

なみふる

「なみふる (ナイフル)」は「地震」の古語です。「なみ」は「大地」、「ふる」は「震動する」の意味です。



若手学術奨励賞を受賞した中島 (左)、宮澤 (中央)、加藤 (右) の各氏。詳しくは p.6 からの記事「若手学術奨励賞受賞研究の紹介」をご覧ください。

p.2 地球コアの研究—最近の話題—

p.4 沈み込む海山とアスペリティ

- ## p.6 若手学術奨励賞受賞研究の紹介
- ・火山の深部構造—マグマの上昇経路—
 - ・内陸地震の震源断層へ
どのようにして力が集中するのか?
 - ・外国の地震が日本の地震を誘発!?

p.8 第25回記者懇談会報告が 開催されました 2008年の日本地震学会の活動報告

2008年10月～2008年11月のおもな地震活動

2008年10月～11月に震度4以上を観測した地震は5回でした。図の範囲の中でマグニチュード (M) 3.0以上の地震は662回発生し、このうちM5.0以上の地震は9回でした。「M5.0以上」、「震度5弱以上」、「M5.0以上かつ震度4以上」の条件のいずれかに該当する地震の概要は下記のとおりです。

①鳥島近海

深いところまで沈みこんだ太平洋プレートの内部で発生した地震で、この地震により関東地方の一部と福島県で震度1を

観測しました。

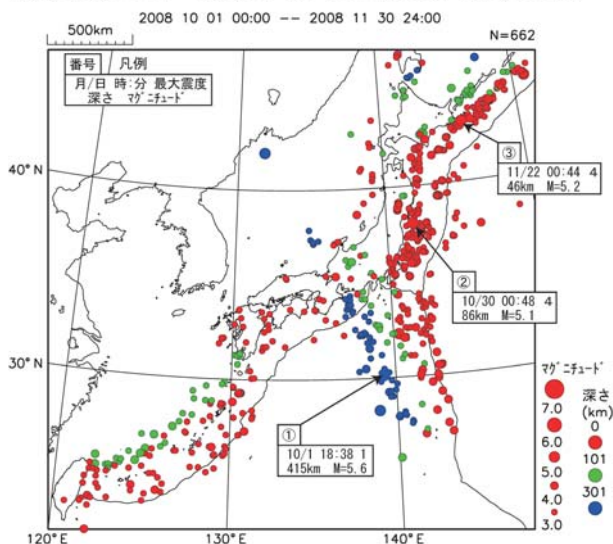
②宮城県沖

太平洋プレートの内部 (二重地震面の下面) で発生した地震で、この地震により宮城県で震度4を観測したほか、東北地方から関東地方にかけて震度3～1を観測しました。

③根室半島南東沖

太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した地震で、北海道の根室市と羅臼町で震度4を観測したほか、北海道と青森県の一部で震度3～1を観測しました。

2008年10月1日～11月30日 M \geq 3.0 地震数=662 (太枠内)



世界の地震

M7.0以上あるいは死者50人以上の被害を伴った地震は以下のとおりです。

(発生時間は日本時間、Mと震源の深さは米国地質調査所 [USGS] によるもの、MwはGlobal CMT解のモーメントマグニチュードです (いずれも12月11日現在)。)

・11月17日2時2分

インドネシア、スラウェシ、ミナハサ半島 (M7.0、深さ30km) プレートの沈み込みに伴い発生した地震で、この地震により死者6人以上、負傷者77名以上等の被害を生じました。

・11月24日18時2分

オホーツク海 (Mw7.3、深さ493km) 太平洋プレートの内部で発生した地震で、この地震により北海道と東北地方の一部で震度1を観測しました。

(気象庁地震津波監視課、文責: 近藤 さや)

図の見方は「なみふる」No.31 p.7をご覧ください。

地球コアの研究 —最近の話題—

地球は外側から順に、地殻・マントル・コア（核）に分けることができます。よく使われるたとえですが、卵が殻・白身・黄身からなっているのと似ています。ここで黄身に相当するコアは、さらに、液体からなる外核と固体の内核に分かれています。医学の世界でレントゲン写真を使って人体の中を調べるように、地球の中身は地震波を使って調べられてきました。図1は、マントルを透かして表現した地球内部の断面図です。コアの半径は約 3500 km、火星とだいたい同じ大きさです。この地球の中心にあるコアの大きさを最初にきちんと測定したのがゲーテンベルクです。それは約 90 年も昔の事です。さらに深いところ、もう一つの境界を約 70 年前にレーマンが発見し、その境界より外側を外核、内側を内核と区別するようになりました。図1の黄色い球が内核を示します。内核の半径は約 1200 km ですから、月より少し小さめです。さて、中学校や高校の教科書で紹介されるコアの構造は、図1に描かれているようなのっぺりとしたイメージではないでしょうか。そこでここでは、地震学による成果を中心に、コア研究の最前線をご案内したいと思います。

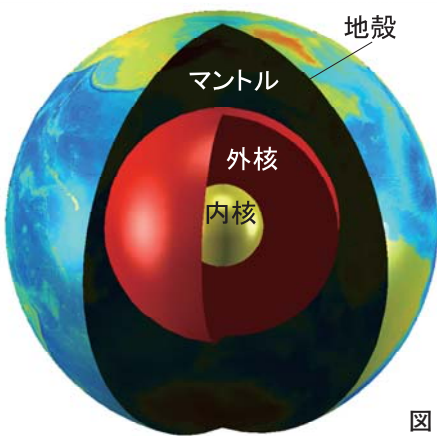


図1 地球の断面図。

コアの表面

コアの表面は、とても複雑な構造をした薄い層におおわれています。多くの研究者は、そこを D'' (ディー・ダブルプライムと読みます) 層と呼んでいます。D'' 層は、いまだに地震学者だけでなく、多くの地球科学者を悩ませ、研究のとりこにしています。地震観測点が少ない頃は、各々が手にできる限られたデータをもとに意見をたたかわせていました。しかし、性能の良い

地震計が世界中に広まり、データが比較的簡単に手に入るようになって、D'' 層の世界地図が作製されるようになりました。この地図は地震波の伝わる速度が速いか、遅いかといった性質で表現されます。図2はその一例です。太平洋をとりかこむ領域で青く（地震波速度が速く）、太平洋の中心やアフリカの周辺で赤く（地震波速度が遅く）なっていることが見てとれるでしょう。

地震波速度が速い地域では、図3のように地震波速度が深さとともに急激に増加していることがしばしば観測されます。これを D'' 不連続面と呼びます。一方、地球の振動を調べることによって、地球内部の密度分布を調べる研究も行われています。その結果の一つとして、D'' 層の密度が高い可能性が指摘されています。

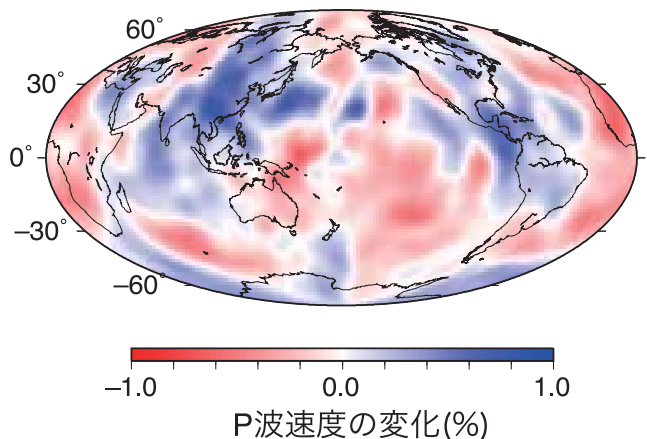


図2 D''層における地震波速度変化の地図(P波の場合。Becker and Boschi (2002) のモデル)。

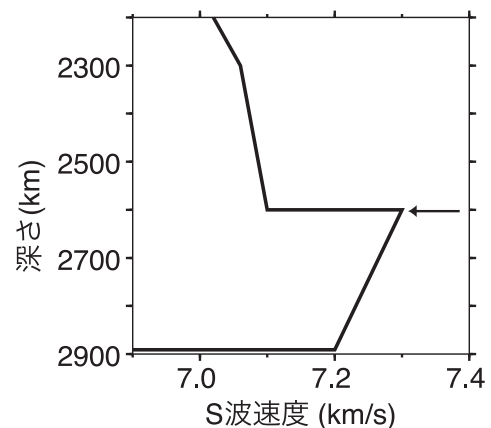


図3 ある地域の D'' 層付近における、S波速度の深さ変化。矢印は D'' 不連続面の位置。

このような地震学による地図は、温度の高低や物質の違いとして解釈されますが、正確に理解するには、ほかの地球科学分野との協力が不可欠です。最近の高温高压実験によって、マントル物質の分子の並び方が突然変わる、相転移と呼ばれる現象がD”層付近でも発生することが発見されました(なるふる 53号参照)。先のD”不連続面の原因として最も注目されています。

図4に描かれているように、コアとマントルの境界は、地表で沈み込んだプレートが最後に行き着く墓場であり、さらには新たなマントルの上昇流が始まる場所であると考えられています。そのためコアの表面はこのようなマントルの対流運動にしたがって凸凹が形作られます。凸凹のパターンがどのようなものかは研究者によって見解が異なりますが、その山谷の差はおおよそ2-3km以内だろうと見られています。

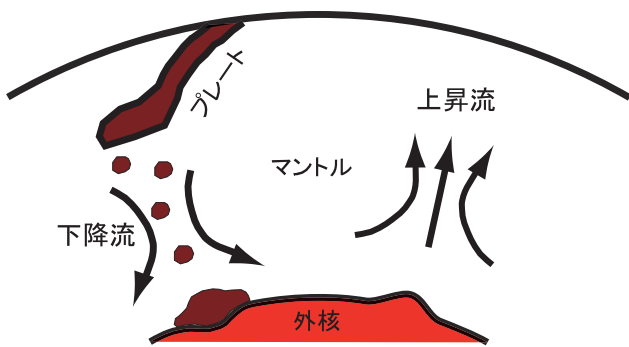


図4 マントル対流によるコア・マントル境界の変形(凸凹)の概念図。

外核

外核の内部では、さらさらに溶けた鉄がゆっくりと流れて、地球磁場をつくり出していると考えられます。この地球磁場は遠く宇宙から飛来する高エネルギー粒子から私たちを守っています。マントル内の立体的な地図が作製されるようになった今日でも、外核内部の詳しい様子を地震学で調べることはまだまだ難しく、不可能だと考えている人の方が一般的です。それはマントルに比べて激しい流体運動によってかき回されてしまうために、常に様子が変わってしまうことと、場所による違いがとても小さいだろうと考えられているからです。しかし、外核の最上部と最下部それぞれ約100kmは、外核の大部分と混じり合っていないかもしれないという観測結果が増えてきています。また最近では、何年かに一度、同じ場所で発生する地震から生じる、互いにそっくりな地震波形を精密に比べることで、外核内部のごくわずかな時間変化を検出したという報告もあります。精度の高い地震観測が継続して行われることによって、このような挑戦的な研究もどんどん増えてくるかも知れません。

内核

地震波による研究が進むにつれて、内核も不思議な構造をしていることが分かり始めてきました。一番の不思議は、内核を南北に伝わる地震波が東西に伝わる場合よりも速いという事です。これを内核の異方性と呼びます。また、内核には、月みたいに表と裏があって、東南アジア側の半球と南北アメリカ側の半球で性質が異なる様子が見えてきました。さらに、内核は地球の自転よりも一年間に0.1°ほど速く回転している可能性のあることが分かってきました。

さて、内核は固体であると多くの人が考えていますが、地球振動から推定される横波の速度は、理論計算による普通の固体よりずっと遅いことが知られています。内核は固体と呼ぶにはやわらかすぎるのです。その理由はまだ十分に説明されていません。一方、内核を伝わる横波はなかなか観測されず、幻の地震波と呼ばれていました。ところが最近、たくさんの地震記録を足し合わせて検出できたという報告がちらほら現れ始めました。日本の地震観測網も貢献しています。さらに、最近の地震学の観測から、内核の中にもう一つ別の芯みたいなものがあるという報告が増えてきています。

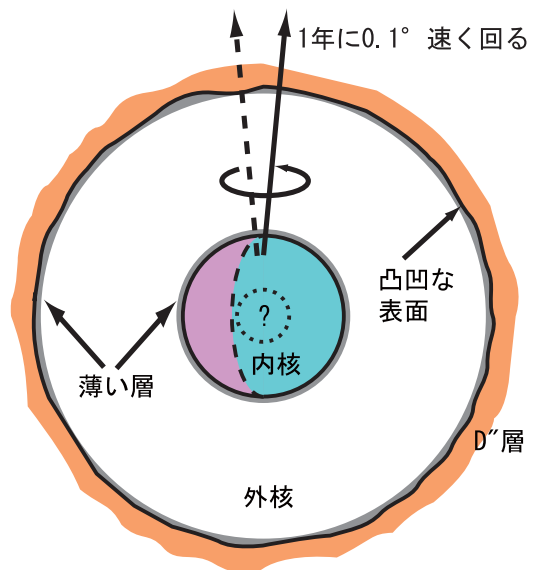


図5 最近の研究成果に基づく地球コア構造の概念図。

おわりに

以上、かけ足でコア研究の最前線をご紹介します。図5に最近の研究成果の概要を漫画でまとめました。しかし、未解決なことが多く、分かったと思っていたことも新しい観測によって、書き換えられる可能性が充分あります。地球のコアは、これからも挑戦しがたい研究対象です。

(独立行政法人海洋研究開発機構 田中 聡)

沈み込む海山とアスペリティ

これまでの研究で、プレート境界に働く摩擦の大きさは場所によって異なることがわかってきました。大きな摩擦が働いて、陸側プレートと海側プレートが強く固着している領域は「アスペリティ」と呼ばれています。この領域では、数十年から百年程度の間隔で繰り返し地震が発生します。これまでは、海底の突起物である海山が沈み込むと、そこでは摩擦が大きくなりアスペリティを形成すると考えられてきました。しかし最近の研究から、必ずしも海山自身がアスペリティとはなっていないことが明らかとなりました。

アスペリティの形成要因は？

はたして、プレート境界における摩擦の分布は、何によって決まるのでしょうか。大きく分けて2つの要因が考えられています。1つ目は、プレート境界面の凸凹が摩擦の大きさに影響しているという考え方です。沈み込む海側プレートの表面はどこも平坦というわけではなく、山あり谷ありの地形をしている場所もあります。海底にある山（海山）のような突起が沈み込んでいる場所では、そこが引っ掛かりとなって、プレート間に働く摩擦は大きくなるだろうと考えられます。2つ目は、プレート境界面にある物質の性質に依存するという考え方です。たとえば、柔らかい粘土を多く含むところでは、それが潤滑油の役割をはたして摩擦は弱くなり、逆に硬い岩石同士が接していると、大きな摩擦が働くと考えられます。このように、沈み

込んだ海山や硬い岩石が接している場所ではプレート間の摩擦が強くなり、アスペリティとなるだろうと予想されます。

茨城県沖の繰り返し大地震

茨城県の沖合約 100 km の海底下では、ほぼ同じ震源域でマグニチュード (M) 7 級の大地震が約 20 年の間隔で繰り返し発生してきました。最近では、2008 年 5 月 8 日午前 1 時 45 分に M7.0 の地震が発生し、6 人が負傷しました。この地震は、前回の 1982 年 7 月 23 日 (M7.0) から 26 年ぶりの発生となります。

これらの地震の震源域よりさらに沖合の太平洋プレートの海底には、多くの海山が点在しています (図 1)。そのうちのひとつである第一鹿島海山は日本海溝に接しており、まさに沈み込みを開始したところです。これらの海山は周囲の平坦な海底面から測って 3,000 m もの高さがあり、富士山をしのぐ規模のものが多くあります。海溝軸より陸側の海底に目を移すと、日本海溝沿いでは茨城県の沖合だけに特徴的に見られる、太平洋プレートの沈み込み方向に沿ったくぼ地があります (図 2)。このようなくぼ地は海山の沈み込みによってできることが、地形調査や室内でのシミュレーション実験で明らかになっています。さらに陸上で観測されたふだんの地震活動や、約 20 年ごとの大地震の規模 (M7) などの状況証拠から、沈み込んだ海山がアスペリティとなっていることが予想されていま

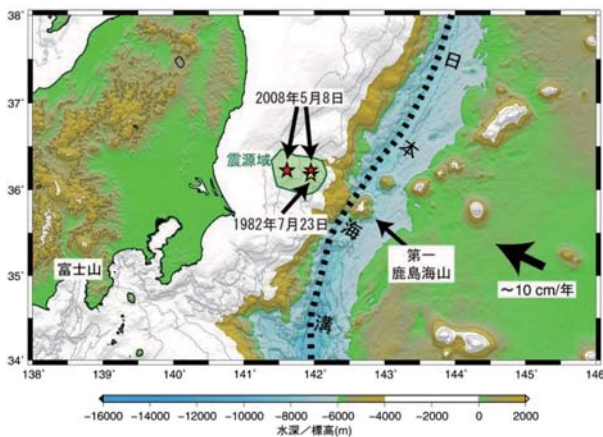


図 1 水深 6,000 m を海拔 0 m として、陸地と同じ色分けでしめた日本海溝南部周辺の地形。海底には富士山よりも規模の大きい海山が点在します。図中央の緑色の領域は、1982 年の地震 (M7.0) の震源域です。2008 年の地震も同じ領域で発生しました。

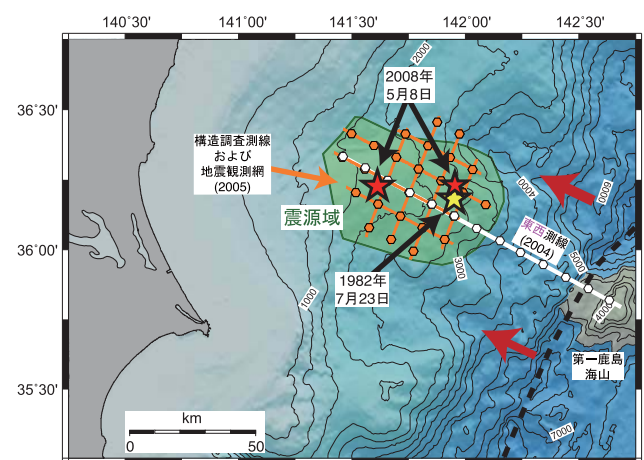


図 2 茨城県沖の海底地形の拡大図。海溝軸より陸側の斜面には、海山の沈み込みによって作られたくぼ地が見られます (赤矢印)。白線は構造調査測線、オレンジは地震観測網、星印は 1982 年と 2008 年に起きた地震の震央です。

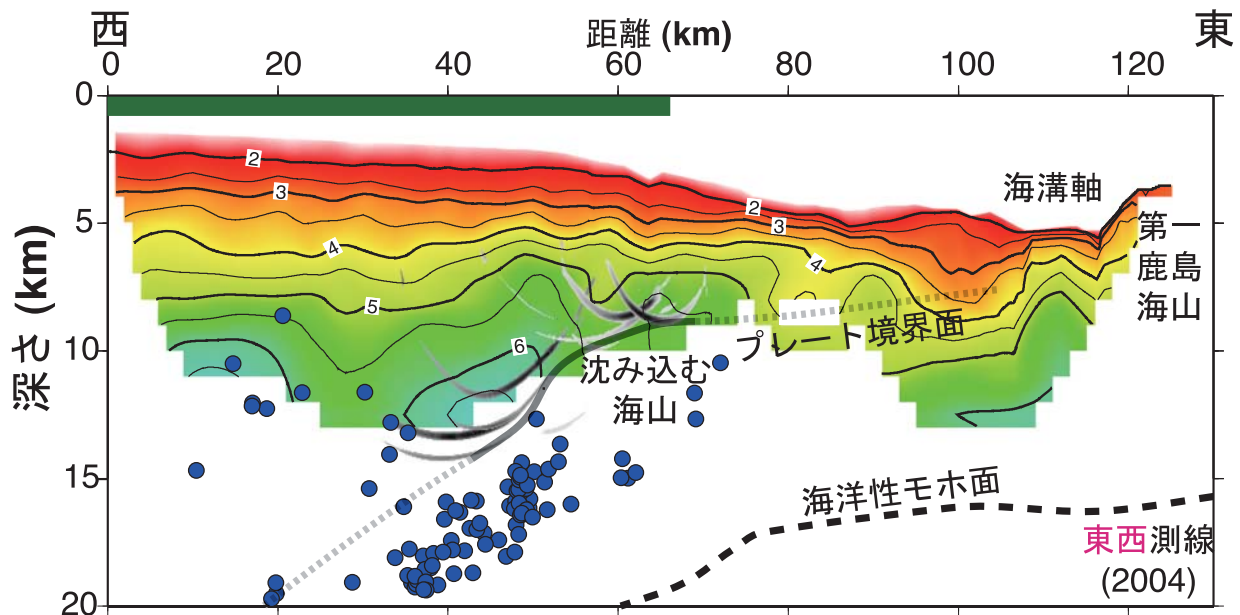


図3 図2に示した測線に沿った地殻(P波速度)構造と地震の分布。発見された海山は、1982年の地震(M7.0)の震源域(緑太線)よりも南側に位置し、地震活動は海山の麓から起こり始めています。

した。

海山と地震の関係

実際に沈み込んだ海山があるのか、またあるとしたらアスペリティとどういう関係になっているのかを詳しく調べるために、2004年にエアガン(人工震源)を使った海底地震計を使った構造調査を、また2005年には海底地震計による自然地震観測を行いました(図2)。人工震源であるエアガンは、高圧空気を一気に放出することで音波を発生します。この音波は海中を伝わり、海底から地殻内を地震波として伝搬した後、海底地震計によって微弱な地震動として記録されます。エアガンから地震計までの到達時間を精密に調べる事によって、地殻内の地震波速度構造を知る事ができます。

このような調査・観測により、富士山級の規模を持つ海山が沈み込んでいる姿を捉える事に成功しました。その結果、海山のある場所は、これまでM7級の地震が発生してきた震源域から南南西に30kmずれている事がわかりました(図3)。これは、海山自身がアスペリティとなっているという予想に反する結果です。

海底地震計で観測された地震活動も、海山上では全く見られず、沈み込む海山の前方の麓付近に集中して発生している事がわかりました。さらに1982年7月に発生したM7.0の地震時のすべりも海山上では起こっておらず、沈み込む海山の前方がアスペリティとなっていることがわかりました(図4)。これらの調査・観測結果を総合的に判断すると、海山部分のプレート境界では、これまでの予想とは全く逆に、摩擦が小さいと考えた方が合理的であると言う事ができます。

高知県室戸半島沖や中米コスタリカ沖でも、深さ約10kmまで元の形を保持して沈み込んでいる海山が見つっています。もし大きな摩擦が働いているとしたら、巨大な突起物である海山自身も徐々に削られていくはずですので、海山自身は摩擦を受けずに沈み込んでいるようです。沈み込む海山部分のプレート境界面では摩擦を低減するメカニズムが働いていると考えられます。境界面にある水が大きな役割を果たしている可能性もありますが、詳細についてはこれからの研究を待たねばなりません。今後、高圧実験装置を用いた岩石破壊実験や数値シミュレーションを通して、この謎を解決して行こうと考えています。

(東京大学地震研究所 望月公廣)

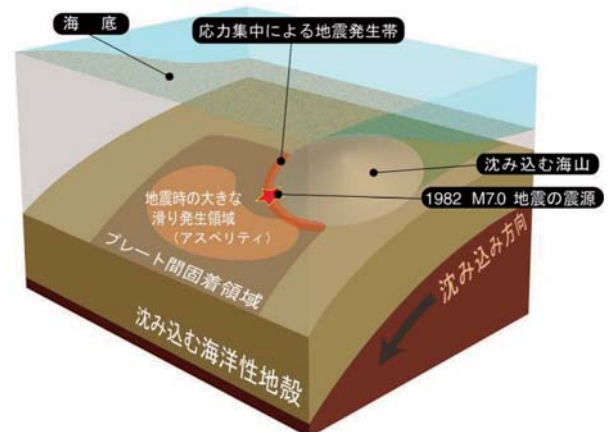


図4 海山とアスペリティの関係。海山部分のプレート境界では地震活動が見られず、沈み込む海山の前方の麓から地震が起こり始めます。アスペリティは、それよりもさらに深い場所に位置します。

若手学術奨励賞受賞研究の紹介

日本地震学会では、優れた業績を上げた35歳以下の若手研究者を対象として、若手学術奨励賞を授与しています。ここでは、2007年度受賞者の中島さん、加藤さん、宮澤さんにご自身の研究の概要を紹介させていただきます。

火山の深部構造 — マグマの上昇経路 —

東北地方の火山分布を眺めてみると、火山が多いのは奥羽山脈に沿う領域とその西側です。奥羽山脈に沿う火山は一様に分布するのではなく、ある間隔をもって密集して分布するという特徴があります。このような火山の分布は何によって決められているのでしょうか？私は、地震波のデータから火山の深部構造がどうなっているかを調べてみました。

まず、地球内部を三次元的に診ることができる地震波速度トモグラフィという手法を用いて、東北地方下の地震波速度構造を推定してみました。すると、マントルには周囲よりも地震波速度が6-10%遅い領域が、沈み込む太平洋プレートにほぼ平行に存在することがわかりました。低速度域の深さは、日本海沿岸で約100km、奥羽山脈直下で約40kmです。

地震波速度が遅い原因としては、周囲よりも高温である、または流体（マグマ）を含むことが考えられます。理論的・実験的に見積もられている結果を用いて評価してみたところ、100-200°Cの高温異常と最大で

数%のメルト（部分熔融）が存在すれば、観測された低速度域を説明できることがわかりました。斜めの低速度域はマグマの上昇経路（マグマを含む上昇流）であったのです。つまり、日本海沿岸下の深さ約100kmで生成されたマグマが上昇流により奥羽山脈下まで運ばれ、そこに火山を形成するのです。

さらに詳しく調べてみると、上昇流中のマグマの量は南北方向に変化し、たとえば、岩手山や秋田駒ヶ岳、栗駒山や鳴子山といった領域下ではマグマの量が多く、その間の領域ではマグマの量が少ないことがわかりました（図1）。マグマの少ない領域では地表に火山を造ることができないため、火山は奥羽山脈に沿って飛び飛びに分布すると考えられます。マントルの不均質構造が地表の火山分布を規定しているというのはとても興味深い結果です。今後、モデルの高度化を図るとともに、地殻内の上昇経路を明らかにすることで、島弧マグマ活動の理解が進むと期待されます。

（東北大学 中島淳一）

内陸地震の震源断層へ どのようにして力が集中するのか？

内陸地震の発生機構を理解するためには、プレート運動によって生じる力（応力）が震源断層へ集中するメカニズムを解き明かす必要があります。地殻内には、様々な岩石や流体が不均一に分布しています。これらの不均一な分布により、地殻内には一様でない変形が生じ、応力集中域が形成されると予想されます。マグニチュード7の地震の震源断層の長さは、Hi-net等の既存の定常地震観測点の設置間隔と同程度の約30kmです。そのため、定常観測網だけのデータを用いている限り、内陸地震の発生過程に影響を与える細かな構造を捉えることは困難です。定常観測点の隙間を埋めるように多くの地震計を設置し、より細かな構造を把握することが、応力集中過程を理解する上で不可欠です。

岐阜・富山県境の跡津川断層周辺や2004年中越地震・2007年能登半島地震・2007年中越沖地震等の震源域で多くの地震計を用いて臨時観測を実施し、詳細な地震波速度構造と応力場を捉えることができました。例えば、中越地震の震源断層は、上盤側の厚い堆積層と下盤側の基盤岩との構造境界に位置しているこ

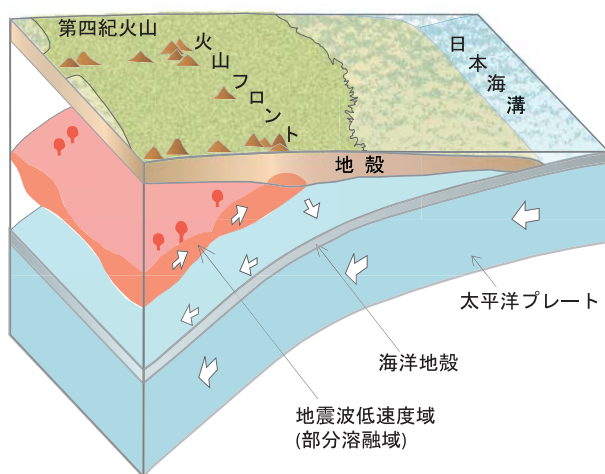


図1 東北地方下のマグマ上昇モデル。斜めの低速度層はマグマを含む上昇流であり、それによってマグマが奥羽山脈下まで運ばれます。一部のマグマは上昇流から分離し、日本海側の火山を造ります。

とがわかりました (図2)。そして、構造境界と応力場の水平方向の変化から、堆積層の変形によって応力が本震の断層へ集中するモデルを提案しました。

その後、中越沖地震発生後の臨時観測を通して、中越地域においては基盤岩の上面 (堆積層と基盤岩との構造境界) が階段状の凹凸形状をしていることを見つけました。この基盤上面の凹凸形状は、日本海拡大時に引っ張られてできたリフト (地溝) と考えられます。例えば、中越地震はリフトの東端で発生した地震として理解できます。さらに、震源域深部に局在した低速速度体が推定されました。比抵抗構造探査の結果を考慮すると、この低速速度体は流体である可能性があります (図2)。もし流体が存在するならば、変形が局所的に進行するため、上部の断層へ応力集中が生じます。その結果、日本海拡大時に形成された古い断層が再活動して、中越・中越沖地震が発生したと考えられます。

(東京大学地震研究所 加藤愛太郎)

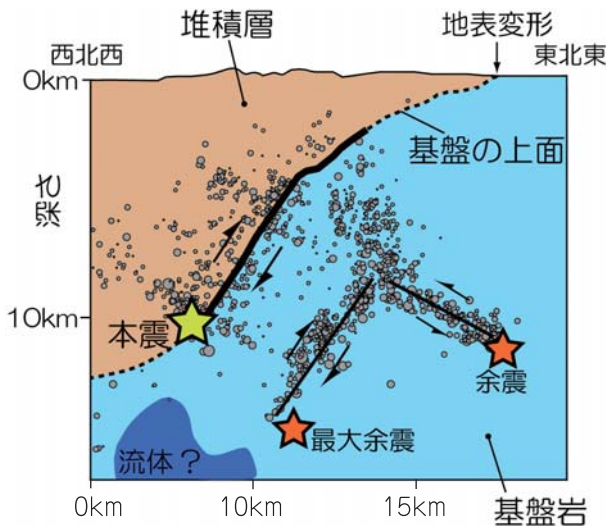


図2 中越地震の震源域の概念図。星印は本震・最大余震・余震 (本震から4日後) の震源を示し、矢印はすべり方向を表します。灰色の丸印はマグニチュードの小さな余震です。

外国の地震が日本の地震を誘発!?

はるか遠く離れた外国で大地震が起きたからと言って、日本でもつられて地震が起きるのでしょうか? 地震が起きると地震波が遠方まで伝わっていきます。これが「ささいなきっかけ」となって別の場所で地震を誘発するかもしれないという考え方は昔からありましたが、つい十数年前までは地震学者でさえ信じていませんでした。偶然という可能性があったからです。最近、地震波が日本列島を通過する時に、明らかに地震が誘発されている例が見つかりました。

図3は2008年5月に発生した中国四川 (汶川) 地震を、約2800km離れた四国西部で観測した地震波形です。P波やS波の後に、これよりもはるかに振幅が大ききゆっくりとした表面波が観測されています。フィルタを通すことで、四川地震の地震波だけを取り除くことができます。すると表面波が到達していた時に、その揺れに合わせるようにして、パルス状に微動 (地震の群) が発生していたことがわかります。これが、遠くからやってきた地震波 (表面波) で誘発された四国西部の微動です。2003年十勝沖地震、2004年スマトラ沖地震など、他の大地震が起きたときにも同様の誘発が見つかっています。

この誘発された微動は、西南日本で発見されているプレート境界付近の深さ約30kmで発生する深部低周波微動と呼ばれている地震群です (「なるふる」30号参照)。日本以外でも見つかっており、プレート境界の謎を解く鍵とも考えられて注目を集めています。どのように発生しているかは謎の多いままです。

表面波は地下を膨張・収縮させることができます。そこで今回の誘発を利用して、どのタイミングで微動が発生しているかを調べたところ、膨張時に微動が発生し、収縮時に止むことがわかりました。このことから、膨張にともなう流体の移動が「きっかけ」であるかもしれないことがわかりました。

いつでも地震が誘発されるわけではなく、あらかじめ地震が発生するための条件が整っていなければなりません。いつ地震が起きてもおかしくないくらい地下にひずみが蓄積している場所に「ささいなきっかけ」があり、それが断層の強度を超えてしまうと地震が発生すると考えられています。

(京都大学防災研究所 宮澤理稔)

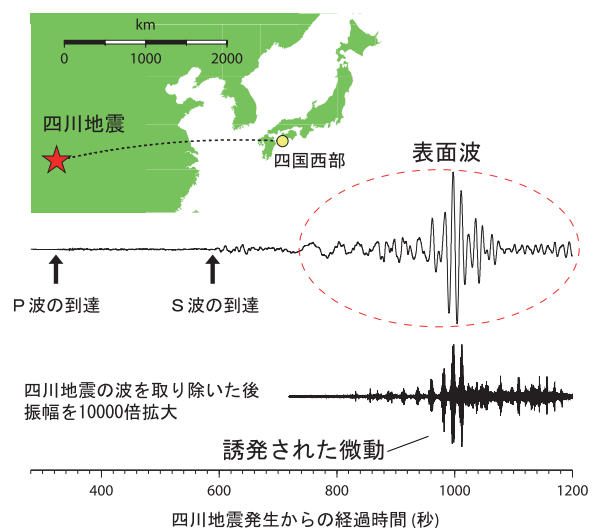


図3 中国四川 (汶川) 地震を四国西部で観測した地震波形。

第 25 回記者懇談会が開催されました

昨年(2008)の11月24日、つくば国際会議場において第25回記者懇談会が開かれました(参加者16名、うちマスコミ関係者4名)。はじめに、平原会長からアジア国際地震学連合(ASC)の総会と合同で行われた今回の学会について説明があり、その後、地震予知検討委員会から書籍「地震予知の科学」の紹介、広報委員会より広報委員会の活動報告がありました。

続いて、産業技術総合研究所の小泉尚嗣氏を講師に迎え、「地下水観測による南海トラフ巨大地震の研究」と題したレクチャーを行いました。過去に発生した東南海・南海地震の際に、道後温泉や湯峯温泉で温泉の水位が低下したことが紹介され、そのメカニズムの解説や、新しく観測用の井戸を掘って地下水の変化を観測することにより東南海・南海地震に迫ろうという、今まさに始まったばかりの研究プロジェクトについて説明がありました。

今後も春・秋の学会に合わせて記者懇談会を開催する予定です。地震研究に関するホットな話題も聞ける絶好の機会ですので、マスコミ関係者の方々は奮ってご参加下さい。

(日本地震学会広報委員長 田所敬一)

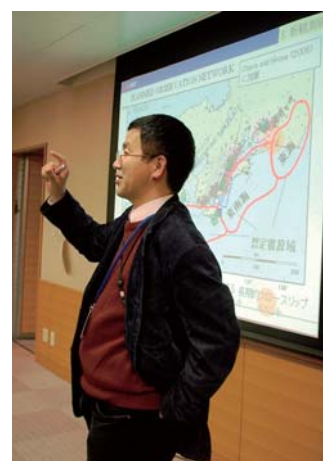


写真 レクチャーで熱弁を振るう小泉尚嗣氏

2008年の日本地震学会の活動報告

昨年、日本地震学会では、表に示したような学会員向け、研究者向け、一般の方向けの活動を主催するなどしてまいりました。これらの活動に対してご協力を賜り、誠にありがとうございました。本年も幅広い活動を行ってゆく予定です。どうぞご期待ください。

(日本地震学会広報委員会)

開催日	行事名	開催場所
5/25-30	日本地球惑星科学連合 2008 年大会	幕張メッセ国際会議場
7/26	岩手・宮城内陸地震「住民地震セミナー」	栗原市この花さくや姫プラザホール
7/27	岩手・宮城内陸地震「住民地震セミナー」	一関市ダイヤモンドパレス
8/4-5	教員サマースクール	気仙沼市および大船渡市
8/23-24	第9回地震火山こどもサマースクール 「都を作った盆地のナゾ」	京都市内各地
9/22-24	若手育成企画「地震学夏の学校」	湘南国際村センター
11/24-27	第7回 ASC 総会・日本地震学会秋季大会	つくば国際会議場
12/3	第8回講習会「強震動予測 - その基礎と応用」	東工大田町キャンパス

広報紙「なるふる」購読申込のご案内

日本地震学会の広報紙「なるふる」は、隔月発行(年間6号)しております。「なるふる」の購読をご希望の方は、氏名、住所、電話番号を明記の上、年間購読料(日本地震学会会員:800円、非会員1200円、いずれも送料込)を郵便振替で振替口座00120-0-11918「日本地震学会」にお振り込みください(通信欄に「広報紙希望」とご記入ください)。なお、「なるふる」は日本地震学会ホームページ(<http://www.soc.nii.ac.jp/ssj/>)でもご覧になれ、pdfファイル版を無料でダウンロードして印刷することもできます。



日本地震学会広報紙「なるふる」 第71号 2009年1月1日発行 定価150円(郵送料別)

発行者 (社)日本地震学会/東京都文京区本郷6-26-12 東京RSビル8F (〒113-0033)

電話 03-5803-9570 FAX 03-5803-9577 (執務日:月~金)

編集者 広報委員会/

田所敬一(委員長)、矢部康男(編集長)、五十嵐俊博、川方裕則、小泉尚嗣、下山利浩、末次大輔、武村雅之、西田 究、古村孝志、八木勇治

E-mail zisin-koho@tokyo.email.ne.jp

印刷 創文印刷工業(株) ※本紙に掲載された記事等の著作権は日本地震学会に帰属します。