

平成24年2月17日

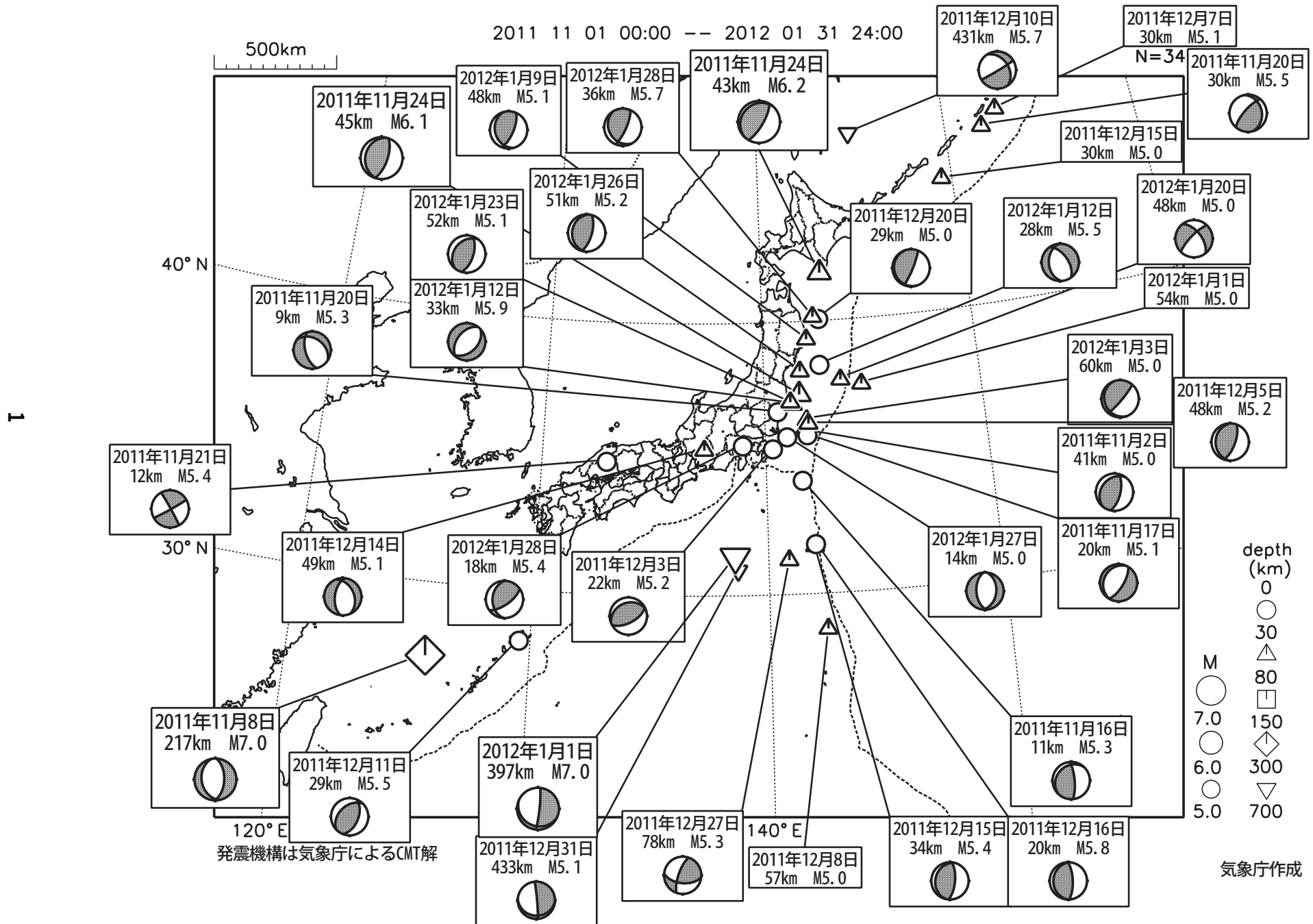
第194回 地震予知連絡会

記者レクチャー資料

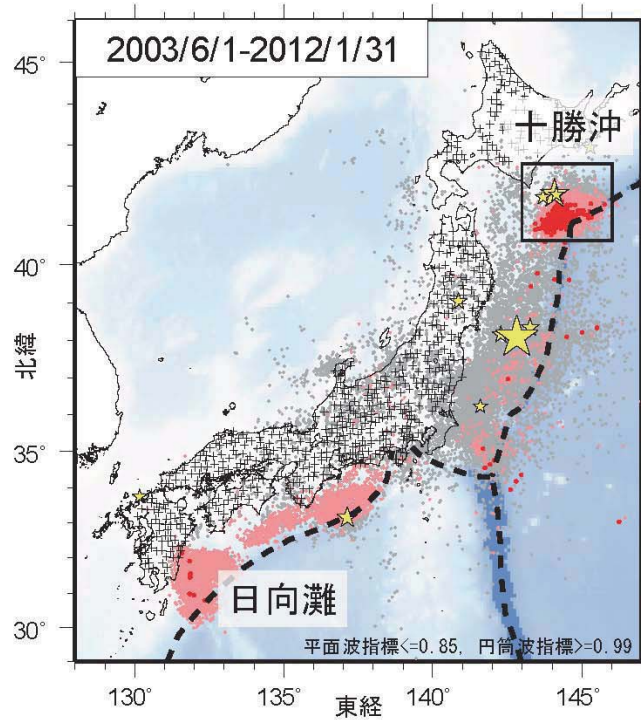
事務局：国土地理院

地殻活動モニタリングに関する検討

日本とその周辺の地震活動（2011年11月～2012年1月、M $\geq$ 5.0）

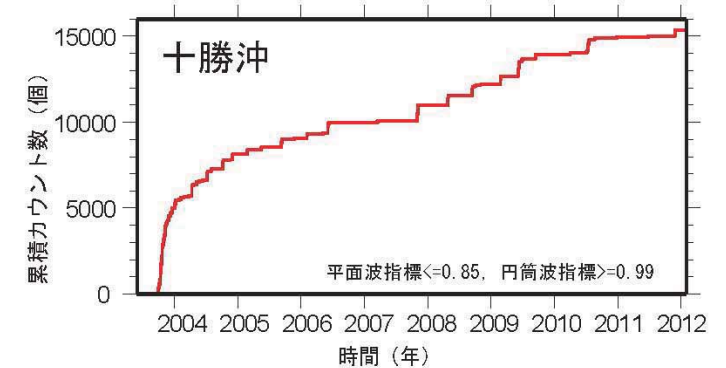


日本周辺における浅部超低周波地震活動（2011年11月～2012年1月）

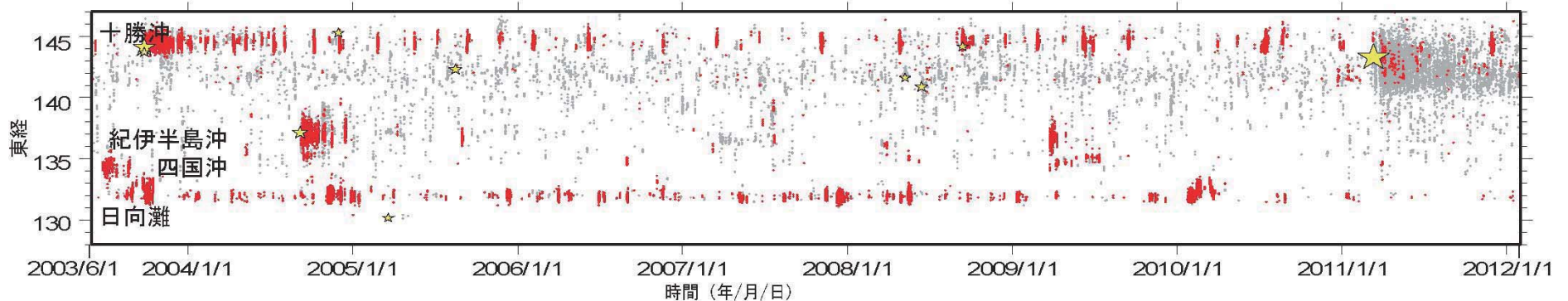


- 十勝沖で11月下旬から12月上旬に浅部超低周波地震活動、活発な活動としては2010年7月以来、約1年半ぶり。
- 日向灘でも1月中旬に小規模な浅部超低周波地震活動

第1図. 2003年6月1日から2012年1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, または自動検出震源と照合し, 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 (2011年10月31日以前), および赤色 (11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, 3月11日以降は東北地方太平洋沖地震の本震のみ).

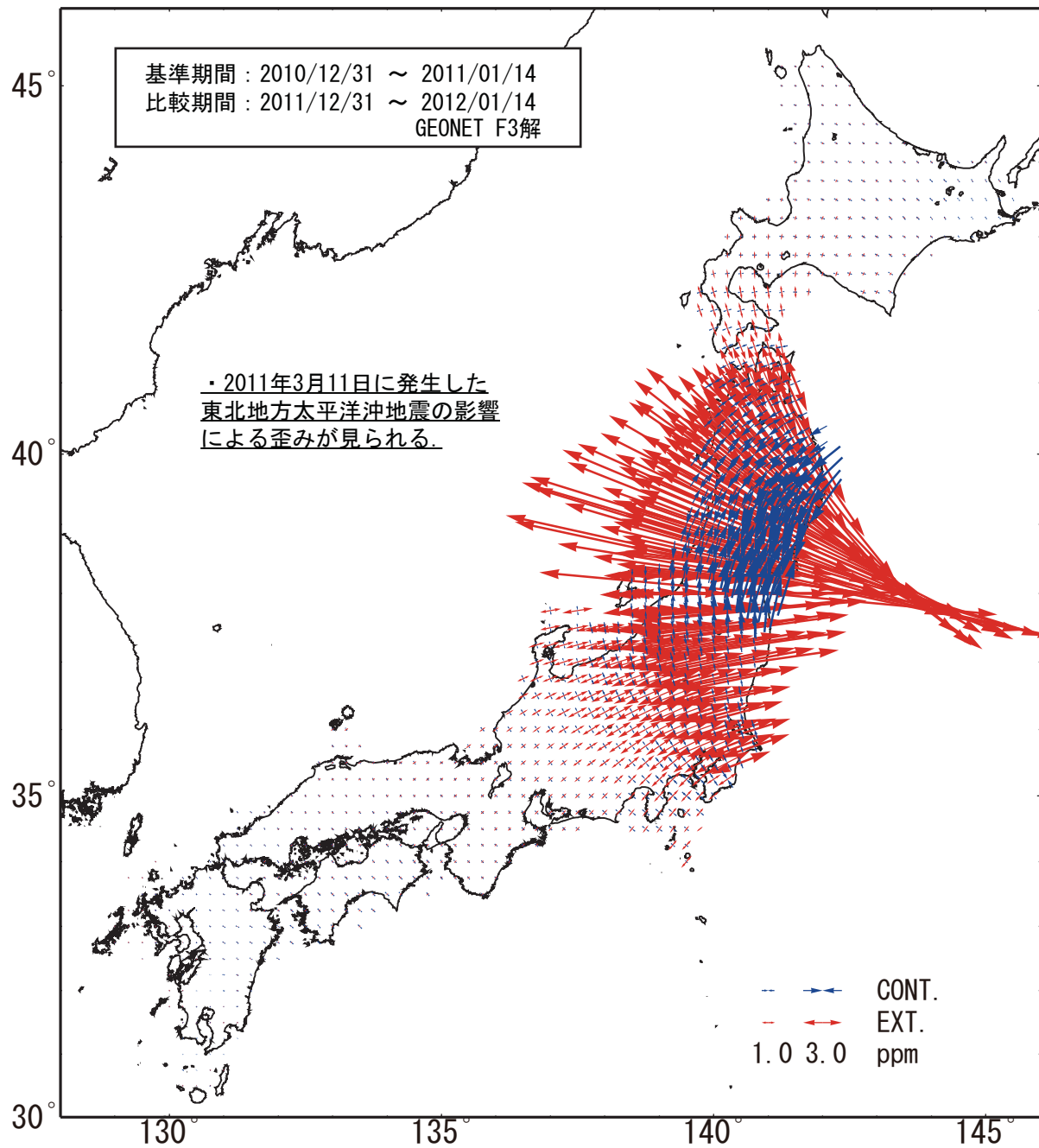


第2図. 十勝沖における検出イベントの累積カウント数の時間変化. 幅60秒間の解析時間窓を15秒毎に設定し, それぞれの解析時間窓内にイベントが検出される度に1カウントと数えるよう定義した.



第3図. 2003年6月1日から2012年1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手動検出震源と照合し, 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.

GPS連続観測から推定した日本列島の歪み変化



GPS座標値データに基づいて1年間の歪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、それに基づいて歪みを計算している。

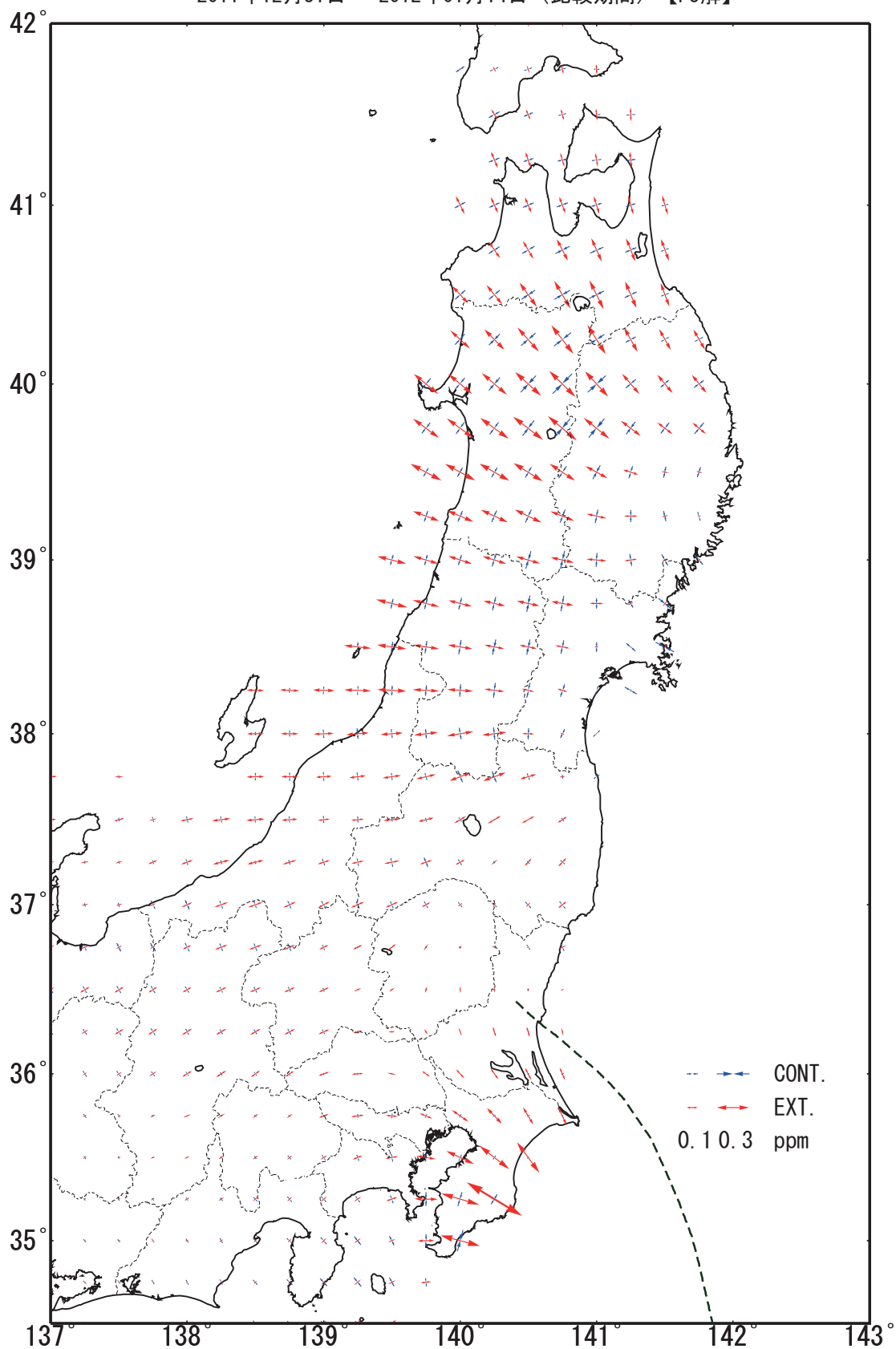
国土地理院資料

GPS連続観測データから推定した地震後の歪み変化（東日本）

東北地方太平洋沖地震後の余効変動と、2011年10月26日から11月8日にかけて観測された房総半島沖SSEに伴う地殻変動の影響が見られる。

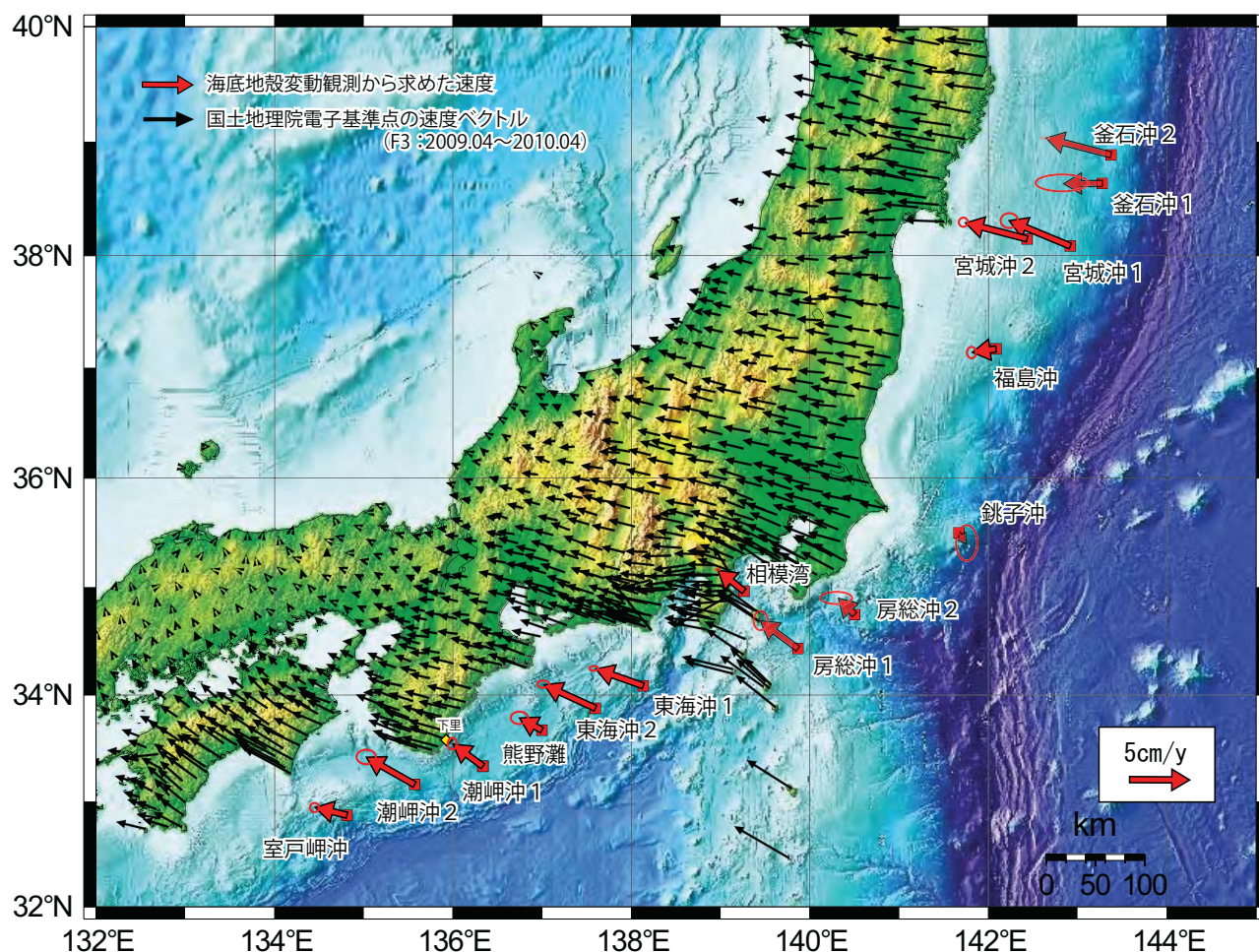
期間：2011年 9月30日 - 2011年10月14日（基準期間）【F3解】

2011年12月31日 - 2012年01月14日（比較期間）【F3解】



・太点線はフィリピン海スラブの北東端 (Uchida et al., 2010, JGR)

国土地理院資料

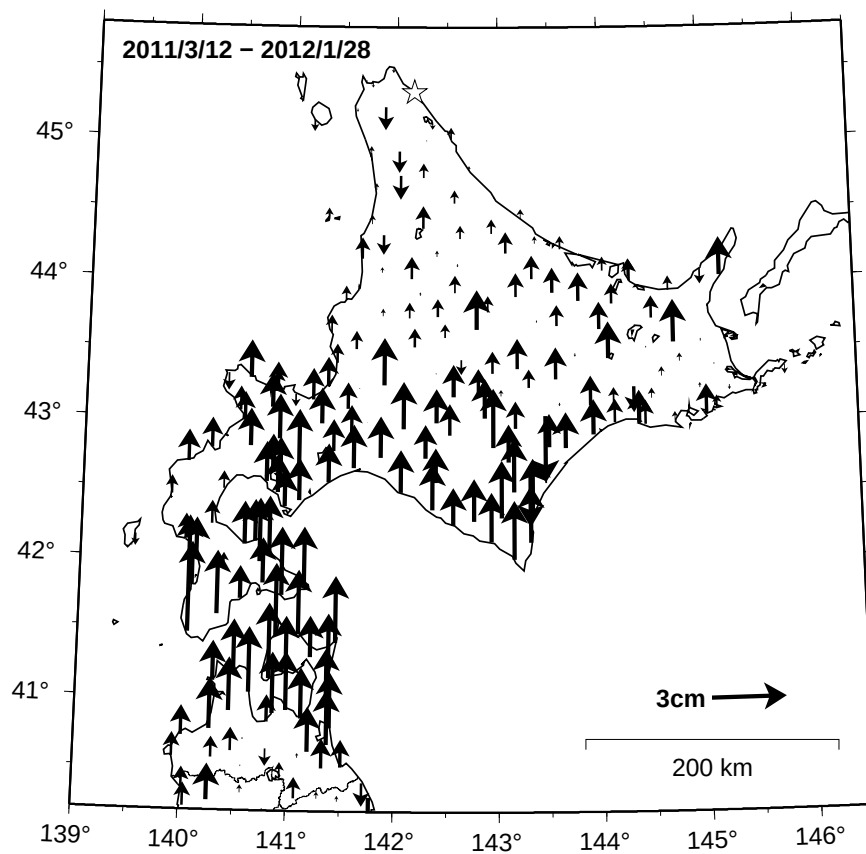


基準点名	移動速度	方向	移動速度計算に使用した観測期間及び観測回数
釜石沖2	5.6cm/年	285°	2002.7~2010.11 (6回) (参考値)
釜石沖1	3.2cm/年	270°	2007.7~2010.11 (5回) (参考値)
宮城沖2	5.3cm/年	285°	2006.6~2010.11 (9回)
宮城沖1	7.8cm/年	290°	2002.5~2005.8 (9回) 2005.8.16(M7.2)発生前まで
	5.5cm/年	293°	2006.12~2011.2 (9回) 2005.8.16(M7.2)発生後
福島沖	2.0cm/年	262°	2003.6~2011.2 (10回)
銚子沖	1.1cm/年	148°	2007.7~2010.7 (5回) (参考値)
房総沖2	1.9cm/年	316°	2007.9~2010.11 (6回) (参考値)
房総沖1	3.9cm/年	307°	2007.9~2010.11 (6回) (参考値)
相模湾	2.8cm/年	309°	2004.1~2011.3 (9回)
東海沖1	4.2cm/年	292°	2006.8~2010.12 (9回)
東海沖2	4.7cm/年	295°	2007.8~2011.1 (10回)
熊野灘	2.1cm/年	299°	2007.8~2011.1 (7回)
潮岬沖1	3.1cm/年	307°	2006.6~2011.1 (10回)
潮岬沖2	4.6cm/年	301°	2007.8~2011.1 (8回)
室戸岬沖	2.7cm/年	284°	2006.9~2010.12 (9回)

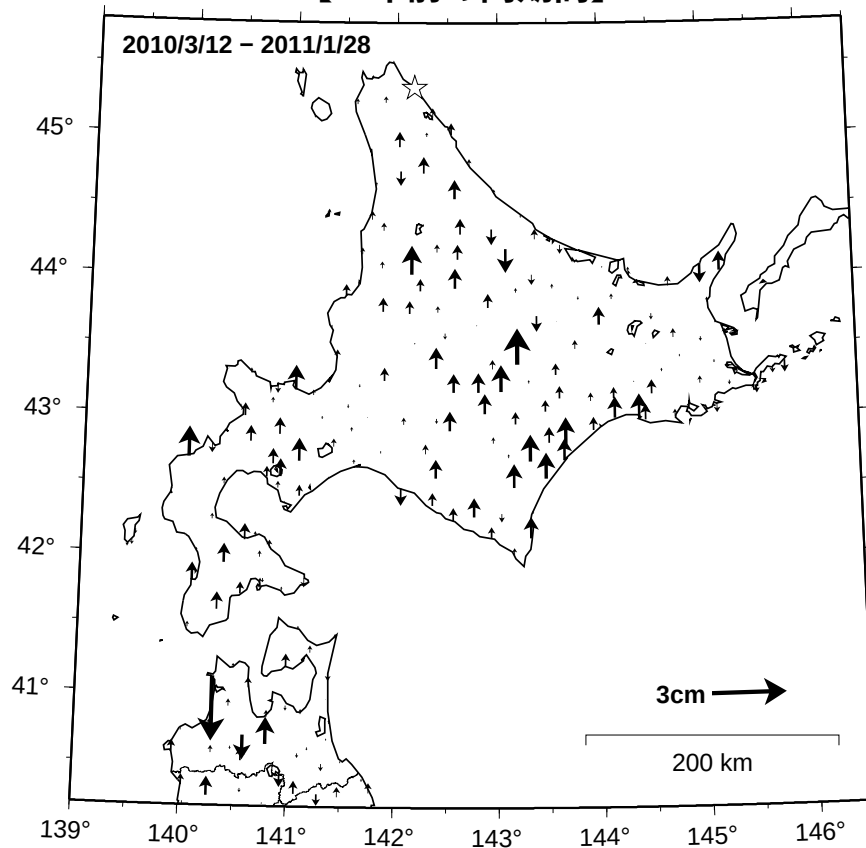
図1 東北地方太平洋沖地震発生前までの海底の動き（ユーラシアプレート安定域固定）

下里を基準として重心推定法（松本ほか、2008）にて解析した結果に、Sengoku (1998) で得られた下里の移動速度（291°，3.2cm/year）を補正して算出した。

北海道の上下地殻変動【猿払固定】速報解
平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震後累積



【1年前の同期間】



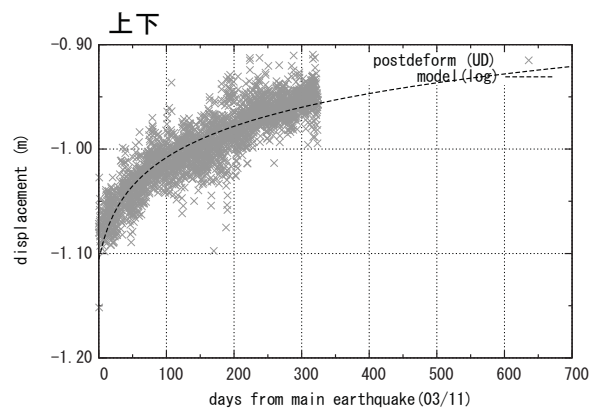
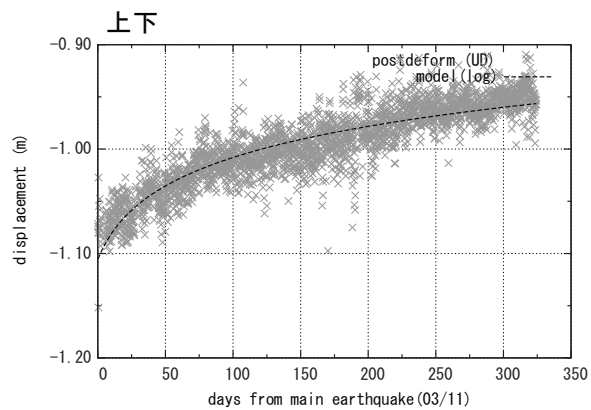
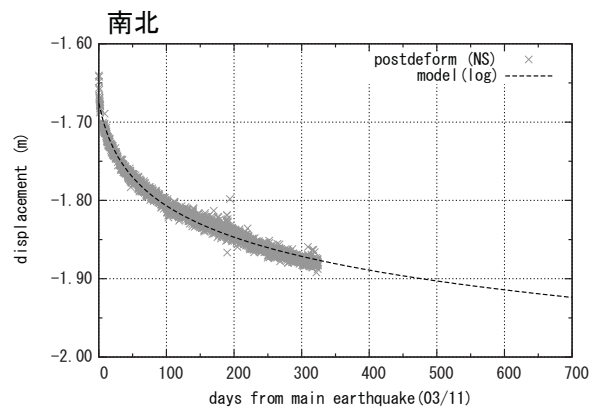
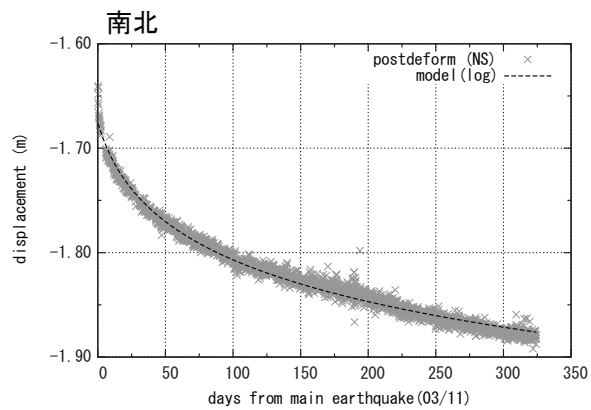
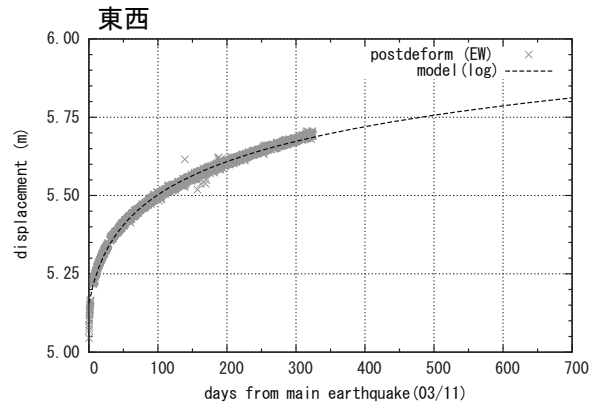
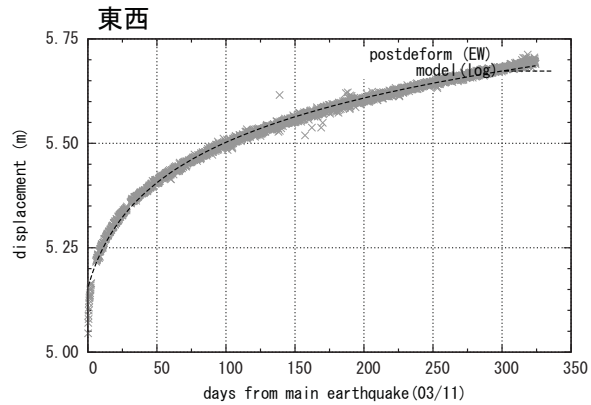
平成23年(2011年) 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動

対数関数近似

計算期間 2011/03/11 18:00:00 ~ 2012/01/29 21:00:00 【Q3 解】

(6) M牡鹿(059071)

固定局：福江(950462)



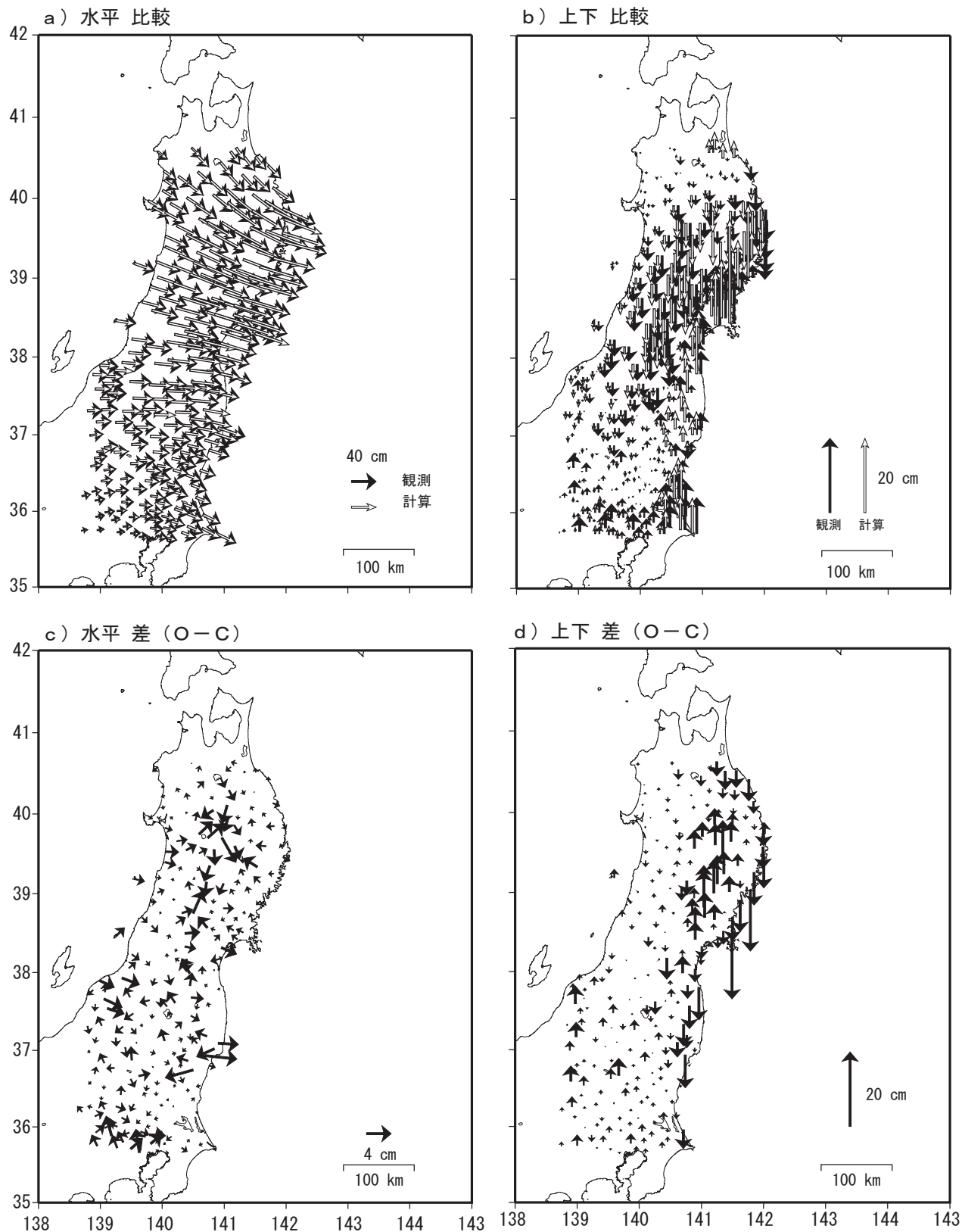
成分	fitting function (推定値±漸近標準誤差)
東西	$(0.1692 \pm 0.0002) \log(1+t/(14.79 \pm 0.25)) + (5.1557 \pm 0.0006)$
南北	$(-0.0640 \pm 0.0002) \log(1+t/(14.79 \pm 0.25)) + (-1.6758 \pm 0.0004)$
上下	$(0.0477 \pm 0.0005) \log(1+t/(14.79 \pm 0.25)) + (-1.1058 \pm 0.0012)$

reduced chi square : $\chi^2 = 2.6$

国土地理院資料

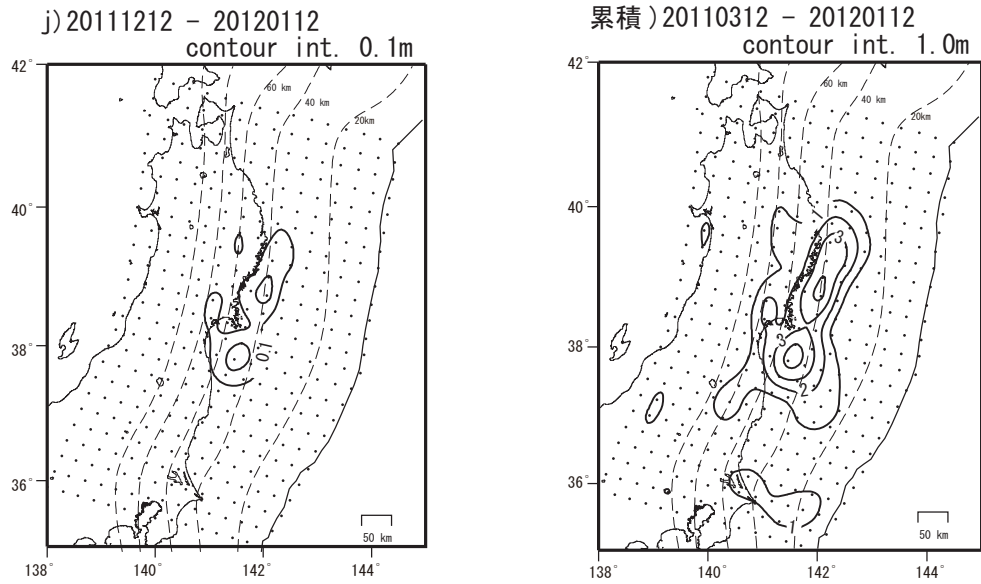
平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震後の 地殻変動ベクトルの観測値と計算値の比較（3）（暫定）【モデル 2】

データ期間 20110312-20120112【F3最終解（R3速報解も含む）】 固定局：福江(950462)



平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震後の プレート境界面上の滑りの時間変化（2）（暫定）【モデル 2】

顕著な滑りの移動は見られない。

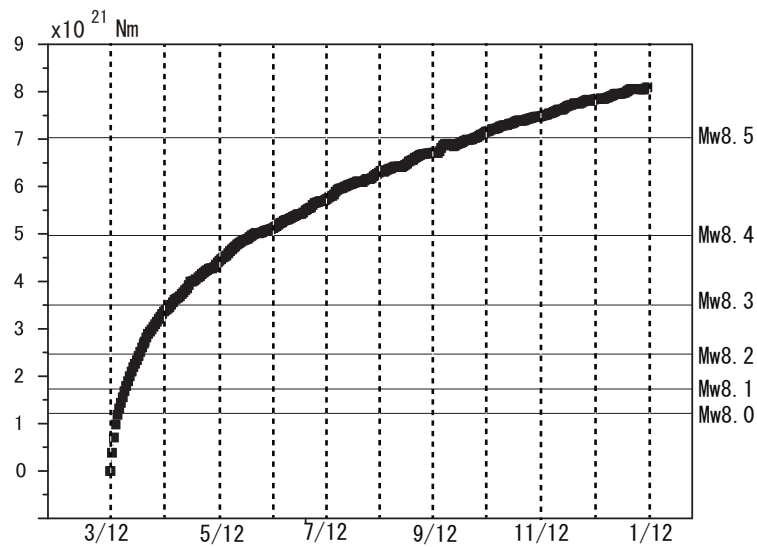


固定局：福江（950462）

・点線は沈み込む太平洋プレート上面の等深線（Nakajima and Hasegawa, 2006）。

時間と共にモーメントの解放速度が小さくなっている

データ期間 20110312 - 20120112 【F3 最終解（R3 速報解も含む）】



（剛性率：40GPa）

地震直後の約 30 時間のモーメント増加量は含まれていない。

	観測期間	移動量
釜石沖2	4月3日 ~ 11月27日	5cm
釜石沖1	4月5日 ~ 8月31日	8cm
宮城沖1	3月28日 ~ 1月13日	23cm
宮城沖2	3月27日 ~ 11月19日	12cm
福島沖	3月29日 ~ 1月14日	52cm
銚子沖	4月18日 ~ 1月13日	30cm

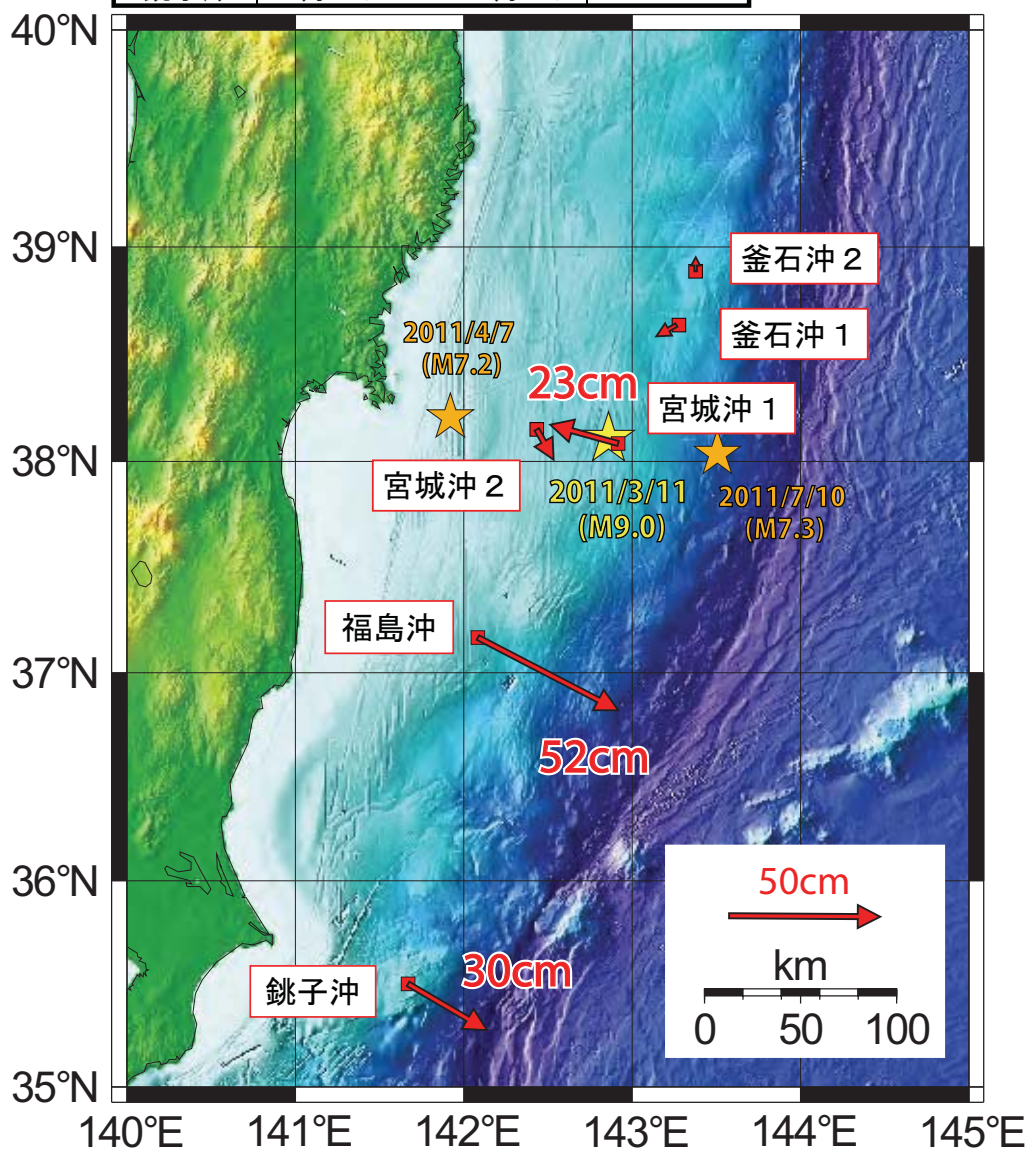


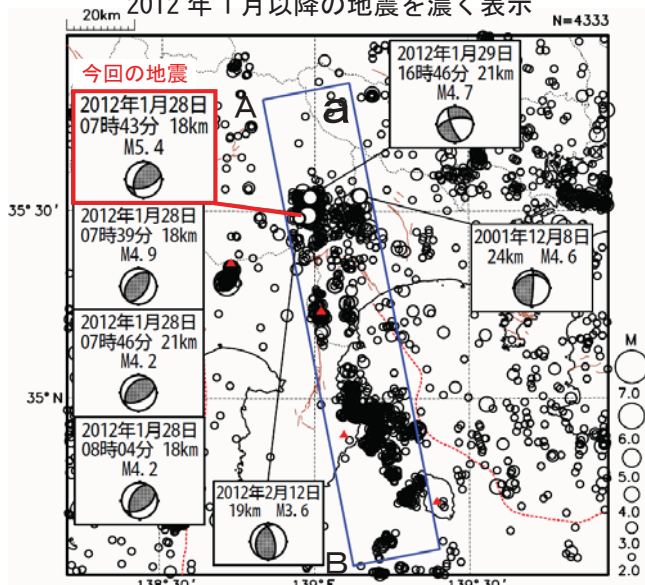
図1 地震後の各海底基準点の移動量（ユーラシアプレート安定域固定）

下里を基準として重心推定法（松本ほか、2008）にて解析した結果に、Sengoku (1998) で得られた下里の移動速度（ 291° ， 3.2cm/year ）を補正して算出した。図中の星は観測点近傍で起きた主な地震を示す。

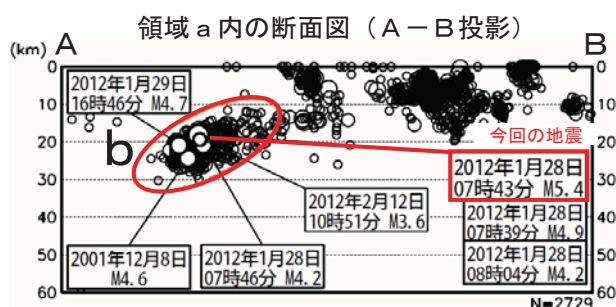
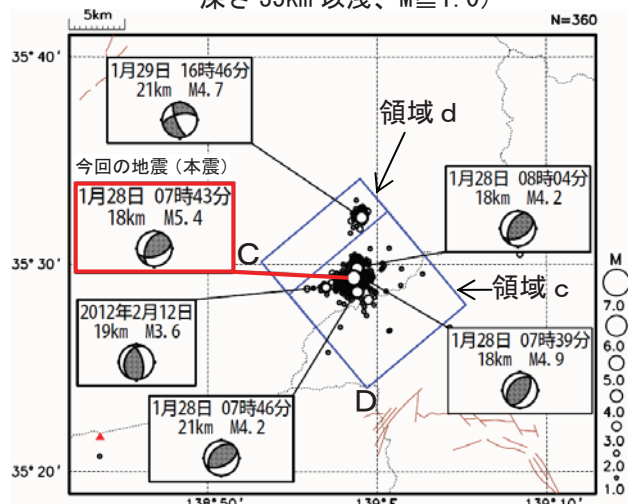
1月28日 山梨県東部・富士五湖の地震

震央分布図 (1997 年 10 月 1 日～2012 年 2 月 13 日、
深さ 0 ～60km、 $M \geq 2.0$)

2012 年 1 月以降の地震を濃く表示



細線で地震調査研究推進本部による主要活断層帯を表示。

震央分布図 (2012 年 1 月 28 日～2 月 13 日、
深さ 35km 以浅、 $M \geq 1.0$)

細線で地震調査研究推進本部による主要活断層帯を表示。

領域 c および d 内で震度 1 以上を観測した
地震の回数（1 月 28 日～2 月 13 日）

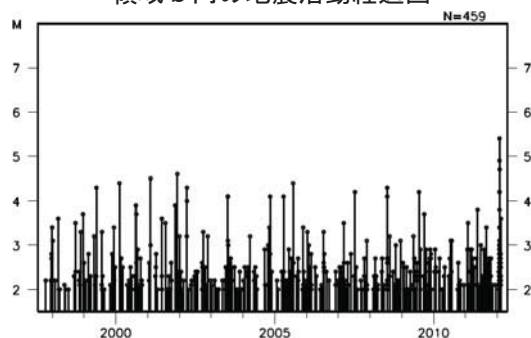
震度	震度 1	震度 2	震度 3	震度 4	震度 5 弱	合計
回数	15	4	2	2	1	24

2012年1月28日07時43分に山梨県東部・富士五湖の深さ18kmでM5.4の地震（最大震度5弱）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あった。この地震が発生する4分前の07時39分にも深さ18kmでM4.9の地震（最大震度4）が発生していた。

また、翌 29 日 16 時 46 分には、その約 5 km 北の深さ 21 km で M4.7 の地震（最大震度 4）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あった。

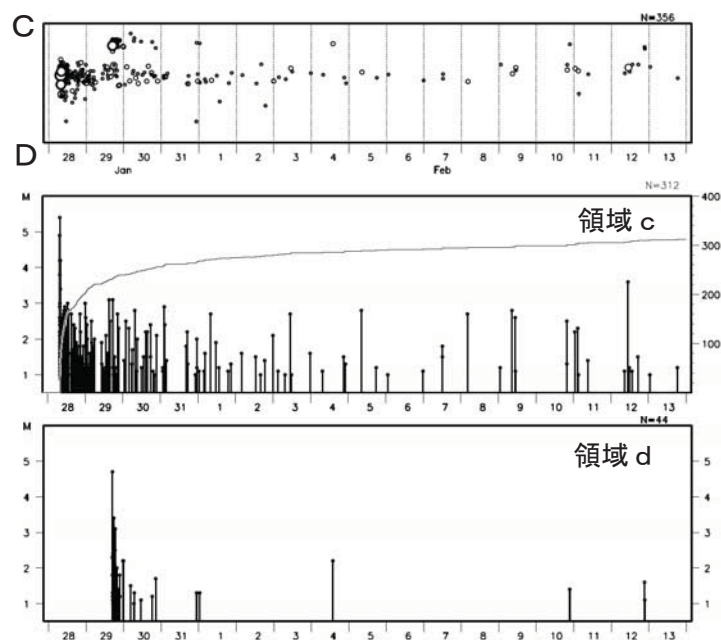
1997 年 10 月以降の活動を見ると、今回の地震の震源周辺（領域 b）では、2001 年 12 月 8 日の M4.6 の地震（最大震度 5 弱）など、M4.0 以上の地震が時々発生している。

領域b内の地震活動経過図



(上段) 左図領域 c および領域 d 内の時空間分布図
(C-D 投影)

(中段) 左図領域 c 内の地震活動経過図および回数積算図
(下段) 左図領域 d 内の地震活動経過図



今回の震源域近傍におけるP波速度構造断面図(Arai, 2011)に震源分布を投影した(図2)。今回の地震の震源分布(図2中の赤丸)は南東傾斜の曾根丘陵断層帯の深部延長上に並んでいるように見える。またこの分布は、Abe et al (2011) によるレーシーバ関数干渉法統合断面から推定される速度境界面とも調和する(図3)。今回の活動は、定常的に活発な地震活動域(図2中の白丸)の内部に位置するが、上記の特徴から伊豆-小笠原弧の衝突によって形成された南傾斜の断層帯に関連した活動である可能性が高い。尚、この断層帯は曾根丘陵断層帯の深部延長にあたる。

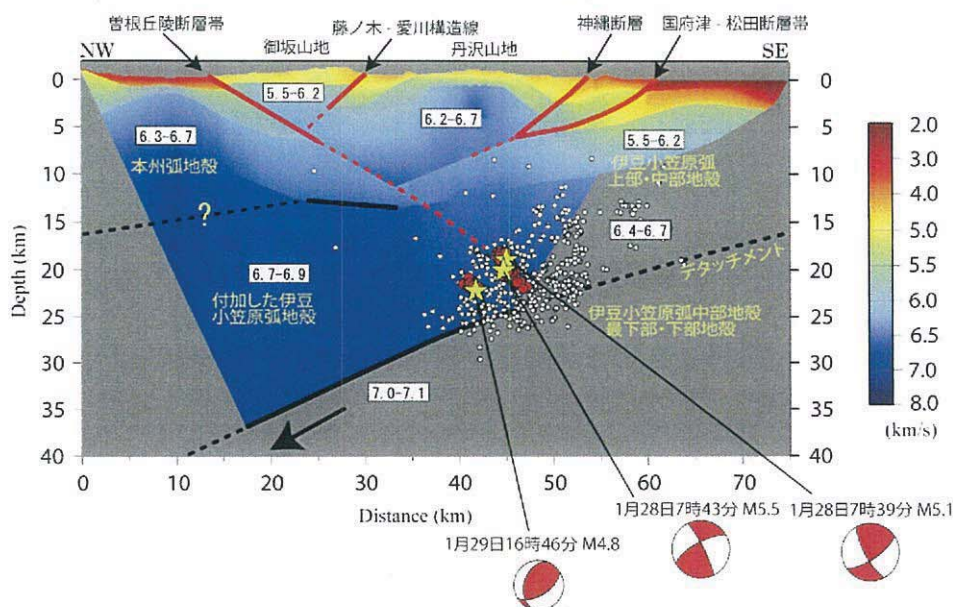


図2 Arai (2011) によるP波速度構造断面(測線は図1の黒色実線)及びその解釈図と今回の地震活動。震源分布とメカニズム解(F-net)は測線の走向(N44W)の鉛直断面に投影した。赤実線:断層に対応する速度境界面、赤点線:断層の深部延長(解釈)、黒実線:地殻内の速度境界面、黒点線:推定された地殻内の速度境界面。図中の数値:各領域のP波速度。

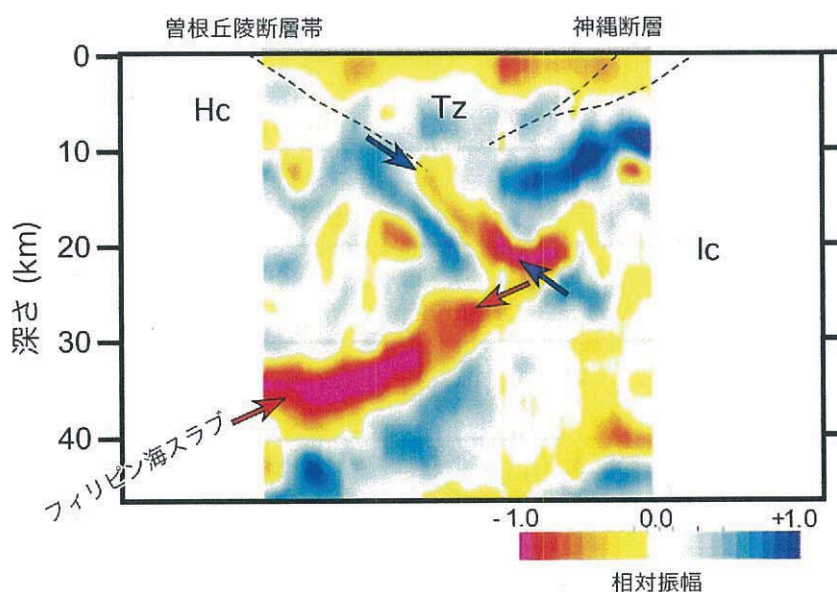
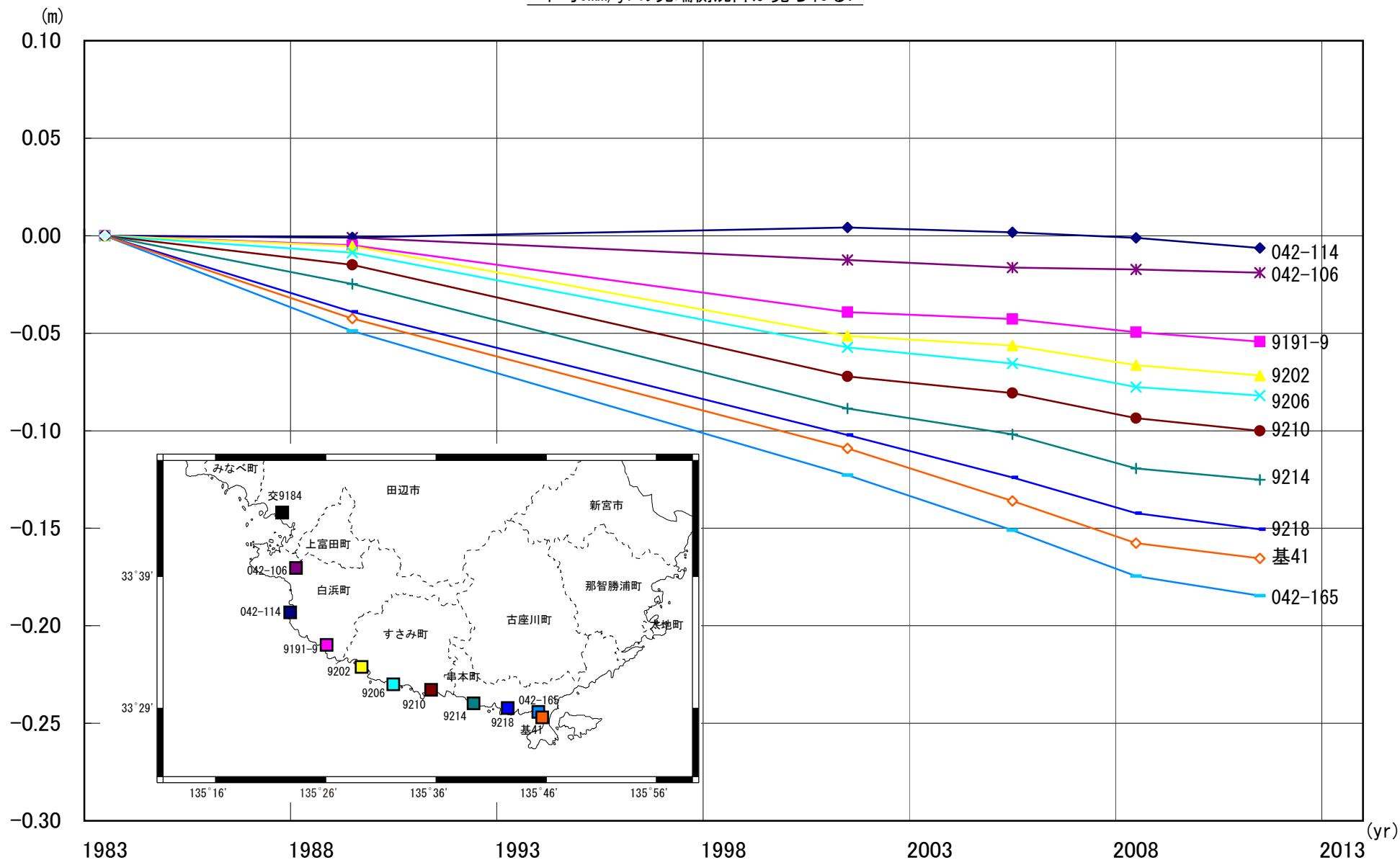


図3 Abe et al. (2011) によるレーシーバ関数干渉法統合断面(測線は図1の黒色実線)とその解釈図(佐藤, 2012)。黒点線:曾根丘陵断層帯および神縄・国府津-松田断層帯、Hc:本州弧地殻、Tz:丹沢地塊、Ic:伊豆小笠原弧地殻、青矢印:曾根丘陵断層帯深部延長部。

1983年を基準とした紀伊半島各水準点の経年変化 (交9184固定：田辺市)

平均6mm/yrの先端側沈降が見られる。

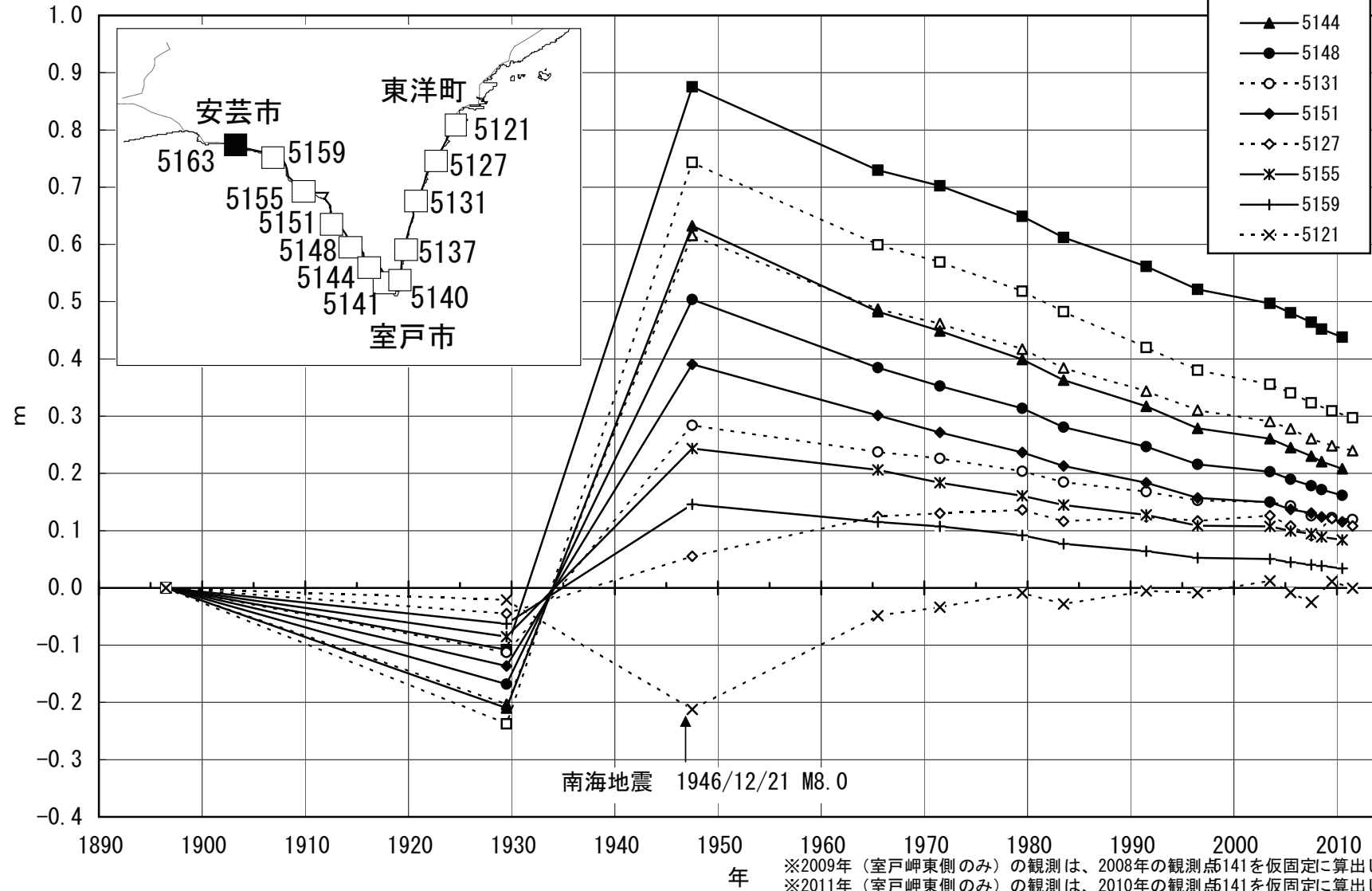
13



室戸地方の各水準点の経年変化

従来の傾向に変化は見られない。

基準：5163（安芸市） 基準年1896年



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 (2011 年 11 月～2012 年 1 月) その 1

- 短期的スロースリップイベント (SSE) を伴う顕著な微動活動：
紀伊半島北部， 12 月 16 ～ 22 日。
四国中部～西部， 12 月 22 ～ 28 日および 12 月 31 日～1 月 10 日。

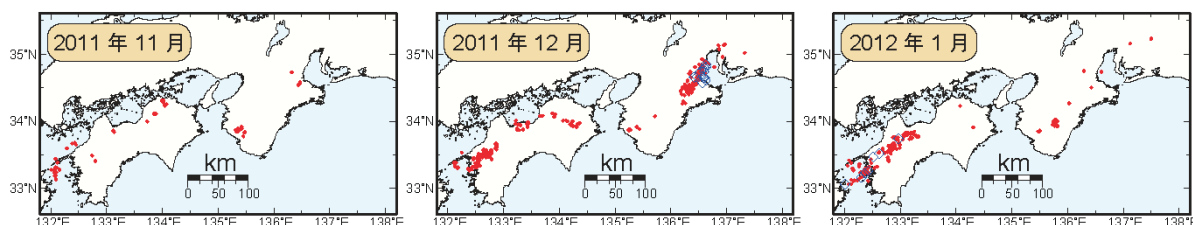


図 1. 西南日本における 2011 年 11 月～2012 年 1 月の月毎の深部低周波微動活動。赤丸が当該期間の微動の震央位置で、エンベロープ相関・振幅ハイブリッド法 (Maeda and Obara, 2009) およびクラスタ処理 (Obara et al., 2010) において、1 時間毎に自動処理された微動分布の重心である。青菱形は周期 20 秒に卓越する深部超低周波地震 (Ito et al., 2007) である。

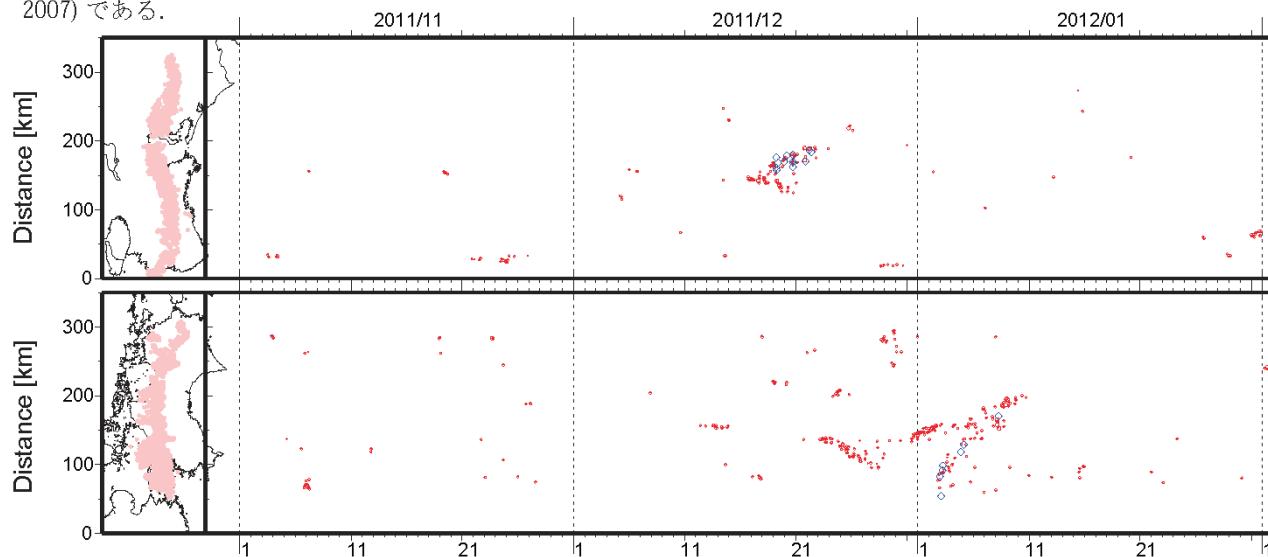


図 2. 2011 年 11 月～2012 年 1 月の深部低周波微動（赤）および、深部超低周波地震（青菱形）の時空間分布。

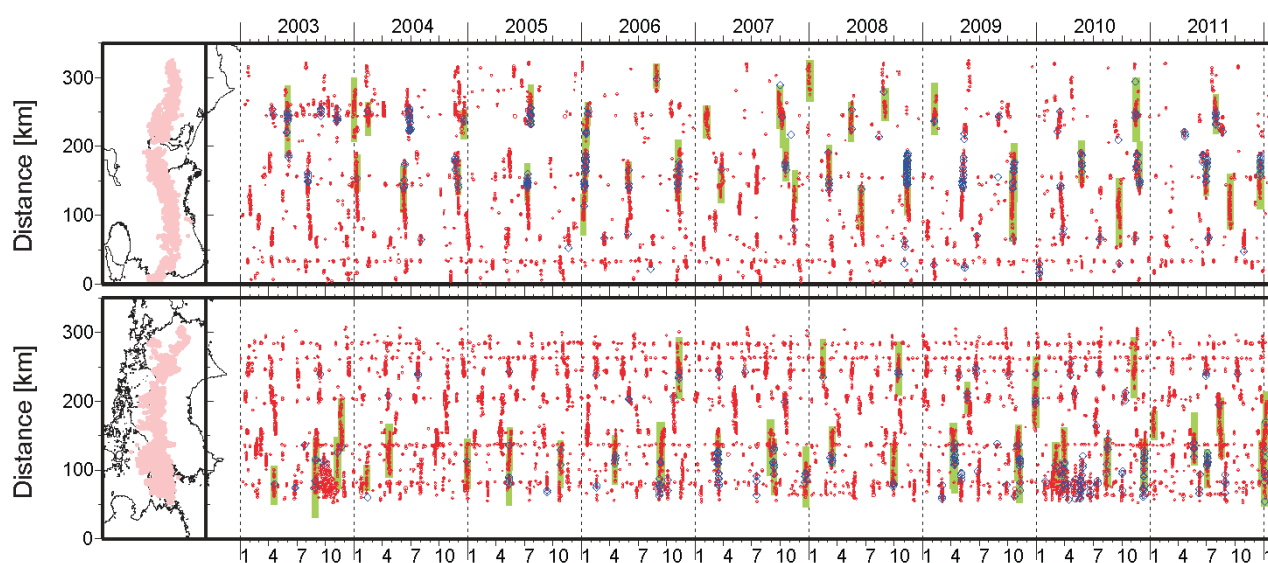


図 3. 2003 年 1 月～2012 年 1 月までの深部低周波微動（赤）および、深部超低周波地震（青菱形）の時空間分布。緑太線は、傾斜変動から検出された短期的 SSE。

2. 2011年12月～2012年1月 四国西部

2011年7月, 8月のSSE(それぞれMw 5.6, 5.9)とほぼ同じ領域でSSE (Mw 6.2)発生

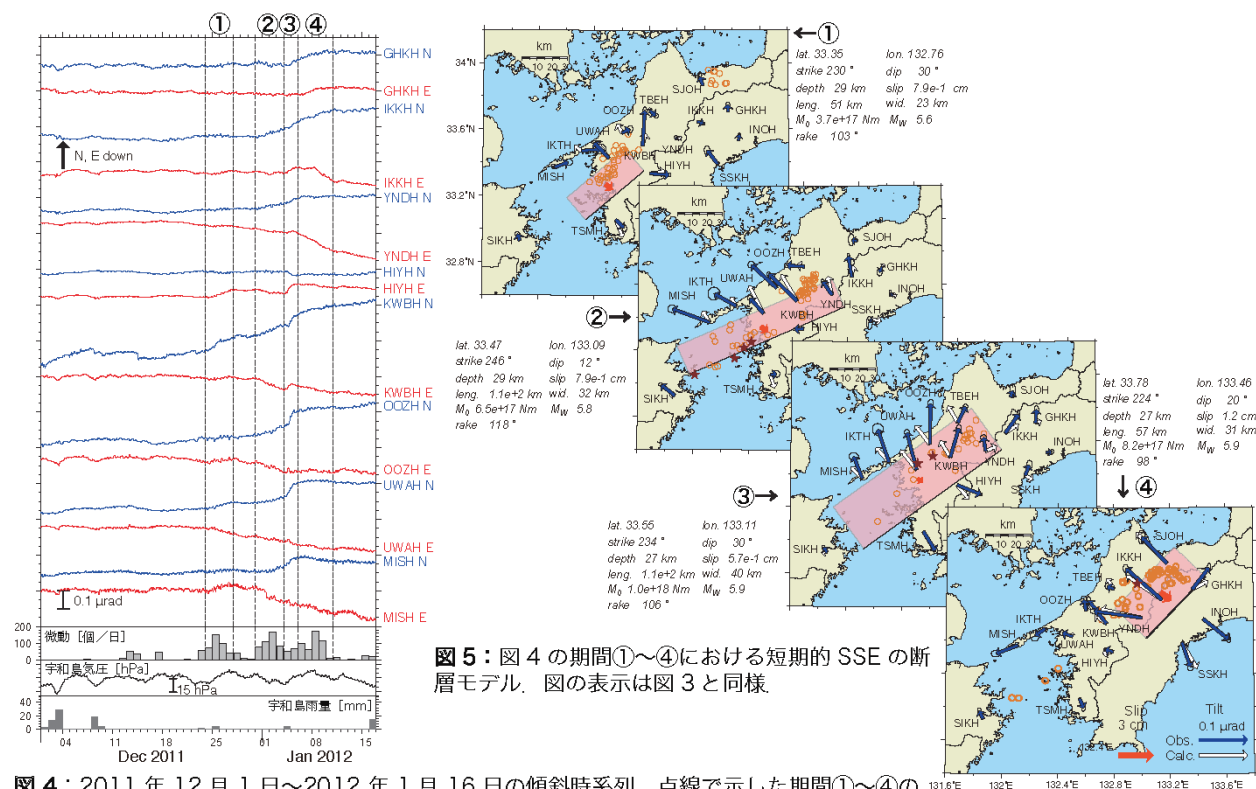


図4: 2011年12月1日～2012年1月16日の傾斜時系列。点線で示した期間①～④の傾斜変化ベクトルを図5に示す。その他の表示は図2と同様。この期間の四国西部での微動活動度、宇和島の気圧・雨量をあわせて表示する。

謝辞

気象庁のWEB ページで公開されている気象データを使用させて頂きました。記して感謝いたします。

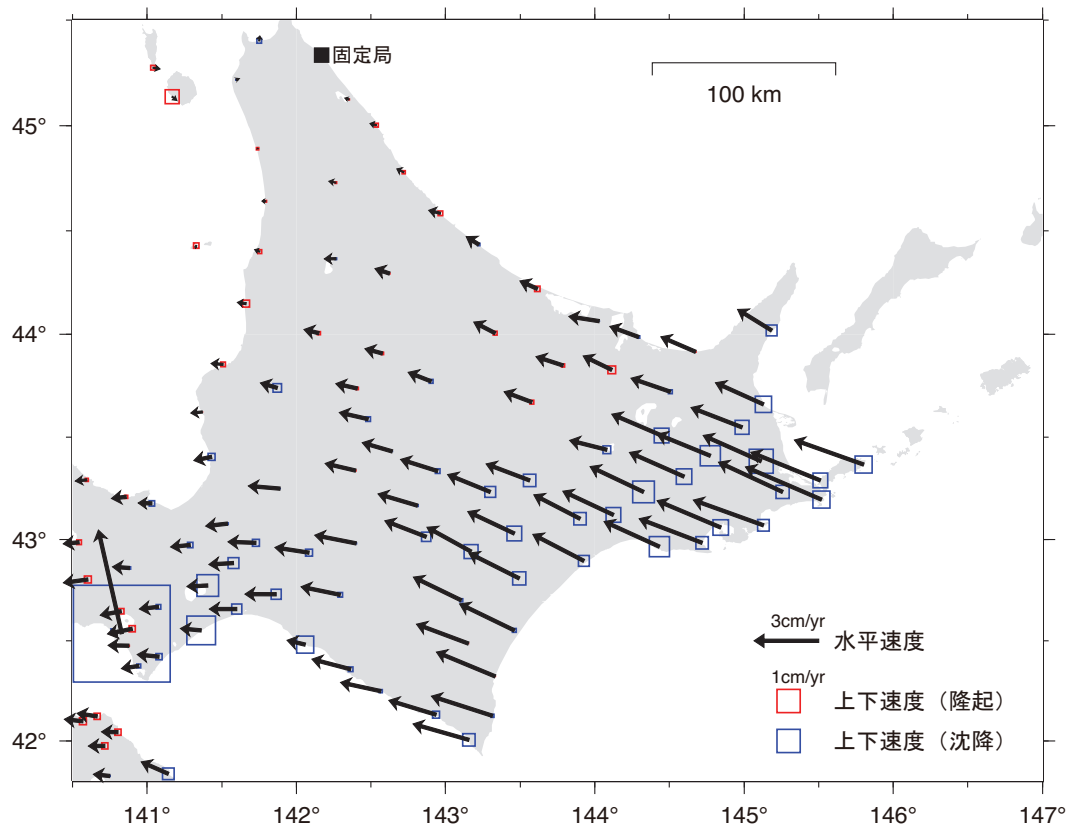
重点検討課題の検討

「プレート境界に関するわれわれの
イメージは正しいか？（その２）」

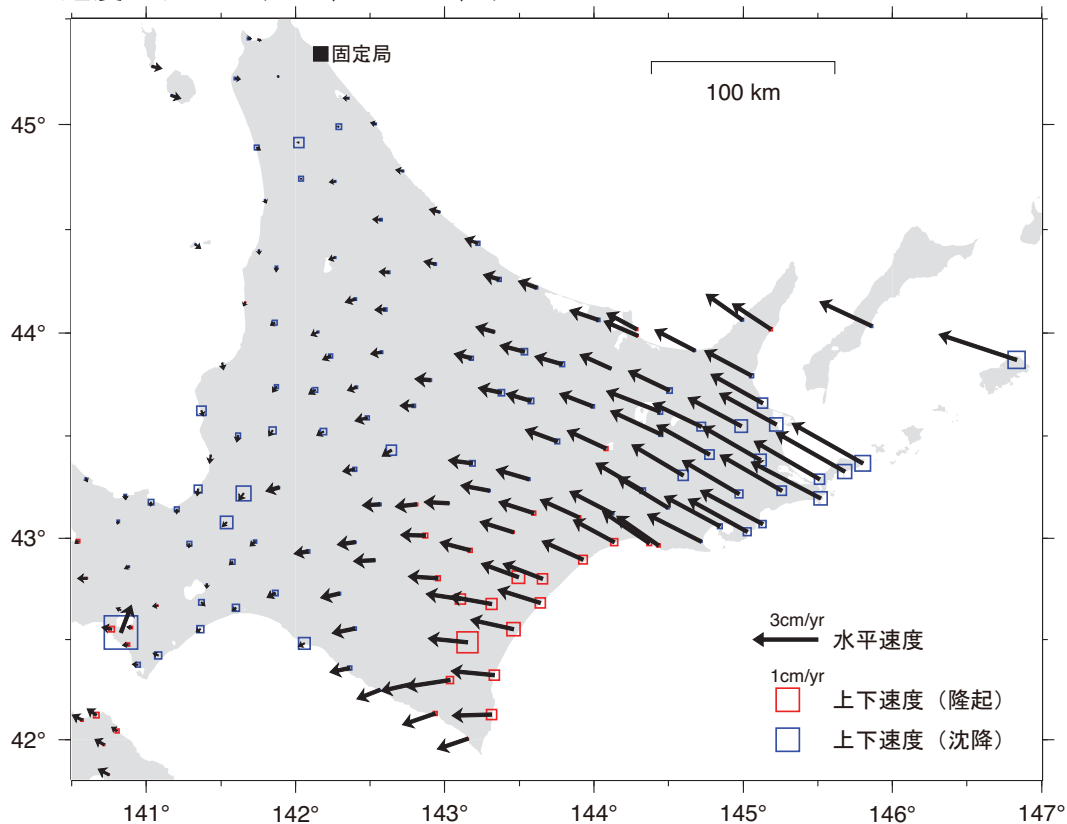
・ 千 島 海 溝

GEONETデータによる北海道の地殻変動

速度ベクトル (1999/9～2003/8)



速度ベクトル (2007/3～2011/2)

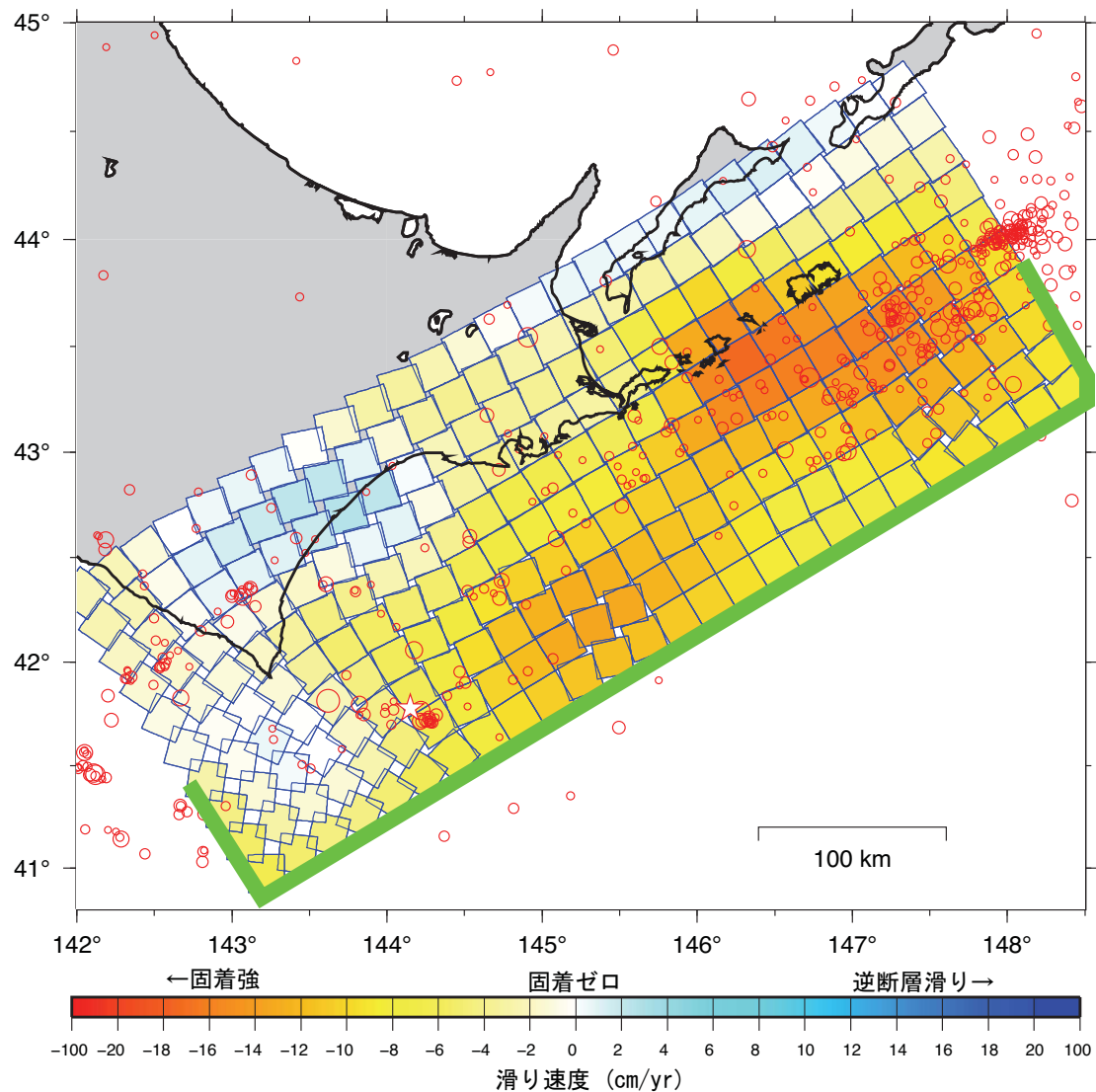


速度ベクトルの計算には、2000/1/28 (M7.0)、2008/9/11 (M7.1)、2009/6/5 (M6.4) の地震に伴う変動を補正した。北方領土のGPS観測点 (SHIK, KUNA) のデータ (Steblov et al., 2008; Kogan et al., 2011) は、<http://www.unavco.org/crosscutting/cc-data.html> よりダウンロードしたものを精密単独測位法で解析し、2007/3～2009/12の変動速度を表示した。

なお、本資料及び本資料の作成に当たって使用した資料には、北方領土におけるGPS観測データを利用した評価が含まれているが、これが北方領土問題に関する日本の法的立場及び見解を害するものとみなしてはならない。

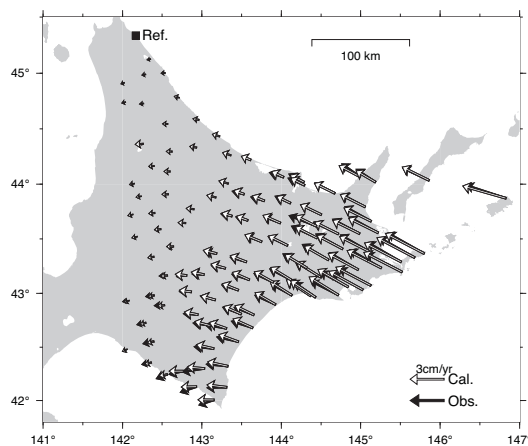
2007/3～2011/2のプレート間固着分布

十勝～釧路沖の海溝寄りと根室半島～色丹島沖の陸寄りに強い固着域が推定される。

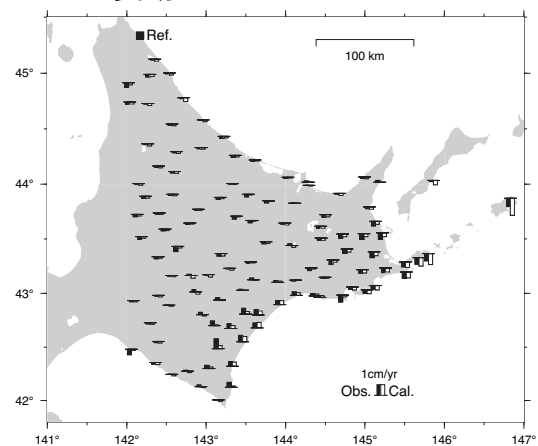


気象庁一元化震源を、赤丸 ($M \geq 4.0$), 星印 ($M \geq 7.0$) で表示。

水平変動



上下変動



(注) モデル領域の端は、緑線の領域端の外側で -8cm/yr 、それ以外の外側では 0cm/yr の滑り速度に拘束した。道東地域については、前弧スリパーの並進運動を滑り欠損速度と同時に推定している。

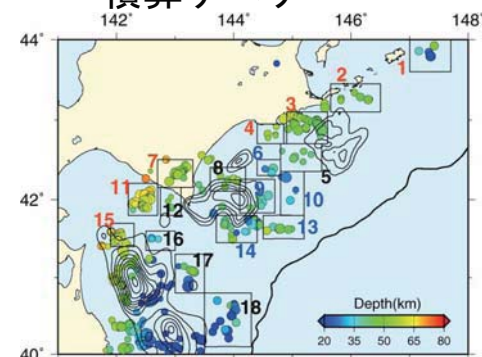
千島海溝沿い相似地震の解析 結果について

東北大学 理学研究科 内田直希

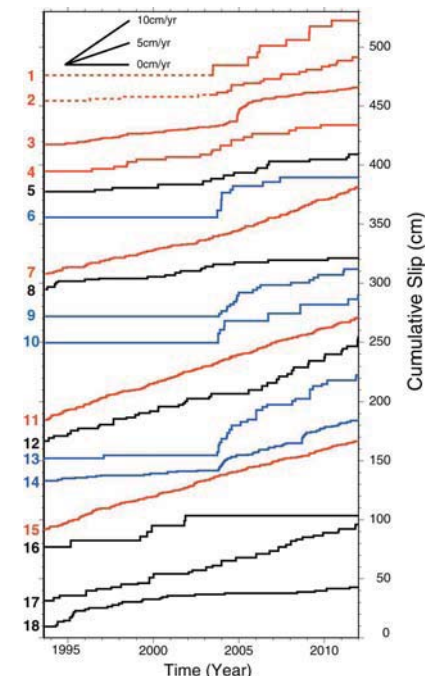
第194回地震予知連絡会重点検討課題

非地震的すべりの 時空間変化

・ 積算すべり



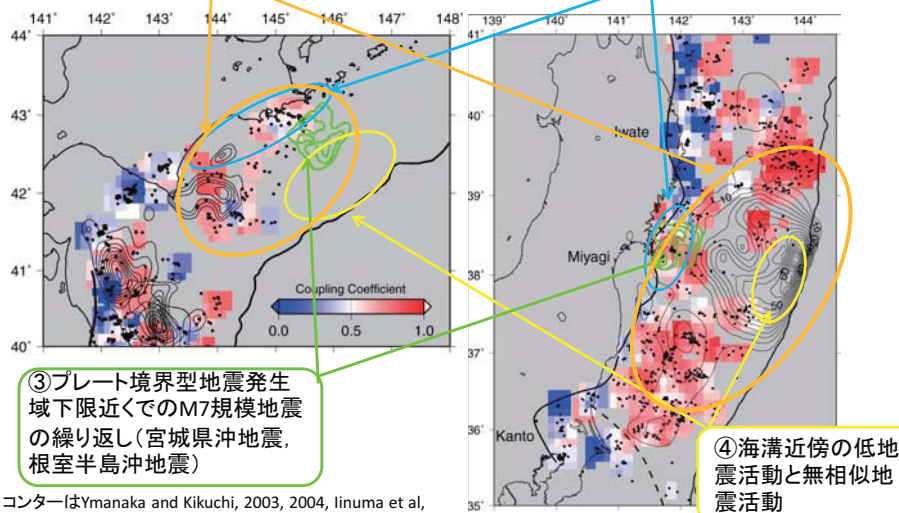
- ・プレート境界地震発生域下限付近でのすべりレートが領域2, 3, 4では他に比べ低い
- ・領域6, 9, 13, 14では2003年十勝沖地震の余効すべりが顕著



北海道東方沖と宮城県沖の類似性

①広域での高カップリング率

②プレート境界型地震発生域下限付近までの高カップリング(低すべりレート)



③プレート境界型地震発生域下限近くでのM7規模地震の繰り返し(宮城県沖地震, 根室半島沖地震)

④海溝近傍の低地震活動と無相似地震活動

コンタクトはYmanaka and Kikuchi, 2003, 2004, Iinuma et al, 2011 による地震時すべり分布

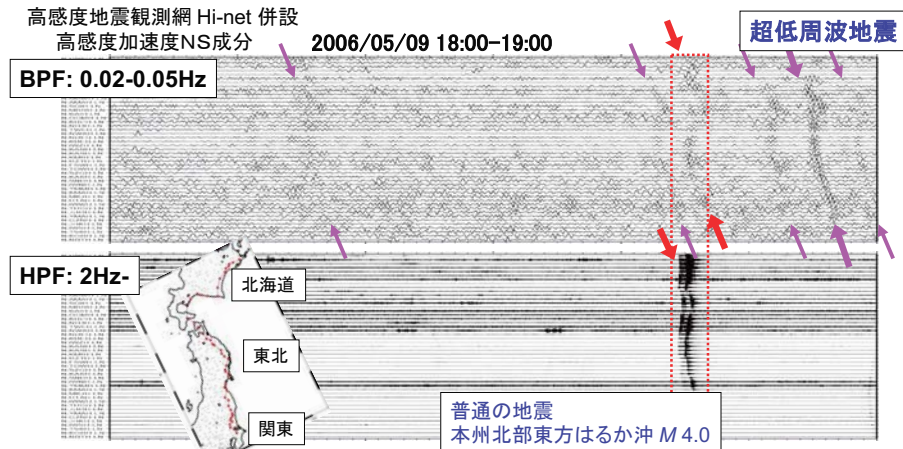
まとめ

- ・ 相似地震分布, それを用いた積算すべり・カップリング率等から北海道東方沖の巨大地震発生ポテンシャルについて考察した
- ・ 北海道東方沖は, M9地震が発生した宮城県沖周辺と以下の類似点がある.
 - 海溝近傍には地震活動が非常に低調で相似地震が発生していない領域が存在する. またその周りでは, 比較的強いカップリングが広域に推定される.
 - プレート境界地震発生域下限付近までカップリングが強く, M7クラスの地震も下限近傍のプレート境界で発生する.
- ・ 間接的な推定であるが, 北海道東方沖の海溝近傍の無相似地震・低サイズシニティ領域を中心とした周囲の領域が, 地質学的データから推定されている約500年間隔の地震の発生域の候補の1つとして考えられる.

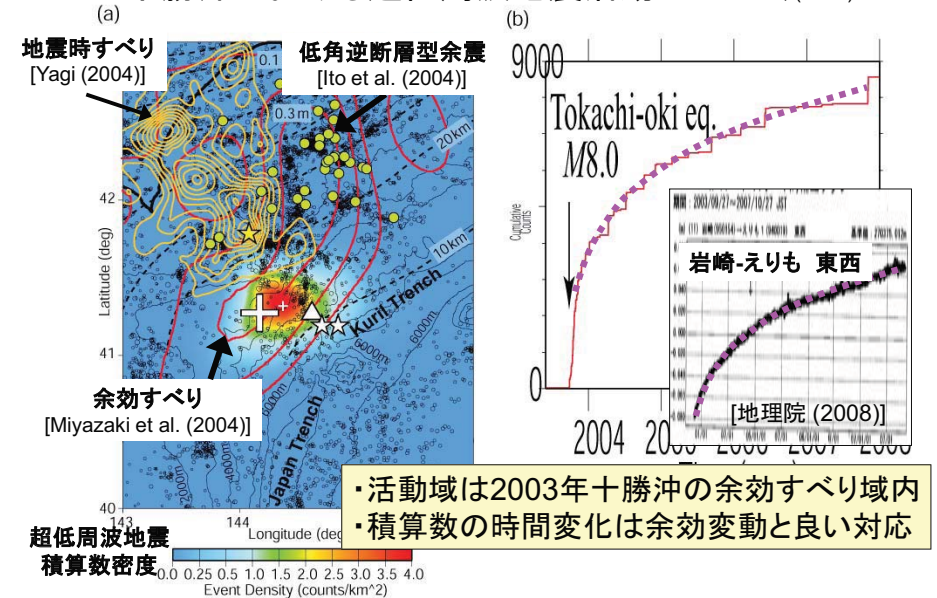
謝辞: 北海道周辺の解析においては主として北海道大学の長年のデータを使わせていただきました. 記して感謝申し上げます.

超低周波地震とは

- 周期10秒以上の長周期成分が卓越
- 短周期成分ほとんどなし

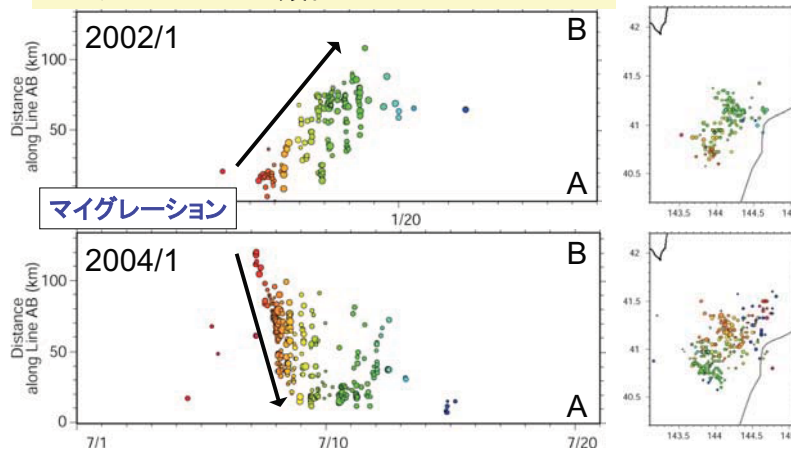


十勝沖における超低周波地震活動 [Asano et al., (2008)]



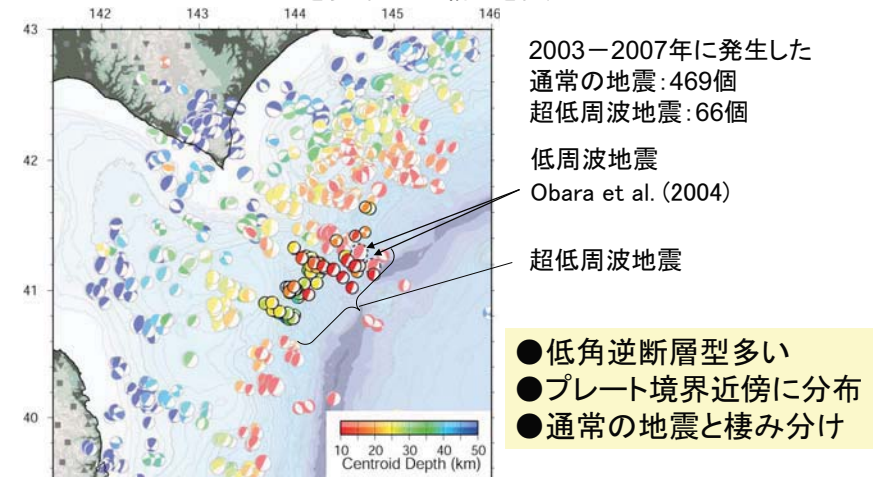
各活動の時空間発展

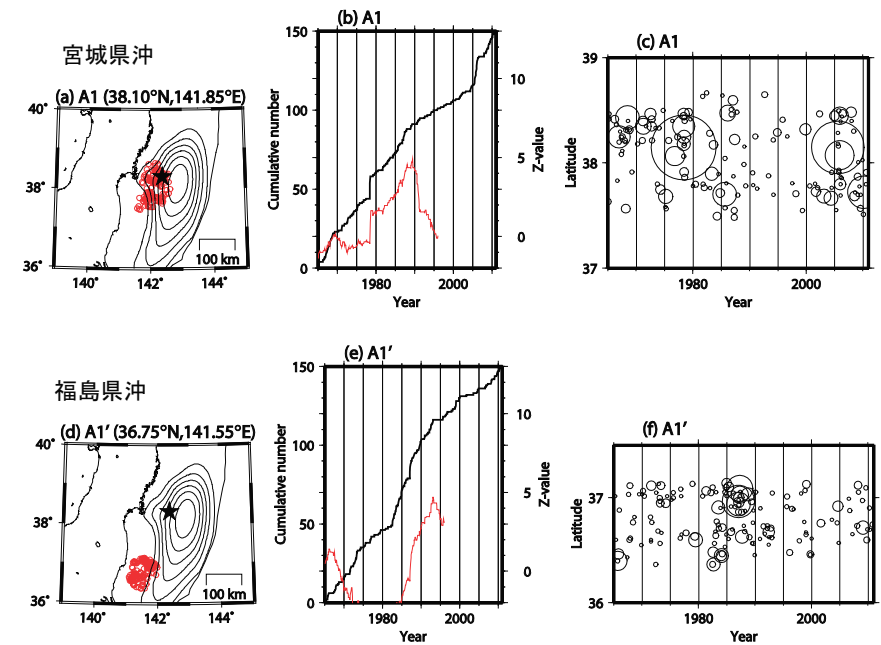
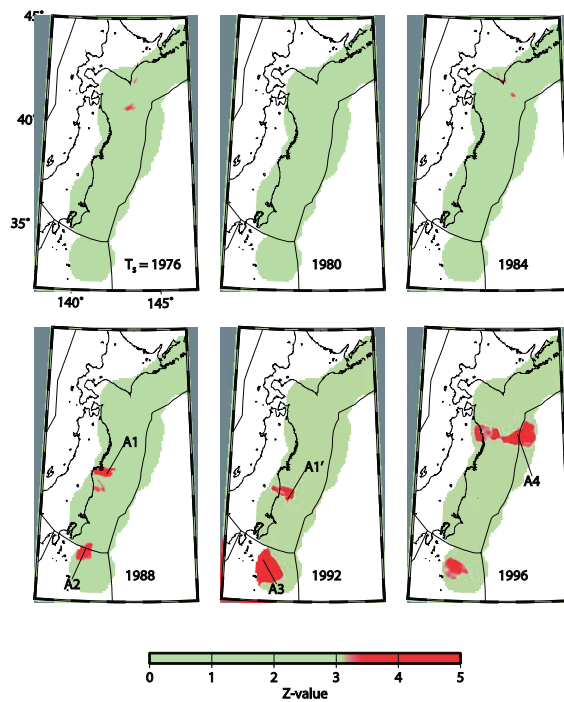
西南日本における短期的スロースリップに同期した深部低周波微動・超低周波地震のマイグレーションと類似



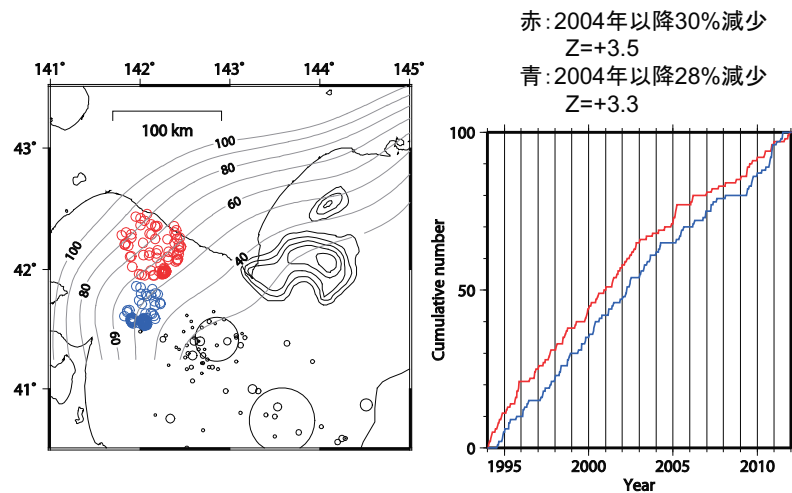
超低周波地震のCMT解

- ・Ito et al. (2007) の手法によるCMT解の推定
- ・F-net & Hi-net併設の高感度加速度計(傾斜計)の記録を解析
- ・Mori and Shimazaki (1985)を参考にした構造を仮定

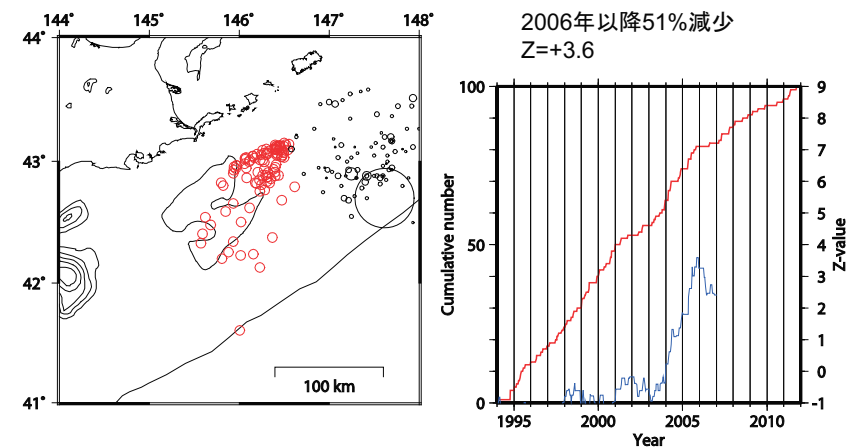




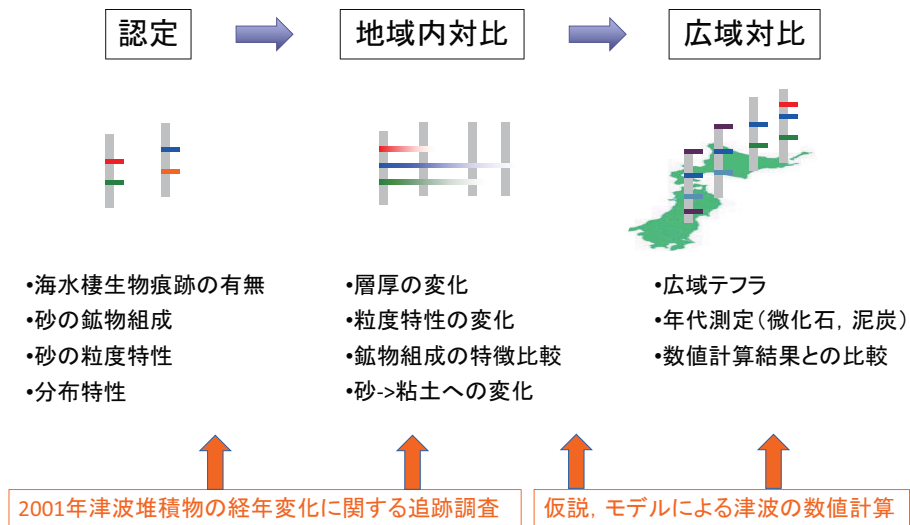
1968年十勝沖地震付近



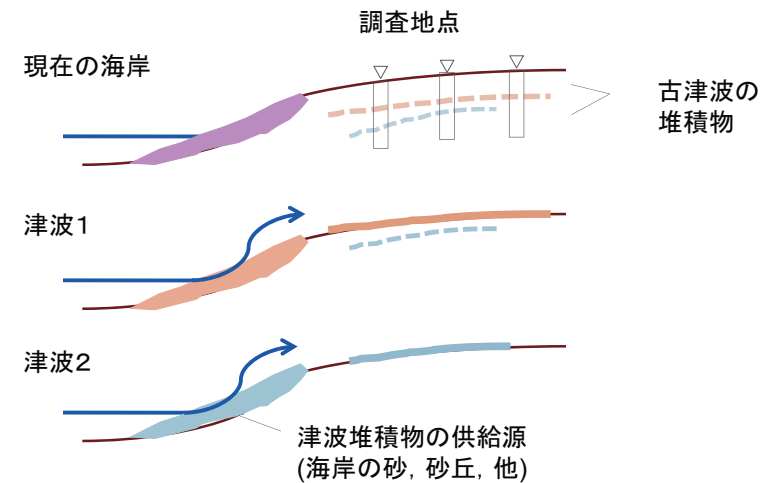
1973年根室半島沖地震付近



津波堆積物の調査研究



粒径や構成物の特徴から津波堆積物の対比は可能か？



22

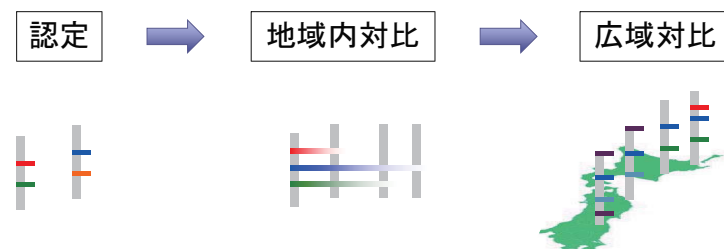
津波堆積物の分布から古津波の規模がわかるか？

進行中

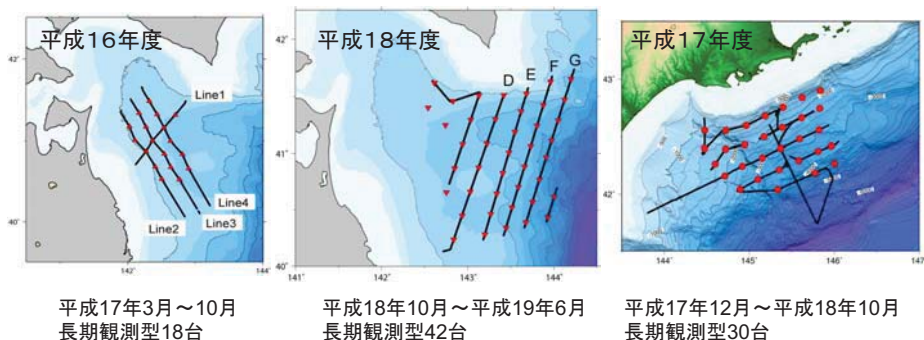
- 泥を主体とする津波堆積物の検出, 識別, 砂層との対比
- 構成物に着目した砂層の対比
- 広域対比(今後)

期待される成果

- それぞれの地域の最大津波を把握
- 超巨大津波(地震)の繰返し性を再検討



文部科学省委託研究「東南海・南海地震等海溝型地震に関する調査研究」
(平成16年度～平成20年度)



目的

- 海域における詳細な地震活動の把握
- 地震発生場のプレート形状の推定

1. 長期観測型海底地震計による自然地震観測
2. エアガン探査による海底下構造調査

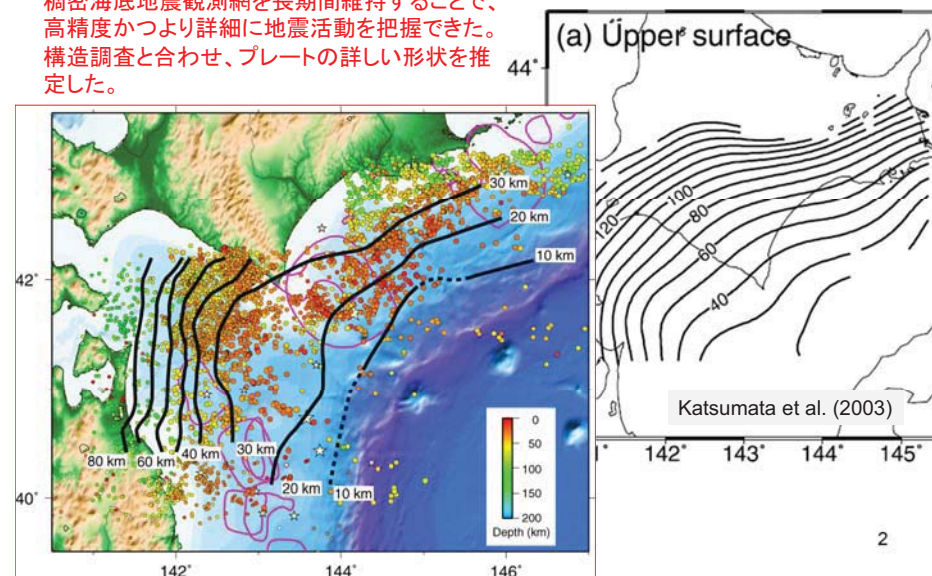
2012年2月17日

第194回地震予知連絡会

1

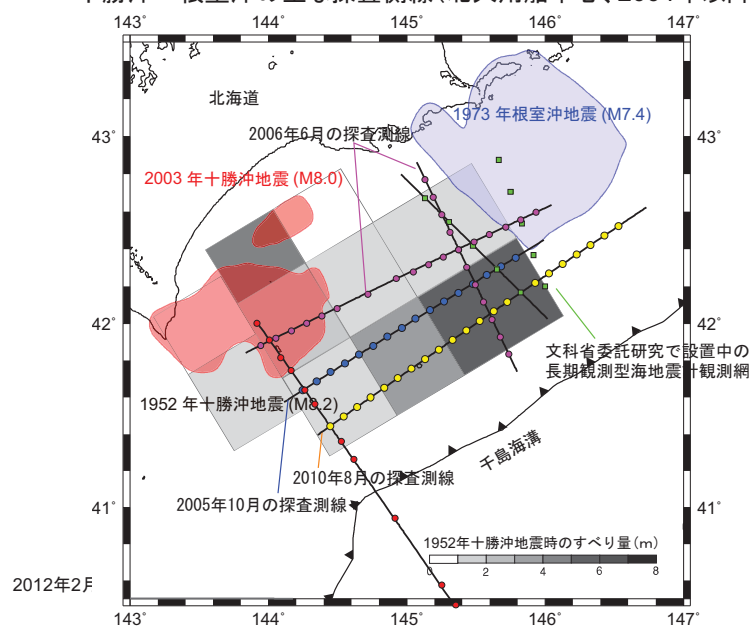
東南海・南海地震等海溝型地震に関する調査研究
海底地震活動観測のまとめ(平成16-18年度)

稠密海底地震観測網を長期間維持することで、高精度かつより詳細に地震活動を把握できた。構造調査と合わせ、プレートの詳しい形状を推定した。

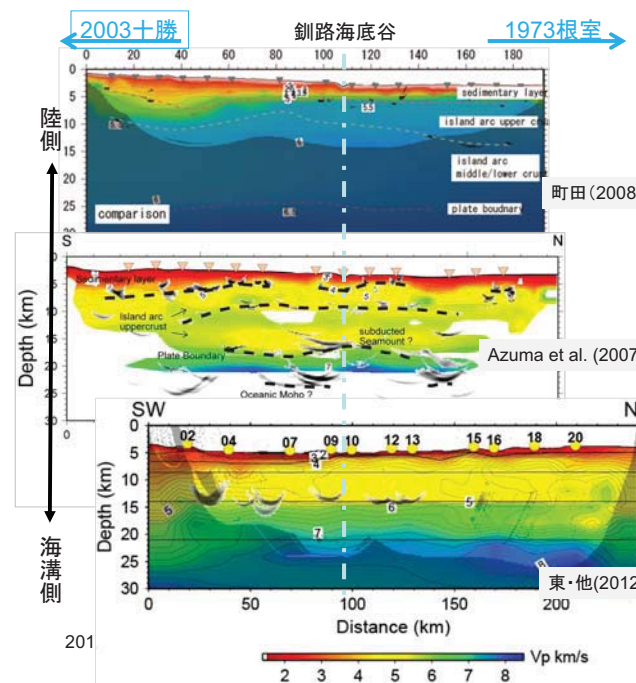


2

十勝沖～根室沖の主な探査側線(北大用船中心、2004年以降)



3



海底谷周辺(1952年十勝沖地震の東部パッチに相当)のプレート境界面
→強い反射性

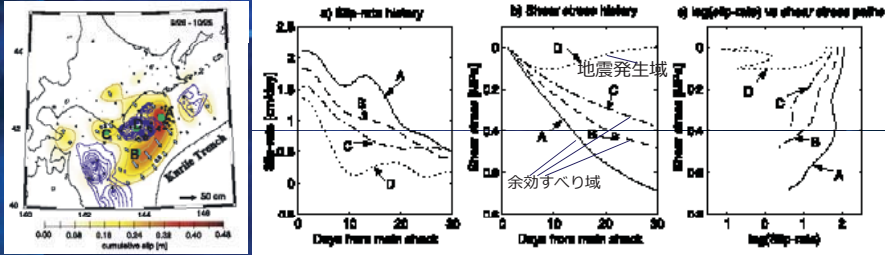
1973年・2003年震源域内では反射波検知できず

海底谷周辺のすべり特性が、通常のM8級すべり域と異なる
↓
1952年十勝沖は津波地震的性格も持っていた?

4

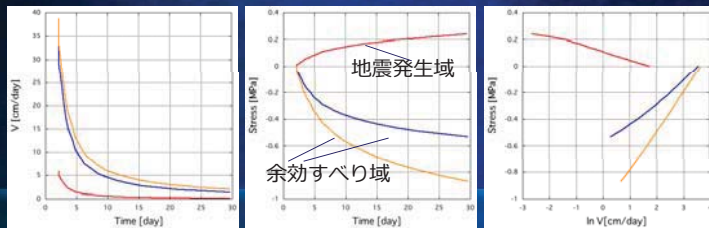
モデルで表現できること

GPSデータ解析



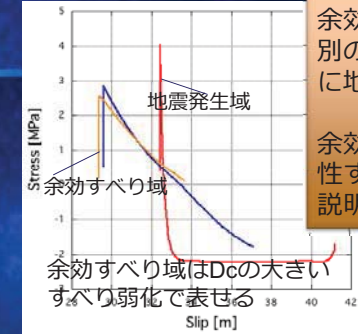
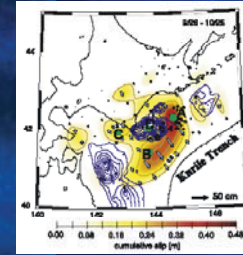
Miyazaki et al. (2004)

シミュレーション結果



モデルで表現できること

GPSデータ解析

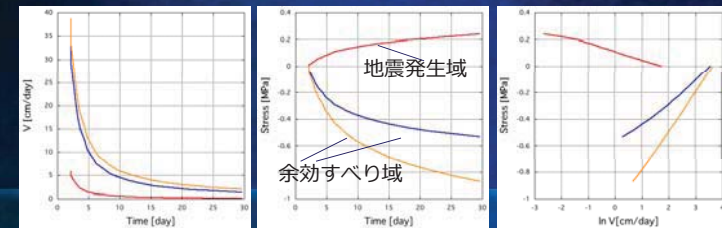


応力状態次第で
余効すべり域で
別のサイクル時
に地震性すべり

余効すべりと地震
性すべりの共存は
説明可能

余効すべり域は D_c の大きい
すべり弱化で表せる

シミュレーション結果

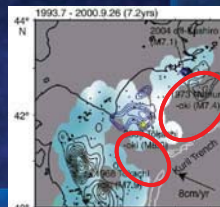
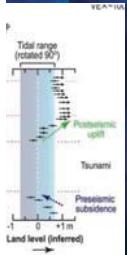


モデルで説明できていない現象や 検討すべきこと

- ・ 深部での数十年スケールでの余効すべりや地震間の固着
- ・ まだ説明できていない
 - ・ 媒質の粘弾性も考慮した上で発生サイクルの計算を行ない、地震後の余効すべりや地震間の沈降を定量的に説明できるか検討する必要
- ・ 地殻変動データの再検討
 - ・ いつから沈降に転じたかなど変化の仕方
 - ・ 現在の沈降と17世紀event前の沈降との比較

- ・ 再来間隔の変化に規模依存性があるか？
 - ・ 超巨大の後長い再来間隔？

- ・ 相似地震が振っている領域の振る舞い
 - ・ 現在やこれまでの固着状態(特に海溝付近)
 - ・ 1952年にそのうちのどこが破壊したか？
 - ・ その時にも破壊しなかった領域は？
 - ・ 海溝付近まですべりが及んだことがあるか？



第195回地震予知連絡会重点検討課題について

タイトル「プレート境界に関するわれわれのイメージは正しいか？（その3）」

相模トラフ周辺・首都圏直下

趣旨説明者 京都大学防災研究所 遠田晋次

2011年東北地方太平洋沖地震により、日本海溝沿いの太平洋プレート沈み込みに伴う巨大地震発生に関するこれまでのイメージが一変した。首都圏周辺では、さらに南からフィリピン海プレートが沈み込み複雑さを増しており、プレート配置と大地震発生源を正確にイメージングできている状況ではない。また、関東地方は東北地方太平洋沖地震の影響を受けて地震活動が活発化しており、余効変動も続いている。短中期的には同地震の影響を避けた評価はできない。加えて、首都圏の人口過密域直下に沈み込み境界が存在するという世界でも特異な環境下にあり、大地震発生メカニズムの解明と適確な規模・頻度予測が急務となっている。

第195回地震予知連絡会重点検討課題の検討では、まず東北地方太平洋沖地震が関東地方の地震活動に与えた影響について最新のデータを持ち寄って、今後の短中期的な大地震発生の可能性を検討する。さらに、関東地方のプレート構造やすべり欠損に関する研究レビューを行うとともに、津波堆積物や地震性海岸隆起など古地震学的研究の最近の成果を紹介し、首都直下大地震の切迫性や相模トラフ沿いの巨大地震の規模と繰り返しについて検討する。

平成24年2月17日
地震予知連絡会事務局

平成24年度地震予知連絡会の開催について

1. 平成24年度地震予知連絡会の開催日（案）

平成24年度地震予知連絡会の開催を下記のとおり予定しています。

回	年 月 日
第195回	平成24年 5月30日（水）
第196回	平成24年 8月29日（水）
第197回	平成24年11月21日（水）
第198回	平成25年 2月18日（月）

2. 地震予知連絡会議事の流れ

（1）事務的議事

（2）地殻活動モニタリングに関する検討

- 1）地殻活動の概況
- 2）東北地方太平洋沖地震関連
- 3）プレート境界の固着状態とその変化
- 4）その他の地殻活動等

（3）重点検討課題の検討（別紙参照）

- 1）重点検討課題の検討
- 2）次回の趣旨説明

（4）その他の議事

3. 地震予知連絡会事務局メールアドレス

yochi-clerical@gsi.go.jp

今後の地震予知連絡会で検討を行う重点検討課題名

1. 第195回地震予知連絡会

課題名：プレート境界に関するわれわれのイメージは正しいか？（その3）

相模トラフ周辺・首都圏直下

趣旨説明者：遠田晋次委員

2. 第196回地震予知連絡会

課題名：内陸で発生している地震について

趣旨説明者：島崎会長

3. 第197回地震予知連絡会

課題名：世界の巨大地震・津波

趣旨説明者：佐竹委員（予定）

4. 第198回地震予知連絡会

課題名：東北地方太平洋沖地震に関する検討（まとめ）

趣旨説明者：松澤副会長