

平成 27 年 11 月 27 日

## 第 209 回 地震予知連絡会

記者レクチャー資料

事務局：国土地理院



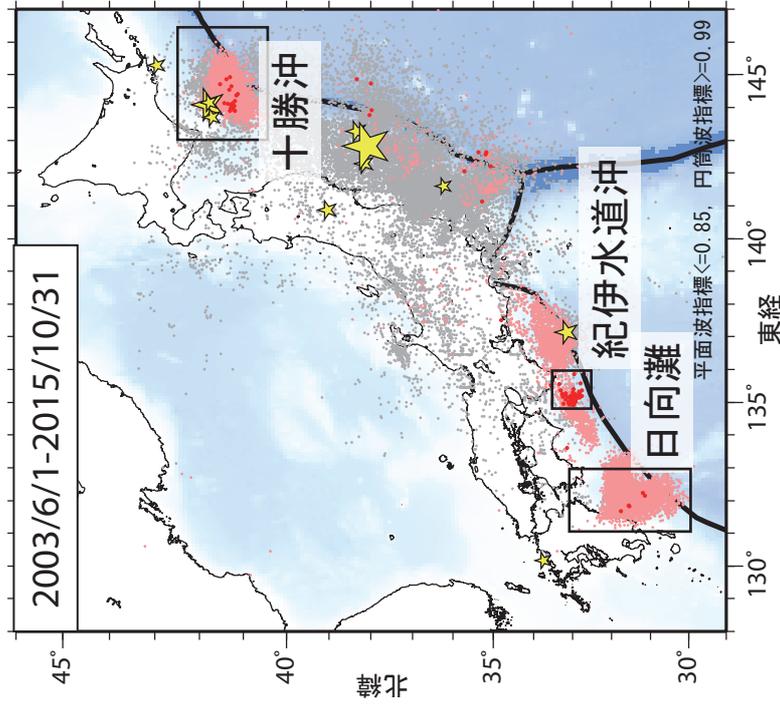
# 地殻活動モニタリングに 関する検討



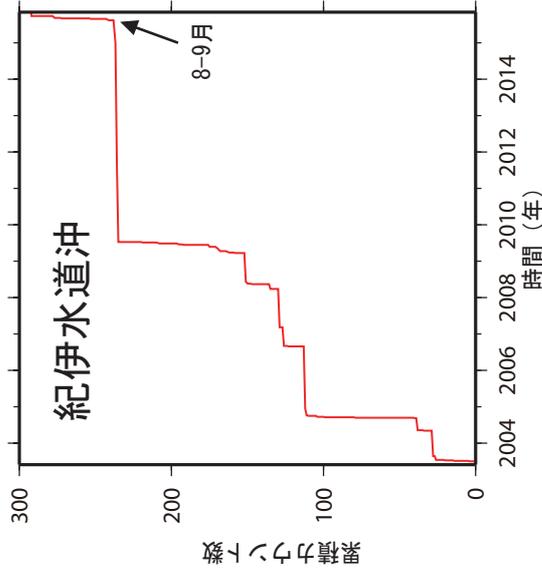


# 日本周辺における浅部超低周波地震活動（2015年8月～10月）

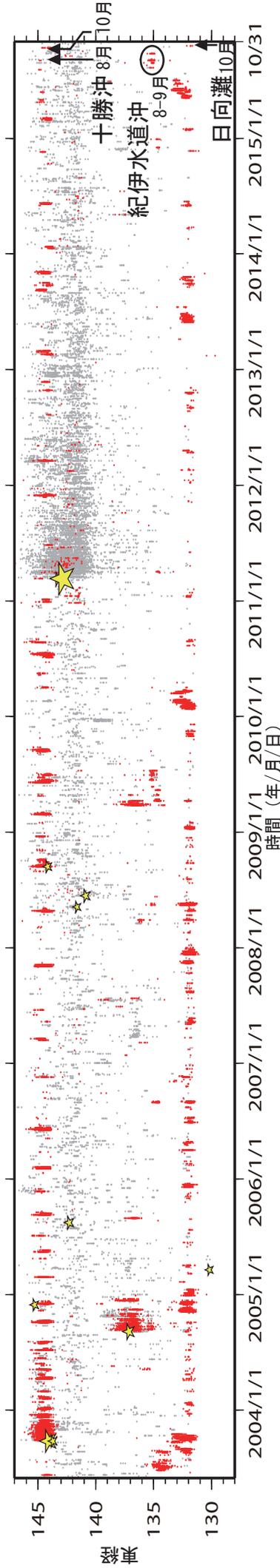
- 十勝沖で8月上旬および10月中旬に超低周波地震
- 紀伊水道沖で8月中旬、下旬、9月上旬および下旬に超低周波地震  
(同程度のカウンント数としては2009年以来)
- 日向灘周辺で10月中旬および下旬に超低周波地震



第1図. 2003年6月1日から2015年10月31日までの期間にアレイ解析によって検出されたイベントの震央分布. 検出イベントを防災科研Hi-netの手動または自動検測震源と照合し, 対応する地震が見出されたイベントを灰色で, それ以外を桃色 (2015年7月31日以前), および赤色 (8月1日以降) の点でそれぞれ示す. これらは主として周期10秒以上に卓越する超低周波地震を表すが, 東北地方太平洋沖地震の発生日以降は, 除去しきれない通常の地震を多数含む. 期間内に発生したM7以上の地震の震央を黄色星印で併せて示す (ただし, 2011年3月11日以降は東北地方太平洋沖地震の本震のみ).



第2図. 紀伊水道沖における検出イベントの累積カウンント数の時間変化. 幅60秒間の解析時間窓を15秒毎に設定し, それぞれの解析時間窓内にイベントが検出される度に1カウンントと数えるよう定義した.



第3図. 2003年6月1日から2015年10月31日までの期間に検出されたイベントの時空間分布. 検出されたイベントを防災科研Hi-netの手動または自動検測震源と照合し, 対応する地震が見出されたイベントを灰色で, それ以外を赤色の点でそれぞれ示す. その他は第1図に同じ.

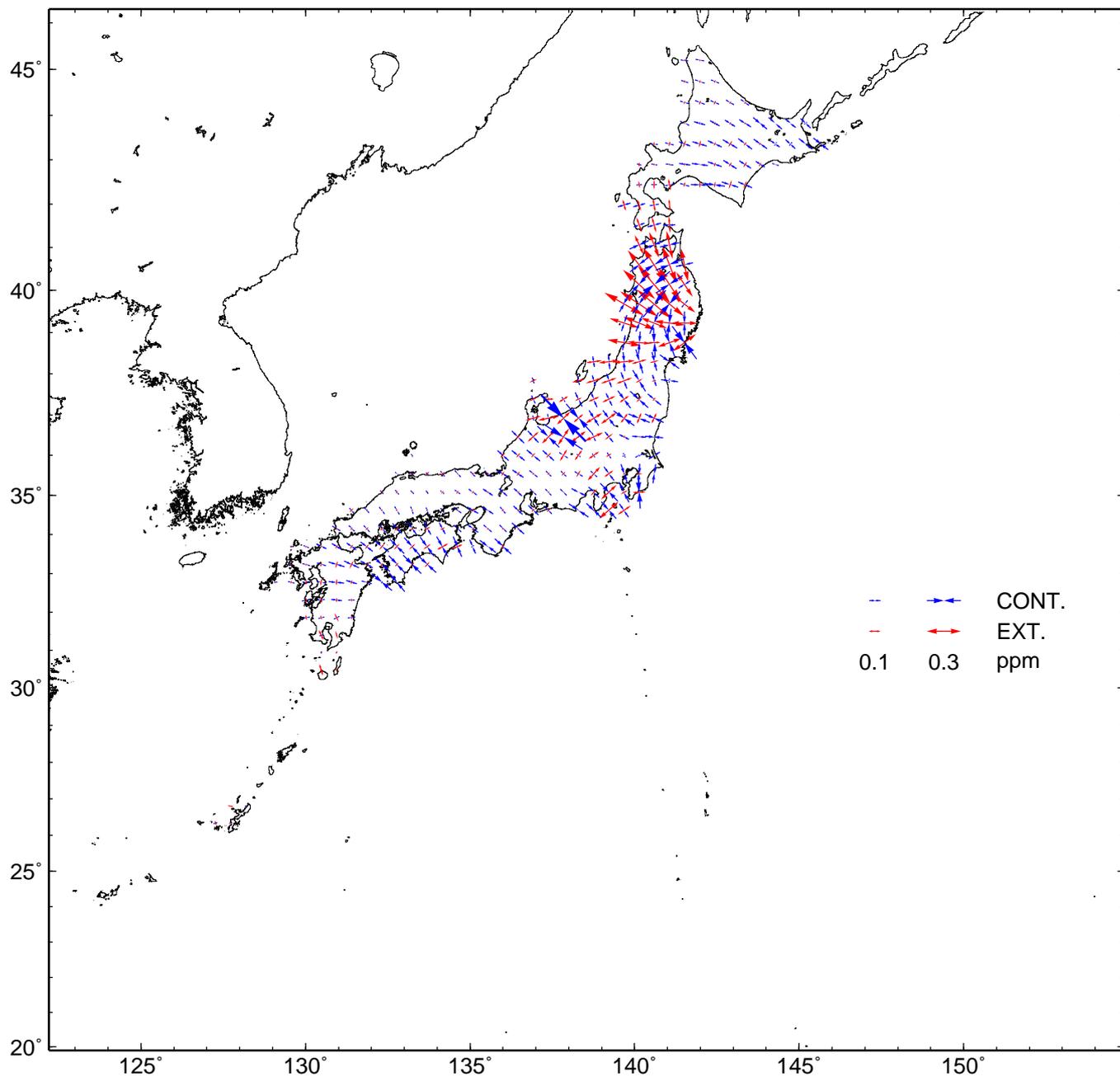
# GNSS 連続観測から推定した日本列島のひずみ変化

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の余効変動の影響によるひずみが見られる。

2014年11月22日に発生した長野県北部の地震に伴う地殻変動の影響が見られる。

基準期間：2014/10/03 - 2014/10/17 [F3：最終解]

比較期間：2015/10/03 - 2015/10/17 [F3：最終解]



- ・ GNSS 連続観測による変位ベクトルからひずみ変化図を作成した。
- ・ 座標値の15日分の平均値から1年間の変位ベクトルを算出し、それに基づいてひずみを計算している。



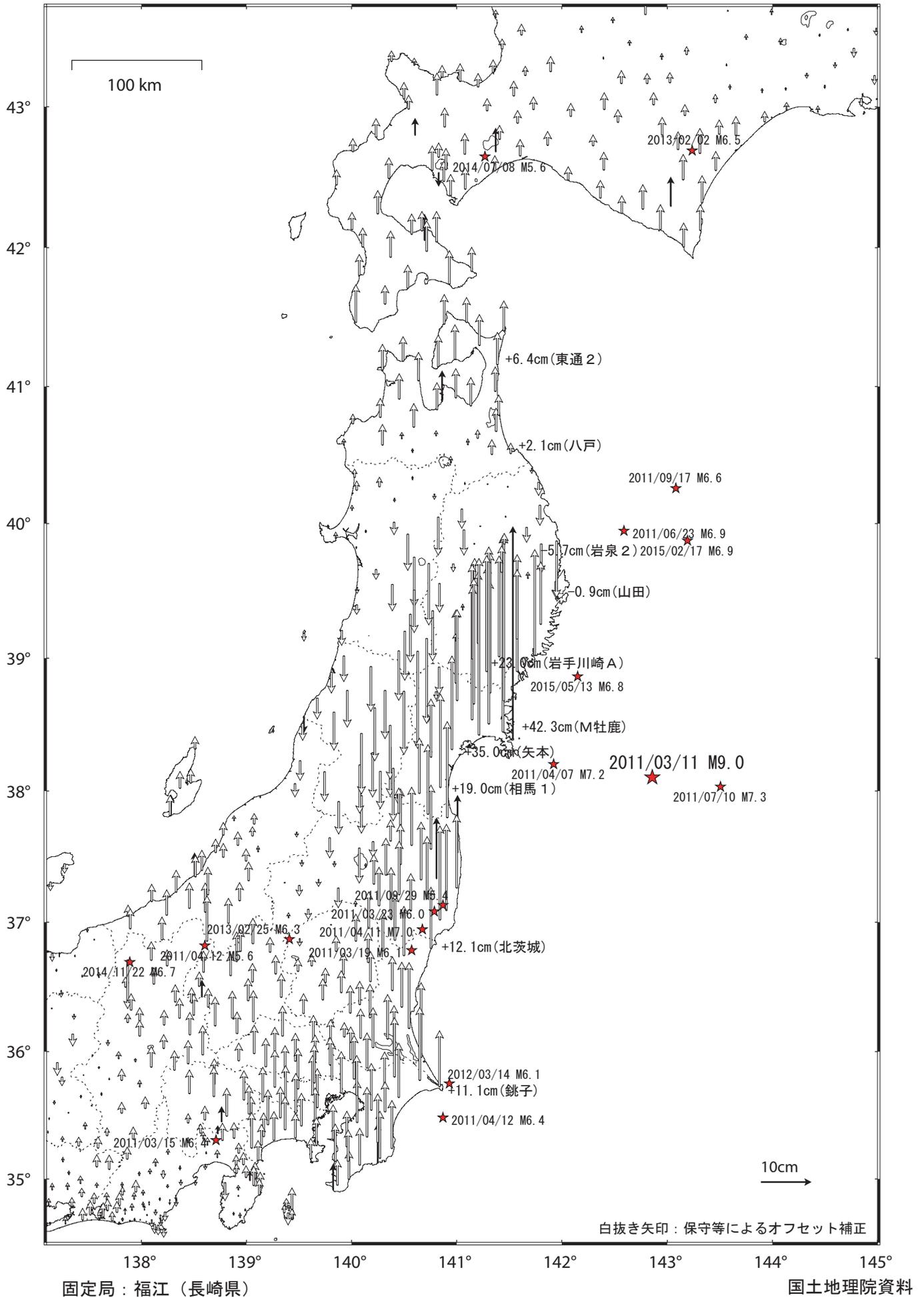
# 東北地方太平洋沖地震 (M9.0) 後の地殻変動 (上下) 一累積一

宮城県から千葉県にかけての太平洋沿岸に隆起が、岩手県沿岸と奥羽脊梁山脈付近に沈降が見られる。

関東甲信越地方及び青森県から北海道の襟裳岬付近にかけた地域に隆起が見られる。

基準期間 : 2011/03/12 -- 2011/03/12 [F3 : 最終解]

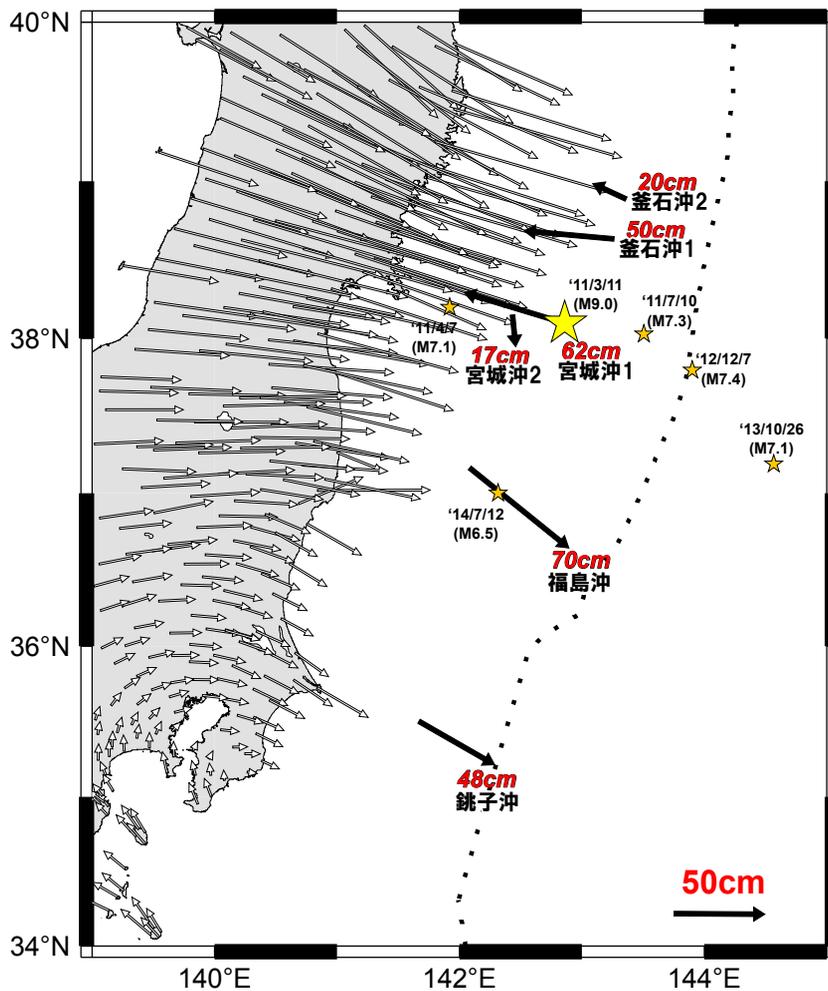
比較期間 : 2015/10/11 -- 2015/10/17 [F3 : 最終解]



### 東北地方太平洋沖地震後の海底地殻変動観測結果

海上保安庁では、2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震後の地殻変動を把握するため、日本海溝沿いに設置されている海底基準点において、順次、海底地殻変動観測を実施している。ここでは、東北地方太平洋沖地震後の累積変位量を、国土地理院の GNSS 観測結果（F3 解）とともに示す。海底基準点において、1cm 以上の変動が推定される余震も示す。

東北地方太平洋沖地震後の水平変位【電子基準点「福江」固定】



観測点	KAMN	KAMS	MYGI	MYGW	FUKU	CHOS	電子基準点
基準エポック	2011/4/3	2011/4/5	2011/3/28	2011/3/27	2011/3/29	2011/4/18	2011/3/29-4/4
比較エポック	2015/8/5	2015/8/4	2015/8/12	2015/8/9	2015/8/3	2015/8/15	2015/8/8 - 8/14
水平変位量	20cm	50cm	62cm	17cm	70cm	48cm	

- 解析には国土地理院提供の電子基準点 1 秒データ及び F3 解を使用している。
- 余震は、気象庁一元化震源を使用している。余震による変動の推定は、Okada[1992]の手法を用いた。

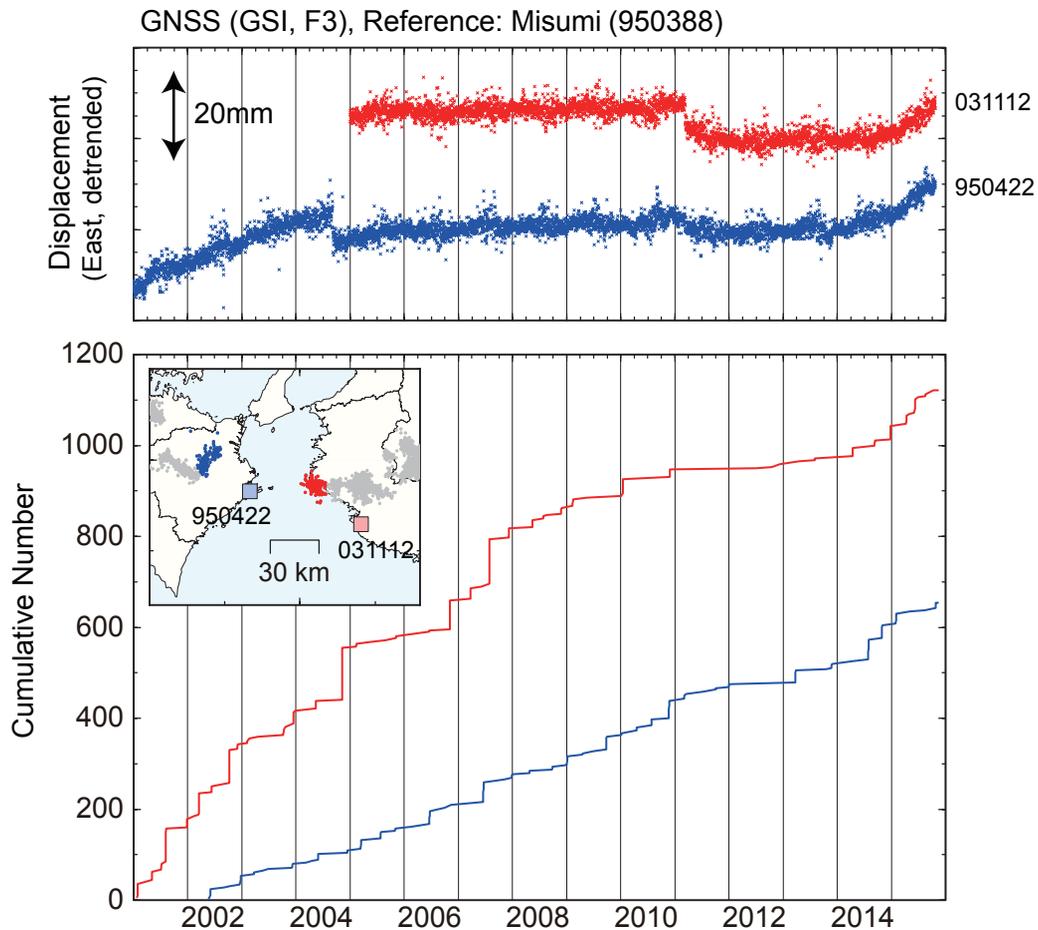


図 3. (上図) GNSS データ (国土地理院 GEONET F3 解) による, 三隅を基準点としてトレンドおよびアンテナ交換によるオフセットを除去した, 2015 年 10 月 24 日までの白浜 (赤×印), 阿南 2 (青×印) の東方向の変位 (上が東方向). 白浜および阿南 2 の各 GEONET 点の位置は, 下図内の地図にそれぞれ赤四角, 青四角で示した.

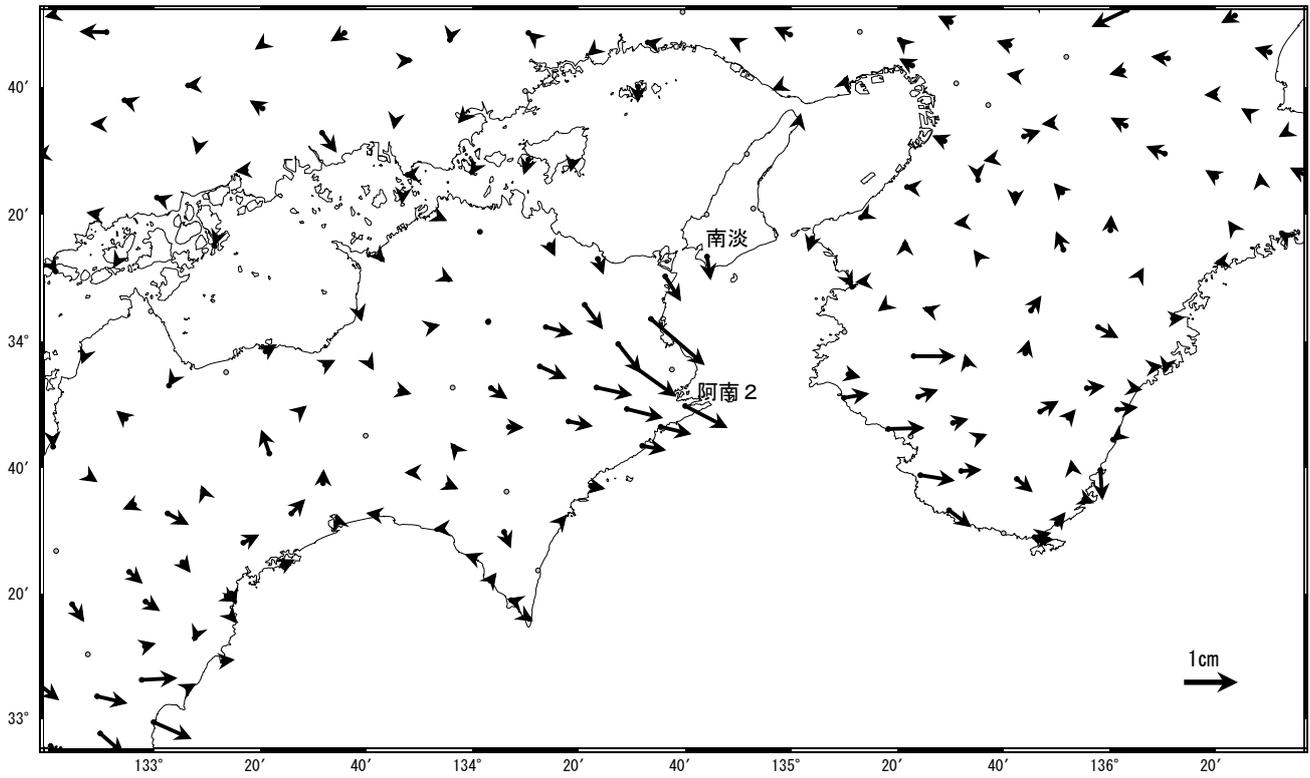
(下図) 和歌山県の紀伊水道側 (赤線) 及び徳島県の紀伊水道側 (青線) 領域における微動活動の積算個数 (2001 年 1 月～2015 年 11 月 10 日). 図内の地図に, 和歌山側, 徳島側の領域に対応する微動分布をそれぞれ赤丸, 青丸で示した. 灰丸は, 上記以外の領域の微動分布を示す. これらの領域では 2011 年頃から活動が低調であったが, 2014 年半ば頃より微動活動が活発化している傾向がみられる. また GNSS データからは同時期に変位があったことが示唆され, 長期的 SSE の可能性が指摘されている (気象庁・気象研, 2015).

# 紀伊水道周辺の非定常的な地殻変動 (1)

地殻変動(水平)(一次トレンド・年周成分・半年周成分除去)

基準期間: 2014/07/01~2014/07/15[F3:最終解]  
比較期間: 2015/11/01~2015/11/07[F3:最終解]

計算期間: 2012/05/01~2014/05/01

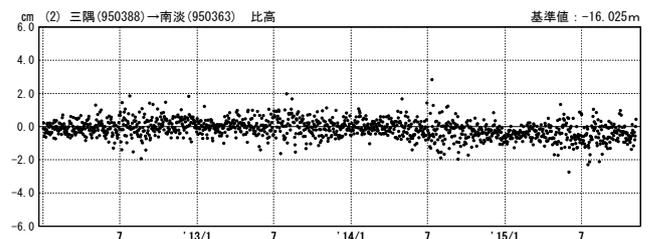
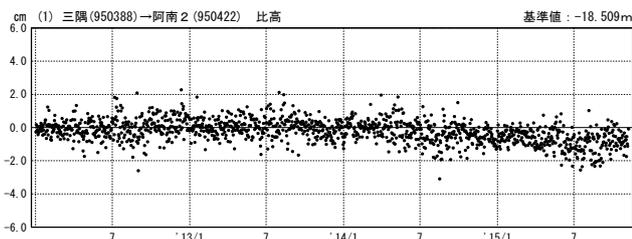
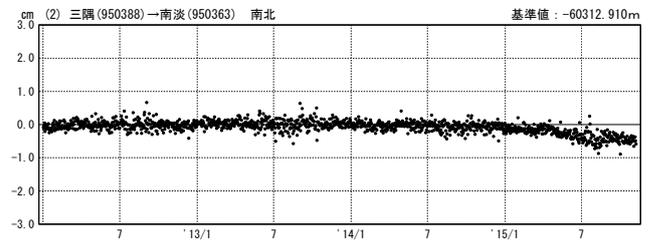
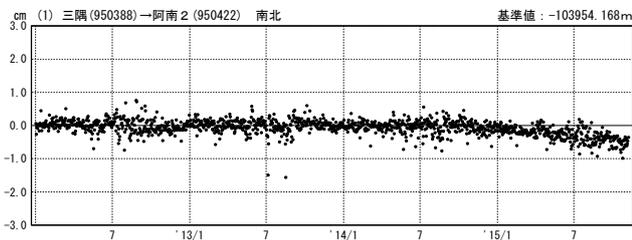
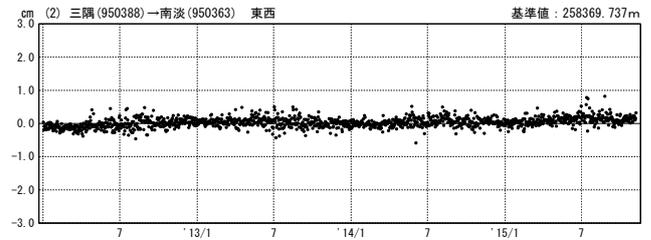
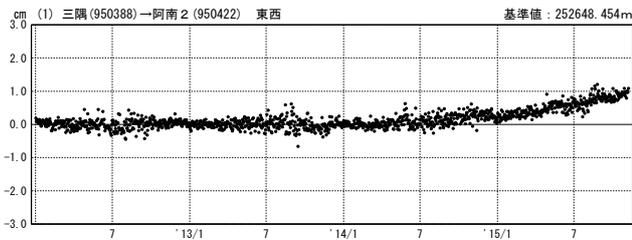


固定局: 三隅 (950388)

## 一次トレンド・年周成分・半年周成分除去後グラフ

期間: 2012/01/01~2015/11/07 JST

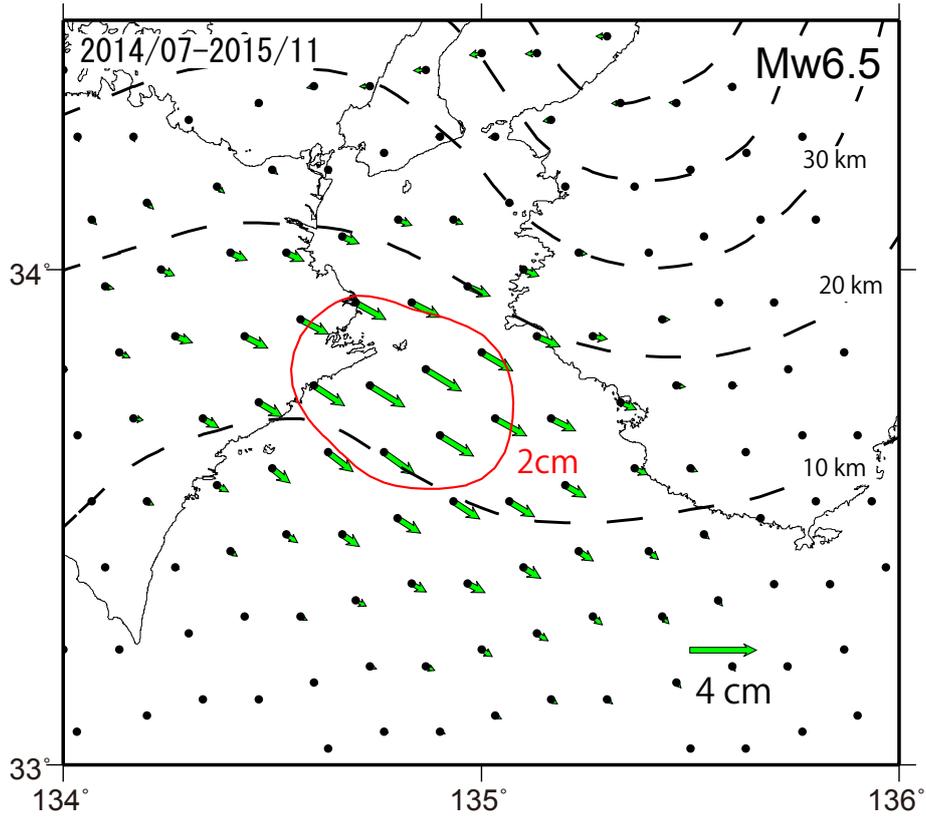
計算期間: 2012/05/01~2014/05/01



●—[F3:最終解]

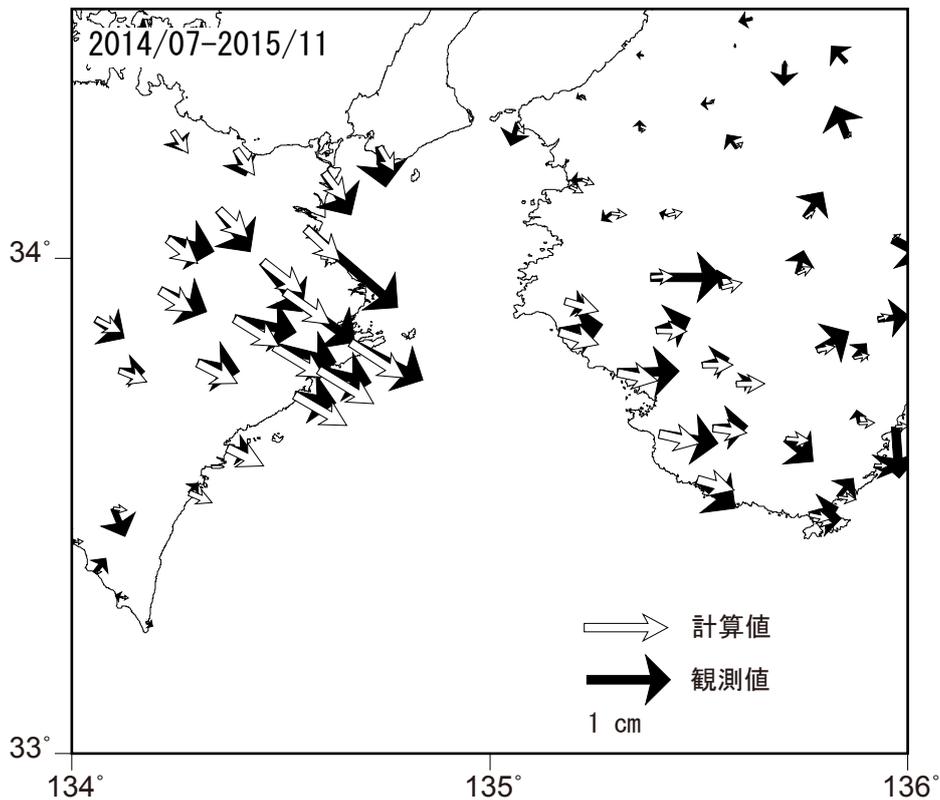
## 紀伊水道周辺の非定常的な地殻変動（２）

非定常地殻変動から推定されるプレート境界面上の滑り分布



- ・ 推定される滑り量を緑矢印及び等値線（赤実線）で示している（等値線間隔：2cm）。
- ・ 黒破線は沈み込む海側のプレート上面の等深線（弘瀬・他，2007，地震2）。

## 地殻変動ベクトルの観測値と計算値の比較（水平）



固定局：三隅（950388）

# 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況 (2015年8月～10月) その1

- 短期的スロースリップイベントを伴う顕著な微動活動：  
四国中部から西部，10月29日～11月8日．豊後水道，9月1日～6日．
- 上記以外の主な微動活動：紀伊半島中部，10月24日～28日．  
四国東部，9月25日～10月4日．四国中部，10月19日～22日．

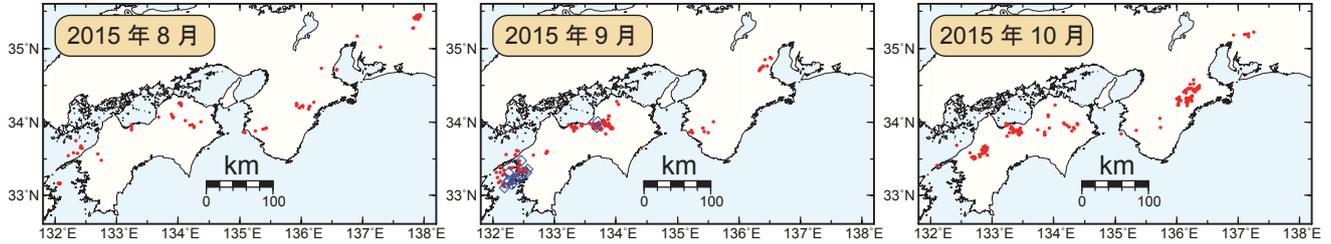


図1. 西南日本における2015年8月～10月の月毎の深部低周波微動活動. 赤丸はエンベロップ相関・振幅ハイブリッド法 (Maeda and Obara, 2009) およびクラスタ処理 (Obara et al., 2010) において，1時間毎に自動処理された微動分布の重心である. 青菱形は周期20秒に卓越する深部超低周波地震 (Ito et al., 2007) である.

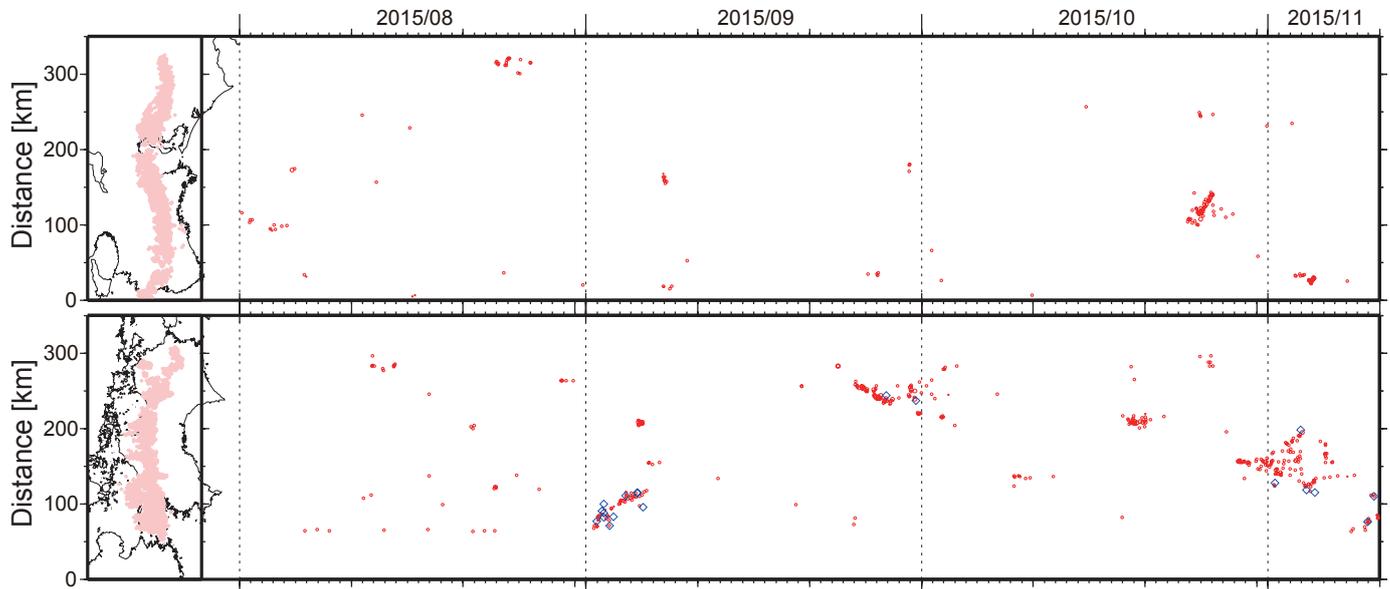


図2. 2015年8月1日～11月10日の深部低周波微動 (赤) および，深部超低周波地震 (青菱形) の時空間分布.

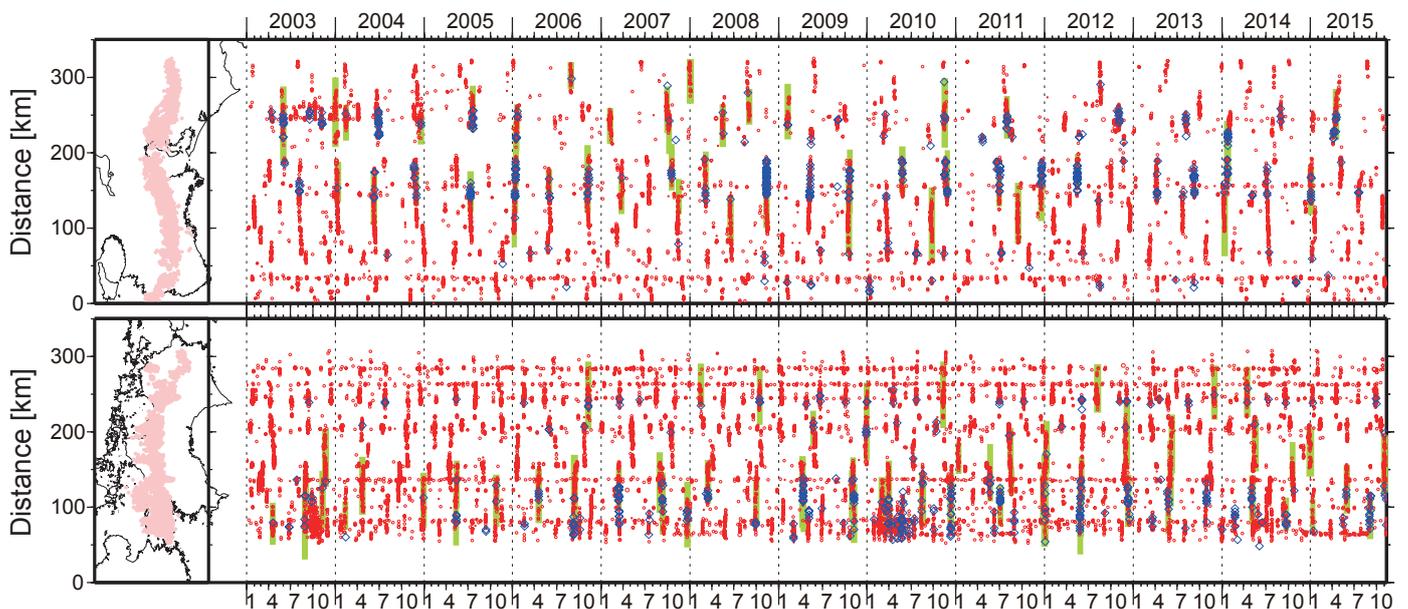


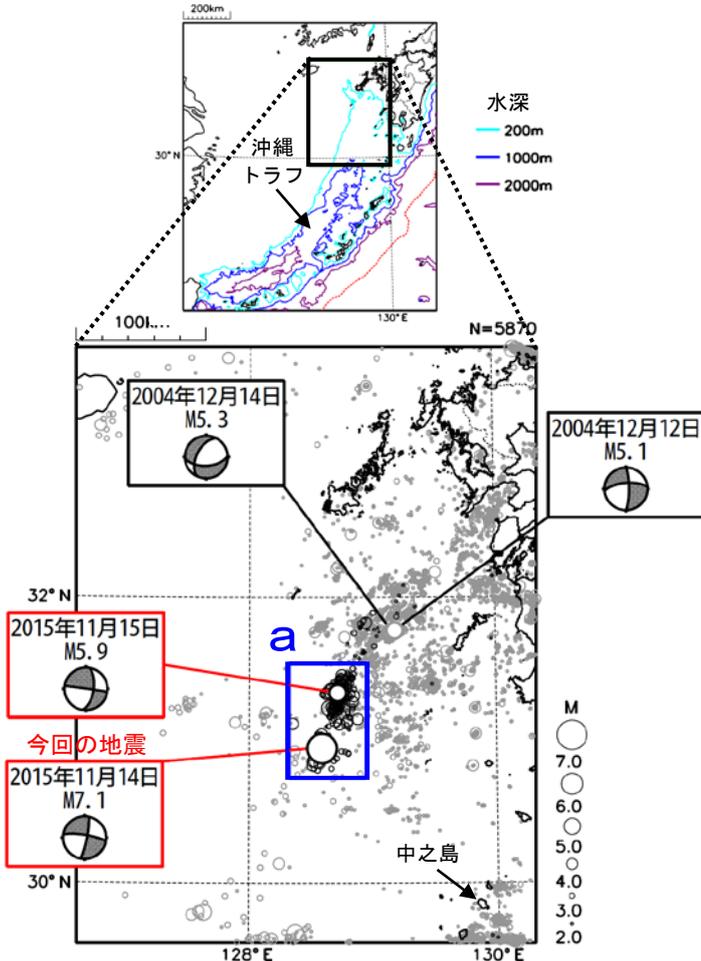
図3. 2003年1月～2015年11月10日までの深部低周波微動 (赤) および，深部超低周波地震 (青菱形) の時空間分布. 緑太線は，傾斜変動から検出された短期的スロースリップイベント.

# 11月14日 薩摩半島西方沖の地震

震央分布図\*

(1997年10月1日~2015年11月22日、  
深さ0~30km、 $M \geq 2.0$ )

2015年11月の地震を濃く表示、図中の発震機構はCMT解  
寒色系の細い線は水深のコンターを示す



2015年11月14日05時51分に薩摩半島西方沖でM7.1の地震(最大震度4)が発生した。この地震は地殻内で発生した。発震機構(CMT解)は、北西-南東方向に張力軸を持つ横ずれ断層型である。

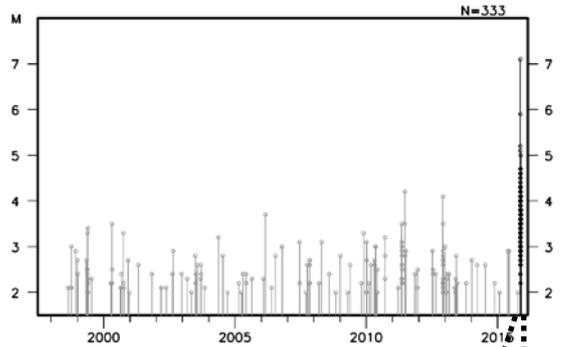
気象庁はこの地震について、種子島・屋久島地方、奄美群島・トカラ列島、鹿児島県西部に津波注意報を発表し、トカラ列島の中之島で0.3m(速報値)の津波を観測した。

今回の地震の発生後、15日04時20分にM5.9の地震(最大震度3)が発生するなど、最大震度1以上を観測する地震が22日までに14回発生した。

1997年10月以降の活動を見ると、今回の地震の震央周辺(領域a)では、M4.0前後の地震が時々発生していたが、M5.0以上の地震は発生していなかった。

1923年1月以降の活動を見ると、今回の地震の震央周辺(領域b)では、M6.0前後の地震が時々発生しており、1928年6月3日にはM6.6の地震(最大震度5)が発生している。

領域a内のM-T図\*

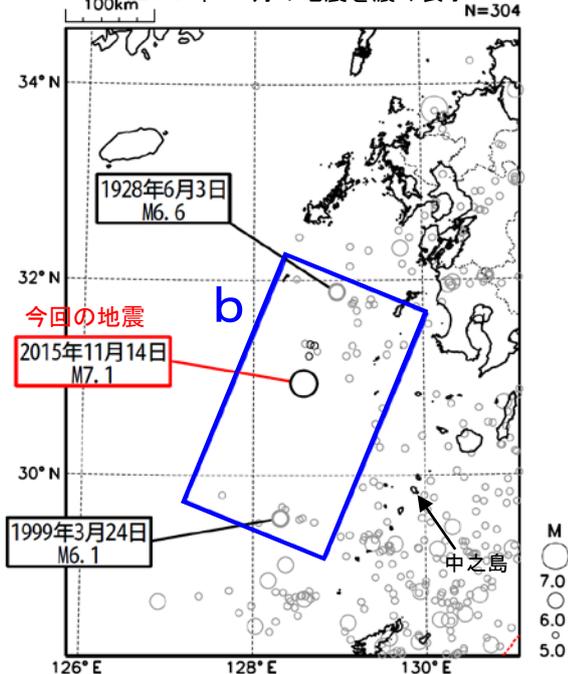


※ 2015年11月14日05時51分以降は未処理のデータがある(M3.5未満)。

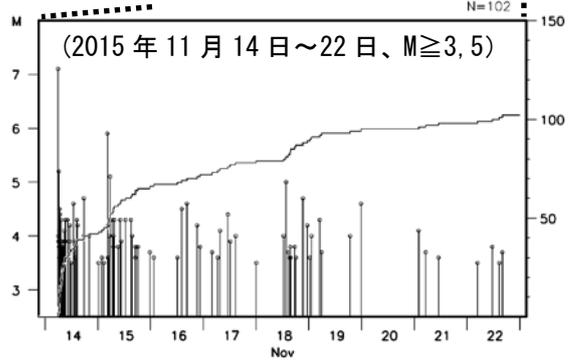
震央分布図

(1923年1月1日~2015年11月22日、  
深さ0~60km、 $M \geq 5.0$ )

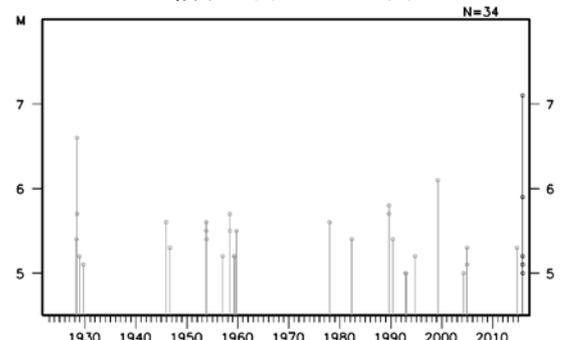
2015年11月の地震を濃く表示



領域a内のM-T図及び回数積算図



領域b内のM-T図



# 2015年11月14日薩摩半島西方沖の地震(M7.1)

鹿児島大学・九州大学

薩摩半島南端の鹿児島県枕崎市の西南西沖160km付近で2015年11月14日5時51分にM7.1の地震が発生した。この地震は、南九州～南西諸島北部の西方海域では最大規模の地震である。

震源域は常設の地震観測点やGNSS観測点から120km以上離れている。一方、鹿児島大学では震源域の東北東80km程度に位置する無人島の宇治島で地震とGNSSによる地殻変動の臨時観測を5年前から行っている。また、震源域の北北西120km程度にある無人島の女島では九州大学が地震観測を長年行っており、さらに2年前からは鹿児島大学でGNSSによる地殻変動観測を行っている。これらの観測は、いずれも現地での記録収録方式である。そこで、今回の地震発生をうけて急遽観測データを回収し、既存のデータと併合して暫定的な解析を行った。

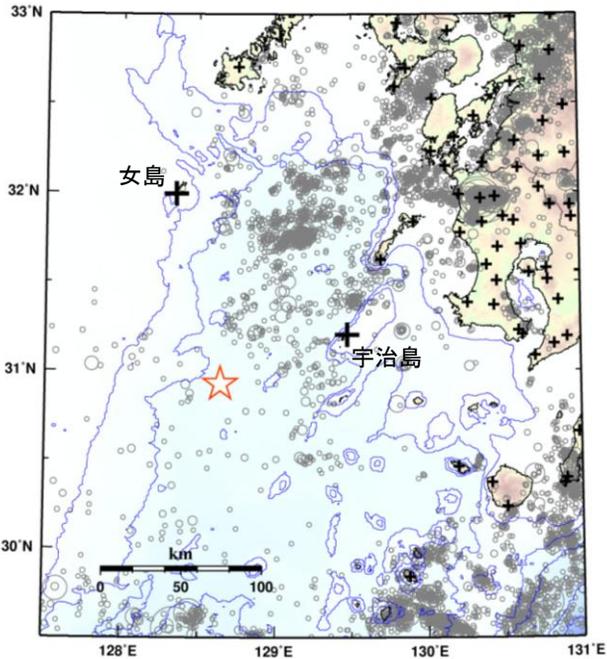


図1. 本震の震央と観測点の配置. ☆印は本震の震央, +印は観測点(大きいシンボルは臨時観測点, 小さいシンボルは気象庁, 防災科学技術研究所, 九州大学, 鹿児島大学の常設地震観測点)である. 臨時観測点である宇治島と女島(いずれも無人島)では地震およびGNSSによる地殻変動観測を行っている. 灰色○印は1996年～2015年に発生した深さ30km未満, M2.0以上の地震の震央である. 本震の震央は陸域から120km以上離れた沖縄トラフに位置しており, 過去20年間の地震活動は低調だった領域である.

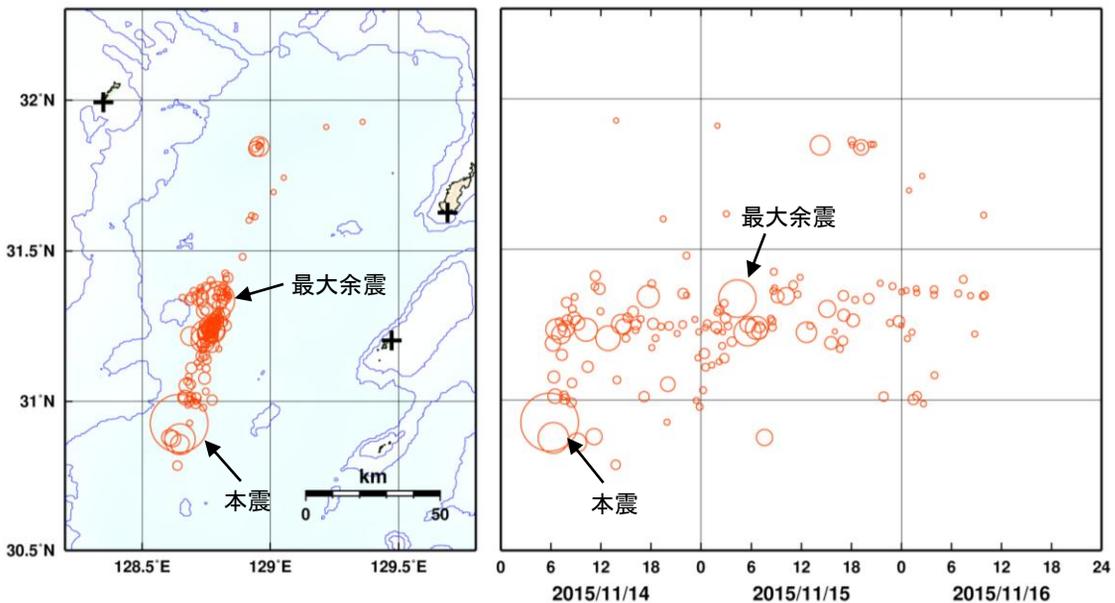


図2. 本震発生から11月16日10時までに発生した比較的大きな地震の震央分布と時空間分布. 余震域は沖縄トラフの走向にほぼ平行で60km程度の長さである. 本震は余震域の南端で, 最大余震(11月15日4時20分, M5.9)は北端で発生している. 余震活動は余震域の北部では活発であるが, 南部では本震発生直後を除くと低調である.

鹿児島大学・九州大学資料

# 2015年9月17日 チリ中部沿岸の地震

情報発表に用いた震央地名は〔チリ中部沖〕である。

## (1) 概要

2015年9月17日07時54分（日本時間、以下同じ）にチリ中部沿岸の深さ21kmでMw8.3の地震が発生した。この地震により、震源に近いチリの検潮所（コキンボ）で4mを超える津波を観測するなど、日本を含む太平洋沿岸の多くの国で津波を観測した。チリ国内では、今回の地震と津波により、死者12人、家屋全壊約60棟、家屋半壊約200棟などの被害が生じた。

気象庁は、この地震により、18日03時00分に北海道から沖縄県にかけての太平洋沿岸等に津波注意報を発表した（同日16時40分に全て解除）。この地震に伴い、岩手県久慈港（国土交通省港湾局）で78cmの津波を観測するなど、北海道から沖縄県にかけての太平洋沿岸等で津波を観測した。

## (2) 地震活動

### ア. 発生場所と余震の状況

2015年9月17日07時54分にチリ中部沿岸の深さ21kmでMw8.3の地震が発生した。この地震は、発震機構（気象庁によるCMT解）が東西方向に圧力軸を持つ逆断層型で、ナスカプレートと南米プレートの境界で発生した。

地震活動は、本震－余震型で推移しており、余震は本震を挟んで南北およそ350kmの範囲で発生している。9月30日までにM6.0以上の余震が13回発生し、最大規模の余震は9月17日08時18分に発生したMw7.0の地震である。

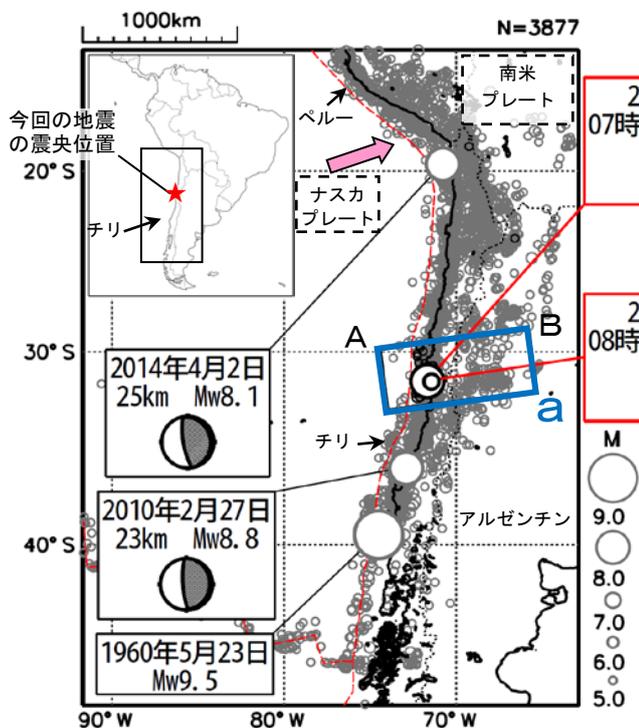


図2-1 震央分布図  
(1960年1月1日～2015年9月30日、深さ0～200km、M $\geq$ 5.0)  
2015年9月17日以降の地震を濃く表示

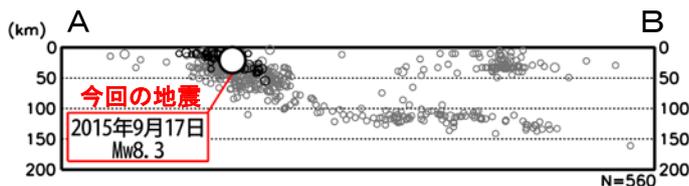


図2-2 領域a内の断面図（A-B投影）  
2015年9月17日以降の地震を濃く表示

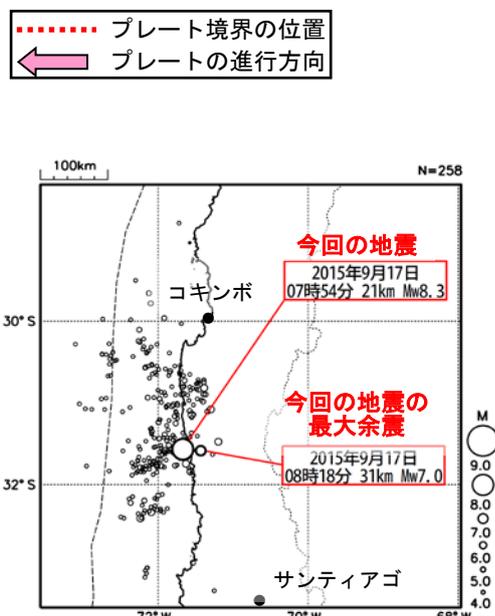


図2-3 震央周辺の拡大図（本震と余震の分布）  
(2015年9月17日～9月30日、深さ0～60km、M $\geq$ 4.0)

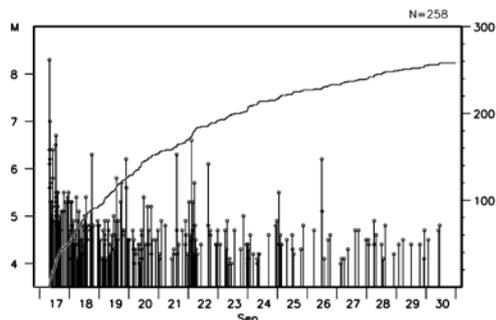


図2-4 上図内のM-T図および回数積算図

本資料中、2010年2月27日、2014年4月2日及び今回の地震の発震機構とMwは気象庁による。1960年5月23日の地震のMwは、宇津及び国立研究開発法人建築研究所国際地震工学センターによる「世界の被害地震の表」による。その他の地震の発震機構と震源要素は米国地質調査所（USGS）による（2015年10月1日現在）。被害は、OCHA（UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs：国連人道問題調整事務所）による（2015年9月18日現在）。プレート境界の位置と進行方向はBird（2003）より引用。

参考文献 Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 4(3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252.

気象庁作成

# 2015年9月17日チリの地震に関する 合成開口レーダー解析結果

2015年9月17日7:54（日本時間）にチリで発生した地震（Mw8.3、USGS）について、だいち2号のデータの解析を行った。得られた結果は以下のとおりである。

1. 震央の北50-70km付近の沿岸部を中心に、1m以上の変動が検出された。
2. 東側上空からの観測では衛星から遠ざかる向き（図1）、西側上空からの観測では衛星に近づく向き（図2）の変動となっており、西向きの変動が支配的であると考えられる。
3. 断層の滑りの中心域は南緯31°付近と考えられる。この領域では1943年にM8.2の地震が発生している。

※ 解析結果には電離層や対流圏等の影響による誤差が含まれている可能性がある

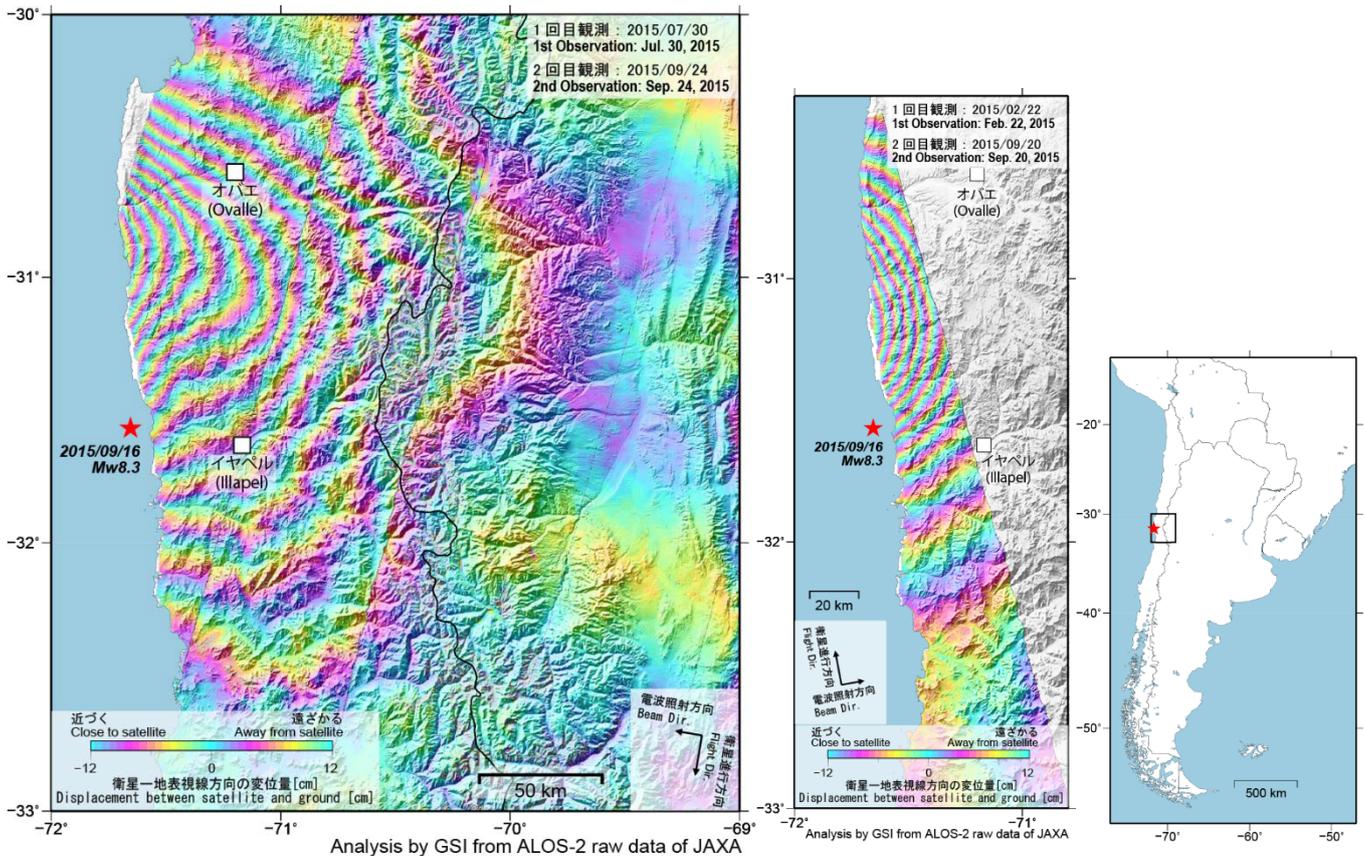


図 1

図 2

位置図

図	観測日	観測時間 (UTC)	衛星 進行方向	電波 照射方向	観測モード	入射角	垂直基線長
1	2015/07/30 2015/09/24	15:59 頃	南行	右	広域観測(Normal) 広域観測(Normal)	25°-45°	-214m
2	2015/02/22 2015/09/20	05:23 頃	北行	右	高分解能(10m) 高分解能(10m)	34°-39°	+163m

※震源位置 31.573°S, 71.674°W 深さ 22.4 km (USGS)

本成果は、地震予知連絡会 SAR 解析ワーキンググループの活動を通して得られたものである。

# 重点検討課題の検討

「東北地方太平洋沖地震が  
もたらす広域地殻活動」



## 第 209 回地震予知連絡会 重点課題検討課題

### 「東北地方太平洋沖地震がもたらす広域地殻活動」

コンビーナ 北海道大学 高橋浩晃

東北地方太平洋沖地震の発生から 4 年以上が経過した。地震時地殻変動は日本列島全域から北東アジアに至る広範囲に及んでおり、その余効変動は現在もなお広域的に継続している。広域的な地震時・地震後地殻変動によるひずみ・応力変化は、地域的な地殻活動にも影響を与えることが考えられる。また、余効変動はスロースリップ等過渡的な事象に重畳することで重要な現象の把握を難しくしている可能性もある。地震の発生予測を行う際には、定常状態からの偏差をシグナルとして用いることが考えられ、地殻活動の定常非定常状態を定量的に議論できるような整理を行っておくことが望ましい。これまでに得られている東北沖地震前後のデータを列島規模で比較し、この超巨大地震がもたらした広域的な地殻活動の変化の特徴について整理を試みる。

対象は全国とする。特に、2011 年東北沖地震の隣接地域（首都圏、三陸北部、千島海溝南部）、南海トラフ（東海地方を含む）、地震調査委員会が「東北地方太平洋沖地震後の活断層の長期評価について-地震発生確率が高くなっている可能性がある主要活断層帯-」とした活断層周辺のデータについては重点的に検討を行いたい。GNSS 等による地殻変動観測データからは、全球的リファレンスフレームに対する GEONET 解への影響を整理するとともに、地震後に広域に見られたプレート運動速度の加速とみられる変化について検討する。また、地震前・地震時とそれ以降の変位・ひずみの様々な時空間スケールでのトレンド変化や、余効上下変動の空間的な特徴等についても整理する。東海地域においては、余効変動が続く中でスロースリップをモニタリングする際の課題についても検討したい。地震活動については、上記重点対象地域のほか、地震直後に活動の活発化や静穏化がみられた地域のその後の経過（内陸・火山地域を含む）や、遅れて活動が活発化した地域などを含め整理する。また、首都圏の地震活動の経過や低周波微動、超低周波地震活動、スロースリップの発生状況の変化についても同一の時系列上での確認を行いたい。

余効変動は、本震震源周辺での余効すべりと粘弾性緩和等が重畳したものと考えられるが、広域的にもたらされるひずみ場の不均質性は地下構造等にも強く影響を受ける。ここでは余効変動の原因には言及せず、結果としての広域的にもたらされたひずみ・応力変化の特徴と地震活動等地殻活動の変化を整理することで、次回に予定される広域変動の将来予測とその影響に関する議論につなげていきたい。

話題提供者 [敬称略]

1. 東北地方太平洋沖地震後の日本列島周辺域のプレート運動速度の変化  
北海道大学 日置 幸介
2. 東北地方太平洋沖地震前後の全国の地殻変動の変化  
国土地理院 水藤 尚
3. 平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震前後の全国の地震活動の変化  
気象庁 橋本 徹夫
4. 東北地方太平洋沖地震前後のスロー地震活動の変化  
防災科学技術研究所 松澤 孝紀
5. 東北地方太平洋沖地震前後の広域的な地殻活動の変化  
北海道大学 高橋 浩晃

記者レク資料

## 東北地方太平洋沖地震後の日本列島周辺域のプレート運動速度の変化

北海道大学理学研究院 日置 幸介

### 観測事実

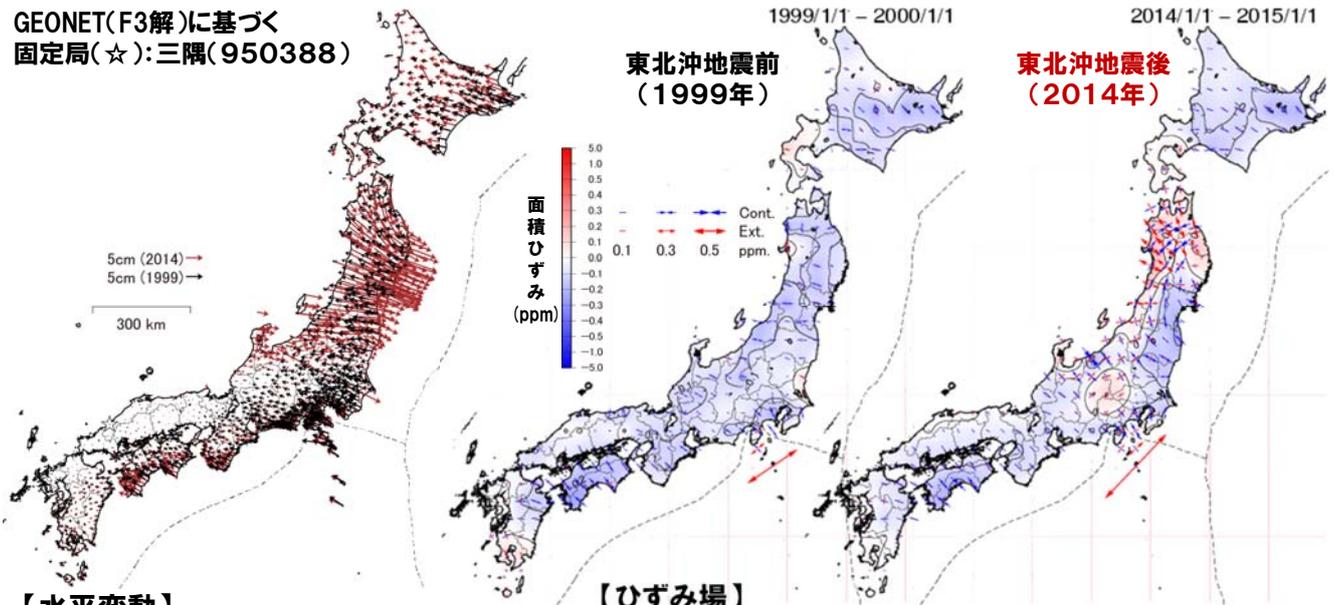
- ・2003年9/23 十勝沖地震( $M_w$ 8.3)の後に、その両側のセグメント(岩手沖、根室沖)におけるGNSS局の陸向きの速度が高まった。同様の現象は2011年3/11 東北沖地震( $M_w$ 9.0)の後にも見出された。
- ・東北沖地震後に海溝軸を中心とする地域で、ゆっくりとした重力の変化がGRACE衛星による観測で見出されている。
- ・宮城沖の日本海溝の両側において、高速な陸向き速度がGNSS-Acoustic観測で見出されている。
- ・太平洋プレート上にある南鳥島GNSS局の速度が東北沖地震前後で変化している可能性がある。

### 解釈

- ・海溝でプレート境界型の大地震が起こると、カップリングの喪失に伴ってスラブに働く力の釣合が破れ、一時的にスラブの加速が起こる(Heki & Mitsui, 2013 EPSL)。
- ・地震時の地殻変動は、断層滑り後の三次元的な力学的平衡の実現であるが、アセノスフェアの粘性緩和に伴って、弾性体プレート内部の二次元的な力学的平衡に遷移する。それに伴って起こる海溝向きの物質流動が地震後重力増加をもたらす。
- ・宮城沖の海底の西向きの動きはスラブの加速と固着の回復でも解釈できる。
- ・基準座標系への地震の影響が、日本列島を含む広域に及んでいるため、GNSS観測に基づく南鳥島の速度変化の向きには不確実性がある。

# 東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動の変化

GEONET(F3解)に基づく  
固定局(☆):三隅(950388)

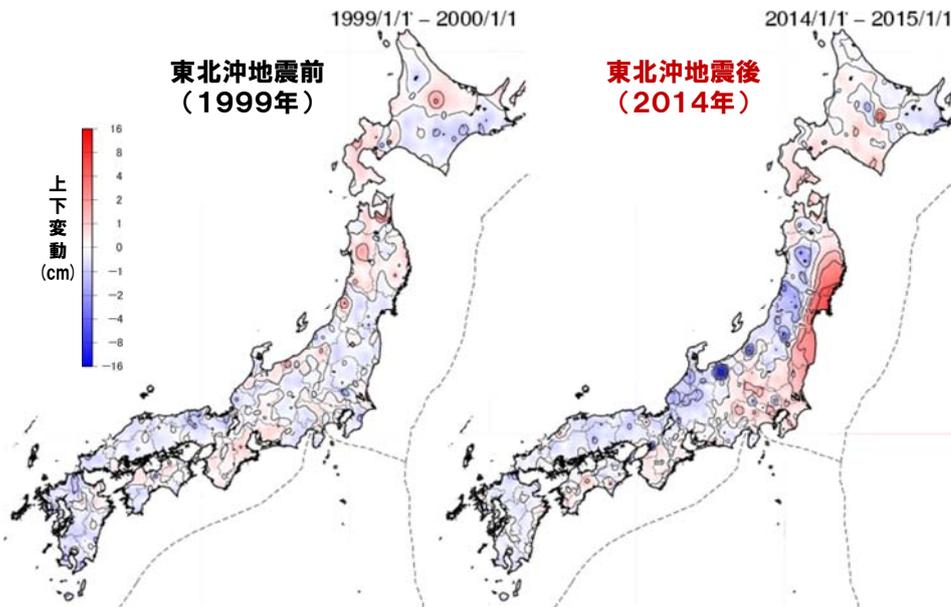


### 【水平変動】

東北沖地震前は、  
**北西から西北西**の変動が卓越  
東北沖地震後は、  
⇒ 東北日本の広範囲で**東向き**の変動  
⇒ 北信越・近畿から中国地方北部でも**東向き**の変動

### 【ひずみ場】

東北沖地震前は、日本列島全域で**圧縮場**  
(北西-南東から東西**圧縮**)が卓越  
東北地震後は、  
⇒ 北海道南西部、東北地方北部、  
日本海側、中日本で**伸張**が卓越  
⇒ 東北地方太平洋側は東向きの変動だが、  
**伸張場**ではなく**圧縮場**。牡鹿半島周辺は東西**圧縮**、  
奥羽山脈周辺は南北**圧縮**が卓越



### 【上下変動】

東北沖地震前後で**隆起・沈降**のセンスが逆転、もしくは地震後に**隆起**が卓越  
・東北地方太平洋側：**沈降** ⇒ **隆起**が卓越  
・関東・甲信越地方：顕著な傾向なし ⇒ **隆起**が卓越  
・東北地方日本海側：**隆起** ⇒ **沈降**の傾向  
ただし、佐渡島：顕著な傾向なし ⇒ **隆起**の傾向  
・東北での**隆起・沈降**の境は奥羽山脈沿い

## 平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震前後の全国の地震活動の変化

### 気象庁地震火山部地震予知情報課 橋本徹夫

#### 1. 全国の海域の地震活動の変化

平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震(以下、東北地震と呼ぶ)発生前後においては、東北地方周辺を除いて、全国的に顕著な変化は見取れず、南海トラフ(東海～四国)の領域は、静かなままである(図 1)。

東北地震の前震本震余震の発生状況を図 2 に示す。地殻内の地震をなるべく除くように、地震の発生状況を深さ 20–100 km の震源で見ると、沿岸部付近の地震活動が残ってはいるものの、全体的には、かなり減衰してきていることがわかる。2014 年には北側の領域で活動が一時低下していたようにも見える。

東北地震のすべり域から外れた日本海溝付近においても、地震活動の活発化が見られ(図 3)、2011 年 3 月 11 日 15 時 25 分に西北西–東南東方向に張力軸を持つ正断層型の M7.5 の地震も発生した。その後、徐々に活動は低下してきている。

#### 2. 全国の陸域の地震活動の変化

東北地震の発生直後から、秋田県内陸や福島県・茨城県北部、長野県などで、地殻内の地震活動が活発化していることがわかる(図 4)。

ここでは、まず、福島県・茨城県境(福島県浜通り～茨城県北部)においては、東北地震のほぼ直後から地震活動がやや活発化し(図 5 の領域 1 の領域 a)、2011 年 4 月 11 日には、井戸沢断層と湯ノ岳断層で正断層型の M7.0 の地震が発生し、最大震度 6 弱が観測された。この地域における地震活動は、従来は、正断層型の地震活動ではなかった。また、銚子沖(図 5 の領域 2 の領域 b)においても、地震活動が活発化し、正断層型の地震が頻発している。ここにおいては、従来から正断層型の地震が発生することもあったが、地震の深さがやや浅くなっている。太平洋プレートの沈み込みに拠る東京湾北部付近の地震の巣(図 5 の領域 2 の領域 c)においても地震活動が活発化している状況が続いている。また、フィリピン海プレートの沈み込みに拠る茨城県南西部の地震活動(図 5 の領域 3 の領域 d)も、東北地震以後活動が一時的にかなり活発化し、その後も以前よりも活発化していることがわかる。

長野県北部や中部で活発化した地震活動を見てみる。2011 年 3 月 12 日に長野県北東部と新潟県の県境付近で、北西–南東方向に圧力軸を持つ逆断層型の M6.7 の地震が発生し、最大震度 6 強が観測され、その後、その震源域のやや南で、同年 4 月 12 日に北北西–南南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型の M5.6 の地震が発生し、最大震度 5 弱が観測された(図 6)。一方、長野県中部の糸魚川–静岡構造線断層帯付近では、同年 6 月 30 日に M5.4 の西北西–東南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型の地震が発生し、最大震度 5 強が観測された。この地震は、この活断層帯の走向とやや斜交するように震源が分布している。牛伏寺断層を含むこの断層帯の中部では、東北地震によって、地震発生の確率が高まったと推定されており(地震調査推進本部による)、この領域で発生した地震である。なお、2014 年には、この断層帯の北部付近で、北西–南東方向に圧力軸を持つ逆断層型の M6.7 の地震が発生し、最大震度 6 弱が観測された。この地震は、この断層帯を構成する神城断層の活動によるものと考えられている。

一方、日本海側のひずみ集中帯の一部である山形県沖の領域においては、地震活動が低下していることが見て取れる(図 7)。

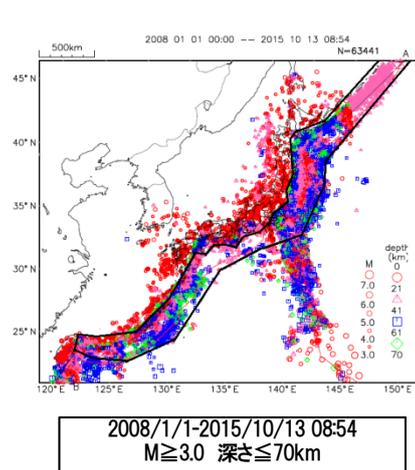


図1 全国の海域の地震活動。震央分布図と海域の時空間分布図(小笠原を除く)。東北地震発生後、岩手県～茨城県で、活動の活発化が見えるが、それ以外には、顕著な変化は見えない。

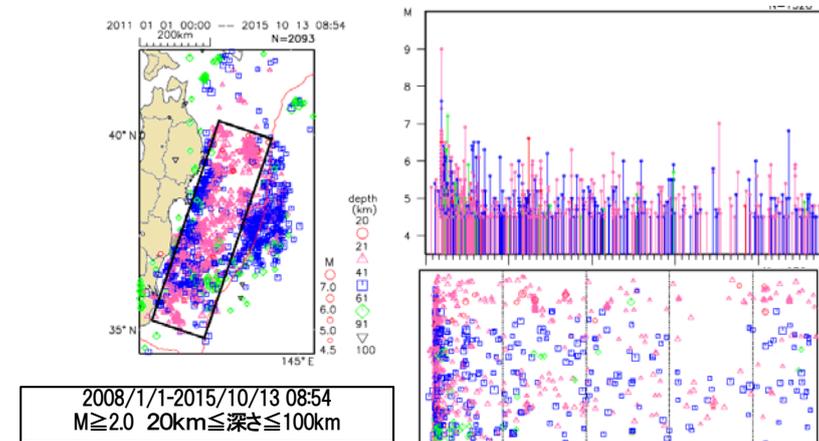
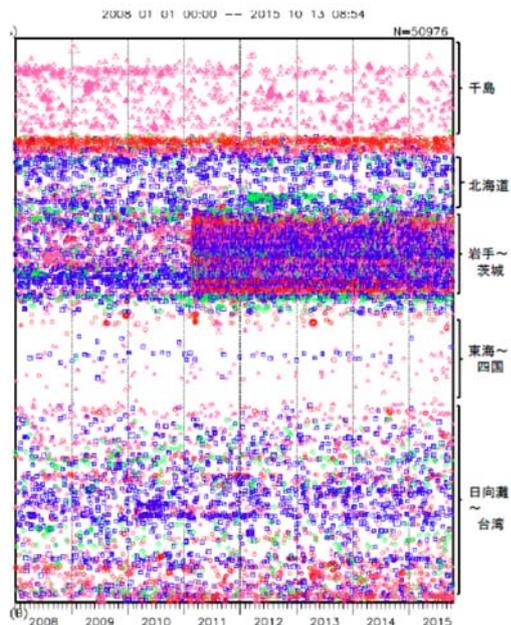


図2 東北地震の余震活動。左：震央分布図。右上：M-T 図。右中：南北の時空間分布図。右下：ほぼ東西の時空間分布図(下：陸側)。2011/3/11 14:46 に M9.0、15:08 に岩手県沖で M7.4、15:15 に茨城県沖で M7.6、4/7 に M7.2 の宮城県沖のプレート内の地震などが発生。

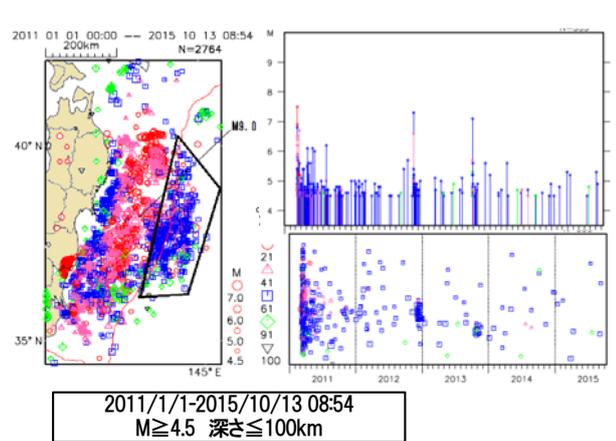


図3 東北地方沖の日本海溝付近の地震活動。左：M $\geq$ 4.5、d $\leq$ 100km の震央分布図。右上：M-T 図。右下：南北の時空間分布図。2011/3/11 15:25 に西北西-東南東方向に張力軸を持つ正断層型の M7.5 (セントロイドの深さ 25km) の地震が発生。2012/12/7 に M7.3、2013/10/26 に M7.1 の地震が発生。

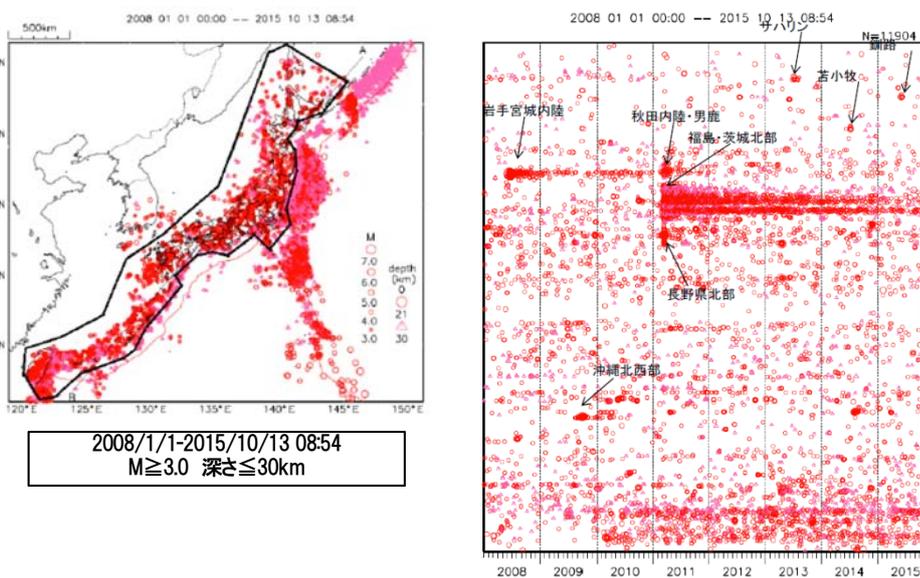


図4 全国の陸域の地震活動。震央分布図と陸域の時空間分布図(南西諸島も含む)。東北地震発生後、福島県・茨城県北部(福島県浜通り～茨城県北部)で、活動が活発化し、現在も継続している。秋田県内陸や長野県北部などでも地震が活発化しているが、継続的ではない。

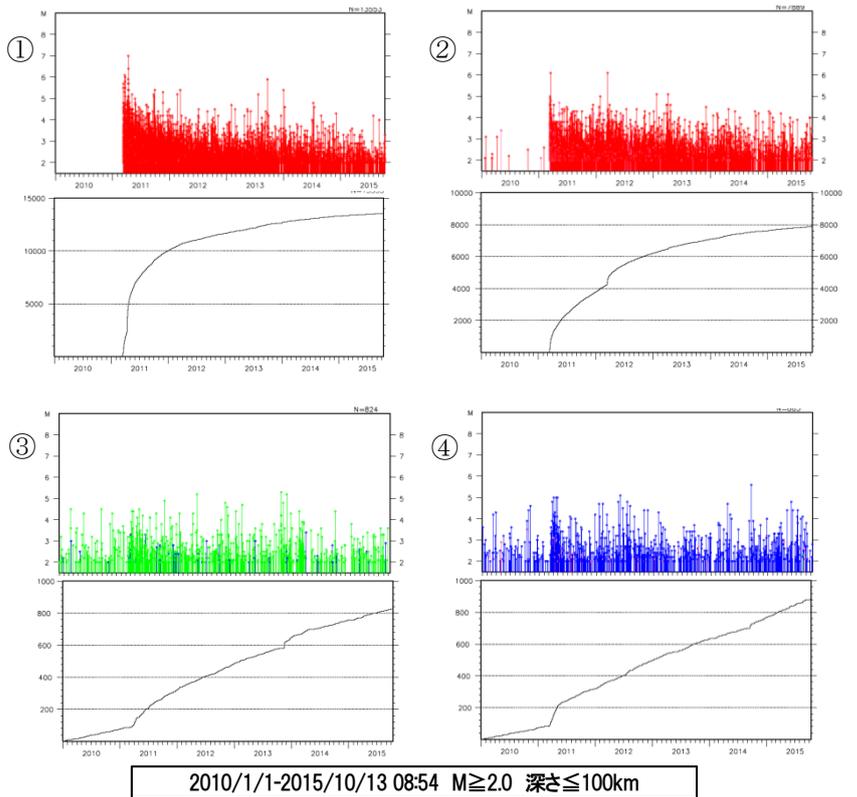
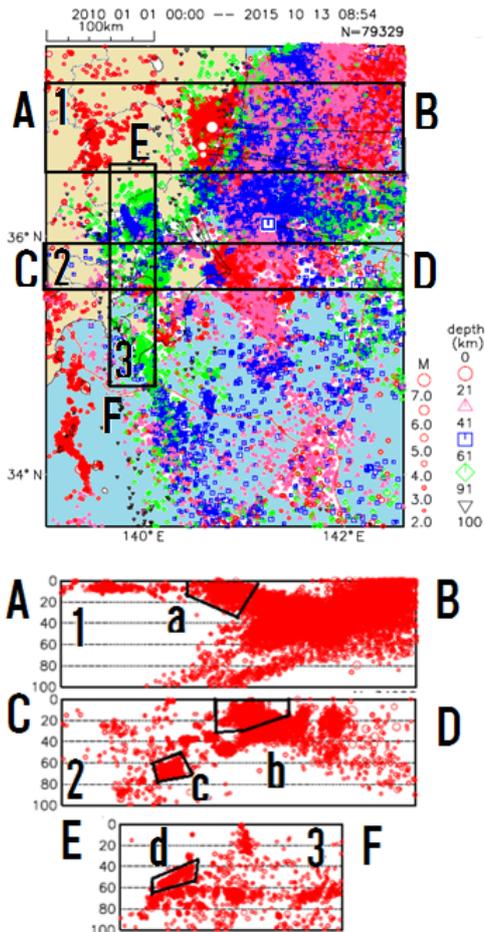


図5 福島県南部から関東地方の地震活動。左上:震央分布図。左下:断面図(領域1:福島県南部~北関東,2:南関東,茨城県南西部~東京湾)右上:①福島県浜通り~茨城県北部(領域a)のM-T図と回数積算図。②銚子沖(領域b)、③東京湾北部(領域c)、④茨城県南西部(領域d)。

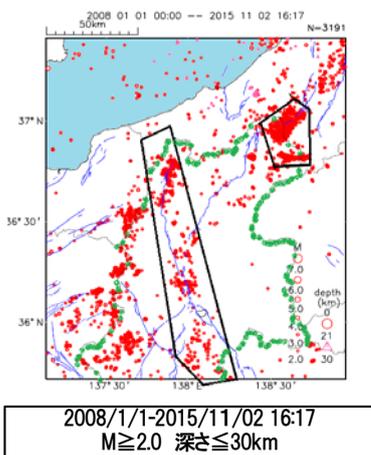


図6 長野県北東部と北西部から中部の地震活動。左:震央分布図。右上:北東部のM-T図と南北の時空間分布図。右下:北西部から中部のM-T図と南北の時空間分布図。

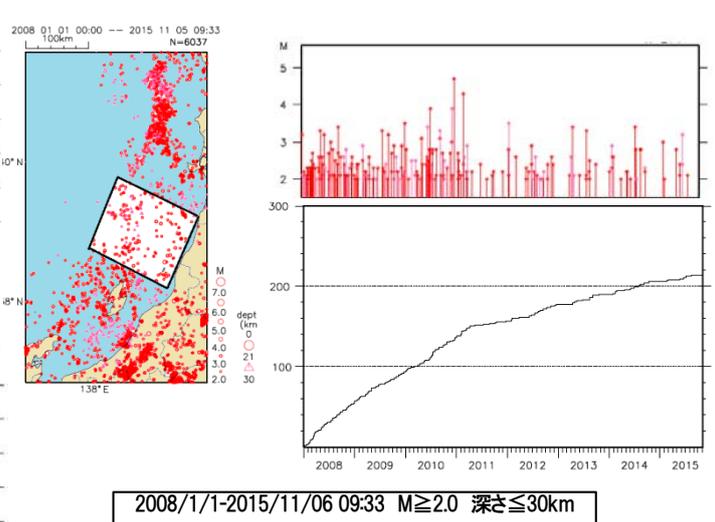
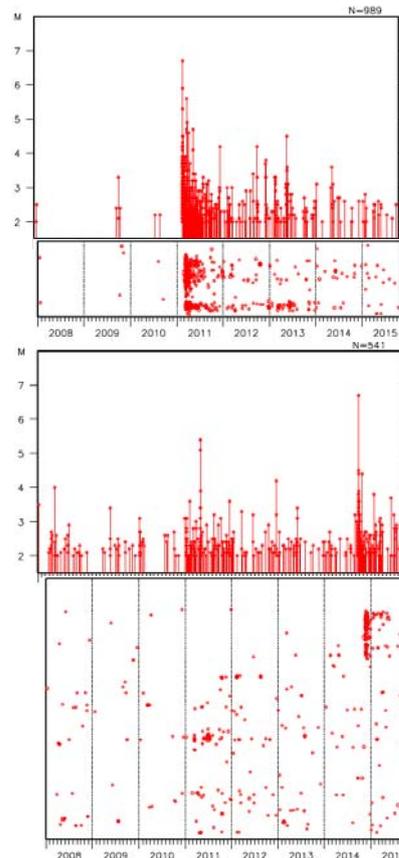


図7 山形県沖の地震活動。左:震央分布図。右上:M-T図。右下:回数積算図。

## 東北地方太平洋沖地震前後のスロー地震活動の変化

日本付近ではプレートの沈み込み過程に伴う現象として、スロースリップイベント（以下、SSE）、超低周波地震、低周波微動といった、スロー地震の発生が報告されている。以下では、十勝沖から南西諸島にかけての各領域でのスロー地震の活動状況について、防災科学技術研究所によるモニタリング結果に他機関の結果を併せ、報告する。

十勝沖では超低周波地震の活動が 2003 年十勝沖地震の後に活発化していたが、徐々に低調になってきている。この傾向は、2011 年東北地方太平洋沖地震（以下、東北沖地震）の後も継続しており、東北沖地震に伴う顕著な変化はみられていない。

東北地方太平洋沖については、近年、超低周波地震の発生が、東北沖地震の大すべり域付近および、岩手沖や福島・茨城沖の領域で報告されている。図 1 に示すように、岩手沖や福島・茨城沖の活動は、東北沖地震後に活発化し、その後徐々に低調になりながらも活動が検出されている。一方で、大すべり域付近の活動は地震後には検出されおらず、静穏化の可能性が示唆される。加えて、近年海底水圧計や海底地震計を用いた研究からは、東北沖地震前に SSE や低周波微動が発生していたことも報告されている。

房総半島沖では、SSE の繰り返し発生が報告されている。この SSE は地震活動を伴い、1980 年代以降について活動状況が明らかにされている（図 2）。加えて、東北沖地震の直後には小規模な SSE が発生したことが、相似地震の解析から指摘されている。その後も、2011 年 10 ～ 11 月および 2013 年 12 月～2014 年 1 月に、SSE の発生が報告されており、後者は小規模なものであったことが地殻変動データの解析から推定されている。これらの活動間隔は東北沖地震前に比べて短くなっている。

南海トラフにおいては、深部低周波微動が繰り返し活発化し、それに伴う短期的 SSE や深部超低周波地震の発生が検出されているが、これらの活動について、東北沖地震前後で顕著な変化はみられない。また、これらのスロー地震活動よりも沈み込むプレートの浅い側にみられる長期的 SSE や、海溝軸付近にみられる浅部超低周波地震の活動についても、東北沖地震の前後で顕著な変化はみられていない。

日向灘から南西諸島にかけての領域では、超低周波地震および SSE の発生が報告されている。これらの活動についても、東北沖地震の前後で顕著な変化はみられていない。

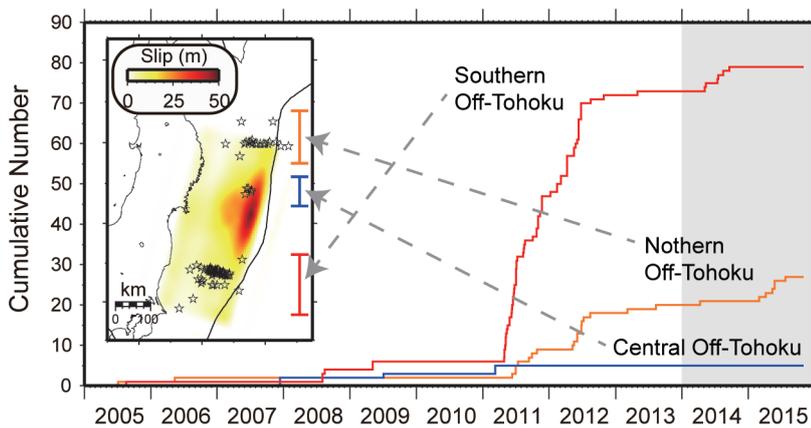
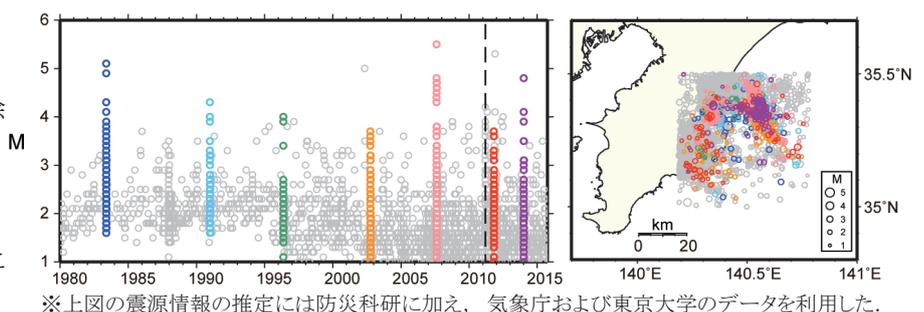


図 1. 東北地方太平洋沖で発生した超低周波地震の、クラスター毎の積算個数変化。Matsuzawa et al. (2015, GRL) の結果に、2014 年～2015 年 10 月の暫定解析結果を加えたものを示す。橙線、青線、赤線はそれぞれ岩手沖、大すべり域付近、福島・茨城沖のクラスターでの活動に対応する。図内の地図には、超低周波地震の震央を星印で示し、Suzuki et al. (2011, GRL) による 2011 年東北地方太平洋沖地震のすべり量分布を色で示した。

図 2. (左図) 1980 年～2015 年 9 月までの房総沖の地震活動の MT 図。SSE の発生が推定される期間（2011 年 3 月の SSE を除く）に発生した地震の分布を、SSE 毎に色付きの丸印で示した。また、灰丸はその他の期間の地震を示す。(右図) 左図に示した地震の震央分布。色は左図で示した SSE にそれぞれ対応する。

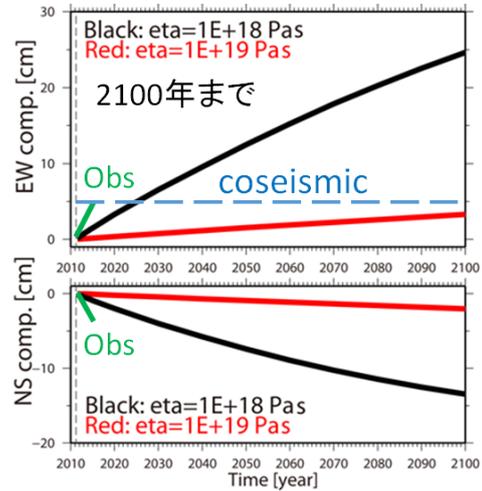


※上図の震源情報の推定には防災科研に加え、気象庁および東京大学のデータを利用した。

## 東北地方太平洋沖地震前後の広域的な地殻活動の変化

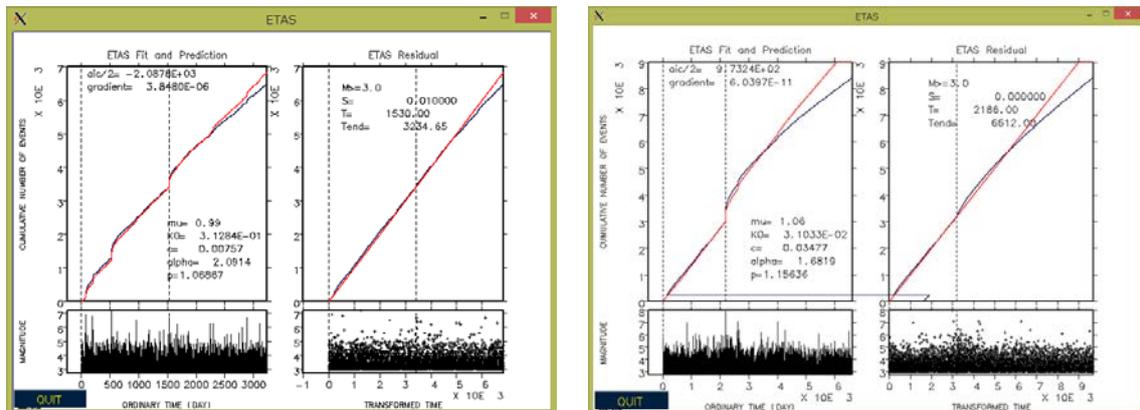
北海道大学大学院理学研究院 高橋浩晃

東北地方太平洋沖地震前後の広域的な地殻活動について検討を行った。ロシア沿海州や中国東北部では最大 5cm 程度の地震時変位が GNSS で観測されたが、広域的な余効変動は現在も継続中である。ウラジオストク周辺では余効変動による変位量が地震時変位を上回りつつあり、粘弾性モデルから予測されるものよりも大きい。中国東北部の断層帯で  $\Delta CFF$  の増加が予測されているが、2014 年までの地震活動に顕著な変化は見られていない。粘弾性応答を考慮した変位の予測実験によると、ロシア沿海州や中国東北部では現在と同じレートでの余効変動が数 100 年継続する可能性があり、今後、地震活動に変化が現れる可能性もある。長期間の地殻活動変化の評価には、過去の地震やプレート運動等の影響を評価することが必要で、今後の検討課題である。



図：ウラジオストク周辺での 2100 年までの余効変動累積変位量予測値（赤と黒線）と観測値（緑）との比較。原図は大園真子山形大講師による。

東北沖地震の震源域を除く日本列島全域の地震活動の ETAS モデルによると、2014 年ころから地震活動の低下傾向が見られる。東北沖に隣接する千島海溝南西部・伊豆小笠原海溝北部、および九州内陸部では、東北沖地震前後で顕著な地震活動の変化はないように見える。千島海溝南西部の十勝沖・根室沖・色丹島沖の領域では、松浦 (2014) が指摘しているような 2007 年ころからの地震活動度の低下が、東北沖地震で変化することなく現在まで継続している。



左図：東北沖地震震源域を除いた日本列島全域の ETAS モデルによる予測。2014 年ころから低下傾向にあるように見える。右図：十勝根室色丹沖の ETAS モデルによる予測。2007 年ころからの地震活動の低下傾向が継続している。計算には気象庁震源と XETAS (鶴岡・尾形, 2015; Ogata, 2006) を利用した。

## 第 210 回地震予知連絡会 重点検討課題 趣旨説明

### 「予測実験の試行について」 (2)

コンビーナ 国土地理院 今給黎哲郎

第 208 回地震予知連絡会でも報告したように、平成 27 年度から始まる第 24 期では「予測実験の試行」を行うこととし、地震発生や地殻変動について、いくつかの予測手法と予測と実際の結果を比較した事例を紹介した。第 210 回では、同じ手法によって、前回発表時以降の地震発生や地殻変動について、その時点での予測と、実際の発生状況あるいは変動の進行がどの程度適合しているかを検討、評価することを行う。

このような比較・検証が可能であるためには、「予測」された現象が厳密に定義されている必要がある。さらに「予測」と「結果」の比較を行う上で、どのような「評価」を与えるかについての定義についてもコンセンサスが必要である。

地震の発生については、発生を「1」、発生せずを「0」とした 2 値的な予測であれば「適中率」や「予知率」といった指標が計算できる。しかし、「適中率」と「予知率」の間には予知情報をどれくらいの頻度で出すかによってのバターの関係があることが知られており、どちらの数値がどの程度であれば優れた手法と言えるのか、といった目安を示すことはできないでいるのが現状である。また、確率的な予測に対しては、別の定義による指標が必要であるが、まだ十分な共通理解に基づいた標準的指標があるとは言えない。

今回は、予測の有効性についての「評価手法」の紹介を行うとともに、可能な範囲で「予測」を評価した事例についても紹介し、「予測」の価値を評価するための共通認識を共有するための議論を行いたいと考えている。

第 210 回では、主に第 208 回で取り上げた予測手法を対象とした事例紹介と議論を想定しているが、今後は地震予知連絡会での議論を経た上で、別に提案されているような予測手法についても、評価・検証が可能な定式化がされているかどうかを確認した上で、「試行」の対象を拡大することも検討していくべきと考える。