

PI Plus

地震研究所
ニュースレター

NEWS LETTER Plus No.14
Earthquake Research Institute,
The University of Tokyo

特集

なぜ沈降？なぜ隆起？ 東北地方太平洋沖地震で 深まった謎

2 011年3月11日、マグニチュード9.0の東北地方太平洋沖地震が発生。
この地震によって、東日本の広い範囲で東向きと下向きの地殻変動が起きた。
下向きの地殻変動——この事実は、新たな謎を生んだ。
東北地方の太平洋沿岸は、過去約100年の測地学的データによれば「沈降」、
過去約10万年の地質学的データによれば「隆起」という、矛盾する挙動を示している。
東北の太平洋岸は、今回の沈降分を回復し、さらに隆起するのだろうか。
隆起するとしたら、そのメカニズムは？
測地学を専門とする加藤照之教授と変動地形学を専門とする石山達也助教に聞いた。



東京大学地震研究所

東北の太平洋沿岸は地震によって沈降

—— 2011年3月11日14時46分、マグニチュード(M)9.0の東北地方太平洋沖地震が発生しました。震源は、牡鹿半島の東南東約130km付近の深さ約24kmでした。この地震により海底や陸地は、どのように変化したのでしょうか。

加藤：日本海溝では、太平洋プレートが、東日本を載せた北米プレートの下に沈み込んでいます。北米プレートも一緒に引きずり込まれ、ひずみがたまっていきます。ひずみが限界に達し、プレート境界が壊れて一気にすべった。それが今回の地震です。私たちの解析では、プレート境界が最大で約51mすべったという結果が出ています(図1、等高線)。

その結果、震源のほぼ真上の場所は東南東に約24m移動し約3m隆起したことが海上保安庁の海底基準局のデータから、また海溝付近では南東に約50m移動し約7m

隆起したことが海洋研究開発機構の調査から分かりました。

陸地は、国土地理院のGPS(全地球測位システム)電子基準点のデータから、東日本の広い範囲で東向きの、そして東北の太平洋沿岸で南向きの地殻変動が起きたことが分かっています。最も変動が大きかったのは牡鹿半島で、東南東に約5.3m移動し約1.2m沈降しました(図2)。

—— 地震発生から半年以上たちました。地殻変動は、まだ続いているのでしょうか。

加藤：東日本の広い範囲で東への移動は継続していますが、変化量は小さくなっています。上下変動については、岩手県北部では沈降が続いていますが、宮城県から茨城県北部にかけては隆起に転じ、大きなところでは今回沈降した量の20%ほどが回復しています。この隆起は、余効すべりによると考えられています。東北地方太平洋沖地震ですべったところより深部にあるプレート境界が、地震を起こさずにずるとすべっているのです(図1、カラー)。

沈降か隆起か

—— 地震によって沈降した場所は、数年後には元の高さまで戻るのでしょうか。

加藤：今後の地殻変動がどう推移するのか、実はよく分からないのです。東北の太平洋沿岸は、海岸に設置された検潮所やGPS観測など測地的なデータから、過去約100年にわたって年5~8mmずつ沈降していることが分かっています。これは、太平洋プレートが沈み込むときに、東日本を載せた北米プレートを引きずり込むためだと考えられています。しかし、地質学的なデータは逆のことを示しているのです。

石山：加藤教授の専門である測地学では、観測技術が整備された約100年前から現在までの地殻変動が分かります。私の専門である変動地形学や地質学では、地層や岩石を調べることで数百万年前から1000年くらいの時間スケールでの地殻変動が分かります。地質学的なデータは、東北の太平洋沿岸は過去10万年間に最大でおよそ年0.5mmずつ



図2 牡鹿半島での地殻変動の様子

上は宮城県牡鹿のGPS電子基準点。地震前には人が立っている位置にあった基準点が、東南東に約5.3m移動し、約1.2m沈降した。下は基準点近くの漁港。沈降によって船着き場が沈んでしまっている。

つ隆起していることを示しています。測地的データと地質学的データには、大きな矛盾があるのです。

巨大地震によって一気に隆起し、その後プレートの沈み込みに伴って少しずつ沈降し、元の高さに戻る前に再び巨大地震が起きて一気に隆起し……となるのであれば、矛盾は解決します。しかし今回、東北地方太平洋沖地震によって、隆起するどころか1mも沈降してしまったのです。謎は深まるばかりです。

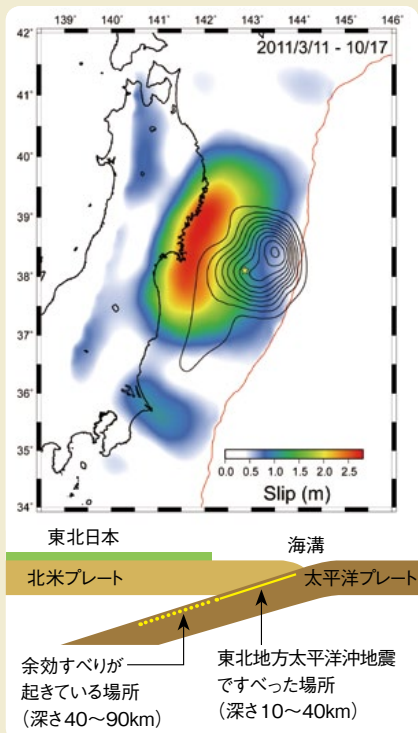
—— 余効すべりによって隆起が続くとは考えられないのでしょうか。

加藤：現在の隆起速度が続いたとして、沈降した1mが回復するだけでも数十年かかると計算されています。それほど長期間にわたって余効すべりが続くとは考えられません。

1946年に南海トラフで発生した南海地震(M8.0)によって、高知市は約1m沈降しました。その直後から隆起に転じ、2~3年間、比較的急激な隆起が続きました。これは余効すべりによるものでしょう。その後、20~30年間にわたって緩やかに隆起しています。これは、プレートがすべったことで変形したマンテルがゆっくり戻っていく粘弾性緩和によると考えられています。現在、隆起はほぼ止まっています。室戸岬などでは沈降に転じており、次の地震に向けて四国が載っているプレートの引きずり込みが始まったのでしょうか。

東北の太平洋岸も同様に、余効すべりに

図1 東北地方太平洋沖地震の本震のすべり分布(等高線)と、その後7ヵ月間の余効すべり(カラー)



なぜ沈降?なぜ隆起?

東北地方太平洋沖地震

よって数年は比較的急激な隆起が続き、その後、数十年にわたってマントルの粘弾性緩和によって緩やかに隆起すると予測されます。しかし、その二つでは今回沈降した分は回復できるかもしれないが地質学的データが示している隆起分までは説明できない、という指摘もあります。今回調べた場所より深部のプレート境界で超巨大地震が発生して大きく隆起する可能性を指摘している研究者もいます。

石山：日本列島には活断層といって、繰り返し地震を起こしている断層がたくさんあります。沿岸海域にも活断層があり、それらが地震を起こすことで沿岸部が隆起する可能性もあります。陸域の活断層については、1995年の兵庫県南部地震(M7.3)以降、過去の地震や地下構造についての大規模な調査が進んでいます。海域についても海溝周辺などの地下構造探査は行われていますが、陸域に比べて調査は進んでいません。特に沿岸部ではどのような活断層があり、過去にどのような地震を起こしてきたのか、よく分かっていません。2007年の新潟県中越沖地震(M6.8)のように、沿岸の活断層で地震が起きれば、大きな被害が出ます。東北の太平洋岸の地殻変動を理解するためだけでなく、防災・減災の観点からも、海域の活断層探査は早急に取り組むべきです。

過去を知り、未来を知る

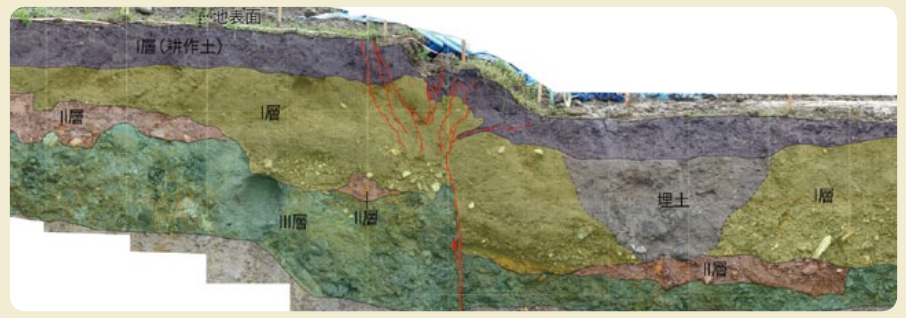
—— 次のM9級の超巨大地震はいつ起きるのか、それを知りたいという声があります。

加藤：地震の発生には一定の周期があり、宮城県沖では30～40年周期でM7.5程度の地震が発生すると考えられていました。しかし今回の地震は規模が違います。30～40年周期で起きる地震ですべらずに残った部分にひずみが蓄積していき、もっと長い周期で超巨大地震が起きているという「スーパーサイクル説」を提唱している研究者もいます。—— 一つ前の超巨大地震が869年に発生した貞観地震(M8.3)だとすれば、1000年ほどの周期と考えてよいのでしょうか。

石山：福島県北部の常磐海岸で行った掘削調査では、津波によって運ばれてきたと思われる砂の層が見つっています。5000年前から現在までに5つの津波堆積物の層が

図3 2011年4月11日の福島県浜通りの地震を起こした塩ノ平断層のトレンチ調査南面の解釈図

赤線は断層および亀裂を示している。I層、II層、III層の北側(左)が断層を境に70cmほど高くなり、正断層を示している。また、II層の北側は南側に対して1.5mほど高くなっている。これは過去にも正断層型の地震が起きたことを示唆している。



見つかりました。岩手での調査結果と合わせると、津波が内陸まで到達する超巨大地震は、おおよそ1500年程度に一度起きているようです。

加藤：今回の地震は単なる貞観地震の再来ではない、という指摘もあります。今回は、貞観地震ですべった場所に加えて海溝寄りの浅い場所もすべっているからです。東北地方太平洋沖地震と同規模の地震は、1000年くらい、あるいはもっと長い周期で起きているのかもしれませんが。

石山：東北地方太平洋沖地震の1ヵ月後、4月11日に福島県浜通りの深さ5kmでM7.0の地震が発生しました。断層に両側から引っぱる力がかかって起きる正断層型の地震でした。東北では普通、北米プレートが引きずり込まれることによって断層を両側から押す力が働いているため逆断層型の地震が起きます。4月11日の地震は、北米プレートのひずみが解消されたことや、余効変動で誘発されたものと考えられます。

私たちは、この地震を起こした塩ノ平断層のトレンチ掘削調査を行いました。その結果、過去にも正断層型の地震が起きていることが分かりました(図3)。現在、その地震が起きた年代を調べているところです。東北地方のいろいろな活断層を調べて正断層型の地震がいつ起きたかが分かってくれば、M9級の超巨大地震のサイクルが明らかになるかもしれません。

—— 今後の課題は？

石山：過去に起きたことは未来に起きる可能性があります。だから、過去にいつ、どのような地震や地殻変動が起きたかを正しく知る

ことが重要です。津波堆積物や正断層は、超巨大地震を知る重要な証拠ですが、間接的な証拠であることも事実です。本当は、陸で行うようなトレンチ掘削調査を海底のプレート境界で行い、直接的な証拠を手にしたいのです。水深が6000mを超える日本海溝での掘削は難しいのは分かっています。しかし、技術開発も含めて、将来的にはやらなければならないでしょう。

東北地方太平洋沿岸の地殻変動は、水平方向のひずみについても測地学と地質学で矛盾があります。測地学的なひずみ速度は1年間に1000万分の1ですが、地質学的なひずみ速度は年に1億分の1と、1桁小さいのです。この矛盾の解明も、今後の課題です。

加藤：陸域はGPS観測網が整備されているので、地殻変動がどのように推移していくかは、待っていれば答えが出ます。今必要なのは、海底地殻変動の観測です。プレートの境界では次の地震サイクルが動きだしています。1つの地震サイクルを通してプレート境界の挙動を監視することが重要です。そして、観測データを説明できるモデルをつくり、地震のメカニズムを理解し、次の地震に備えなければなりません。

100年前から1000年前までの期間は、測地学でも地質学でも扱うことが難しい。互いに歩み寄ってギャップを埋めていかなければなりません。調査の範囲を陸域から海域へ広げることも重要です。そして総合力で挑まなければならない。今回の地震で、あらためてそう感じました。

(取材・執筆:鈴木志乃)

で深まった謎

取材協力



加藤照之
地震火山
情報センター
教授



石山達也
地震予知
研究センター
助教

TOPICS

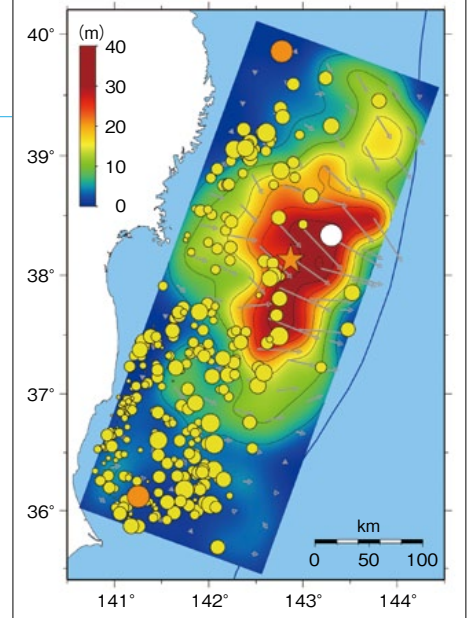
東北地方太平洋沖地震

2011年3月11日午後2時46分、三陸沖から茨城県沖にかけての太平洋沿岸でマグニチュード9.0の超巨大地震が発生しました。これに伴う津波は、甚大な被害を広範囲にわたって引き起こし、犠牲者・行方不明者は2万人近くに上ってしまいました。

犠牲になられた方のご冥福をお祈り致します。また、今も困難な生活を強いられている多くの被災者に衷心よりお見舞い申し上げます。

地震研究所では、この地震に関する情報を震災直後から下記ウェブサイトに掲載し、随時更新しています。http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/eqvolc/201103_tohoku/

東北地方太平洋沖地震の震源断層と断層すべりの分布。震源断層の広がりには南北約500km、東西約200kmに及び、すべり量は最大で数十mにもなった。(横田・他による)



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)

トルコ東部の地震

2011年10月23日午後7時41分(現地時刻午後1時41分)、トルコ東部でマグニチュード7.2の地震が発生し、600人以上の方が亡くられました(11月5日時点)。また、救援活動に赴かれた日本人1人が、この余震によって亡くられました。http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/eqvolc/201110_turkey/

表彰・受賞

高森昭光助教がIEEE/OES(The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Oceanic Engineering Society) Japan Chapter Young Researcher Awardを受賞しました。大木聖子助教が日本リスク研究学会の大会発表論文賞を受賞しました。

東大フォーラム2011への参加

東京大学の最先端の研究成果を世界に発信するイベント「東大フォーラム」に参加し、フランスのパリやリヨンで研究交流会を行いました。

ブースの展覧

- 4月 3～ 8日 ヨーロッパ地球科学連合
- 5月22～27日 日本地球惑星科学連合
- 10月12～14日 日本地震学会
- 12月 5～ 9日 アメリカ地球物理学連合

INFORMATION

人事異動

- 昇任 准教授 (地震火山情報センター) 鶴岡 弘
- 退職 准教授 (地震火山噴火予知研究推進センター) 宮澤理裕
- 採用 教授 (地震火山噴火予知研究推進センター) 三浦 哲
- 特任助教 (災害科学系研究部門) 田中聖三

イベント開催

- 「社会との対話と地球との対話」
2011年11月6日に、中高生と保護者、学校関係者を対象とした講演会およびラボツアーを開催し、多くの中高生に参加していただきました。<http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/student/openlec/shinroshien/>
- 2011年度冬の公開講義
2012年3月25日に開催します。詳細は、下記のサイトでお知らせします。<http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/>

書籍出版

『千年震災 —繰り返す地震と津波の歴史に学ぶ—』

都司嘉宣、
ダイヤモンド社、
1680円



『NHKサイエンスZERO 東日本大震災を解き明かす』

NHK「サイエンスZERO」取材班・
古村孝志・
伊藤喜宏・辻健、
NHK出版、
1103円



『超巨大地震に迫る —日本列島で 何が起きているのか—』

大木聖子・
額綱一起、
NHK出版新書、
777円

*印税は震災遺児に
寄付されます。



『巨大地震 巨大津波 —東日本大震災の検証—』

平田直・佐竹健治・
目黒公郎・畑村洋太郎、
朝倉書店、
2730円



『地球の声に耳をすませて —地震の正体を知り、命を守る—』

大木聖子、
くもん出版、
1470円

*印税は震災遺児に
寄付されます。



東京大学地震研究所 ニュースレターPlus 第14号

発行日 2011年12月20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
(責任者:大木聖子)

制作協力
フォトンクワイエット
(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
outreach@eri.u-tokyo.ac.jp
ホームページ
<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/>