

# PIus

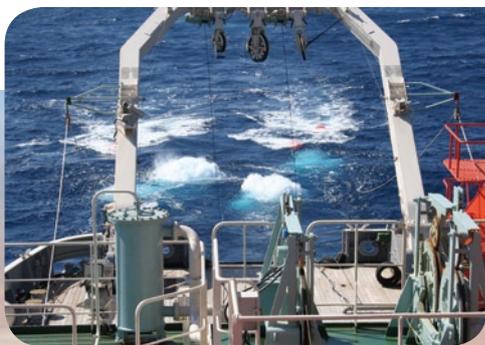
## 地震研究所 ニュースレター

No.9  
NEWS LETTER Plus  
from Earthquake Research Institute,  
The University of Tokyo

**ア**スペリティ——これが、プレート境界地震を理解する鍵である。アスペリティとはプレート同士が強くくっついている(固着)領域のことである。プレートの沈み込みに伴ってひずみがたまり、限界に達するとこの領域が一気にすべて地震を引き起こす。最近の観測研究から、アスペリティは固着の強さだけでは決まらず、非常に複雑で多様な性質を持つことも分かってきた。アスペリティの理解が進めば、いつ、どこで、どのくらいの規模の地震が起きるか、高精度な地震発生予測も可能になると期待されている。アスペリティの正体は何か。プレート境界地震をめぐる研究の最前線を紹介する。

特集

プレート境界地震を  
理解し、発生予測へ

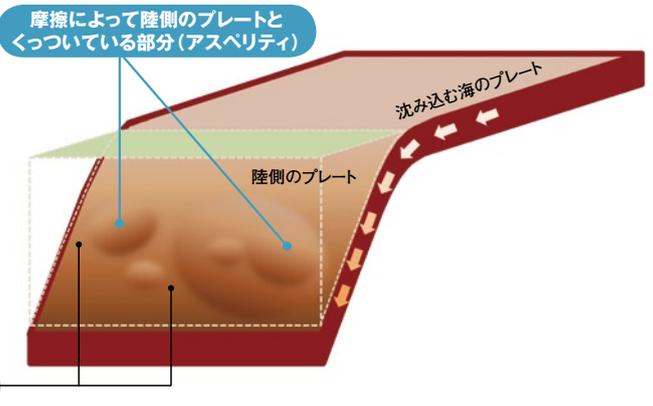


# 理解し、発生予測へ プレート境界地震を

取材協力  
地震地殻変動観測センター―海域地震観測研究分野  
篠原雅尚 准教授  
望月公廣 助教

図1 アスペリティ

沈み込むプレートの表面を模式的に示した。プレート表面の形状や性質によって、日ごろから少しずつずべている部分と、陸側のプレートとくっついている部分があることが明らかになってきた。後者を「アスペリティ」と呼ぶ。



## 繰り返すプレート境界地震

日本列島をのせた陸のプレートの下には、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。プレートとは、地球の表面を覆う岩板のことだ。十数枚あるプレートはそれぞれ1年に数cmのスピードで移動し、プレート同士が接する場所では、擦れ違ったり、一方の下に他方が沈み込んだりしている。日本列島周辺は、4つのプレートがひしめき合う、地球上でも特殊な場所だ。

日本が世界屈指の地震大国であるのも、プレートの沈み込み帯に位置することが原因である。プレートがスムーズに沈み込んでいけば、地震は起きない。しかし、沈み込むプレートが陸側のプレートを引きずり込んでいくと、プレート境界には大きな力がかかってひずむ。沈み込みに伴ってひずみは蓄積し、限界に達するとプレート境界が一気にすべり、陸側のプレートが跳ね上がる。その衝撃が波として伝わって地面がゆれる現象が、地震だ。プレートが沈み込んでいく千島海溝や日本海溝、相模トラフ、南海トラフでは、繰り返す地震が発生し、大きな被害をもたらしてきた。

## アスペリティとは

プレート境界で地震が起きるメカニズムについては、この10年で大きな進展があった。その契機となったのが、「アスペリティ」という考え方の新たな展開である(図1)。それは、三陸沖で起きた過去の地震の解析から生まれた。地震波には、震源だけでなく、どの領域がどれだけすべったかという情報も入っている。解析の結果、三陸沖には繰り返すずべている領域がいくつもあり、ある領域がすべるときには同じ規模の地震が起きていることが分かってきたのだ。

それまで、陸側のプレートと沈み込むプレートは全体が一様にぴったりくっついていて、地震のときには境界面全体が壊れてすべると考えられていた。ところが、プレート境界には強くくっついている(固着)領域とほとんど

固着していない領域があると考え、同じ場所で繰り返すプレート境界地震をよく説明することができる。固着していない領域では、プレートはスムーズに沈み込んでいくために地震は起きない。一方、強く固着している領域では、沈み込みに伴って大きな力がかかり、耐え切れなくなると壊れてすべり、地震を起こす。その領域が「アスペリティ」だ。アスペリティの面積が大きくなると、地震の規模も大きくなる。アスペリティ(asperity)は、「突起」や「ざらざらしたもの」といった意味の英語である。

天気予報のように地震の発生を予測したい。それが地震研究者の目標である。地震がランダムに発生するのなら、予測は不可能だ。しかし、アスペリティで説明できるのであれば、アスペリティの位置と大きさ、そして活動履歴から、いつ、どこで、どのくらいの規模の地震が起きるかを予測することができる。実際、三陸沖北部は0.2~10%、宮城県沖は99%というように、プレート境界の領域ごとに今後30年間の発生確率が発表されている。

しかし、町ごとに1時間単位で発表される天気予報と現在の地震発生予測とは、大きな隔りがある。精度の高い短期の地震発生予測を実現するには、アスペリティの正体を明らかにすることが不可欠だ。アスペリティとそうではない場所の違いは何か。アスペリティの大きさは何によって決まるのか。アスペリティでは何が起きているのか。それを知るための観測研究が進められている。

## 茨城沖の沈み込む海山とアスペリティ

現象に近づけ、それが、科学の鉄則だ。プレート境界地震は海底の下で起きている。だから、地震地殻変動観測センター海域地震観測研究分野のメンバーは海へ行く。海底に地震計を設置して海底下の活動を記録し、また巨大なエアガンを使って人工地震を起こ

して海底下の構造を探るのだ。

観測ターゲットの一つが茨城沖である。茨城沖では、約20年間隔でマグニチュード(M)7クラスの地震が発生している。最近では2008年5月、その前は1982年7月だ。合計5回の地震の記録があることから、繰り返し起きる地震とアスペリティの関係を調べるのに最適な場所である。

アスペリティとそうではない場所の違いは、プレート表面の形状や、プレートとプレートの間に挟まれた堆積物によると考えられている。プレート表面が平坦な場合は固着しないが、でこぼこがあればアスペリティになりやすい。また、堆積物に水分が多ければ潤滑油の役割を果たして固着しないが、堆積物に水分が少なかったり、堆積物がなければアスペリティになりやすい。

茨城沖には海山が多く、第一鹿島海山のように沈み込みを始めているものもある。過去にも、いくつもの海山がプレートとともに沈み込んだことが明らかになっている。沈み込んだ海山が突起のように陸側のプレートに引っ掛かってアスペリティになり、M7の地震を繰り返し起こしているのだろう。そう予想されていた。

地下構造探査の結果、深さ約10kmに沈み込んでいる海山が映し出された(図2)。海山の高さは約3km、直径は約50kmで、富士山ほどもある巨大なものだ。ここまでは予想通りだった。ところが、1982年に発生した地震の震源は、海山の位置にはなかった。震源は沈み込む海山の前側のふもとにあり、地震時にすべったのはさらに前方の領域だ。つまり、海山自体はアスペリティになっていない。予想外の結果となった。

すべった領域の固着は比較的弱い。しかし、広い範囲にわたってすべったため、M7と地震の規模が大きくなった。大きな地震を引き起こすアスペリティは必ずしも強く固着している必要はなく、非常に複雑で多様な性質を持つことが分かってきた。

では、アスペリティの大きさは何によって決まっているのだろうか。茨城沖のアスペリティの北側には、地震活動がほとんど起きていない領域がある。ここには複数の小さな海山が沈み込んでいて堆積物がたまっている。そのため固着が弱く、アスペリティで起きたすべりが広がらなかったと考えられる。

また日本海溝では、10度ほどの緩やかな角度で沈み込み始めた太平洋プレートが深さ20~30kmで急に折れ曲がり、その先は20~25度の角度で沈み込んでいることが、構造探査から明らかになっている。茨城沖のアスペリティの広がり、この折れ曲がりの手前で止まっている。アスペリティの広がり、プレート表面の局所的な状態だけでなく、折れ曲がりといった大きな構造にも制約されるらしい。ただし、1968年の十勝沖地震のように折れ曲がりを超えることがある。折れ曲がりを超えるか越えないかは、何で決まるのだろうか。今後の研究課題の一つである。

現在は、過去の地震で観測された地震波からアスペリティを特定している。アスペリティの理解が進めば、構造探査によってプレート表面の状態や堆積物などから、まだ地震を起こしていないアスペリティを特定できるようになるかもしれない。

## 大正関東地震・元禄地震のアスペリティ

地震地殻変動観測センターでは、相模トラフのアスペリティの観測研究にも着手した。相模トラフは、太平洋プレートとフィリピン海プレートが沈み込み、非常に複雑な構造になっている。ここでは200年に1度、M8クラスの地震が繰り返し起きている。大正関東地震や元禄地震だ。元禄地震では、大正関東地震のアスペリティに加え、房総半島南沖まで広がる大きなアスペリティがすべったらしい。10回に1回は元禄型になると考えられているが、その違いを生み出す原因は分かっていない。

房総半島沖では、沈み込んでいる海山が見ついている。また、5~6年に一度、スロースリップが起きている領域もある。スロースリップとは、地震を起こさずにプレート境界がゆっくりすりすべる現象だ。それらが、元禄型となるか否かにかかわっている可能性もある。2007年度から「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」が始まり、陸上の地震観測網が整備されてきた。それらと海域観測を組み合わせることで、大正関東地震や元禄地震のアスペリティを詳細に理解することを目指す。

図3 水圧計付き海底地震計

水圧計によって水圧の変化を観測し、海底の上下変動を知ることができる。



## 地殻変動観測、そして短期発生予測へ

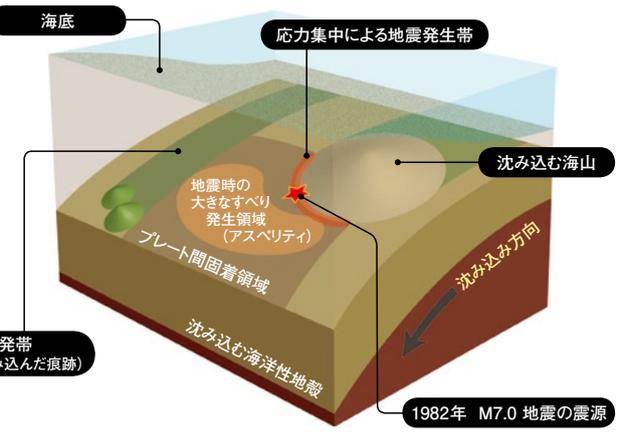
アスペリティのさらなる理解と地震発生予測の実現に不可欠なのが、海底の地殻変動観測である。陸の地殻変動は人工衛星を用いたGPSによって、数mmの高精度で観測できる。しかし、GPS通信に使っている電波は海中で急激に減衰してしまうため、同じ手法は使えない。そこで、海底に設置した装置との通信には音波を使う、GPS音響結合方法が開発されている。これは水平方向の地殻変動の計測に適している。加えて、地震研究所では、水圧計を使って上下変動を観測する装置を開発し、南海トラフで試験観測を開始した(図3)。

必要なデータがあれば研究者自らがそのための装置を開発し、それを使って観測し、解析・研究をする。地震研究所ではそれを続けているからこそ、新しい結果を生み出すことができるのだ。

これまでに明らかになった事柄を統合し、地震発生のシミュレーションモデルの構築が進められている。近い将来、地殻変動の観測データをシミュレーションモデルに入力すると、ひずみがどこにどれだけ蓄積しているかが分かり、いつ、どこで、どのくらいの規模の地震が起こるか、短期予測ができるようになると期待されている。天気予報のように。

図2 茨城沖の海山とアスペリティの関係

沈み込んでいる海山は高さ約3km、直径約50km。海山部分のプレート境界では地震活動は見られず、沈み込む海山の前側のふもとにひずみがたまり、地震が発生する。地震時に大きくすべるアスペリティは、さらに前方の領域。



# TOPICS

## アイスランド大学の学長、表敬訪問

2009年10月23日にアイスランド大学のクリスティン・インゴルフスドットゥル学長が東京大学を表敬訪問され、地震研究所にもお立ち寄りになりました。アイスランドも地震・火山活動が活発な国であり、最新の研究成果を興味深くご覧になっている様子でした。



左から、中田節也副所長、インゴルフスドットゥル学長、大木聖子助教、多田利恵技術補佐員、森田エスコート通訳。

## 伊豆半島東方沖で群発地震活動

伊豆半島東方沖では2009年12月17日14時台から小規模な地震が群発し、17日23時45分ごろにはM5.0、18日午前8時45分ごろにはM5.1の地震が発生し、それぞれ伊東市で震度5弱を観測しました。この地域では1978年以降、同様な群発地震が繰り返し起きています。地震研ホームページでは今回の活動について特集ページを作成しました([http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/2009/12/200912\\_izu\\_east/](http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/2009/12/200912_izu_east/))。

## 飯塚毅 博士が「日本地球化学会奨励賞」を受賞

日本学術振興会海外特別研究員として現在オーストラリア国立大学に在籍中の飯塚毅博士が、「HfおよびW同位体比を用いた地球初期地殻進化の研究」により、日本地球化学会奨励賞を受賞しました。この研究の一部は、飯塚博士が日本学術振興会特別研究員として地震研究所で行ったものです。

## 溝上恵 名誉教授逝去

2010年1月4日に東京大学名誉教授 溝上恵先生が逝去されました。先生の31年にわたる地震研究所での活動は、地震予知計画と微小地震観測研究の歴史そのものといえます。1996年から2008年までは、12年間の長きにわたって気象庁の地震防災対策強化地域判定会会長も務められました。先生は、東海地震のいわばホームドクターのように、現れたさまざまな現象やその背景となる地学現象を平易な言葉で解説し、自然の摂理を説くという重大な役割を担ってこられました。心よりご冥福をお祈りします。

## カリブ海ハイチで発生した地震

2010年1月13日午前6時53分(現地時間では12日16時53分)に、ハイチ共和国でM7.0(MはUSGSによる)の地震がありました。マグニチュードが7と大きい上に、震源が浅い地震のため、人口約200万の首都ポルトープランスを中心に大きな被害が出ています。アウトリーチ推進室では地震研ホームページにこれらの地震の特集ページを作成して速報データを公開しました([http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/2010/01/201001\\_haiti/](http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/2010/01/201001_haiti/))。

## 特別公開講義『阪神・淡路大震災から15年』を開催

阪神・淡路大震災から15年と節目の年を迎えるに当たり、地震研究所では特別公開講義を2010年1月24日に弥生講堂にて実施しました。最近の地震発生予測に関する研究成果について平田直教授が、地震動の原因である活断層の研究から何が分かるようになったかについて島崎邦彦名誉教授が、また、建物の耐震性能の向上について壁谷澤寿海教授が、それぞれ講演しました。会場の200名を超える受講者からは活発な質疑がありました。



満員の弥生講堂

## 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。

- 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。
- 施設・データ利用の来年度分継続申請や平成21年度分の報告書提出(研究期間終了後30日以内)など詳しくは<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/sharing/info.html>をご覧ください。

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9号

発行日 2010年1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](mailto:outreach@eri.u-tokyo.ac.jp)  
ホームページ  
<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/index-j.html>