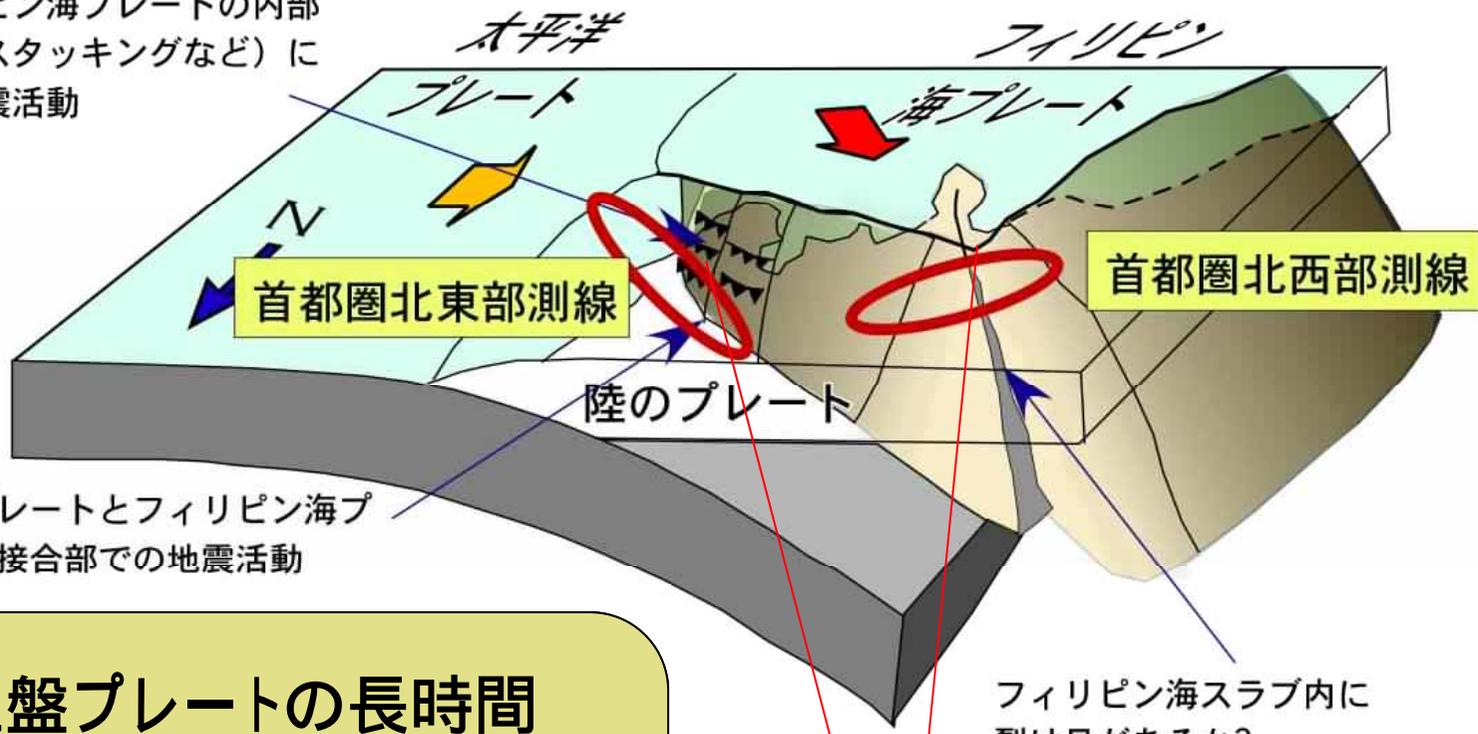


## 2 . 制御震源を用いた地殻構造探査

- 2-1 稠密発震反射法地震探査による地殻構造調査研究
- 2-2 自然地震波干渉法による地殻・上部マントル構造調査研究
- 2-3 首都圏下のプレート相互作用を考慮した地殻・上部マントル構造解析研究
- 2-4 長時間地殻変動からみた首都圏下の地殻構造調査研究

フィリピン海プレート  
の内部  
変形（スタッキングなど）に  
よる地震活動



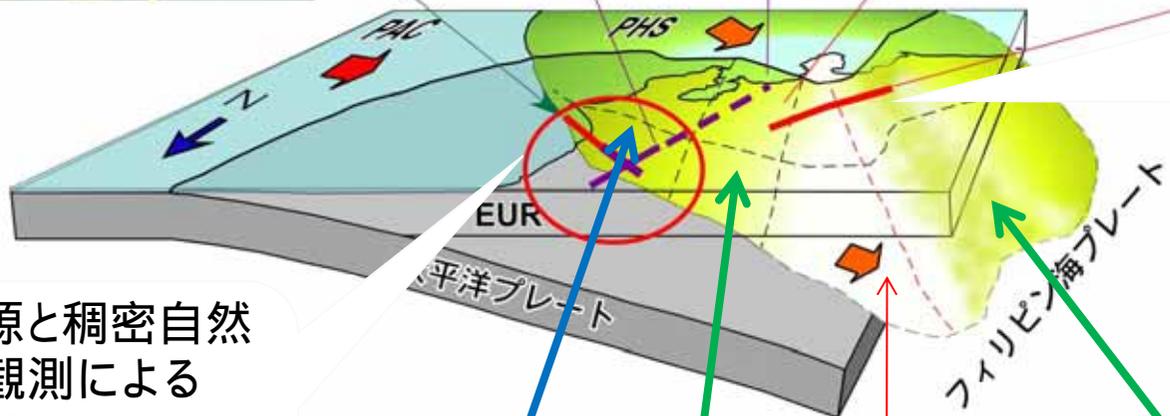
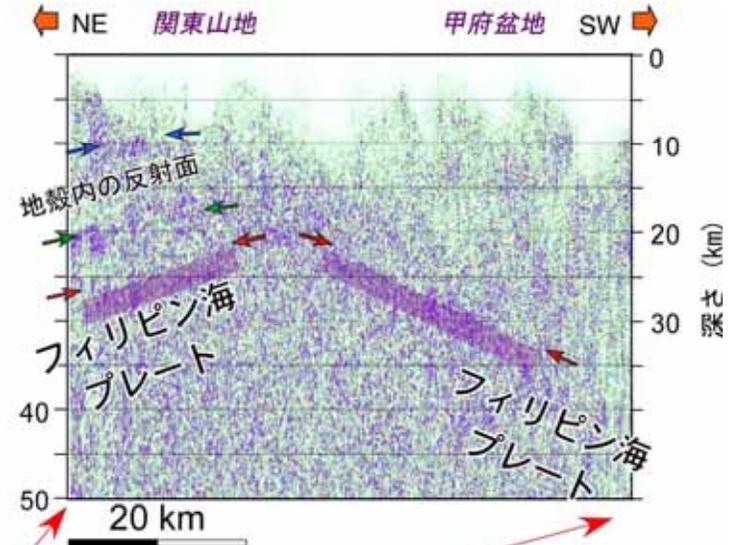
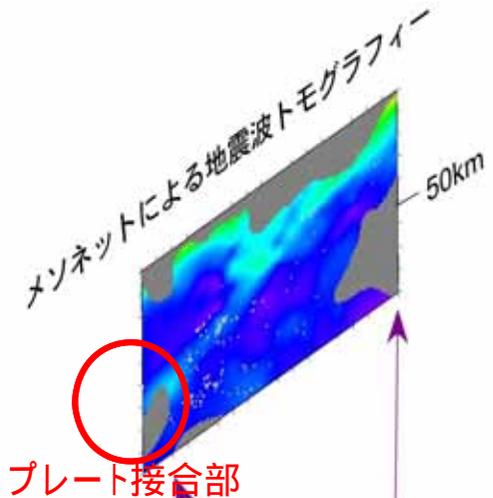
太平洋プレートとフィリピン海プレート  
の接合部での地震活動

フィリピン海スラブ内に  
裂け目があるか？

上盤プレートの長時間  
変形とスラブの挙動/太  
平洋スラブとフィリピン  
海スラブの相互作用の  
解明

制御震源・稠密自然地震  
観測による地殻・上部マ  
ントル構造のイメージング

# 制御震源・稠密自然地震観測によるプレートの詳細構造



**フィリピン海スラブ内のリッジ状構造の発見**  
H21年度

制御震源と稠密自然地震観測によるプレート接合部の構造解明 (H22年度)

スラブ内部変形大

非地震性スラブ

“普通”のスラブ

“普通”のスラブ

# 制御震源と稠密自然地震観測による 関東北東部のプレート構造

## 地殻構造探査

九十九里-霞ヶ浦測線

海陸統合:エアガン、バイプロサイス

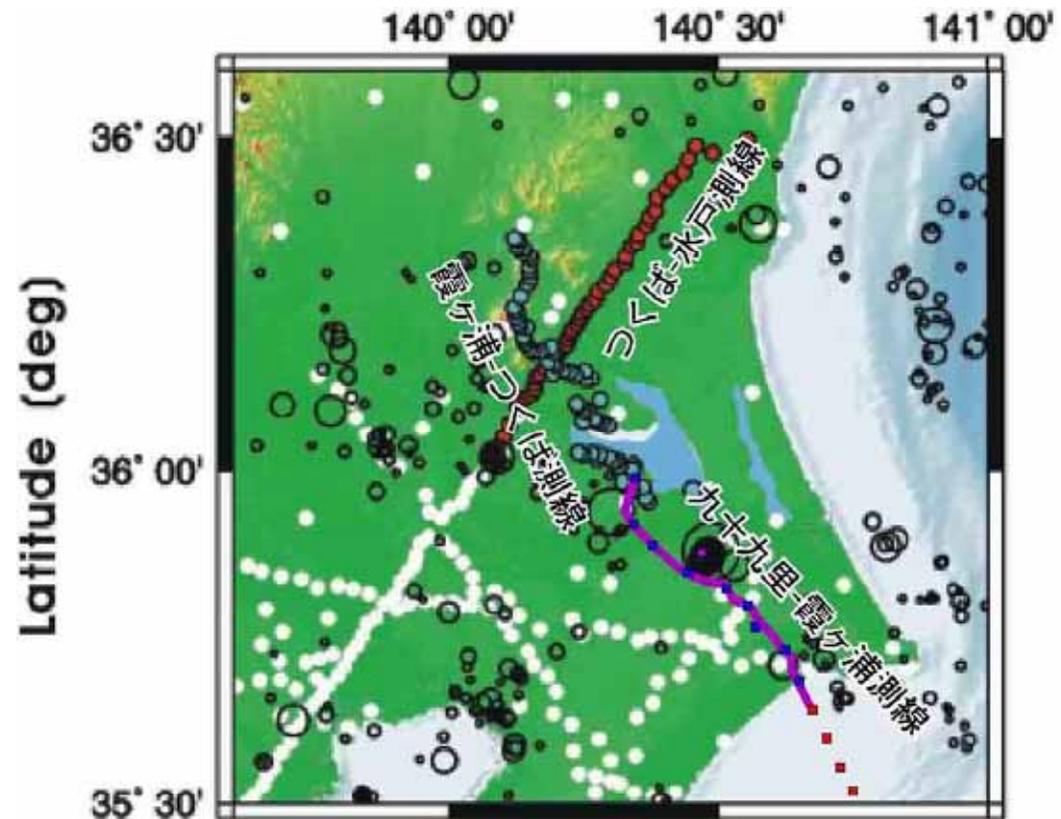
## 自然地震観測

つくば 水戸測線

2010年6月から8ヶ月間

霞ヶ浦-つくば測線

2010年6月から4ヶ月間



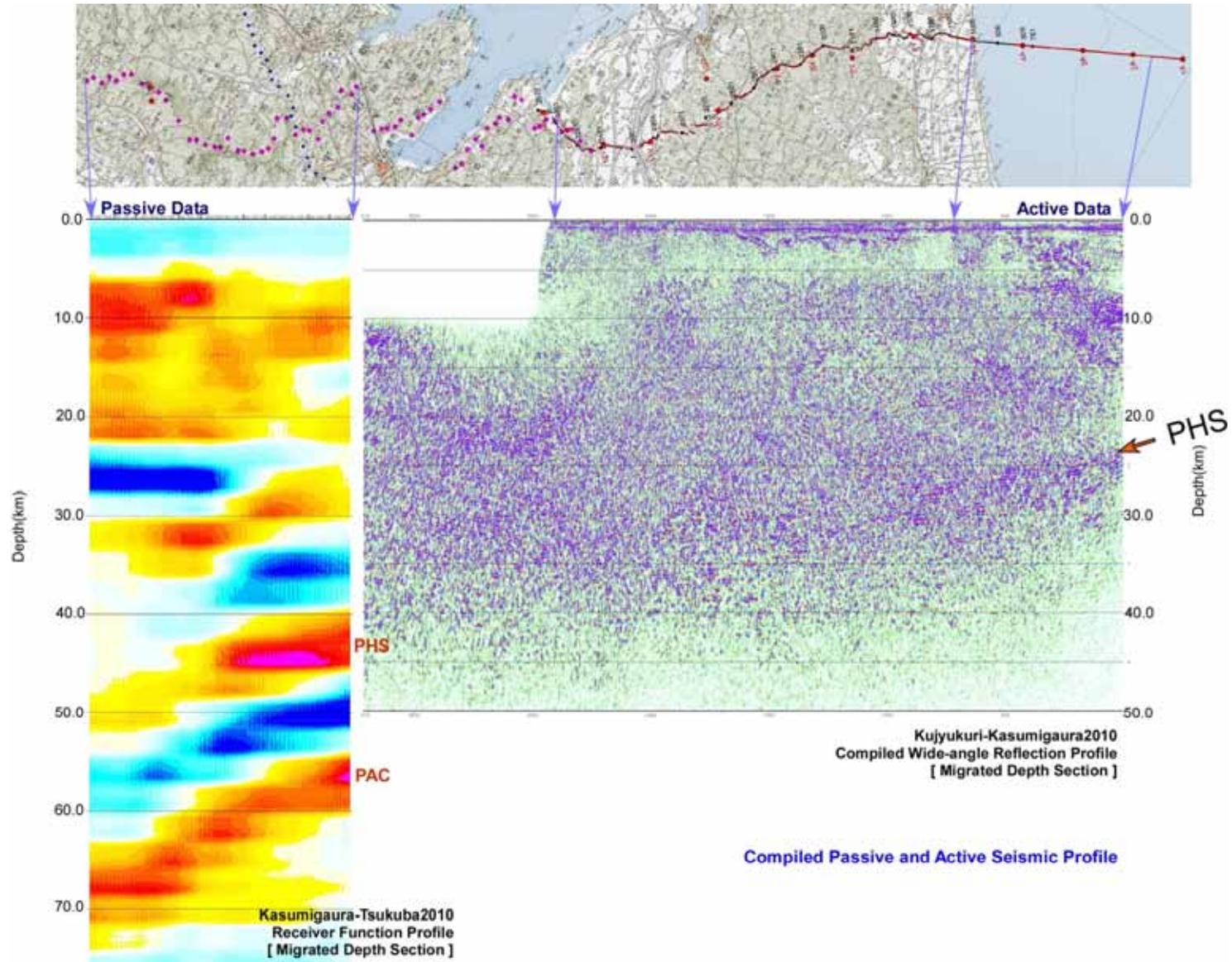
2010.6.8.-2010.9.16

Mj > 1.5

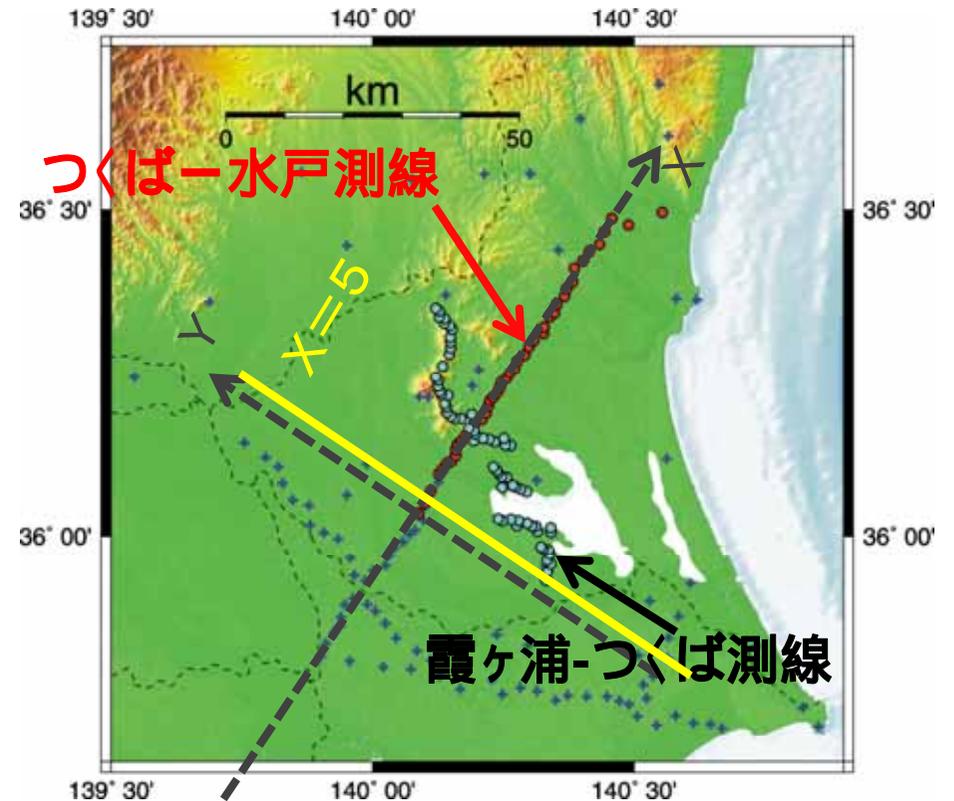
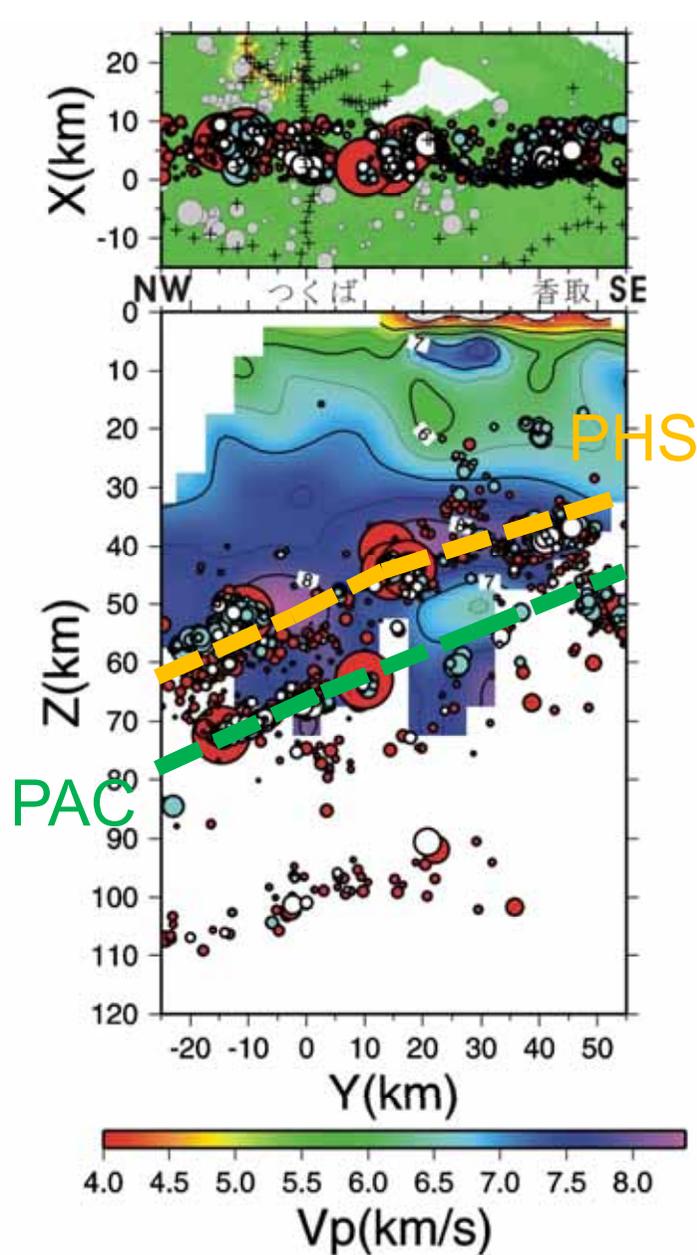
N:328

• ○ ○ ○ ○  
M2 M3 M4 M5

# 反射法地震探査+レシーバ関数解析断面

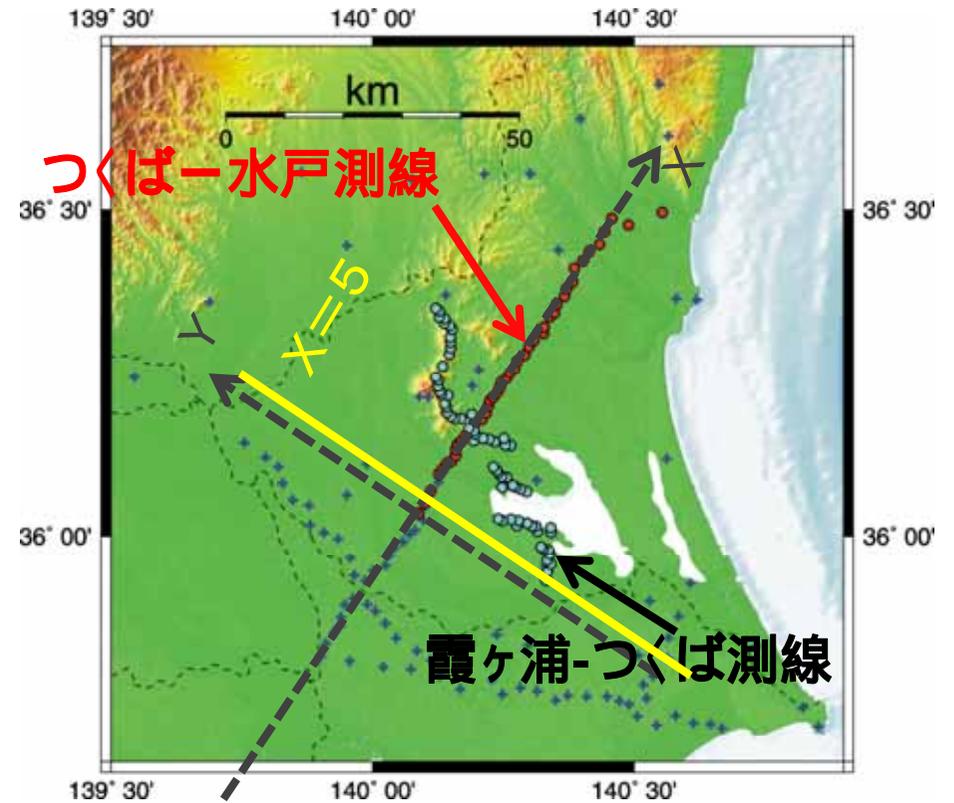
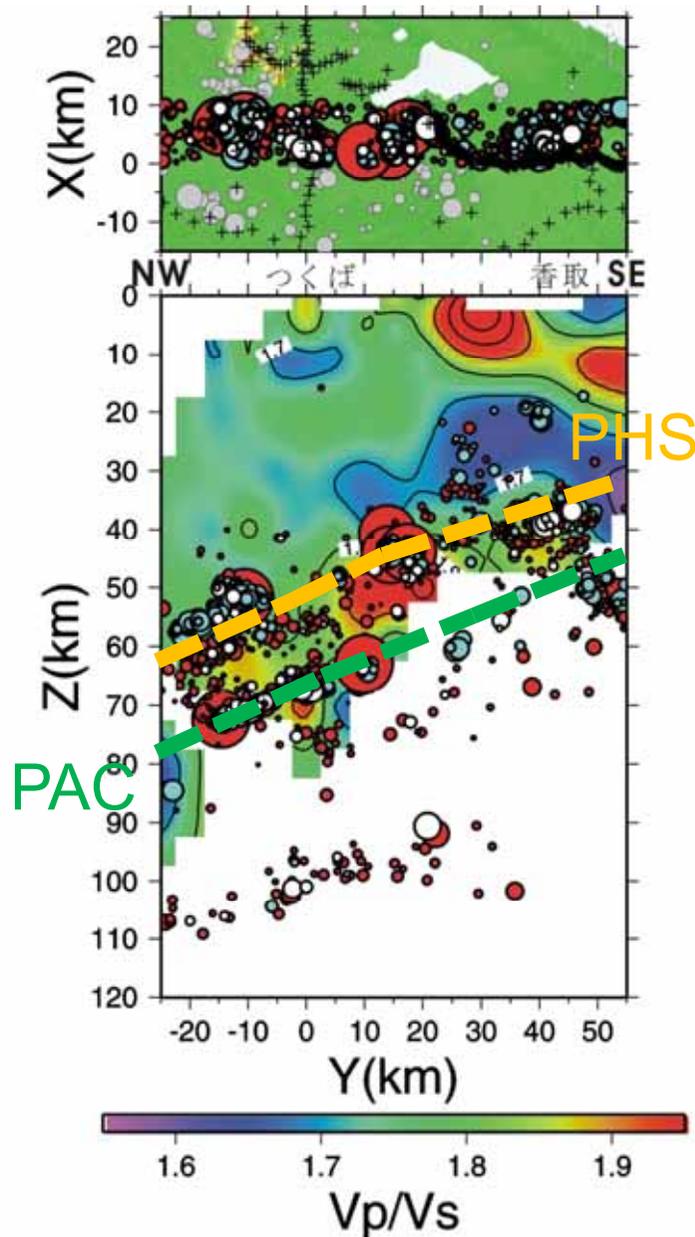


# 霞ヶ浦-つくば測線沿いのVp 構造



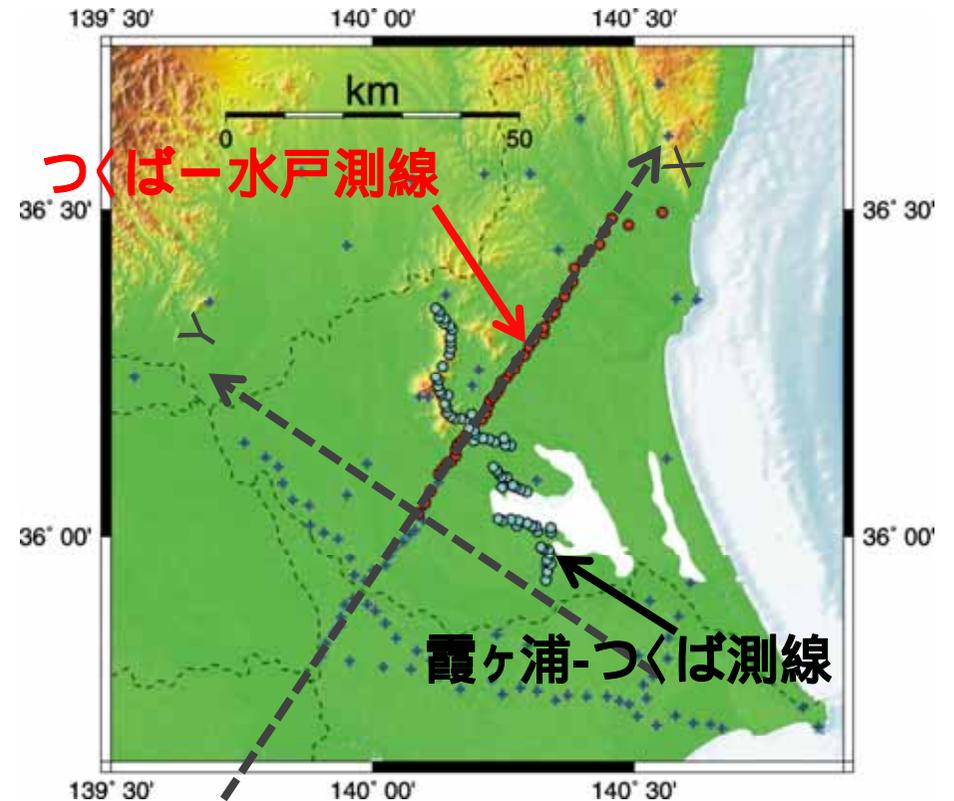
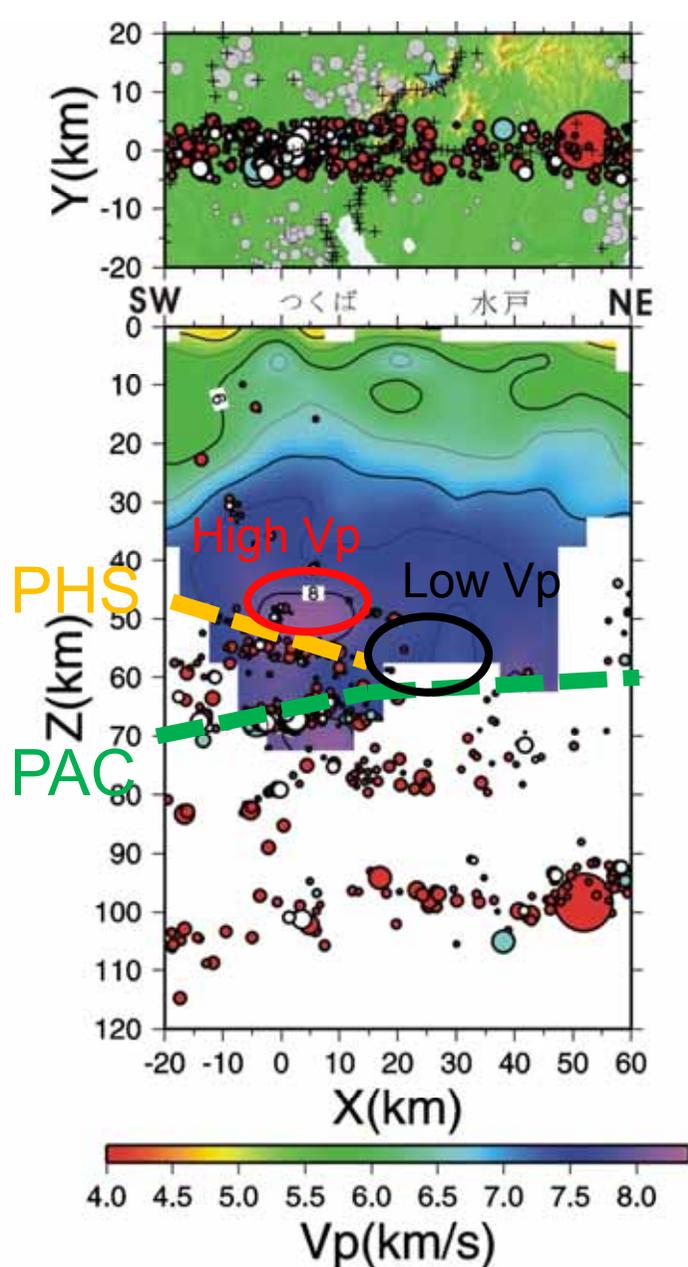
- 本観測データで再決定した震源 ( $X \pm 5$ km)
- 本研究で得た速度構造と気象庁一元化処理震源の読み取り値を用いて再決定した震源(2007年4月1日 - 2011年2月28日; $X \pm 5$ km)
- 本研究で得た速度構造と気象庁一元化処理震源の読み取り値を用いて再決定した震源(2011年3月12日 - 2011年7月17日; $X \pm 5$ km)

# 霞ヶ浦-つくば測線沿いのVp / Vs構造



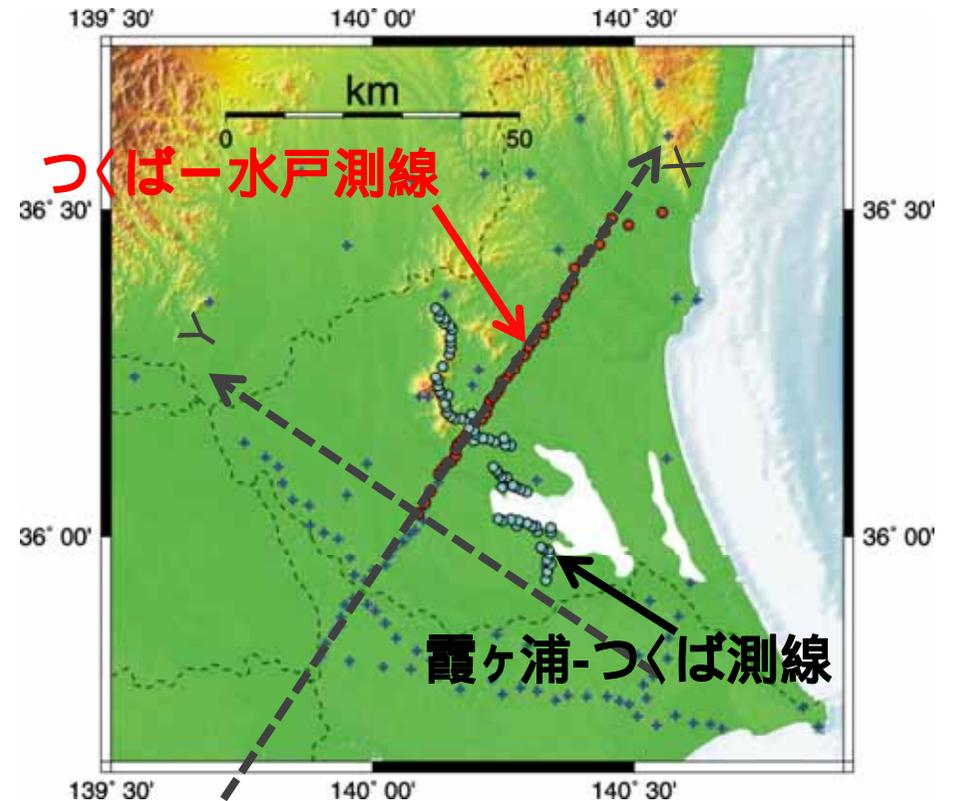
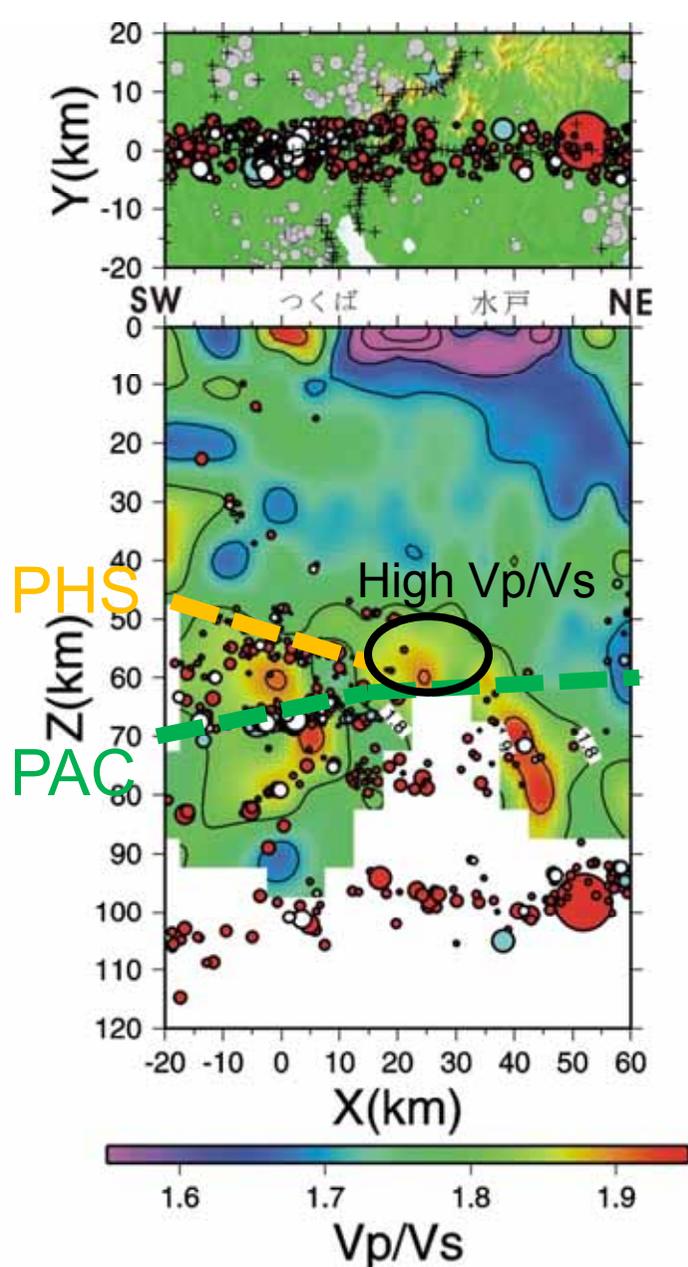
- 本観測データで再決定した震源 ( $X \pm 5\text{km}$ )
- 本研究で得た速度構造と気象庁一元化処理震源の読み取り値を用いて再決定した震源(2007年4月1日 - 2011年2月28日;  $X \pm 5\text{km}$ )
- 本研究で得た速度構造と気象庁一元化処理震源の読み取り値を用いて再決定した震源(2011年3月12日 - 2011年7月17日;  $X \pm 5\text{km}$ )

# つくば 水戸測線沿いのVp 構造



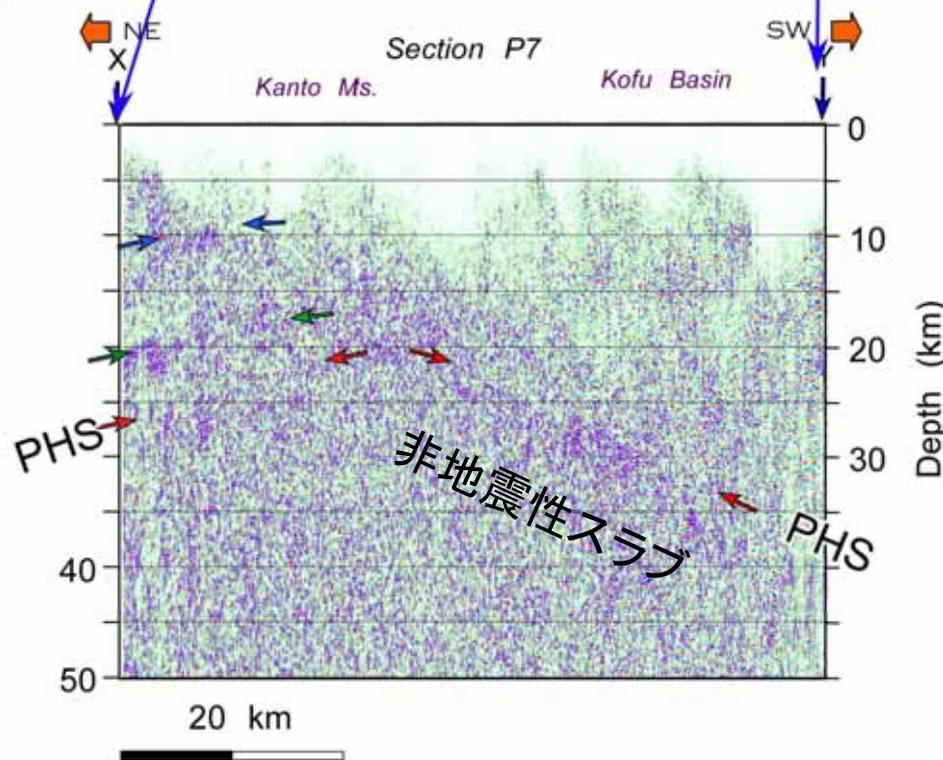
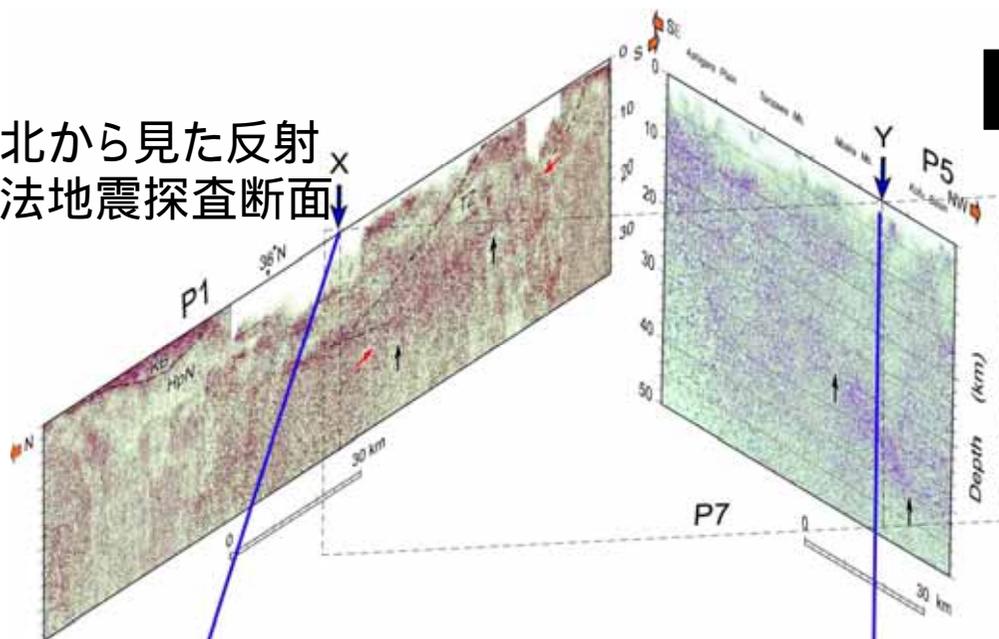
- 本観測データで再決定した震源 ( $Y \pm 5\text{km}$ )
- 本研究で得た速度構造と気象庁一元化処理震源の読み取り値を用いて再決定した震源(2007年4月1日 - 2011年2月28日;  $Y \pm 5\text{km}$ )
- 本研究で得た速度構造と気象庁一元化処理震源の読み取り値を用いて再決定した震源(2011年3月12日 - 2011年7月17日;  $Y \pm 5\text{km}$ )

# つくば 水戸測線沿いのVp /Vs構造



- 本観測データで再決定した震源 ( $Y \pm 5\text{km}$ )
- 本研究で得た速度構造と気象庁一元化処理震源の読み取り値を用いて再決定した震源(2007年4月1日 - 2011年2月28日;  $Y \pm 5\text{km}$ )
- 本研究で得た速度構造と気象庁一元化処理震源の読み取り値を用いて再決定した震源(2011年3月12日 - 2011年7月17日;  $Y \pm 5\text{km}$ )

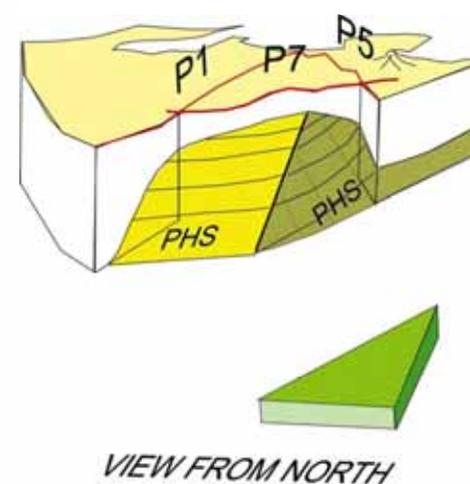
北から見た反射  
法地震探査断面



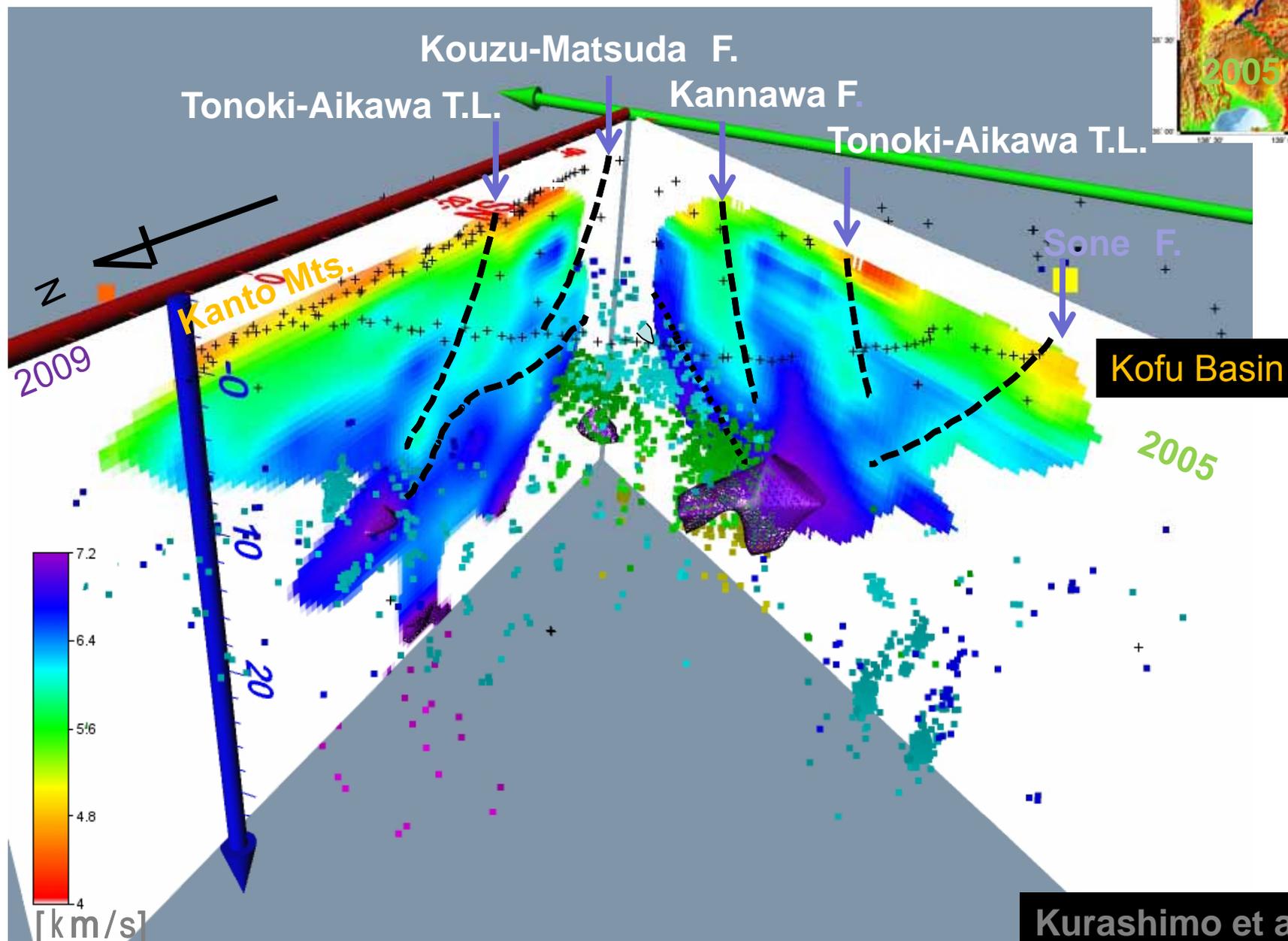
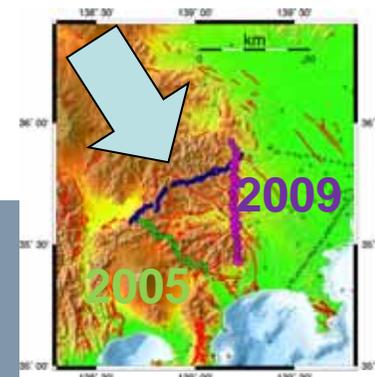
伊豆衝突帯北方のスラブ形状



伊豆衝突帯の北方でPHS内がリッジ状に変形 → 断裂

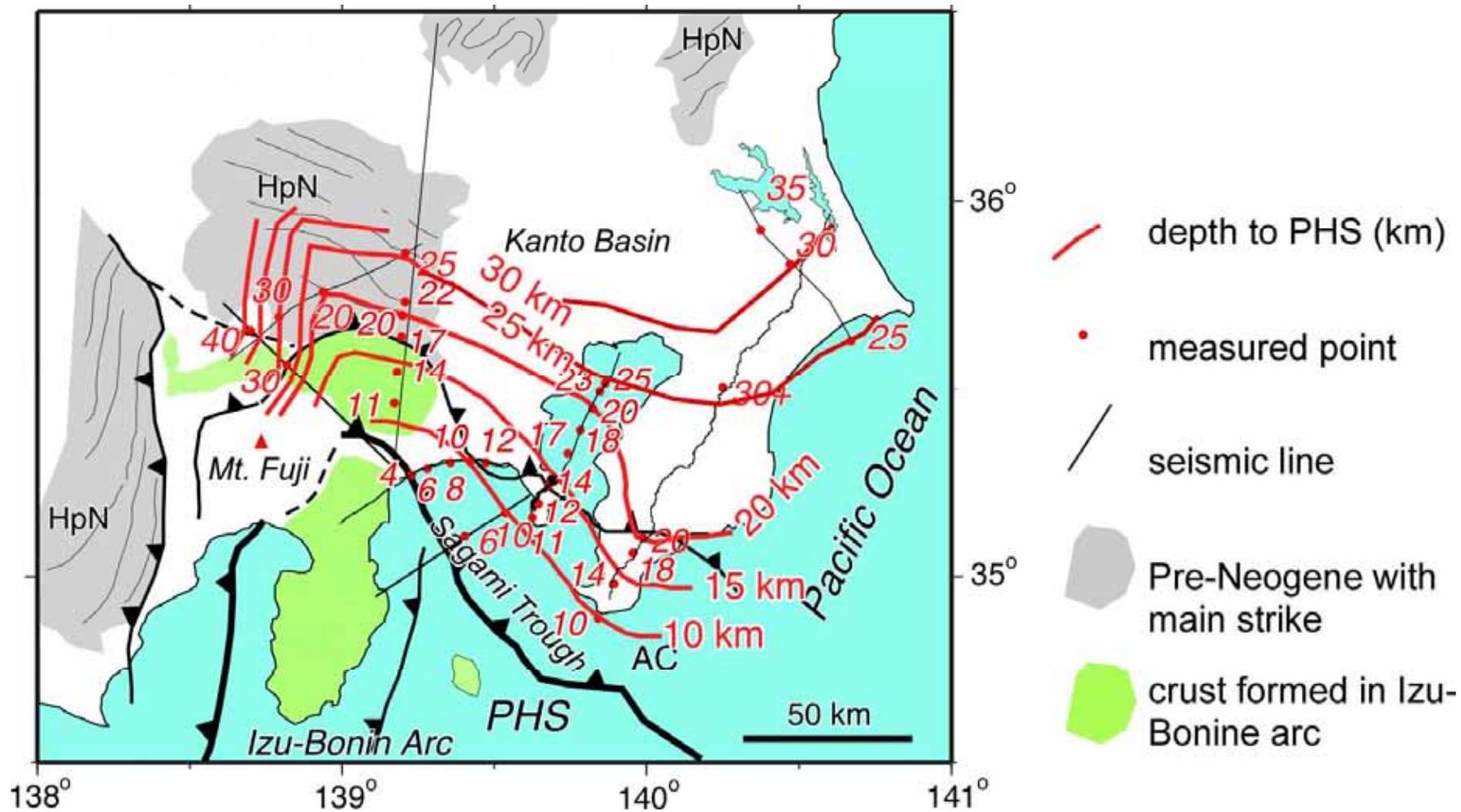


# トモグラフィーによるP波速度構造

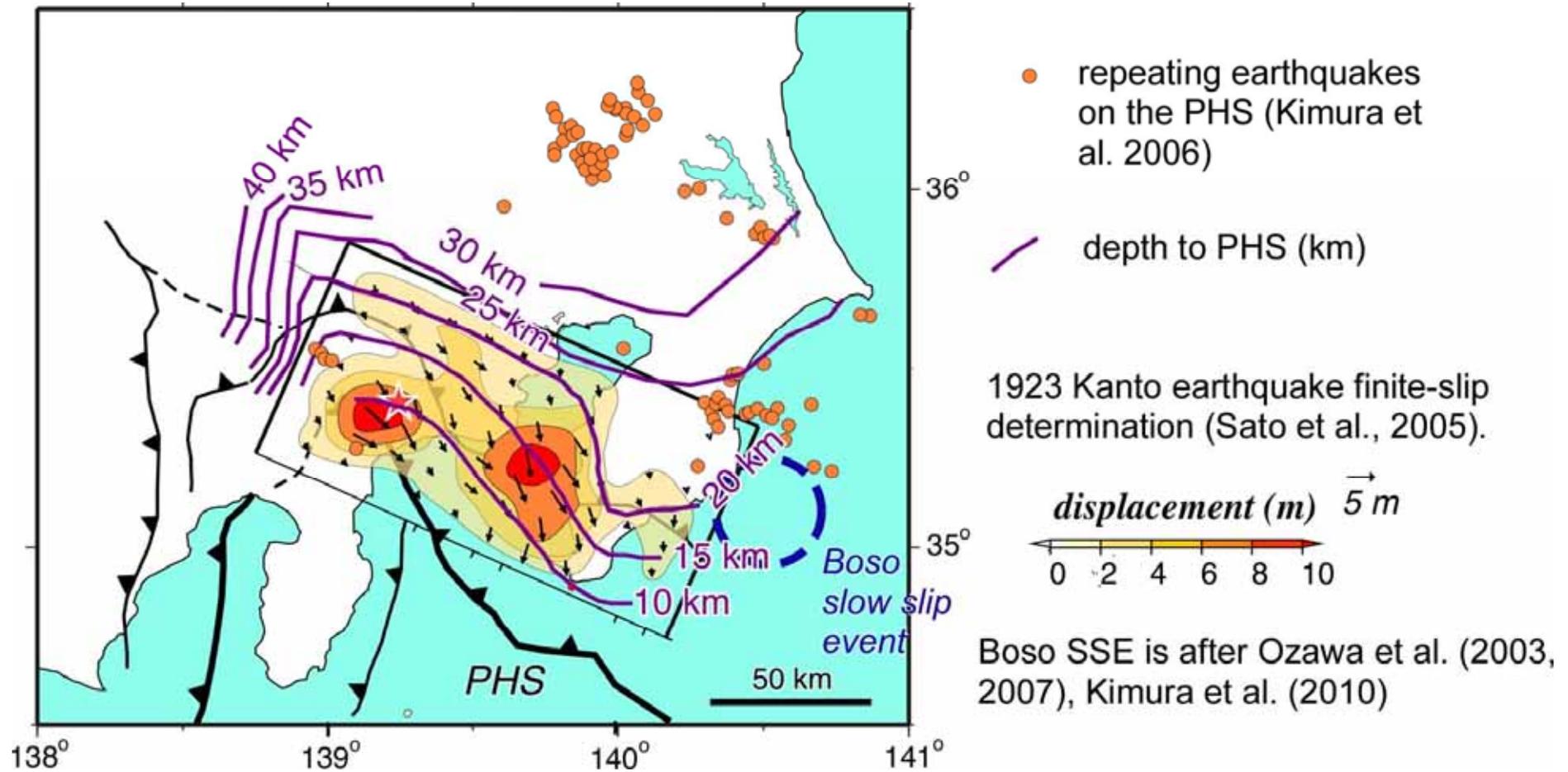


Kurashimo et al., 2011

# 制御震源によるフィリピン海プレート上面の形状



# フィリピン海プレート上面の形状と関東地震の震源モデル



# MeSO-netのステーションコレクション : トモグラフィーの高精度化

## 1. 組織化マップ(SOM)を用いた新第三系基盤上面 深度推定

反射法地震探査断面・ボーリング・重力異常値・地表地質

## 2. 三次元速度モデルの構築

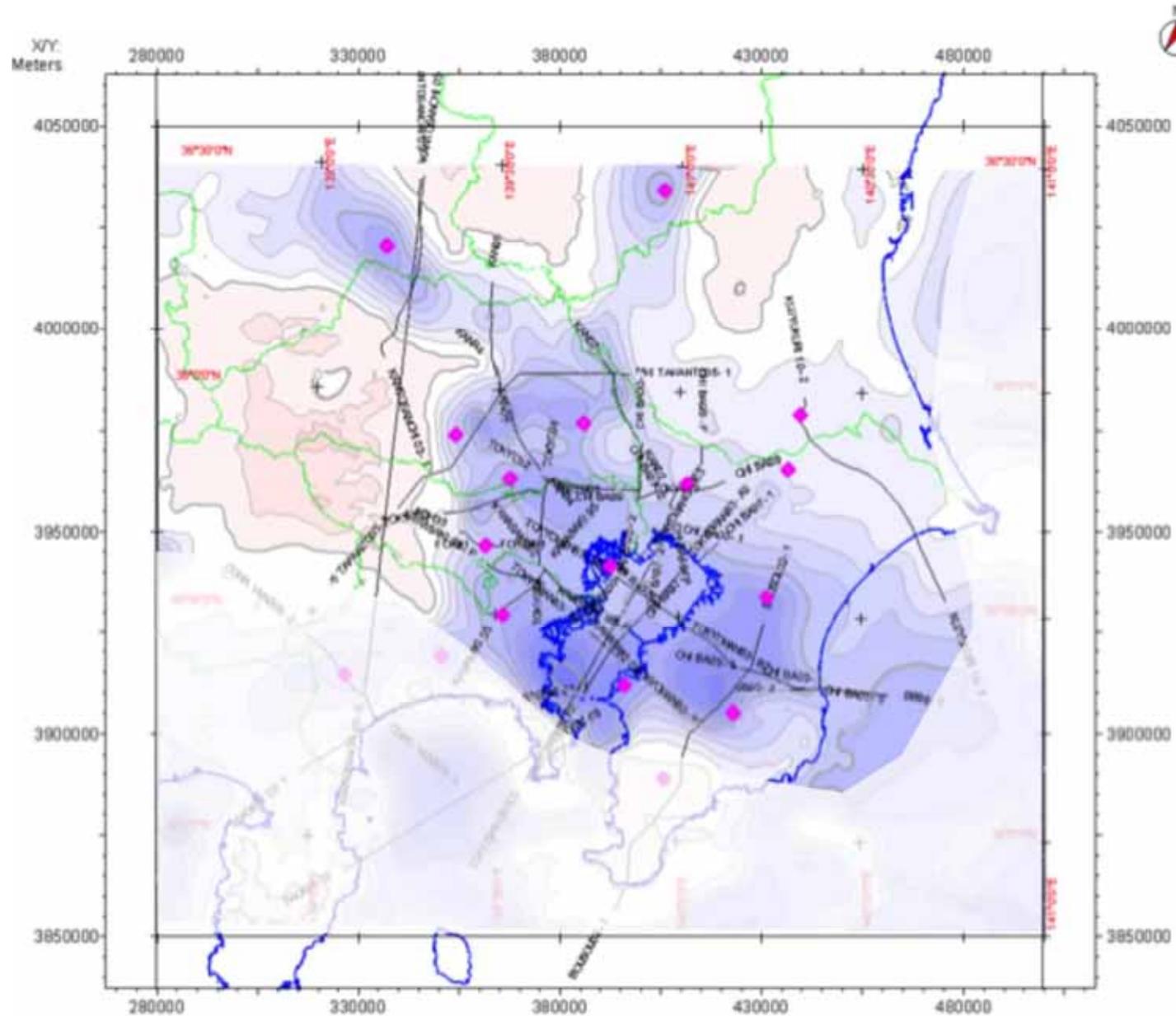
表層30mまでの平均S波速度(AVS30)(松岡・翠川(1994))

関東平野堆積層の深度と地震波速度の回帰曲線の式(林ほか  
(2008) 基盤上面深度構造

坑井で確認された基盤上面での地震波速度

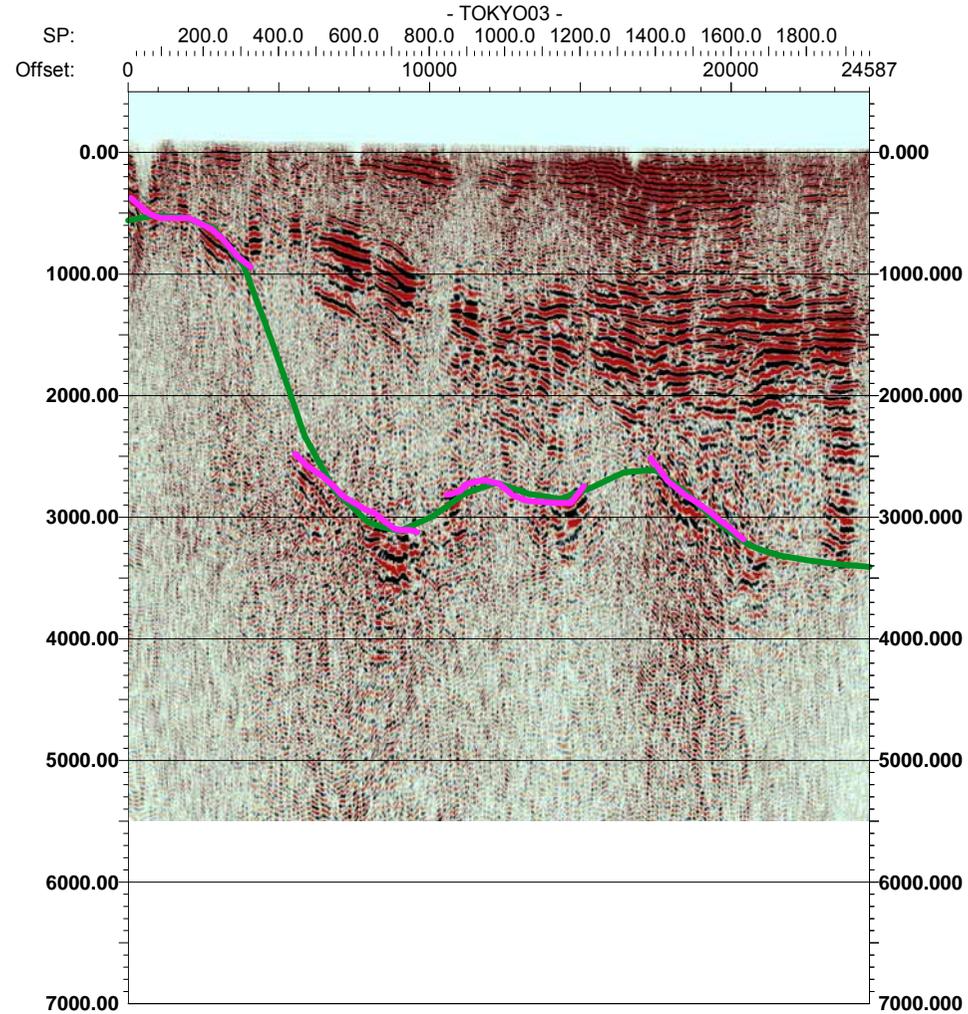
## 3. 三次元速度構造モデルを用いてMeSO-netに関する 速度構造( $V_p$ , $V_s$ 及び $V_p/V_s$ )を観測点毎に作成

# 自己組織化マップ(SOM)を用いた新第三系基盤上面深度



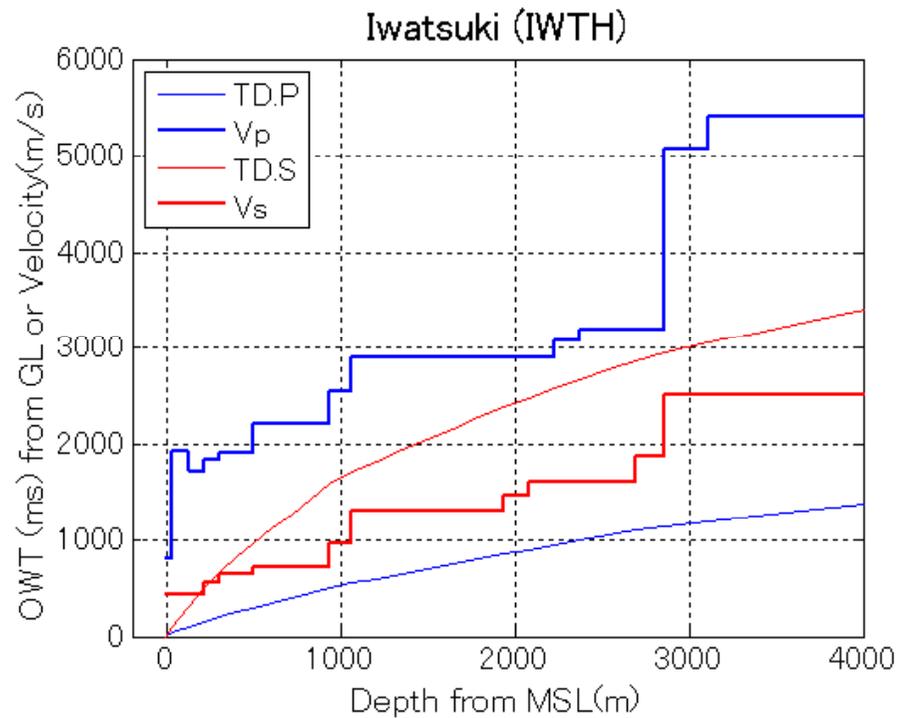
# 東京都地下構造調査2003 自己組織化マップ解析結果

—— 解釈イベント ——

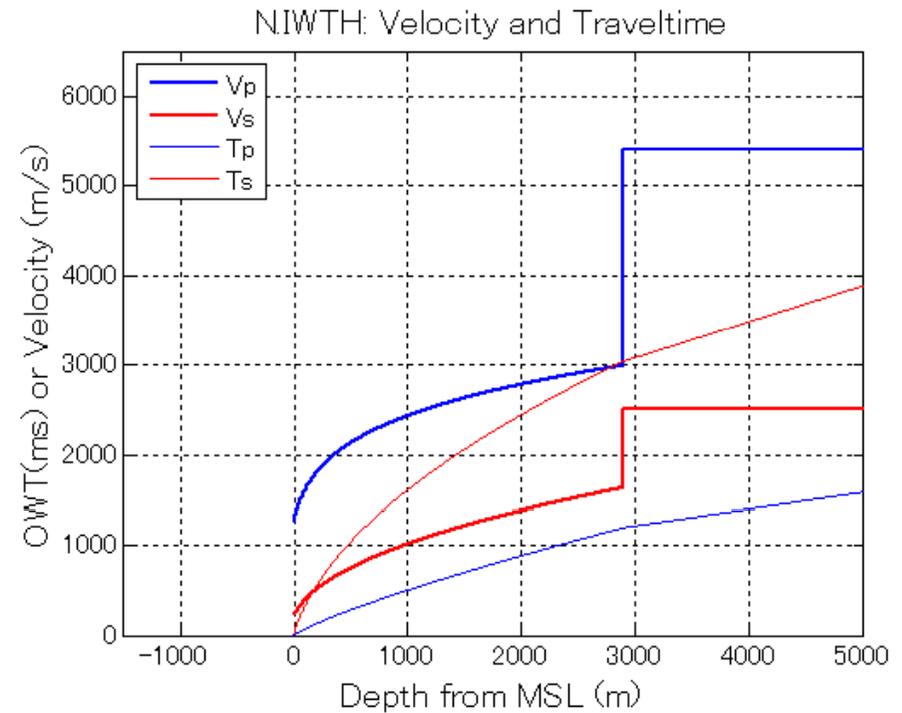


# 坑井速度と速度モデル比較：岩槻

## 坑井速度



## 速度モデル



# 各補正量推定結果の例

## 成田観測井の場合

$T_{p_{rp2dtm}}$ : -0.1246

$T_{p_{dtm2bs}}$ : 0

$T_{s_{rp2dtm}}$ : -0.2439

$T_{s_{dtm2bs}}$ : 0

## 岩槻観測井の場合

$T_{p_{rp2dtm}}$ : 0.4233

$T_{p_{dtm2bs}}$ : -0.1447

$T_{s_{rp2dtm}}$ : 0.8388

$T_{s_{dtm2bs}}$ : -0.2367

## 千葉観測井の場合

$T_{p_{rp2dtm}}$ : -0.028

$T_{p_{dtm2bs}}$ : -0.3783

$T_{s_{rp2dtm}}$ : -0.0593

$T_{s_{dtm2bs}}$ : -0.7748

地表

(Ground Level)

平均海水面  
(Mean Sea Level)

基盤が基準面よりも  
浅い区間は堆積層  
層厚補正量は0

基準面補正

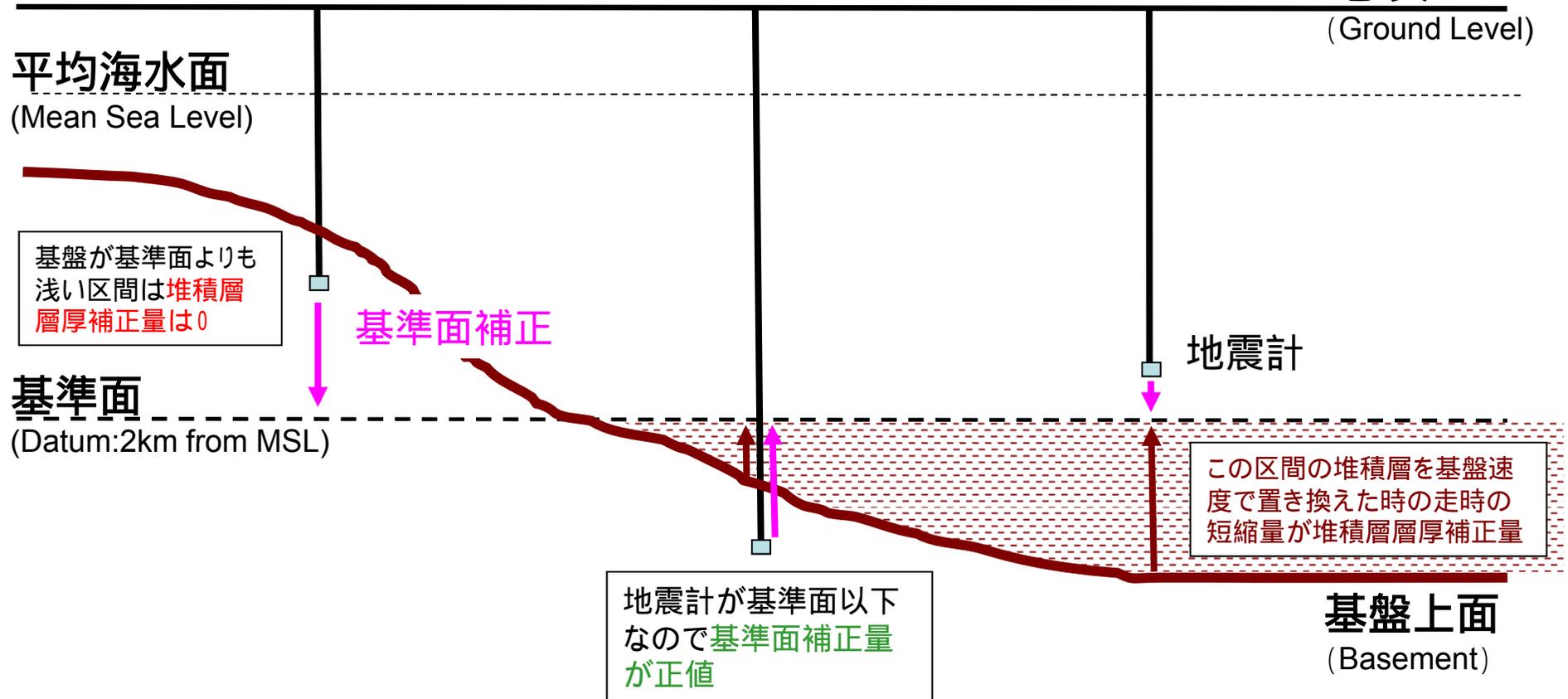
基準面  
(Datum: 2km from MSL)

地震計

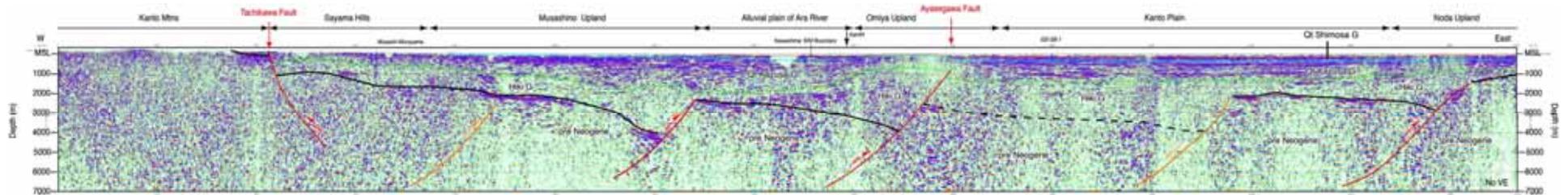
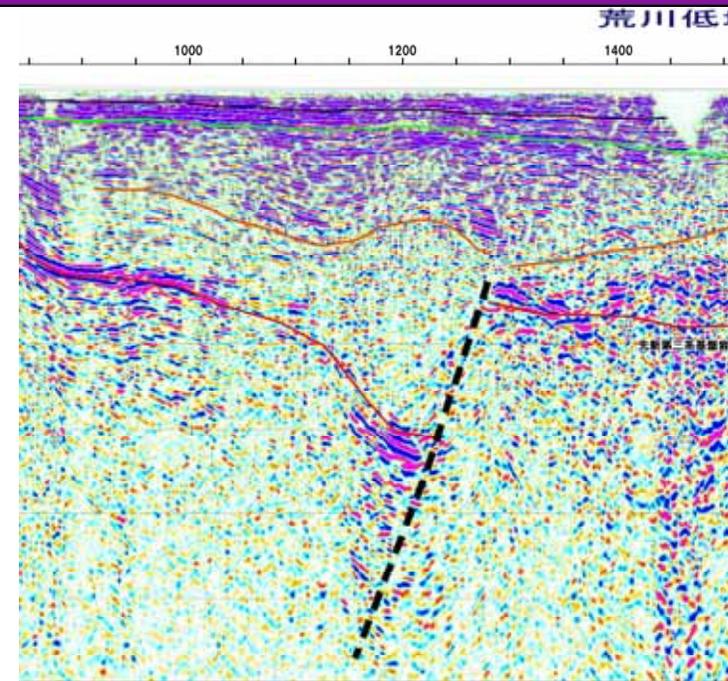
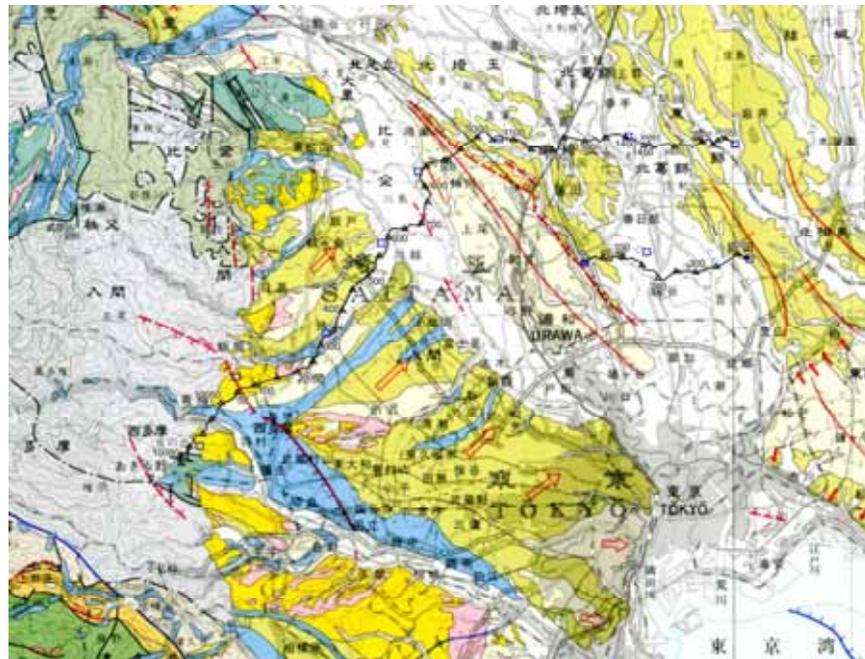
この区間の堆積層を基盤速  
度で置き換えた時の走時の  
短縮量が堆積層層厚補正量

地震計が基準面以下  
なので基準面補正量  
が正值

基盤上面  
(Basement)

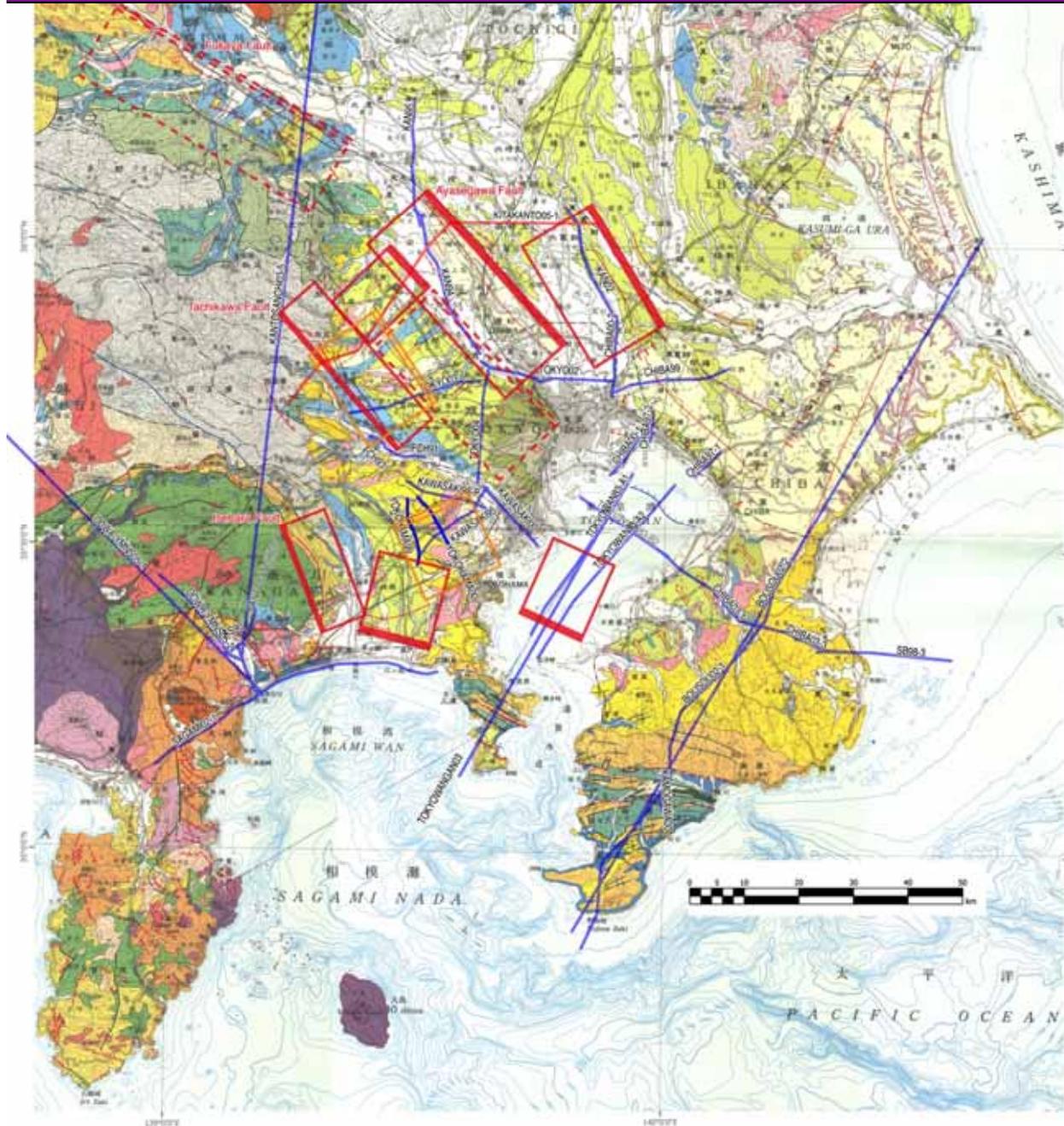


# 反射法地震探査断面等の再検討による伏在活断層



2005年北関東測線の解釈

# 関東平野部の活断層の予察的形狀モデル



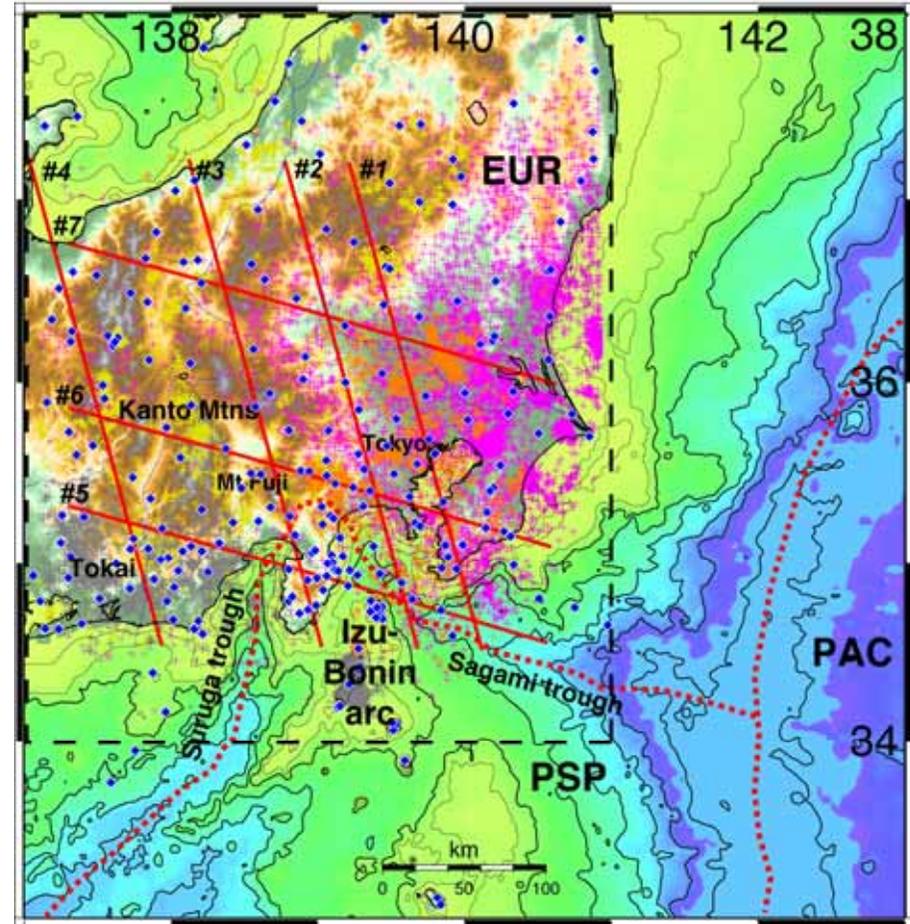
基図は杉山ほか  
(1997)50万分の1活  
構造図「東京」

赤の矩形は活断層の  
形状モデル、破線は  
形状が不確実なもの、  
オレンジ色は活動的  
ではない断層の形状  
モデル。

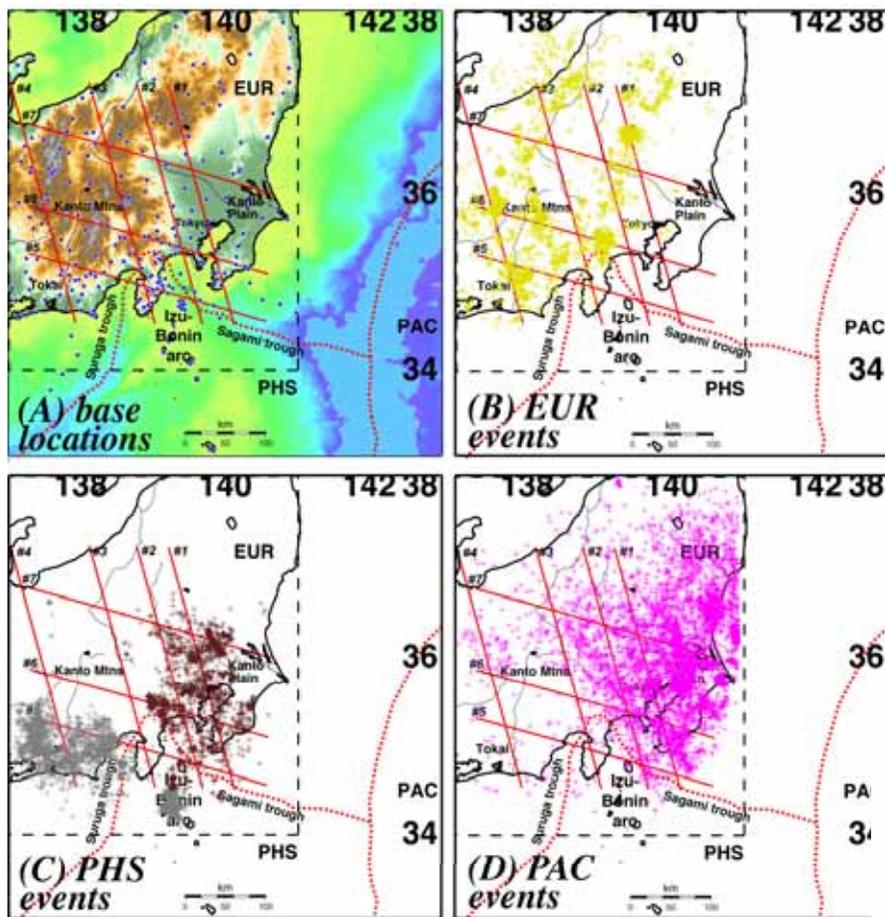
青線は深部構造探査  
の測線位置を示す。

# 首都直下のプレート相互作用に関する粘弾塑性体による数値実験:首都直下 西北西-東南東測線での検討

- What are stress and deformation patterns under Kanto where PHS and PAC hit?
- Can we identify zones where stresses are elevated and correlate to or predict higher seismicity?
- For geodynamical modeling, can we first create northern Honshu subduction for control?
- Can we model the Ontong-Java case where one old thick slab collides with a thin young slab?

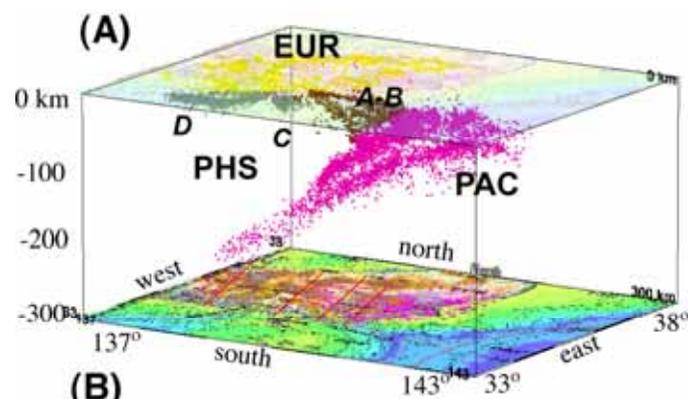


# Classify Events by plate: EUR, PHS, PAC

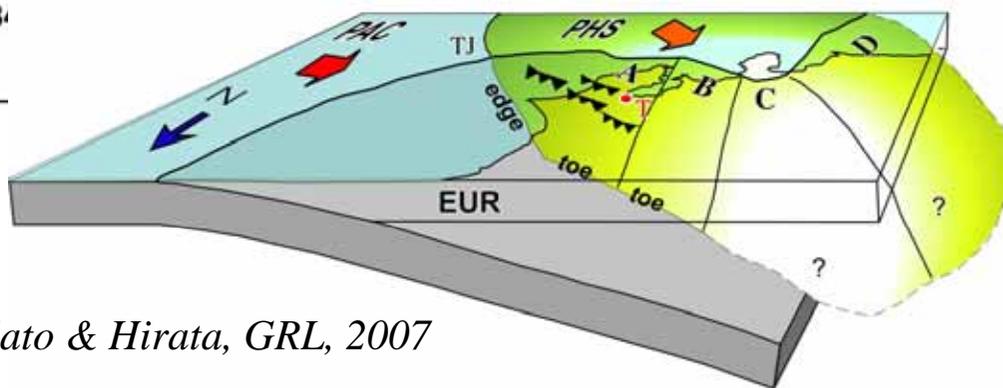
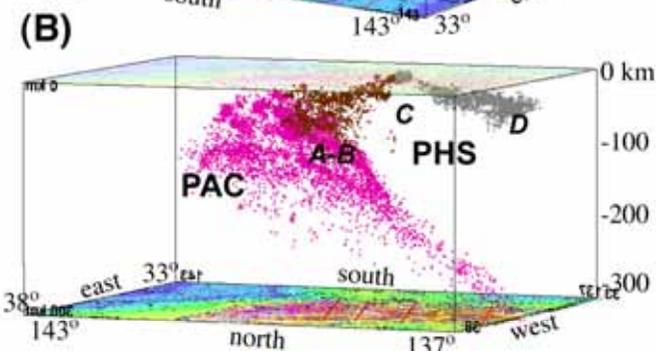


Seismicity between 1997-2003

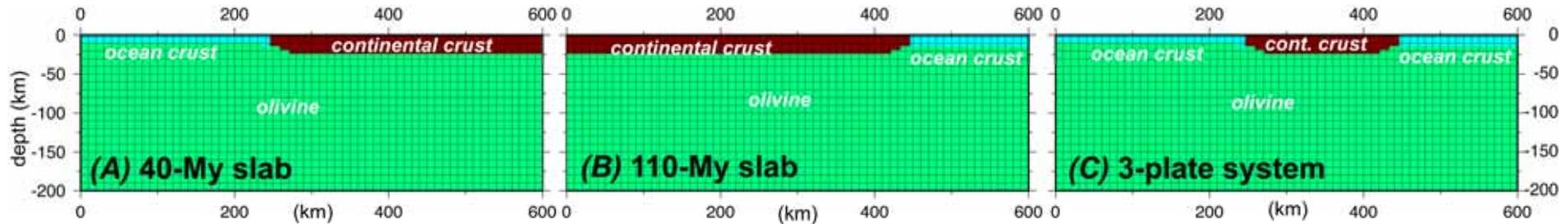
*from southeast*



*from northwest*



## Example of Converging Opposite Polarity Slabs: Two single-slab cases for control, then 2-slab (three plate) system.



- 600 x 200 km,  $\Delta x=2.5$  km.
- visco-elastoplastic rheology.
- physical and rheological properties based on rock type.
- phase changes: Olivine - serpentinite.  
continental crust erosion.
- Small zones of plastic weakness to make subduction.
- BC velocity: left= 2 cm/yr, right= -3 cm/y, Net 5 cm/yr convergence.
- Code remeshes as needed.

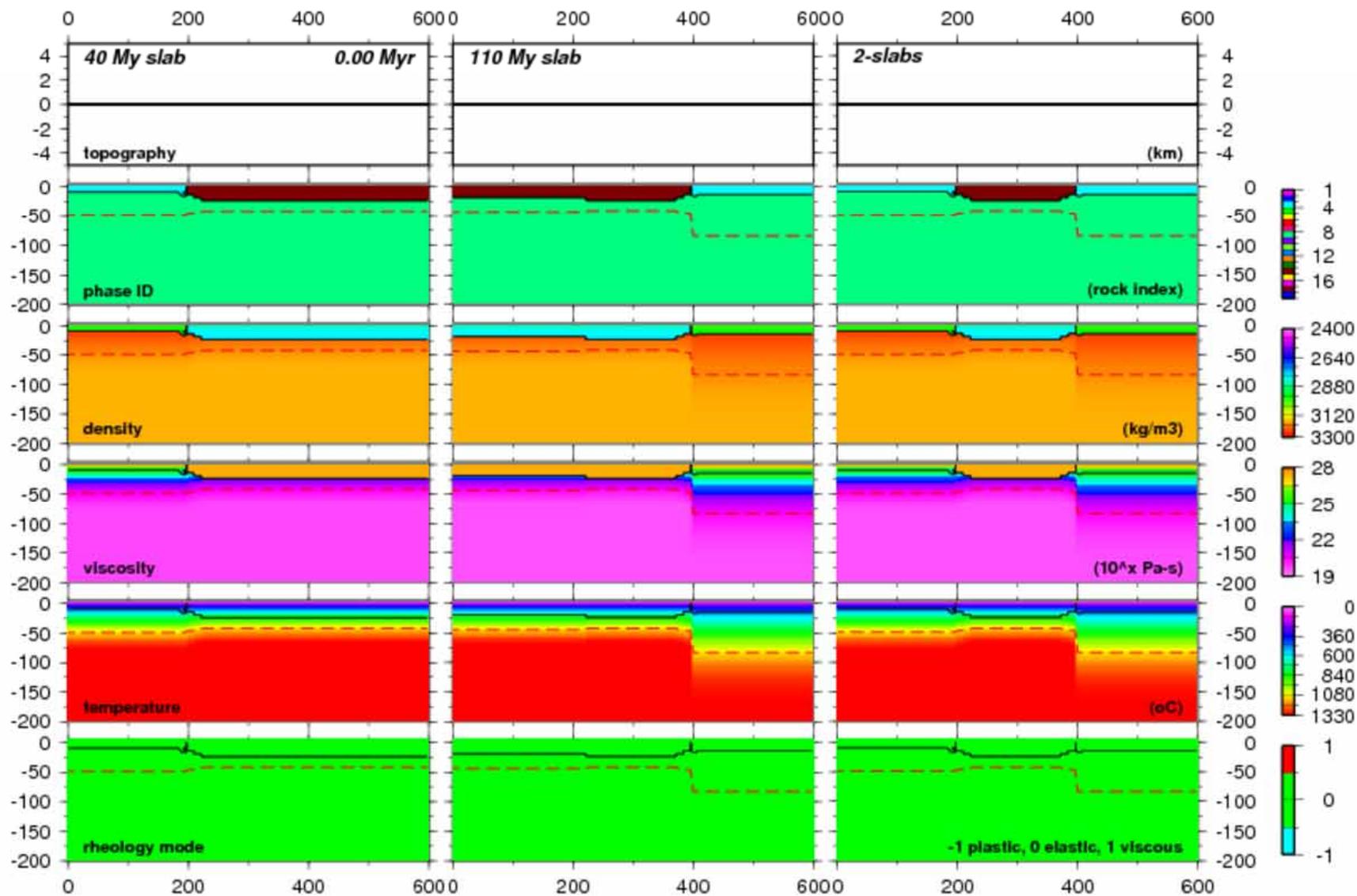
	<u>Slab A</u>	<u>Slab B</u>	<u>Overlying</u>
<i>Crust</i>			
<i>comp:</i>	<i>basalt</i>	<i>basalt</i>	<i>arc cont.</i>
<i>thickness:</i>	<i>10</i>	<i>15</i>	<i>25 km</i>
<i>Mantle</i>			
<i>comp:</i>	<i>olivine</i>	<i>olivine</i>	<i>olivine</i>
<i>thermal</i>			
<i>age:</i>	<i>40</i>	<i>110</i>	<i>40 My</i>

# 初期条件: 物性

年齢4000万年  
のスラブ

年齢1億1千万  
年のスラブ

向かい合う二つ  
のスラブの収束

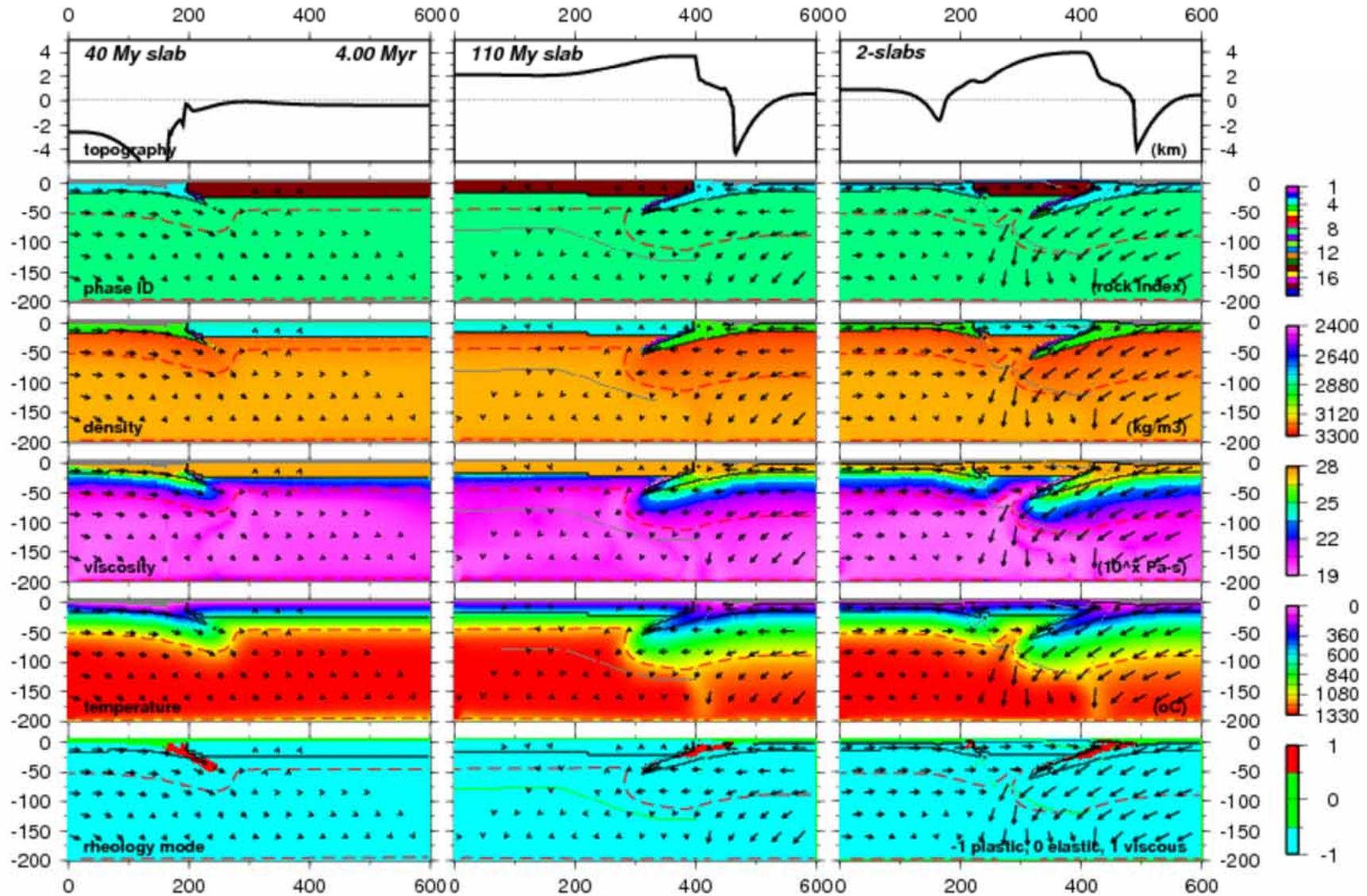


# 400万年経過: 物性

年齢4000万年  
のスラブ

年齢1億1千万  
年のスラブ

向かい合う二つ  
のスラブの収束

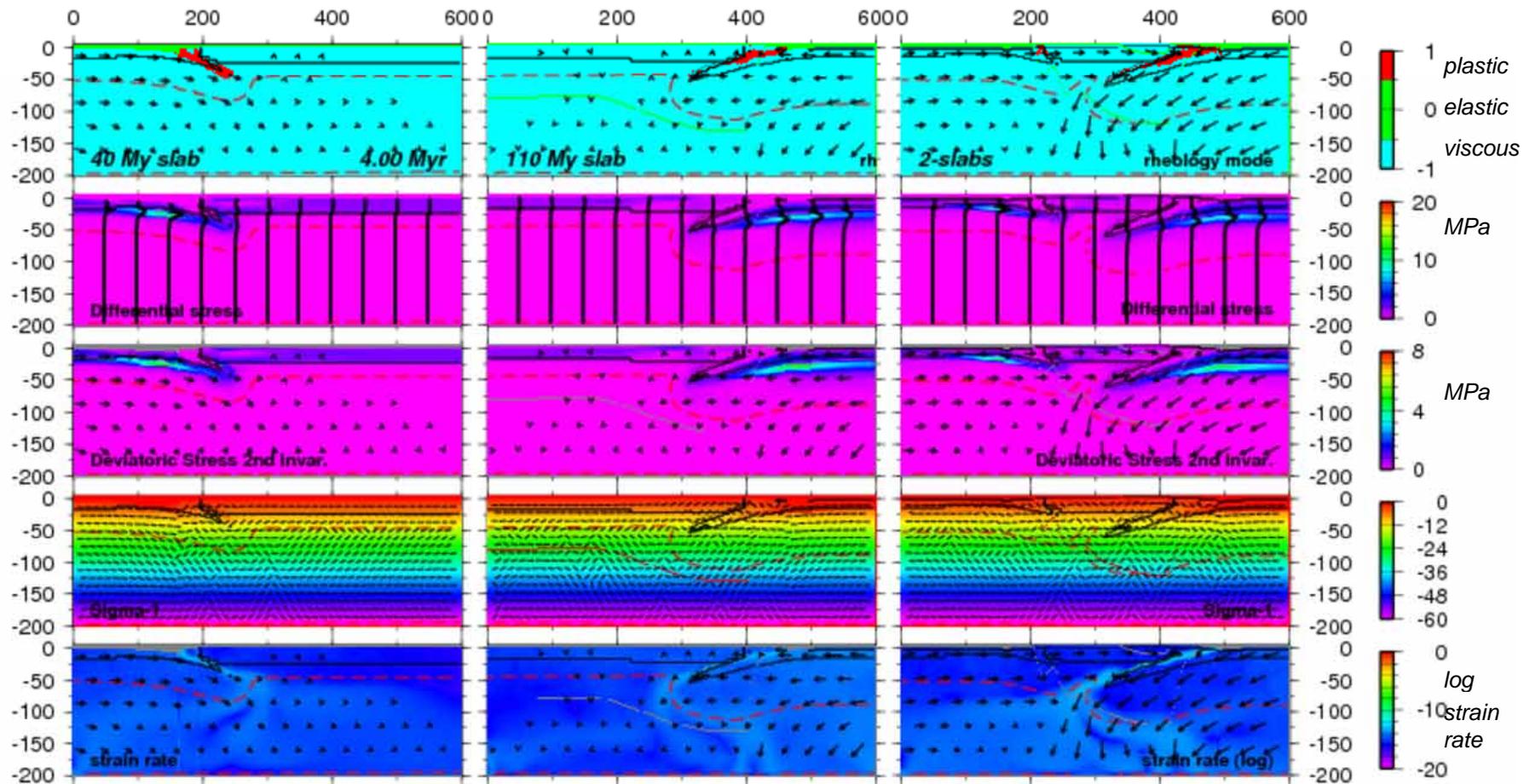


# 400万年経過: 応力-歪状態

年齢4000万年  
のスラブ

年齢1億1千万  
年のスラブ

向かい合う二つ  
のスラブの収束

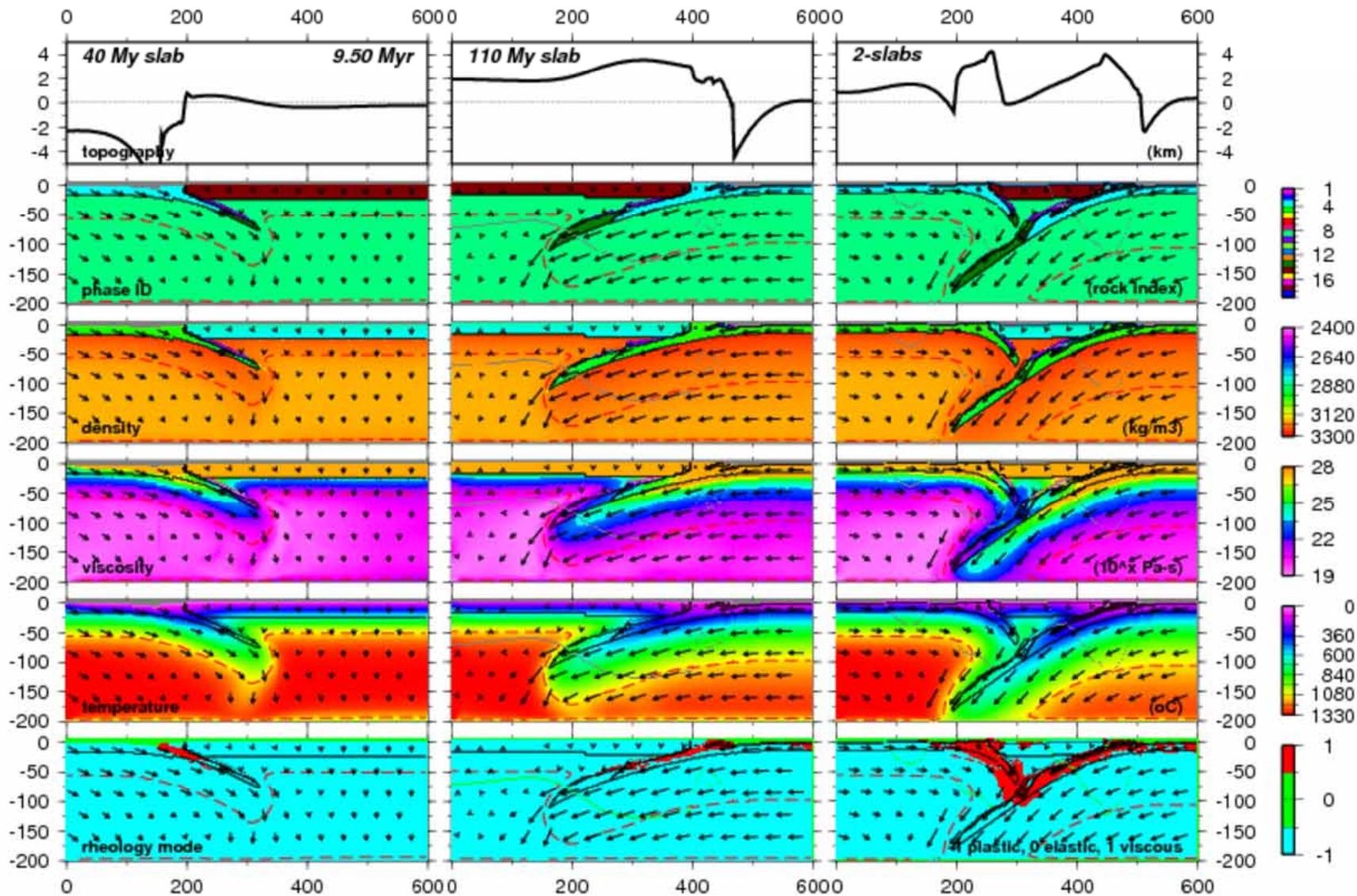


# 9百50万年経過：物性

年齢4000万年  
のスラブ

年齢1億1千万  
年のスラブ

向かい合う二つ  
のスラブの収束

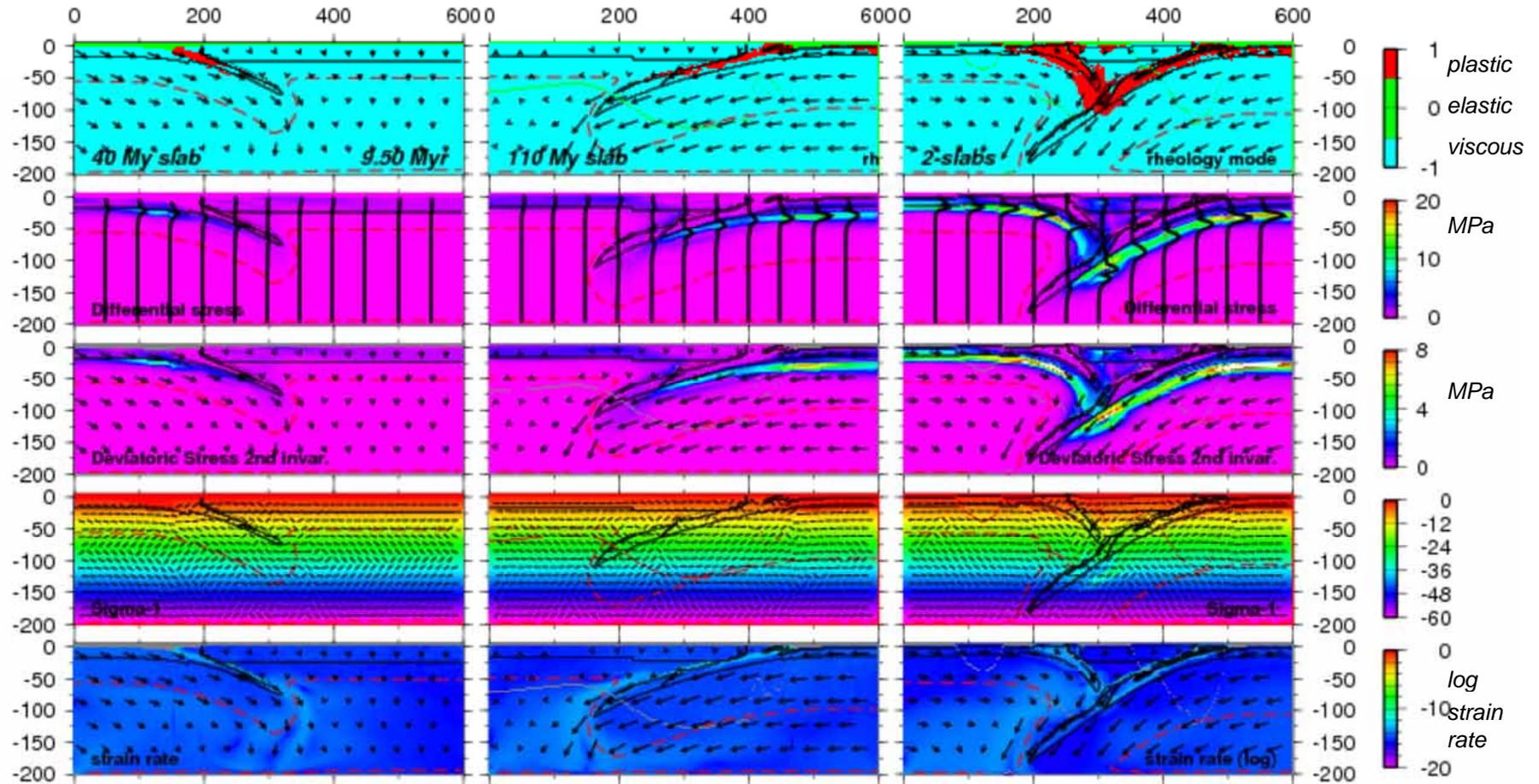


## 950万年経過: 応力-歪状態

年齢4000万年  
のスラブ

年齢1億1千万  
年のスラブ

向かい合う二つ  
のスラブの収束



*Increase in stresses inside each slab due to interaction.  
Downdip zones where extra seismicity can exist.*

## 2-4 長時間地殻変動からみた首都圏下の地殻構造調査研究



### 研究目的

プレート境界域と関東造盆地運動域において過去300万年間の垂直変動を復元し、それをもたらしたプレート運動とそれに応答した地殻変動を最近100万年間にしぼって数値実験を通じて解明する。

# 平成22年度までの成果

## 長期地殻変動

千葉県と千葉大学が姉崎-上総一ノ宮間で2003年に行った反射法地震探査のプロファイル（Chiba2003）を標準層序とし、100万年前と50万年前の鍵層準を房総半島内の他測線に追跡

## シミュレーション

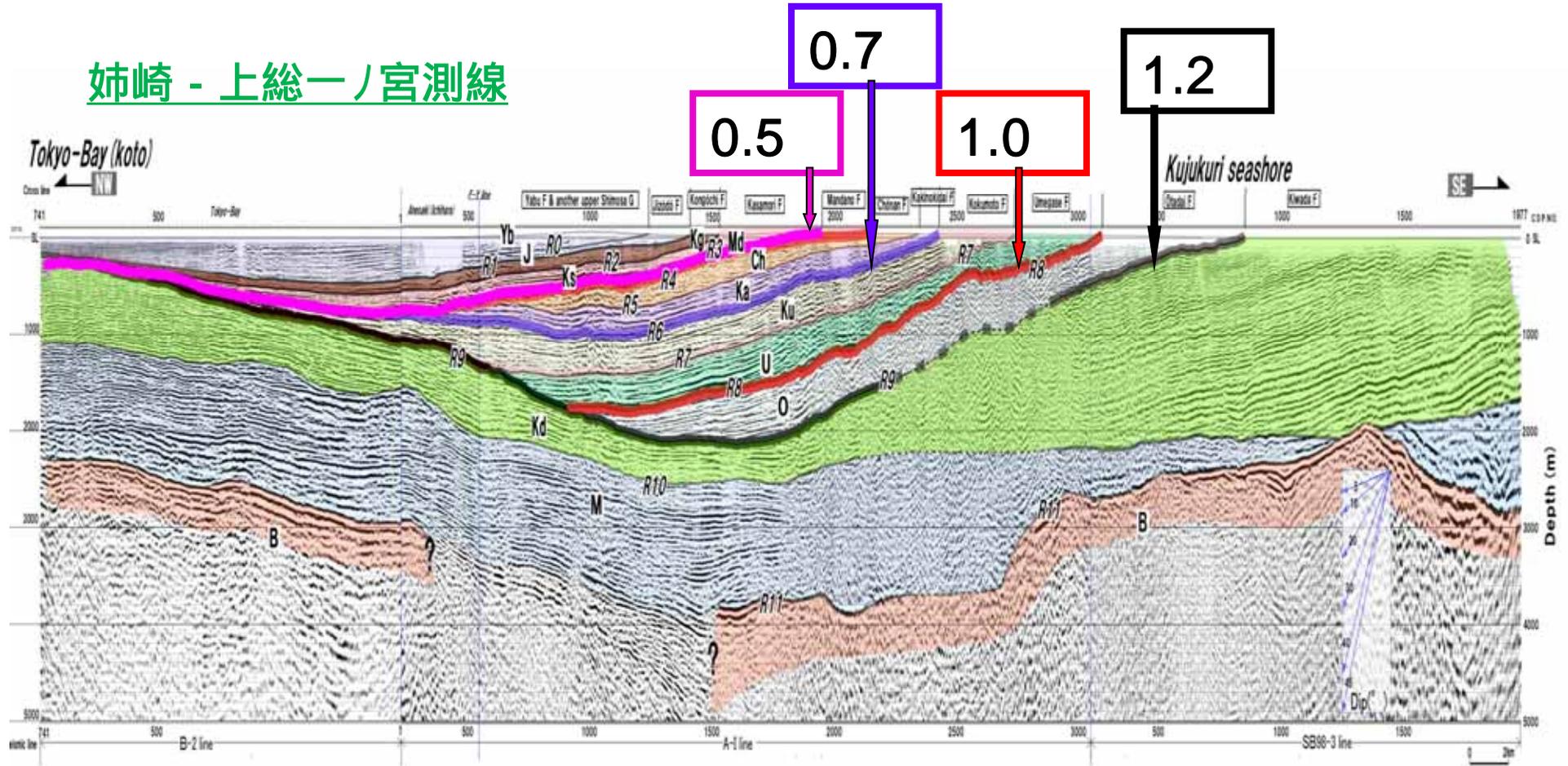
関東地方の長期地殻変動を求める計算プログラムに、プレート境界が伊豆・小笠原弧の衝突とともに時間変化する効果を加えた。

## 平成23年度の実施計画

平成22年度までに得られた長期間垂直地殻変動の変形様式や変位速度データと、プレート沈み込みおよび伊豆半島の衝突、プレート境界の時間発展を取り入れたモデルを用いて、データを再現する現実的な地殻変動の数値実験を行い、関東地方の長期的地殻変動の原因を解明する。

# 上総ー下総層群プロフィールに時代の目盛り(Ma)が入れられた！

姉崎 - 上総ーノ宮測線



浅尾(2008)による

# 関東地方の長期間地殻変動の推定

## 1. 海成堆積物の現高度から推定(10万～100万年スケール)

$$\text{変動量} = \text{地層の現標高}^1 + \text{堆積時の古水深}^2 - \text{堆積時の海水準}^3$$

<sup>1</sup>陸上に露出している地層、**反射法地震探査プロファイル**

<sup>2</sup>古生物学的研究

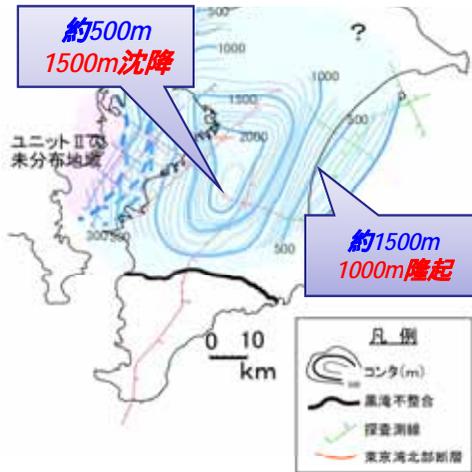
<sup>3</sup>酸素同位体カーブ

## 2. 旧汀線高度から推定(数千年～10万年スケール)

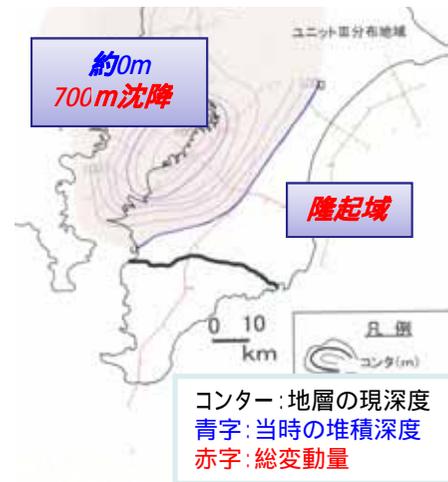
H21年度に完了

# 関東地方の上下変動場の時間変化

約1Maの地層の現深度

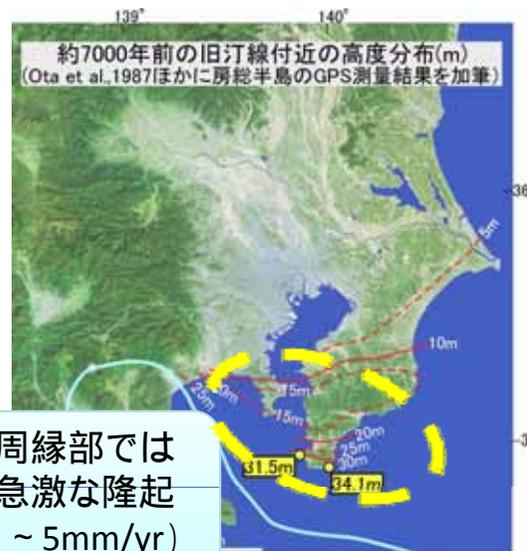


約0.5Maの地層の現深度



1Ma ~ → 0.5Ma ~

沈降中心:  
房総半島→東京湾



0.1Ma~現在

沈降域はほぼ消滅

# 関東地方における過去100万年間の地殻変動パターンの時間変化の原因

## 1. プレート運動の変化 → ×

- ・プレート運動は過去100万年ではそれほど変化しない
- ・影響は関東にとどまらず広域的となるが、日本の他の地域で連動した地殻変動パターンの変化は見られない

## 2. 伊豆・小笠原弧の衝突状態の変化

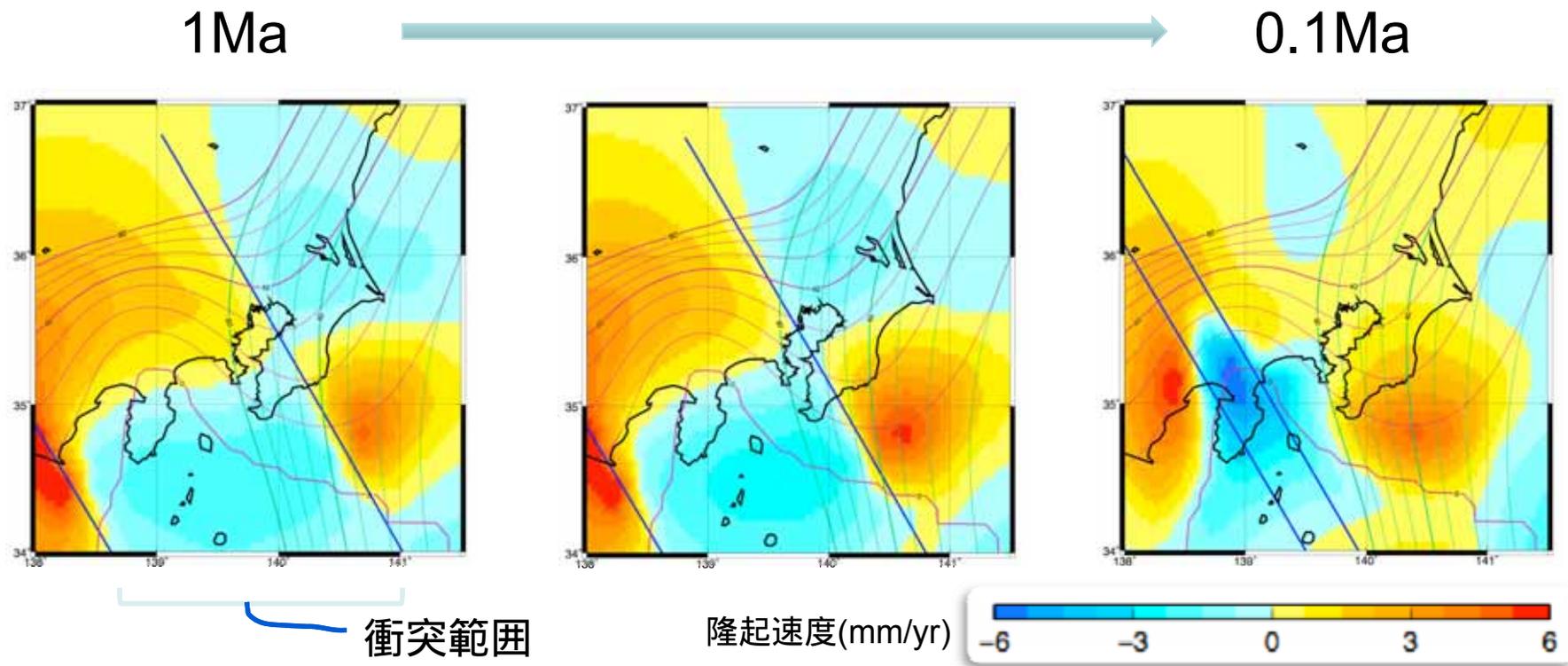
- ・プレート境界面形状の変化(昨年度検討、効果は小さい)

→ ×

- ・衝突範囲、プレート境界面の摩擦特性の変化 → ?  
→ 島弧地殻の幅などに依存

# 衝突範囲による変動パターンの違い

・H22年度までに作成した長期地殻変動プログラムにより計算



→ アスペリティのカップリング状態は長期間で大きく変化しうる

# まとめ

- 地質学的、地形学的に得られた過去100万年以降、過去10万年以降の上下変動の結果を合わせて、関東地方の変形様式を検討した
  - 平野部の沈降域は、房総半島から西方に移動し、10万年前からは隆起に転じた
  - 関東平野の周縁部では急激な隆起が起きている
- 上記の変動パターンの変化は、伊豆・小笠原弧の**衝突範囲の変化**、あるいは**衝突域の摩擦特性の変化**によって説明できる