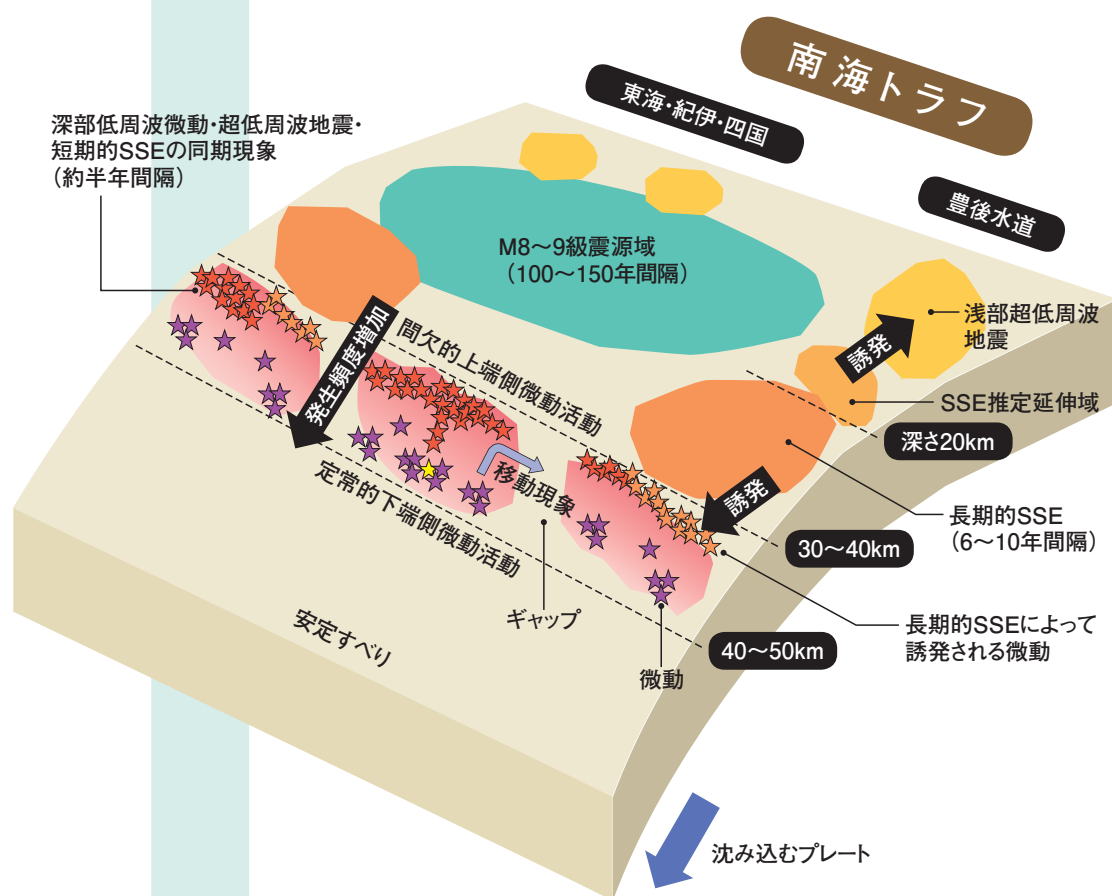


特集

スロー地震を監視して 巨大地震発生の 切迫度を予測する



南 海トラフでは巨大地震が100~150年間隔で起きている。
前回の昭和南海地震(1946年)からすでに60年以上が経過した。
次の地震はいつか。
多くの人がそれを知りたいと思っていることだろう。
地震学においても、巨大地震の発生予測は究極的目標の一つである。
小原一成教授は、スロー地震を監視することで、
巨大地震の発生が迫っているのか、まだしばらく起きないのか、
その切迫度の予測につなげようとしている。

スロー地震を監視して 巨大地震発生の 切迫度を予測する



観測開発基盤センター
教授

小原一成

スロー地震とは

—— 現在、どのようなテーマで研究をしているのでしょうか。

小原：スロー地震が巨大地震の発生予測に役立つのではないかと考え、研究を進めています。

——スロー地震とは？

小原：地震は、普段は固くくっついている断層面が壊れて両側の岩盤が高速ですべる現象で、発生した地震波が伝播して地面がゆれます。ところがこの10年ほどで、通常の地震とは異なるタイプの地震が次々と発見されてきました。ゆれの周期が通常の地震に比べて長い低周波微動やさらに長い超低周波地震、ゆれを伴わずにゆっくりしたすべりが続く短期的スロースリップイベント(SSE)や長期的スロースリップイベントで、それらをまとめてスロー地震と呼んでいます。

—— 世界で初めて深部低周波微動を発見したのが、小原教授です。

小原：防災科学技術研究所に所属していた2002年、高感度地震観測網Hi-netの観測データから、西南日本で周波数が数Hzの微弱な振動が数日間継続していることを見つけました。解析の結果、西南日本を載せたユーラシアプレートとその下に沈み込むフィリピン海プレートとの境界面上の深さ30～50kmで、その微動が発生していることが分かりました。私たちの発見をきっかけに、プレート沈み込み帯のいくつかの場所で深部低周波微動が起きていることが分かってきました。

2004年には、西南日本の深部低周波微動は、ゆっくりしたすべりが数日間続く短期的スロースリップイベントと同期していることが明らかになりました。そのすべりは、プレートの沈み込みに伴ってたままったひずみが限界に達し、上に載っているプレートが南海トラフに向かってずれる逆断層型であることも分かりました。南海トラフでは、100～150年の間隔で巨大地震が繰り返し発生しています。

その巨大地震も逆断層型です。

——スロー地震と巨大地震は関連しているのでしょうか。

小原：巨大地震の震源域は深さ10～30kmです。スロー地震が起きているのは、その震源域と隣り合った深い領域です。そこで逆断層型のすべりが起これば、巨大地震の震源域に力が加わることになります。震源域のひずみが臨界に近い状態になっている場合、スロー地震が最後の一押しとして働いて巨大地震を発生させる可能性があります。

西南日本の深部低周波微動は約半年間隔で発生し、東や西へ移動しています。また、長期的スロースリップイベントは数年間隔で発生しています。巨大地震の震源域にひずみがたまってくると、スロー地震の発生間隔や移動パターンが変化する可能性があります。スロー地震を監視することで、巨大地震の切迫度が分かるのではないかと考えています。

—— 地震発生前にスロー地震の起き方が変化した例はあるのでしょうか。

小原：2004年、アメリカ西海岸のサンアンドレアス断層で発生したパークフィールド地震(M6)で観測されています。サンアンドレアス断層では深さ25km付近で低周波地震が発生しており、その震源は北や南へ移動していました。それが、パークフィールド地震が発生する3ヵ月前から、すべて南への移動になりました。また、震源直下での低周波地震の発生数が急増しています。

東北地方太平洋沖地震の前に 2回のスロー地震

—— 2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震(M9.0)は、北米プレートの下に太平洋プレートが沈み込んでいる日本海溝付近で発生しました。この地震の前にもスロー地震は起きていたのでしょうか。

小原：東北地方太平洋沖地震では、本震の2日前の3月9日にM7.3の最大前震が起きており、さらに2月中旬にも活発な前震活動があったことが、気象庁から報告されています。しかし、地震活動が活発だと波形が重なって1回1回の地震を検出することは難しくなります。そこで地震研究所の加藤愛太郎助教らと一緒に、周辺の地震計の観測データから気象庁が報告している地震と類似した波形を見つけ出すという手法で1416回の微小地震を検出し、震源を求めました。すると、2月中旬と、3月9日の最大前震から本震までの2回、微小地震の震源が北から南へ、本震の震源に向かって移動していくことが分かりました。

前震活動の中には、“小繰り返し地震”と呼

図1

東北地方太平洋沖地震の
前に起きた
スロースリップイベント
の伝播の概念図
(Kato et al., 2012,
Scienceに基づく)

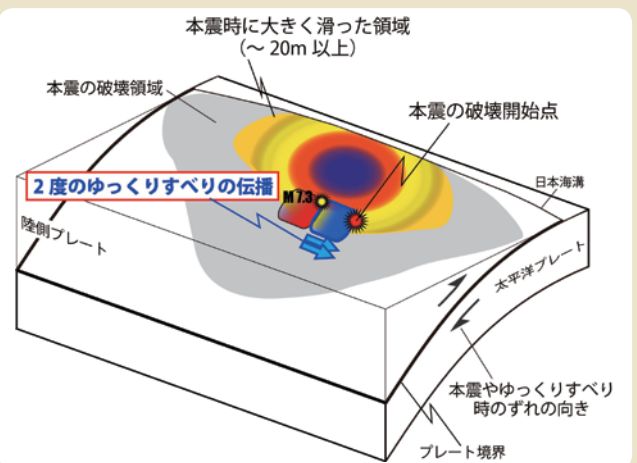
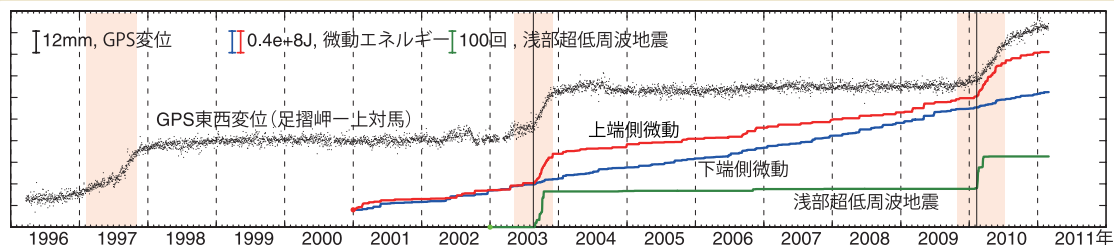


図2

豊後水道における
スロー地震の連動
(Hirose et al., 2010,
Scienceに基づく)



ばれる地震が含まれていました。小繰り返し地震は、プレート境界でゆっくりとずれる領域に囲まれた小さな固着域が破壊するときに発生すると考えられています。つまり、2回の震源の移動は、スロースリップイベントが2回発生し、どちらも本震の破壊開始点に向かって伝わっていったことを意味しています(図1)。この伝播するスロースリップイベントが巨大地震の発生場所に力を加え、最後の引き金となった可能性はあります。

東北地方太平洋沖地震には間に合いませんでしたが、近い将来にM9クラスの巨大地震が発生するといわれている南海トラフでは、スロー地震を監視することで巨大地震の発生予測につながっていきたいと考えています。

スロー地震の分布や相互作用を知る

—— 南海トラフではどのようなスロー地震が発生しているのですか。

小原：深部低周波微動や短期的スロースリップイベントのほかにも、発生深度や間隔、周波数が異なるさまざまなスロー地震が観測されています(表紙)。まず、どこでどのようなスロー地震が起きているのかを、より詳しく把握することが重要です。

スロー地震の相互作用を理解することも必要です。例えば、四国と九州の間にある豊後水道では数ヵ月継続する長期的スロースリップイベントが6～7年間隔で起きています(図2黒)。2003年と2010年に長期的スロースリップイベントが起きたとき、その深部の隣接した領域で微動が増加したことが、防災科学技術研究所の廣瀬仁さん(現・神戸大学准教授)らとの研究から明らかになりました(図2赤)。もう少し離れた領域では、スロースリップイベントが起きたときに微動が増加していません(図2青)。長期的スロースリップイベントは隣接した限られた微動領域にだけ影響を及ぼすようです。

一方、この長期的スロースリップイベントが起きたとき、南海トラフ近傍に発生する浅部超低周波地震も活発化しました(図2緑)。しかし、二つの領域は離れています。もしかしたら、その間を埋めるようにスロースリップイベントの発生領域が南に伸びている可能性が

あります。

—— 今後、どのような観測を計画していますか。

小原：豊後水道での次の長期的スロースリップイベントは2016年ごろに始まると考えられています。周辺の陸域・海域に地震計や圧力計などを設置して、スロースリップイベントと、それに伴って周辺で引き起こされる現象を詳しく把握したいと考えています。

豊後水道のスロー地震の発生領域は、1946年に

発生した昭和南海地震(M8.0)の震源域の西端に当たっています。スロー地震の発生領域が、大きなゆれを発生させる高速破壊を止めた可能性があります。一方で1707年の宝永地震(M8.6)では、高速破壊がスロー地震の発生領域まで及んだことが分かっています。その違いは何に起因するのかを明らかにして、巨大地震の発生パターンを理解したいと考えています。

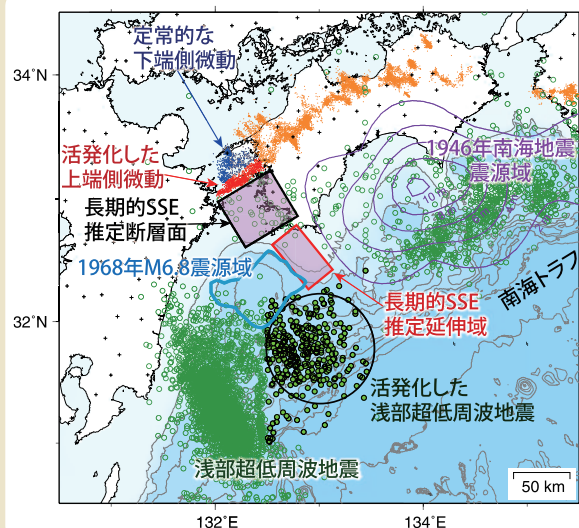
発生予測、被害予測に貢献する

—— 南海トラフの巨大地震では、東海地震、東南海地震、南海地震が連動するのか、それぞれ単独で起きるのが注目されています。

小原：スロー地震を起こす領域はいくつかの断片(セグメント)に分かれています。あるときは一つだけ、またあるときは複数のセグメントが連動してすべります。スロー地震がどういふ条件で連動するのかを明らかにしていくことで、巨大地震の連動についても理解を深めることができるでしょう。スロー地震は発生間隔が短いので何回も観察できるという利点があります。

—— 2012年、内閣府が南海トラフの巨大地震について新しい想定震源域に基づく被害想定を発表しました。

小原：想定震源域が、深部低周波微動と浅部超低周波地震の領域、そして日向灘まで拡大されました。スロー地震の研究結果が被害想定の見直しに貢献できたことはうれしいのですが、スロー地震が発生している領域



が大きなゆれを生じる高速破壊を起こすかどうかは、まだ分かっていません。詳しい観測や研究によって明らかにし、想定震源域を正しく把握してより高精度な被害予測の実現に貢献したいと思っています。

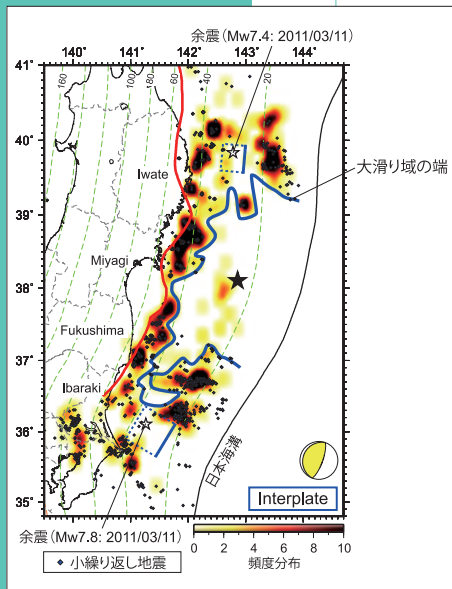
—— 西南日本で深部低周波微動を発見したとき、それが巨大地震の発生予測につながると考えていましたか。

小原：まったく考えていませんでした。深部低周波微動の発見は、観測データを眺めているときにおかしな波形があるな、と思ったのが始まりです。観測データには、地下で何が起きているかを知るための重要な情報がたくさん含まれています。新たな現象が隠れているかもしれません。今あるデータを使い尽くし、データが不足している海底などでは観測網を整備することで、スロー地震を含めた地震という現象を理解していこうとしています。

ずっとプレート境界の地震を追ってきましたが、内陸地震にも目を向けています。最近、遠地で巨大地震が発生したとき、内陸の活断層の直下付近で微動が誘発されることを発見しました。活断層の微動を観測することで、その活断層が将来地震を起こす可能性があるのか、ないのかを評価できるかもしれないと考えています。

現象を発見し理解するだけでなく、その成果を巨大地震の予測などに結び付け、社会に貢献する。それを強く意識しながら研究を進めていきます。

(取材・構成:鈴木志乃)



「最近の研究から」開設

広報アウトリーチ室のウェブサイトにも、最新の研究を紹介する新しいコンテンツ「最近の研究から」が開設されました。地震研究所に所属する研究者が最近発表した論文を一般の方にも分かるようにまとめ、順次公開していきます。今どんな研究が行われているのか、何が先端の話題なのか、ぜひご覧ください。<http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/category/thesis/>
現在紹介されている研究

- 余震活動から描き出された2011年東北地方太平洋沖地震の大滑り域
- 庄内平野で観測された奇妙な微動
- アセノスフェアの沈み込み:スラブ下地震波異方性からの証拠
- マグニチュード9クラスの2011年東北地震や2004年スマトラ地震に先行した10年スケールのb値低下

- 北海道で新たに発見された2004年スマトラ地震による誘発微動
- 紀伊半島直下で発生する深部低周波微動の移動特性に見られる深さ依存性
- 2010年インドネシア・メンタワイ地震の津波波源—現地調査・津波波形モデリングによる—
- 地震学的手法による活火山直下のマグマ溜まりイメージング—浅間山のマグマ溜まりを発見—

表彰・受賞

●金子隆之助教 安田敦准教授 中田節也教授らが 日本地質学会論文賞

金子隆之助教、安田敦准教授、中田節也教授らが、北海道大学大学院理学研究院助教の吉本充宏氏、産業技術総合研究所の松本哲一氏、藤井敏嗣名誉教授らとの共著論文「Evolution of Mount Fuji, Japan: Inference from drilling into the subaerial oldest volcano, pre-Komitake (Island Arc, 19, 470-488)」で、「日本地質学会論文賞」を受賞しました。

●大木聖子助教「ナイスステップな研究者」に選定
大木聖子助教が、「科学技術への顕著な貢献2012(ナイスステップな研究者)」の科学技術コミュニケーション部門に選定されました。2005年に始まった同選定は、科学技術政策研究所が、同所の調査研究活動や専門家ネットワーク(約1900人)への調査を通して明らかとなった科学技術の振興・普及に貢献している者を、毎年選定しているものです。

●大木聖子助教 監修・出演の防災教育DVDが 文部科学省特別選定に

大木聖子助教が監修・出演した、東映(株)教育映像部制作の防災教育DVD、『地震と津波を知ろう—じぶんの命を守るために—』『地震・津波から生き延びる—正しい知識と行動—』『地震や津波で死なないために—心に刻む5つのこと—』が、文部科学省による特別選定を受けました。

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16号

発行日 2013年2月15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

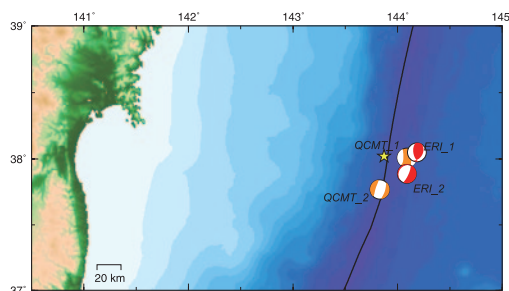
制作協力
フォトンクリエイト
(デザイン: 酒井デザイン室)

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/>

平成24年12月7日の三陸沖地震

平成24年(2012年)12月7日17時18分ごろに三陸沖で発生した気象庁マグニチュード(Mj)7.3(速報値)の地震(気象庁による震源:38.02°N、143.87°E、深さ49km)について遠地実体波を用いてメカニズムを調べたところ、初期破壊部分は逆断層型(ERI_1)、破壊開始約20秒後に正断層型(ERI_2)のメカニズムが得られました。地震全体のマグニチュード(Mw)は7.2で、逆断層型(深さ56km)と正断層型(深さ6km)の地震のマグニチュードはそれぞれMw7.1、Mw7.2でした。Quick CMTカタログは、逆断層型の地震〔QCMT_1〕Mw7.2、深さ58km)と、12秒後の正断層型の地震

(〔QCMT_2〕Mw7.2、深さ20km)の、2つのCMT解を公表しています。



今回得られたメカニズムとQCMTによるメカニズム。☆は気象庁による震源。

訃報

2012年11月19日、東京大学名誉教授 森本良平先生が逝去されました。岩石学・火山学を専門分野とし、戦後の困難な時期に研究所唯一の現地調査可能な地質学専攻の所員として、1946年の桜島噴火の際も直ちに

現地に赴き、貴重な調査記録を残されました。学術のみならず社会的にも大きく貢献されており、1965年から発生した松代群発地震に際しては人命救助に貢献し、研究所に「内閣総理大臣賞」をもたらしています。謹んでご冥福をお祈り致します。

INFORMATION

イベント開催

●2013年3月20日(水、春分の日) 13:30~16:30

2012年度冬の公開講義『2011年東北地方太平洋沖地震—得られた知見と課題—』(要申込)
詳しくはHPへ。<http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/2013koukaikougi/>