

平成24年5月30日

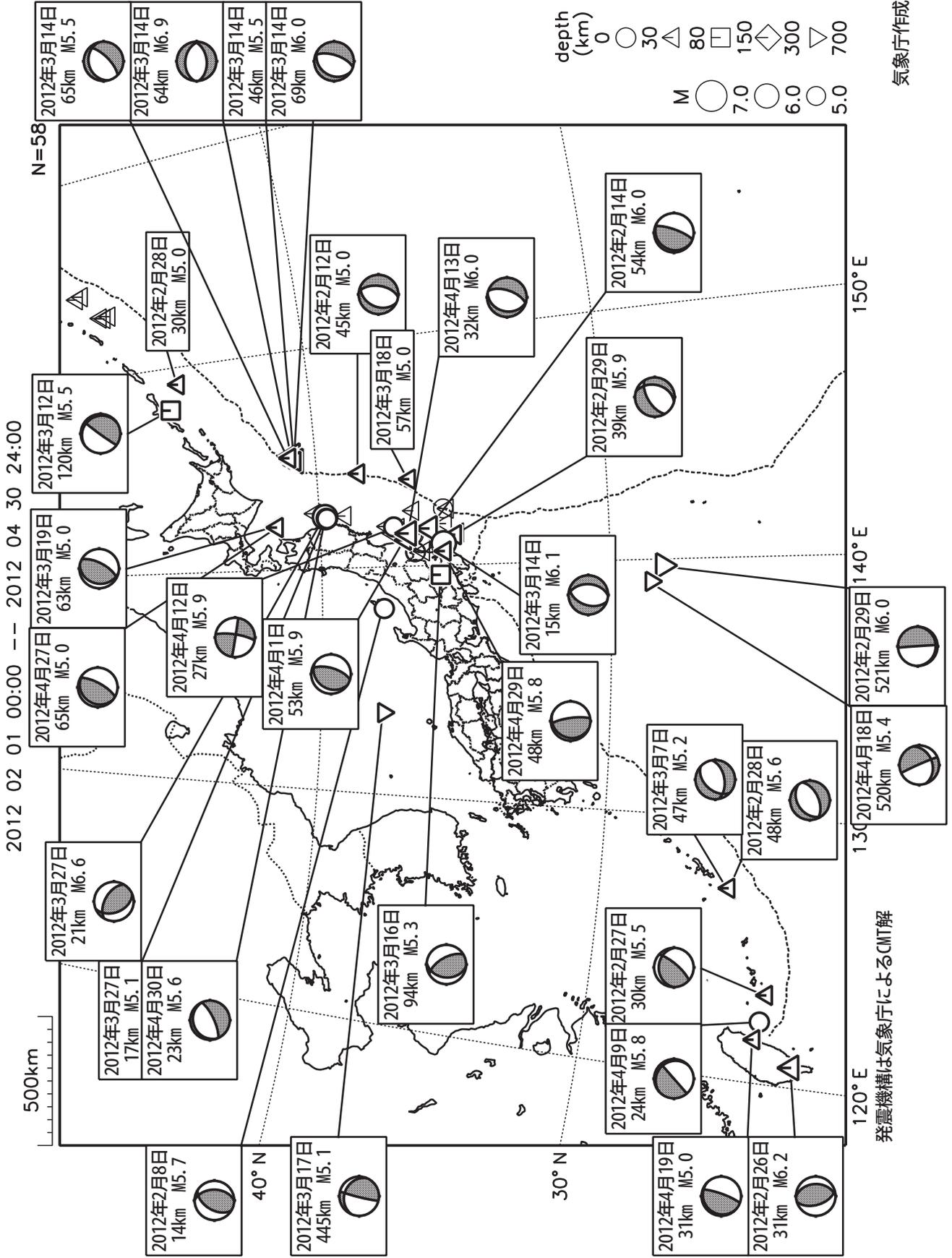
# 第195回 地震予知連絡会

## 記者レクチャー資料

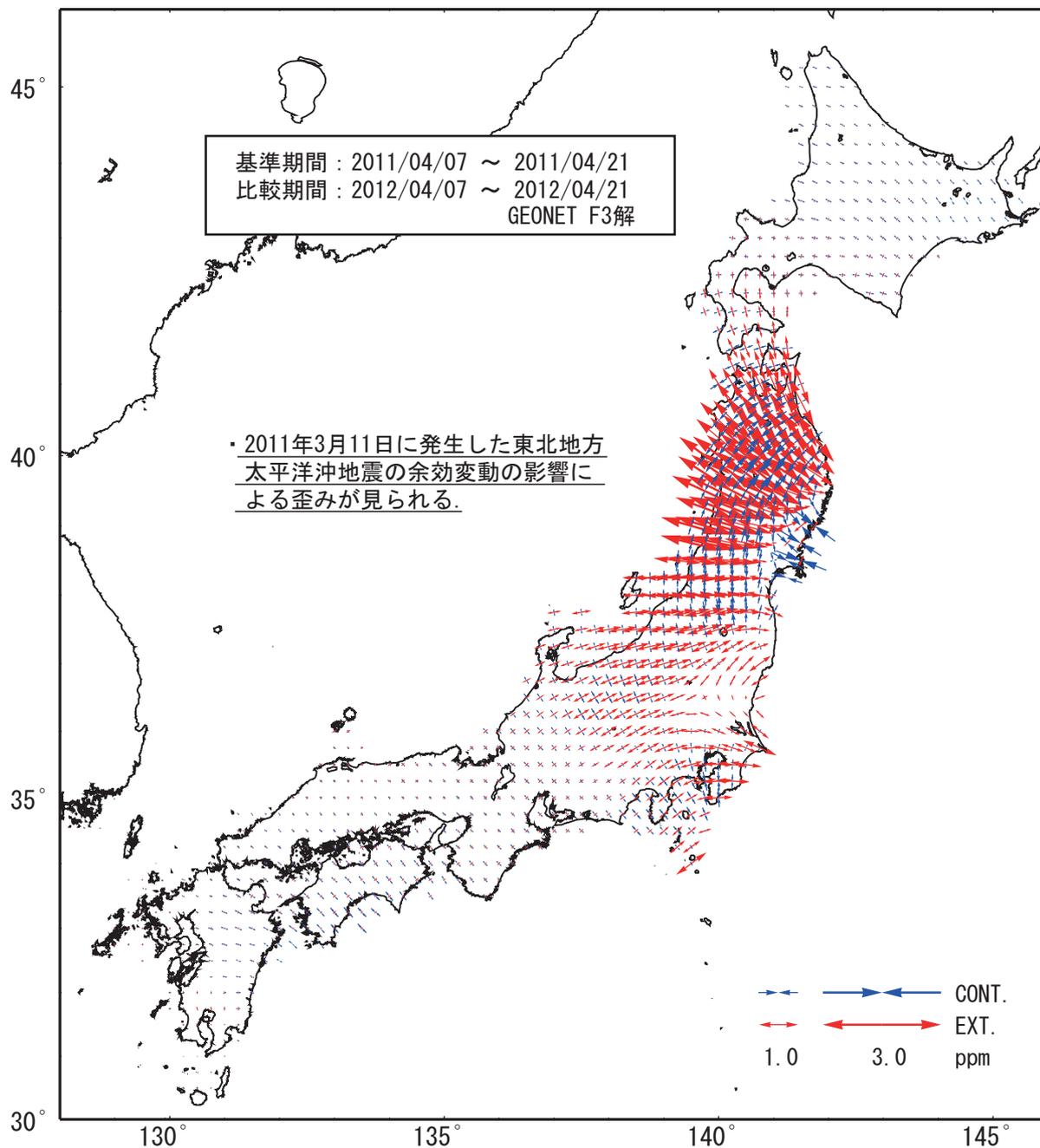
事務局：国土地理院

# 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 (2012年2月~4月、M $\geq$ 5.0)

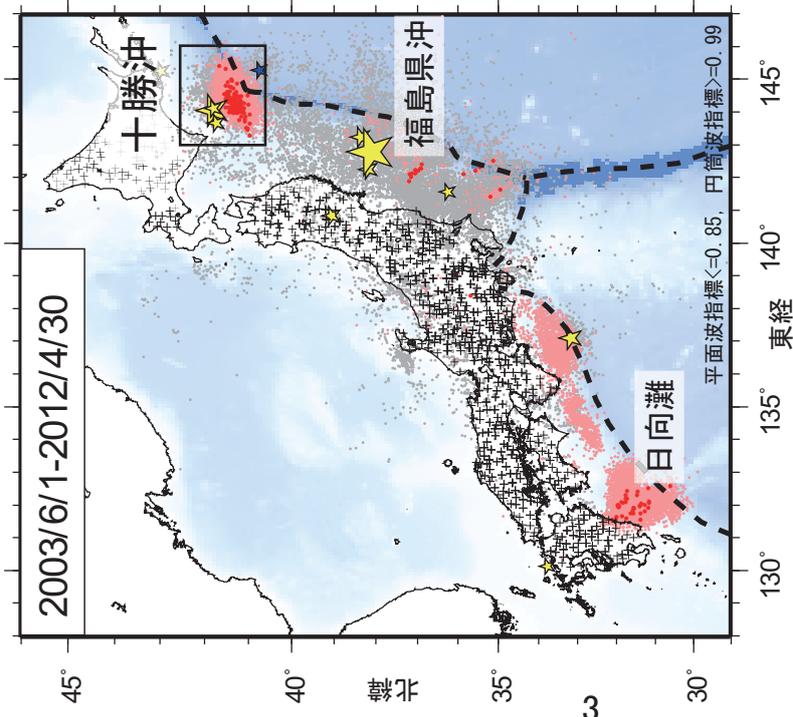


## G N S S 連続観測から推定した日本列島の歪み変化



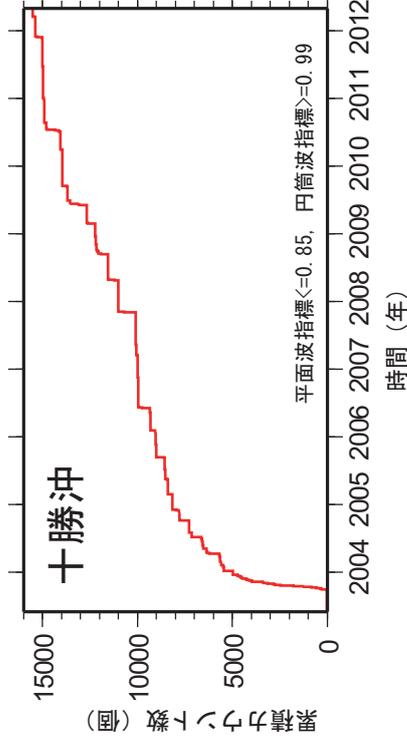
G N S S 座標値データに基づいて1年間の歪み変化図を作成した。座標値の15日分の平均値から1年間の変位ベクトルを算出し、それに基づいて歪みを計算している。

# 日本周辺における浅部超低周波地震活動（2012年2月～4月）

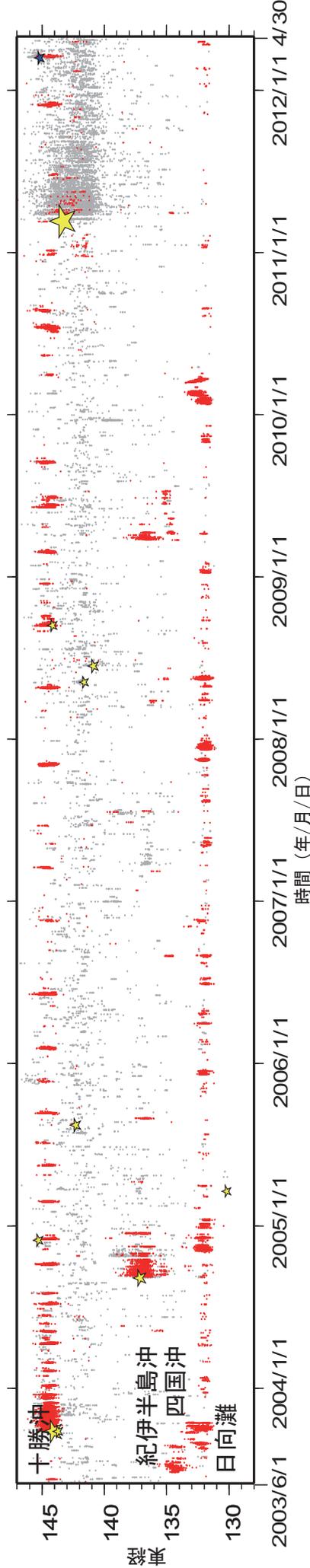


- 2月13日に福島県沖で超低周波地震（2イベント）
- 3月14日に発生した M6.9 の地震の後，3月20日頃にかけて十勝沖でやや活発な超低周波地震活動
- 4月12日から19日頃に，日向灘で小規模な超低周波地震活動

第1図. 2003年6月1日から2012年4月30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学研究 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（2012年1月31日以前），および赤色（2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秒以上で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，2011年3月11日以降は東北地方太平洋沖地震の本震のみ）. また，2012年3月14日の地震（M6.9）の震央を青色星印で示す.

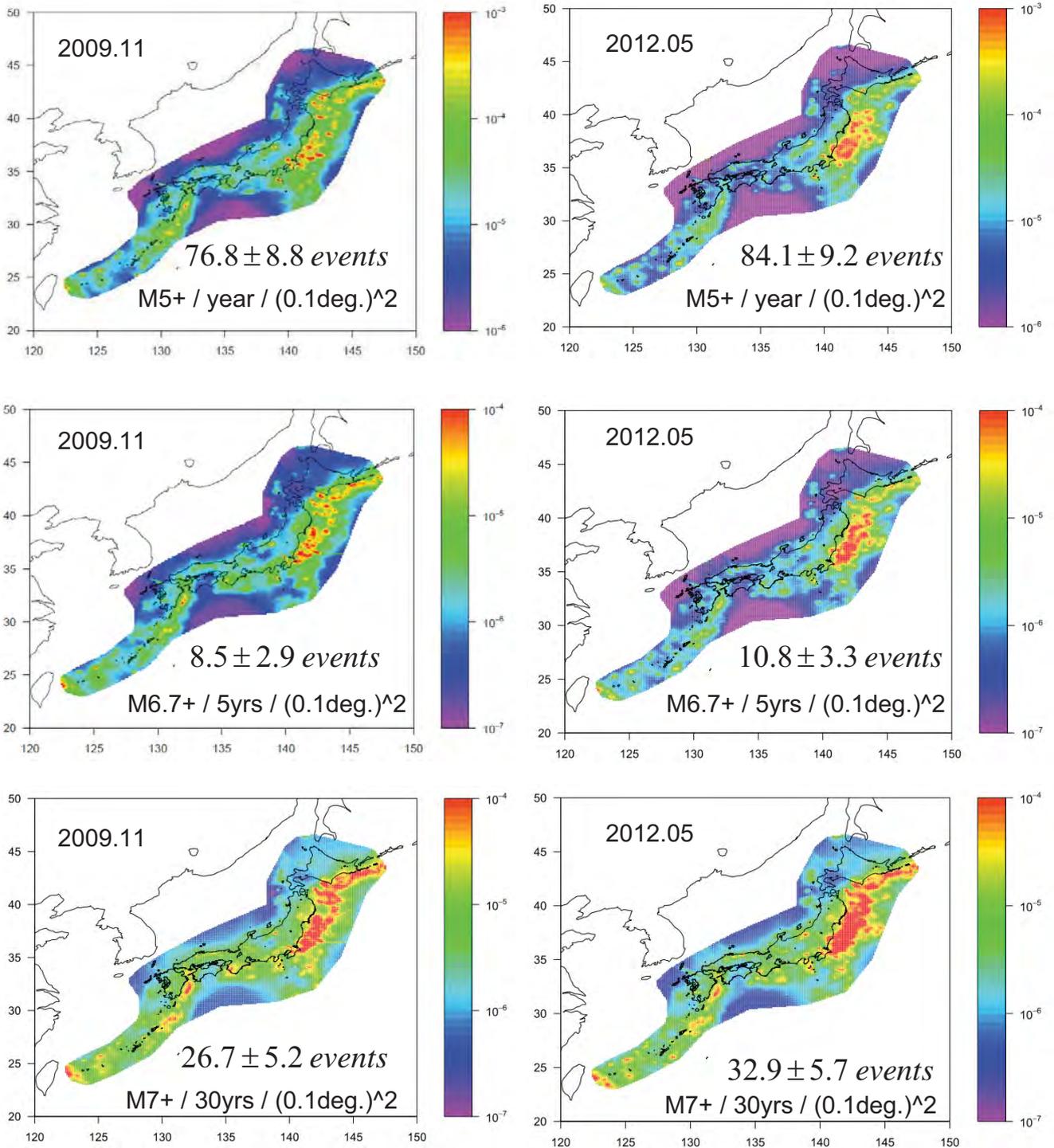


第2図. 十勝沖における検出イベントの累積カウント数の時間変化. 幅60秒間の解析時間窓を15秒毎に設定し，それぞれ解析時間窓内にイベントが検出される度に1カウントと数えるよう定義した.



第3図. 2003年6月1日から2012年4月30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学研究 Hi-net 手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.

東北沖地震前後の全日本の中・長期の地震確率予測



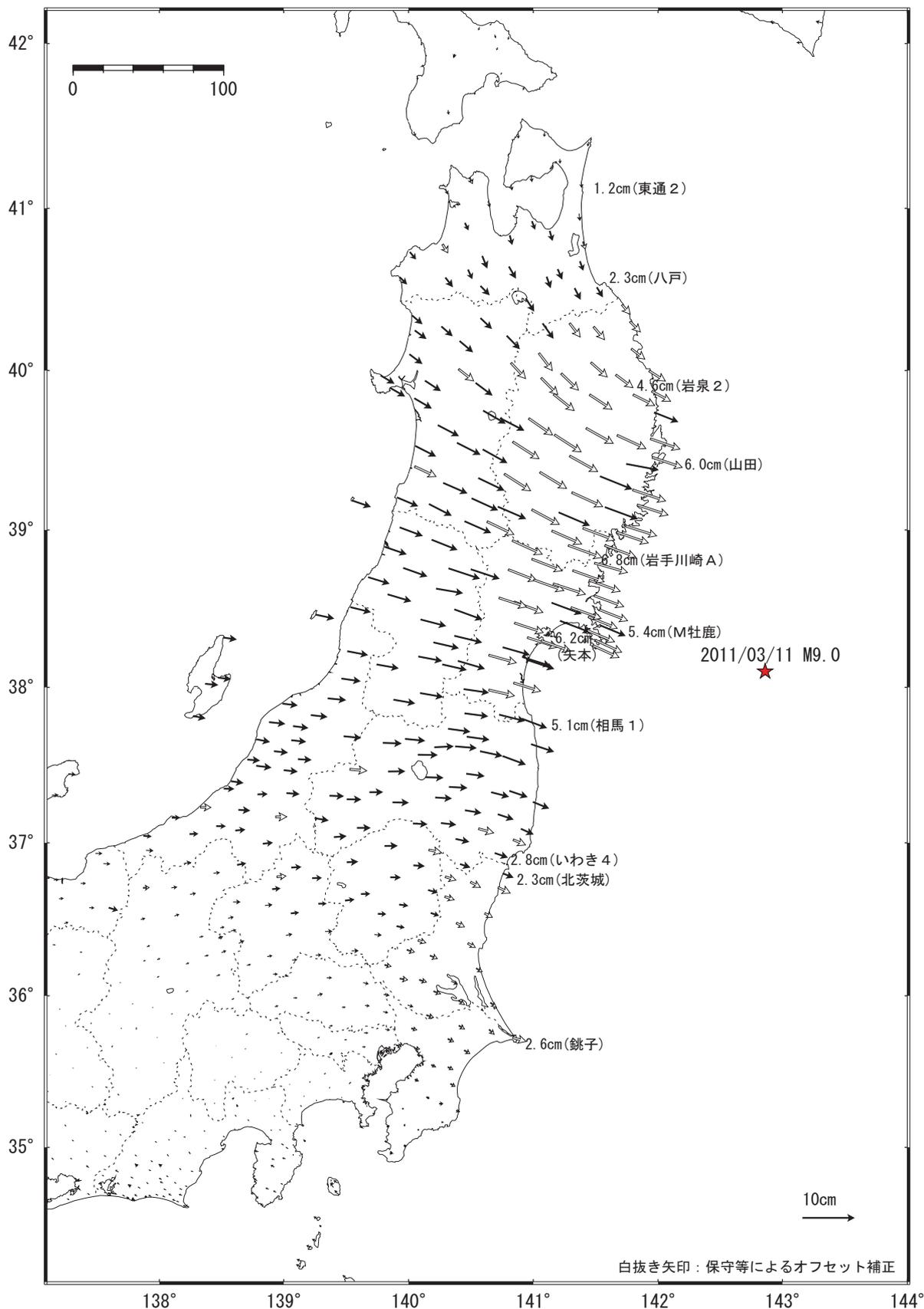
東北沖地震の前（左）と後（右）で予測した全日本の100km以浅の地震の各ピクセル領域の記載年月日よりの中・長期の発生確率。それぞれのパネル中に全日本での地震総数予測を誤差つきで与えてある。上段はマグニチュード5以上の地震の1年予測、中段はM6.7以上の地震の5年予測。下段はM7以上の地震の30年予測。カラー表は 0.1度 x 0.1度（100km平方）の確率を示す。

# 東北地方太平洋沖地震 (M9.0) 後の地殻変動 (水平) - 3ヶ月 -

東日本で東向きの変動が見られる。

基準期間 : 2012/01/15 -- 2012/01/21 [F3 : 最終解]

比較期間 : 2012/04/15 -- 2012/04/21 [F3 : 最終解]



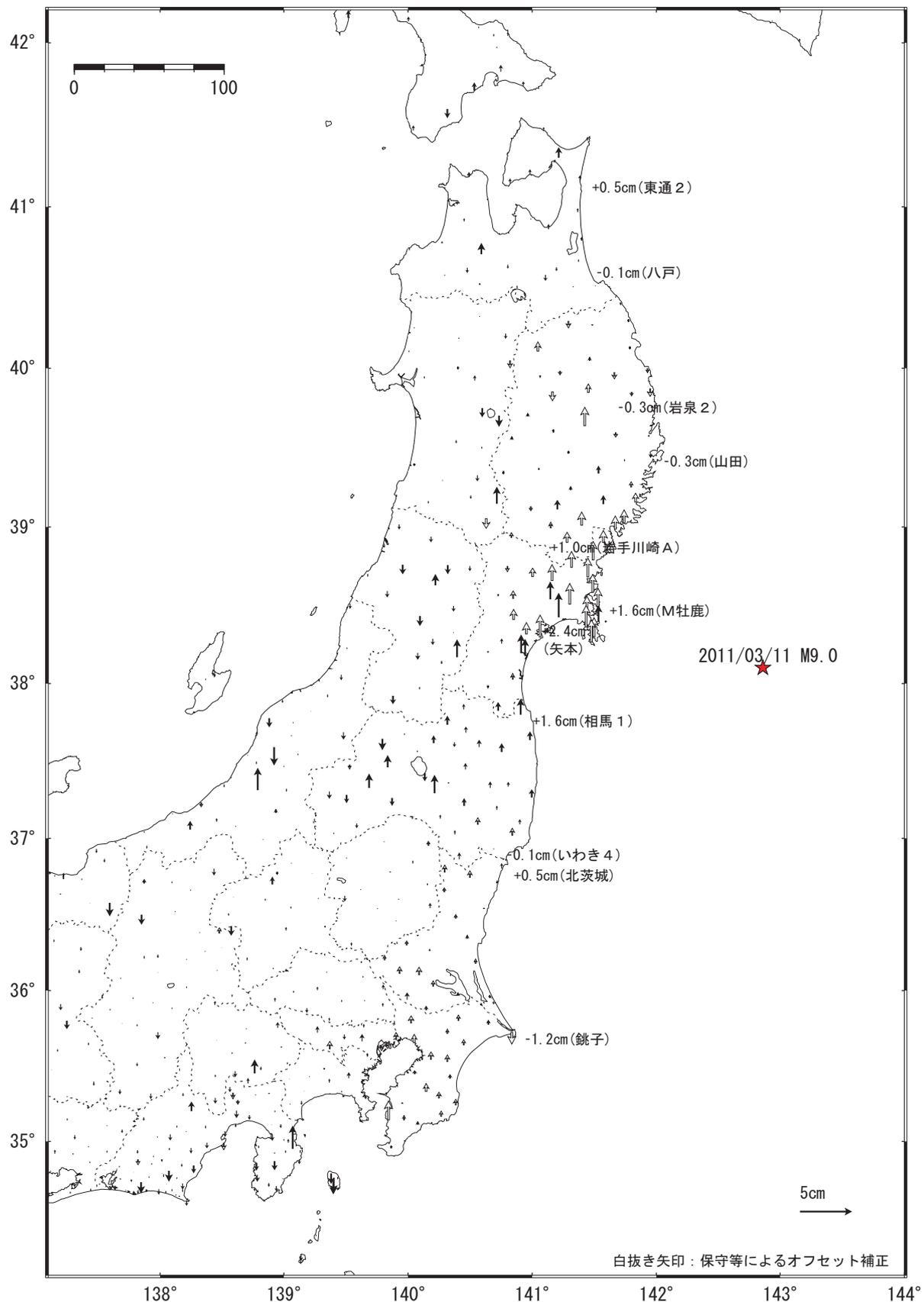
☆ 固定局 : 福江 (長崎県)

# 東北地方太平洋沖地震 (M9.0)後の地殻変動 (上下) - 3ヶ月 -

太平洋沿岸の一部観測点で隆起傾向が見られるが、その大きさは小さくなってきている。

基準期間 : 2012/01/15 -- 2012/01/21 [ F 3 : 最終解 ]

比較期間 : 2012/04/15 -- 2012/04/21 [ F 3 : 最終解 ]



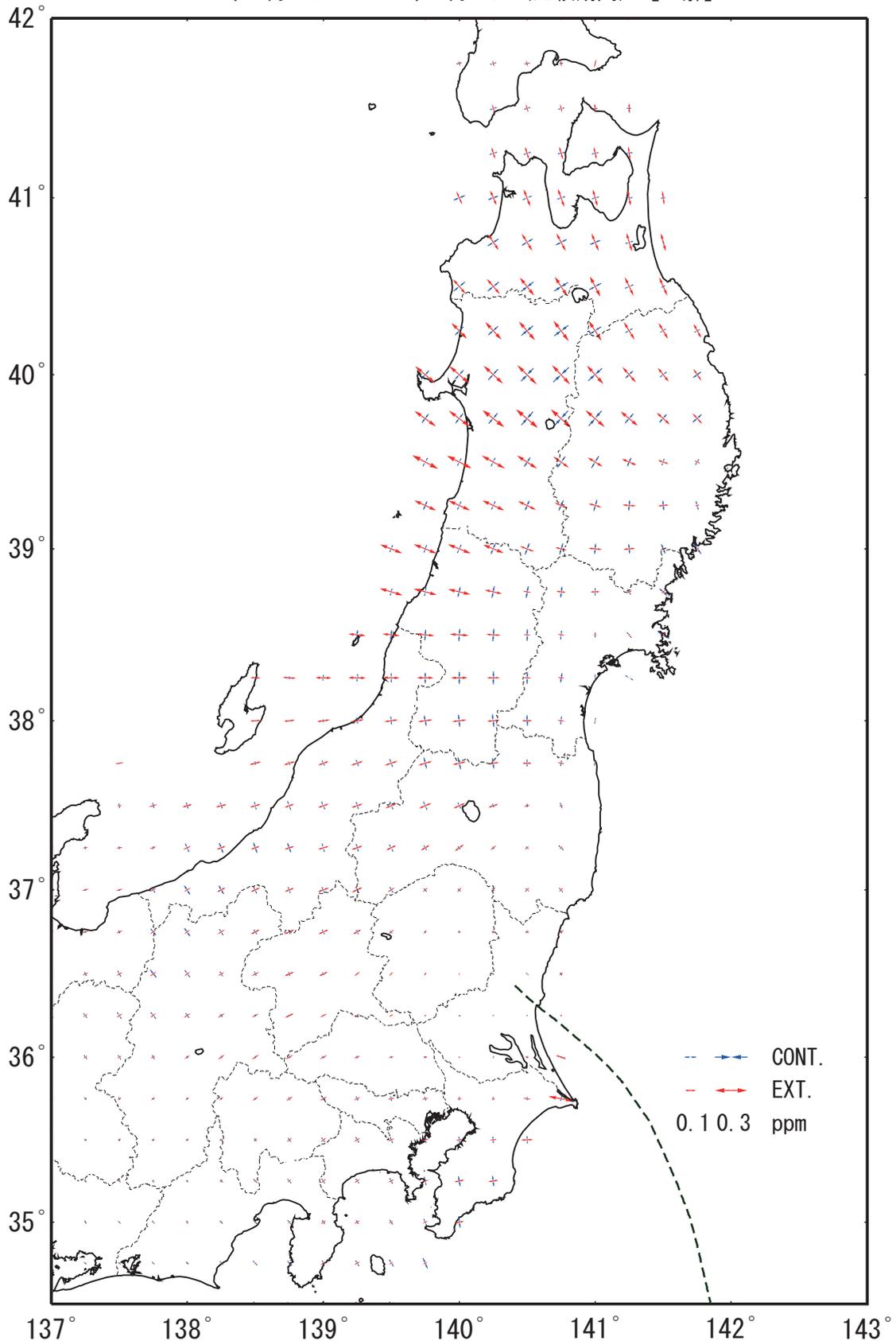
☆ 固定局 : 福江 (長崎県)

国土地理院資料

# G N S S連続観測データから推定した地震後の歪み変化（東日本） 3ヶ月

東北地方太平洋沖地震後の余効変動の影響が見られる。

期間：2012年01月07日 - 2012年01月21日（基準期間）【F3解】  
2012年04月07日 - 2012年04月21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)

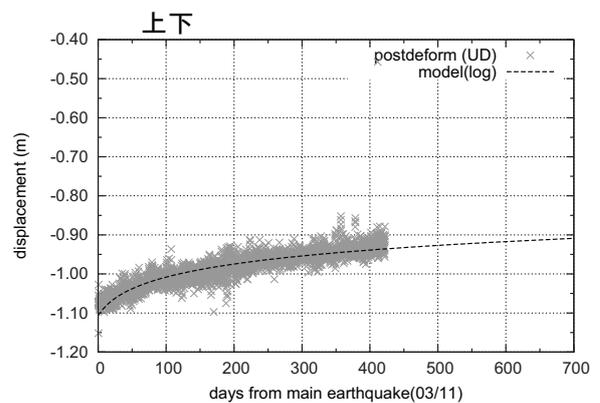
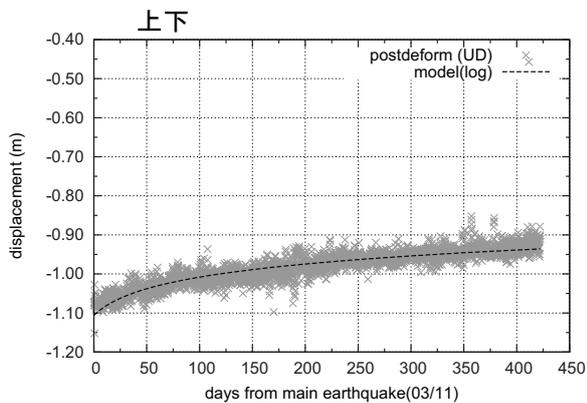
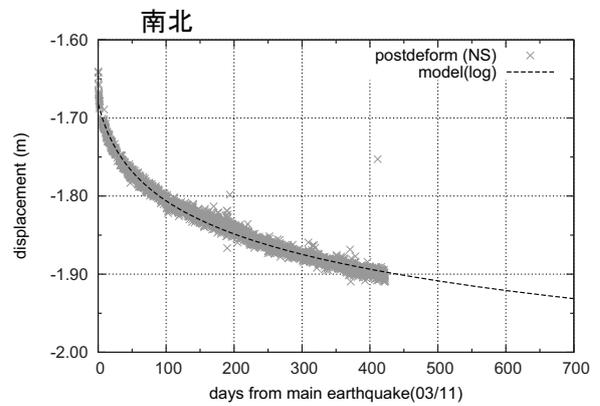
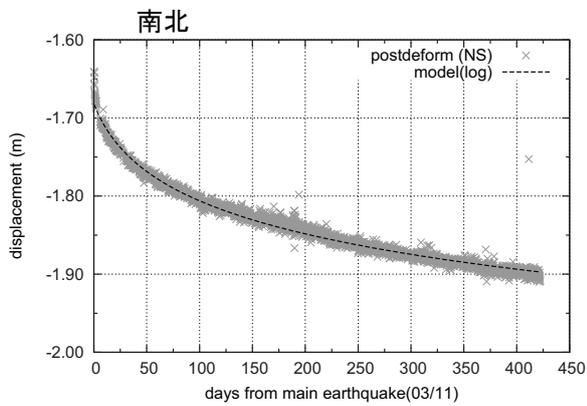
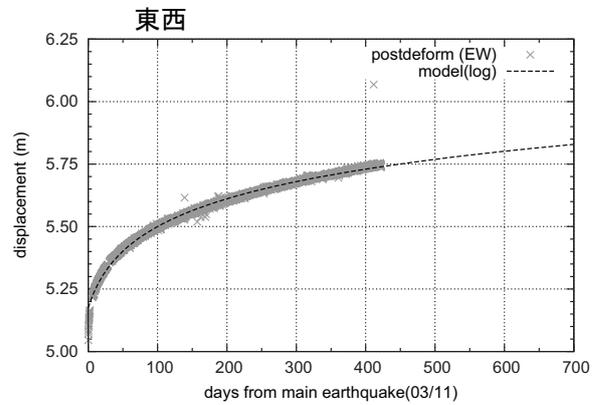
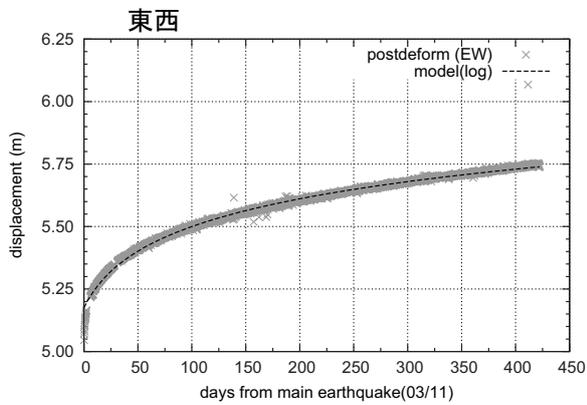
# 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後の地殻変動

## 対数関数近似

計算期間 2011/03/11 18:00 :00 2012/05/06 21:00:00 【Q3 解】

(6) M牡鹿(059071)

固定局：福江(950462)

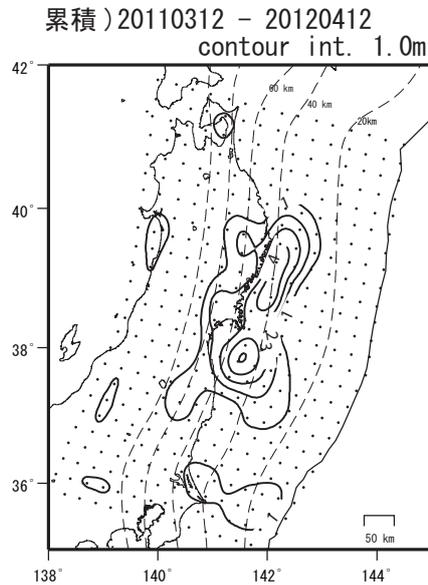


成分	fitting function (推定値±漸近標準誤差)
東西	$(0.1838 \pm 0.0003) \log(1+t/(20.51 \pm 0.33)) + (5.1744 \pm 0.0006)$
南北	$(-0.0700 \pm 0.0001) \log(1+t/(20.51 \pm 0.33)) + (-1.6821 \pm 0.0003)$
上下	$(0.0555 \pm 0.0005) \log(1+t/(20.51 \pm 0.33)) + (-1.1065 \pm 0.0011)$

reduced chi square :  $\chi^2 = 3.7$

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（3）（暫定）【モデル 2】

顕著な滑りの移動は見られない。

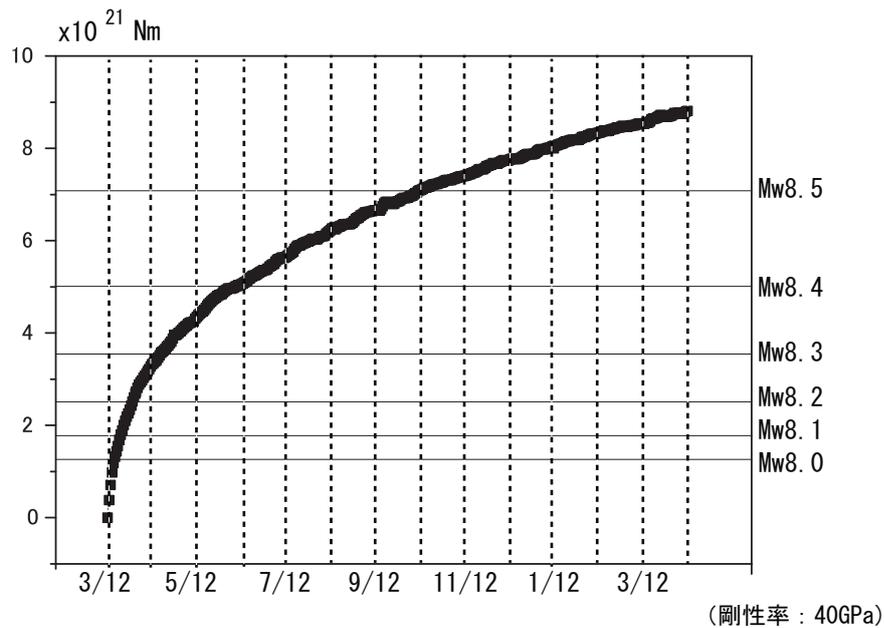


固定局：福江（950462）

・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

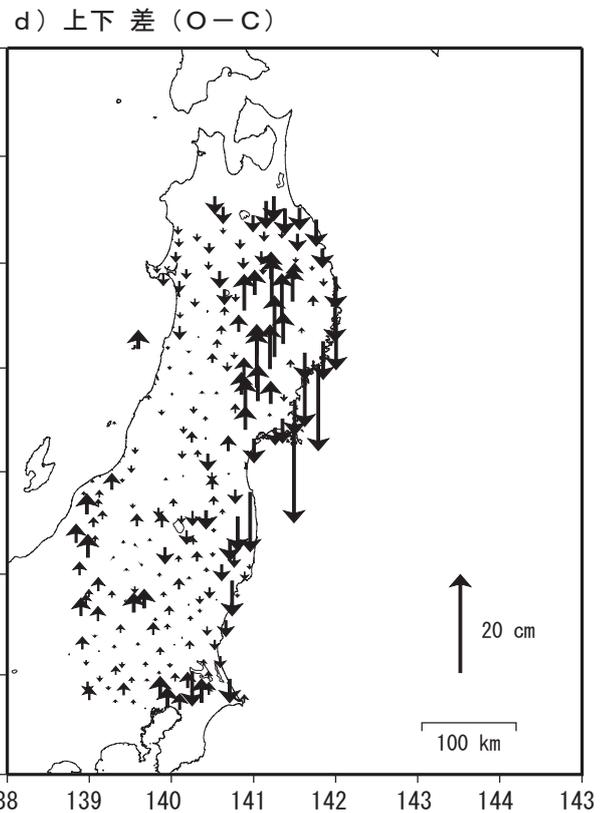
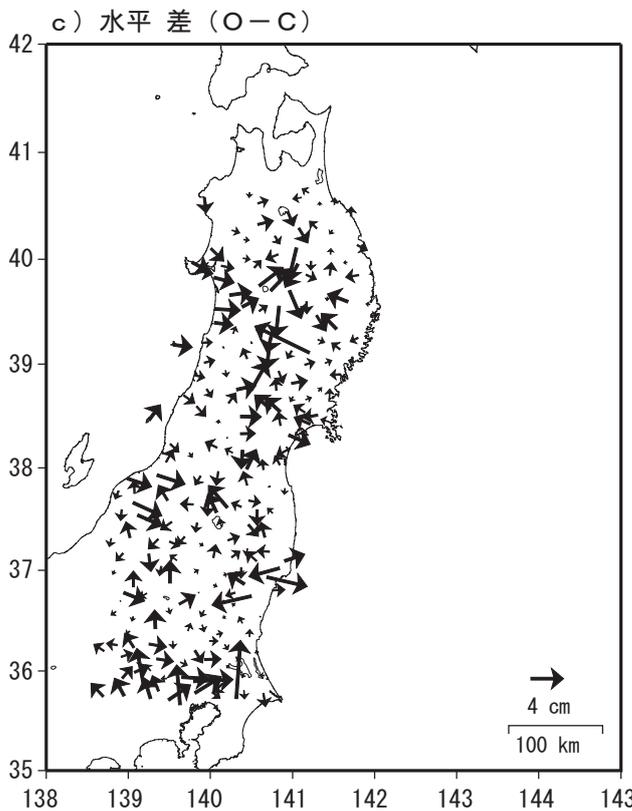
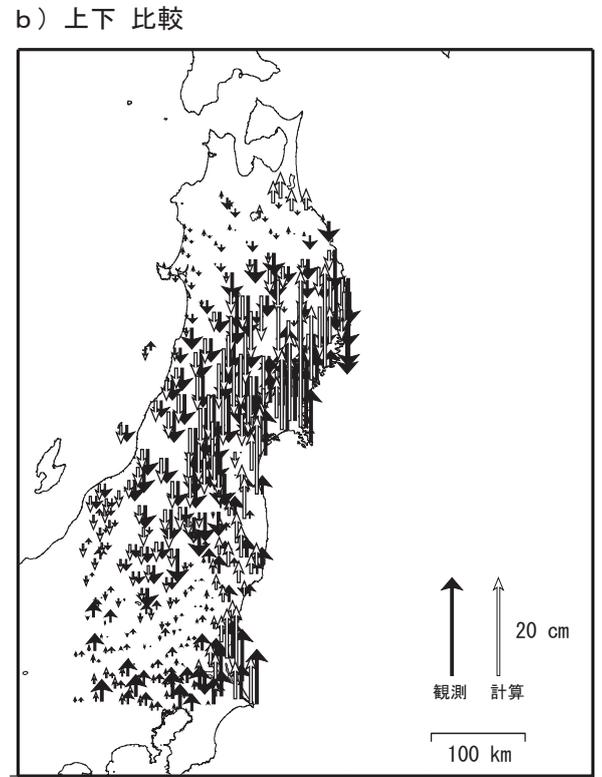
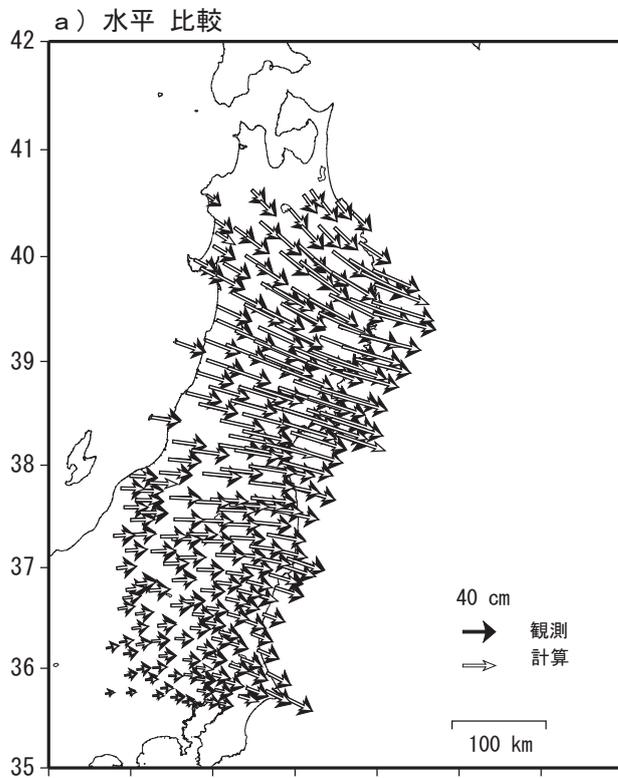
データ期間 20110312 - 20120412 【F3 最終解（R3 速報解も含む）】



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。

# 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 20110312-20120412 【F3最終解（R3速報解も含む）】 固定局：福江(950462)



# 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 (2012年2月～4月) その1

● やや活発な微動活動：東海，3月23～28日。  
紀伊半島北部，4月14～16日。紀伊半島中部，2月6～11日。  
四国東部，2月1～8日。四国中部，3月10日～14日。

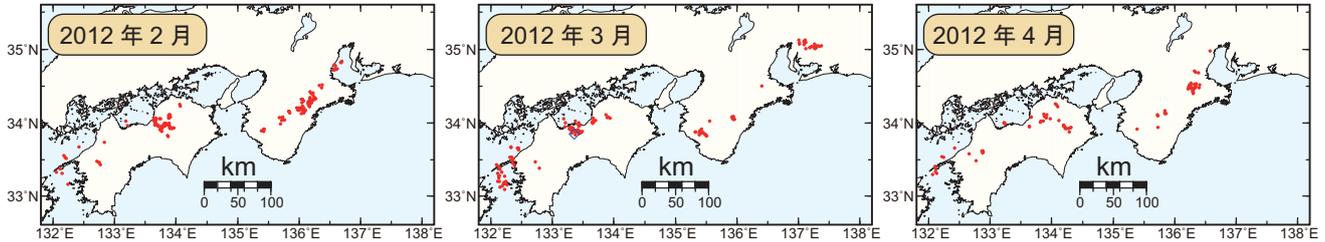


図1. 西南日本における2012年2月～4月の月毎の深部低周波微動活動. 赤丸はエンベロープ相関・振幅ハイブリッド法 (Maeda and Obara, 2009) およびクラスタ処理 (Obara et al., 2010) において，1時間毎に自動処理された微動分布の重心である. 青菱形は周期20秒に卓越する深部超低周波地震 (Ito et al., 2007) である.

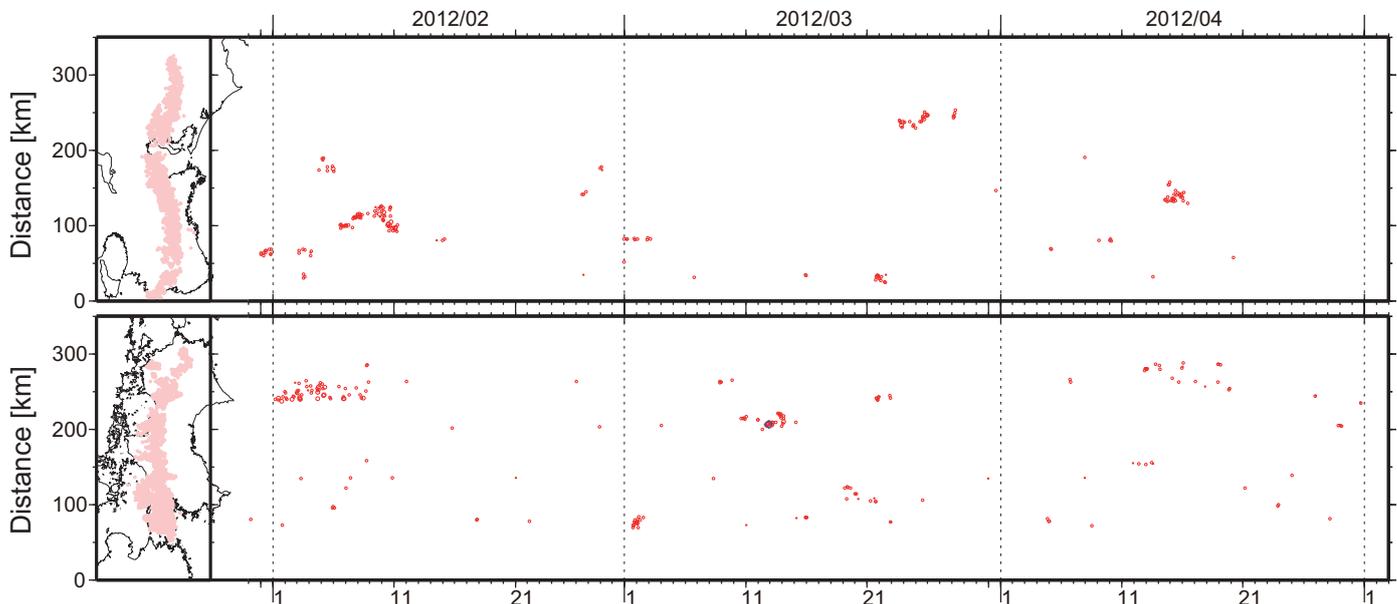


図2. 2012年2月～4月の深部低周波微動 (赤) および，深部超低周波地震 (青菱形) の時空間分布.

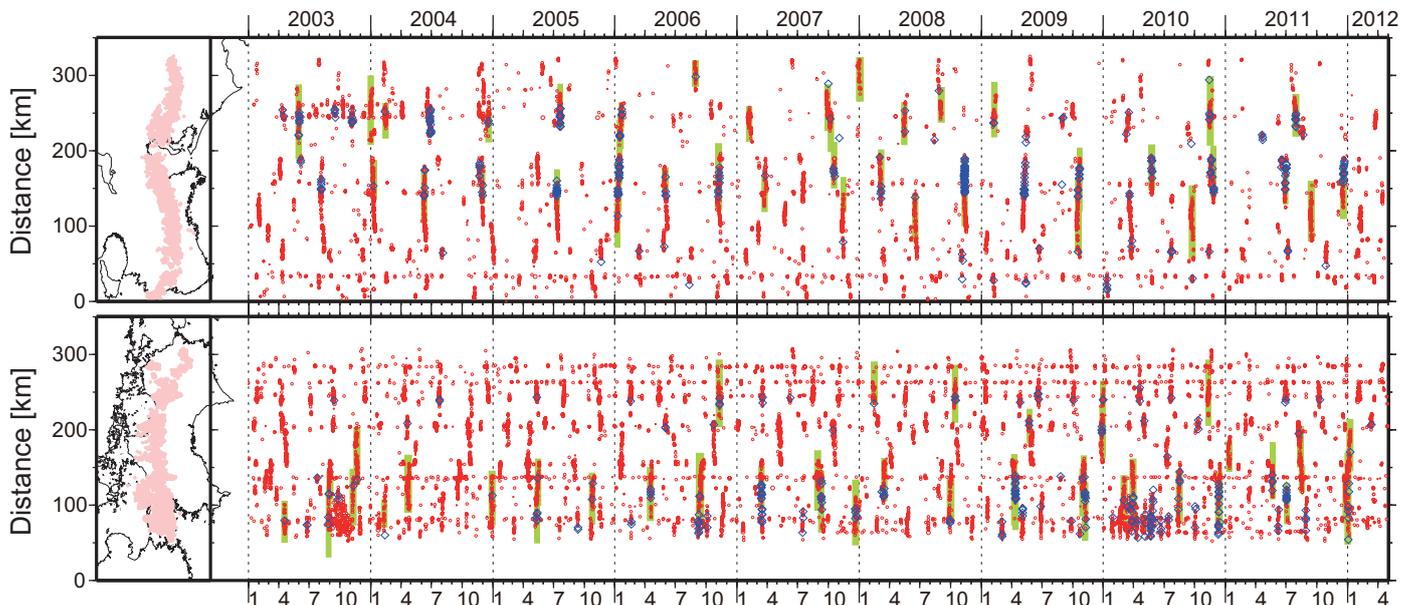


図3. 2003年1月～2012年4月までの深部低周波微動 (赤) および，深部超低周波地震 (青菱形) の時空間分布. 緑太線は，傾斜変動から検出された短期的 SSE.

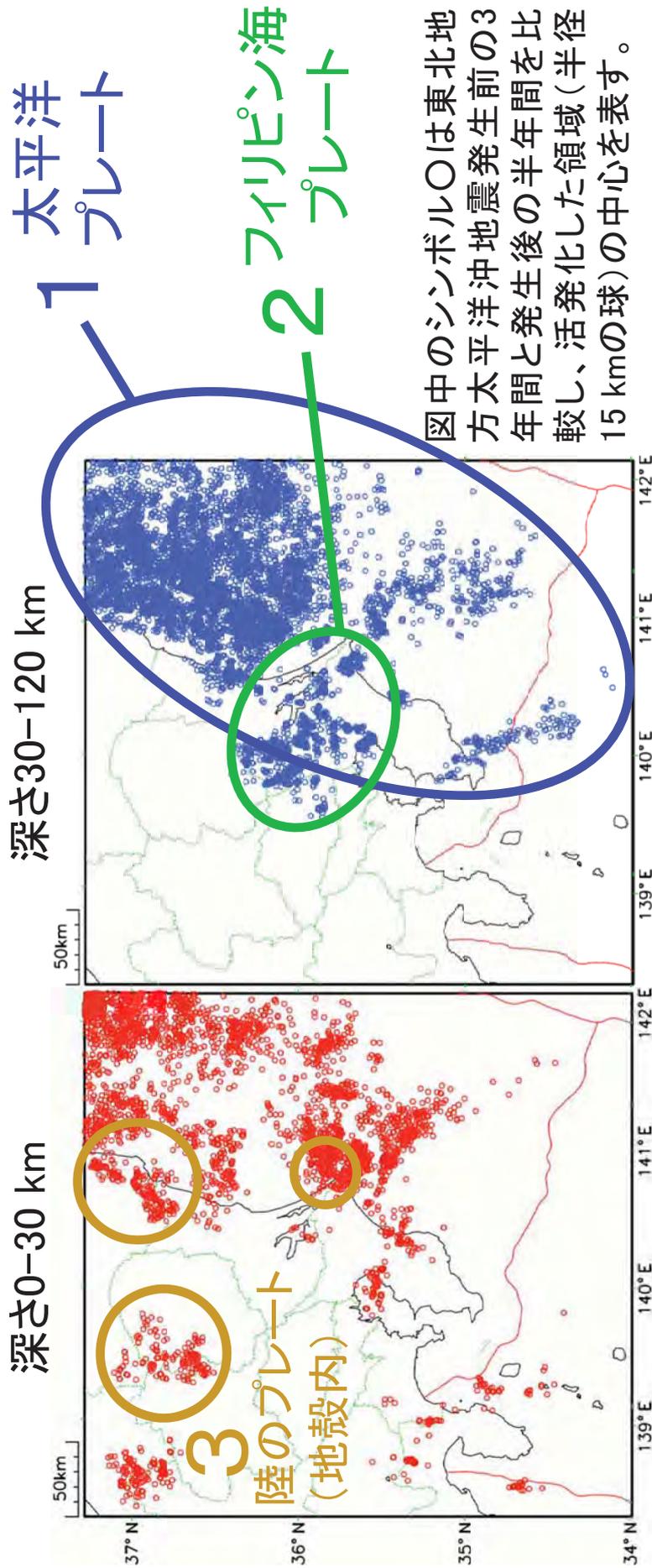
# 重点検討課題の検討

「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3）」

- ・ 相模トラフ周辺
- ・ 首都圏直下



# 地震活動が活発化した領域

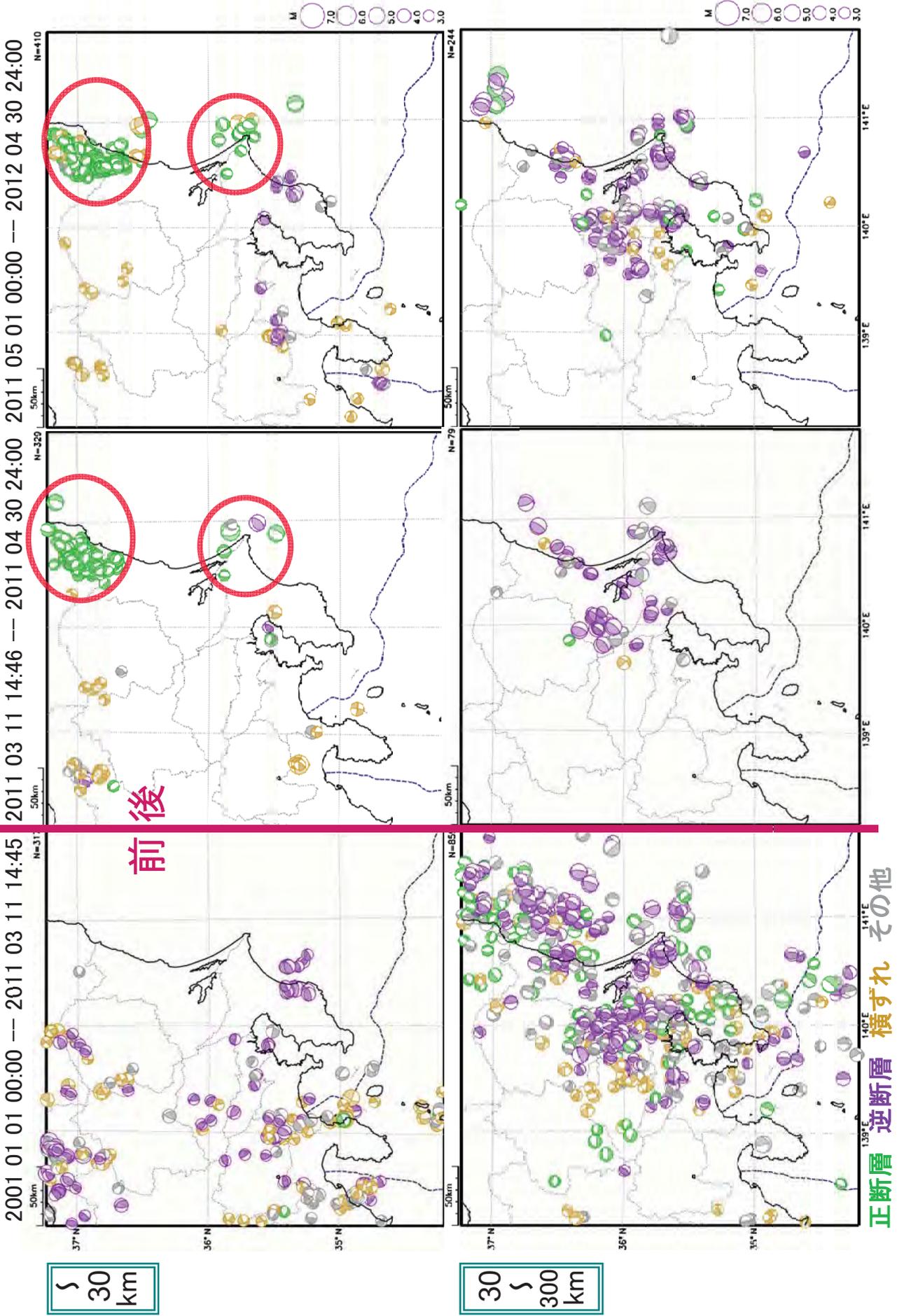


図中のシンボル○は東北地方太平洋沖地震発生前の3年間で発生後の半年間を比較し、活発化した領域(半径15 kmの球)の中心を表す。

1. 太平洋プレート(陸のプレート・フィリピン海プレートとの境界を含む) 東北地方太平洋沖地震の余震域を中心に、広い範囲で地震活動の活発化が見られる。
2. フィリピン海プレート(陸のプレートとの境界を含む) 茨城県南部から銚子付近にかけて、地震活動の活発化が見られる。
3. 陸のプレート(地殻内) 栃木県と群馬県の県境付近や福島県浜通りから茨城県北部、銚子付近などで地震活動の活発化が見られる。

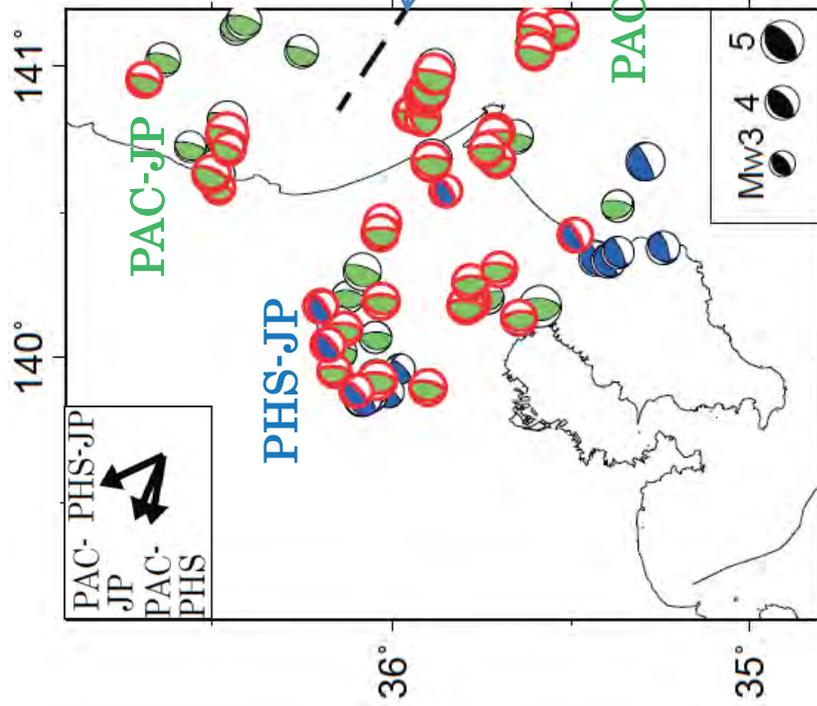


# 4-1 関東地方で発生する地震の発震機構(初動解)





# 相似地震発震機構解

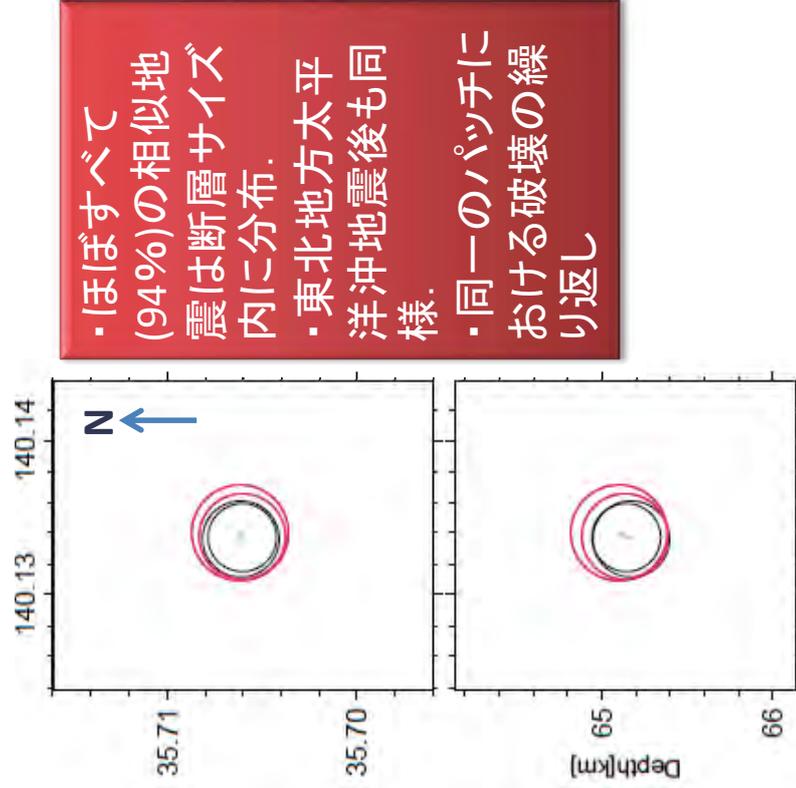


防災科研 AQUAによる相似地震の発震機構解. 赤縁シンボルは東北地方太平洋沖地震後に発生した相似地震を示す.

- ・相似地震の発震機構解はプレート境界のすべりと調和的な低角逆断層型.
- ・東北地方太平洋沖地震後も同様

# DD法による詳細分布

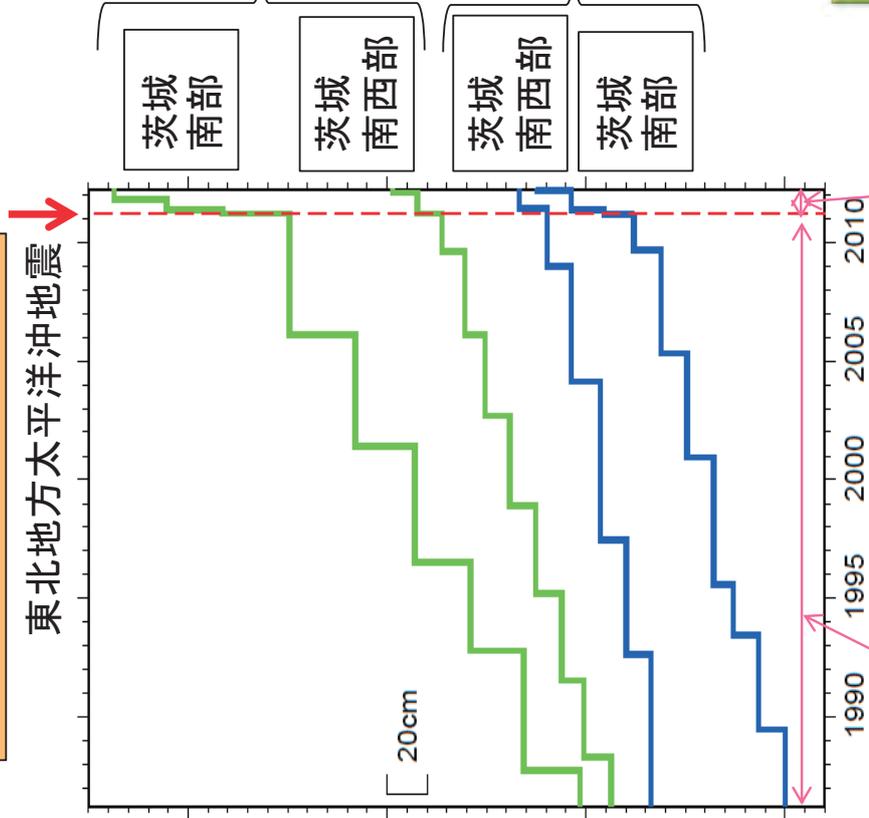
- ・2002年9月以降を対象
- ・相似地震グループ毎に再決定
- ・波形相関データを使用
- ・点震源からスタート
- ・グループ内のすべての地震との波形相関を計算



丸印: 相似地震. 赤丸は東北地方太平洋沖地震後に発生した地震を示す.

# 相似地震 繰り返し間隔の変化

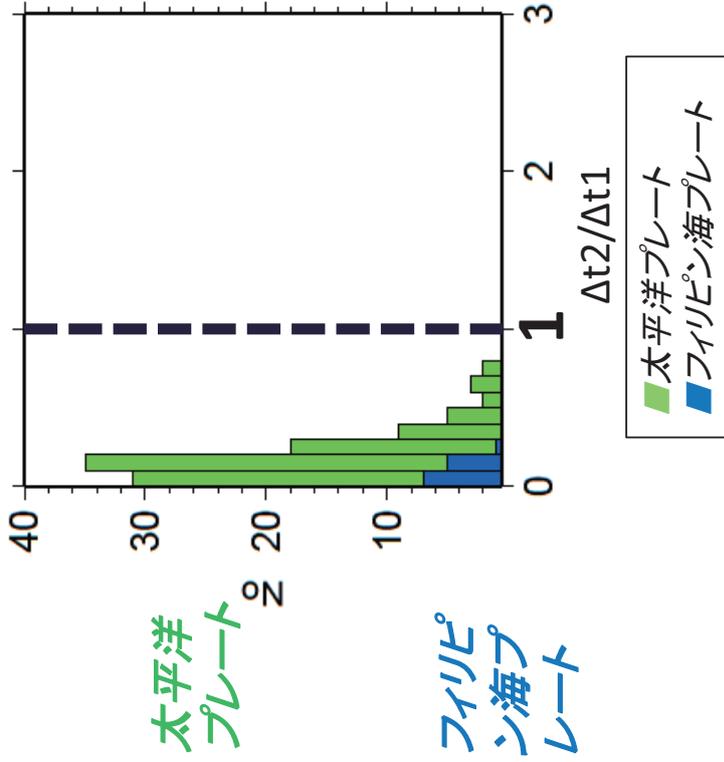
グループ毎のすべり履歴



東北地方太平洋沖地震前の繰り返し間隔の平均:  $\Delta t_1$

地震後の繰り返し間隔の平均:  $\Delta t_2$

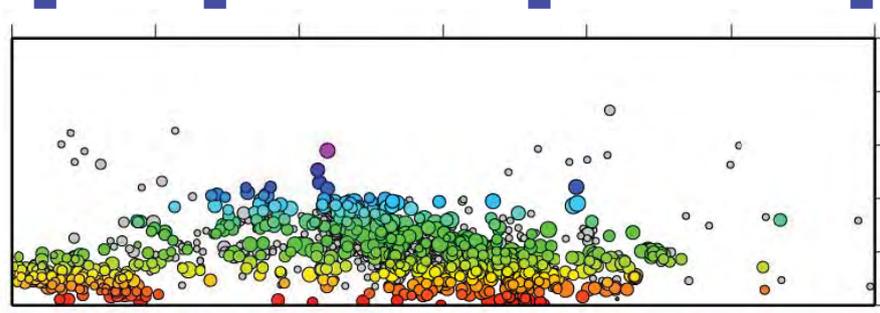
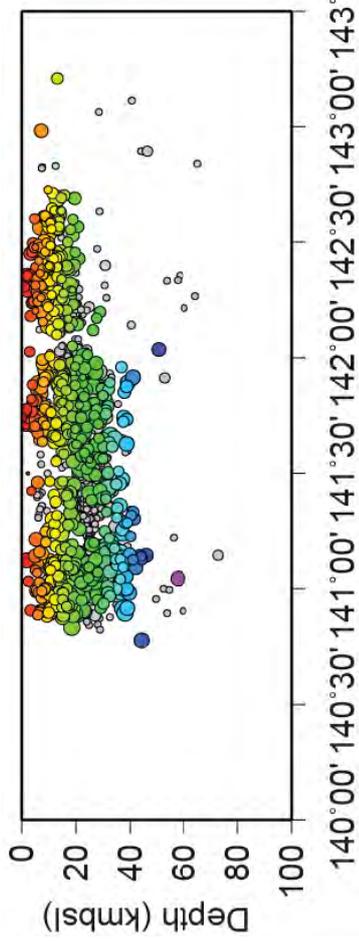
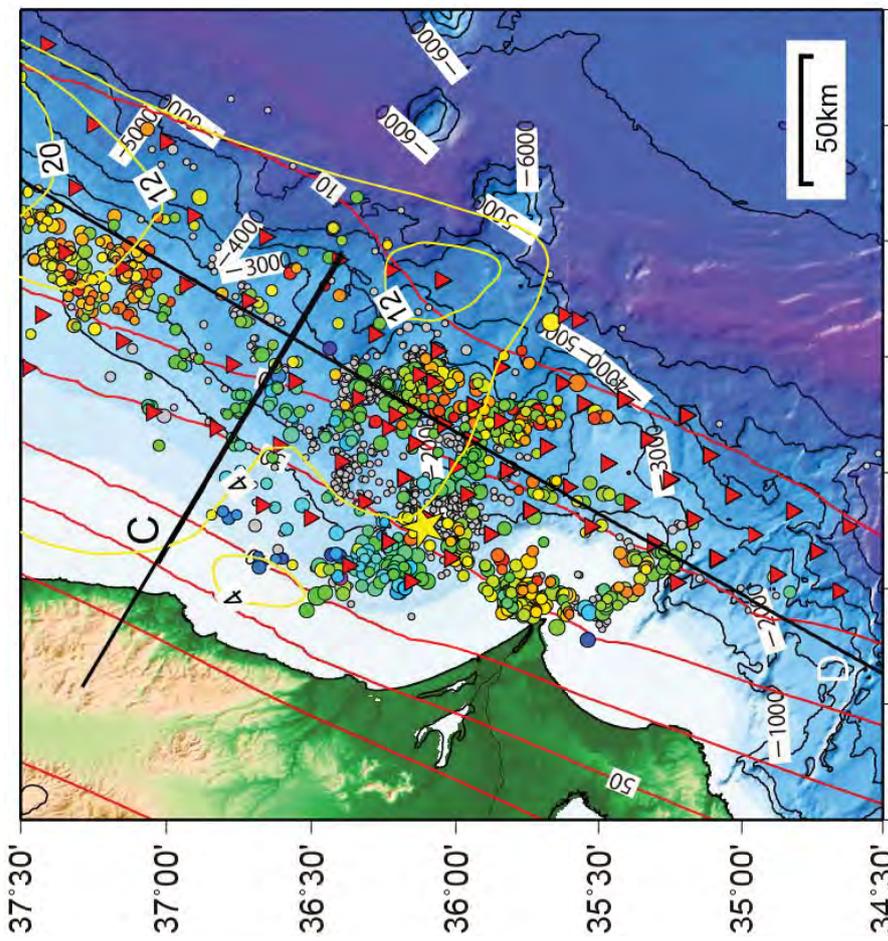
グループ毎繰り返し間隔変化率の頻度分布



太平洋プレート  
フィリピン海プレート

- グループ毎の繰り返し間隔の変化を確認
- $\Delta t_2/\Delta t_1$  が1より小さいグループが存在:  
繰り返し間隔が短くなった
- 太平洋プレート・フィリピン海プレートとも同様の傾向

# OBSによる震源分布(震源域南部)

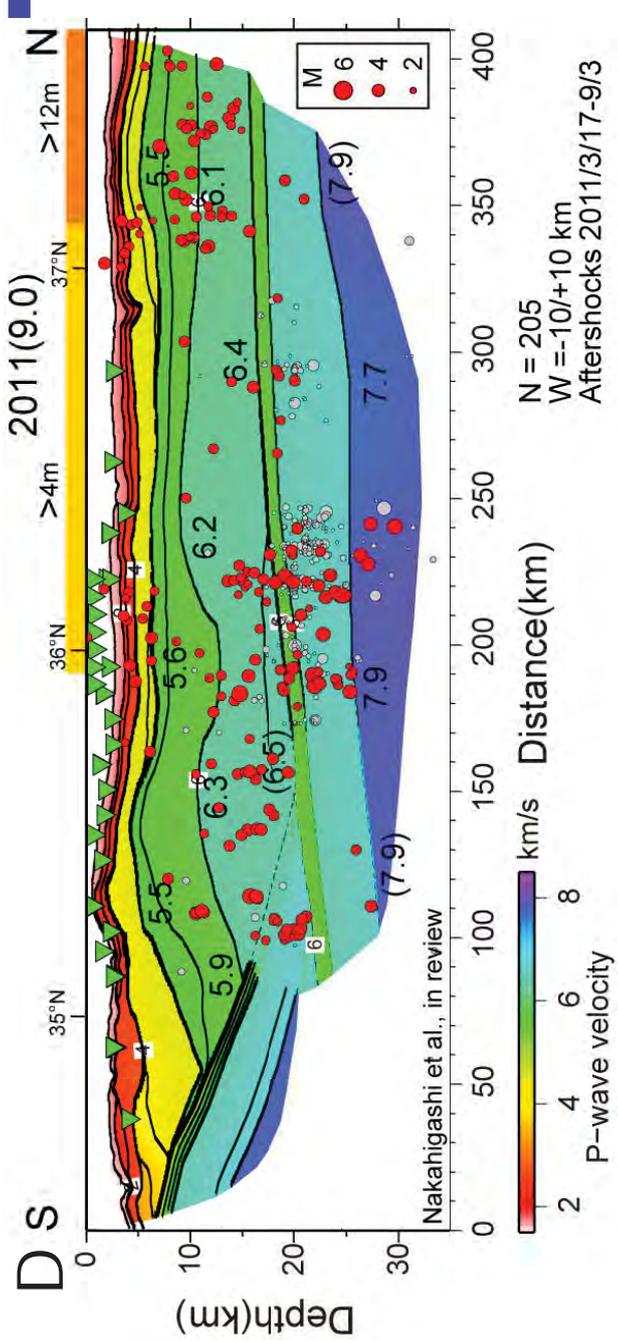
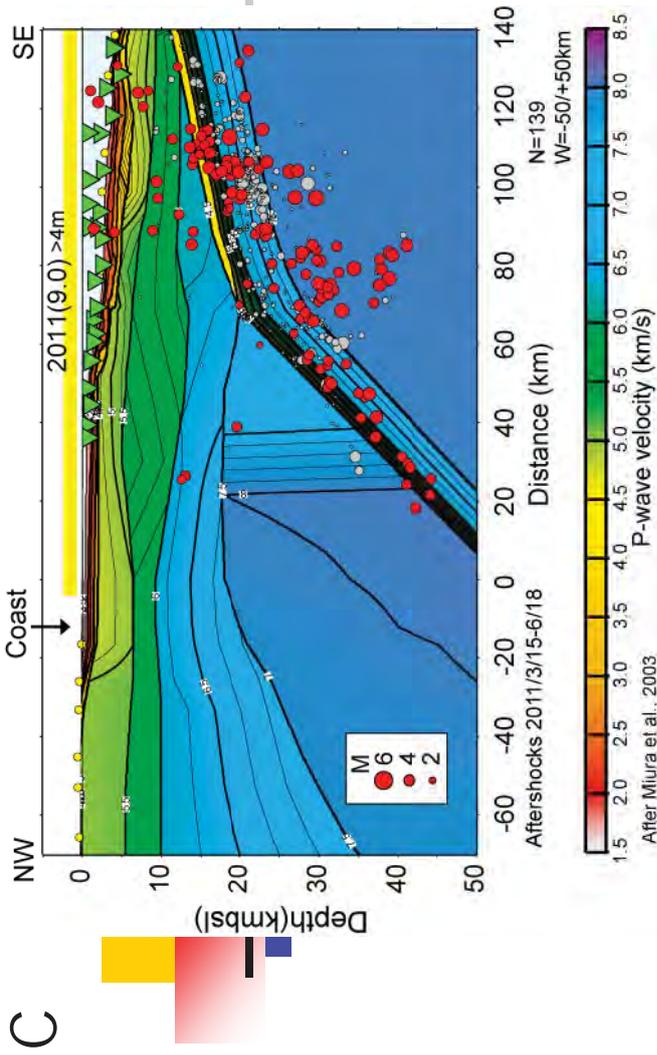


プレート境界での余震活動は活発  
特に茨城県沖では、陸側プレート内にも活発な余震活動が見られる

プレート境界深度が10kmより浅い領域では、余震活動は低調

本震約30分後に起こったM=7.7の震源付近では、余震の発生が少ない

# 速度構造との比較(南部)

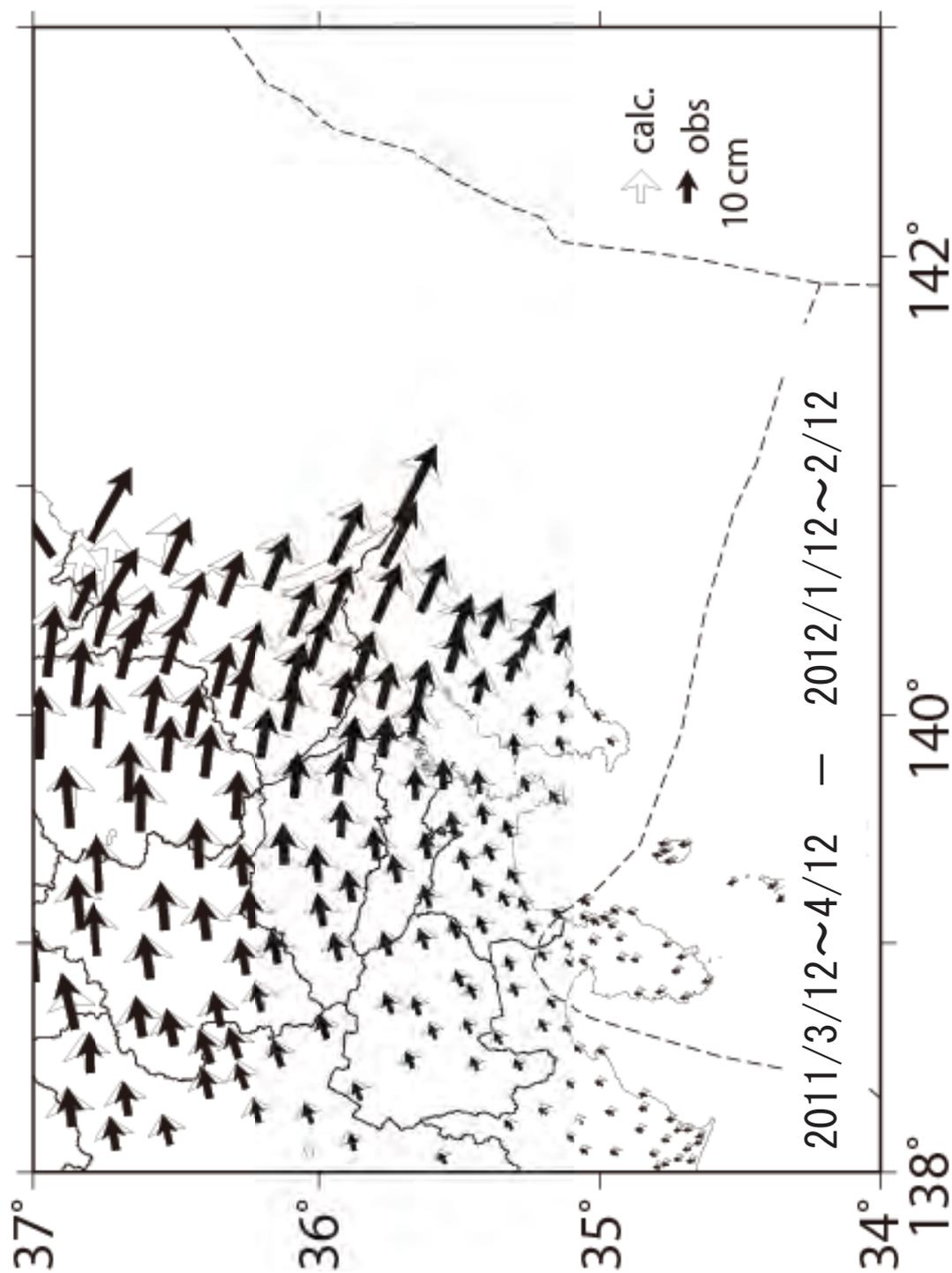


南部ではプレート境界での余震活動が活発。

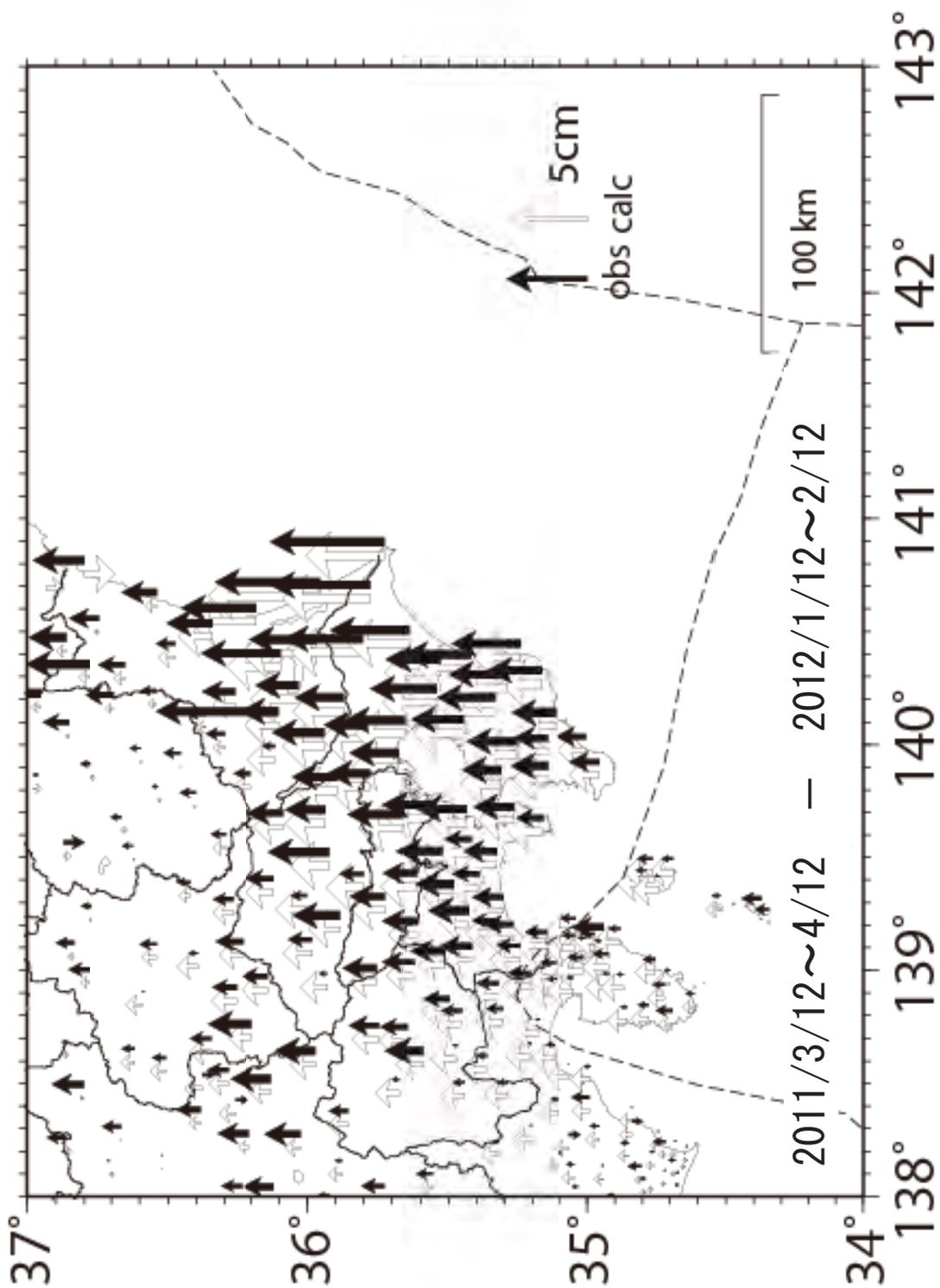
余震はプレート境界付近だけではなく、海洋プレートおよび陸側プレート内でも発生している。

プレート境界域で発生する余震分布の南限は、太平洋プレートとフィリピン海プレートが接している領域と一致している。

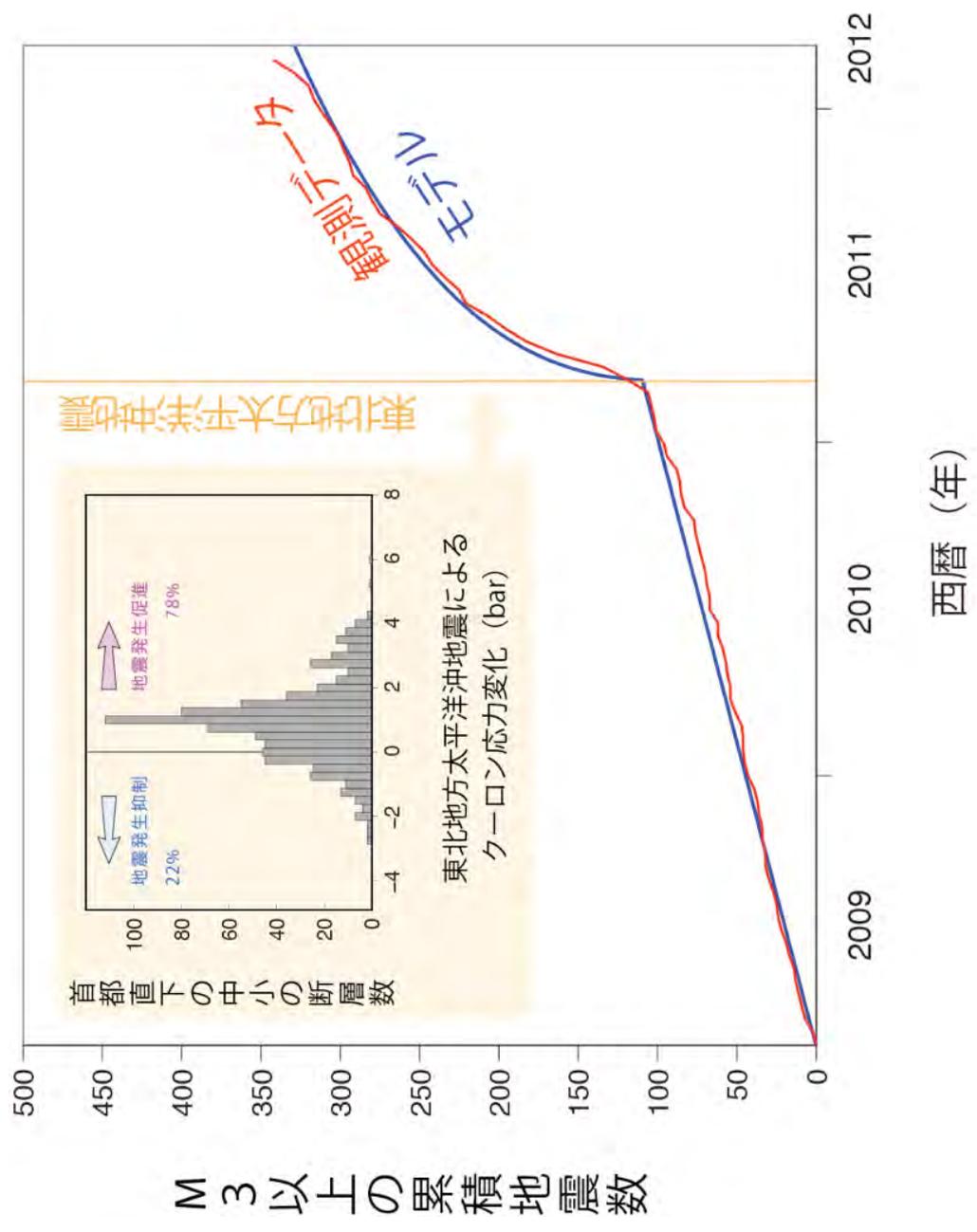
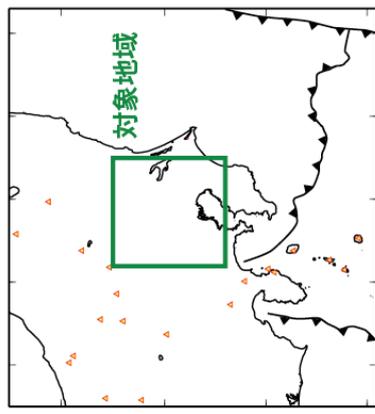
# 地震後の余効変動(水平)



# 地震後の余効変動(上下)



# 東北沖地震による首都直下への応力伝播と 誘発地震活動の減衰モデル



直下に潜在する中小断層群  
へ平均 1 bar (0.1 MPa)  
応力が伝播. 一般的モデル  
パラメータ値を使って, そ  
の後の地震発生シートの時  
系列を再現することもでき  
る. (余効変動の効果は必  
ずしも必要ではない)

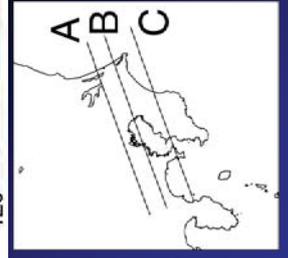
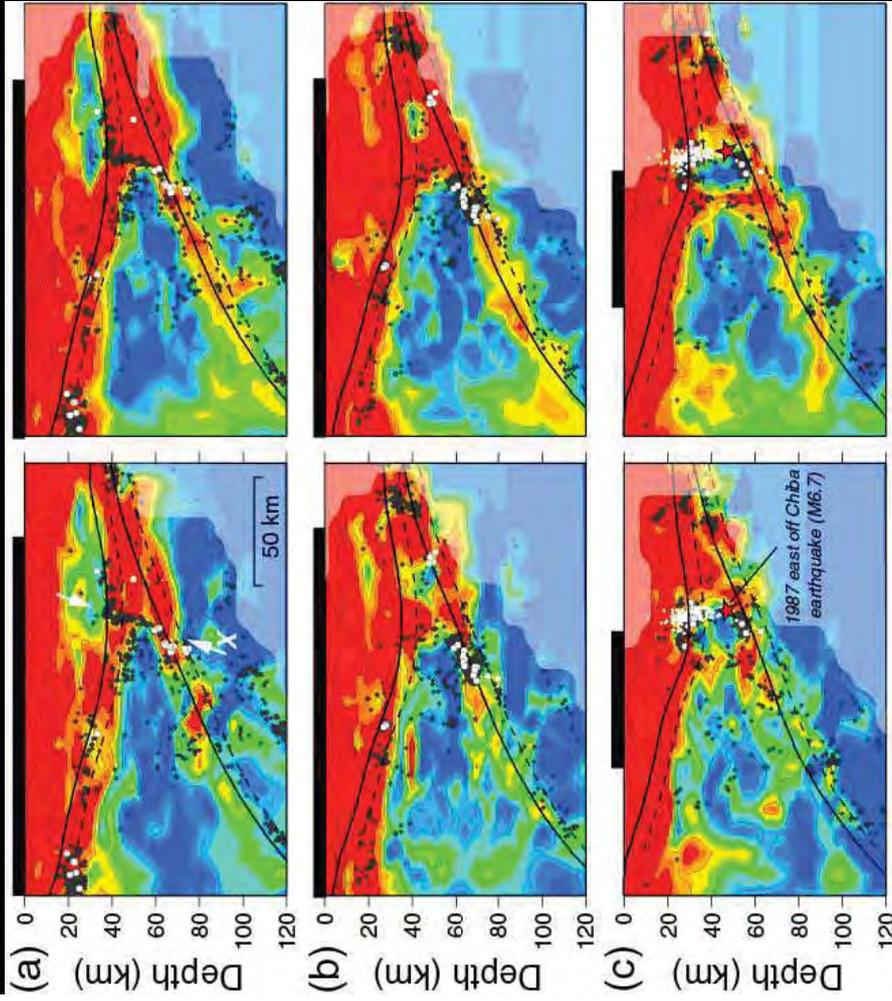


# PHSプレート東端部の蛇紋岩化

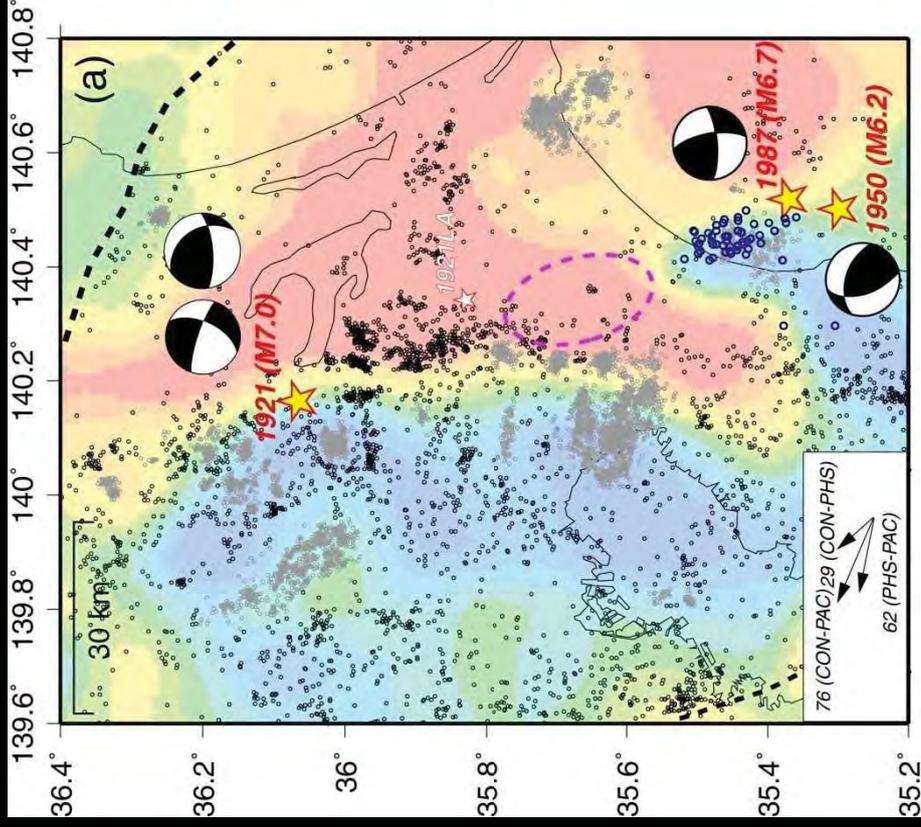
Vp

Vs

Nakajima & Hasegawa (2010)

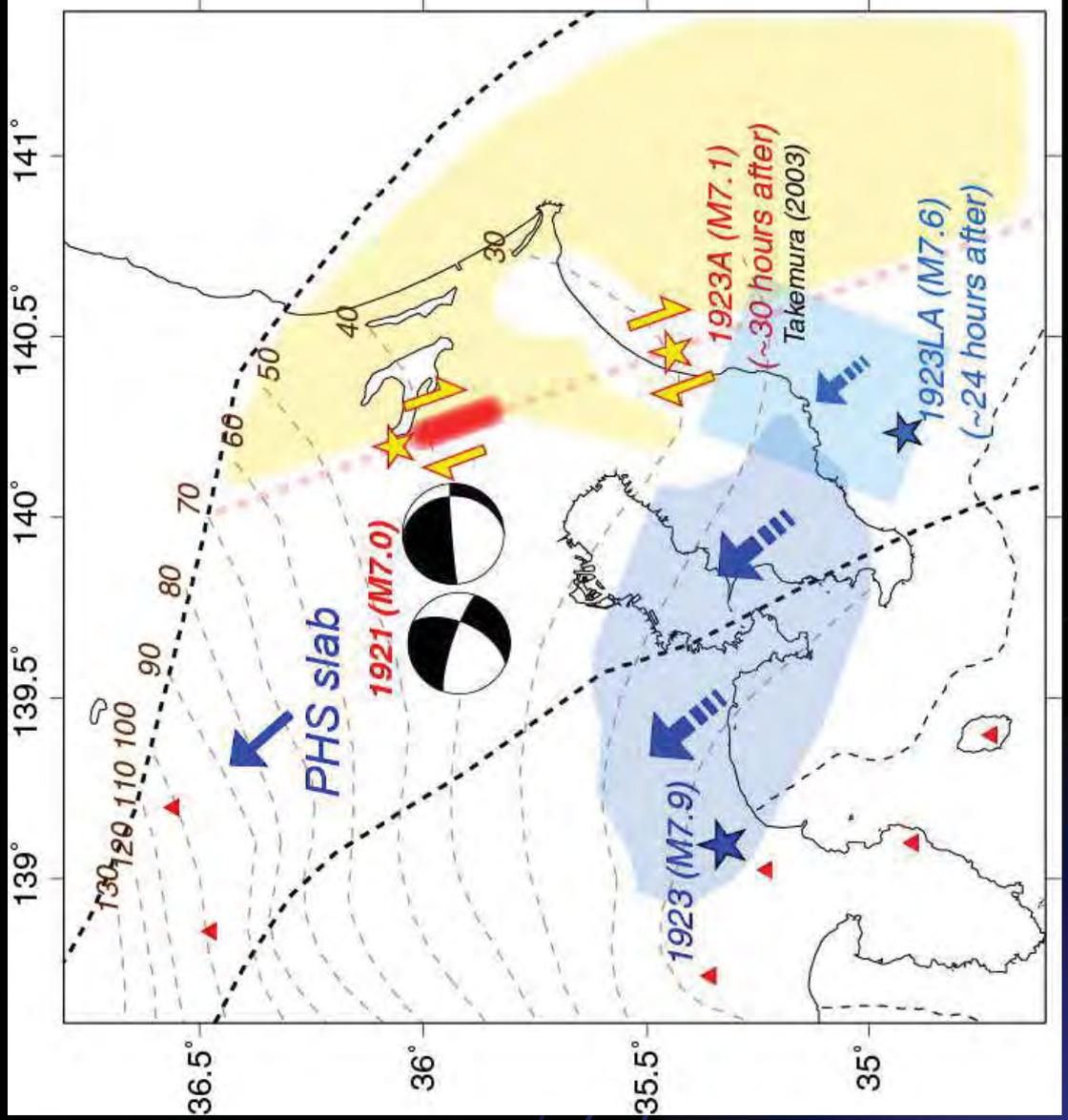


1. 蛇紋岩化域の西縁はほぼ鉛直.
2. 西縁を挟んで地震波速度が15-20%変化



1921年・1987年の地震は蛇紋岩化域の西縁に沿って発生(右横ずれのメカニズム解)

# 1923年関東地震前後のM7クラス 地震活動 (1921-1923)



1921/12/8 (M7.1)

茨城県南部の地震

1923/9/1 (M7.9)

関東地震

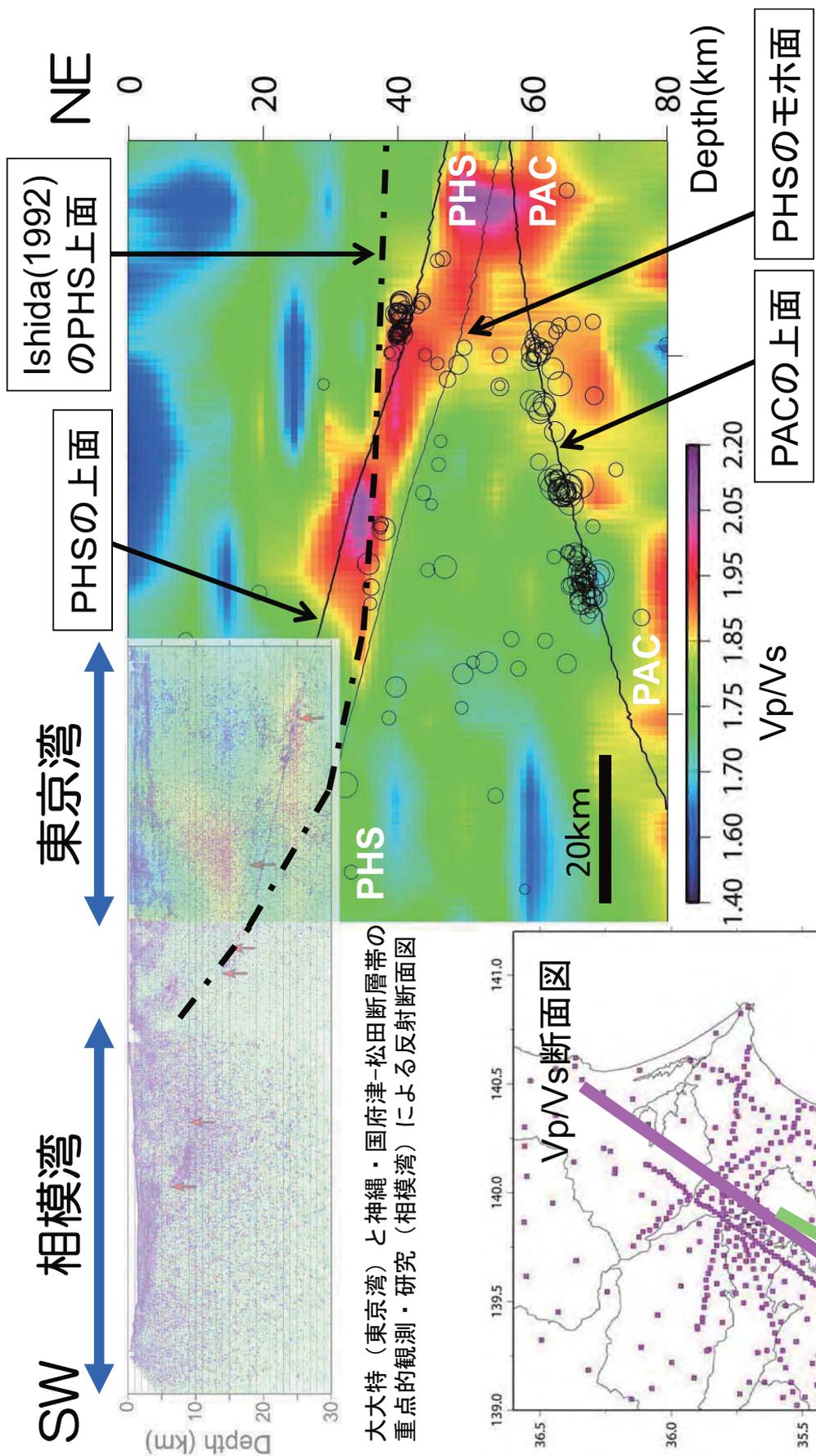
1923/9/2 (M7.6)

関東地震最大余震

1923/9/2 (M7.1)

関東地震余震

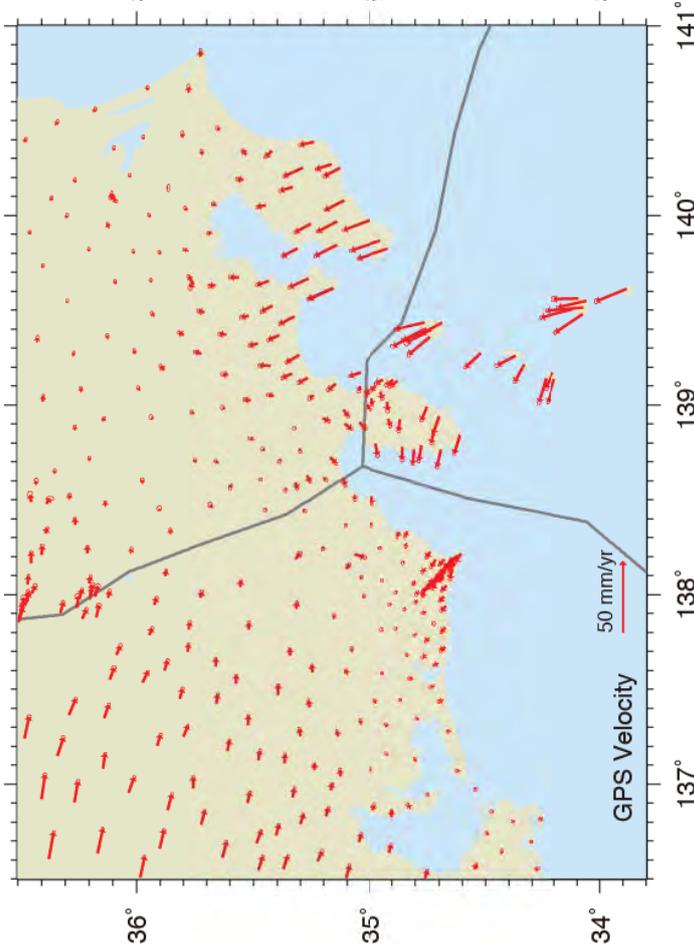
# トモグラフィ解析による速度構造と反射法探査断面図



丸印は使用した地震の内、断面の±5kmの幅にあるもの

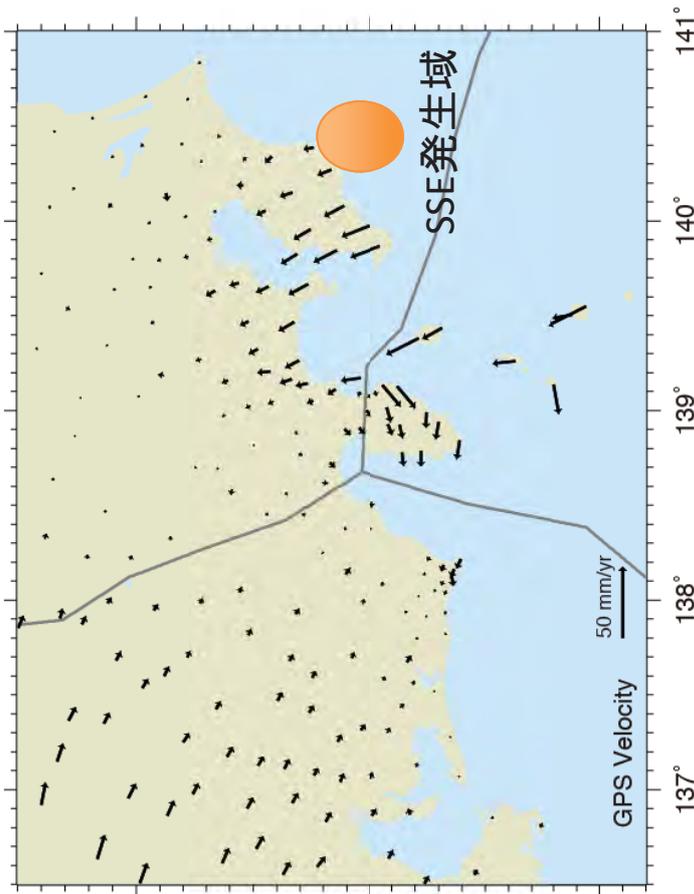
# GEONETによる地震間地殻変動

水平変位速度(2007/9-2011/2, オホーツクプレート固定)



約3年半, 房総SSEは含まず

水平変位速度(1997/2-2011/2, 富岡観測点固定)

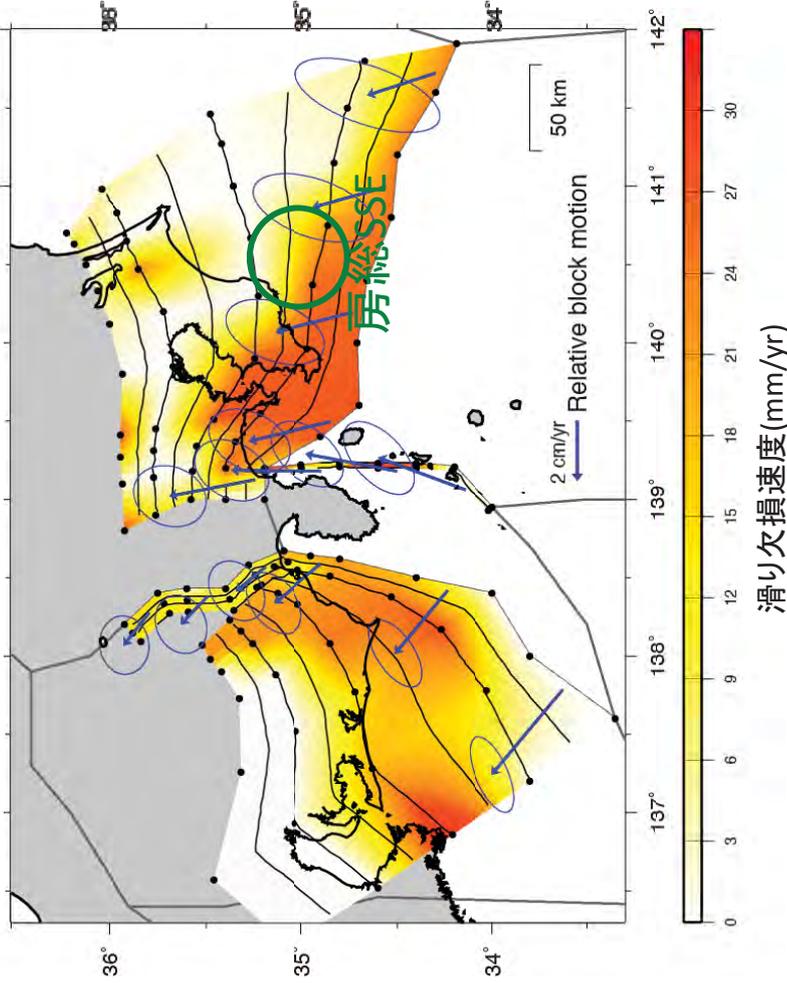


14年間, 房総SSEは2回含む

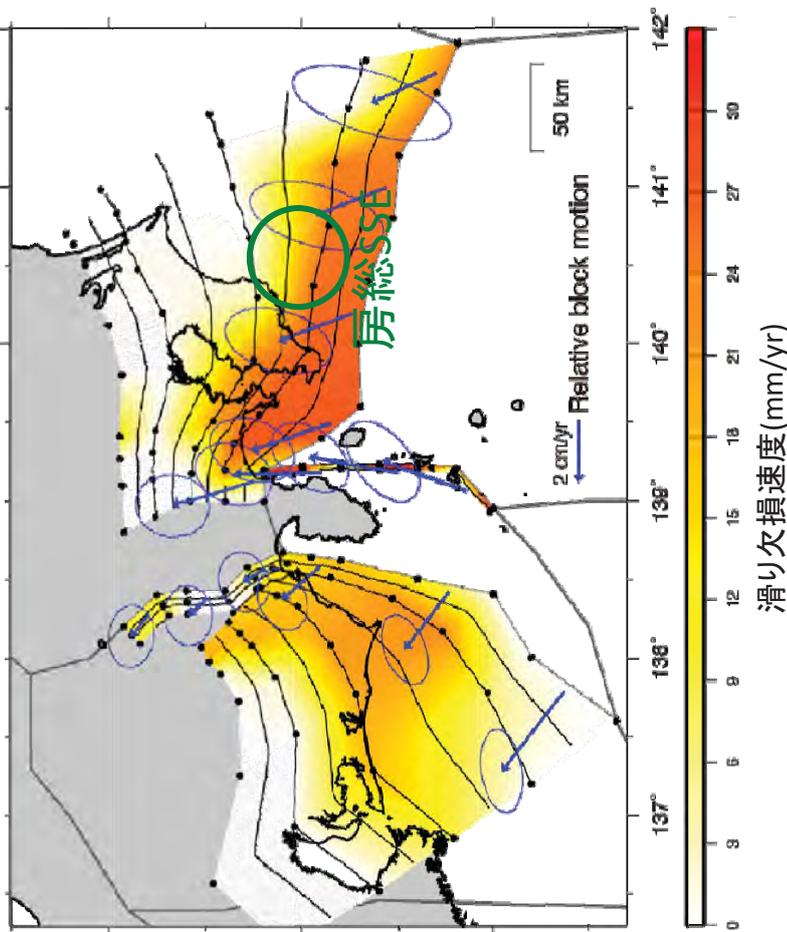
- 疑問：房総SSEの発生域でも大地震の発生ポテンシャルがあるのか？
- 速度ベクトルを比較すると、千葉大原、勝浦周辺では、北向き速度が若干小さいが、大きくは変わっていない。
- 房総SSEで、トラフ軸に至る全ての歪みを解放しているわけではなさそう。

# カップリング分布(短期&長期)

短期(2007/9-2011/2)のカップリング分布

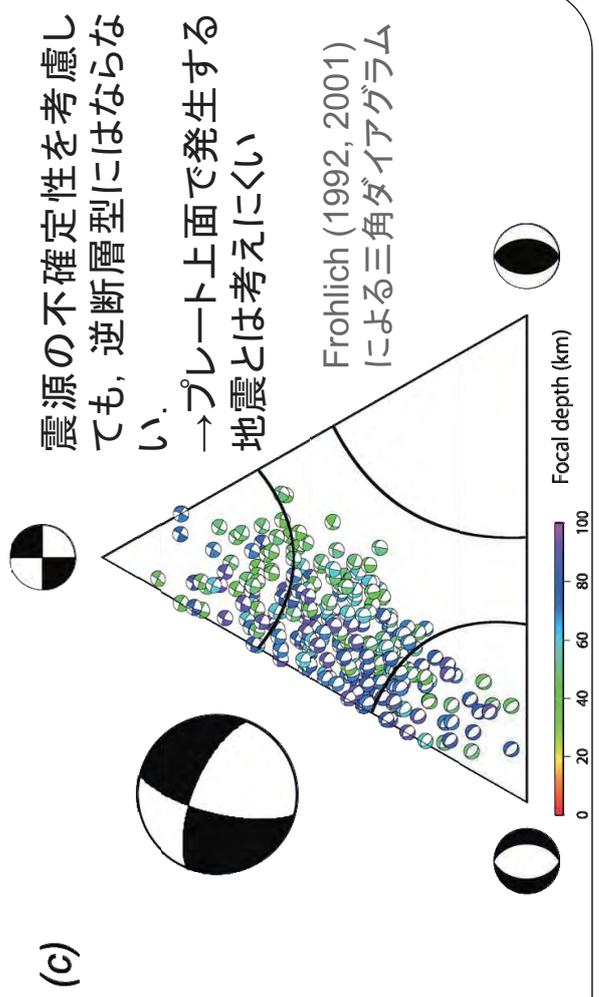
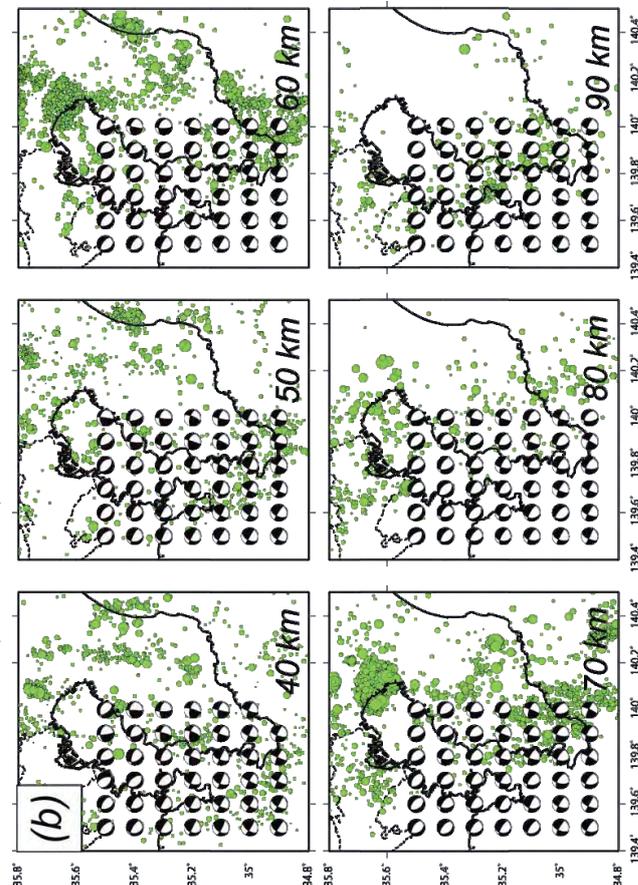
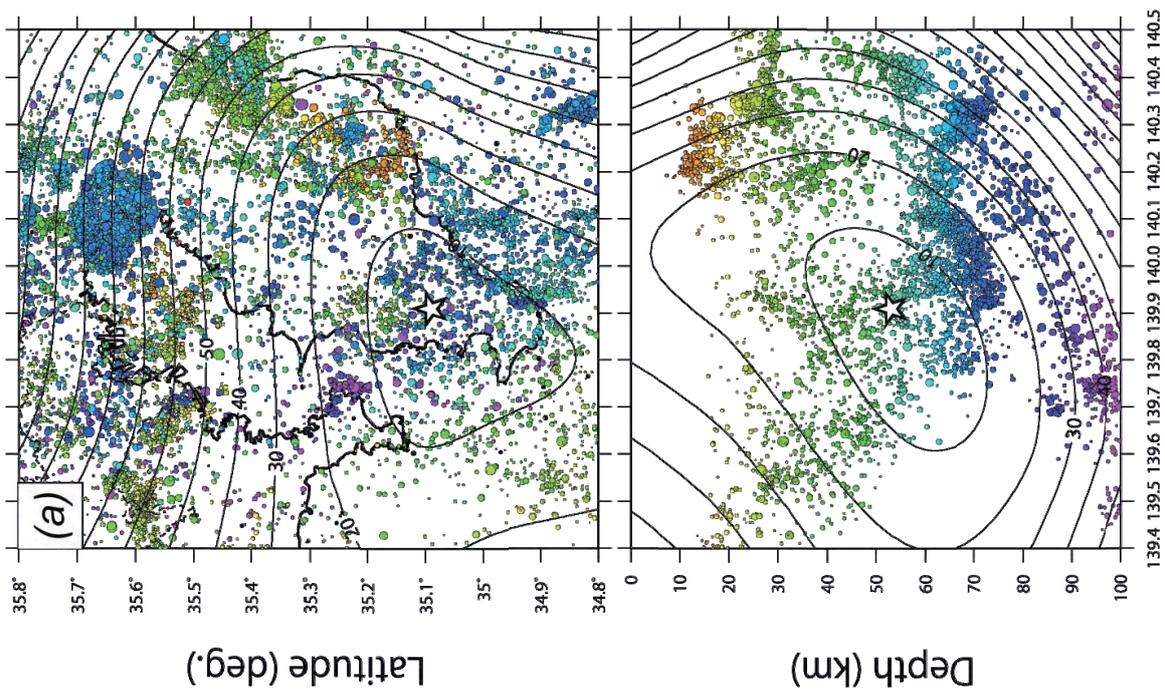


長期(1997/2-2011/2)のカップリング分布



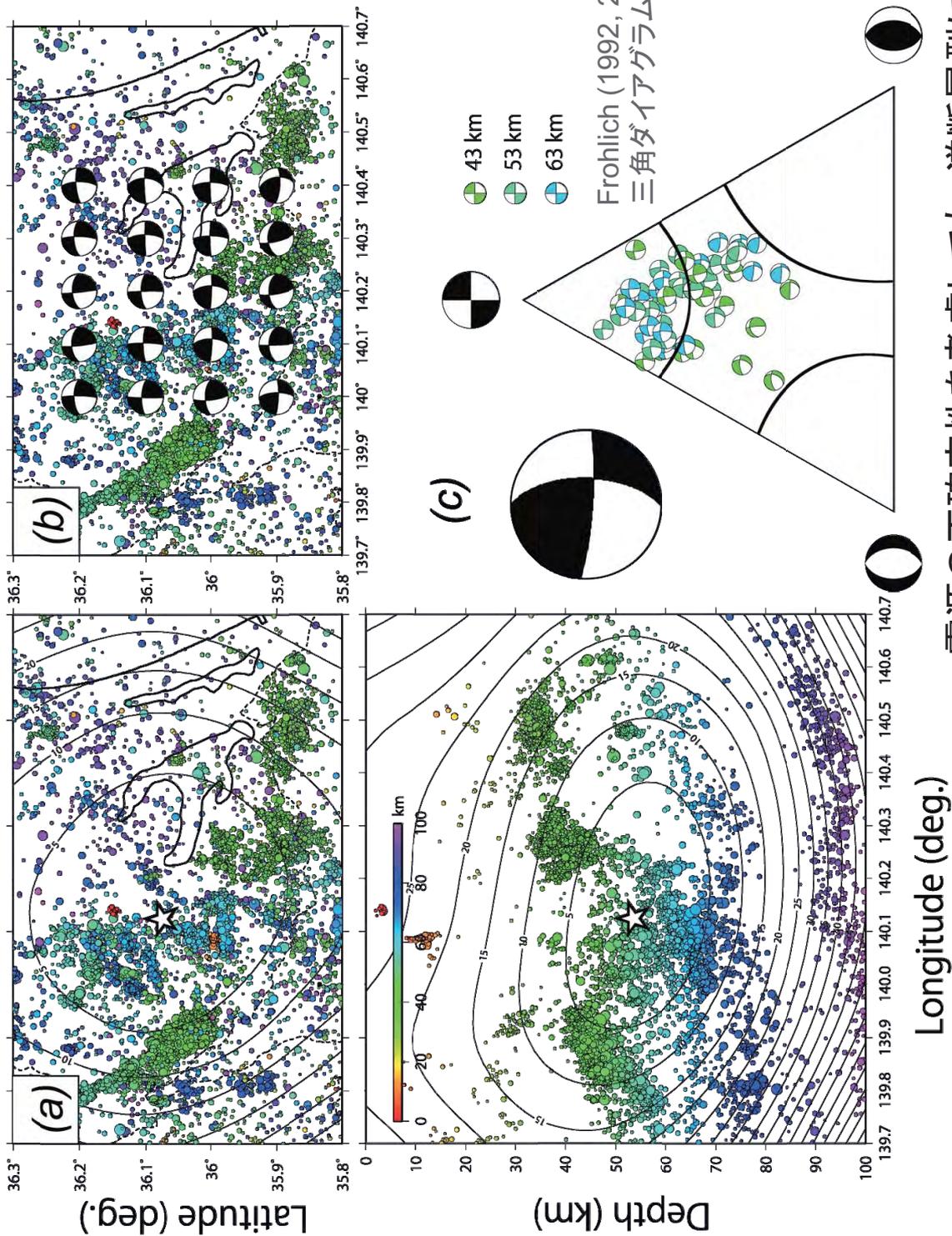
- 14年分のデータを用いても, SSEを含まない3年半分のデータを用いても, 相模トラフ沿いの固着(滑り欠損)分布はほとんど変わらず, 三浦半島沖から房総半島東方沖まで強く固着している. 東京湾北部の固着は小さい.
- 14年間のトータルで, 房総SSE領域の南半分は固着しており, 歪みを蓄積中である. 将来的には地震性の滑りもあり得るかも知れないし, 関東地震の最大余震としてこの領域で地震性の滑りが生じたという研究(Kimura et al., 2009)もある.

# 1922年浦賀水道付近の地震の震源・メカニズム解



震源の不確定性を考慮しても、逆断層型にはならない。  
→プレート上面で発生する地震とは考えにくい

# 1921年茨城県南部の地震の震源・メカニズム解

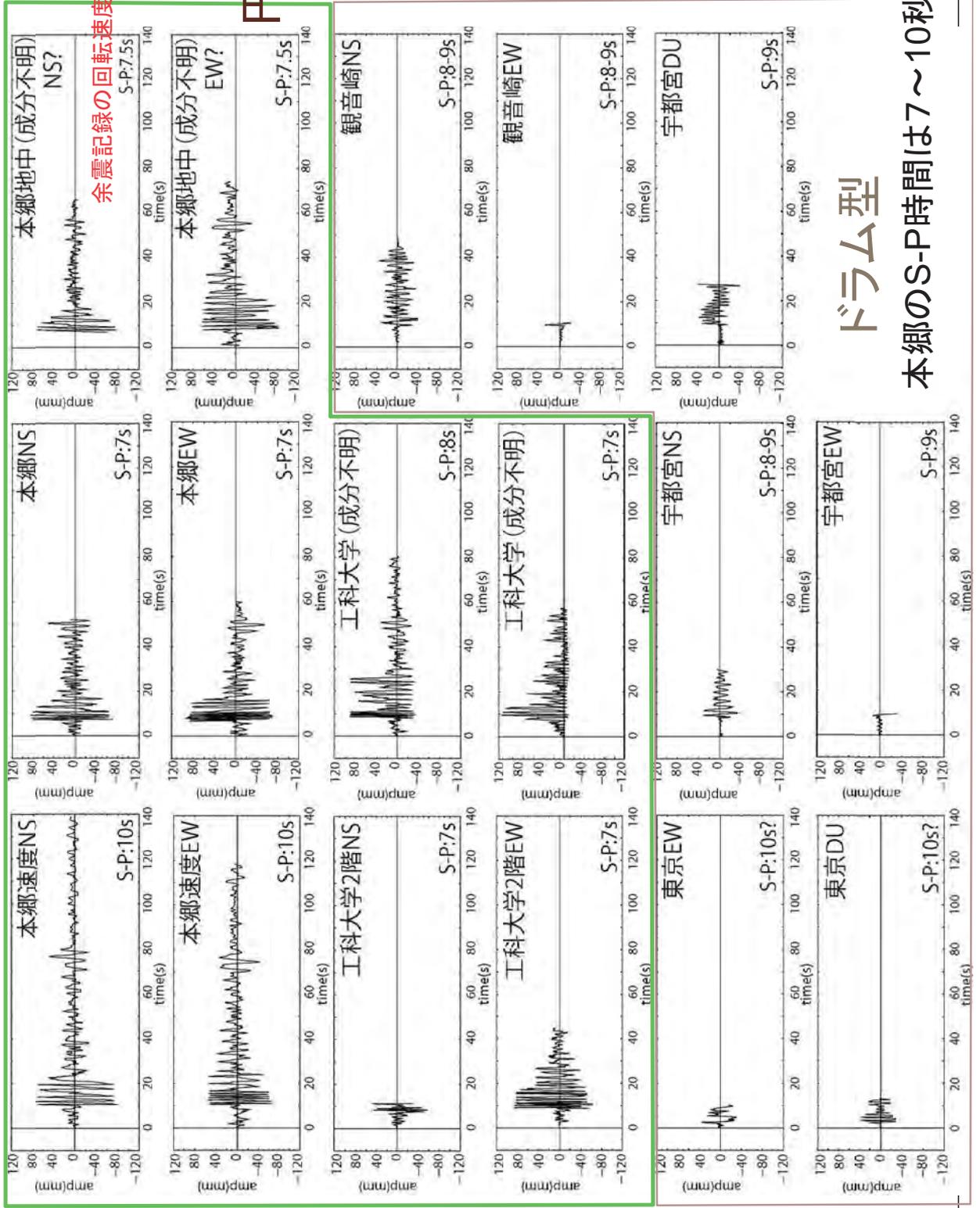


震源の不確定性を考慮しても、逆断層型にはならない。  
→ プレート上面で発生する地震とは考えにくい

# 1894年明治東京地震の波形記録の復元

※計器補正は  
行っていない

余震記録の回転速度を仮定.



円盤型

ドラム型

本郷のS-P時間は7~10秒

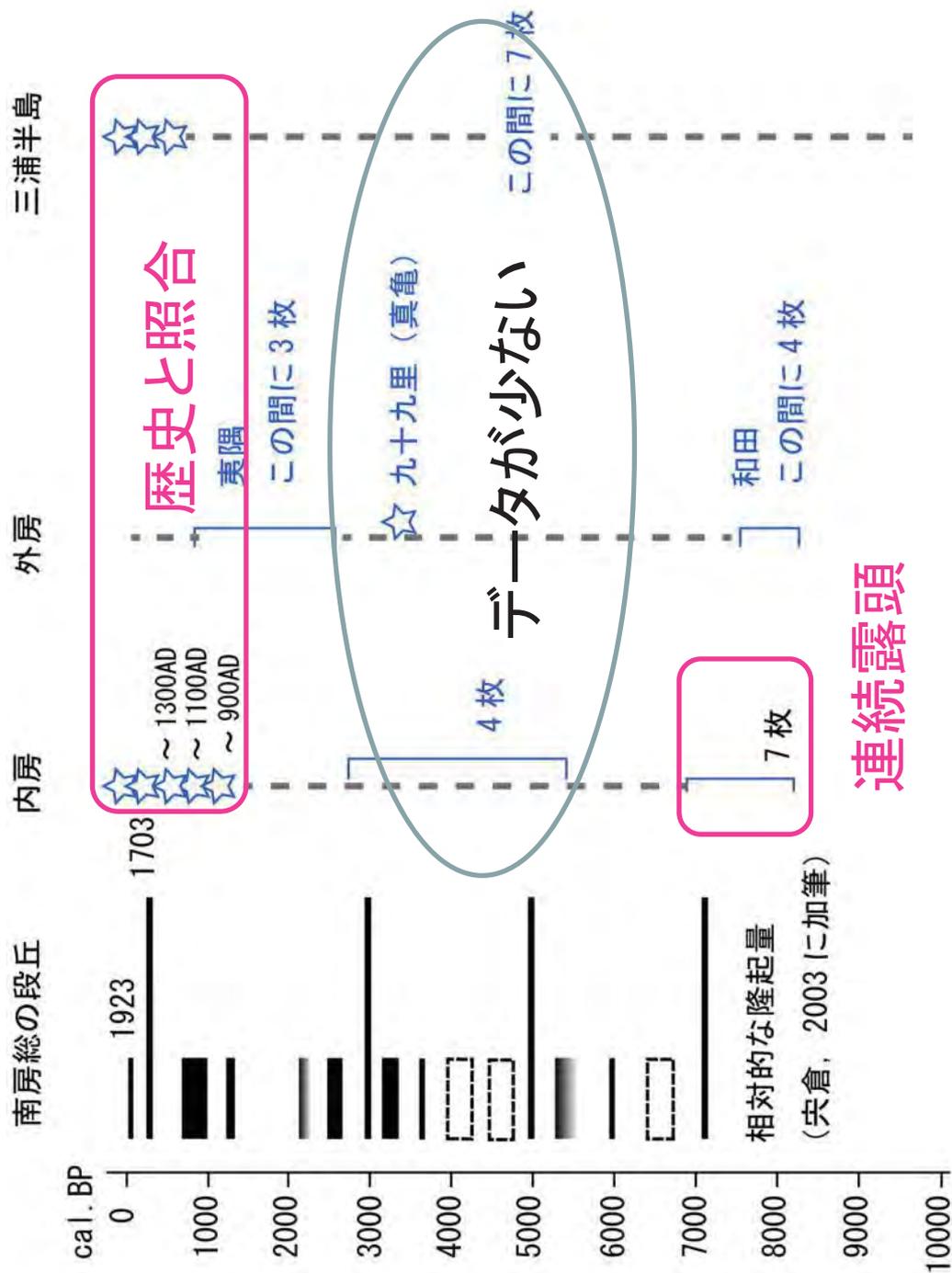


# 津波堆積物が報告された場所

- 1: 先史, 15世紀
- 2: 先史, 1293?, 1703, 1923
- 3: 先史, 878?, 1293?, 1703, 1923
- 4: 先史
- 5: 先史
- 6: 先史
- 7: 先史~12世紀
- 8: 3500年前頃



# 津波堆積物の可能性がある堆積層



候補：永仁地震（1293年5月27日）

館山のイベント堆積物

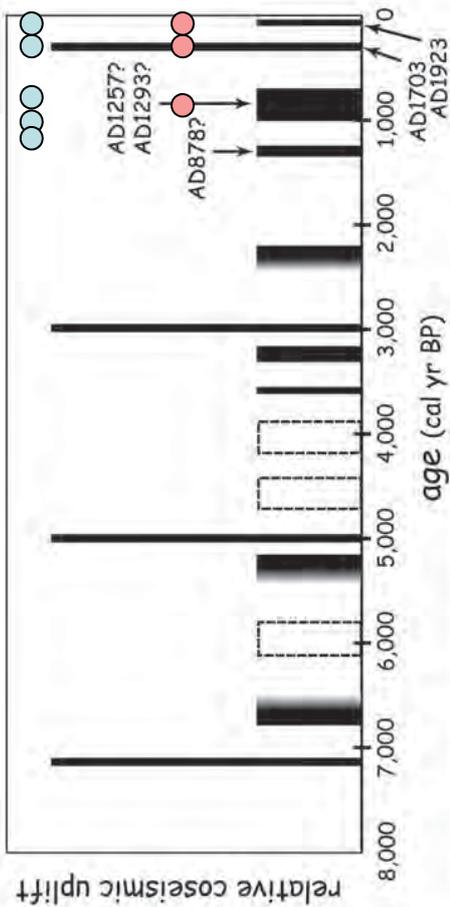
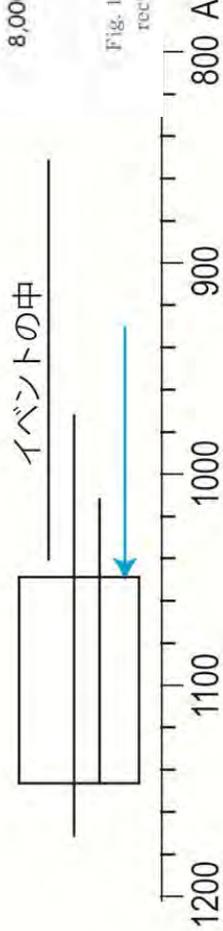


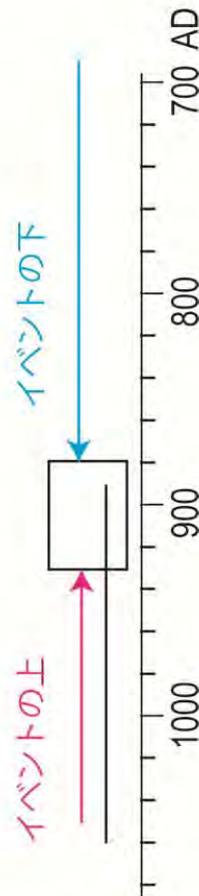
Fig. 11. Timing and relative coseismic uplift of repeated Kanto Earthquakes. Open rectangle enclosed with dotted line means <sup>14</sup>C age samples (from Fujibayashi, 2003)

該当する地震なし(台風?)



三浦半島のイベント堆積物

(Shimazaki et al., 2011)



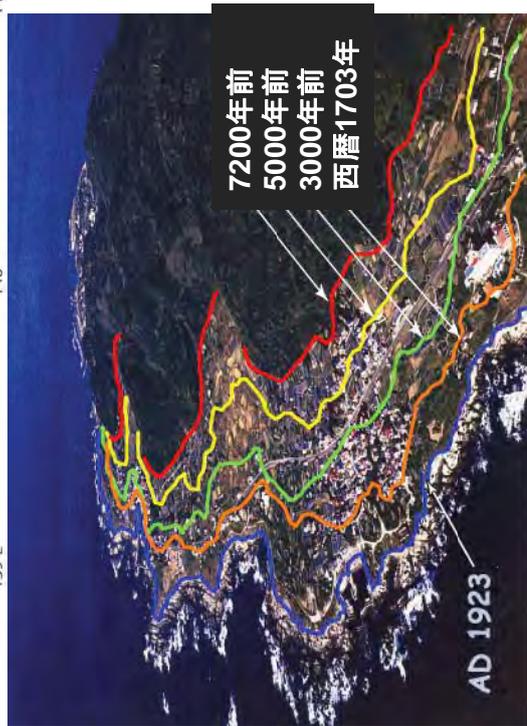
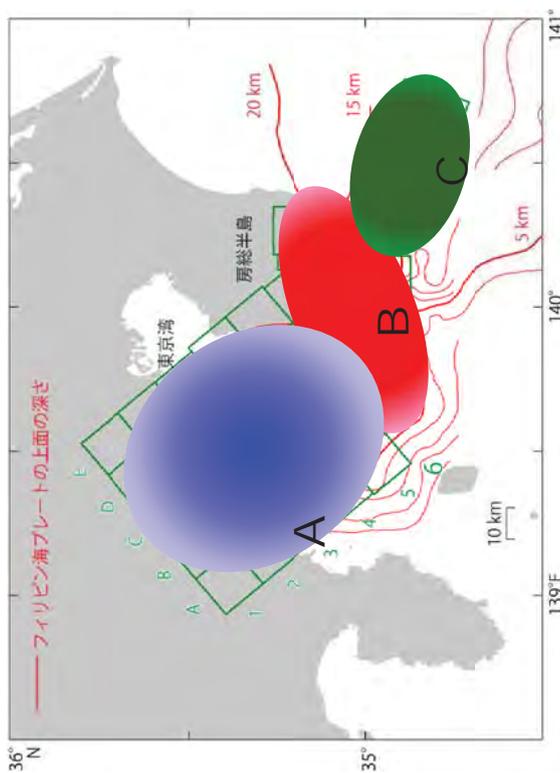
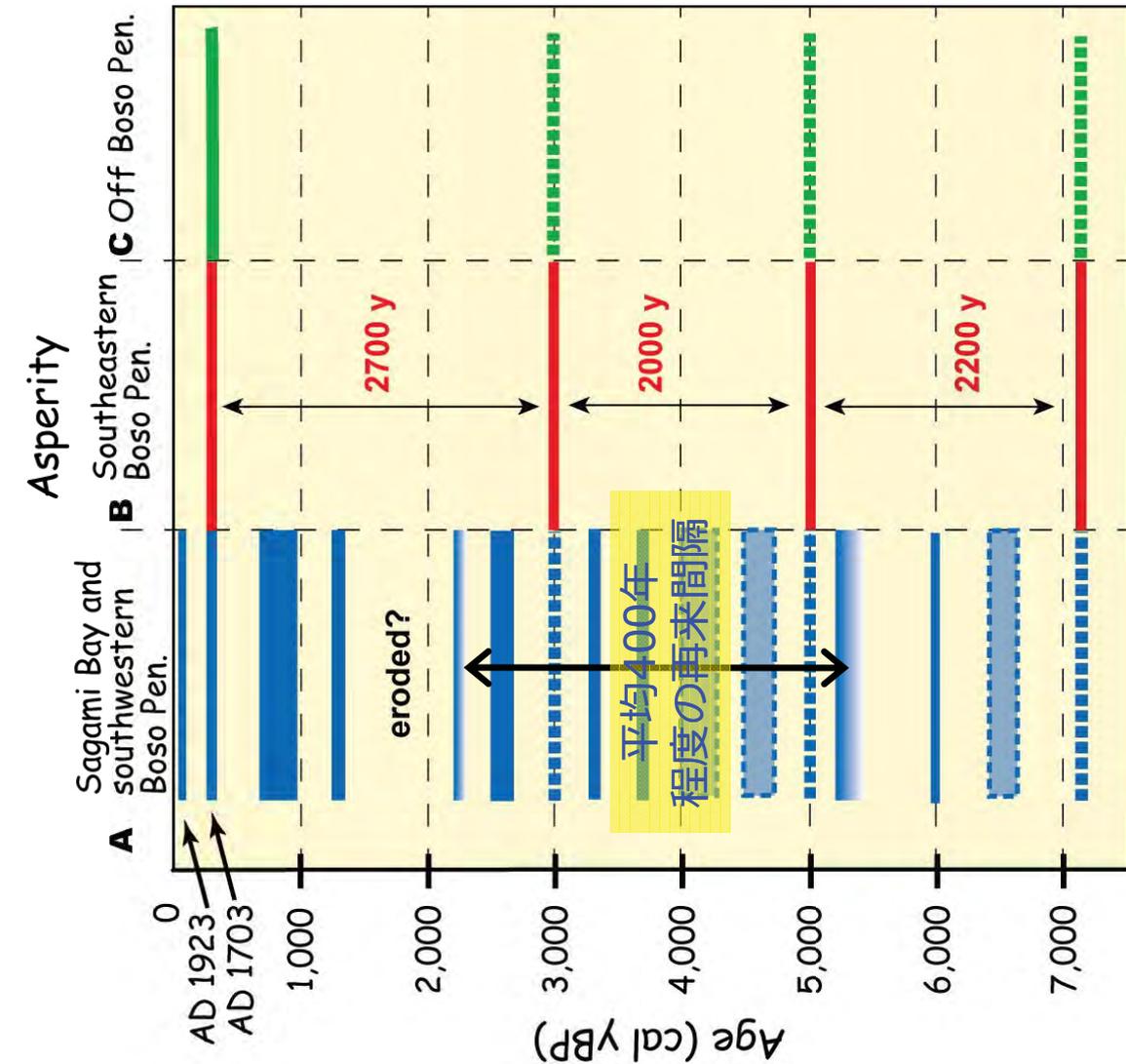
候補：元慶二年相模・武蔵の地震

(878年11月1日)

再来間隔

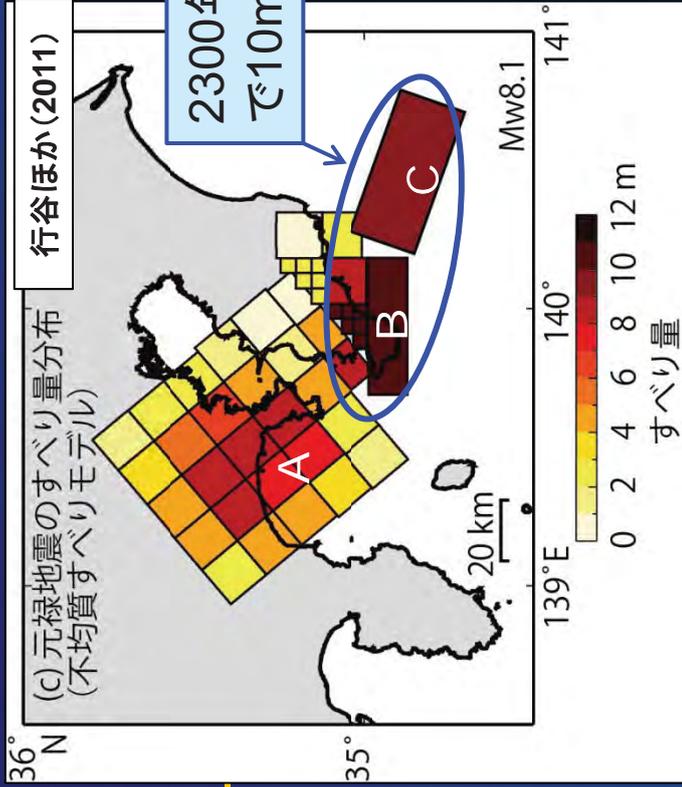
1923	220
1703	410
1293	415
878	

# 房総半島の海岸段丘から明らかにになった 相模トラフ沿いにおける古地震の履歴



尖倉(2003), 尖倉ほか(2005)などに基づく

# 測地と地形・地質との矛盾



地震調査研究推進本部(2004)による評価

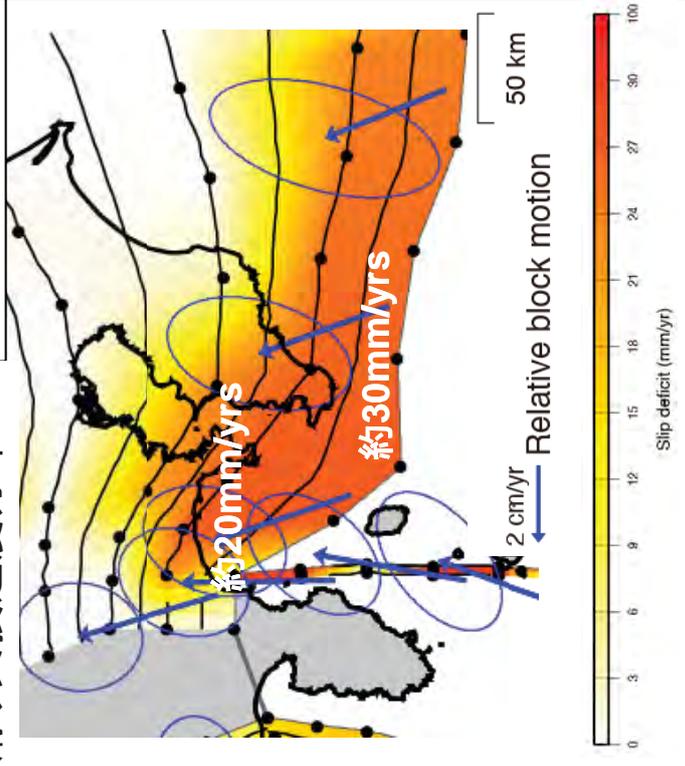
大正型 (Aの領域)

: 200~400年

元禄型 (ABCの領域)

: 平均2300年

滑り欠損速度分布 西村(2012)予知連資料

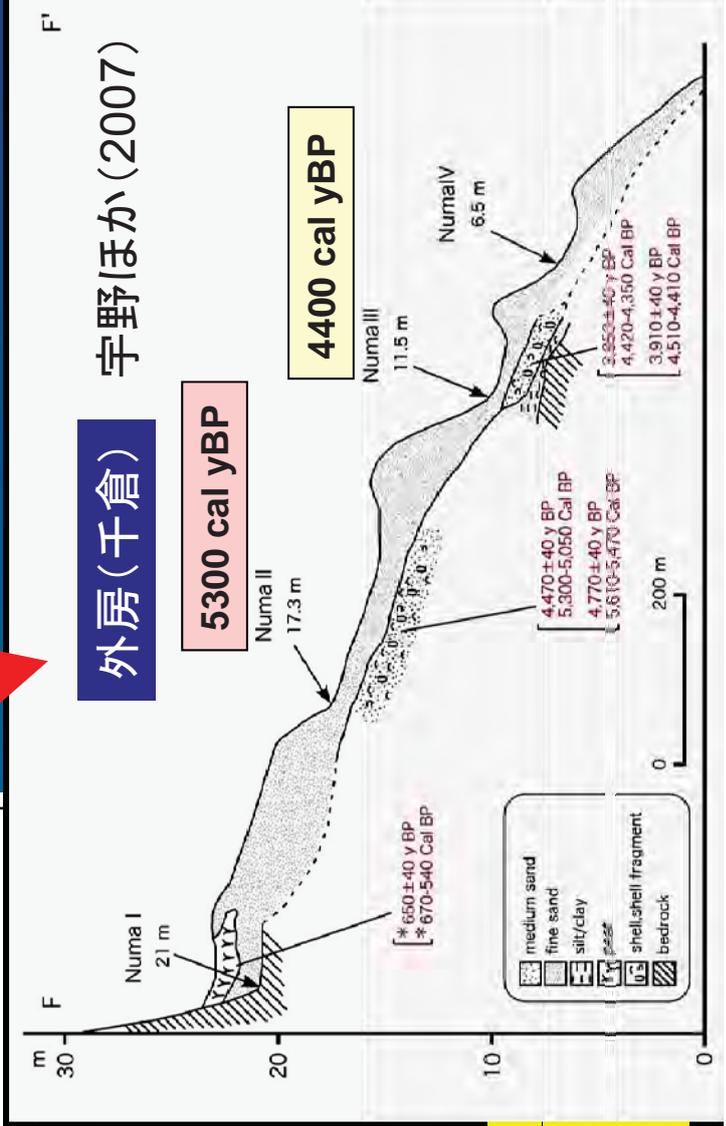
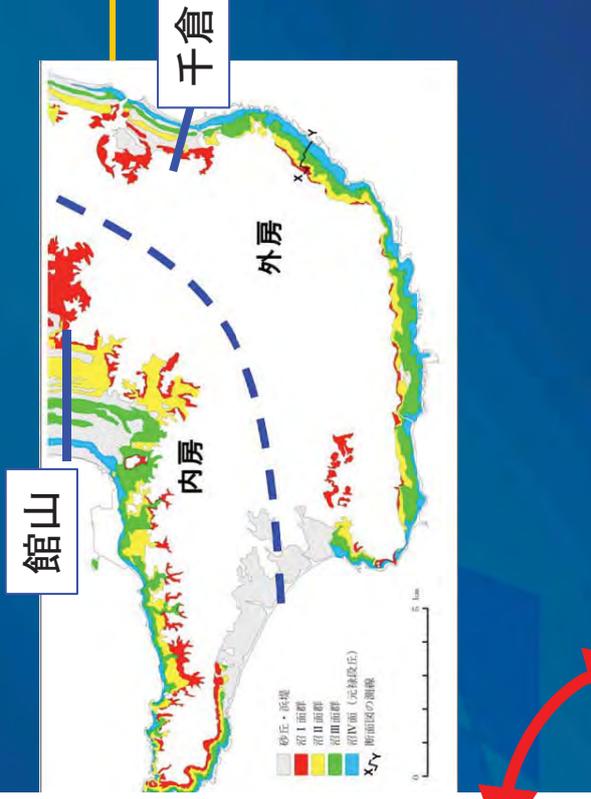
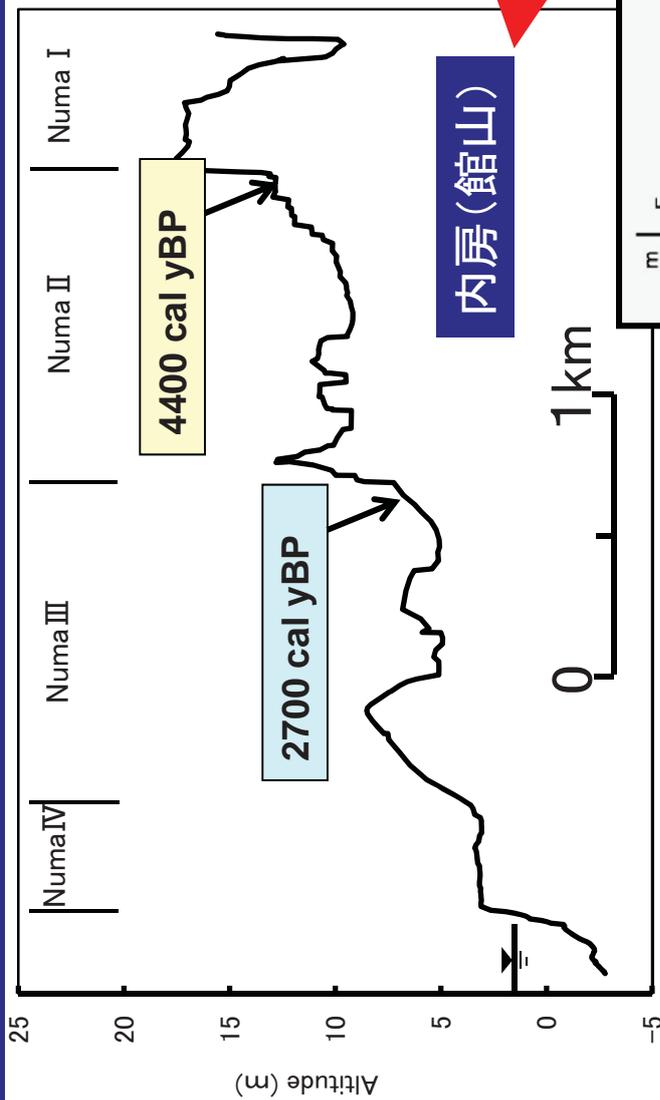


Aの領域はすべり欠損速度が年間約2 cmで、大正型が1回あたり5-10mすべるとすれば、収支が合う。一方、B~Cの領域は年間約3 cmで2000-2700年間隔では、1回あたり60-80mすべらなないと収支が合わない。



B, Cのみ動くタイプの地震が頻繁に起これば解消できる？

# 内房と外房とで段丘の年代が一致しないところがある



内房と外房とで別々に隆起する地震があっても良い

外房沖のみが割れる地震(外房型?)の存在

## 第196回地震予知連絡会重点検討課題について

### タイトル「内陸で発生する地震について」

趣旨説明者 島崎邦彦

2011年東北地方太平洋沖地震発生後、当該地震の発生メカニズムや誘発地震の検討に加え、他地域の海溝型地震の予測がどのように変わりうるのか、検討を重ねてきた。しかし、日本社会に大きな影響を与える地震は海溝型地震に限らない。1995年兵庫県南部地震により阪神・淡路大震災が発生し、その後の西日本の地震活動は以前に比べて活発となったようにみえる。海溝型地震に目を奪われ、足下の地震への備えが疎かにならぬよう、今回は陸および沿岸域の活断層で発生する地震をとりあげる。今後10-20年は、東日本、首都圏、西日本のどこを考へても、地震活動が低調のまま推移するとは考えにくい。震源規模はM9に遠く及ばなくとも、都市直下で発生すれば大きな被害となりうる。また、多くの都市の直下には活断層が存在している。

2011年東北地方太平洋沖地震の誘発地震としては、福島県浜通りの正断層の地震（M7.0）をとりあげる。特に、震源となった井戸沢断層、湯ノ岳断層で、どのようなメカニズムの地震が過去に発生してきたかを課題とする。

今回の討議の中心は西日本の活断層で発生する地震であり、南海トラフの巨大地震と関連した内陸の地震活動について簡単なレビューをしたのち、近畿地方の現在の地震テクトニクスを地史から理解することを主な目的として、招待講演と、関連した討議を行う。これに加え、調査が不十分なままとなっている沿岸海域の活断層、短い活断層などを課題としてとりあげ、討議する。