

地震調査研究への期待

研究成果の社会還元

3月11日の東日本大震災には大きな衝撃を受けました。津波が次々と車や建物を呑み込んでいくのを目の当たりにして深刻な思いにとらわれない人はいないでしょう。地震調査研究はこうした被害を人間の知恵で少しでも減らそうと続けられてきましたが、今回ほど私たちの無力さを感じたことはありません。

むろん、科学といえども一定の限界があることは分かっています。しかし、三陸沖の地震がこれほどの規模になると想定できなかったことは、これまでの地震調査研究の大きな反省点とすべきです。ただ、今回の震災について、別の視点から私がより深刻に受け止めている問題があります。それは、最新の研究成果が何回も警告を発しているながら、それが社会に正しく受け止められず、あるいは無視されて深刻な原発事故につながってしまったことです。

地震調査研究推進本部政策委員会の総合部会は、これまでどうすれば地震調査研究の成果が効果的な減災につながれるかを議論してきました。その中で、国民の視点で成果を理解してもらえよう研究側が努力し、成果を普及させることの重要性が指摘されてきました。総合部会が予算要求のヒアリングなどを通じて繰り返し指摘してきたこともあり、その重要性は研

究現場にはかなり理解されてきたと思います。

しかし今回の事故をみると、それだけでは解決できないもっと大きな問題があると感じます。社会的に大きな責任を担う人々の間に科学的成果を真摯に受け止め、迅速に手を打っていく文化や仕組みが欠如、あるいはないがしろにされていたことです。これは今回の原発事故に限らず、私たちの社会が多かれ少なかれ共通して抱える問題かもしれません。

研究成果の社会還元とは、最終的には研究で得られた科学的知見を文化や社会の仕組みに的確に反映させ、それらをよりよく変えていくことです。大変難しい課題ですが、地震調査研究の関係者はこうした視点からも、研究成果を、特にそれが安全に関わることなら、あらゆるチャンネルを通じて国民により強く、より迅速に発信していくことが重要だと思えます。



高木 勲生 (たかぎ・ゆきお)

早稲田大学理工学部物理学卒業、修士課程修了。日本経済新聞社で科学技術担当の記者、編集委員、科学技術部長、日経サイエンス社長兼編集長を経て平成17年から東京工業大学ソリューション研究機構特任教授。地震調査研究推進本部では政策委員会委員、同総合部会委員を務める。

用語解説 津波堆積物

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は、マグニチュード9.0とこれまで日本周辺で観測された最大の地震であり、地震動による被害もありましたが、津波による被害が甚大で、今回の地震の特徴として印象づけられています。この地震により発生した津波は、東日本の太平洋沿岸をはじめ、全国各地で観測されました。このような津波では、海水が陸の奥まで侵入すると同時に、砂や泥も運ばれ、その結果、堆積物となります。これを「津波堆積物」と呼びます。

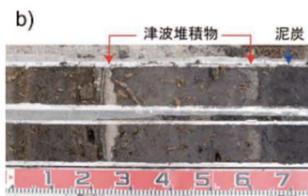
過去に発生した津波による「津波堆積物」は、海岸に沿った地層の中に含まれる場合があります。例えば、海岸に近い池や湿原などでは植物の遺骸や泥が層となって堆積します。そこに、津波が発生すると、海岸の砂など様々なものが削り取られ、陸の方へと運ばれます。そのような砂が堆積することにより、砂の層が形成されます。その後は、また、ゆっくりと泥が堆積

するような環境に戻ることで、泥の層の中に砂の層が挟まれるような形で残されます。

そのような場所で複数の地質試料を採取し、津波堆積物であると考えられる砂の層の分布を調べることで、津波による浸水範囲がわかるとともに、泥の層に含まれる植物の遺骸や、過去の噴火による火山灰の層に含まれるガラス等から年代を求め、津波の発生した時期を推定することができます。このように、「津波堆積物」調査の成果から、より過去にさかのぼった長期間にわたる地震活動や、それらの地震・津波の規模等の推測に活用できることが考えられます。



写真a) 仙台平野における地質試料採取風景
写真b) 取得された地質試料の例



編集・発行 地震調査研究推進本部事務局 (文部科学省研究開発局地震・防災研究課) 東京都千代田区霞が関3-2-2 TEL 03-5253-4111 (代表)

*本誌を無断で転載することを禁じます。
*本誌に掲載した論文等で、意見にわたる部分は、筆者の個人的意見であることをお断りします。

地震調査研究推進本部が公表した資料の詳細は、地震本部のホームページ [http://www.jishin.go.jp/] で見ることができます。

ご意見・ご要望はこちら → news@jishin.go.jp

*本誌についてのご意見、ご要望、質問などがありましたら、電子メールで地震調査研究推進本部事務局までお寄せください。



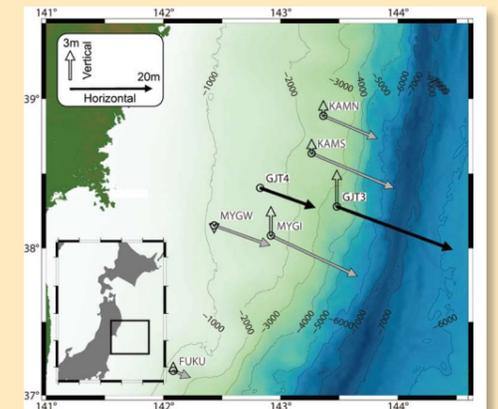
The Headquarters for Earthquake Research Promotion News

地震本部 ニュース

2011 8 月

「地震調査研究推進本部(本部長:文部科学大臣)」(地震本部)は、政府の特別の機関で、我が国の地震調査研究を一元的に推進しています。

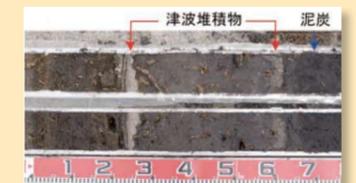
- 2 地震調査委員会 [第228回] 定例会 (平成23年7月11日) 2011年6月の地震活動の評価
- 4 地震調査委員会 南海トラフで発生する地震活動の長期評価に関する検討状況
- 6 地震本部成果の活用 兵庫県企画県民部防災企画局防災計画課 兵庫県地震被害想定における地震本部成果の活用①
- 8 調査研究レポート 東北大学大学院 藤本 博己 海底地殻変動観測について
- 10 調査研究レポート 北海道大学大学院 谷岡 勇市郎 北海道から千島列島沖で発生した過去の海溝型巨大地震の震源過程解明
- 12 地震調査研究への期待 政策委員会 総合部会 委員 高木 勲生



2011年東北地方太平洋沖地震に伴う海底地殻変動



津波堆積物地質試料採取風景



取得された地質試料の例

用語解説 「津波堆積物」

1 主な地震活動

- 6月2日に新潟県中越地方でマグニチュード(M)4.7の地震が発生した。この地震により新潟県で最大震度5強を観測し、被害を生じた。
- 6月23日に岩手県沖でM6.9の地震が発生した。この地震により青森県と岩手県で最大震度5弱を観測し、被害を生じた。
- 6月30日に長野県中部でM5.4の地震が発生した。この地震により長野県で最大震度5強を観測し、重傷者が出るなどの被害を生じた。

2 各地方別の地震活動

北海道地方

- 6月14日に釧路沖の深さ約75kmでM5.1の地震が発生した。この地震は太平洋プレート内部で発生した地震である。発震機構は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型であった。
- 6月25日に浦河沖の深さ約55kmでM5.4の地震が発生した。この地震の発震機構は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、陸のプレートと太平洋プレートの境界で発生した地震である。

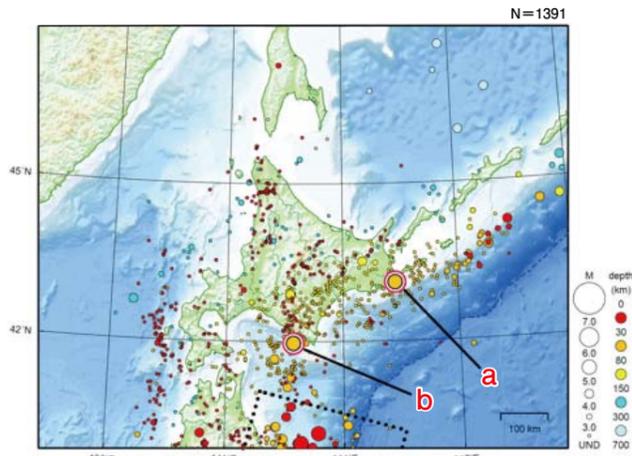
東北地方

- 6月18日に福島県中通りの深さ約15kmでM4.6の地震が発生した。この地震の発震機構は南北方向に張力軸を持つ型で、地殻内で発生した地震である。
- 6月23日に岩手県沖の深さ約35kmでM6.9の地震が発生した。この地震の発震機構は東西方向に圧力軸を持つ逆断層型で、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ある。GPS観測結果によると、この地震に伴い、S普代観測点(岩手県)が約2cm東に移動するなどの地殻変動が観測されている。

関東・中部地方

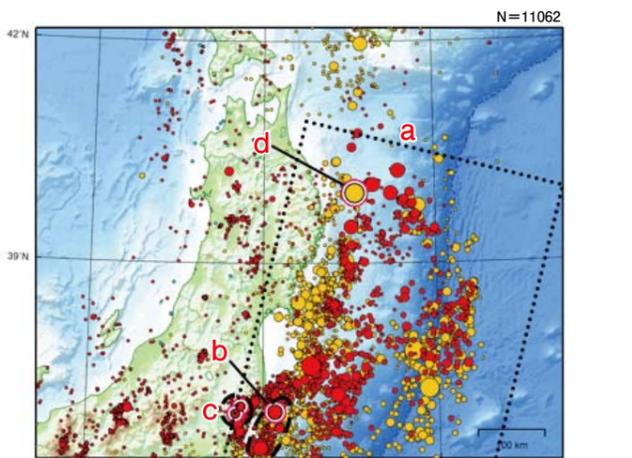
- 6月2日11時33分に新潟県中越地方の深さ約5kmでM4.7の地震が発生した。この地震の発震機構は北西-南東方向に圧力軸を持つ型で、地殻内で発生した地震である。同日12時51分にM4.1の地震が発生するなどのまとまった地震活動があった。
- 6月3日に茨城県南部の深さ約60kmでM4.5の地震が発生した。この地震の発震機構は東北東-西南西方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートとフィリピン海プレートの境界で発生した地震である。
- 6月30日に千葉県北東部の深さ約50kmでM4.6の地震が発生した。この地震の発震機構は東西方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートとフィリピン海プレートの境界で発生した地震である。
- 6月30日に長野県中部の深さ約5kmでM5.4の地震が発生した。この地震の発震機構は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型で、地殻内で発生した地震である。GPS観測結果によると、この地震に伴い、震央付近で小さな地殻変動が観測されている。
- 東海地方のGPS観測結果等には、東海地震に直ち

1 北海道地方



a) 6月14日に釧路沖でM5.1の地震(最大震度4)が発生した。
b) 6月25日に浦河沖でM5.4の地震(最大震度3)が発生した。
※点線は「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の余震域を表す

2 東北地方



a) 6月中に、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の余震域内では、M6.0以上の地震が4回、M5.0以上の地震が17回発生した。また、最大震度5弱以上を観測した地震は2回、最大震度4以上を観測した地震は9回発生した。
b) 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の発生以降、福島県沖から茨城県沖にかけての陸のプレート内では地震活動が活発になっている。6月中は、4日に福島県沖でM5.5の地震(最大震度5弱)が発生した。
c) 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の発生以降、福島県浜通りから茨城県北部にかけての陸のプレート内では地震活動が活発になっている。6月中は、18日に福島県中通りでM4.6の地震(最大震度4)、25日に福島県中通りでM4.5の地震(最大震度3)などが発生した。気象庁はこれらの地震に対して(福島県浜通り)で情報発表した。
d) 6月23日に岩手県沖でM6.9の地震(最大震度5弱)が発生した。(6月期間外)
7月3日に福島県会津地方でM3.9の地震(最大震度4)が発生した。
7月10日に三陸沖でM7.3の地震(最大震度4)が発生するなど、7月に入ってからも「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の余震域内ではM5.0以上の地震が発生している。
※点線は「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の余震域を表す

各地方別の地震活動図は気象庁・文部科学省提出資料を基に作成。また各地方の図に記載されたN=は図中の地震の総数を表す。

に結びつくような変化は観測されていない。

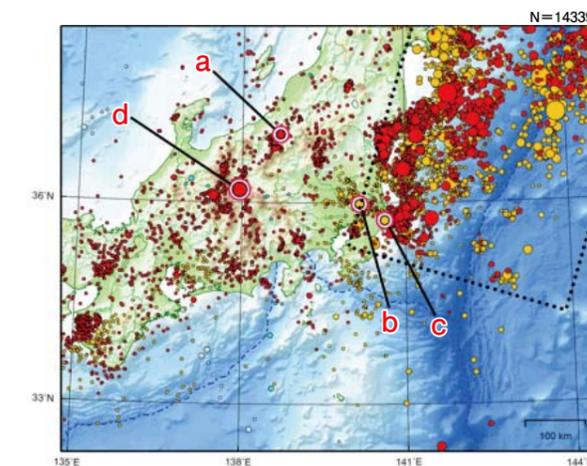
近畿・中国・四国地方

- 6月4日に島根県東部の深さ約10kmでM5.2の地震が発生した。この地震の発震機構は北西-南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型で、地殻内で発生した地震である。

九州・沖縄地方

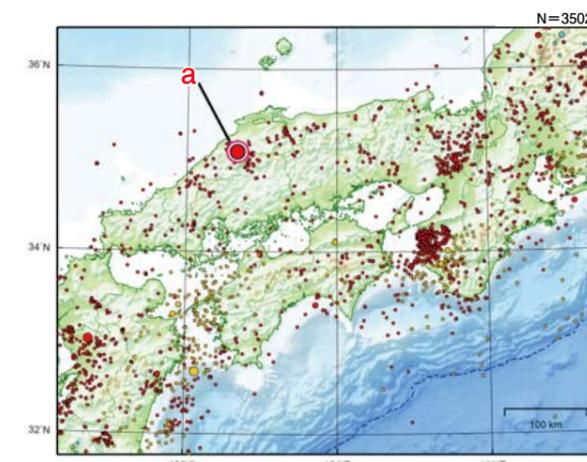
- 6月28日に熊本県熊本地方の深さ約10kmでM4.2の地震が発生した。この地震の発震機構は南北方向

3 関東・中部地方



a) 6月2日に新潟県中越地方でM4.7の地震(最大震度5強)が発生した。この地震は3月12日に発生したM6.7の地震(最大震度6強)の余震である。
b) 「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の発生以降、茨城県南部でまとまった地震活動が見られている。6月中は、3日にM4.5の地震(最大震度3)などが発生した。
c) 6月30日に千葉県北東部でM4.6の地震(最大震度3)が発生した。
d) 6月30日に長野県中部でM5.4の地震(最大震度5強)が発生した。また、同日にM5.1の地震(最大震度4)が発生した。
※点線は「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の余震域を表す

4 近畿・中国・四国地方



a) 6月4日に島根県東部でM5.2の地震(最大震度4)が発生した。(6月期間外)
7月5日に和歌山県北部でM5.5の地震(最大震度5強)が発生した。

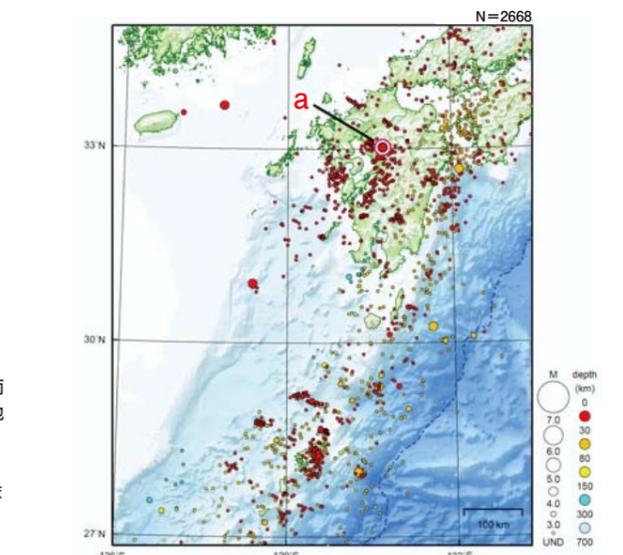
注:この図の詳細は地震調査研究推進本部ホームページの毎月の地震活動に関する評価に掲載。地形データは日本海洋データセンターのJ-EGG500、米国地質調査所のGTOPO30、及び米国国立地球物理データセンターのETOPO2v2を使用。

に張力軸を持つ横ずれ断層型で、地殻内で発生した地震である。

補足

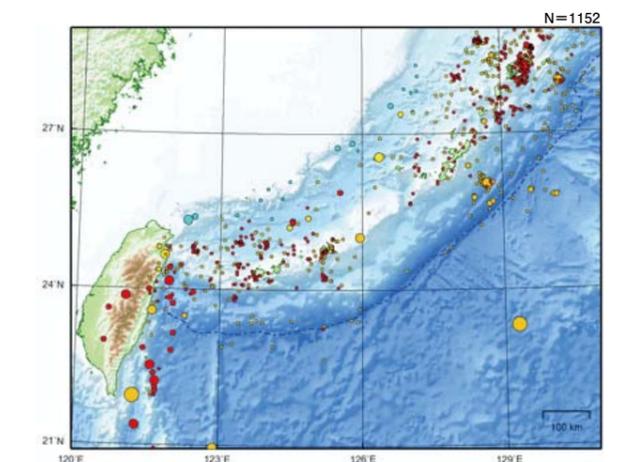
- 7月3日に福島県会津の深さ約10kmでM3.9の地震が発生した。この地震の発震機構は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、地殻内で発生した地震である。
- 7月5日に和歌山県北部の深さ約5kmでM5.5の地震が発生した。この地震の発震機構は北西-南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、地殻内で発生した地震である。
- 7月10日に三陸沖でM7.3の地震が発生した。この地震は太平洋プレート内部で発生した地震である。発震機構は西北西-東南東方向に張力軸を持つ横ずれ断層型(速報)であった。この地震により、大船渡(岩手県)と相馬(福島県)で0.1mの津波を観測した。

5 九州地方



a) 6月28日に熊本県熊本地方でM4.2の地震(最大震度4)が発生した。

6 沖縄地方



特に目立った活動はなかった。

南海トラフで発生する地震活動の長期評価に関する検討状況

地震調査委員会では、長期評価部会の下に海溝型科会を設置し、現行の評価手法の課題を整理し、新しい評価手法を検討すると共に、南海トラフで発生する地震活動の長期評価について検討を行っています。来春を目途に評価の公表を予定していますが、現在の検討状況について報告します。

南海トラフの地震活動の長期評価については、新しい評価手法により検討するという方針で審議を行っており、以下のような方針で検討を行っています。

1. 南海トラフにおける様々な地震の想定と評価 (図1, 2)

南海トラフで発生しうる様々な震源域を想定する。その中で震源域の面積が最大の地震を想定し、検討をする必要がある。従来の評価では、1707年宝永地震が最大規模であったが、さらに大きな地震が起こりうるか検討する。

地震活動、地殻変動、地形、地質等から考えられる様々な地震像を想定し、それぞれ評価する。

2. 想定東海地震の地域も評価対象とする

従来の評価では入っていなかった東海地域も評価対象とする。さらに、可能であれば富士川河口断層帯との関係について、現在の当該活断層の長期評価を確認し、必要があれば南海トラフの長期評価でも言及する。

3. 過去の地震をより長期間に把握し、評価する (図3)

従来の評価では、1498年明応地震から現在までの地震を評価対象としていたが、歴史記録、津波堆積物調査等の成果から数千年間の地震活動の履歴を把握し、主に宝永地震と同様もしくはそれ以上の巨大地震を対象とした評価をする。

4. すでに評価された過去の地震を再評価する

1498年明応、1605年慶長、1707年宝永、1854年安政、1944~46年昭和の地震について、新しい知見があれば従来の評価を見直す。

南海トラフ巨大地震の発生シナリオ構築に向けて (2) 浅部&深部延長の破壊

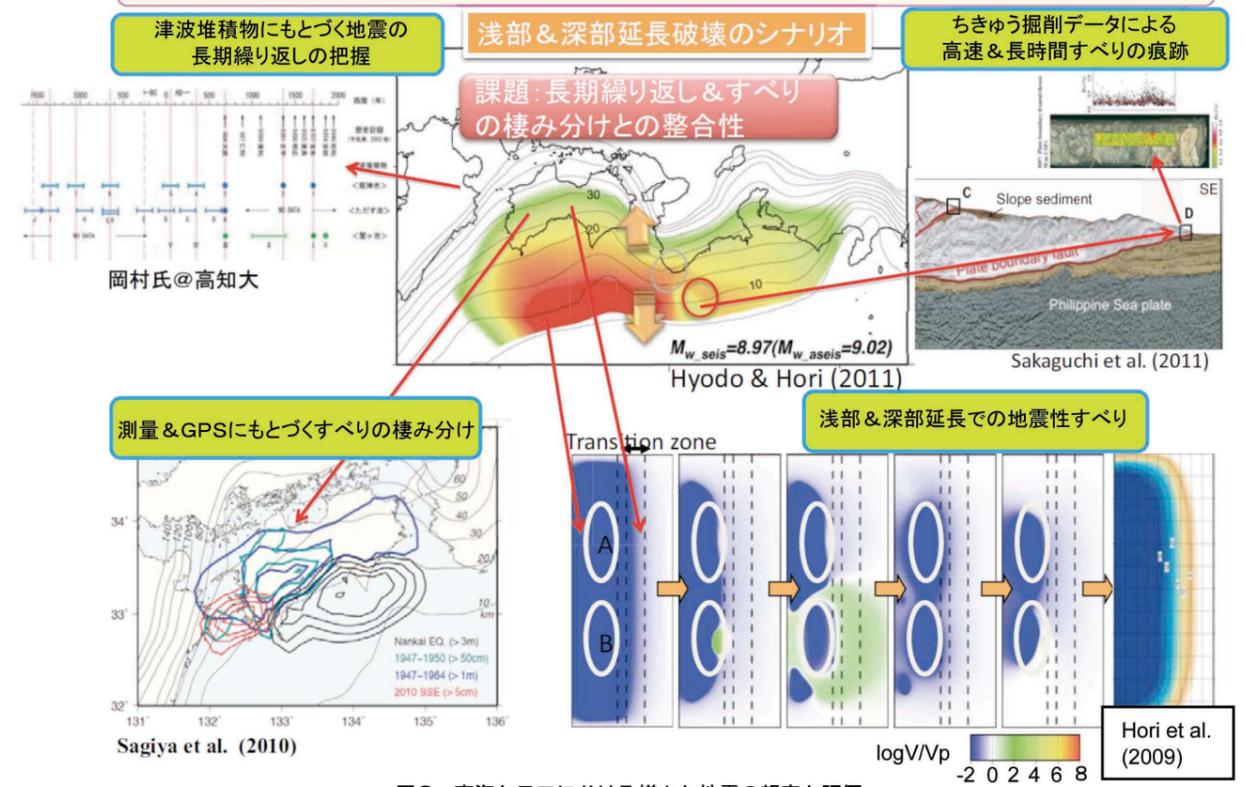


図2 南海トラフにおける様々な地震の想定と評価

南海トラフ巨大地震の発生シナリオ構築に向けて (1) 四国以西への連動

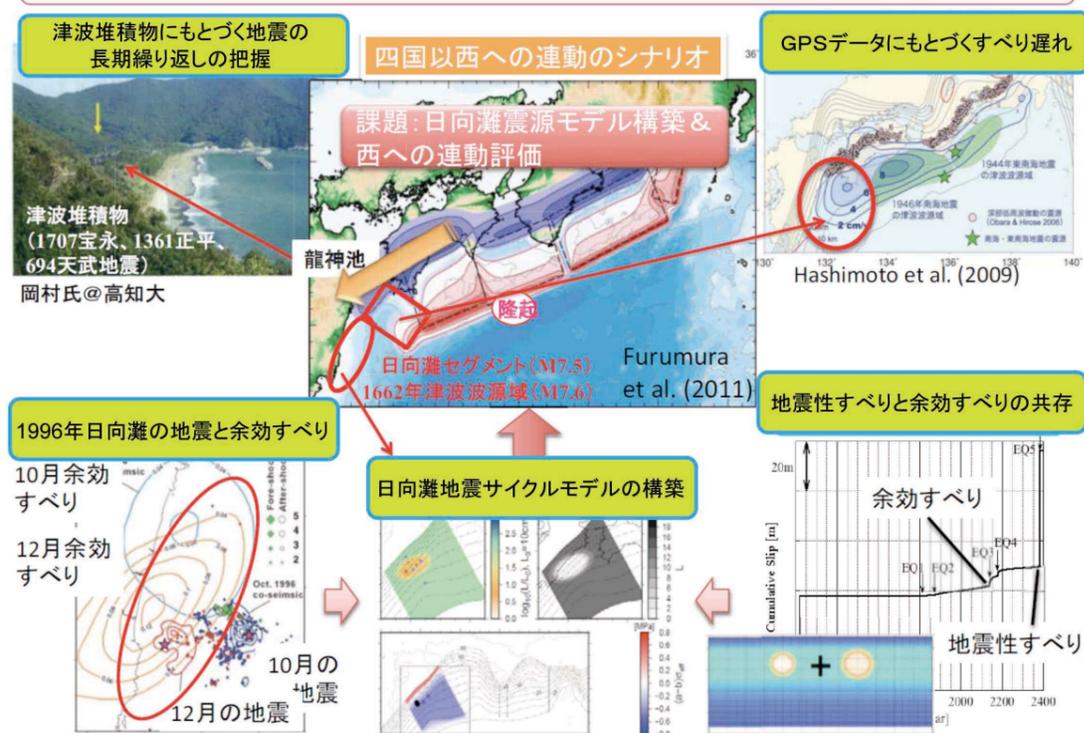


図1 南海トラフにおける様々な地震の想定と評価

5. 従来の固有地震の考えに捉われずに、過去に様々なタイプの地震が発生していることや現在の調査観測から推定できることを検討して次の地震を予測する

従来の評価では、固有地震が発生するとの前提に基づいて同じ規模の地震が繰り返し発生するとして、将来の予測をしてきたが、規模や活動間隔が異なる地震がそれぞれ影響しあいながら発生することを考慮したモデルに基づいて次の地震が予測できないか検討する。

6. 今後の課題で、必要な調査観測について提案する

現在の知見では未解明の事象について、調査観測が必要であることを明記し、その項目について検討する。

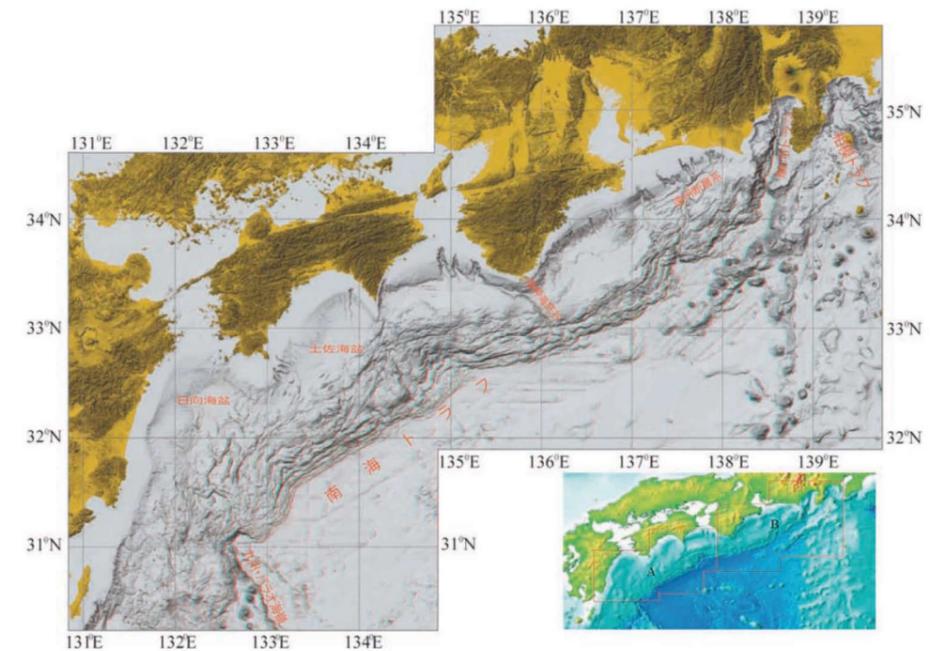


図3 相模トラフ~駿河トラフ~南海トラフ周辺の海底地形

海洋情報部研究報告 第47号, March, 2011 より

南海トラフ沿いに発生した巨大地震の多くは、津波を伴っており、海底下の震源断層のずれが海底に達し海底面が食い違ったことを示している。このような地震が、限られた断層の活動によって繰り返し発生した結果、海底面に活断層が発達していることが知られているが、巨大地震と活断層との関連は必ずしも明確になっていない。



兵庫県地震被害想定における地震本部成果の活用①

— 地震動予測地図 —

兵庫県企画県民部防災企画局防災計画課

兵庫県に大きな被害をもたらした阪神・淡路大震災発生から16年が過ぎました。この震災を契機に成立した地震災害対策特別措置法による「地震に関する調査研究の推進のための体制の整備」のため、地震調査研究推進本部（以下「地震本部」）が設置されました。

これまで、地震本部では、主要な活断層や海溝型地震について、断層の活動間隔や次の地震の発生可能性を評価する長期評価結果を公表してきました。あわせて、震源断層モデルを作成したうえで「地震動予測地図」などにより地域の危険を目に見える形で公表してきました（図1）。

それら公表された震源断層は、全国約2,000もあると言われている活断層の中のほんの一部ともいえますが、災害対応を考える行政機関にとって、対象とすべき地震を明確にするうえで大変参考となる資料です。

兵庫県では、平成21～22年度において地震被害想定の見直し作業を実施し、その基礎データとして地震本部から公表されているデータを活用しました。

今回と次回で、どのように地震本部のデータを活用してきたかを含めて、本県の地震被害想定への作成手法についてご紹介します。今回は地震動予測地図を活用した震度分布図作成までの前提条件の整理についてご紹介します。

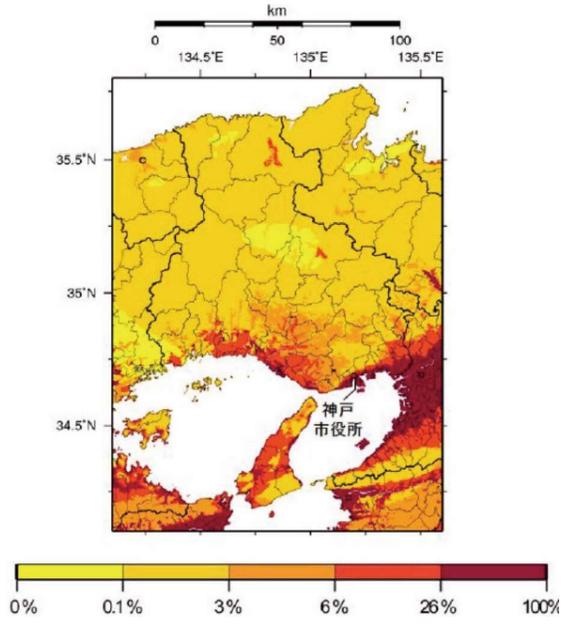


図1 今後30年以内に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率<兵庫県>

1 これまでの兵庫県地震被害想定地震

(1) 阪神・淡路大震災前

阪神・淡路大震災が起こるまで、兵庫県地域防災計画では過去における地震の発生状況をもとに、以下の4つの地震を想定してきました。

- ① 紀伊半島沖で発生する海洋性巨大地震（M8.4）
過去の事例：1946年南海地震
- ② 日本海沿岸で発生する内陸部地震（M7.0）
過去の事例：1925年北但馬地震
- ③ 県南西部で発生する内陸部地震（M7.0）
過去の事例：868年播磨国地震（山崎断層地震と思われる）
- ④ 枚方周辺で発生する内陸部地震（M7.0）
過去の事例：1596年慶長伏見地震（有馬-高槻断層帯の地震と思われる）

(2) 阪神・淡路大震災後

平成10年度に阪神・淡路大震災を踏まえて実施した地震被害想定においては、地震の規模は「新編日本の活断層（東京大学出版会）」などを参考に、当時の最新研究成果から想定される最大のものを設定し、5つの断層等を設定しました（図2）。

また、特徴的なものとして、当時日本海側に明確な



図2 想定地震の断層モデル図（平成10年3月）

断層が見つかっていなかったことから、円山川河口付近に「日本海沿岸地震」と位置付けて仮断層を設定し、もしもの時に備えることとしていました。

2 新たな兵庫県地震被害想定地震

前回の地震被害想定から10年以上が経過し、その間、地震本部により全国各地の震源断層の調査・評価が行われ、「地震動予測地図」において断層モデルが公

表されてきました。

また、中央防災会議の専門調査会において「中部圏・近畿圏の内陸地震に関する報告（平成20年12月）」が行われ、兵庫県では、山崎断層帯地震がこれまで想定していた北西部だけでなく、南東部と連動して発生するケースについての被害軽減対策を考える必要があるとされました。そのことから、最新の知見を踏まえて、平成21年度より地震被害想定の見直しを行うこととしました（図3）。

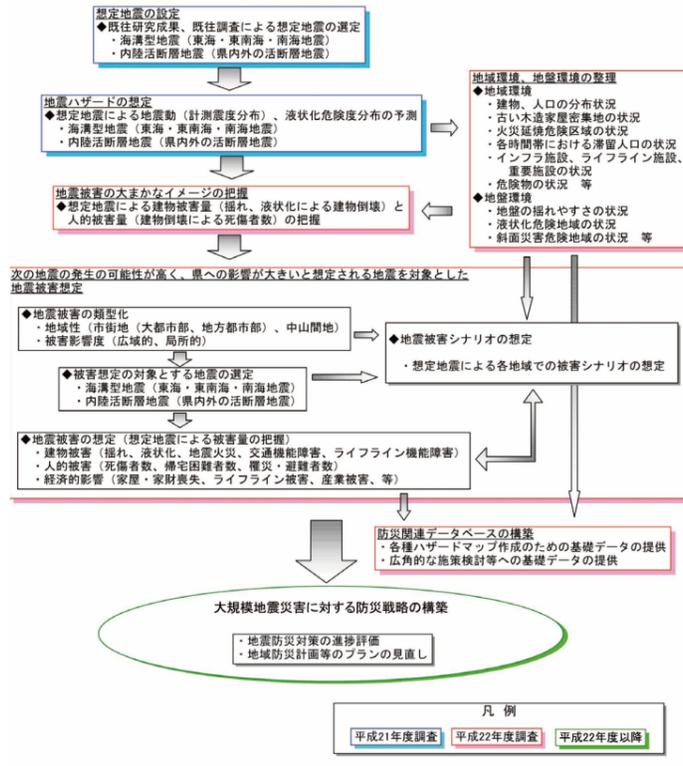


図3 地震被害想定調査実施フロー

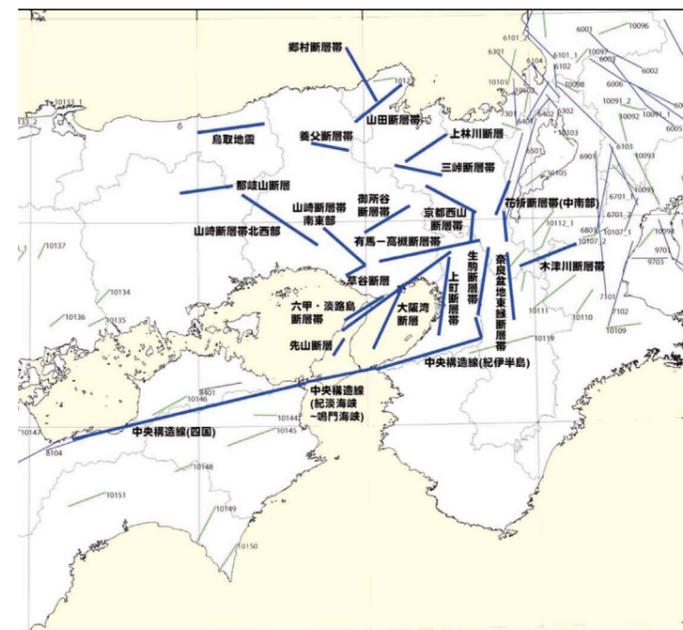


図4 兵庫県に震度5強以上を生じさせる断層

(1) 想定地震、想定断層

これまでの地震被害想定では、県内の内陸型断層のみ設定していましたが、県外断層も含め兵庫県に震度5強以上を生じさせる断層についても、地震本部が地震動予測地図を作成した際に検討対象としていた主要断層を基本に、想定地震とすることとしました（図4）。

また、今回の被害想定では、断層の全てが判明しているわけではないことも考慮し、各市町役場直下（41市町）にM6.9の伏在断層を設定し、各市町における伏在断層における最大級の被害想定も行うこととしました。

こうした想定を行うことで、いつ、どこで大地震が発生しても市町レベルでの効果的な地震予防対策や迅速かつ適切な災害対応策の実施を目指しました。最終的に、海溝地震をあわせ全部で65地震を対象としました。

(2) 断層モデル、地盤モデル

断層モデルは、地震本部が地震動予測地図を作成したモデルをそのまま使用することとし、地震本部が公表したそれぞれのモデルによる各地点の計測震度から震度分布図を作成しました。いくつかは、オリジナルの断層モデルを作成しましたが、65の地震について被害想定を行う断層モデルを一から作成することと比べて、期間及び費用をかなり圧縮できました。

一方、地盤の増幅率を計算するうえでの地盤モデルは、地震本部が使用しているAVS30のデータを兵庫県内の入手可能なボーリングデータで補正しました。ボーリングデータの多い地域（神戸・阪神間）では、現状に則した補正が可能でしたが、ボーリングデータの少ない中山間地では補正には限界がありました。

なお、使用した断層モデルと地盤モデルのデータは、250mメッシュで作成されており、今では（独）防災科学技術研究所が運営するJ-SHIS（地震ハザードステーション）のホームページでダウンロードすることが可能で、広く一般に公開されています（図5）。

今回は、兵庫県が重要視すべき地震について、被害シナリオを作成していく際に、地震本部の長期評価等を参考に地震被害の類型化を行ったことについてご紹介します。



図5 J-SHISホームページ <http://www.j-shis.bosai.go.jp>

海底地殻変動観測について

東北地方太平洋沖地震震源域付近における海底地殻変動観測の高度化

地殻変動観測から分かること

2011年の東北地方太平洋沖地震のような巨大地震はなぜ起きるのか？この謎を解いたのは50年ほど前に提唱されたプレートテクトニクス理論である。海洋プレートが海溝で沈み込む時に、プレート境界の摩擦により陸側の上盤プレートが引きずり込まれ、そのひずみが限界に達すると、プレート境界に急激なすべりが生じてひずみを解消するという明快な解釈がなされ(図1)、その後の観測で実証された。地震の原因となるこの上盤の地殻のひずみを測ることができるのが地殻変動観測である。

しかし海洋プレートの運動速度は年間に10cm以下(爪が伸びる速さ程度)であり、上盤地殻に蓄積されるひずみの変化は極めて小さく、広域にわたるひずみの分布を測定することは極めて困難な課題であった。この課題をクリアしたのがGPSである。GPS観測により、プレート運動などの地球規模の地殻変動から、陸上の断層付近の局所的な変動まで、毎日の変化を連続的にモニターすることができるようになってきた。

海底地殻変動観測の重要性

M8クラスの後半からM9クラスという巨大地震はすべて海洋プレートの沈み込みに伴う海溝型地震であり、海溝陸側の海底で起こる。したがって海底の地殻変動観測が極めて重要である。陸上のGPS観測網のように海底でも地殻変動を観測できれば、震源域でのひずみの蓄積過程、つまり海溝型地震の準備状況を精度よく知ることができる。そうすれば、地震の発生予測に関する研究もかなり進展すると期待できる。

しかし、GPSの電波が届かない海底の地殻変動観測には、専用の観測手法が必要となる。現在cmオーダーの精度を有する海底地殻変動観測の手法として注目されているのは、海上でのGPS測位と海中の音響測位を結合した海底精密測位

の繰り返し(海底GPS)である。この手法は水平変動の観測に適しており、上下変動の観測には海底圧力の連続観測が注目されている。

国土地理院が運用しているGEONETは、1,300ほどの観測点で日本列島をカバーしている強力なGPS観測網であるが、陸から150km以上離れた海底の地殻変動にはほとんど感度がないと言われている。2011年東北地方太平洋沖地震では、そのような海溝近くで大きなすべりがあったと推定されているが、それを決定づけたのは、図2に示すような海底GPS観測の結果である。しかし、推定されている最大すべりは、これら海底GPS観測点よりはるかに海溝側であり、地震によるすべり域の詳細については議論中である。

海底地殻変動観測の現状と課題

現状の海底GPS観測による測位精度は、条件により1~5cm程度(陸上のGPS観測と比べて1桁低い)であり、また観測網ではなく孤立した観測点である。陸上では連続観測が標準であるが、海底の地殻変動観測は年に1回から3回、1回あたり半日から1日のキャンペーン観測である。このようにGEONET等の観測と比べると大きな違いがある。

そこで、条件によらず1cm程度の測位精度を得ること、多点観測を可能にするために観測時間を短縮すること、セミリアルタイムの連続観測に向けた観測システムを開発することなどを目標に、平成22年度から

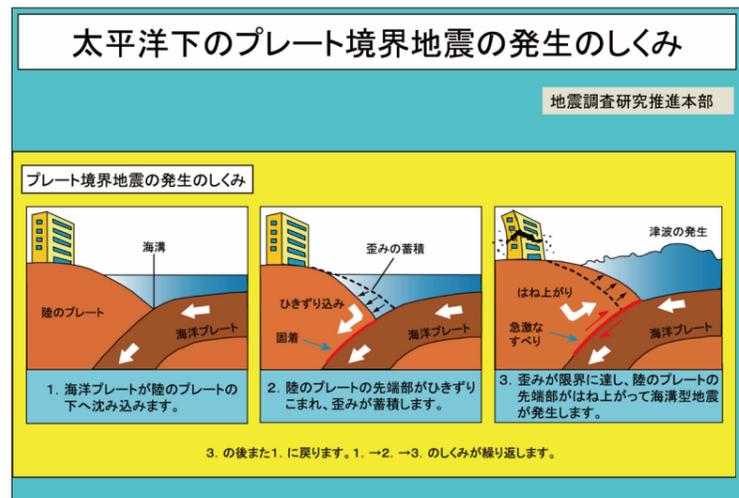


図1 海溝型地震発生の仕組みを示す模式図(地震調査研究推進本部)

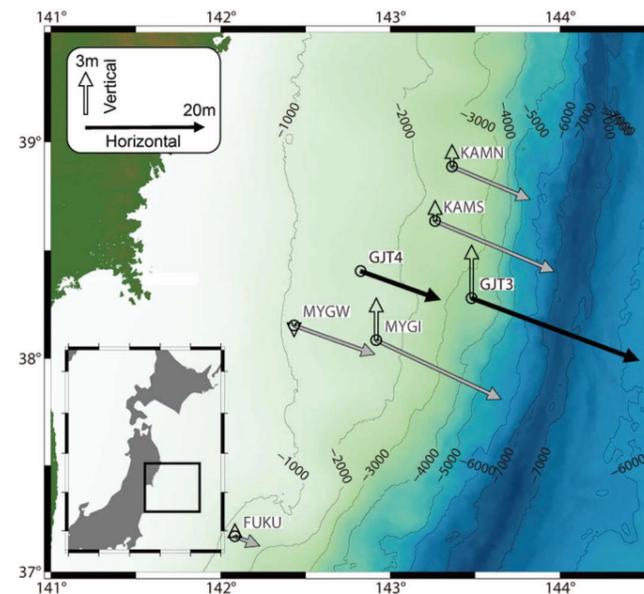


図2 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う海底地殻変動
海底GPSと呼ばれる手法で観測された結果であり、黒い矢印は東北大学(Kido et al., 2011)、灰色の矢印は海上保安庁(Sato et al., 2011)の観測結果。

5か年計画で、文部科学省の委託事業として「海底地殻変動観測技術の高度化」の研究が開始された。要点は、海中の音速構造の推定精度が音響測位の精度を決めるということである。これまでの、音速構造の空間変化も時間変化すると仮定して、半日から1日観測し、その平均値を求めることにより海中の音速変化の影響を除いてきたが、海中の音速構造の時空間変化そのものを推定して、短時間の観測で測位精度を向上させる試みがなされている。

3月11日の東北地方太平洋沖地震の発生により、緊急に取り組むべき新たな課題が明らかになった。震源域周辺では、海溝軸に沿って100km間隔に1点程度の海底GPS観測が行われていた。しかし地震の準備状況を把握するにも、余効変動を観測するにも密度がきわめて不十分であった。また、海溝軸近くのプレート境界は強度が弱く固着していないと考えられていたが、今回の地震時に大きくすべったと推定されており、この場所の固着状態の把握が、今回の巨大地震発生のメカニズムを解明する鍵と言われている。水深5,000mを超える大深度での観測技術を確立し、海溝軸付近での観測を開始するとともに、沈み込む海洋プレート側の運動速度も実測する必要がある。

このような新たに浮上した課題をクリアするために、宮城県沖を中心とする震源域において、図3に示すような広域多点の海底GPS観測を開始することが計画されている。これにより、上記の課題に対応する観

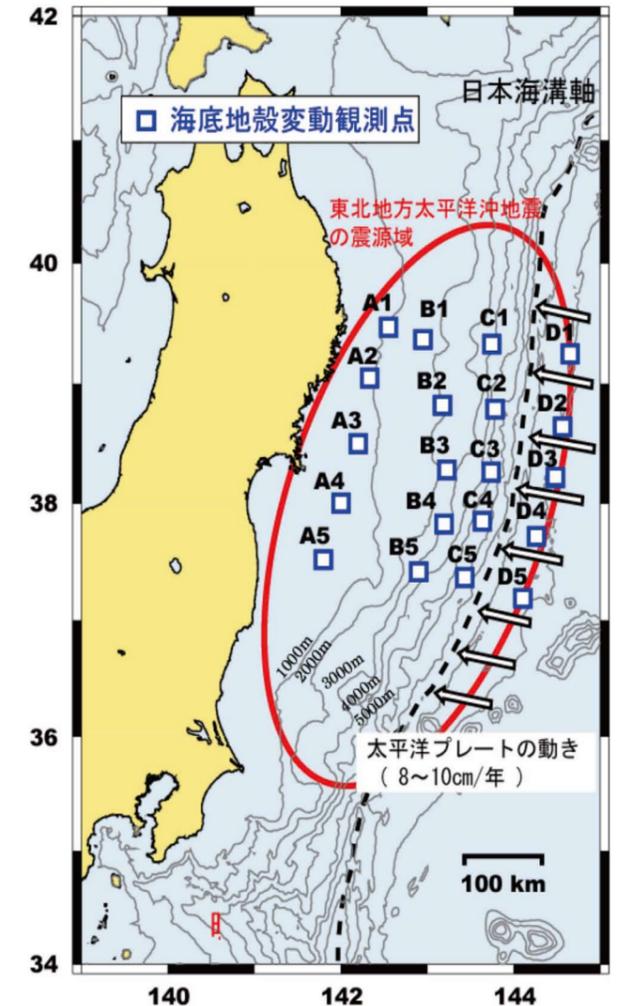


図3 東北地方太平洋沖地震の震源域周辺における海底GPS観測点増設の計画

測を進めるとともに、さまざまな観測条件(海況や海底地形)で測位精度向上技術を高度化する試みが可能となるほか、密な観測網の中で個々の観測点での測位精度の信頼度の評価も可能となると期待されている。一方、自律的な観測が可能な自航式ブイを開発するなど、多点観測に対応する効率的な観測システムの試行も計画している。



はじめに

北海道大学大学院理学研究院地震火山研究観測センターは、平成19年度から文部科学省受託研究「根室沖等の地震に関する調査研究」を実施してきました。研究内容は、古い津波波形記録や地震記録さらには津波堆積物調査結果を用いて、北海道から千島列島沖で過去に発生してきた巨大地震の震源過程を解明し、この地域でどのような巨大地震が発生してきたかを明らかにすることです。北海道や千島列島では地震や津波の被害が文献に残された歴史は浅く、過去の巨大地震の震源過程の理解が進んでいません。今回、津波波形解析により1918年千島巨大地震の震源域を推定し、また1963年択捉島沖巨大地震のすべり量分布の推定を行うことで、2006年中千島巨大地震の震源域との関係が明らかになりました。また、津波堆積物調査結果からは色丹島での巨大津波イベントを明らかにすることができました。

過去の巨大地震の津波波形解析

千島列島沿いでは過去に多くの巨大地震が発生してきました。最近では2006年11月15日に大千島沖でプレート境界型巨大地震 (Mw8.2) が発生し、その地震により励起された津波は太平洋を伝搬し、広く太平洋沿岸の海底津波計や検潮所で観測されました。2か月後の2007年1月13日には海溝よりのアウトライズで正断層型巨大地震 (Mw8.1) も発生しました。過去にこの地域では1963年択捉島沖巨大地震や1918年千島沖巨大地震が発生していました。本研究では、まずこれらの過去の巨大地震の震源過程を太平洋沿岸の検潮所で記録された津波波形を用いて推定するため、ロシア・アメリカ・日本で保存されていた津波波形記録をできる限り多く収集し、津波波形解析に向けたデジタル化を行ってきました。また、千島列島周辺の海底地形データも収集し津波数値計算に用いるためそれらのデジタル化も進めてきました。それらのデータを使用して1963年択捉島沖巨大地震のすべり量分布を推定しました。推定するために用いた観測津波波形は合計22記録で、8地点が日本、4地点がロシア、9地点がハワイ諸島やアリューシャン列島を含む太平洋の島々で観測されたものです (図1, 図2)。津波波形インバージョンにより推定された1963年択捉島沖地震のすべり量分布は図3に示すように、設定した領域の比較的海溝寄りに分布し、最大2.8mのすべりがあったことがわかりました。またこの地震のすべり域は2006年中千島地震の震源域の南西側に接するようであることもわかりました (図3)。つまり

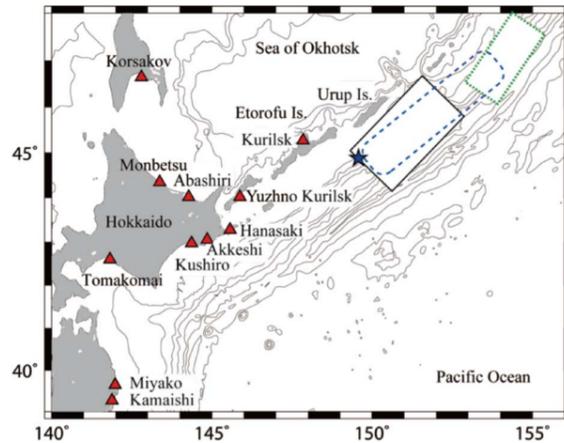


図1 1963年択捉島沖地震の津波波形解析に使用した津波記録を観測した震源近傍の検潮所の分布。星印は1963年択捉島沖地震の震源。黒長方形と青楕円形は以前に推定されていた1963年択捉島沖地震の震源域。緑長方形は2006年中千島地震の震源域

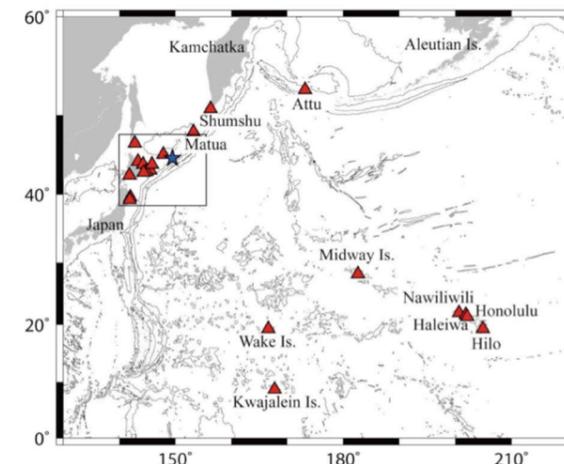


図2 1963年択捉島沖地震の津波の数値計算領域。△は津波波形解析に使用した津波波形を記録した検潮所の位置。

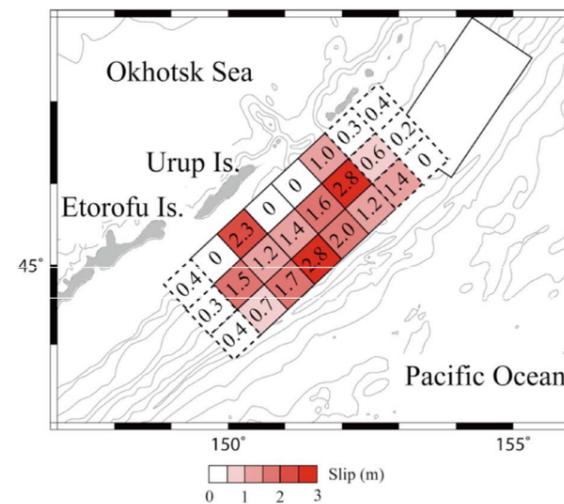


図3 津波波形インバージョン解析によって推定された1963年択捉島沖地震のすべり量分布。黒長方形は2006年中千島地震の震源域。

1963年択捉島沖地震と2006年中千島地震の間に空白域は存在しないことが明確に示されました。さらに過去にはこの地域で1918年千島巨大地震も発生しています。この地震による津波は日本では父島と銚子、他にホノルルとサンフランシスコの検潮所で観測されていました。津波数値計算による波形解析から1918年の震源域は1963年択捉島沖地震の震源域よりも2006年中千島地震の震源域に近いことがわかりました。

津波堆積物調査による古地震解析

北海道から千島列島沿いに発生する巨大地震による古地震調査を実施するためには、北海道太平洋沿岸だけでなく、国後島や色丹島での津波堆積物調査が欠かせません。そのため本研究では北方四島交流事業の一環として国後島と色丹島で津波堆積物調査を実施してきました。さらにサハリンやウラジオストックの研究者と共同で調査研究を実施してきました (写真)。国後島でのピートサンプラーによる地質調査では、北海道



■ ピートサンプラーでの表層地質調査 (色丹島イネモシリ)

起源の火山灰 (樽前a、駒ヶ岳c2、摩周b、樽前c、摩周d1等) が広く分布し、津波堆積物の年代を決める鍵層となることがわかりました (図4)。次に色丹島太平洋沿岸イネモリでの調査では過去約3,000年間の泥炭層中に最大7層の砂層が確認されました。そのうちの2層は比較的内陸まで分布しており津波堆積物の可能性が高いことが分かってきました。さらに北海道太平洋沿岸の泥炭地でも詳細な津波堆積物調査を実施し、約3,000年間に7回の津波の痕跡を確認しました (図5)。この地域では400~500年に一度の頻度で巨大津波の来襲を受けたこととなります。

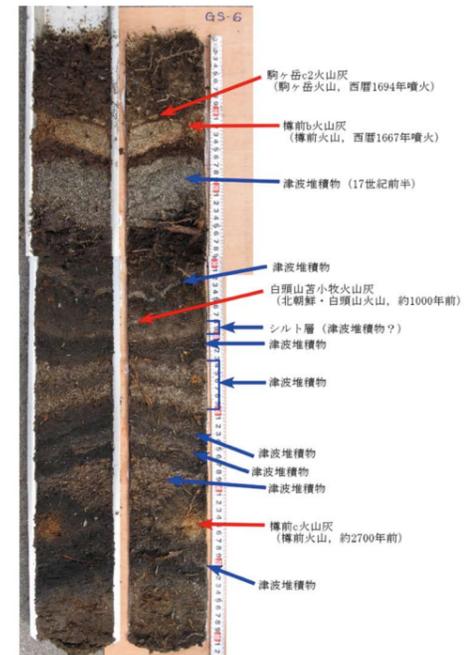


図5 十勝平野太平洋岸での掘削試料の例 (左)採取した試料 (右)はざとり法で作成した標本。

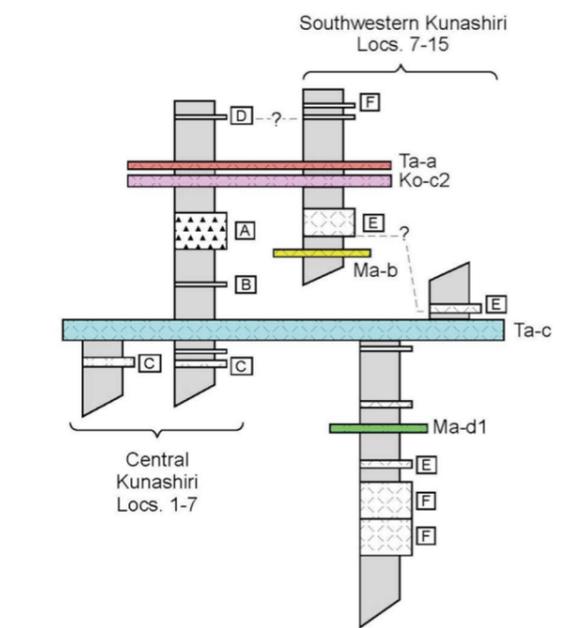


図4 国後島におけるテフラ層序の模式柱状図。樽前aテフラ (Ta-a)、駒ヶ岳c2テフラ (Ko-c2)、摩周bテフラ (Ma-b)、摩周d1テフラ (Ma-d1)、樽前cテフラ (Ta-c) を示す。

まとめ

津波波形を利用した過去の巨大地震の震源過程解析により、1918年千島巨大地震、1963年択捉島沖巨大地震と2006年中千島巨大地震の関係が明らかになりました。今後1963年択捉島沖地震の最大余震 (津波地震と呼ばれている) や1958年択捉島沖地震の震源過程も推定し、それら巨大地震の発生様式を明らかにしていく予定です。津波堆積物調査研究では色丹島での巨大津波の頻度が分かってきました。今後、北海道沿岸の津波イベントとの比較を実施する予定です。



谷岡 勇市郎 (たにおか ゆういちろう)
北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター・センター長。1996年米国ミシガン大学で博士取得。同年、気象庁気象研究所に入所し研究官となる。2003年に現在所属している北海道大学地震火山研究観測センターに移り、2010年4月から現職。専門は地震学で、主に津波波形を用いて巨大地震を理解する研究を行う。