

「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。

## 東北地方太平洋沖地震（その2）

- 02.....  
**海底観測で迫る超巨大地震**
- 04.....  
**「同時・多発・連動型」海溝型地震だった？**
- 05.....  
**繰り返された液状化**千葉市美浜区の場合
- 06.....  
**列島の地震活動を一変させた東北地方太平洋沖地震**
- 08.....  
地震学会一般公開セミナーのおしらせ  
2010年度日本地震学会論文賞及び日本地震学会若手学術奨励賞



千葉市美浜区の公園内で液状化により地表に砂が噴き出して発生した無数の噴砂。詳しくは本文5ページの記事をご覧ください。

## 2011年6月～8月 おもな地震活動

2011年6月～8月に震度4以上を観測した地震は51回でした。図の範囲の中でマグニチュード（M）5.0以上の地震は71回発生しました。

東北地方太平洋沖地震の余震活動及び余震域外で「震度5強以上」、「被害を伴ったもの」のいずれかに該当する地震の概要は次のとおりです（被害は総務省消防庁（平成23年9月6日現在）による）。

- ① **「平成23（2011年）東北地方太平洋沖地震」の余震活動**  
余震域（図中の矩形内）では、M5.0以上の地震が46回、M6.0以上の地震が12回発生しました。最大は7月10日に三陸沖で発生したM7.3の地震（震度4、図中a）で、この地震に対し気象庁は津波注意報を発表し、仙台港（※）で12cmの津波が観測されました。震度5弱以上を観測した地震は7回発生しました。被害が発生した地震は以下のとおりです。  
▶6/23 06:50 岩手県沖 M6.9(震度5弱、図中b)：住家一部破損1棟など  
▶7/23 13:34 宮城県沖 M6.4(震度5強、図中c)：住家一部破損2棟、非住家一部破損6棟など  
▶7/31 03:53 福島県沖 M6.5(震度5強、図中d)：負傷者11人  
▶8/13 14:36 福島県沖 M6.8(震度5弱、図中e)：負傷者2人

### ② 新潟県 中越地方

6/2 11:33 深さ6km M4.7 震度5強  
地殻内で発生した地震で、3月12日に長野県・新潟県県境付近で発生したM6.7の地震の余震と考えられます。この地震により新潟県で最大震度5強を観測し、建物の内壁剥離3件の被害が生じました。

### ③ 長野県中部

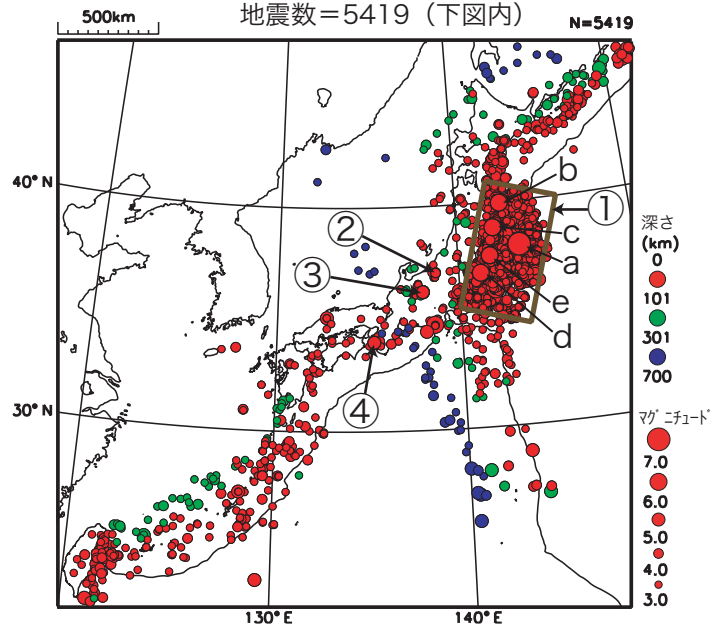
6/30 08:16 深さ4km M5.4 震度5強  
地殻内で発生した地震で、長野県で最大震度5強を観測し、負傷者15人、住家半壊3棟、住家一部破損1,585棟などの被害が生じました。

### ④ 和歌山県北部

7/5 19:18 深さ7km M5.5 震度5強  
地殻内で発生した地震で、和歌山県で最大震度5強を観測し、住家一部破損21棟などの被害が生じました。

※国土交通省港湾局の施設に気象庁が臨時に観測装置を設置

2011年6月1日～8月31日 M $\geq$ 3.0  
地震数=5419（下図内）



### 世界の地震

M7.5以上の地震は以下のとおりです（時刻は日本時間、震源要素は米国地質調査所（USGS）、津波の高さは米国海洋大気局（NOAA）による、Mwは気象庁CMT解によるモーメントマグニチュード（9月6日現在））。

### ●ケルマデック諸島

7/7 04:03 深さ17km Mw7.6  
インド・オーストラリアプレートの下に沈み込む太平洋プレート内部で発生した地震で、ケルマデック諸島では1m20cmの津波が観測されました。

気象庁地震津波監視課 近藤さや

※「おもな地震活動」の見方の詳細は「なみふる」No.31 p.7をご覧ください。

# 海底観測で迫る超巨大地震

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震（M9.0）は、強い地震動と大規模な津波により東日本の広い範囲に甚大な被害をもたらしました。現時点では、このような超巨大地震の発生機構の理解は十分ではありません。そのため、今回の地震の発生様式の解明は、学術的にも地震・津波防災的にも重要です。今回の地震は、地震・地殻変動の観測網が整備された日本列島の直近で発生したので、豊富なデータにもとづいて、その理解が格段に進むことが期待されています。そうした貴重な観測データの中には、私たちが宮城県沖とその周辺で実施している海底地

震・測地観測によるものがあります（図1）。

今回の地震が日本列島のほぼ全域に及ぶ大規模な地殻変動をもたらした様子は、国土地理院の電子基準点（「なみふる」44号p2-3参照）の動きによって捉えられています。しかし、震源の真上にあたる海底にはGPS衛星から電波は届きませんので、同じ方法で海底の動きを捉えることはできません。そこで開発が進められてきたのが、GPS/音響結合式（GPS/A）海底測地測量と呼ばれる観測手法です（図2、写真1）。海面にある観測船（またはブイ）の位置をGPSで、観測船と海底にある基

準点との間の距離を音響測定で求め、両者の測定結果をあわせることで、海底基準点の位置を求めることが可能となります。宮城県沖地震の震源域の周辺海域では、今回の地震の前から海上保安庁と東北大学がこうしたGPS/A観測を繰り返し実施してきており、3月11日の地震の発生をうけて観測を実施しました。昨年に実施した測量の結果と地震後の測量結果との差から明らかとなった震源域での海底の水平方向の動きは最大31mにおよぶものでした。現時点でのGPS/A観測は、観測船が繰り返し現地に赴いて行うため、地殻変動がどのような時間経過をたどった

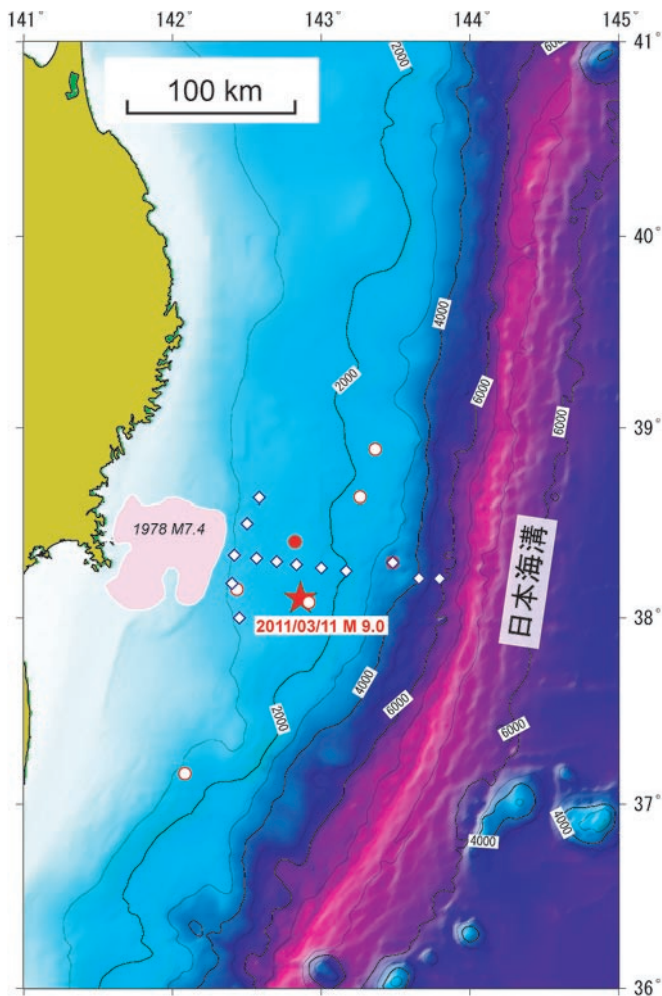


図1 東北地方太平洋沖地震の発生時に宮城県沖に設置されていた海底地殻変動観測点。白丸：GPS/A（海上保安庁）、赤丸：GPS/A（東北大学）、菱形：水圧計。星印は東北地方太平洋沖地震の震央（気象庁による）。海底地形データは海上保安庁による。

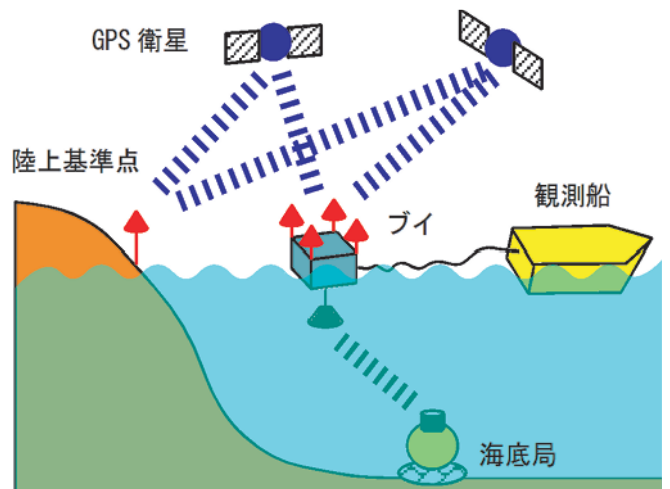


図2 GPS/A海底測地測量。

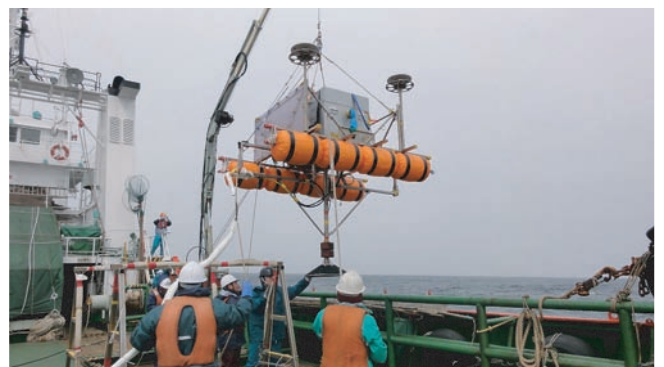


写真1 GPS/A海底測地測量の船上作業（ブイの投入）風景。

のかを示す連続データを得ることができません。海底での地殻変動連続観測を実現するために行っているのが、海底水圧連続観測です。海底で水圧を測定すると測定点の水深を知ることができますから、海底の水圧変化から上下方向の海底地殻変動を捉えることができます。水圧計の信号は、一緒に海底に設置されたデータレコーダに記録されます。観測装置は、観測船から海底に投下することにより設置され（写真2、「投げ込み式」と呼ばれることがあります）、一定期間の連続観測を終えた後、海面へ浮上させて船上へ拾い上げることにより、データとともに回収されます（写真3）。宮城県沖では、1年間連続記録可能な装置を同じ所に繰り返し設置・回収すること

により長期観測を行っていて、昨年に設置した装置が今回の地震による海底地殻変動を捉えました。現在も進行中の地震後の地殻変動（余効変動）を捉えるために、いくつかの観測装置はまだ海底にあります。一方、回収されたデータには、GPS/A観測の基準点と同様に大きな地殻変動が記録されていました。例えば、日本海溝に近い水深5,500mの地点に設置した水圧計では、5mの隆起に相当する水圧変化が捉えられていました。

こうした大きな地殻変動（と強震動）を経験した観測装置は無事なのだろうか？ 地震直後から私たちは大変心配していました。観測を行った海域は牡鹿半島から東へ約100kmの沖合ですが、地震直後は、津波に

より沿岸から流されてきた漂流物が多く（写真4）、航行や観測作業に支障を来すこともしばしばで、あらためて今回の地震のすさまじさを思い知らされる経験となりました。GPS/A観測もなんとか実施でき、5mの隆起を記録した水圧計も回収できたのですが、やはり「投げ込み式」の装置の回収作業ははかどっていません。応答はありますから、大地震そのものは耐え抜いたものの、何らかの理由で海底から離れることができないようなのです（写真3の水圧計はタコが引き上げてくれたのかもしれない…）。回収された装置を見ると、どれも大量の泥がついています。この海域で繰り返し観測を始めて8年になりますが、こんなことはこれまでありませんでした。大きな震動で海底の堆積物が舞い上がり、それが海底の装置の上に降り積もることにより、離底が難しくなっているのではないかと考えています。

ここで紹介した海底地殻変動観測の技術は、最近になってようやく実用化にこぎつけたもので、データの質・量ともに陸上観測に比べて見劣りするものです。しかし、今度の地震で大きなすべりがあった海溝のすぐ近くで歪がどのように蓄積されているのかを把握するためには、陸上の観測だけでは不十分です。引き続き海底地殻変動観測の技術革新を図るとともに、少しでも観測点を増やせるように努力を続けて行かなくてはならないと考えています。

東北大学大学院理学研究科  
日野亮太

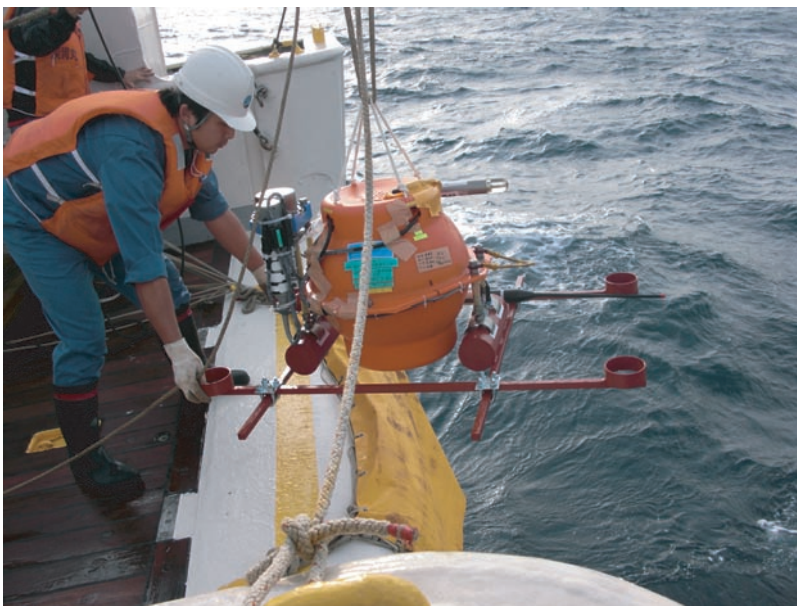


写真2 海底水圧連続観測装置の設置作業。



写真3 回収のために海面に浮上させた水圧計。下にタコが見える。



写真4 作業海域を漂流していた大型コンテナ。

# 「同時・多発・連動型」海溝型地震 だった？

2011年東北地方太平洋沖地震では、宮城県栗原市築館で震度7が記録されたのをはじめ、岩手県から千葉県までの広い範囲で震度6弱以上、東日本のほぼ全域が震度5弱以上の強い揺れに見舞われました(図1)。広範囲に強い揺れ(強震動)が襲うことは、海溝型巨大地震の特徴の一つです。

## 観測された強震動の特徴

図2は防災科学技術研究所の強震観測網K-NET及びKiK-netで観測された強震波形(揺れの加速度)を北から南に並べた図です。牡鹿では、地震発生の約45秒後に最初の強い揺れをもたらす波群(S1)が到達し、一度小さくなってから、再び強い揺れ(S2)が到達しました。まるで約50秒の時間差で地震が2回起きたかのように見えます。北関東では主要な波群は1つしか見られません。どうしてこのような揺れになったのでしょうか？

## 2011年東北地方太平洋沖地震の強震動の成因

図1には、強震波形の分析により推定した強震動生成域の位置(S1~S4)も示しています。図2の観測波形の特徴的な波群は、それぞれの対応する強震動生成域から放出されたことがわかりました。短周期の地震動は距離とともに減衰するために観測点から近い強震動生成域の影響を強く受けて、波形にこのような特徴が現れました。長周期の地震波形やGPS、津波記録を用いた解析では、海溝軸に近い浅い部分にすべり(断層のずれ)が集中していた(図1で白く囲んだ辺り)ことが報告されています。今までのM7~8程度の多くの地震の解析からは、強震動はすべりの大きいところから生成されていたので、一見すると、矛盾しているようにもみえます。しかし、これらの強震動生成域は、従来の宮城県沖や福島県沖の地震の想定震源域に対応している可能性があります。つまり、海溝付近の巨大津波地震と複数の普通の海溝型地震が同時多発的

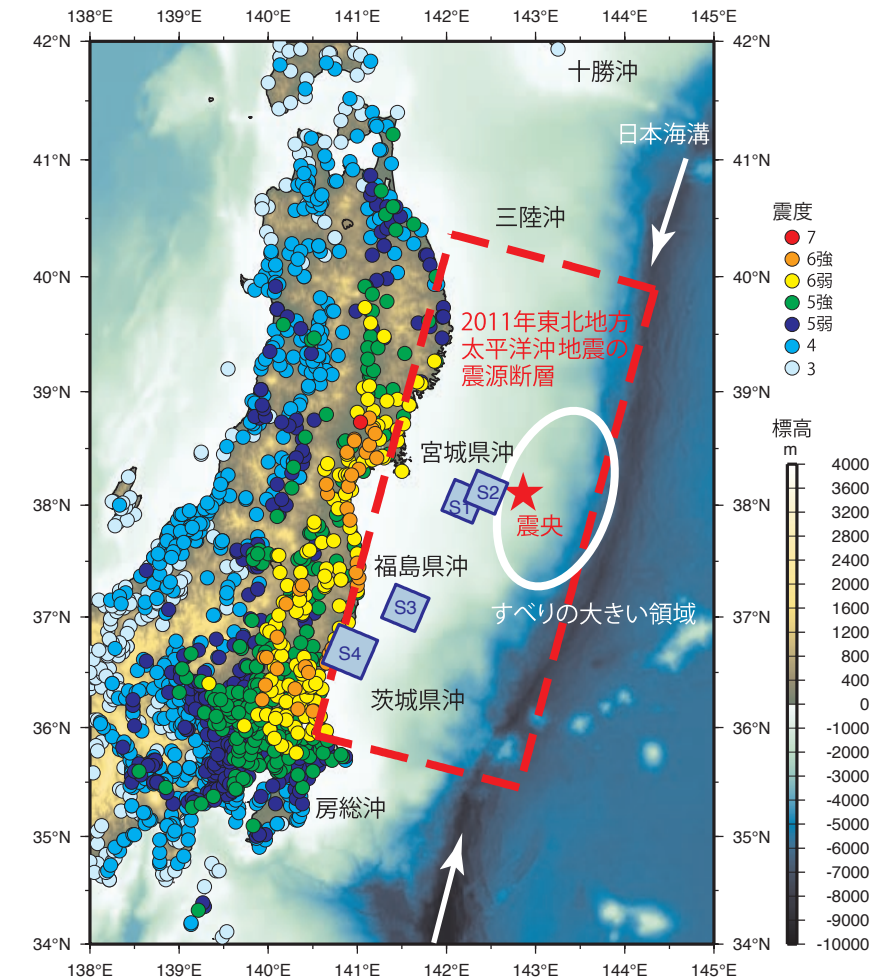


図1 2011年東北地方太平洋沖地震の震度分布、震源断層(赤色矩形領域)及び強震動生成域(S1~S4)の分布(青色矩形領域)。

に連動した地震であったと示唆されます。海溝型地震の長期評価や強震動予測手法の改良のためにも、今後さらに詳しい分析を続けていく必要があります。

## おわりに

このような貴重な観測網の復旧とデータ公開に関わられている皆様に改めて感謝いたします。今回の地震で得られた観測記録を用いて、できうる限りの研究を進めていくことが我々地震学研究者に課せられた責務の一つであると考えます。

京都大学防災研究所  
浅野公之

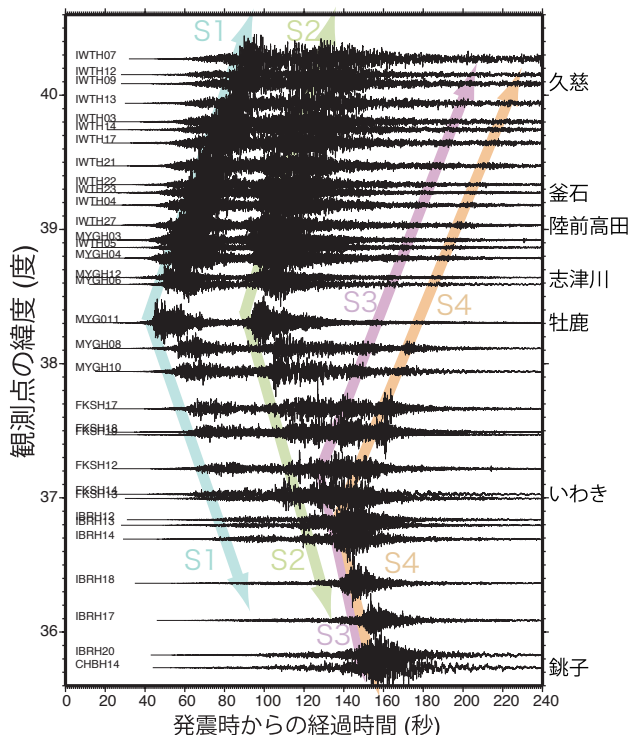


図2 東北日本沿岸のK-NET、KiK-netで観測された加速度波形(南北動成分)。特徴的な波群の伝播のようすを矢印で示しています。

# 繰り返された液状化 千葉市美浜区の場合

東北地方太平洋沖地震では、東北地方だけでなく震央から約400km離れた東京湾沿岸においても液状化による被害が広範囲で発生しました。特に浦安をはじめとした千葉県の沿岸地域で、住宅の傾斜やガス・上下水道などのライフラインの被害が多く見られました。ここでは千葉市美浜区での液状化被害について取り上げます。

千葉市美浜区は全域が埋立地で、1960年代から1980年代中頃までの間に東京湾沖で浚渫された土砂で埋め立てられています。西部の幕張新都心には幕張メッセがあり、そこでは液状化の影響を受けていると考えられる地震記録が得られています。区全域が埋立地であるため液状化によって砂を含んだ水が地表に噴き出す現象（噴砂）が広範囲にわたり発生しました。

巻頭写真は公園で砂が噴き出したことによりたくさんの火山の噴火口のようなもの（噴砂口）が発生した様子です。ある戸建住宅が建ち並ぶ街区ではアスファルトに生じた亀裂などから大量の噴砂が発生し道路上に最大45cmも砂が堆積していました（写真1）。駐車していた乗用車のまわりに砂が堆積し動けなくなったといった被害もありました（写真2）。一方で噴砂などの被害がほとんど見られない場所もありました。ある街区では、周囲の幹線道路沿いの歩道にマンホールの浮き上がりなど激しい被害があるにもかかわらず、街区内は液状化対策の地盤改良が行われていたためまったく被害が見られませんでした。また、主要な幹線道路は液状化対策の地盤改良が行われていたためほとんど被害はなく、交通に支障はなかったため道路等に噴出した砂の撤去作業は比較的スムーズに行われました。

今回の地震により液状化が発生した場所は、千葉県ではほとんどが人工的に埋め立てられた所で地下水位が浅い（地表面に近い）場所です。また美浜区では過去の地震でも同様に液状化が発生していたという場所



写真1 住宅街の道路で液状化により噴出し厚く堆積した砂。



写真2 液状化により噴出した砂により動けなくなった車。

があります。よって埋立地では、一度液状化が発生しても再び次の大地震で発生する可能性があると考えられます。

注) 海底・河床などの土砂を、水深を深くするために掘削すること

千葉大学 関口徹

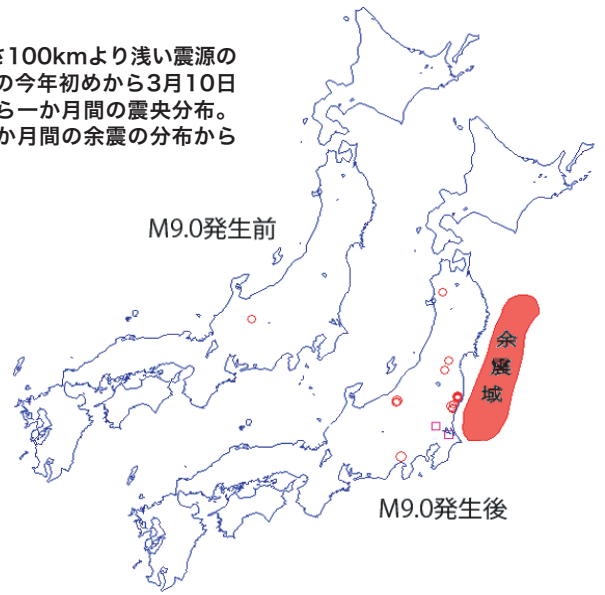
# 列島の地震活動を一変させた

この地震は、M9.0という超巨大な地震であったため日本列島全体に大きな影響を与えました。ここでは、日本列島内陸への影響を見てみます。ここで使うのは気象庁による一元化震源データですが、気象庁では、関係機関や大学の協力で観測データを集め、処理に努めています。ただ、本震発生後、地震が多発しデータ量が膨大になったため、完全には処理が終わっていません。ですから本震後のデータはまだ不十分ですが、それでも本震によって日本列島での地震の起き方が一変したことが分かります。

図1に示したのが、M5以上で深さ100kmまでの内陸の地震の震央分布です。図1右下は、本震が起きるまでの約70日間ですが、中部地方に2個しか起きていません（震源が重なっておりこの図では1個にしか見えません）。一方、図1左上は本震発生後の31日間です。表示期間としては、本震前の半分以下ですが、東日本で31個も起きています。同じ期間で比較すると内陸だけで地震数が30倍以上になったわけです。中には、3月12日に新潟・長野県境で起きて栄村などに被害をもたらした地震（M6.7）や4月11日に発生して、いわき市を中心に被害を引き起こした福島県浜通りの地震（M7.0）などがあります。

このようにM5以上でみると本州の東半分だけに大きな影響を与えたように見えますが、その後は、6月4日に島根県、6月30日に長野県松本市、7月5日に和歌山県北部、8月1日に駿河湾でそれぞれ中規模の地震が起きており、西日本にも活動が広がっています。特に富士山付近の地震、松本市の地震、新潟・長野県境の地震は、東北日本と西南日本のプ

図1 M5以上で内陸下深さ100kmより浅い震源の分布。左上が本震前の今年初めから3月10日まで、右下が本震から一か月間の震央分布。余震域は、本震後一か月間の余震の分布から決めたもの。



レート境界付近で起きており、今後もこのプレート境界付近は注意が必要です。また、もっと小さな地震まで含めてみると日本列島全体が影響を受けたことが良くわかります。

図2の地図に本震の発生をはさんだ前後一か月、合計二か月間に内陸で起きた震央分布を示しています。これを直線ABに投影して時間順に示したの

が下図です。3月11日にM9.0の本震が起こったため、日本列島で地震が急増しました。この図を見ると中央

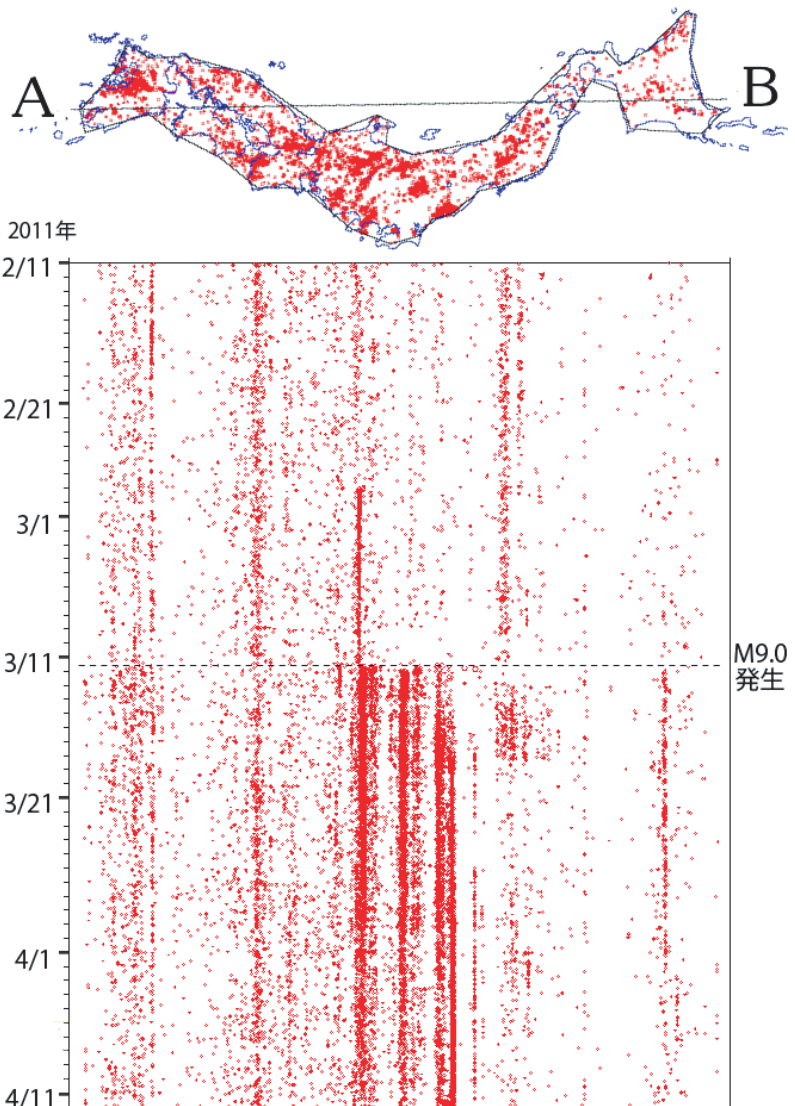


図2 上図は、内陸の浅い地震の震央分布（深さ20km以浅）。期間は、本震の前後一か月間。下図は、上図の震央を直線ABに投影して時間順に示したものを。

# 東北地方太平洋沖地震

部の中部地方や関東地方で急に地震が多発しはじめたことや、右端に近い北海道や左端の九州地方でも地震活動が増えたことが分かります。特に、飛騨山脈、伊豆諸島をはじめとする火山付近で地震活動が活発化していることが顕著です。

一方で、地震活動が増えたところばかりではありません。岩手・宮城県境付近の地震活動は、逆に減っています。図3にその地震数の変化を示しました。本震までの地震数の発生割合が、本震後に急減し、発生割合が減ったままです。

このように日本列島で全体として地震活動が活発化した原因は、今回の本震によって日本列島が大きく東に跳ねだしたため、日本列島の地殻が東西に引っ張られたようになったためです。その様子を国土地理院が日本列島に展開しているGPS観測網による変化から見てとれます。図4に示したように、陸上では水平最大5.4m、上下で約1m沈下が観測されていますが、三陸沖の海底では30m以上も動いたという報告もあります(2、3ページ参照)。これだけ地殻が引き伸ばされたため、地下の中小の断層がこれまでなら摩擦でズレが起きなかったのですが、耐えきれなくなってズレが起きてしまっているのが、現在の状況です。いわき市の地震や長野県栄村の地震などは、やや大きめの断層がズレたわけですが、このような地震は震源付近では震度6強などの大きな強い揺れを起こします。日本列島は内陸でこのような地震が起きやすい状態になっていますので、今後も注意が必要です。またこのような内陸地震の場合、緊急地震速報が間に合わない地域もあります。大きな揺れを感じたらすぐ身を守るようにしてください。

産業技術総合研究所  
石川有三

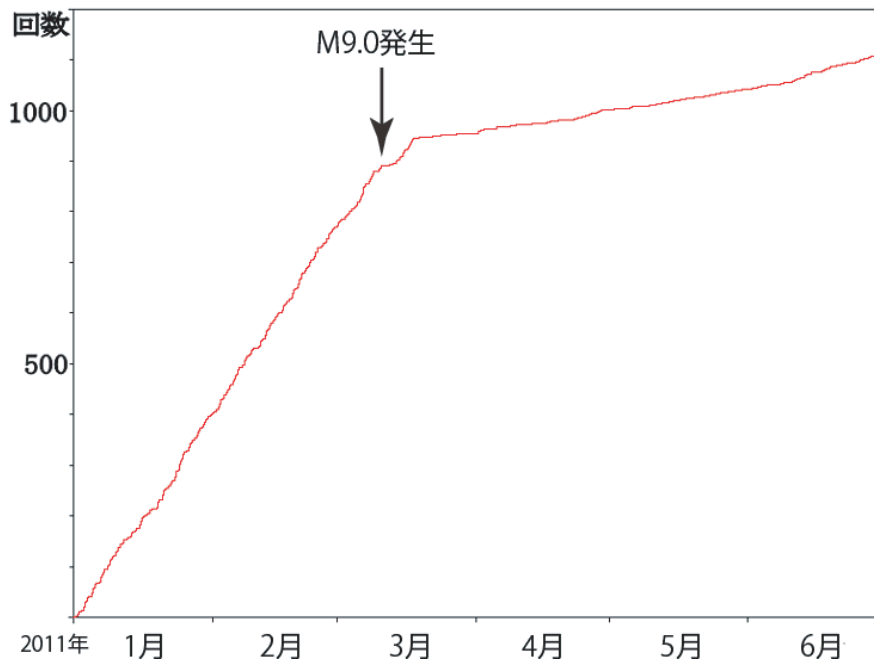


図3 岩手・宮城県境付近の地震活動の数の時間変化。縦軸は地震数、横軸は月を示しています。本震発生前後で地震の発生する割合が急に減っていることが分かります。

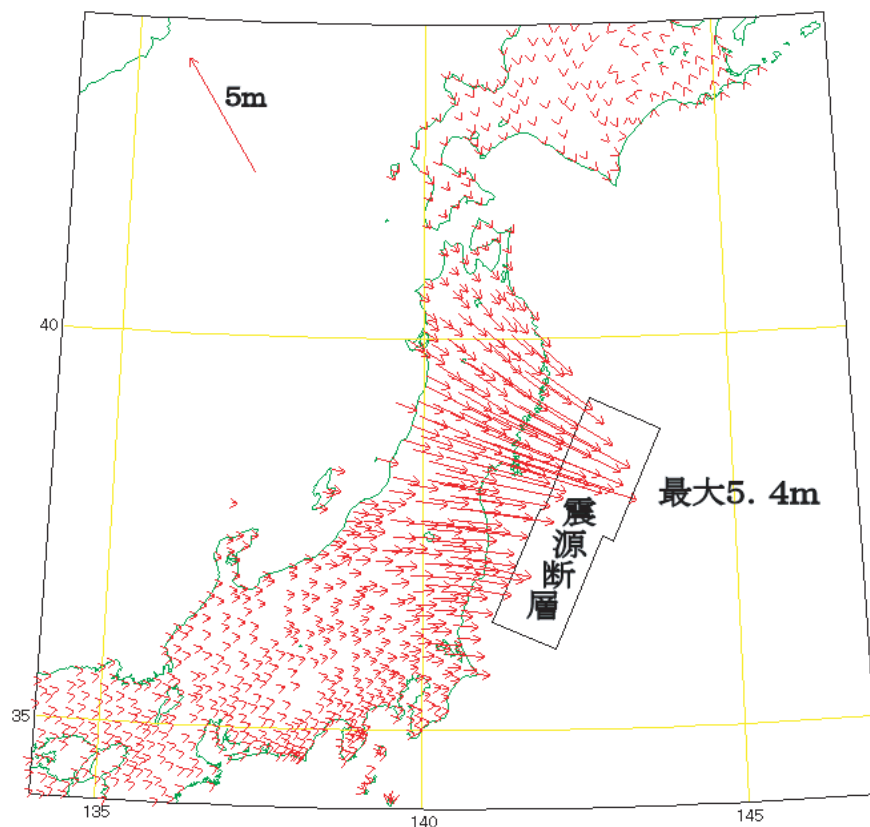


図4 東北地方太平洋沖地震の本震の震源断層(国土地理院のモデル)と国土地理院GEON ETデータによる本震時の日本列島内陸部各地の変動。左上に示した矢印が5mの水平変位を示します。陸上GPS観測点では牡鹿半島の観測点で最大5.4mの水平変位が記録されました。

## 地震学会一般公開セミナーのおしらせ

日本地震学会は2011年秋季大会開催に合わせて一般公開セミナーを開催します。講演者とその題目は以

下の通りです。なお、同日にグランシップ内の別フロアにて静岡県庁主催の防災フェアも開催いたします。

### 「東日本大震災に学び東海地震に備える」

主催：公益社団法人日本地震学会

共催：静岡県危機管理部・静岡大学

日時：2011年10月15日（土）13時～15時

会場：グランシップ11階・会議ホール・風（JR東静岡駅南口徒歩3分）

定員450名（当日受付）、参加無料、当日会場にて12時15分より受付開始

#### ■プログラム■

##### 1) 東日本大震災から考える、東海地震への備え

古村孝志  
東京大学大学院情報学環総合防災情報研究センター教授  
地震研究所教授



##### 2) 災害史に学ぶ：東日本大震災と関東大震災

武村雅之  
静岡大学防災総合センター客員教授  
(株)小堀鐸二研究所副所長



## 2010年度日本地震学会論文賞及び日本地震学会若手学術奨励賞

日本地震学会は、2010年度の論文賞2篇、若手学術奨励賞3名を決定し、日本地球惑星科学連合2011年大会時に授賞式を行いました。



#### 論文賞

##### 1. 受賞対象論文

東海地方の非定常地殻変動—東海スロースリップと2004年紀伊半島南東沖の地震の余効変動—、水藤 尚・小沢慎三郎、地震 第2輯、第61巻、第3号、113-135、2009

##### 2. 受賞対象論文

Weak interplate coupling beneath the subduction zone off Fukushima, NE Japan, inferred from GPS/acoustic seafloor geodetic observation, Yoshihiro Matsumoto, Tadashi Ishikawa, Masayuki Fujita, Mariko Sato, Hiroaki Saito, Masashi Mochizuki, Tetsuichiro Yabuki, and Akira Asada, Earth Planets Space, 60, e9-e12, 2008

#### 若手学術奨励賞

##### 1. 受賞者：齊藤竜彦

受賞対象研究：地震・津波の波動現象に関する理論的研究

##### 2. 受賞者：平 貴昭

受賞対象研究：地震発生過程の解明に向けた高周波数地震コーダ波を用いた地球内部不均質構造の時空間変化に関する研究

##### 3. 受賞者：利根川貴志

受賞対象研究：実体波を用いた決定論的および統計論的手法による地球内部構造イメージングに関する研究



#### 広報紙「なみふる」購読申込のご案内

日本地震学会の広報紙「なみふる」は、3カ月に1回（年間4号）発行しております。「なみふる」の購読をご希望の方は、氏名、住所、電話番号を明記の上、年間購読料を郵便振替で下記振替口座にお振り込み下さい。なお、「なみふる」は日本地震学会ホームページでもご覧になれ、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。

#### 年間購読料(送料込)

日本地震学会会員	600円
非会員	800円

#### 振替口座

00120-0-11918 「日本地震学会」  
※通信欄に「広報紙希望」とご記入下さい。

日本地震学会広報紙「なみふる」第87号  
2011年10月1日発行  
定価150円（郵送料別）

発行者 公益社団法人 日本地震学会  
〒113-0033  
東京都文京区本郷6-26-12  
東京RSビル8F  
TEL. 03-5803-9570  
FAX. 03-5803-9577  
(執務日：月～金)  
ホームページ  
<http://www.zisin.jp/>  
E-mail  
zisin-koho@tokyo.email.ne.jp

編集者 広報委員会  
亀 伸樹（委員長）  
伊藤 忍（編集長）  
五十嵐 俊博、上野 寛、川方 裕則  
小泉 尚嗣、武村 雅之、田所 敬一  
田中 聡、西田 究、古村 孝志  
松島 信一、松原 誠、八木 勇治  
矢部 康男、山崎 太郎

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。