

The Headquarters for Earthquake Research Promotion News

地震本部 ニュース

2013年

3 月号

2

地震調査委員会〔第247回〕

定例会 (平成25年2月8日)

2013年1月の地震活動の評価

4

シリーズ：地震調査研究機関 情報通信研究機構

航空機SARによる地震災害の機動的かつ広域な把握

6

地震調査委員会

「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」以降の地震活動を評価

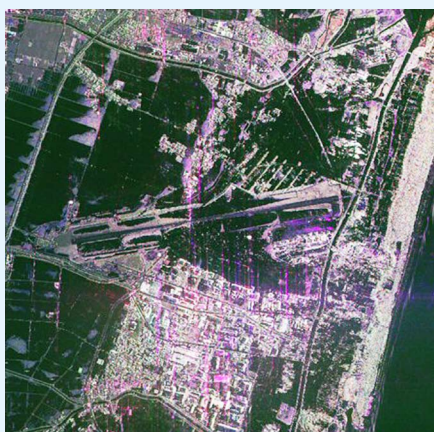
8

地震調査研究の最先端

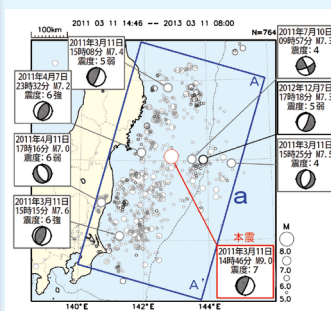
京都大学防災研究所 助教 **山田 真澄**

地震調査研究推進本部 事務局

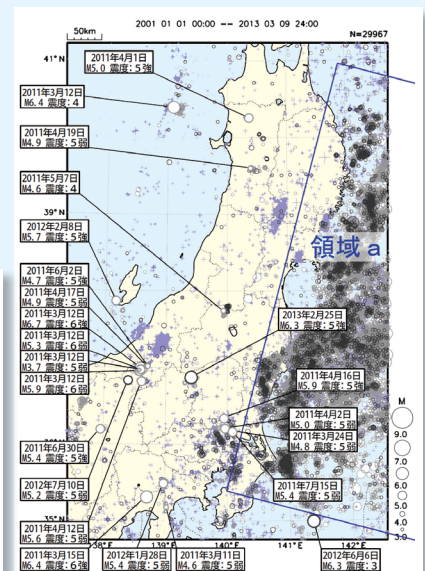
震災対策技術展へ出展



■ 航空機搭載合成開口レーダで観測した
仙台空港周辺 (2011年3月12日)



■ 「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」以降の地震活動を評価



1 主な地震活動

- 1月28日に茨城県北部でマグニチュード(M)4.8の地震が発生し、茨城県で最大震度5弱を観測した。
- 1月31日に茨城県北部でM4.7の地震が発生し、茨城県で最大震度5弱を観測した。

2 各地方別の地震活動

北海道地方

- 1月3日に留萌地方中北部の深さ約25kmでM4.8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、地殻内で発生した地震である。
- 1月24日に根室半島南東沖の深さ約65kmでM5.2の地震が発生した。この地震の発震機構は太平洋プレートの傾斜方向に張力軸を持つ型で、太平洋プレート内部で発生した地震である。

東北地方

- 1月8日に岩手県沖の深さ約35km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、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。
- 1月10日に福島県沖の深さ約50kmでM5.0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、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。
- 1月13日に岩手県沖の深さ約50kmでM4.8の地震が発生した。この地震の発震機構は北北西-南南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレート内部で発生した地震である。

関東・中部地方

- 1月22日に千葉県東方沖(茨城県沖)の深さ約15kmでM5.1の地震が発生した。この地震の発震機構は西北西-東南東方向に張力軸を持つ正断層型で、陸のプレートの地殻内で発生した地震である。
- 1月28日に茨城県北部の深さ約75kmでM4.8の地震が発生した。この地震の発震機構は東北東-西南西方向に張力軸を持つ正断層型で、太平洋プレート内部で発生した地震である。
- 1月31日に茨城県北部の深さ約10kmでM4.7の地震が発生した。この地震の発震機構は北東-南西方向に張力軸を持つ正断層型で、地殻内で発生した地震である。
- 東海地方のGNSS観測結果等には、東海地震に直ちに結びつくと思われる変化は観測されていない。

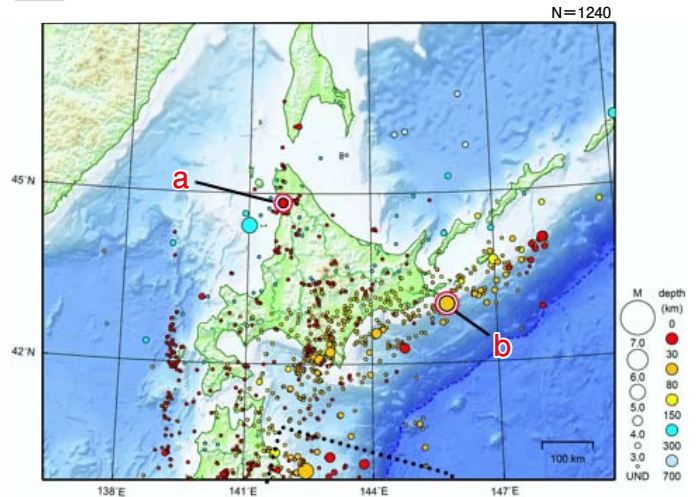
近畿・中国・四国地方

目立った活動はなかった。

九州・沖縄地方

- 1月7日に与那国島近海の深さ約70kmでM5.4の地震が発生した。この地震は沈み込むフィリピン海プレート内部で発生した地震である。
- 1月28日に沖縄本島近海の深さ約50kmでM4.9の地震が発生した。この地震の発震機構は北西-南東

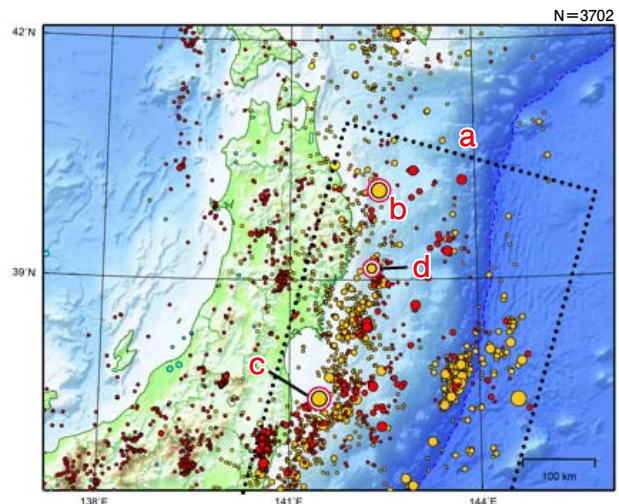
1 北海道地方



- a) 1月3日に留萌地方中北部でM4.8の地震(最大震度3)が発生した。
b) 1月24日に根室半島南東沖でM5.2の地震(最大震度4)が発生した。
(1月期間外)

2月2日に十勝地方南部でM6.5の地震(最大震度5強)が発生した。気象庁はこの地震に対して[十勝地方中部]で情報を発表した。
※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) 1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M5.0以上の地震が4回発生した。また、最大震度4以上を観測した地震が5回発生した。
以下のb)~d)の地震活動は、東北地方太平洋沖地震の余震域内で発生した。
b) 1月8日に岩手県沖でM5.4の地震(最大震度3)が発生した。
c) 1月10日に福島県沖でM5.0の地震(最大震度4)が発生した。
d) 1月13日に岩手県沖でM4.8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

方向に圧力軸を持つ逆断層型で、フィリピン海プレートと陸のプレートの境界で発生した地震である。

補足

●2月2日に十勝地方南部(十勝地方中部)の深さ約110kmでM6.5の地震が発生した。この地震の発震機構は太平洋プレートの傾斜方向に張力軸を持つ型で、太平洋プレート内部で発生した地震である。

注：〔 〕内は気象庁が情報発表で用いた震央地域名である。GNSSとは、GPSをはじめとする衛星測位システム全般を示す呼称である。

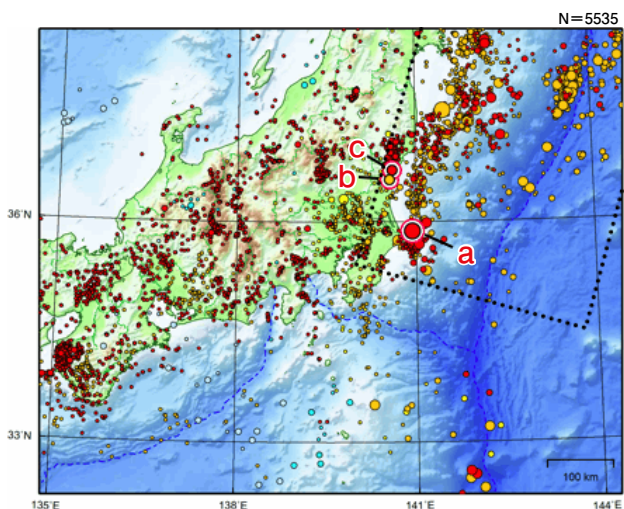
各地方別の地震活動図は気象庁・文部科学省提出資料を基に作成。また各地方の図に記載されたNは図中の地震の総数を表す。

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。

| 深さによる震源のマーク | Mによるマークの大きさ |
|-------------------|----------------------|
| ● 30km未満 | ○ M7.0以上 |
| ● 30km以上 80km未満 | ○ M6.0から6.9まで |
| ● 80km以上 150km未満 | ○ M5.0から5.9まで |
| ● 150km以上 300km未満 | ○ M4.0から4.9まで |
| ● 300km以上 700km未満 | ○ M3.0から3.9まで |
| | ○ M3.0未満とMが決まらなかった地震 |

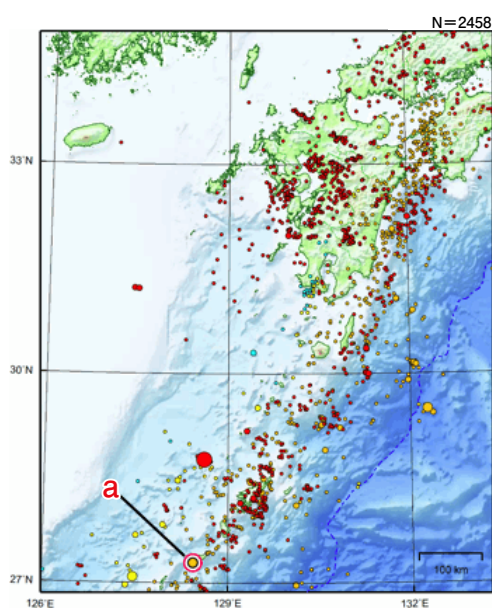
各図の縮尺は異なる。そのため、凡例のMによるマークの大きさは目安で、図中のMのマークの大きさと同じではない。

3 関東・中部地方



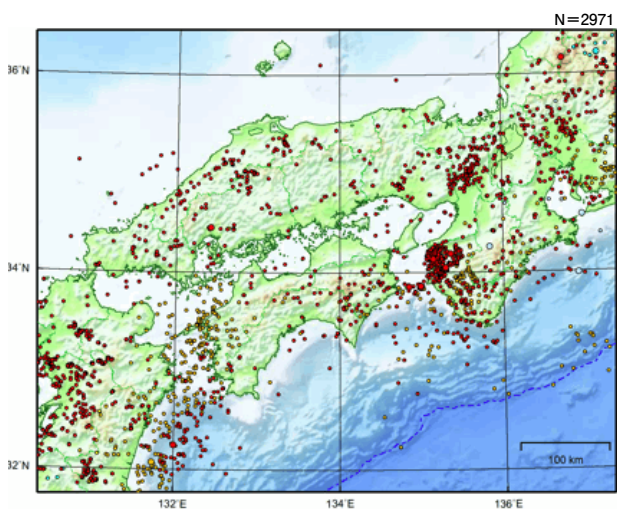
- a) 1月22日に千葉県東方沖でM5.1の地震(最大震度4)が発生した。気象庁はこの地震に対して〔茨城県沖〕で情報を発表した。
- b) 1月28日に茨城県北部でM4.8の地震(最大震度5弱)が発生した。
- c) 1月31日に茨城県北部でM4.7の地震(最大震度5弱)が発生した。
※点線は「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の余震域を表す

5 九州地方



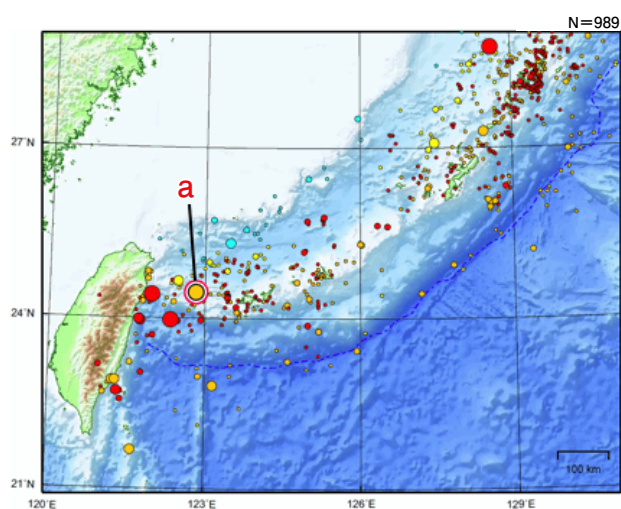
- a) 1月28日に沖縄本島近海でM4.9の地震(最大震度4)が発生した。

4 近畿・中国・四国地方




特に目立った活動はなかった。

6 沖縄地方



- a) 1月7日に与那国島近海でM5.4の地震(最大震度3)が発生した。



 詳しくは、ホームページ [<http://www.jishin.go.jp/>] をご覧ください。

情報通信研究機構

航空機SARによる地震災害の機動的かつ広域な把握

2011年3月11日、その時

東日本大震災の大きな揺れを感じてすぐ、東京都小金井市にある情報通信研究機構（NICT）では、航空機搭載合成開口レーダ（Pi-SAR2）の観測の準備に取り掛かりました。

まず、Pi-SAR2を搭載する航空機（ガルフストリーム2型機）を所有するダイヤモンドエアサービス社（以後、DAS）に連絡し、航空機の準備と機器搭載を依頼。その直後には電話が不通になりました。地震発生後から新幹線をはじめとする鉄道がすべて運休となっており、航空機のある名古屋への移動手段も困難となるなか、どうにか荷物運搬用のバンを借り受け、翌朝5時に名古屋空港に到着。朝7時から東北地方に向けて観測を開始しました。

図1はその時に観測した仙台空港周辺の画像です。高度8,600mの高さから観測したもので、図は5km四方の領域になります。図の右側の黒い部分は海ですが、陸側の黒い部分は、津波により冠水した領域を示しています。この日は、この画像領域を含め関東から東北地方の太平洋岸を中心に広域の観測を行い、機上で画像にしたものをその日のうちにWeb上で公開しています。

NICTでの合成開口レーダ(SAR)の開発

NICTは、我が国の経済の成長と発展、豊かで安心・安全な社会の実現の原動力である情報通信ICT分野の研究開発と事業振興を進める独立行政法人です。NICTの研究の柱のひとつが安心・安全な社会実現のための電磁波の利用技術であり、この立場からの研究のひとつとして、地震や火山などの災害時の把握に有効な航空機搭載合成開口レーダ（SAR）の開発をおよそ20年にわたって進めて参りました。

SARの主な特徴は、雲の上からも地上を航空写真のように観測できること、夜でも昼間と全く同じ画像を取得できることです。冒頭のPi-SAR2（図2）は、5年前に実験運用を開始した二代目にあたり、30cmという識別能力（分解能）と2m以下の精度での高さを計測する機能（インターフェロメトリ）および偏波を用いた詳細識別能力（ポラリメトリ）を備えています。このレーダ装置はガルフストリーム2型の航空機



図1 Pi-SAR2で観測した震災翌日の仙台空港周辺の画像（北が上）。偏波によりカラー合成している（HH：赤、HV：緑、VV：青）。



図2 Pi-SAR2を搭載した航空機。主翼の付け根にアンテナ部を装着している。左右のアンテナを用いたインターフェロメトリ機能による3次元データを取得する。

に搭載し、通常は8,000m以上の高さから10kmの幅を連続して観測することができます。

災害に学んできた

我が国で初めての本格的な航空機SARは、NICTが前身の通信総合研究所（CRL）時代に開発した1.5mの分解能とインターフェロメトリとポラリメトリを備えた（初代）Pi-SARです。Pi-SARは2000年に発生した北海道有珠山および三宅島の火山噴火災害におい

て、噴煙や雲に遮られることなく、火口の形状や大きさ、3次元的な計測から得られた隆起や沈降の状況などを提供することができただけでなく、一般の人々にもSARの画像の有効性を示しました。

実はこの観測に至るまでには苦い経験がありました。1990年に発生した雲仙普賢岳の噴火災害当時、CRLは海洋油汚染観測を目的として、海上・地上を観測できる実開口レーダ（R-SLAR）を開発していました。ところが、分解能は3,000mの高さから観測しても30mの分解能しかなく、肝心の山頂付近の溶岩ドームの形状までは計測が困難でした。分解能を高くできる合成開口レーダの開発はCRL研究者の悲願ともなりました。Pi-SARはこの状況を一変させ、火山災害においては有効性を発揮させたのです。

ところが、2004年に発生した新潟県中越地震では、また苦い経験をすることになります。この地震では山岳部に震源があり、多くの小規模の土砂崩れ等により道路の寸断や河川がせき止められた土砂ダムが発生しました。Pi-SARは地震発生3日目には観測を行ったのですが、持ち帰ったデータを処理しても、大規模なものとはかくとして、多数で小規模の被害を判読することは困難だったのです。しかし、地震から半年たって被災現地にこのデータを持ち込んだところ、現地の方々はいとも容易に被害箇所を見つけることができたのです。

このことがPi-SAR2を開発する契機となりました。Pi-SAR2では、1mよりも詳細に観測できること、観測データを現地に迅速に提供することを目標として開発を開始しました。

そして・・・

こうして2008年にPi-SAR2は初飛行を行いました。Pi-SARの機能はそのままに30cmの高分解能化に加え、機上で画像再生処理を行うことのできる装置を備えました。それまでは大量で高速なSARデータをハンドリングすることは、地上の設備でしかできませんでした。機上で画像圧縮したデータは、衛星通信等によりライブ伝送することを目指しています。

東日本大震災のとき、観測したデータの一部は機上で画像化し、着陸後にNICTに送ってWebにより公開しました。同様の手続きを、その直前まで観測していた霧島・新燃岳の観測でも行っていました。この時の画像は機上処理能力の制限から、ひとつの偏波データを用いた白黒の画像でした。全偏波を用いたカラー画

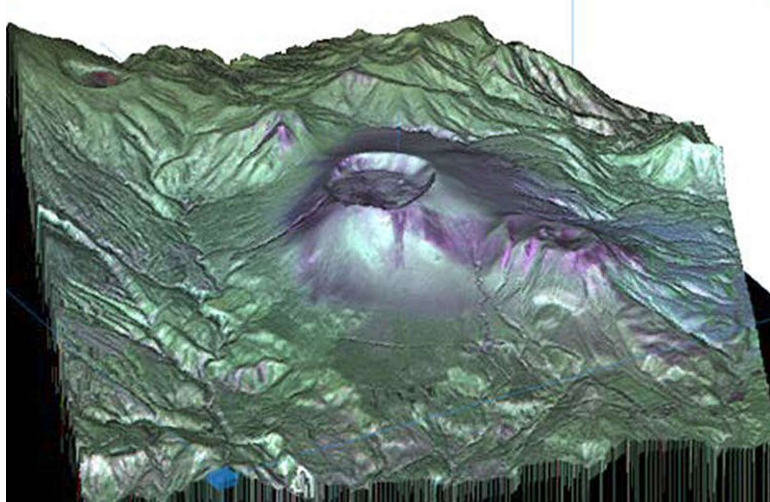


図3 新燃岳の3次元画像。インターフェロメトリによる3次元鳥瞰図。着色は偏波による合成。火口周辺のマゼンタの部分は火山灰の堆積により植生が覆い尽くされた効果。

像はデータをNICTに持ち帰ったあと、地上設備で作成し、Web公開しました。当時は新燃岳のインターフェロメトリによる3次元画像化（図3）に取り掛かっていたのですが、地震直後の緊急性と大量のデータをさばくことで精一杯で、画像の3次元化や判読・解析は後回しとなりました。

新燃岳や大震災でも災害に教えられることになりました。処理時間が間に合わないことについては、3次元画像化やポラリメトリの多偏波合成カラー化も含めて高速処理を進め、今年度中には機上処理もカラー画像を提供できるよう高速化を実現しました。機上からのデータ伝送についても検討を進めています。

最後に

NICTでは前身のCRL時代から、電波を用いた利用技術の研究成果を社会生活に密接に応用できるように心がけています。地震調査研究においては、1990年代にはVLBI技術を応用したキーストンプロジェクトにより、関東地域の地殻変動の様子を捉えました。現在NICTでは、本稿にあるようにSAR技術による地震災害への貢献を目標としています。今後も、さらに新しい技術の開発・発展と社会への応用を図っていきます。



浦塚 清峰（うらつか・せいほ）
情報通信研究機構 電磁波計測研究所 センシングシステム研究室長。マイクロ波リモートセンシング、特に合成開口レーダが専門。1983年東北大学理学研究科修士課程修了後、郵政省電波研究所（現 情報通信研究機構）入所。1990年工学博士（北海道大学）。研究室では電波リモートセンシング技術として航空機SARのほか全球降水観測（GPM）、雲エアロゾルミッション（EarthCARE）等の宇宙ミッションや地上の気象レーダの開発等も取りまとめる。

「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」以降の地震活動を評価

平成23年(2011年)3月11日14時46分、三陸沖(牡鹿半島の東南東約130km付近)の北緯38度06.21分、東経142度51.66分、深さ24kmを震源とするモーメントマグニチュード(Mw)9.0の地震、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」(以下、東北地方太平洋沖地震)が発生しました。その後、2年が経過しましたが、未だに東北地方太平洋沖地震による余震が続いています。余震活動は徐々に低下してきていますが、本震発生前と比較すると、依然として活発な状態であると言えます。

地震調査研究推進本部地震調査委員会は、3月11日に開催された第248回定例会において、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」以降の地震活動の評価をまとめ、報告しました。

余震活動の状況

東北地方太平洋沖地震の余震は、岩手県沖から千葉県東方沖にかけての領域に及ぶ広い範囲で発生し、東北地方太平洋沖地震の発生以降、これまでにマグニチュード(M)6.0以上の地震は108回発生しました。M7.0以上の地震は7回発生し、このうち3回は本震発生直後に発生しました。これまでの最大余震は、本震から約30分後に茨城県沖で発生したM7.6の地震です。

2012年3月から約1年間に、東北地方太平洋沖地震の余震域で発生したM4.0以上の地震は、東北地方太平洋沖地震の発生後の約1年間と比べて5分の1以下となるなど、余震活動は徐々に低下してきています。しかしながら、東北地方太平洋沖地震の発生前の平均的な地震活動状況と比べると、余震域におけるM4.0以上の地震の発生数は5倍以上であり、依然として余震活動は活発な状態にあります(図1)。

余震域外の主な地震活動

東北地方太平洋沖地震の発生以降、秋田県内陸南部、秋田県沖、福島県会津から山形県置賜地方の県境付近、群馬県・栃木県県境付近、長野県・新潟県県境付近、茨城県南部、静岡県東部など、東北地方から関東・中部地方にかけての、東北地方太平洋沖地震の余震域以外の地域においても、地震活動が活発になりました(図2)。

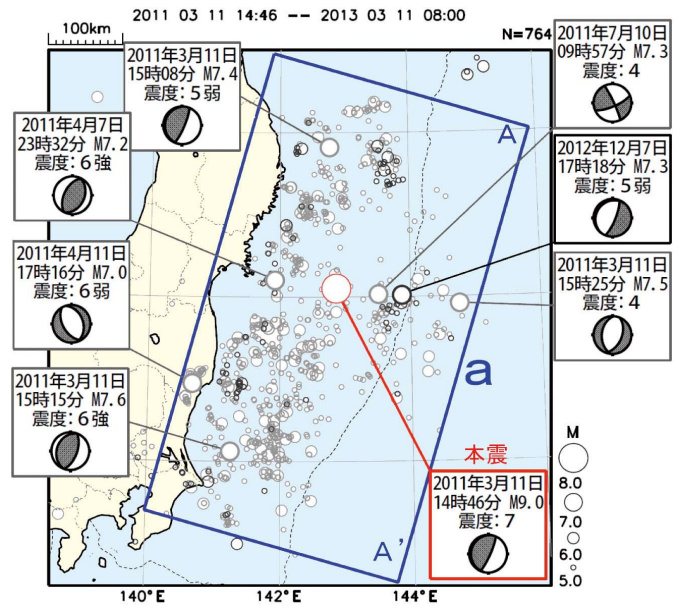


図1 震央分布図
(2011年3月11日14時46分~2013年3月11日08時、深さすべて、M≥5.0)
(注) 本震の発生から1年後以降に発生した地震を濃く表示している。2013年3月10日分は速報値。M7.0以上の地震に吹き出しをつけた。発震機構はCMT解。領域aは、東北地方太平洋沖地震の余震域を表す。

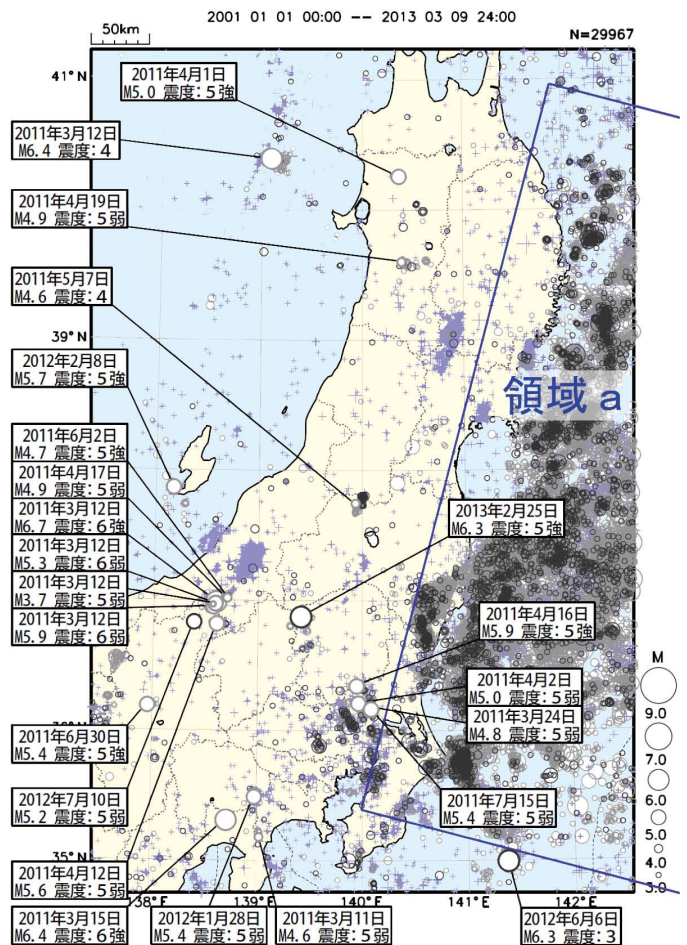


図2 震央分布図
(2001年1月1日~2013年3月9日、深さすべて、M≥3.0)
(注) 2011年3月13日~5月30日は未処理のデータがある

地殻変動の状況

GNSS連続観測結果によると、東北地方太平洋沖地震直後からの約1か月間における地殻変動量は、最大で水平方向に30cm、上下方向に6cmの沈降と5cmの隆起がありました。変動は徐々に小さくなり、最近1か月間では水平方向に最大1cmを超える程度、上下方向には1cm未満になっていますが、引き続き東北地方から関東・中部地方の広い範囲で、余効変動と考えられる地殻変動が観測されています。図3に、水平方向の地殻変動を示しました。

世界の海域で発生した主な地震との余震活動の比較

2004年12月に発生したスマトラ島北部西方沖の地震（モーメントマグニチュード(Mw)9.1)では、4か月後の2005年3月にMw8.6、約2年半後の2007年9月にMw8.5、約5年半後の2010年6月にMw7.5の地震が発生したほか、7年以上が経過した2012年4月にアウトライズの領域でMw8.6の地震が発生するなど、震源域およびその周辺で、長期にわたって大きな地震が発生しています。

東北地方太平洋沖地震においても、約1年9か月が経過した2012年12月に、三陸沖の日本海溝付近でM7.3の余震が発生しました。海外で発生した事例のように、東北地方太平洋沖地震においても、今後も余震域やその周辺で規模の大きな地震が発生する恐れがあり、強い揺れや高い津波に見舞われる可能性があるため、引き続き注意が必要です。

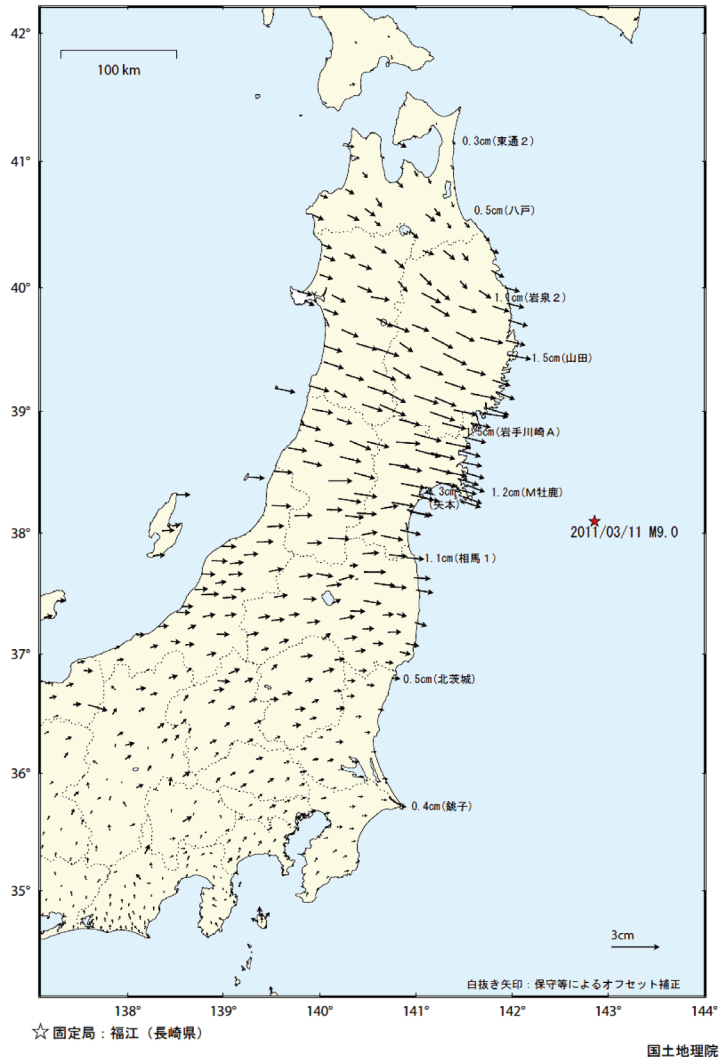


図3 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動（水平）
基準期間：2013年1月17日～2013年1月23日（F3：最終解）
比較期間：2013年2月17日～2013年2月23日（R3：速報解）

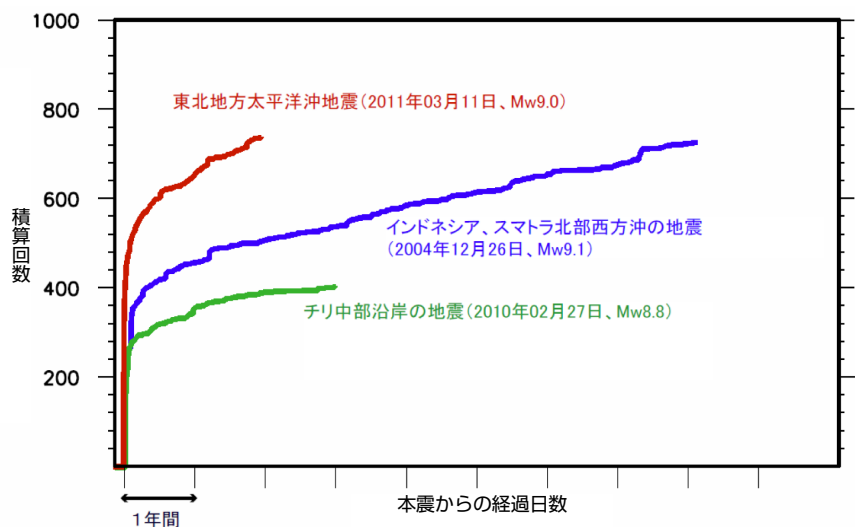


図4 世界の海域で発生した主な地震の余震回数比較
(本震を含む、それぞれ本震発生から2013年2月28日まで、M \geq 5.0)

※詳しい内容については下記をご覧ください。

<http://www.jishin.go.jp/main/chousa/13tohoku/index.htm>

リアルタイム地震情報

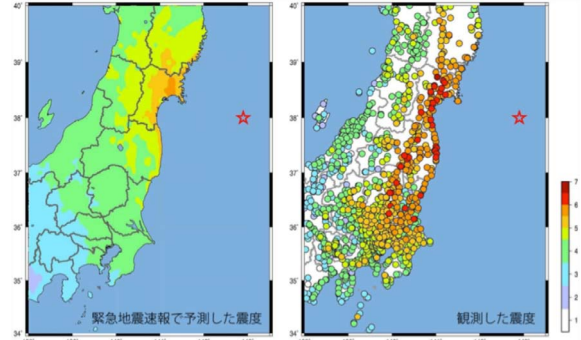
地震の揺れを事前に知る、というのは、長い間地震学の大きな目標だった。科学技術の発達と地震学の進歩によって、私達は「緊急地震速報」という形で事前に知ることができるようになった。緊急地震速報は、地震の揺れをできるだけ早くキャッチし、地震動の初めの部分からその地点での最大の揺れ、あるいは遠方の揺れを予測するシステムである。2007年10月から一般市民に向けて提供されるようになり、テレビやラジオ、携帯電話で速報を受信することができるようになった。

緊急地震速報を広く一般に周知するきっかけとなったのが、東日本大震災である。東日本大震災では、P波検知から8.6秒後に緊急地震速報を発表し、東北地方の携帯電話に速報を配信した。しかしながら、特に人口の集中する関東地方には、予測震度が小さかったために配信せず、大きな混乱をもたらした。さらに、本震直後に多数の余震が同時に遠く離れた地域で発生したため、緊急地震速報のシステムがうまく機能せず、ごく小さい地震でも緊急地震速報を発表してしまう誤報が続いた。これらの問題は、地震の震源の広がりや震源をひとつに決めずに複数の震源を想定することで改善することが可能である*。

リアルタイム地震学は、観測データをリアルタイムで解析することにより、地震情報をいち早く決定し、ユーザーに向けて発信することによって、防災や地震災害軽減に役立つ学問である。このような地震情報は、構造物の振動制御や危険作業からの退避等、様々な利活用法が期待される。

今後は、情報の迅速化や精度向上は言うまでもなく、地震の破壊過程の理解や強震動予測の最新の成果を取り入れたり、工学分野の新しい活用方法を開拓するなど、他の研究分野と連携しながら学問を発展させていくことが重要である。

*詳細は2012年11月号参照



図：2011年東北地方太平洋沖地震の時に緊急地震速報で予測した震度と実際に観測した震度。関東地方で過小評価となった。



山田 真澄 (やまだ・ますみ)

京都大学防災研究所助教。2001年京都大学工学部建築学科卒業、2007年カリフォルニア工科大学Ph.D課程修了。専門はリアルタイム地震学・地震工学。気象庁の緊急地震速報評価・改善検討会技術部会委員。

活動 レポート

震災対策技術展へ出展

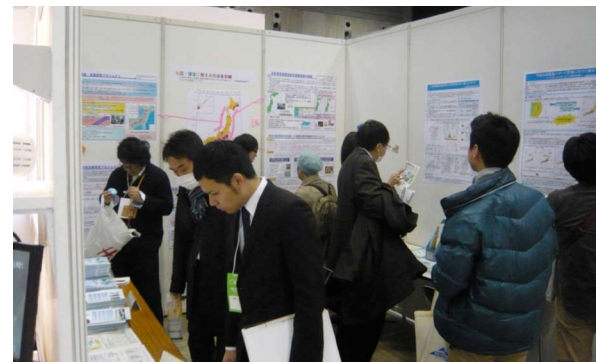
— 地震調査研究推進本部 —

文部科学省は、地方自治体・企業関係者や一般の方々に向けて、地震調査研究推進本部（以下、地震本部）の成果の普及を図るため、2月7日(木)～8日(金)に開催された第17回震災対策技術展（於パシフィコ横浜）に出展しました。展示スペースには、地震発生可能性の長期評価や地震動ハザードマップ等の地震本部の成果物や、文部科学省が行っている地震調査研究プロジェクト等の事業の詳細を展示しました。また、地震本部が作成した子供向けや一般向けのパンフレット等の配布を行いました。

会場は多数の来場者で埋め尽くされており、地震本部の展示スペースにも多数の方にお越しいただきました。ご来場いただいた方のほとんどが地震本部や文部科学省が行っている事業について、どのようなことが行われているのかご存知ないようでしたが、展示スペースへお越しいただいた方々の地震本部の取組への関心は非常に高く、ご自分の住んでいる地域の活断層や、今後発生する地震の将来予測などについて、たくさんのご質問をいただきました。また、地震が発生する仕組みや国が行っている防災対策などについて、もっと勉強したいという方も多く、「地震がわかる！

Q&A」や「地震を知ろう」といった教材パンフレットも非常に好評でした。

今回、地震本部としては、初めて震災対策技術展に参加し、さまざまな方との交流を図りながら、地震調査研究の成果の普及を図りました。今後もこのような活動を続けていき、地震本部の成果が全国の皆さんに少しずつでも浸透し、地震による被害の軽減につながっていくことができればと思います。



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）
〒100-8959 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。

*「地震本部ニュース」最新号をウェブサイトに掲載後、電子メールにてお知らせします。ご希望の方はメールアドレスを添えて上記までメールでご連絡ください。



地震調査

検索