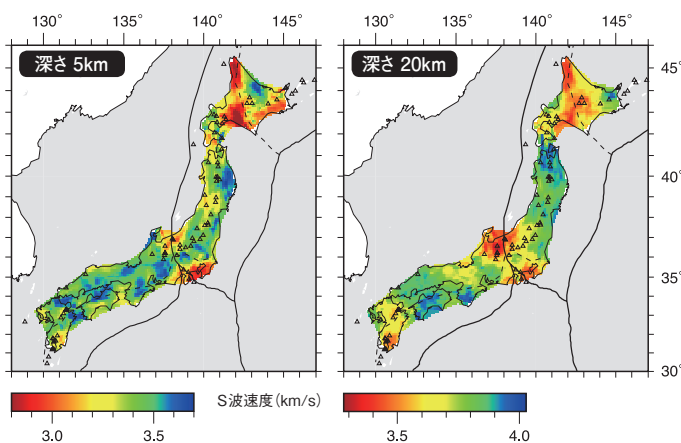
この報告の後、同様の研究が盛んに行われるようになった。西田准教授は、その理由を二つ挙げる。一つは、相互相関関数の計算という比較的簡単な統計処理をするだけで、その後は地震波トモグラフィーと同じ手法が使えること。もう一つは、2000年ごろから観測点が急増し、膨大な地震以外の記録が蓄積されていること。多くの観測データは公開されており、誰でも使うことができる。

西田准教授は、「日本には数百点の観測点から成る高感度地震観測網Hi-netがあります。そのデータを使わない手はありません」と、Hi-netの観測データに含まれている周期5~20秒の振動を解析。そして、日本列島の地殻の構造を明らかにすることに成功した(図2)。雑微動を用いて日本列島の地殻の構造を推定したのは、それが初めてだ。

地震以外が引き起こす振動を用いることは、地震波トモグラフィーと比べて利点がある。地震が発生する場所は限られていて、またいつも発生しているわけではない。そのため、内部構造を詳細に調べることができる領

図2 日本列島の地殻の構造

各深さにおける3次元S波速度構造を示す。青は波の伝播速度が速い硬い領域で、地殻の上部、特に東北地方や西南日本に見られる。赤は波の伝播速度が遅い軟らかい領域で、北海道の日高衝突帯や、ひずみ集中帯、火山や堆積層などに見られる。



域は限られてしまう。一方、地震以外が引き起こす振動は地球上のどこでもいつでも観測できるので、地震波トモグラフィーでは観測しにくかった領域の構造も分かるのだ。

もっと深く、全地球的な内部構造を調べる

一方で、周期5〜20秒の振動は深くまで伝わらないため、構造が分かるのは地殻内に限られてしまうという問題もあった。もっと深く、そして全地球的な内部構造を知るには、周期100秒以上の振動を調べる必要がある。しかし、そのような長周期の振動は、巨大な地震だけが引き起こすと考えられていた。その状況を変えた一人が、西田准教授だ。1998年、西田准教授を含む日本の研究グループが、地震が起きていない間も、地球は周期100秒で振動していることを発見したのだ。

そして西田准教授は、周期100秒の振動を使って、地球内部の構造を調べてみることにした。「振幅がとても小さいので、精度よく測定し、そこから内部構造に関する情報を引き出すのはとても難しいことです。1986年から17年分の観測データを解析することで精度を上げ、深さ350kmまでの地球の内部構造を明らかにすることに成功しました」(図3)。その結果は、地震波トモグラフィーで得られている地球内部の構造と、よく一致している。

雑微動を用いて全地球的な内部構造を明らかにしたのは、それが世界で初めてだ。なぜ世界初となれたのだろうか。「私たちが、振動の素性を知り尽くしていたからでしょう」と西田准教授は答える。「私は地震が起きていない間に、地球がどのように振動していて、その原因は何かを調べていました。その結果、周期100秒の振動を見つけ、それが海の波に由来することを明らかにしたのです。17年分のデータもその過程で解析していました。詳細に解析したデータがあるのだから何かに使えないかと考え、地球内部の構造を調べてみることにしたのです」

しかし西田准教授は、「その結果は、地震以外が引き起こす振動を使って地球の内部構造が分かる、ということを示したにすぎません」と指摘する。現在は、地球の表面を伝える表面波を使っている。より詳細に、より深い所の構造を見るためには、振動の中でも、地球内部を伝わってくる実体波を使う必要がある。「実体波の振幅は表面波より1桁以上小さいので、検出が難しく、私たちも最近ようやく検出に成功したところです。観測ができることと解析に使えることの間には、大きなギャップがあります。そのギャップを埋めるべく、研究を進めているところです」

図3
地球の内部構造

各深さにおける3次元S波速度構造を示す。深さ140kmでは、環太平洋火山帯に沿って軟らかい物質の領域(赤)がある。深さ340kmでは、日本列島の下に沈み込んだ海洋プレートに相当すると思われる硬い物質の領域(青)がある。

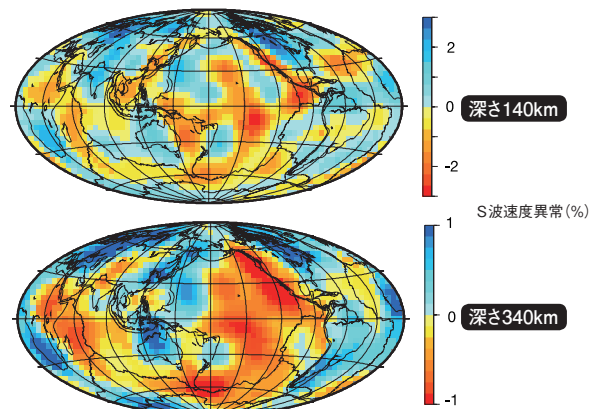
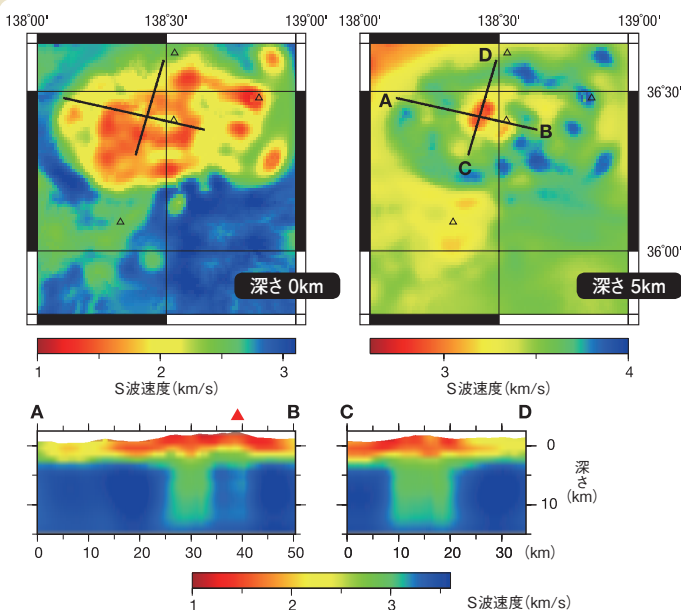


図4
浅間山の内部構造

海拔0mおよび海面下5kmと、A-BおよびC-Dの断面におけるS波速度構造を示す。海面下5kmでは、山頂(左下パネルの赤三角)の西側に軟らかい物質の領域(赤)がある。直径5kmほどで、マグマだまりではないかと考えられている。



火山の内部構造の時間変化を追う

方法のためには目的を選ばない——これも西田准教授の研究方針だ。「知りたいことのために方法を開発するだけではなく、開発した手法を使ってできることもいろいろやります。雑微動を使って見てみたら面白そうなのは何か。地震研火山噴火予知研究センターの研究者との議論で、火山だと思いました」最初のターゲットは浅間山だ。2005〜07年の観測データに含まれる雑微動を解析した結果、山頂の西側の海面下5〜10kmに、波の伝播速度が遅い領域があることが分かった(図4)。それは直径5kmほどと小さく、地震波トモグラフィーでは見つけることができない。この低速度領域は、マグマだまりではないかと考えられている。

「火山の内部構造だけでなく、時間変化を見たい」と西田准教授。「内部構造の時間変化が分かれば、噴火のメカニズムの解明や、将来的には噴火予知にも貢献できます」

惑星での地震学“惑震学”を構築

「この手法は、ほかの惑星の内部構造の

解明にも使えるはず」と語る西田准教授が狙っているのが、火星だ。火星では地震はあまり起きていないと考えられている。海もない。しかし、激しい砂嵐があることから、大気によって火星はゆすられている可能性がある。その振動から内部構造を探ることができるかもしれない。

アメリカでは火星探査機InSightの打ち上げが2016年に予定されている。また、日本では2020年代前半の打ち上げを目指すMELOS計画が検討中だ。「InSightやMELOSで地震計を運び、火星で振動を観測したいですね」と西田准教授。「惑星での地震学、“惑震学”をつくりたい」と意気込む。

地球は何によってゆすられているのか。海洋だけなのか。同時に大気によってもゆすられているのか。それらを明らかにすることも、西田准教授の課題だ。「地震計に記録された振動をひたすら見る。すると、奇妙な現象が見えてくることがあります。その原因を探ること。そして、それを使って今まで見えなかったものを見ること。それが私の研究です」

(取材・構成:鈴木志乃)

TOPICS

西之島の噴火

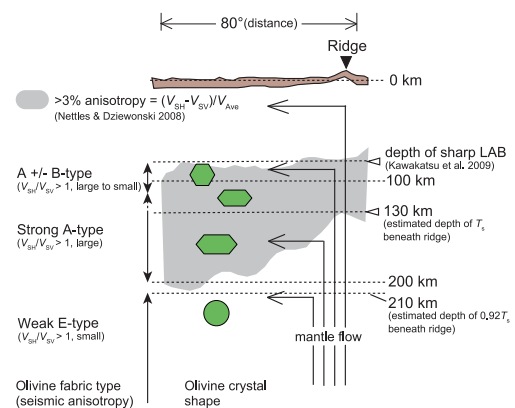
2013年11月20日ごろから小笠原諸島の西之島周辺で噴火活動が活発化し、西之島の南東400～500mに新島が出現しました。その後も噴火を繰り返して溶岩が流出し、新島は拡大していきました。12月26日には西之島と新島が接合し、一体化しました。2014年2月現在、噴火活動は依然として活発です。<http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/20111122nishinoshima/>

最近の研究から

最近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/>

- 地球上部マントル内の拡散クリープ下でオリビン結晶は配列する—オリビンの粒子形がマントル地震波速度異方性の成因?—



本研究で予想された、マントルアセノスフェア内でカンラン岩の粒界すべり卓越拡散クリープ下で変形した場合のオリビンの粒子形と、それから予想される結晶軸配向の深度分布。観測された太平洋下での地震波速度異方性の分布が示されている。

- 2011年霧島山新燃岳噴火のマグマ湧出、準プリニー式およびブルカノ式噴火に伴う地殻変動サイクル
- 自律式無人ヘリコプターを利用した繰り返し空中磁気測量—2011年霧島山新燃岳噴火後の事例—
- 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

平賀岳彦 准教授らの論文が Nature誌に掲載

平賀岳彦 准教授らの論文「地球上部マントル内の拡散クリープ下でオリビン結晶は配列する」が、Nature誌(2013年10月17日号)に掲載されました。

イベント報告

●地震研究所オープンキャンパス・一般公開2013

2013年8月7日と8日に、地震研の一般公開とオープンキャンパスが開催されました。両日合わせて1000人近くの来場者があり、盛況のうちに終わりました。今回は特に高校生の姿が多く見られました。



●サマースクール

2013年9月23～27日にInternational Summer School 2013が、神奈川県箱根町の強羅で開催されました。アメリカの南カリフォルニア地震センター(Southern California Earthquake Center:SCEC)との協力により実現し、今回が第1回となります。50名ほどの国内外の大学院生とポスドク(PD)が集まりました。2014年はカリフォルニアでの開催が検討されています。



●ジョン・ミルン展示

日本地震学会を創設したジョン・ミルンの没後100年を記念した、国立科学博物館の「科博NEWS展示～ジョン・ミルン没後100年特別公開～」を地震研は共催し、2013年6月11日から9月8日まで展示がされました。9月6日には天皇后両陛下が公式訪問され、現・日本地震学会会長を務める地震研の加藤照之教授が解説を行いました。



小原一成 教授が、AGUフェローに選出

アメリカ地球物理学連合(AGU)では、地球惑星科学への貢献のあった会員をフェローとして選出しています。2013年は62名のフェローが選ばれ、日本からは小原一成 教授が選出されました。

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18号

発行日 2014年3月31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/>

INFORMATION

人事異動

- | | | | |
|----------|----|--------|-------------------------|
| ●7月16日付 | 採用 | ・宮本成悟 | 高エネルギー素粒子地球物理学研究センター 助教 |
| ●8月16日付 | 昇任 | ・加藤愛太郎 | 地震予知研究センター 准教授 |
| ●9月1日付 | 採用 | ・長尾大道 | 巨大地震津波災害予測研究センター 准教授 |
| ●11月16日付 | 昇任 | ・西田 究 | 数理系研究部門 准教授 |
| | | ・市原美恵 | 火山噴火予知研究センター 准教授 |