

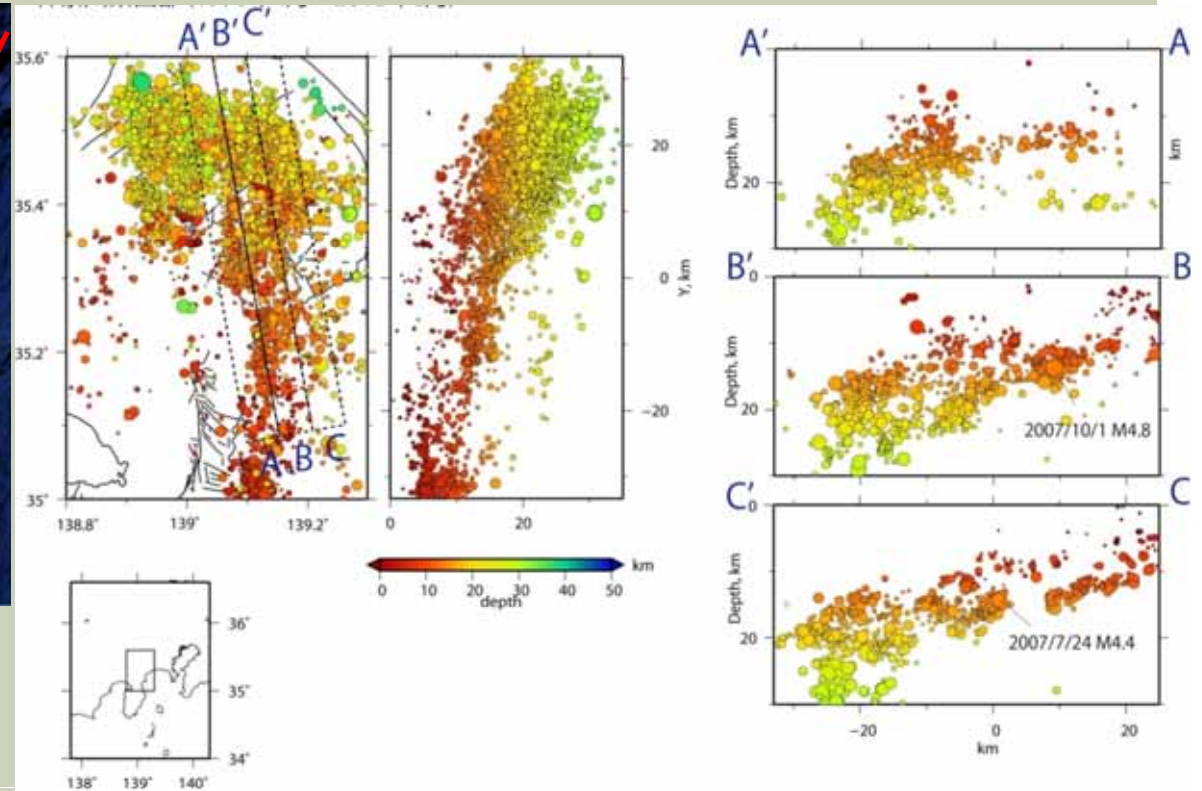
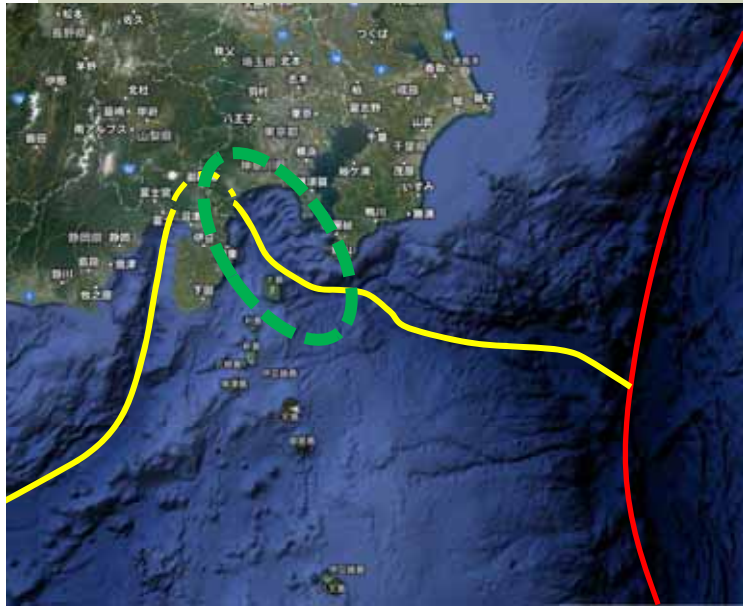
## a2. 首都圏南西部での地震発生 過程の解明

### 神奈川県温泉地学研究所

1. 首都圏地震観測網（MeSO-net）のうち、神奈川県内に整備された10点について、設備を維持・管理し、引き続き自然地震観測を行う。必要に応じて、老朽化した一部設備の補修や移設を行う。
2. 東大より送信されるMeSO-netのデータと、温泉地学研究所および温泉地学研究所で監視している他機関の地震データの統合処理を行い、震源及びメカニズム解の決定を行う。
3. プレート構造モデルの精度向上に資するため、首都圏南西部およびその周辺で発生した、中小規模の地震について詳細な解析を行い、既存の速度構造モデルなども参照して、そのテクトニックな意味を検討する。

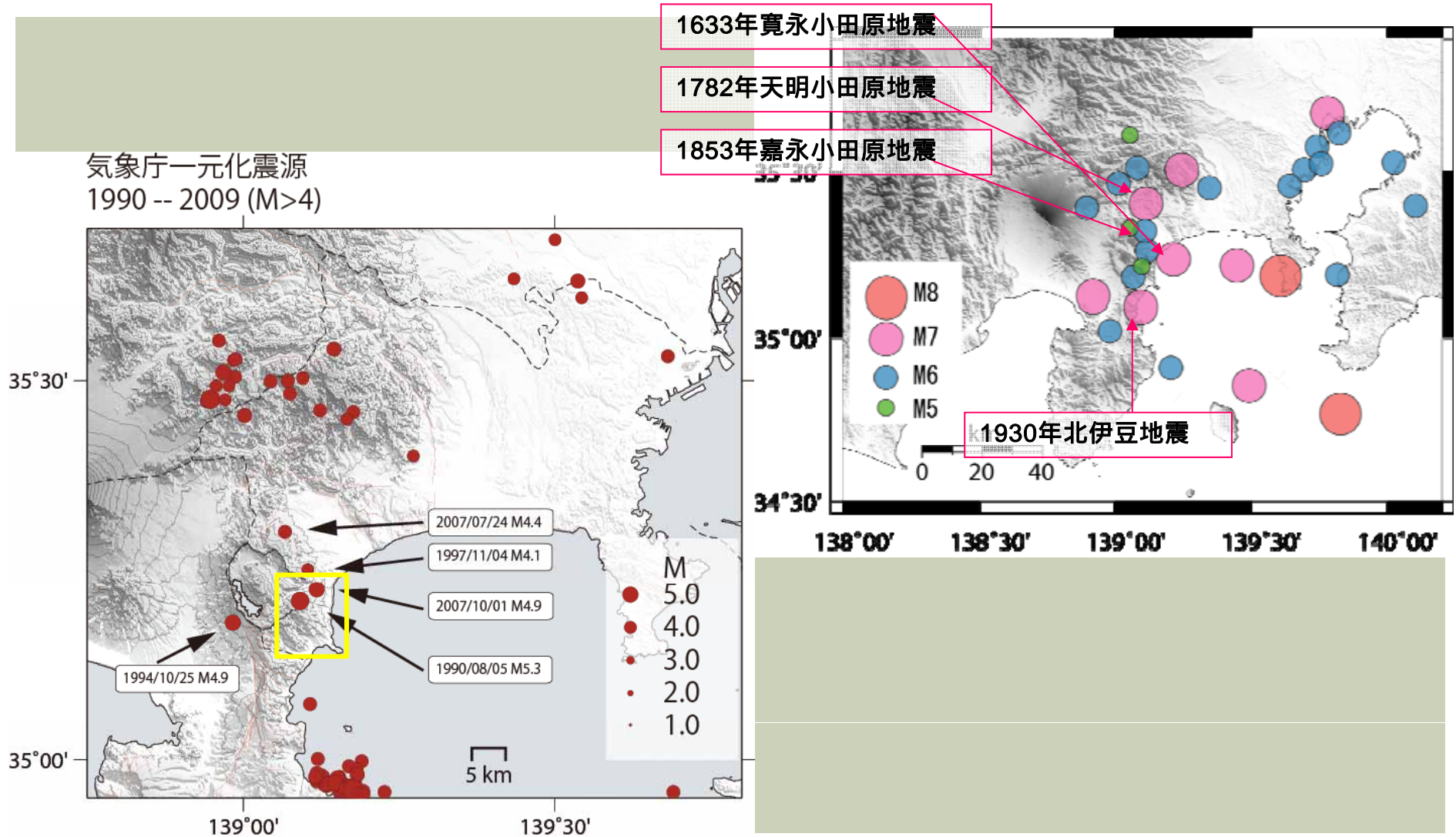
# 地域の概要

震源分布 (1990年4月～2013年8月)



- DD法
- 温地研検測値 + 波形相関データ

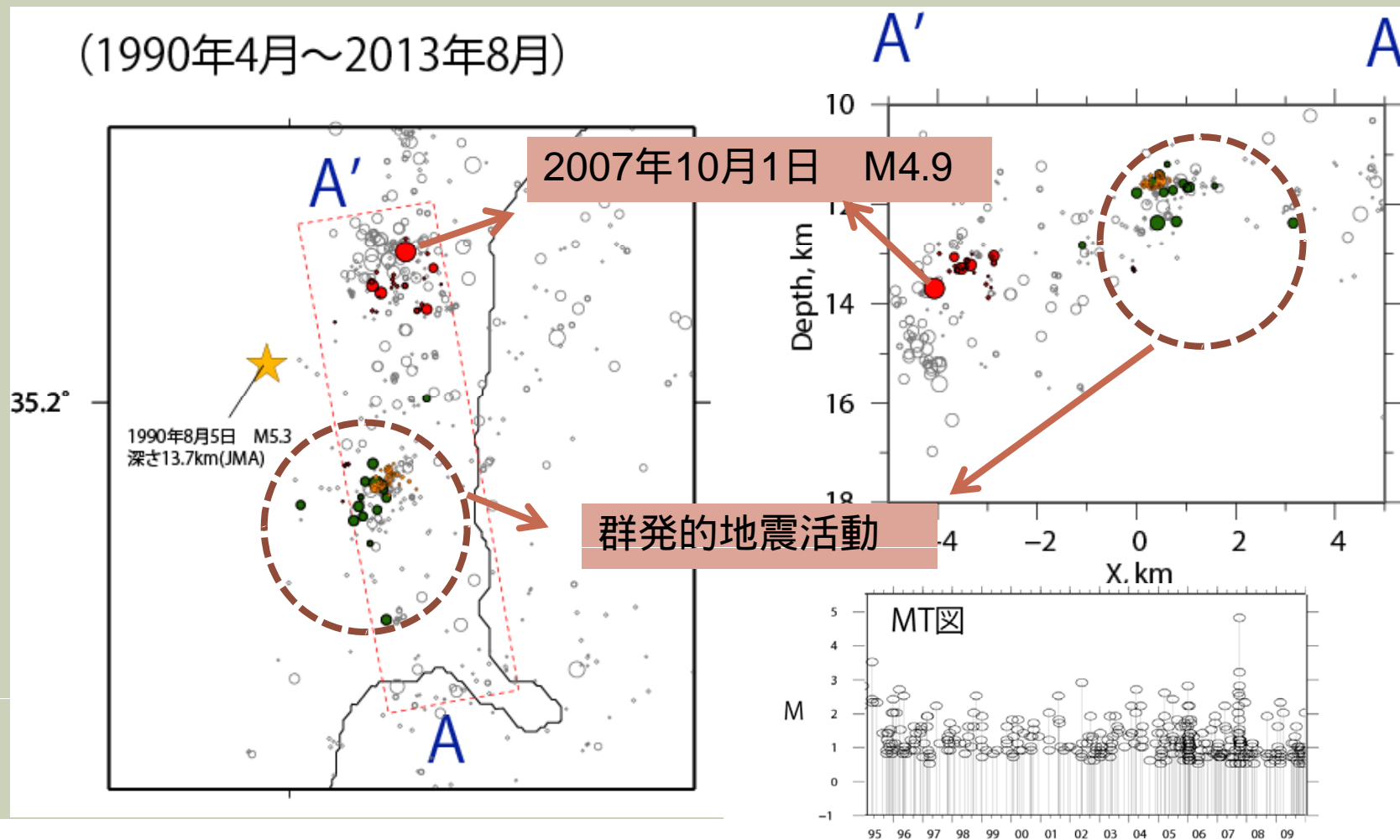
# 地域の概要



# 2007年10月1日の地震について

周辺の地震活動（DD法で再決定した震源分布）

(1990年4月～2013年8月)



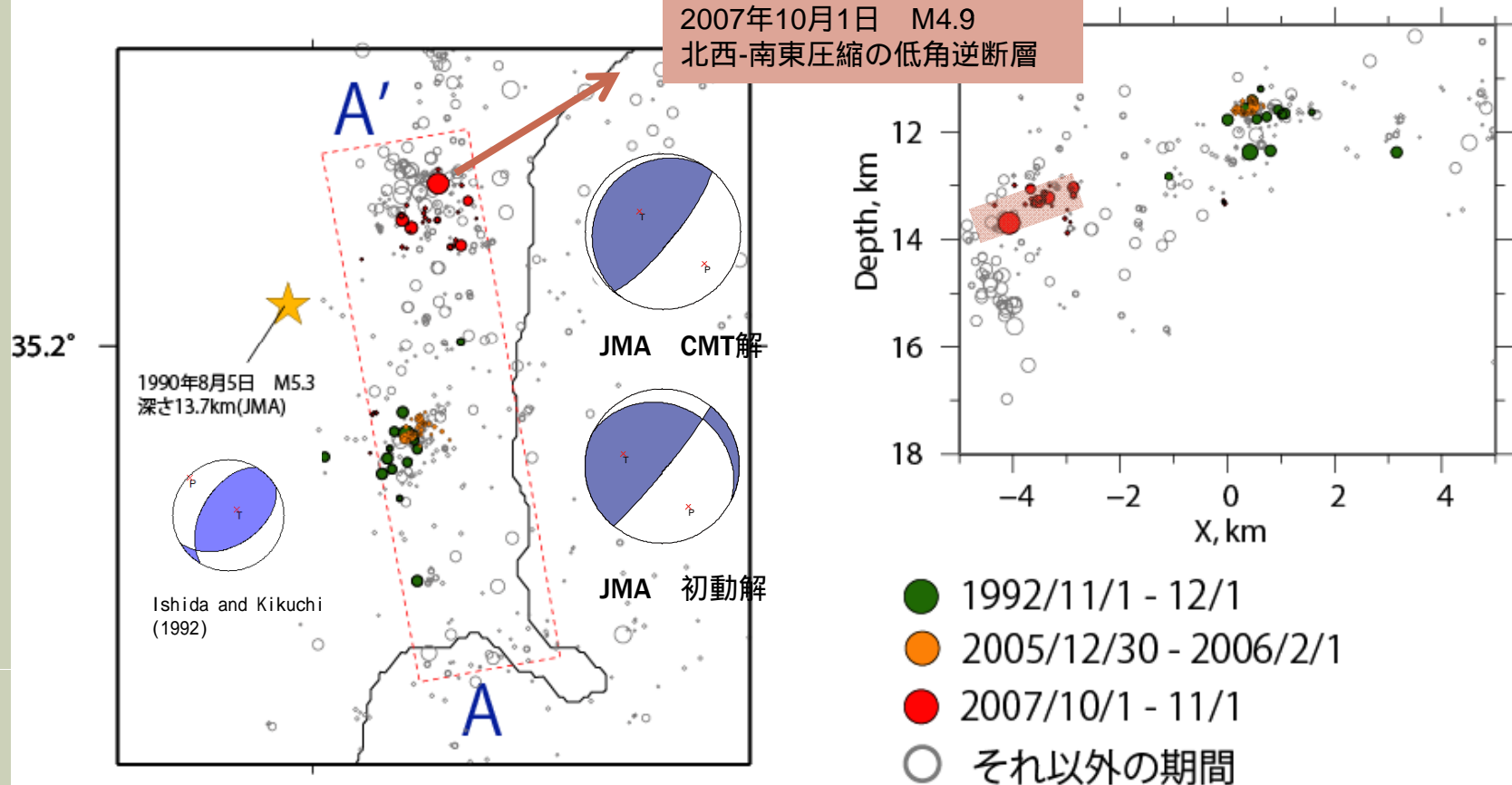
# 2007年10月1日の地震について

## メカニズム解



1923年大正関東地震の断層モデル (Mastu ura, 1980)  
とプレート沈み込み方向 (Seno, 1993) から

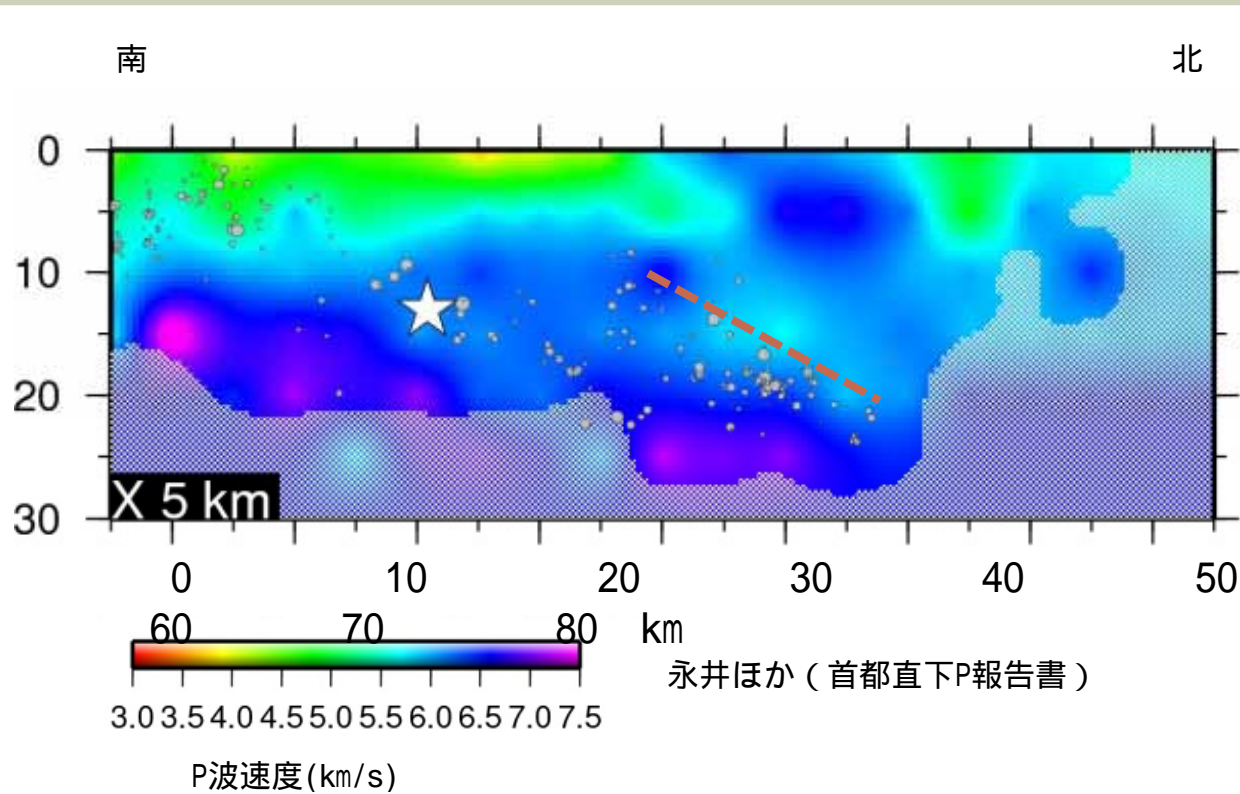
(1990年4月～2013年8月)





# 2007年10月1日の地震について

## 速度構造との比較



P波速度が6km/s程度の領域で発生。

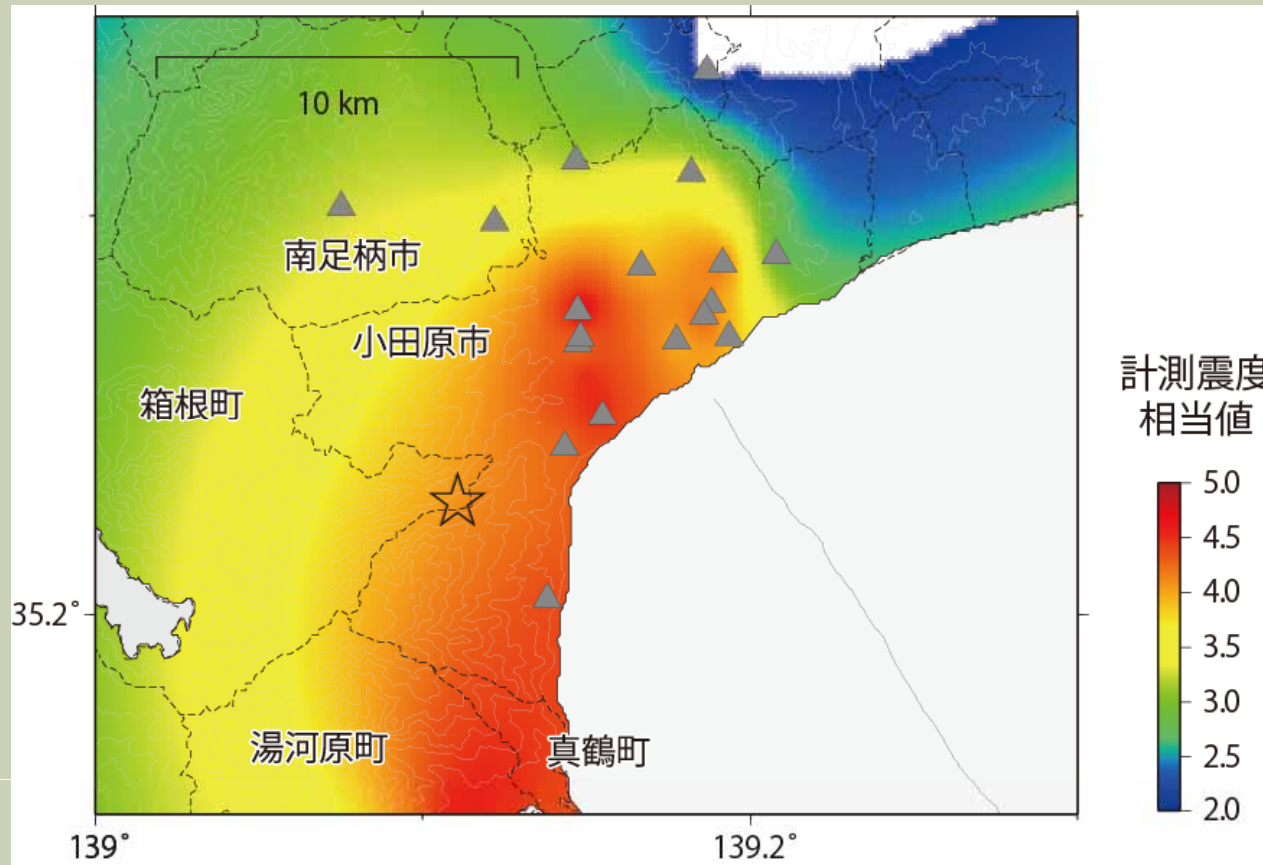
深さが約14kmで、プレート境界と  
考えられる面より深い。



プレート境界の地震ではない  
(伊豆地殻内の地震か)

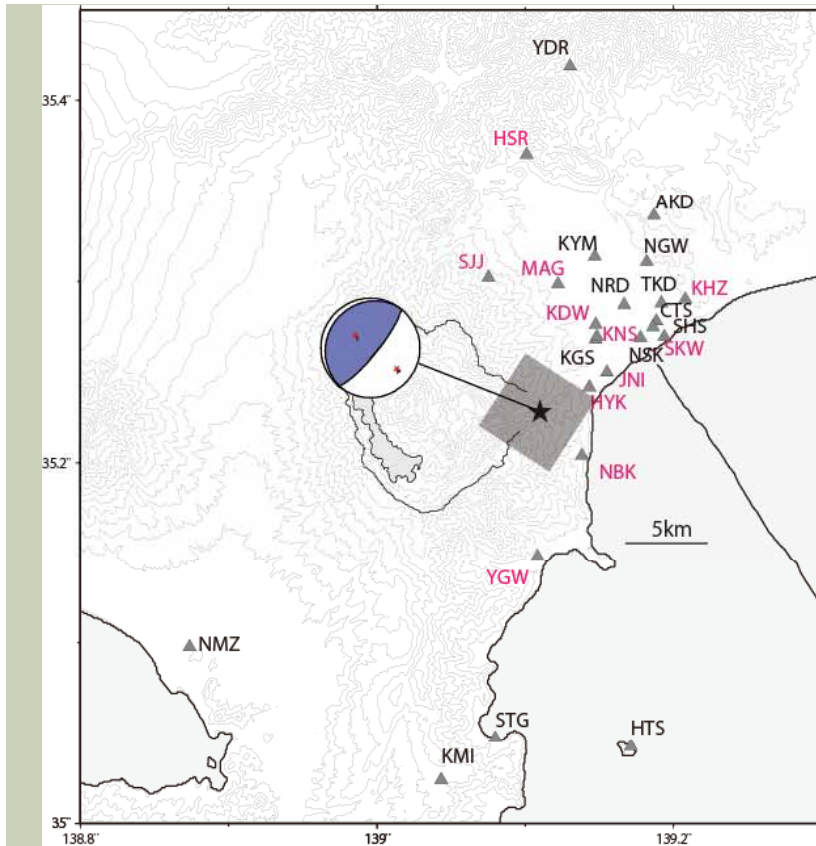
# 2007年10月1日の地震について

## 地震による揺れ

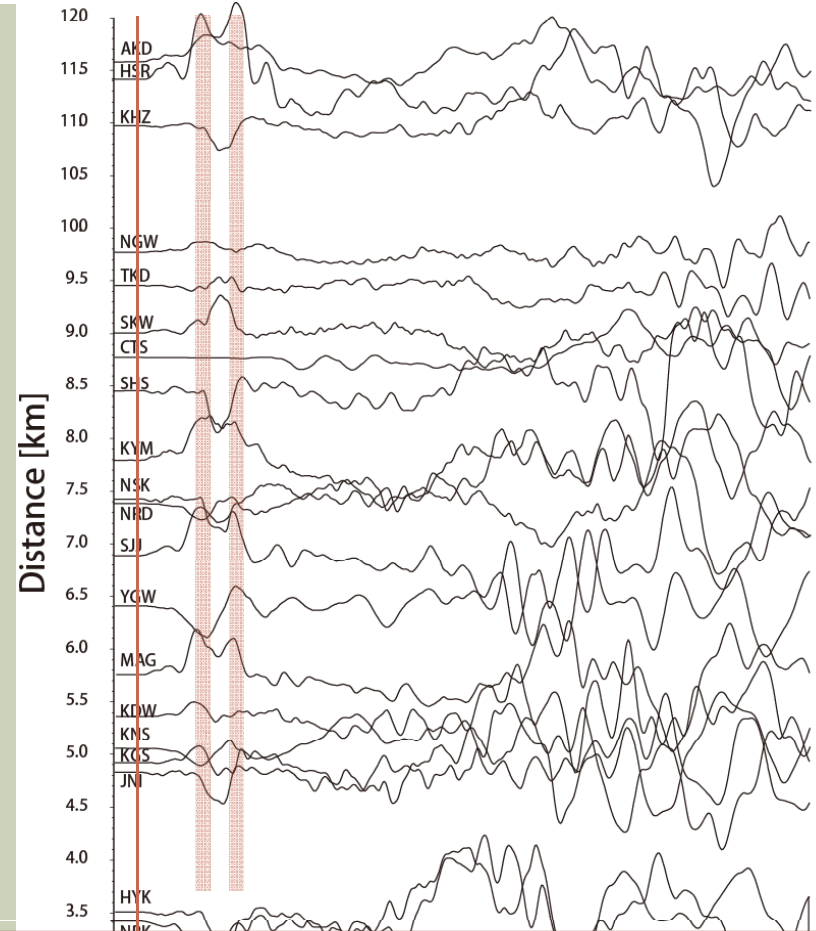


周辺の強震観測点（東京大学地震研究所・防災科研）のデータから推定した震度相当値の分布

# 観測波形



震央距離



上：観測点分布  
右：震央距離順に並べた変位波形（上下動）  
P波の到達時刻をt=0とする。最大値で規格化してある。

立ち上がりは緩やかで、初動到達から1.0秒程度  
の間に、少なくとも2つのピークが見える。

sec



# バックプロジェクション法による 震源過程解析

- 各観測点で観測された波形を、仮定した震源からの走時差でずらしながらスタックする。スタック波形の振幅を仮定した断層面上に投影し、強い地震波を放出した場所を推定する。

スラントスタック

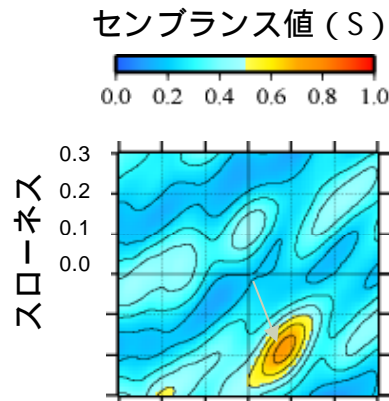
$$S(t) = \sum_i X_i(t + dt)$$

センブランス

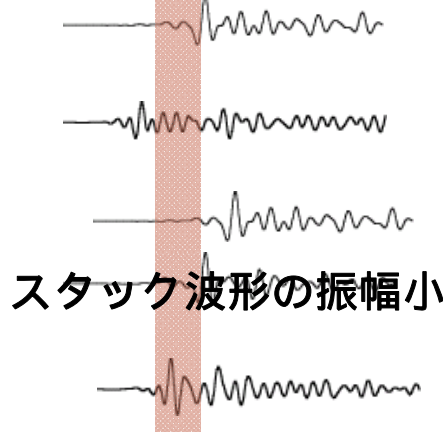
$$S = \frac{\sum_t (\sum_j X_j(t + dt))^2}{\sum_t (\sum_j X_j^2(t + dt))}$$

相互相関係数の足し合わせ

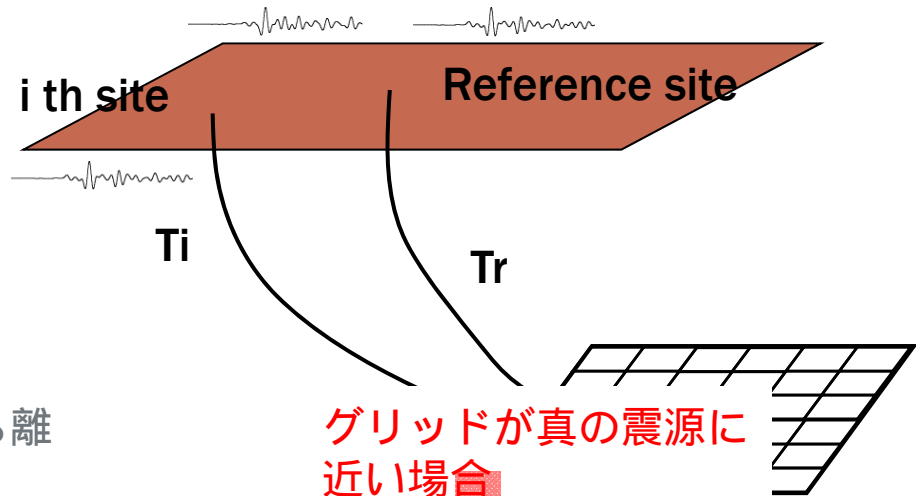
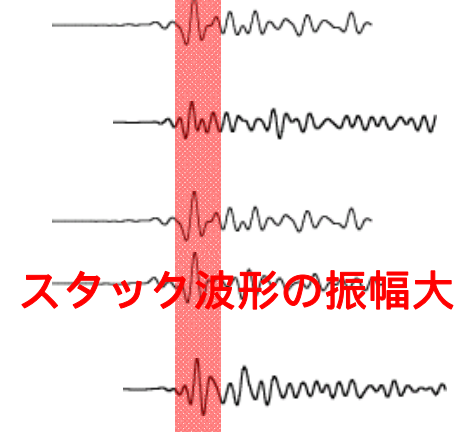
$$C = \frac{\sum_t X_j(t) X_j(t + dt)}{(\sum_t X_i^2 \sum_t X_j^2)^{1/2}}$$



グリッドが震源から離れている場合



グリッドが真の震源に近い場合



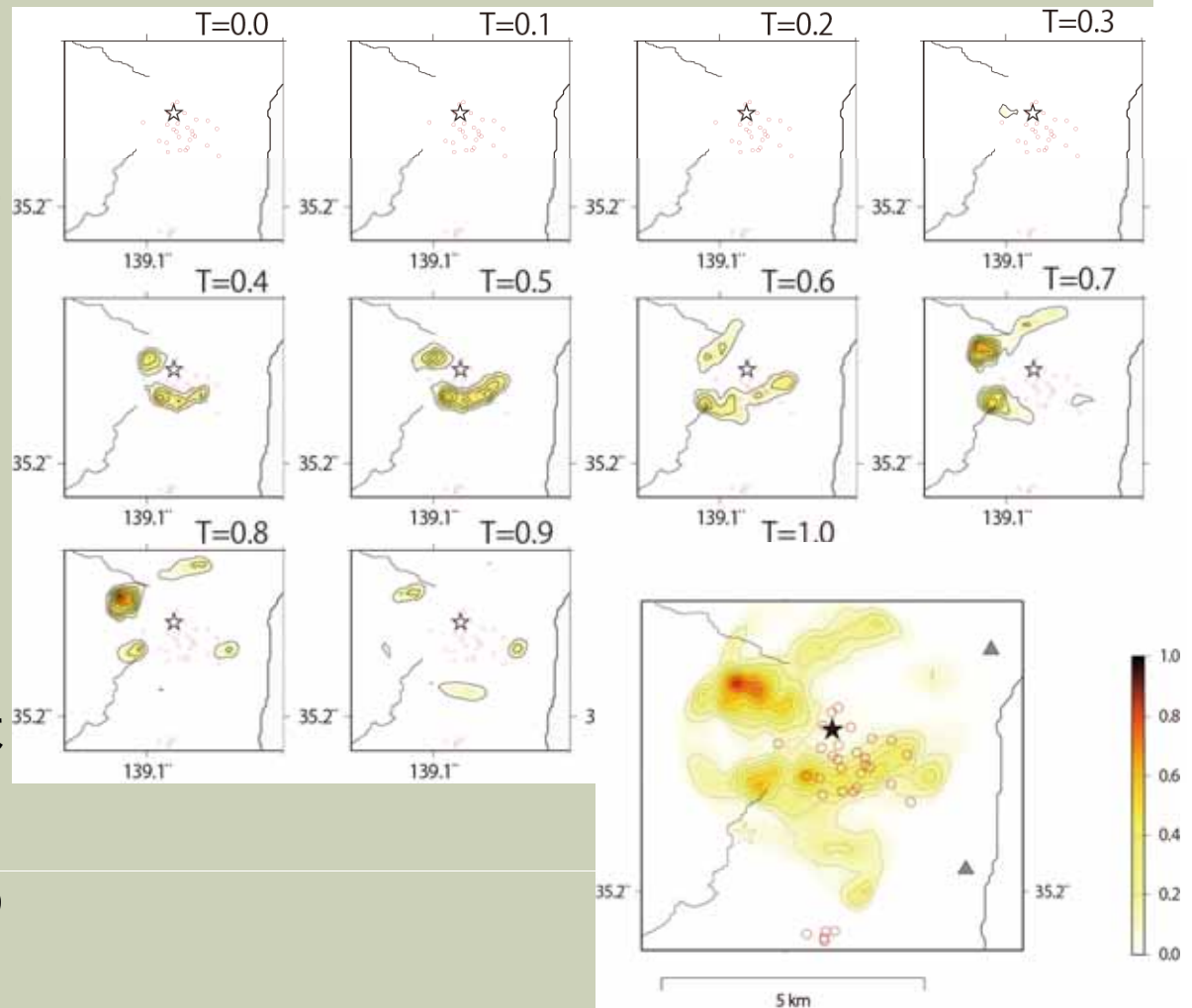
# バックプロジェクション法による 震源過程解析

## データ

11観測点の速度波形

(上下動：P波到達からおよそ  
2秒間)

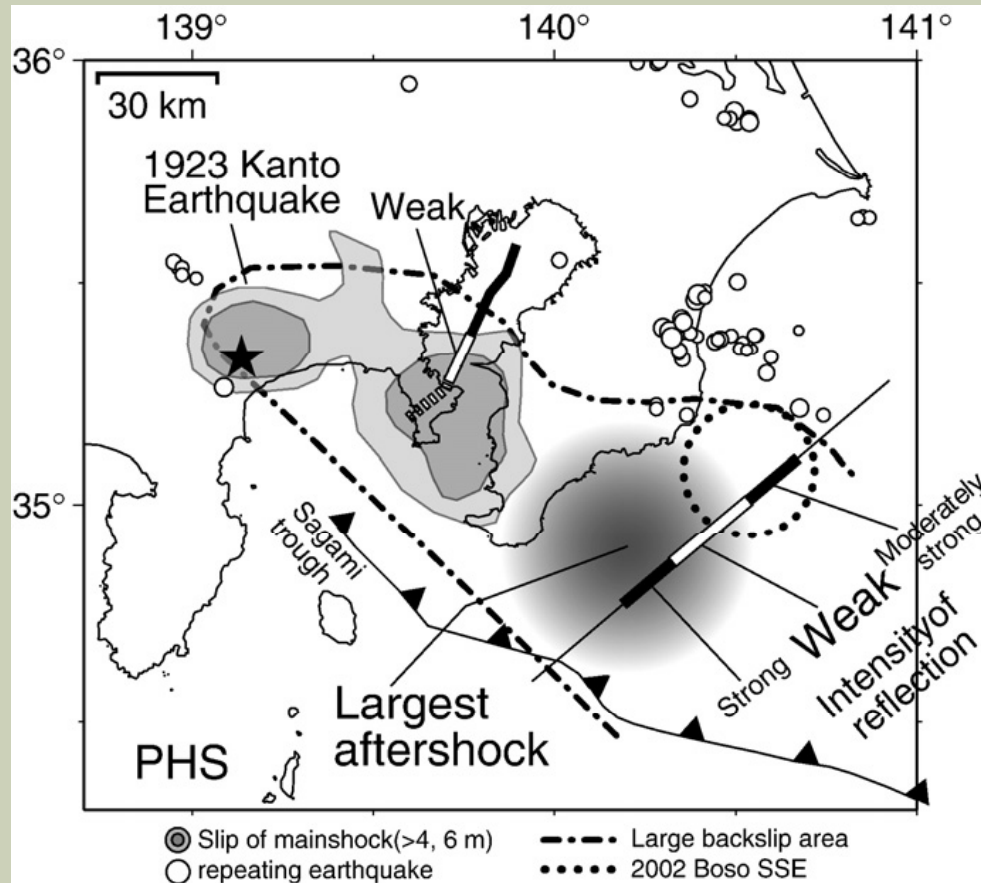
- 破壊開始から0.3秒～0.5秒に震源の南西側、0.6～0.8秒後に北西側で、放射エネルギー強度が強くなった。
- 破壊開始点付近の放射強度は高くない。
- 余震は分布比較的放射強度の低い領域に分布。



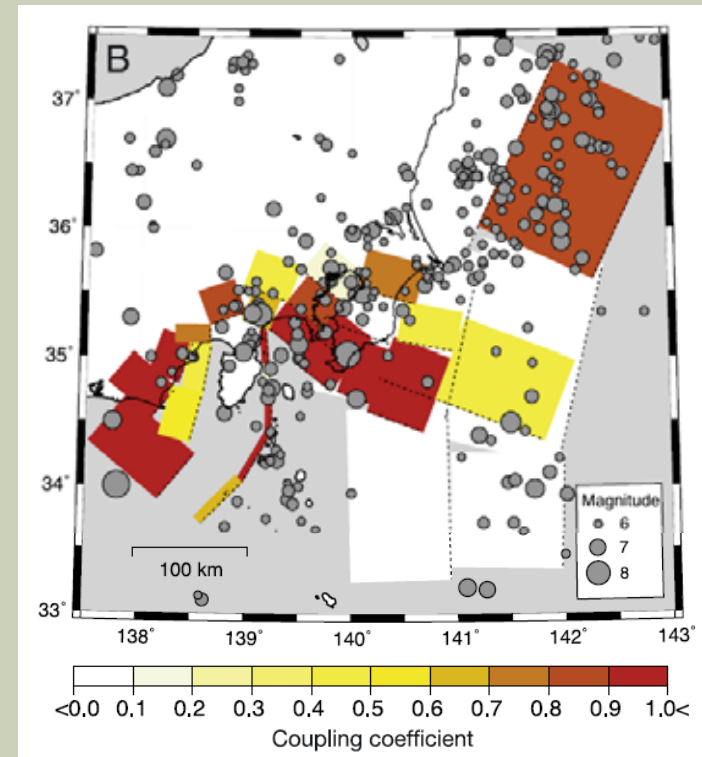
# まとめ

- 2007年10月1日に発生したM4.9の地震は、フィリピン海プレート内の低角逆断層型の地震であった（周辺の応力場と調和的）。
- 1990年に近傍で発生したM5.3の地震とはややメカニズムが異なり、深さも数キロ浅い。
- B.P.法による解析では、全体的に破壊は西方向（深い方向）に進んだ。アスペリティに対応すると考えられる放射強度の強い領域は、震源から見て北西方向と南西方向に2km程度離れた位置に、2か所推定された。
- 余震は比較的放射強度の低い領域に分布する。

# 1923年関東地震の最大余震 既存の研究結果



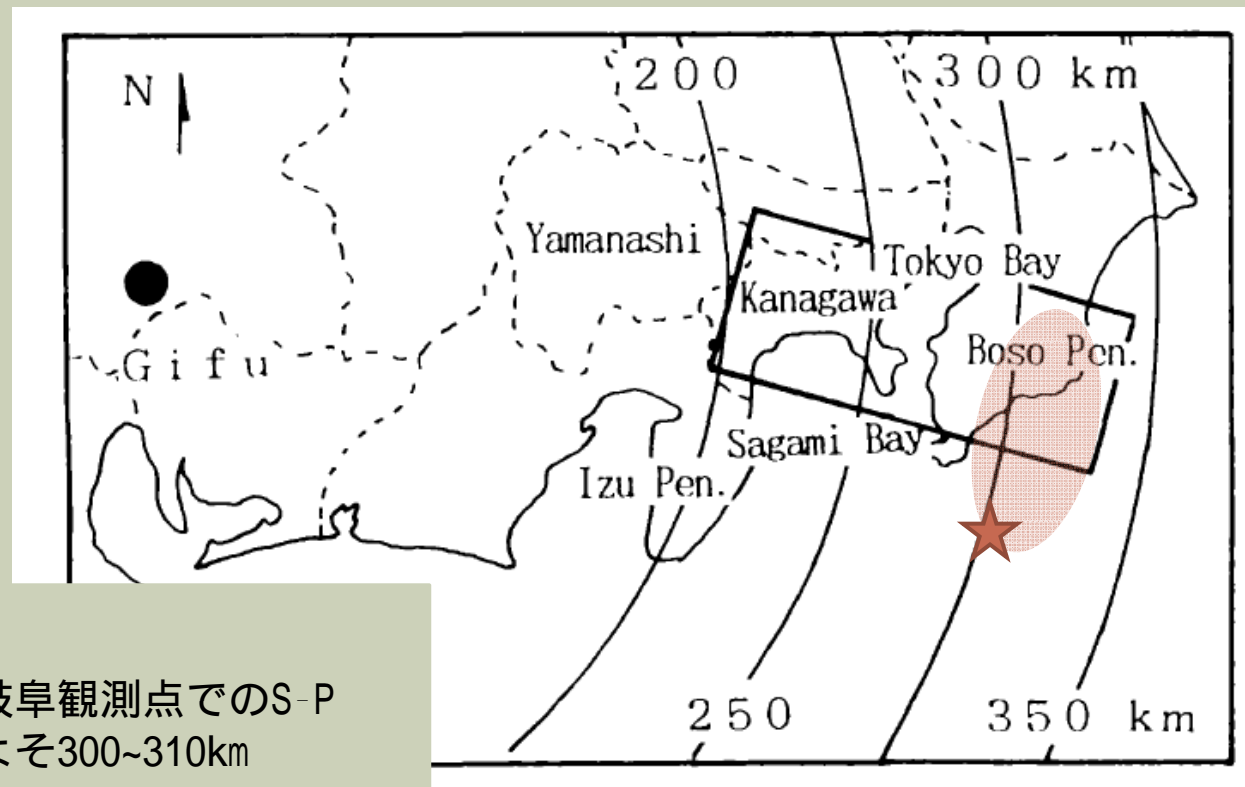
Kimura et al.  
(2009)



Nishimura et al. (2007)

# 1923年関東地震の最大余震 既存の研究結果

- 震源の再決定（浜田ほか、2001；武村1994など）
  - 観測波形のS-Pなどから推定。



武村（1994）によると、岐阜観測点でのS-Pは34.5秒で、震央距離およそ300~310km



# 1923年関東地震の最大余震 既存の研究結果

## ■ 断層 (Kimura et al., 2009)

- 反射法探査で得られた反射面の位置や強度、SSEとの比較などから

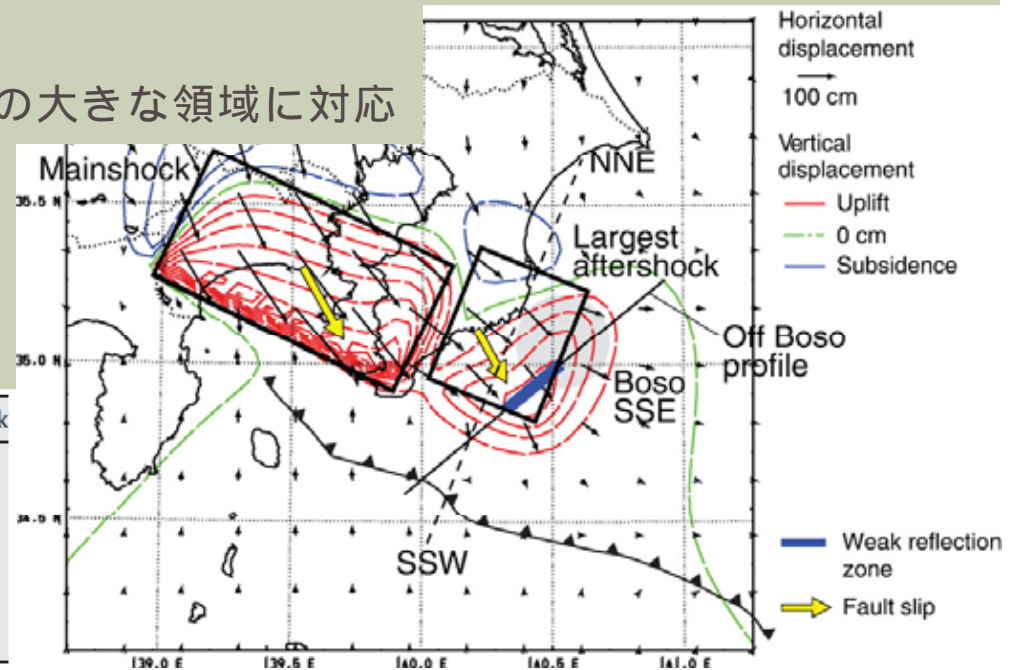
浅



深

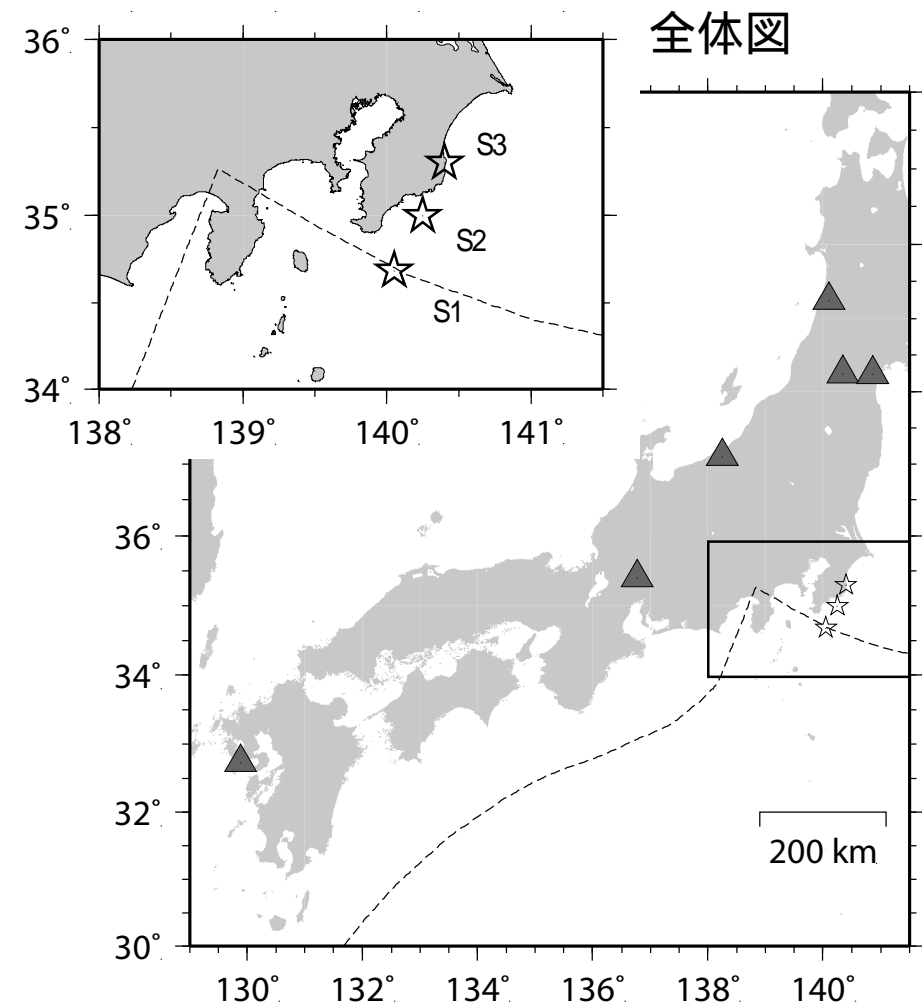
- 反射強度が強い  
→ スプレー断層が発達し、stable slipしている
- 反射強度が弱い  
→ バックスリップしている領域に対応
- 反射強度が中間  
→ 2002年房総SSEのすべり量の大きな領域に対応

	Mainshock	Largest aftershock
Strike (N to E, deg)	290	290
Dip (deg)	25	10
Rake (deg)	142	142
Fault length (km)	93	40
Fault width (km)	53	50
Slip amount (m)	4.6	3.3
Depth of top edge (km)	3	10



# 手法

- S1~S3をそれぞれ震源と仮定し、理論走時（S波）を計算。
- 読み取ったS波の到達時刻を理論走時に合わせて、観測波形を並べる。
  - （3つのデータセットを作成）
- 各データセットについて、アスペリティの位置をS1~S3と仮定して、理論波形と観測波形の相関が最もよくなる組み合わせを探す。



# 破壊開始点

- 破壊開始点として、S1,S2,S3の三か所を仮定

- S1: JMA震源 (浜田ほか,2001)

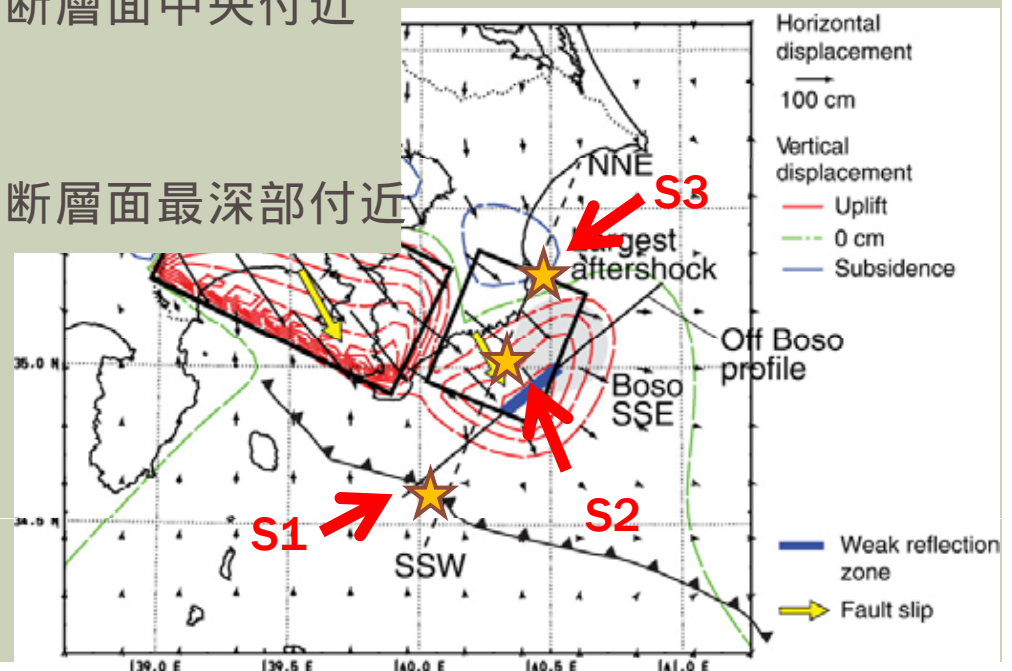
- 140.048 34.685 5km (深さのみKimura et al. 2009の断層面の浅部延長)

- S2: Kimura et. al., (2009)の断層面中央付近

- 140.25 35.0 15km

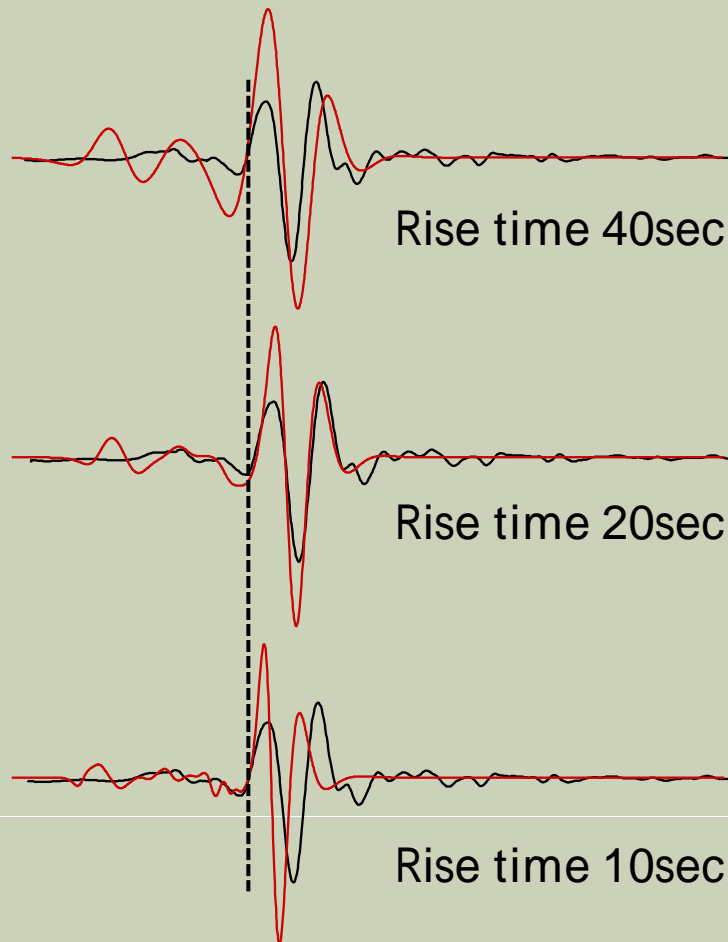
- S3: Kimura et. al., (2009)の断層面最深部付近

- 140.40 35.3 19km



# 波形の比較

- 最大振幅の位相の幅を参考に、すべり時間を推定



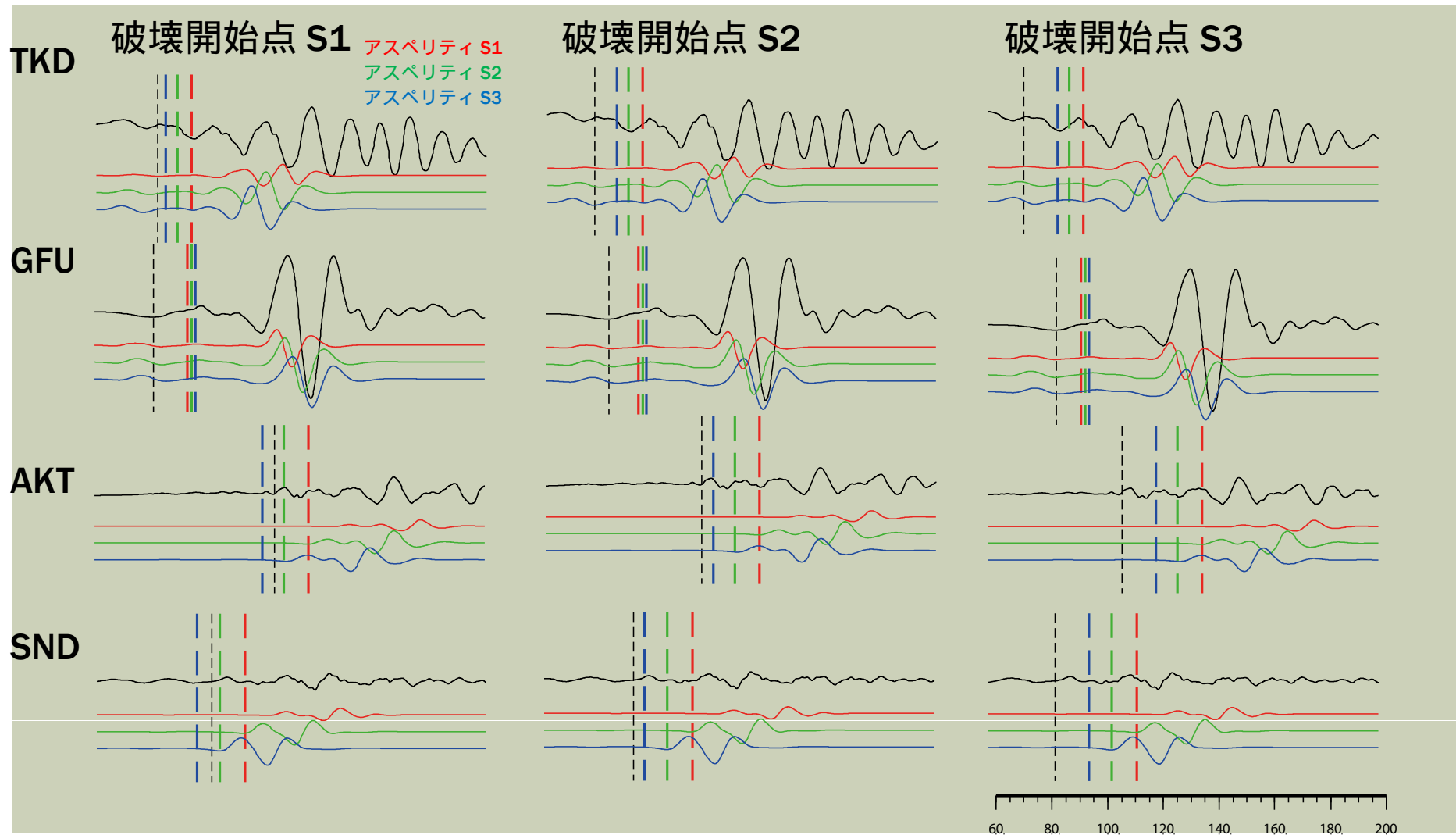
岐阜観測点 NS成分  
機器補正済み  
バンドパス 2-20sec

離散波数法による理論波形

速度構造：東大の震源決定用の構造をベースにした1次元構造

すべり関数: smoothed ramp  
理論波形はバンドパス2-20secをかけた変位波形

# 波形の比較（NS成分の例）

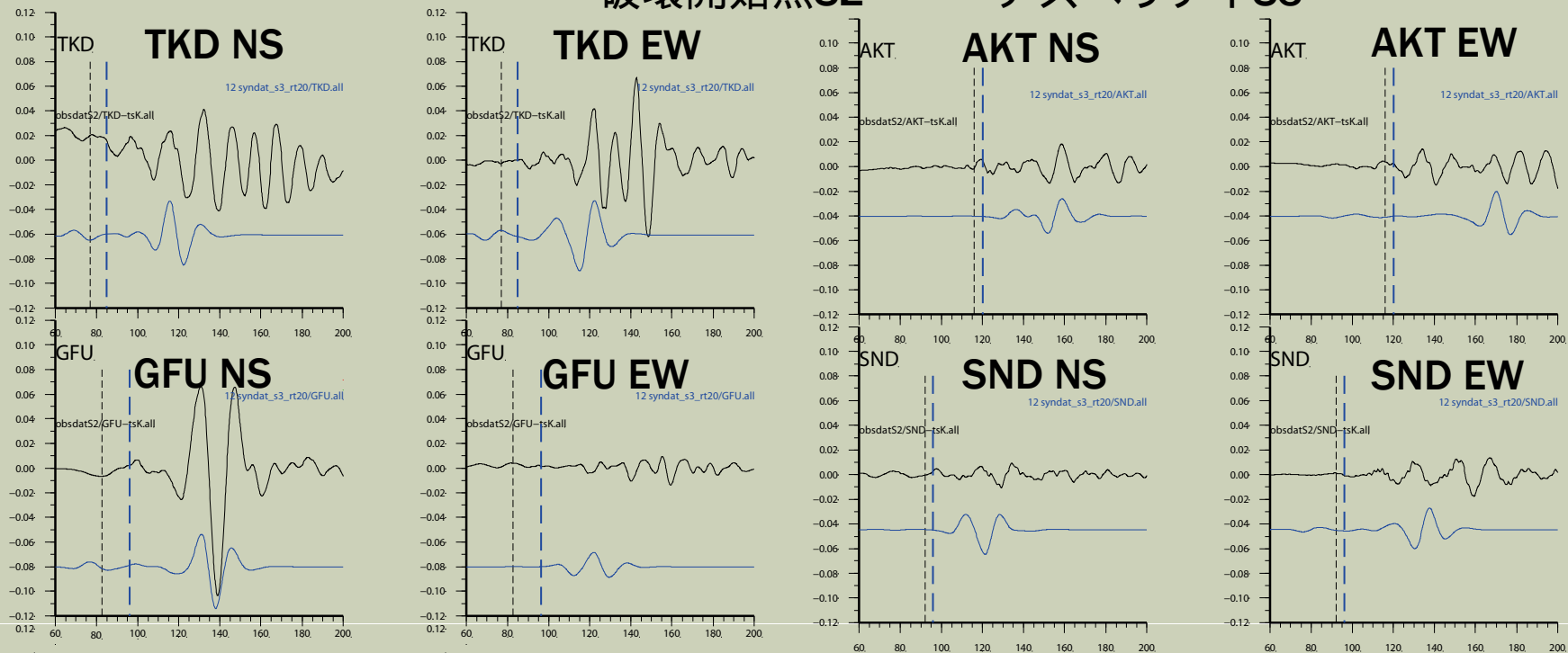




# 波形の比較

■ アスペリティの位置を変えて波形を比較（理論波形と観測波形の相関係数を計算）

もっともスコアが良かった組み合わせ：  
破壊開始点S2 - アスペリティS3

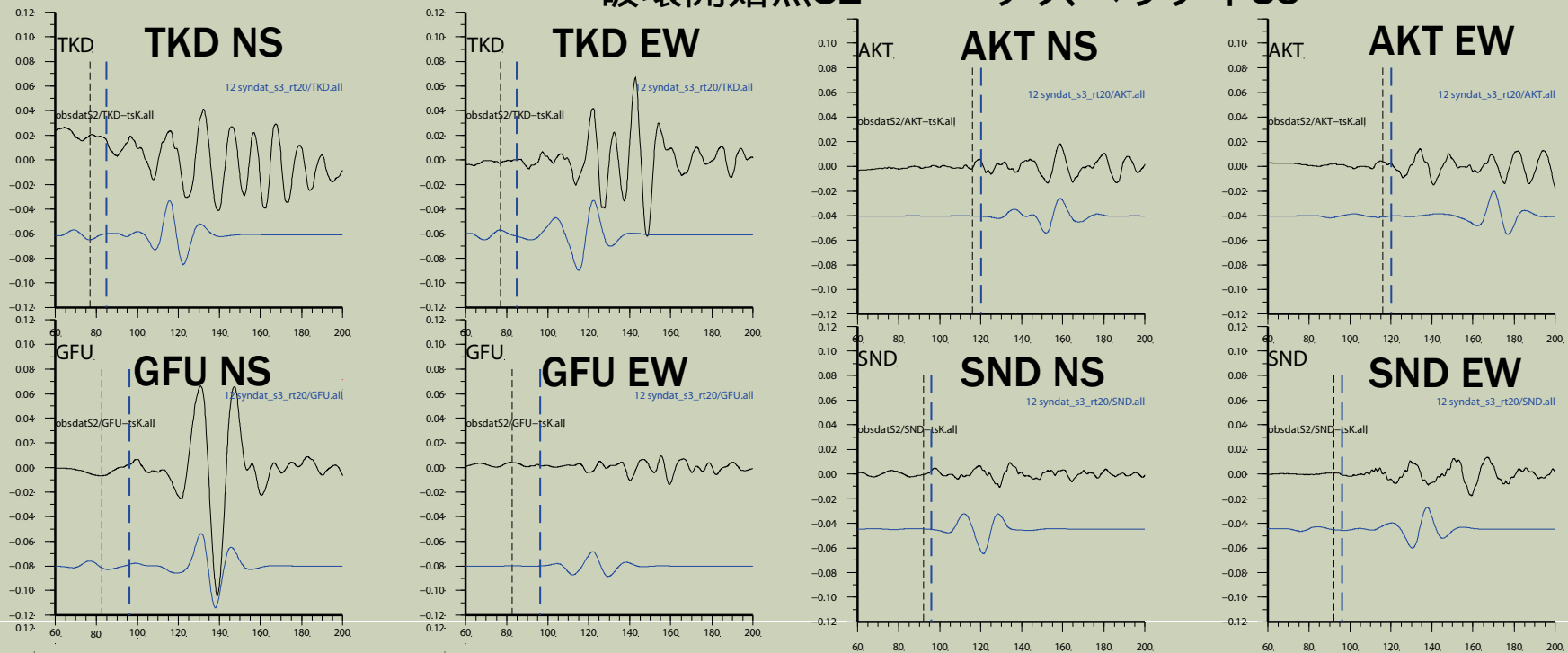


S1、S3を破壊開始点とすると、各サイトのスコアが良いアスペリティの位置がばらける。S2を破壊開始とすると、SND以外はS3にアスペリティをおく場合がベスト。

# 波形の比較

- アスペリティの位置を変えて波形を比較（理論波形と観測波形の相関係数を計算）

もっともスコアが良かった組み合わせ：  
破壊開始点S2 - アスペリティS3



ただし、アスペリティでの破壊時刻は破壊開始より12秒遅らせている。破壊の伝播はおよそ3km/s。アスペリティのライズタイムが20秒なので、全体で32秒程度。

## ここまでのまとめ

- 最大余震は、S2付近（カップリングが強い、seismogenic zone）ではじまり、プレート境界の深いほうに向かって破壊がすすんだ。
- もっとも大きく滑ったアスペリティはS3付近で、房総SSEが発生する深さとほぼ同じ深さ。
- アスペリティ付近でのライズタイムは20秒程度で、ややゆっくり。全体の破壊の継続時間はおよそ32秒と推定。