

PIUS

地震研究所
ニュースレター

NEWS LETTER Plus No.36
Earthquake Research Institute,
The University of Tokyo



特集

表層が 地球ダイナミクスを駆動？

地球は、表層のプレートから内部のマントル、核までダイナミックに運動している。その動きを駆動しているのは表層か内部か。物質科学系研究部門の岩森 光教授はさまざまな手法を組み合わせ、地球の構造やダイナミクスの真の姿に迫ろうとしている。



東京大学地震研究所

表層が地球ダイナミクスを駆動？

取材協力

物質科学系研究部門 教授 岩森 光

「日本列島は、地震と火山活動がとても活発です。私たちの足の下がどのような構造になっていて、何が起きているのかを明らかにする。それが研究テーマの一つです」と岩森教授は言う。

日本列島はプレートの沈み込み帯に位置する。日本列島をのせた陸側のプレートの下に海洋プレートが沈み込む際に摩擦が生じてひずみがたまり、それを解放するとき巨大地震が発生する。また、深く沈み込んでいったプレートは高温・高圧にさらされ、含まれていた水が絞り出される。水の存在によってマンツルの岩石が融ける温度が下がってマグマがつくれ、それが上昇して火山を形成する。

地震も火山もプレートの沈み込みが関係しているのだが、岩森教授は「プレートがどのように動かされているのか、実はよく分かっていない」と指摘する。「日本列島における地震や火山活動を理解するには、遠回りのように思えても、日本列島の下だけでなく地球を俯瞰しその内部を丸ごと知ることが不可欠です」

マンツル組成が東西半球で違う

地球内部をいかに調べるのか。岩森教授は、病院での検査に例えて説明する。臓器や血管の位置や形、腫瘍といった異常を見るために、X線CT検査や超音波検査を行う。それと同様の原理で、地震波の伝播速度を測ると、地球の内部構造が分かる。低温で硬いところは速く、高温で軟らかいところは遅く伝わる地震波の性質を利用して、沈み込むプレートやマンツルの上昇流の存在など詳細な地球の内部構造が明らかになっている。ただし、この地震波トモグラフィーでは、どうい物質でできているかまでは分からない。

そこで、地球の中から物質を取り出して、どの元素や同位体が含まれているか化学組成を調べる必要がある。しかしマンツルや核から直接物質を取り出すことはできないため、火山から噴出した溶岩を使う。溶岩はマンツルの岩石が融けたマグマが上昇し地表で冷えて固まったものだから、その化学組成を調べることでマンツルがどのような物質でできているかが分かるのだ。地球に長い針を刺して血液検査をするようなものだ。この手法を地球化学プローブと呼んでいる。

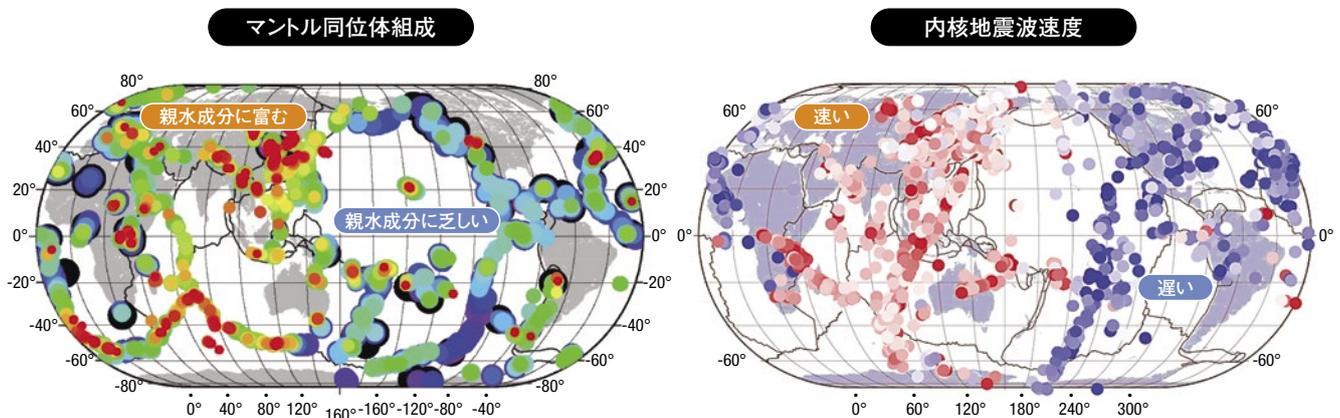
岩森教授らは、報告されているもの、自分たちで採取・分析したものなど、世界各地の溶岩およそ7000の同位体組成データを集め、独立成分分析という手法で解析。「独立成分分析とは簡単に言うと、たくさんの人の声が混ざった中からそれぞれの人の声を分離して抽出する手法です。情報科学や脳科学で注目され、最近ではさまざまな分野で使われています。独立成分分析を用いて溶岩の同位体組成を解析したところ、水に溶けやすい親水成分由来の同位体が日付変更線付近を境に東半球では多く、西半球では少なくなっていることが分かりました」と岩森教授は解説する(図1左)。

超大陸の存在がマンツルと内核へも影響

マンツル組成の東西半球の違いは、なぜ生じたのだろうか。溶岩の放射性壊変によって蓄積した同位体を測定したところ、そうした違いは数億〜10億年前からあったことが分かった。「地球では、3億年前にはパンゲア、7億〜10億年前にはロディニアという超大陸が存在していました。超大陸があったのは東半球です。超大陸の存在がマンツル組成の違いを生み出したのではないかと考えています」

超大陸の周囲では、海洋プレートの沈み込みが起きる(図2)。海洋プレートは水をたくさん含んでおり、親水成分も一緒に地球内部へ運び込まれる。その結果、超大陸の下、つまり東半球のマンツルは、親水成分に富むようになる。一方、西半球のマンツルはプレートの沈み込みに伴う水の運び込みがないため、親水成分が相対的に乏しくなる。その違いが、7000もの溶岩を対象に、しかも地球

図1 マンツル同位体組成と内核地震波速度の東西半球構造



マンツルに含まれる親水成分の濃度に対応する統計成分の分布。日付変更線付近を境に東半球は親水成分に富み、西半球は親水成分に乏しいことを表す。

内核の地震波速度構造を地表地図に投影した図。日付変更線付近を境に東半球で速く、西半球で遅くなっている。マンツル組成の東西半球構造とよく似ている。

化学では使われていなかった独立成分分析を行ったことで、初めて見えてきたのだ。

実は、独立成分分析の結果を最初に見たとき、あまりにもきれいに東西半球で分かれていたので驚き、人為的な間違いをしたのではないかと、岩森教授は思ったそうだ。地震波の研究によって得られていた内核の地震波速度構造と見比べたとき、さらに驚いた(図1右)。

マントルの下、地球の中心には核がある。核は鉄やニッケルで構成され、外核は液体、内核は固体である。地震波の研究によって内核の地震波速度や構造は東半球と西半球で大きく異なることが、以前から知られていた。「内核の地震波速度の分布を地表地図に投影してみると、マントル組成の東西半球構造ととてもよく似ていたのです。それを見て、超大陸の存在がマントルだけでなく内核にまで影響を及ぼしているというアイデアが浮かびました」(図2)

超大陸の周囲から冷たいプレートが沈み込むことによって、超大陸の下のマントルが冷却される。核は金属で構成されているため熱を伝えやすく、マントルと接している外核表面も冷却されて下降流が生じ、内核も冷やされる。その結果、超大陸がある東半球の内核は比較的低温で地震波速度が大きく、西半球の内核は高温で地震波速度が小さくなり、東西半球で違いが表れる——そう岩森教授は考えている。

地球ダイナミクスの駆動力は？

「プレートは海嶺で生まれ、移動し、海溝で沈み込んでいきます。マントルも外核も対流しています。地球は、ダイナミックに運動しているのです。では、その駆動力はどこにあるのでしょうか」。そう岩森教授は問い掛ける。

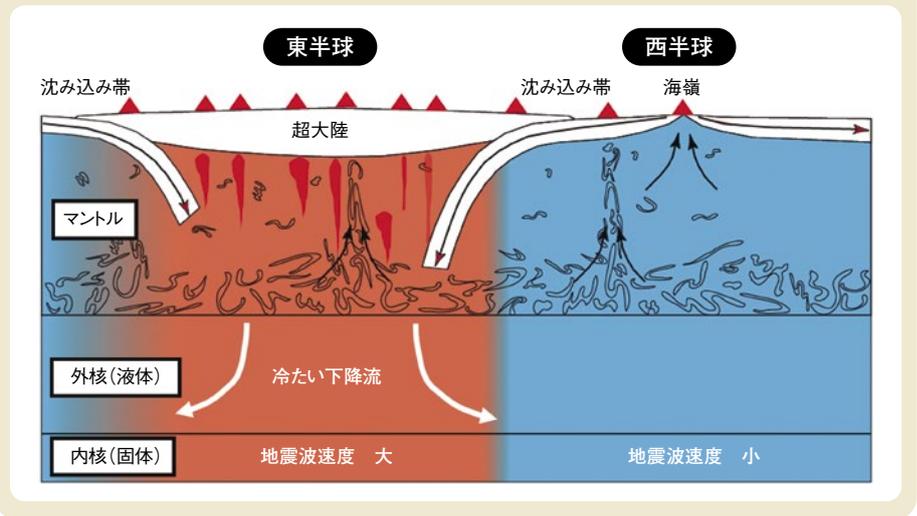
地球内部は深くなるほど温度が高くなる。高温の核によってマントルが暖められて上昇流が生まれ、そのマントル対流がプレートを動かしている。だから地球ダイナミクスを駆動しているのは深部からの上昇流である、と考える人もおり、一部の高校の教科書にもそう書かれている。

ところが、「本当にそうでしょうか」と岩森教授。「大陸の周りでプレートが沈み込むことで、マントルの化学組成が変わり、マントルや内核の温度も変わり、対流が生まれる。このことから、地球ダイナミクスを直接駆動しているのは沈み込むプレート、つまり表層であると、私は考えます」

「みそ汁の対流と同じです」と岩森教授。おわんに入ったみそ汁には対流が起きるが、底から暖められてはいない。みそ汁の対流は、

図2 「Top-down hemispherical dynamics」の循環モデル

超大陸の周りでプレートが沈み込み、水と共に親水成分がマントルに供給された。その結果、超大陸がある東半球のマントルでは親水成分の濃度が高くなった。また、冷たいプレートの沈み込みによって超大陸の下のマントルが冷やされ、その影響は外核、内核へ及んだ。その結果、内核の東半球は温度が低くなり、地震波速度が大きくなった。



表面で冷やされて沈み込むことが原動力となって生じている。

地球のさまざまな深度の地震波速度分布を見ると、同じ深さで最も大きな差があるのは表層付近である。地震波速度は温度に大きく依存する。つまり、表層付近は水平方向に最も温度差が大きいことを示し、同じ深度で温度差があるほど沈む力あるいは浮力が働く。これも地球ダイナミクスの駆動力は表層であるとする根拠の一つである。岩森教授は、この仮説を「Top-down hemispherical dynamics (表層が支配する半球ダイナミクス)」と名付け、さらなる検証を進めている。

温泉水で日本列島の下を知る

「地球を俯瞰して見ることで、太平洋プレートとフィリピン海プレートが沈み込んでいる日本列島がとても特異で、地震や火山だけでなく地球ダイナミクスを理解するためにも重要な場であることを、改めて認識しました。だからこそ、やはり日本列島の下がどのような構造になっていて、何が起きているのかを明らかにしたい」。そう語る岩森教授が注目しているのは、水だ。

太平洋プレートとフィリピン海プレートは、角度に差はあるが、どちらも日本列島の下に斜めに沈み込んでいる。岩森教授は、「プレートが斜めに動くのは不思議なこと」と言う。「重力が下向きに働いているところで斜めに動くには、ほかの力が必要になりますが、その力の正体が分かっていないのです。水が岩石を軟らかく、あるいはすべりやすくし、トロダイルと呼ばれる運動を生じることが、原因の一つではないかと考えています」。今は、プレートは斜めに沈み込むものとして地震の発生

メカニズムを考えているが、上下の動きや力はきちんと考慮されていない。なぜ斜めに沈み込むのかが分かれば、地震の発生メカニズムをより正しく理解することにもつながる。

現在、温泉水の研究に取り組んでいる。温泉水の多くは雨水が地中に染み込み地下の熱で暖められて地表に戻ってきたものだが、プレートと共に沈み込んだ水が地表に湧き出したものもある。岩森教授らは、有馬温泉水の起源は沈み込んだプレートから絞り出された水であることを突き止めた。さらに日本各地から温泉水を採取し解析することで、水の分布や循環、そしてプレートの沈み込みに与える影響などを明らかにしようとしている。

なぜ地球は活発でにぎやかな惑星なのか

野外調査や室内での分析、データ解析、数値シミュレーションなど複数の手法を組み合わせるのが、岩森教授の研究の特徴である。一番好きな手法は？「どれも面白く順番は付け難いですが、火山の息吹を感じながら溶岩を採取したりする野外調査は好きですね。実際に足を運び、触り、見るからこそ分かることもあります」(表紙:野外調査で訪れたカムチャツカ半島の火山)。

一方で、ほかの惑星も研究対象だ。金星と火星は、材料物質も内部構造も地球とよく似ており、兄弟惑星と呼ばれるが、起きている現象は大きく異なる。「地球と兄弟惑星は何が違うのかを探っています。そして、なぜ地球は活発でにぎやかなのかを明らかにしたい。そんなことを思いながら、今日も研究しています」

(取材・執筆:鈴木志乃/フォトンクリエイト)

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(寺田眞彦)

東京大学地震研究所 ニュースレターPlus 第36号

発行日 2021年9月10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/

広報アウトリーチ室活動報告

●「東大オープンキャンパス/一般公開」開催報告



2021年の東大オープンキャンパス/一般公開もオンラインでの開催となりました。公開講義のほか、学生実験や技術開発室のライブ配信を7月10日に実施しました。「総合観測室写真集」などオンデマンドコンテンツは、地震研ホームページの一般公開のページでいつでもご覧いただけます。

●「EGU General Assembly 2021」に出展

2021年4月19～30日にオンラインで開催された欧州地球科学連合(EGU)の年大会に参加し、国際招聘制度で滞しているカメルーンの研究者を紹介した動画(写真左)と佐竹健治所長からのメッセージ動画(写真右)をバーチャルブースに出展しました。動画は、地震研YouTubeチャンネルでご覧いただけます。



●「JpGU 2021」に出展

2021年5月30日～6月6日、去年に引き続きオンラインで開催された日本地球惑星科学連合(JpGU)の2021年大会のオンラインブースに出展しました。参加動画の「30秒でわかる地震研」は地震研YouTubeチャンネルでご覧いただけます。

●地震研YouTubeチャンネル 新作4本公開



- ・「牛乳パックで作ってみよう地震計」
一般公開の「身近な物で出来る地震の実験! 地震の波の話」でも使用されていた牛乳パック地震計の工作動画です。
- ・「30秒でわかる地震研」
- ・「A visiting researcher from Cameroon」
- ・「Greeting from the director」

●「サイエンスカフェ」開催報告

2021年7月20日、地震・火山噴火予知研究協会との共同企画であるサイエンスカフェの第10回をオンラインで開催しました。「コンゴ・ニラゴンゴ火山の噴火と火山研究における国際協力」と題し、森田裕一名誉教授(現:防災科学技術研究所)にお話をいただきました。

●「懇談の場」開催報告

2021年5月28日、オンラインで開催しました。「電磁気で地下構造を観る」について、上嶋 誠教授(地震予知研究センター)によるお話でした。

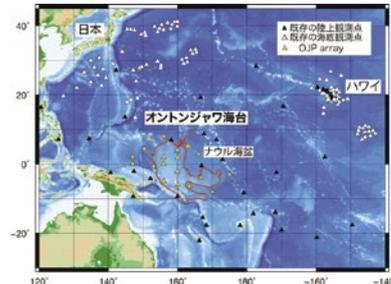
INFORMATION

お知らせ

- 今年も地震研究所は「サイエンスアゴラ」に参加します。「光ファイバー地震計が拓く海底地震・津波観測の新展開(仮)」というテーマで、2021年11月6日(土)15時からオンライン開催予定です。さまざまな方との対話の場になればと思っていますので、ぜひご参加ください。詳細は「サイエンスアゴラ2021」のホームページをご覧ください。
- 「懇談の場」を2021年9月28日(火)16時からオンラインで開催予定です(いつもより1時間早い開始)。今号の特集「表層が地球ダイナミクスを駆動?」について、岩森 光教授によるお話です。接続情報をお送りしますので、orhp@eri.u-tokyo.ac.jp宛てに、件名を「懇談の場参加希望」としEメールをお送りください。お気軽にご参加ください。

プレスリリース

- 2021年6月28日 海底地震計記録で読み解く地震空白域の将来—メキシコ・ゲレロ州沖合の地震空白域のスロー地震活動の発見—
- 2021年6月17日 南海トラフのスロー地震震源域近傍に高圧の間隙水帯を確認—スロー地震発生メカニズム解明へ前進—
- 2021年5月24日 地球上最大の巨大海台はなぜできたか?



受賞

- 青木陽介准教授らの論文が日本火山学会論文賞を受賞
- 行竹洋平准教授らの論文が日本火山学会論文賞を受賞
- 楠浩一教授が2021年日本建築学会賞を受賞
- 古村孝志教授が令和3年度科学技術賞科学技術振興部門を受賞
- 木村将也(博士課程3年)が2020 EPS Young Researcher Awardを受賞

最近の研究



地震研ホームページの最近の研究を紹介するコンテンツ「最近の研究」に、新たな論文が追加されています。ぜひご覧ください。

- 小型広帯域海底地震計の開発
- 古記録画像からの深部低周波微動検出に向けた深層学習モデル(畳み込みニューラルネットワーク)の構築
- 広帯域MT・ネットワークMT法による跡津川断層周辺域の地下電気比抵抗構造
- 2016年福島県沖地震によるS-net水圧計の津波波形のデータ同化と沿岸津波波形の予測
- 巨大地震発生前後におけるプレート間非地震性すべり速度の長期的変化
- 物質の内部を探る相転移の理論
- 首都圏下のフィリピン海プレート構造に関する新たな知見: 首都圏稠密地震観測網を活用した地震波異方性トモグラフィ
- 東北沖地震震源域に設置した海底ケーブル地震津波観測システムOBCSTの開発と運用

人事異動

- 2021年7月16日
配置換 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
- 2021年7月1日
転入 米澤恵美子 庶務チーム・人事担当 係長
転出 松林輝雄 庶務チーム・人事担当 係長
配置換 大湊隆雄 観測開発基盤センター 教授
- 2021年5月16日
昇任 竹内 希 海半球観測研究センター 教授
- 2021年8月23日
臨時的採用 リンゼイ麻衣子 財務チーム・管理担当 一般職員