

断層の準静的モデルの構築と 歪蓄積過程に関する研究

(1) 活断層の準静的モデル

橋本・大谷（京大防災研）

田部井（高知大）

加藤（東大地震研）

(2) 歪み蓄積過程についてのモデル研究

平原（名大）

橋本・飯尾・川崎（京大防災研）

古本（金沢大）・

田中（ADEP東濃）・

工藤（東濃地科研）



目的

✦ 活断層の準静的モデル

- 測地データ及びテクトニクスに基づいて、活断層の固着領域や深部形状、すべり (欠損) 等、準静的パラメータの推定

✦ 歪蓄積過程のモデル研究

- 構造モデル、準静的断層モデルを活用してた歪蓄積過程のシミュレーションにより、時間予測を含む断層モデルの構築
- 歪・傾斜等の地殻変動データから非地震性すべりの検出とモデルの検証

活断層の準静的モデル

◆ 平成14年度成果

- 中央構造線, 山崎断層, 紀伊半島などの既存のGPS観測による地殻水平速度場から, 各断層における固着および深部すべりの推定 (田部井, 橋本, 大谷)
- Green関数スペクトル分解を用いたインバージョン手法の開発 (加藤)

◆ 平成15年度計画

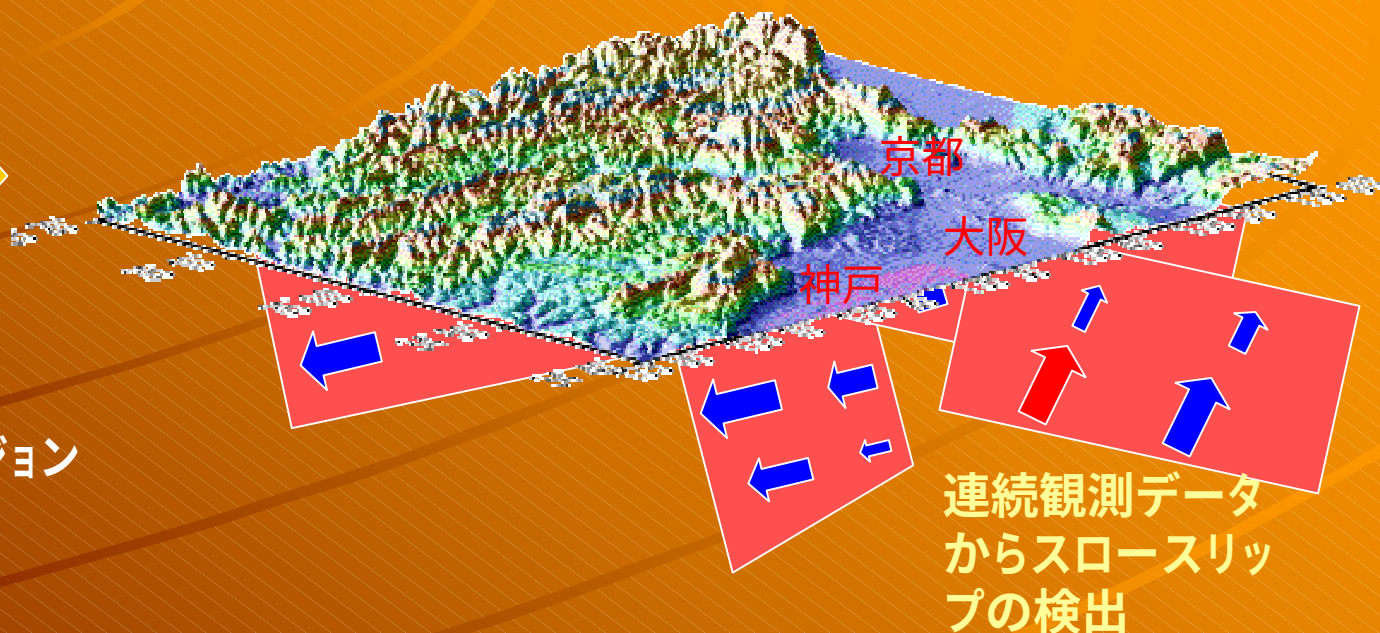
- 上下速度成分の高精度化とインバージョン
- 花折断層等京阪神地域の地殻水平速度場のまとめと活断層とブロックの運動の推定
- Green関数スペクトル分解を用いたインバージョン手法の高度化

(1)活断層の準静的モデル

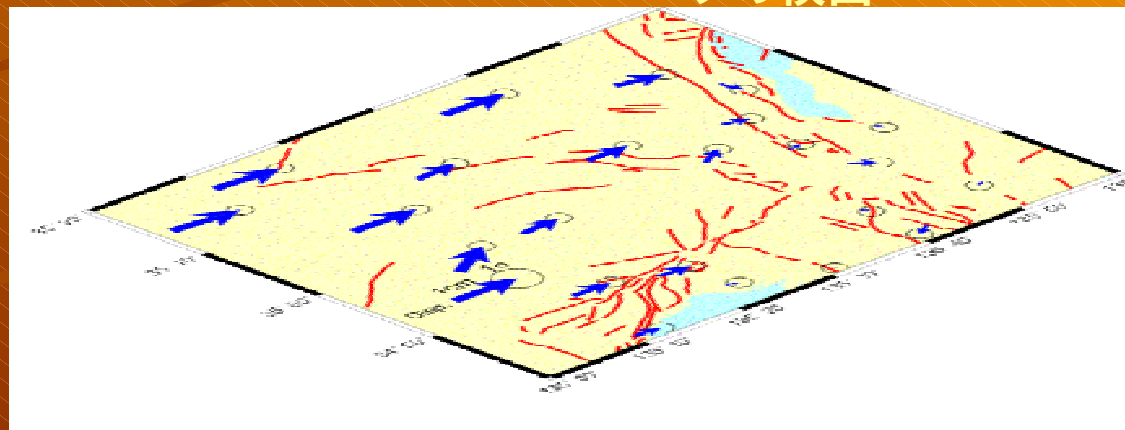
地殻構造モデルや変位場に基づき
静的断層パラメータを推定



インバージョン



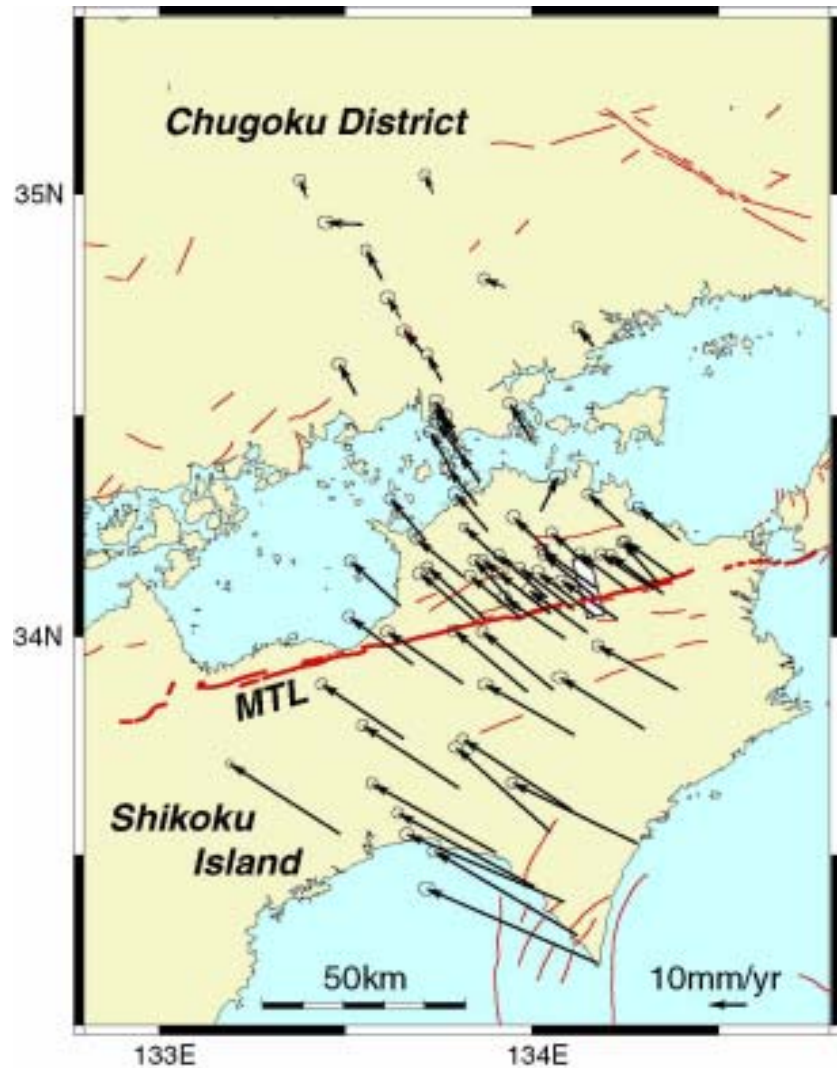
連続観測データ
からスロースリップ
の検出



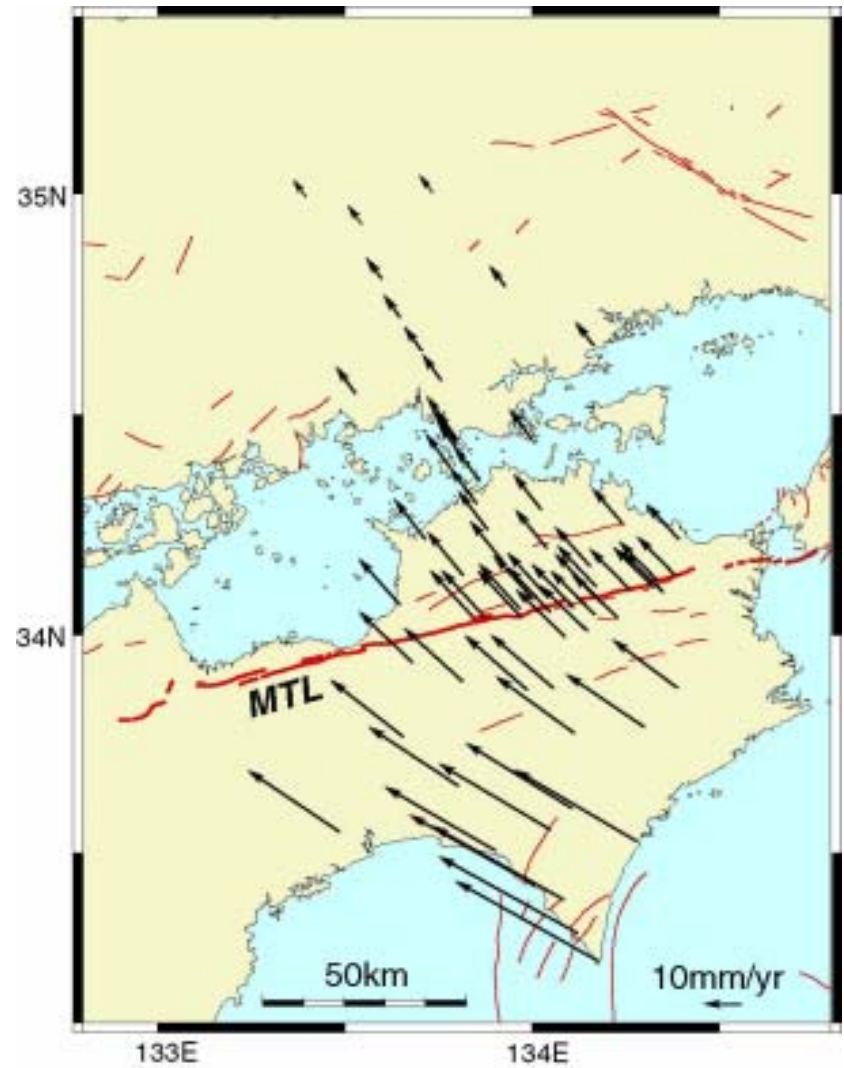
GPS等による地殻変位場のデータ

平成14年度
GPSデータベースの整理
平成15, 16年度
静的断層パラメータ推定
スロースリップの検出

四国東部中央構造線GPSトラバースによる変位速度

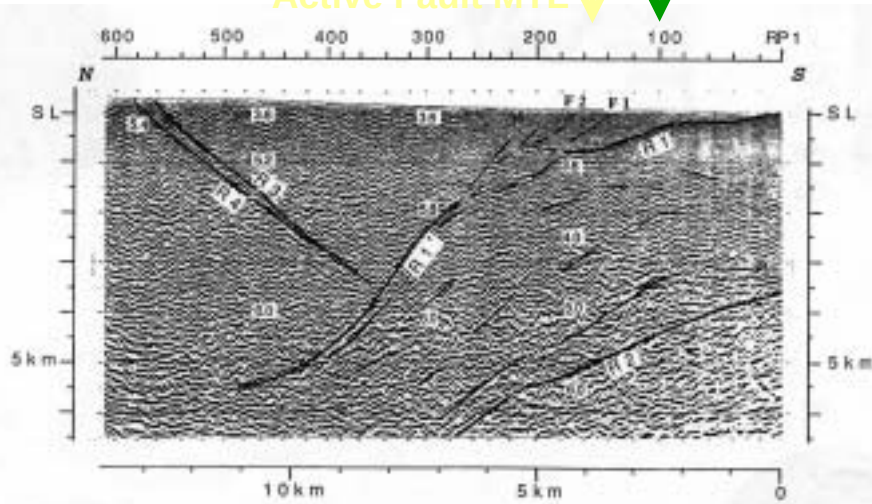


観測値

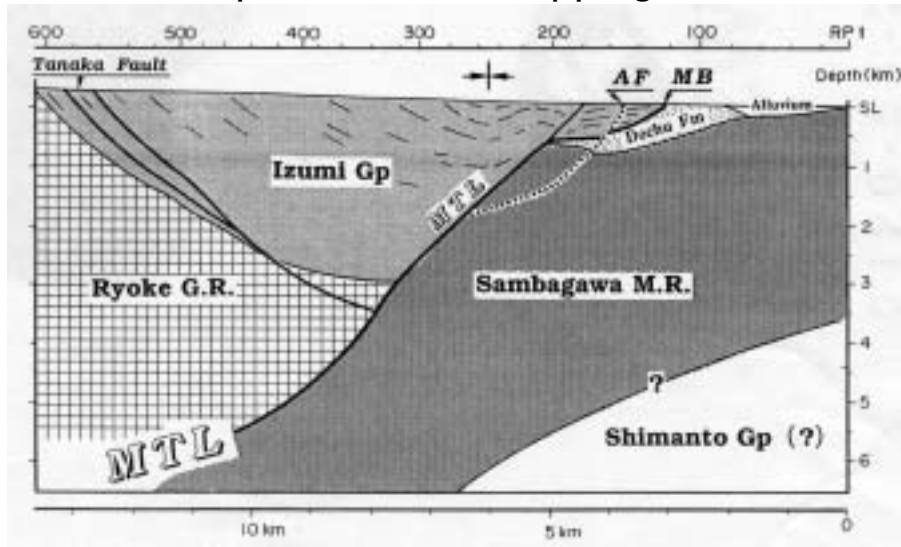


計算値

Material Boundary MTL
Active Fault MTL

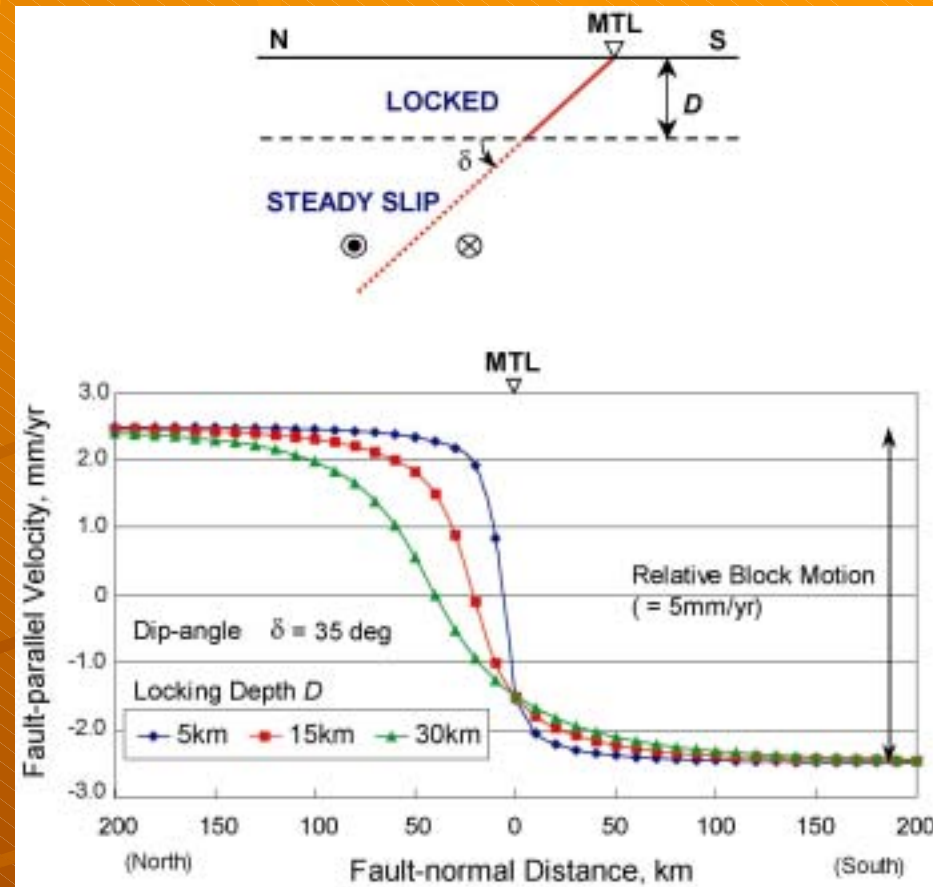


Seismic Depth Section: N-dipping Fault Plane

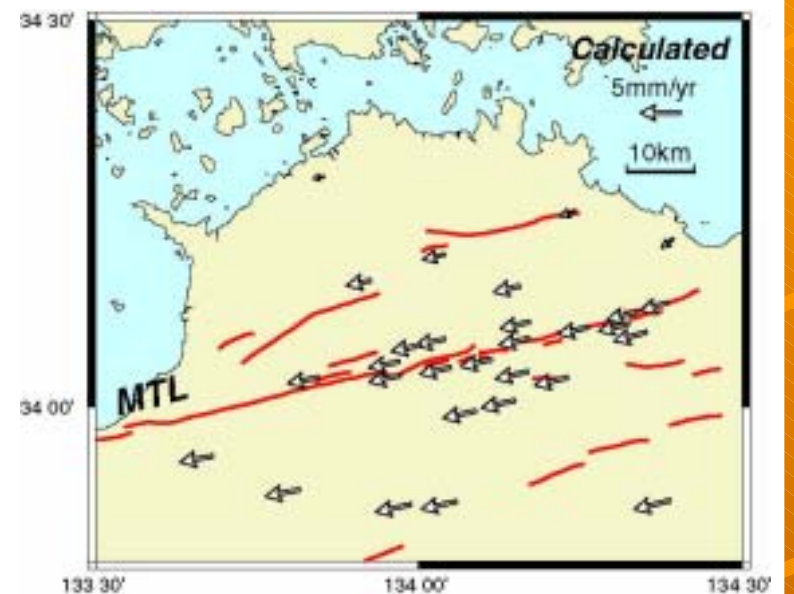
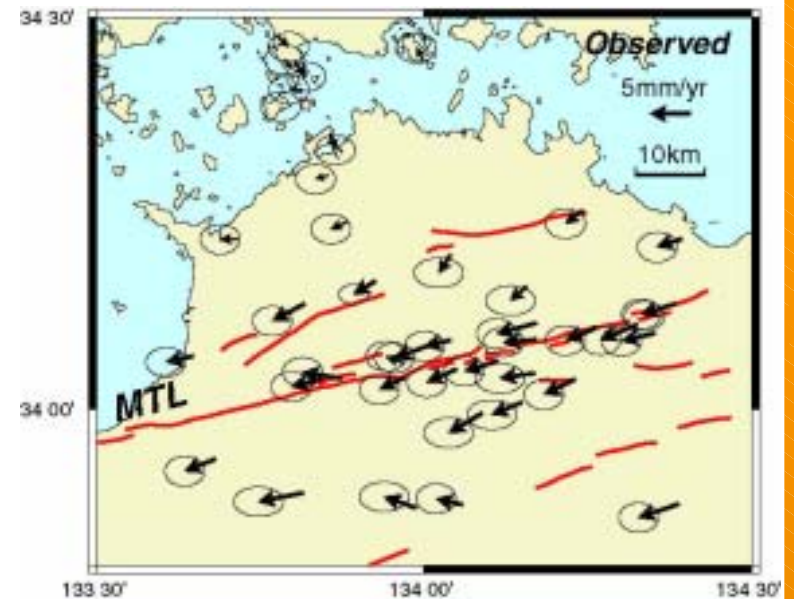
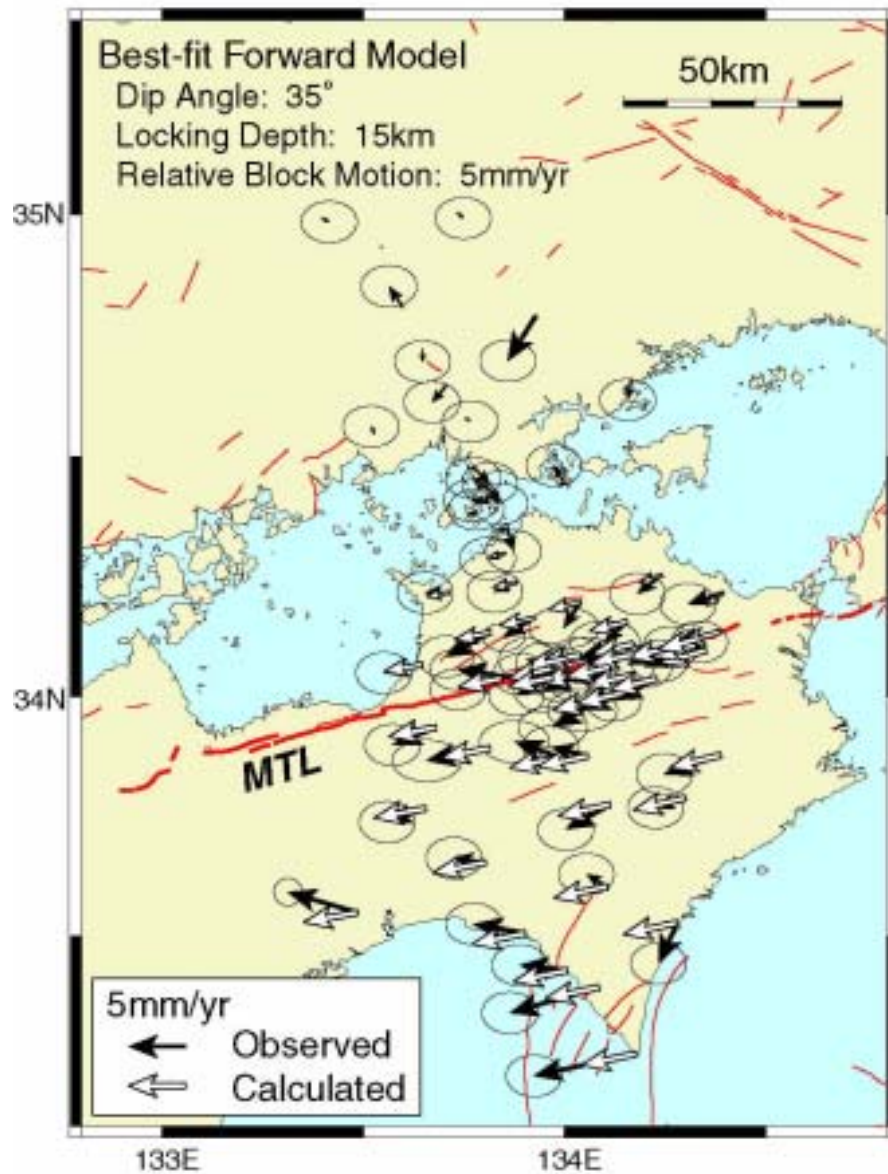


Geological Interpretation

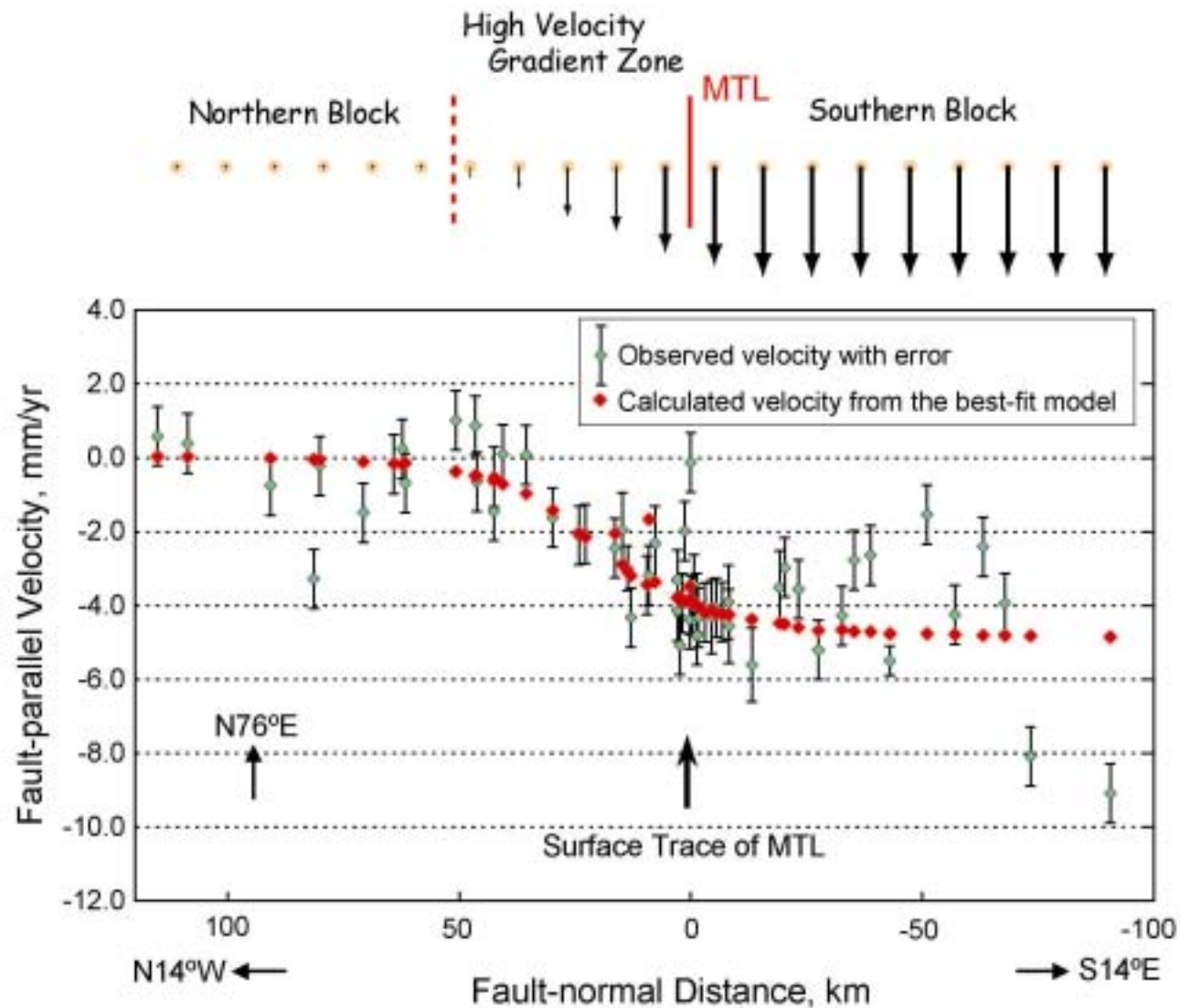
反射法地震探査 (Ito et al., 1996)



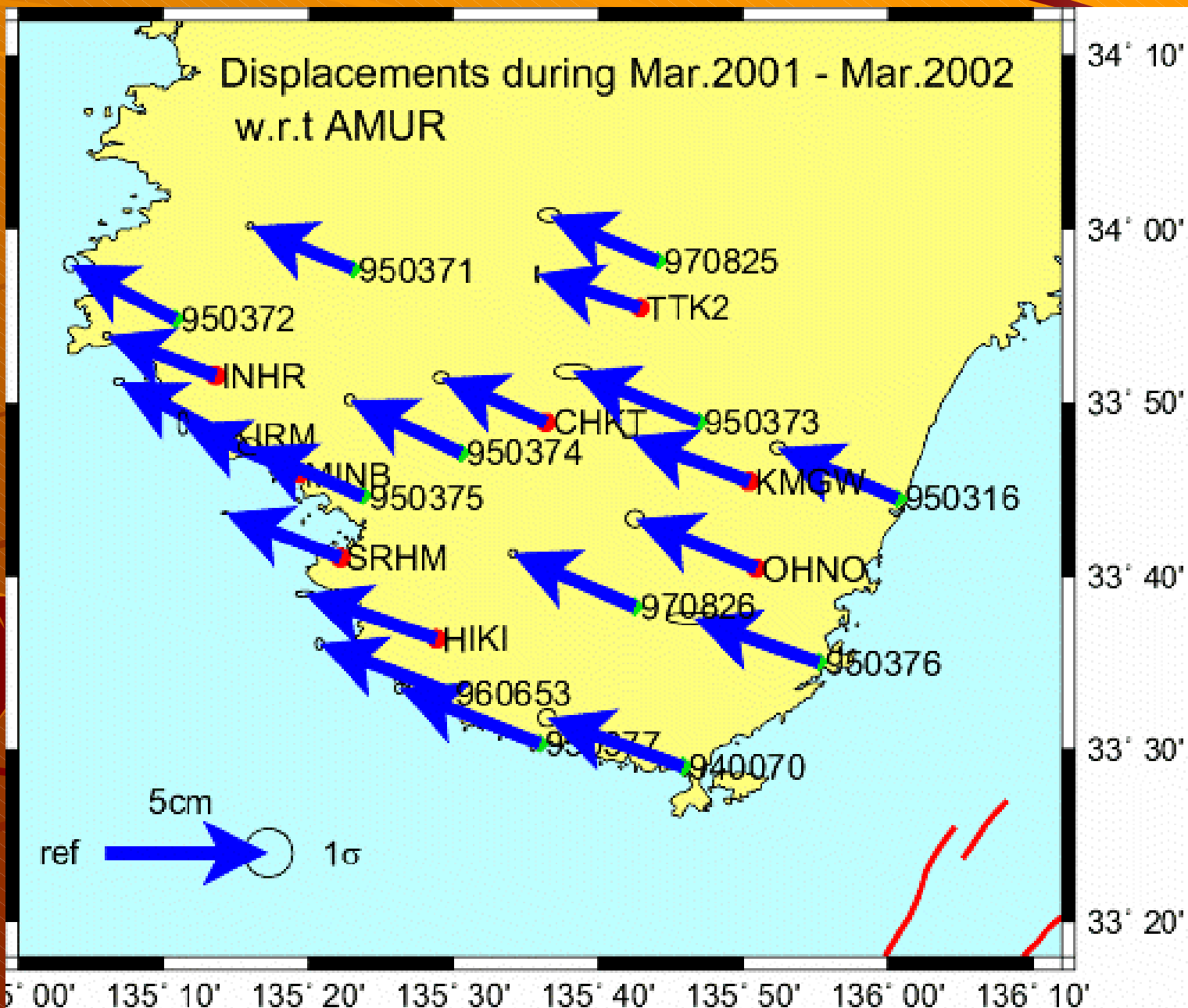
傾斜断層における深部横すべりと地表変動パターン



残差変動場を説明する北傾斜/上部固着MTLモデル

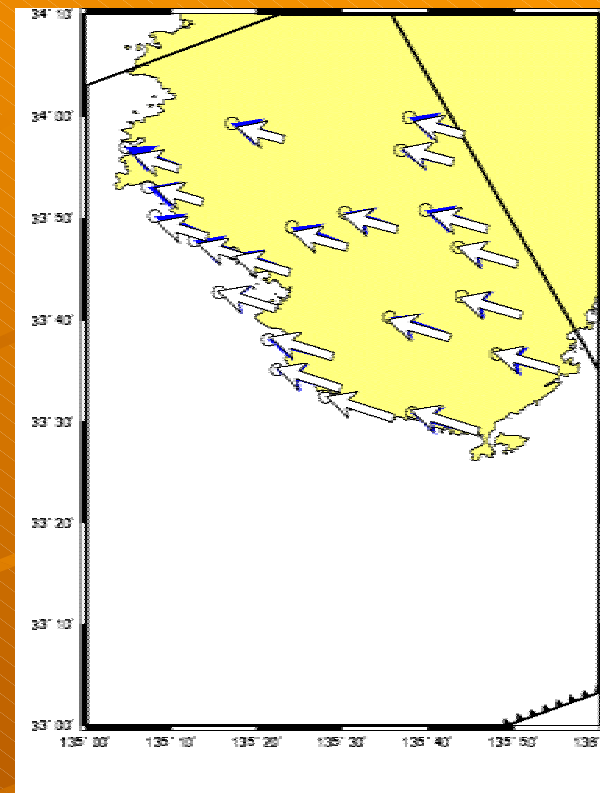
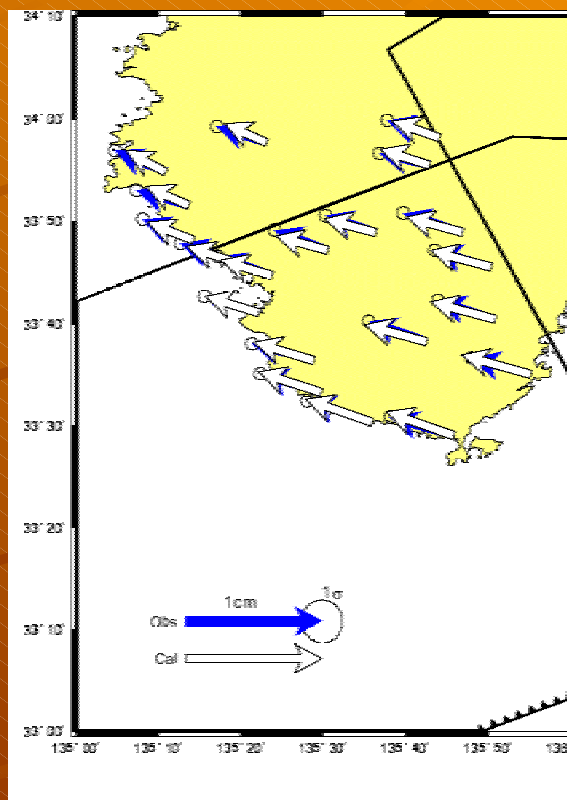
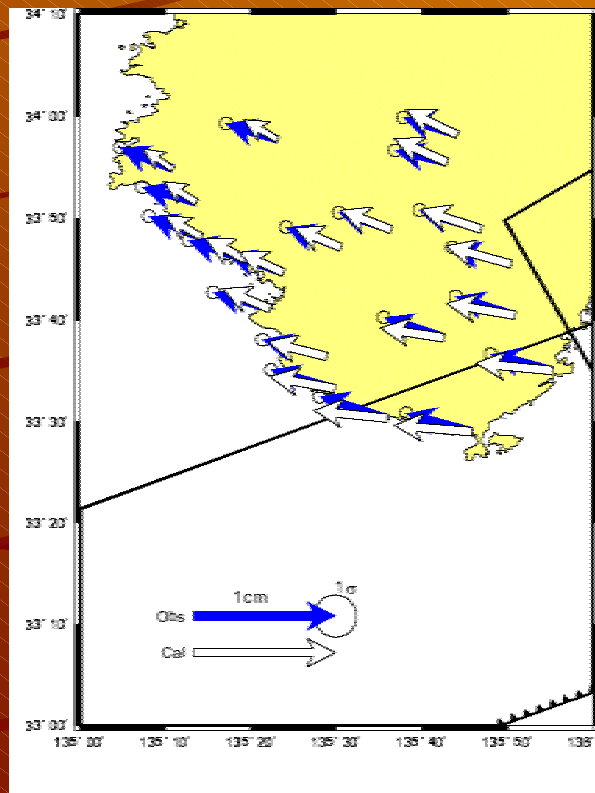


断層に直交する測線上の断層に平行な速度成分の分布
(観測値 vs. 最適モデルからの計算値)



紀伊半島ヒンジラインGPS観測による変位場

Ando(1975)の断層幅を変えて フィッティングした結果



断層の幅: 70 km

110 km

150 km

Green関数スペクトル分解を用いたインバージョン 手法による断層面上のすべり分布推定の手続き

$$u(x) = \int f g(x, y) p(y) dy$$

$$g(x, y) = \sum_{\alpha=1}^{\infty} \lambda^{\alpha} \phi^{\alpha}(x) \psi^{\alpha}(y)$$

$$h(y, x) = \sum_{\alpha=1}^k \frac{1}{\lambda^{\alpha}} \phi^{\alpha}(x) \psi^{\alpha}(y)$$

$u(x)$: 地表で観測された変位
 $p(y)$: 断層面上のすべり変位
 $g(x, y)$: グリーン関数
 $h(y, x)$: インバースオペレータ

$$u(x) = \sum_{\alpha=1}^k u^{\alpha} \phi^{\alpha}(x)$$

$$\text{Minimize } E = \sum_{A=1}^N \left(U_i^A - u(x_i) \right)^2 = \sum_{A=1}^N \left(U_i^A - \sum_{\alpha=1}^K u^{\alpha} \phi^{\alpha}(x_i) \right)^2$$

$\lambda^k / \lambda^1 > (\text{Relative accuracy})$

$$p(y) = \sum_{\alpha=1}^k \frac{u^{\alpha}}{\lambda^{\alpha}} \psi^{\alpha}(y)$$

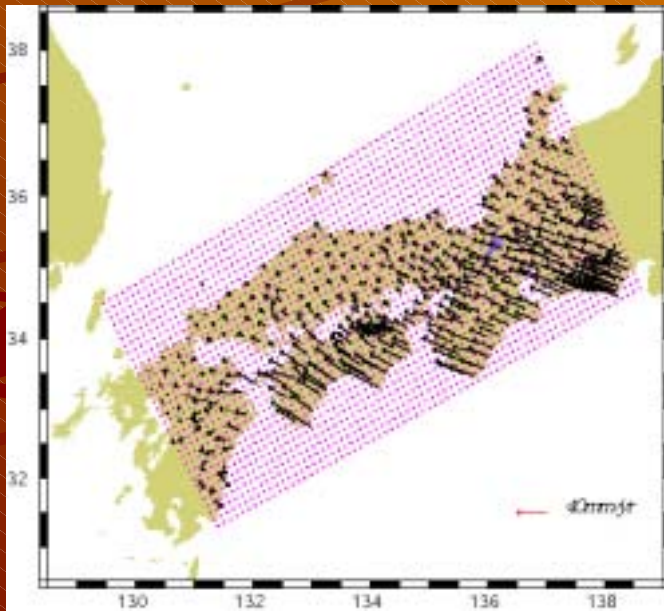
Step 0 : グリーン関数 $g(x, y)$ を
スペクトル分解し, 特異値 λ と特異
関数 ϕ, ψ を求める. (観測データ
不要)

Step 1 : 応答関数 $u(x)$ を ϕ で展開
して係数 u^{α} を求める.

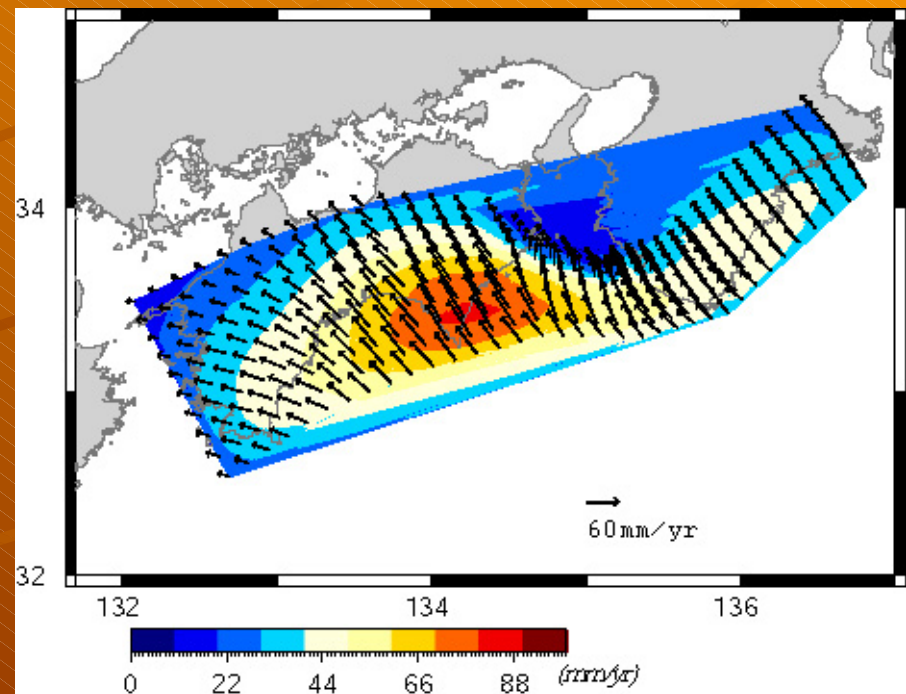
Step 2 : $u^{\alpha}, \psi, \lambda$ を用いてすべり
変位 $p(y)$ を求める.

平成14年度の研究進捗状況

- 新しい測地インバージョンの手法によるプログラム開発を行った。
- 西南日本のGEONETデータを用いた予備的な解析を行った。



用いたGEONETデータとデータ空間



推定したプレート境界上のバックスリップ

活断層の準静的モデル

✦ 平成14年度成果

- 中央構造線, 山崎断層, 紀伊半島などの既存のGPS観測による地殻水平速度場から, 各断層における固着および深部すべりの推定
- Green関数スペクトル分解を用いたインバージョン手法の開発

✦ 平成15年度計画

- 上下速度成分の高精度化とインバージョン
- 花折断層等京阪神地域の地殻水平速度場のまとめと活断層とブロックの運動の推定
- Green関数スペクトル分解を用いたインバージョン手法の高度化

歪蓄積過程のモデル研究

◆ 平成14年度成果

- プレスリップおよびサイレント・アースクエイクのモデル化 (川崎, 飯尾, 橋本)
- 西南日本三次元有限要素モデルの構築と内陸活断層における破壊の応力計算 (平原, 橋本)

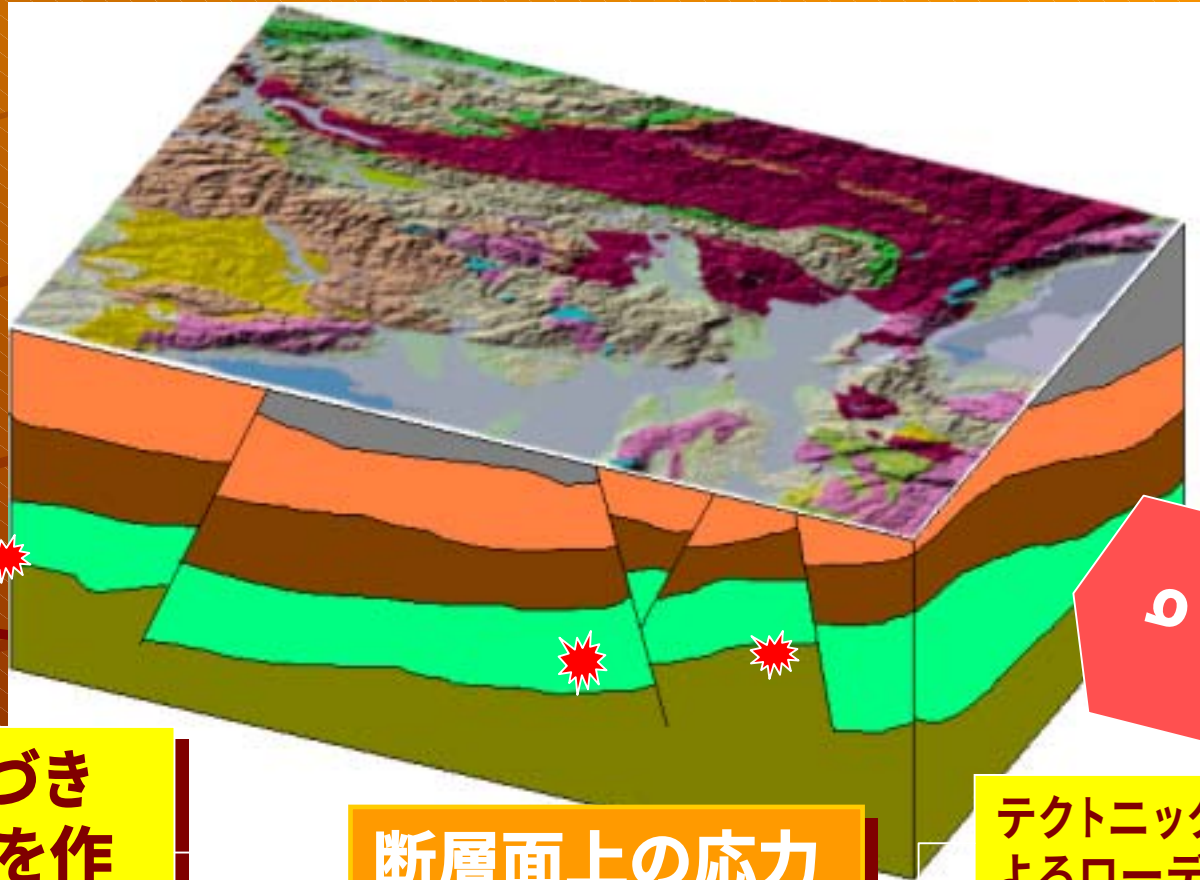
◆ 平成15年度計画

- 西南日本三次元有限要素モデルによるシミュレーション
- 日本列島下の地殻の粘弾性構造と変形についての研究 (古本, 工藤, 田中)

(2)歪蓄積過程のモデル研究

平成14年度:既存資料に基づく数値構造モデル構築

平成15,16年度:応力集中過程のモデルシミュレーション

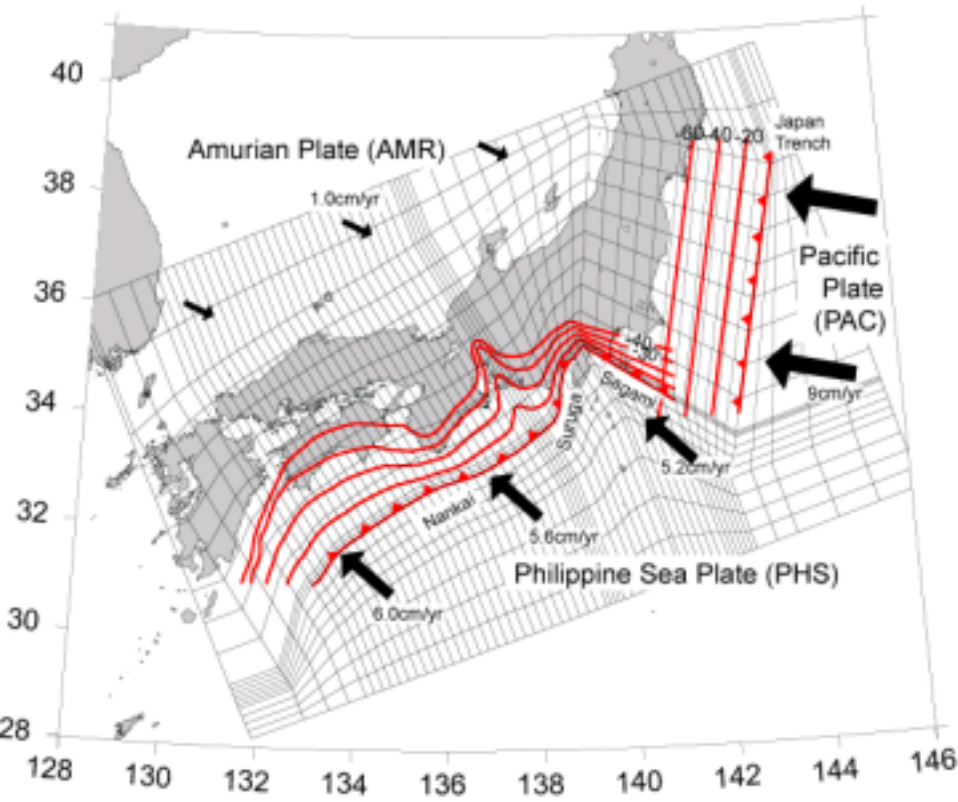


探査データに基づき
数値構造モデルを作
成

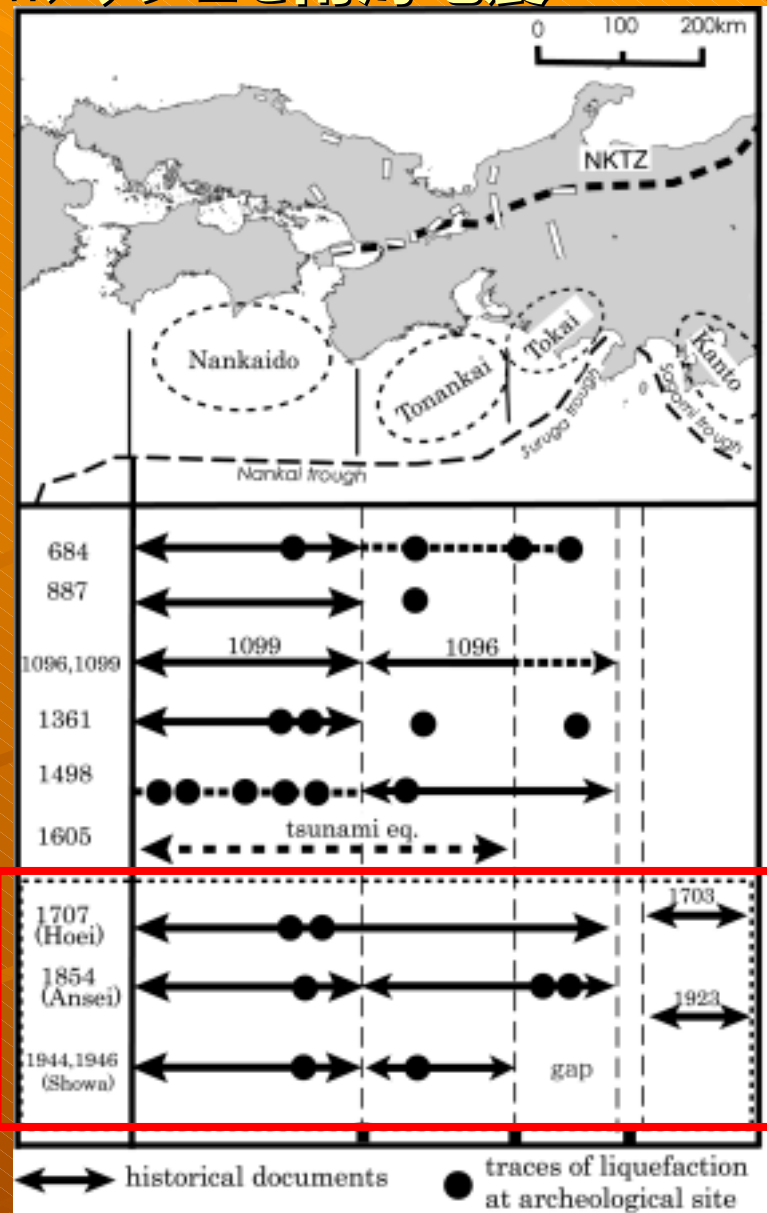
断層面上の応力
集中過程を計算

テクトニック応力に
よるローディング

(a) Horizontal view of mesh

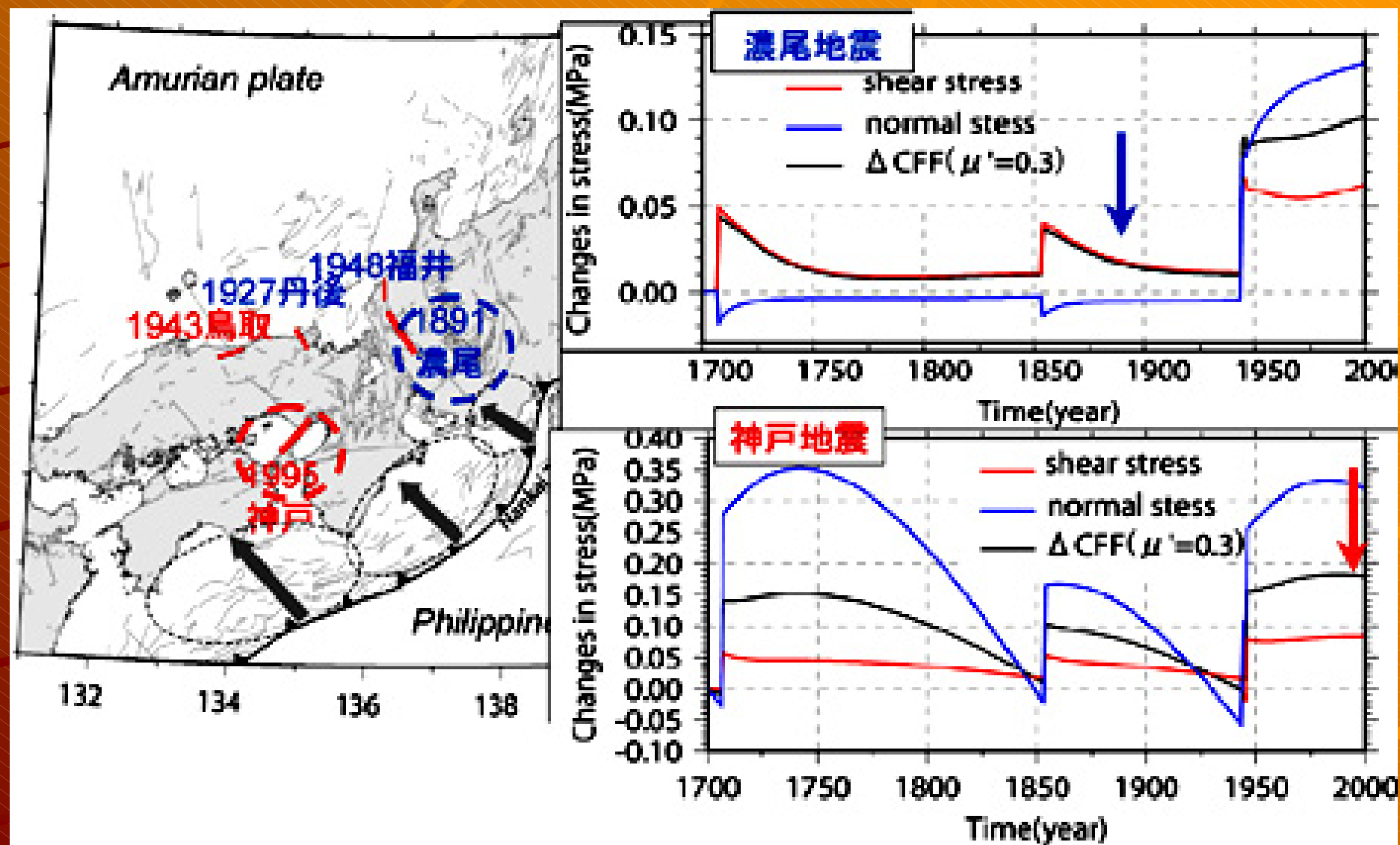


FEMメッシュと南海地震



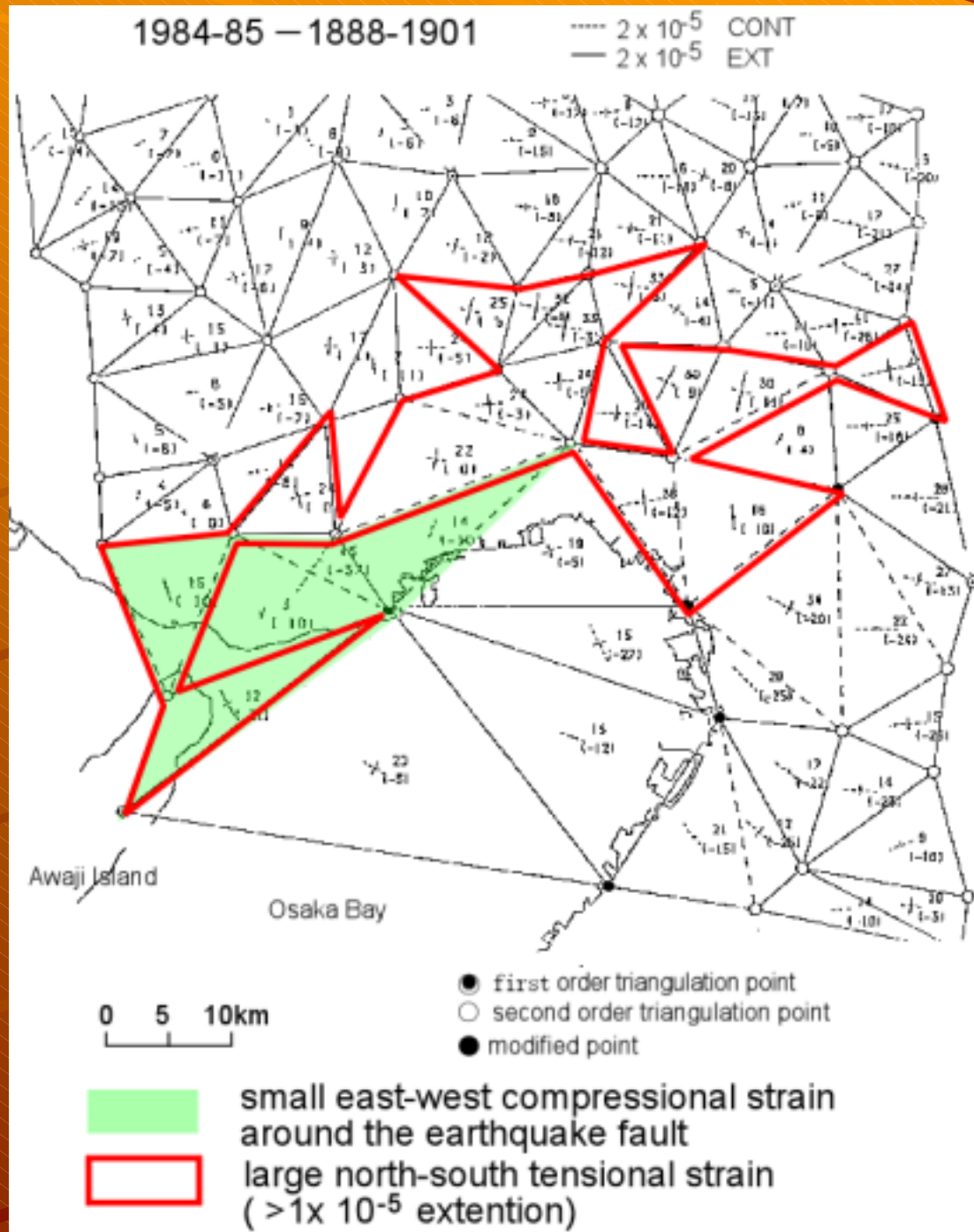
No.	Rigidity [10^{10} Pa]	Poisson's ratio	Viscosity [10^{19} Pa·s]	Relaxation time [yr]	
(1) Crust	4.80	0.258	∞	∞	弾性体
(2) PH	4.80	0.258	∞	∞	弾性体
(3) U.Mantle	6.39	0.283	1.0	4.96	Maxwell 粘弾性体

300年間の南海トラフ巨大地震発生サイクルによる 活断層での破壊応力変化



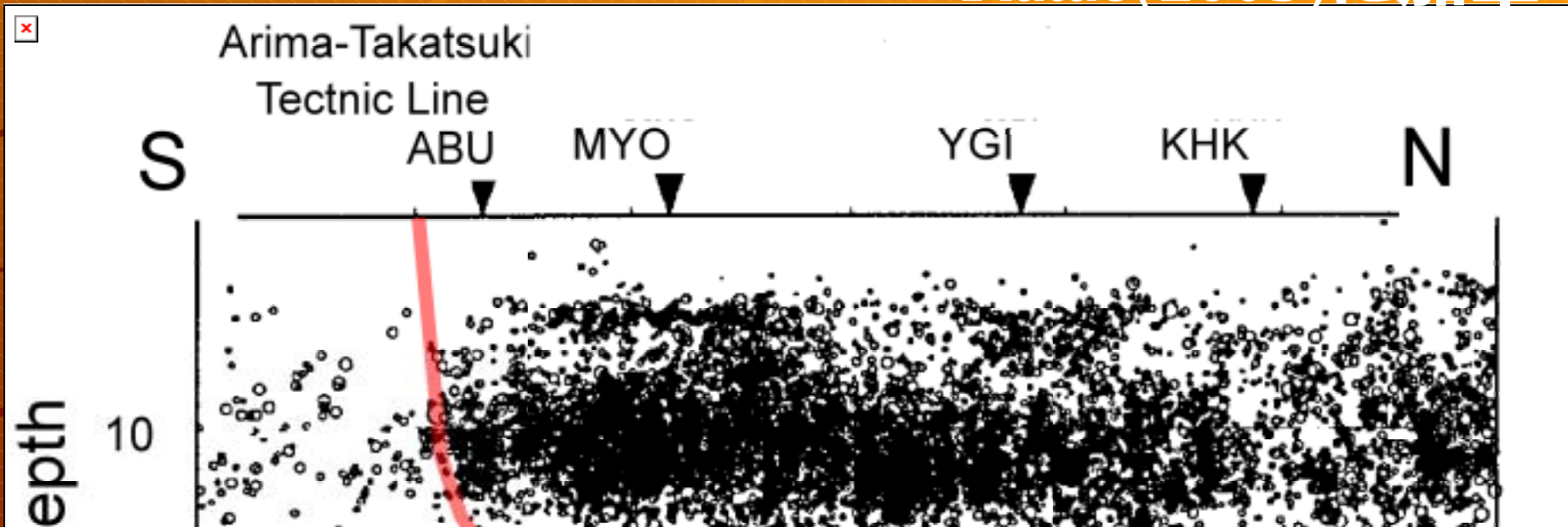
兵庫県南部地震前、
約百年間の地殻水
平歪 (国土地理院の
図に加筆)。

有馬高槻六甲断層
系の南付近に南北
の伸びの大きな領
域が見られる。

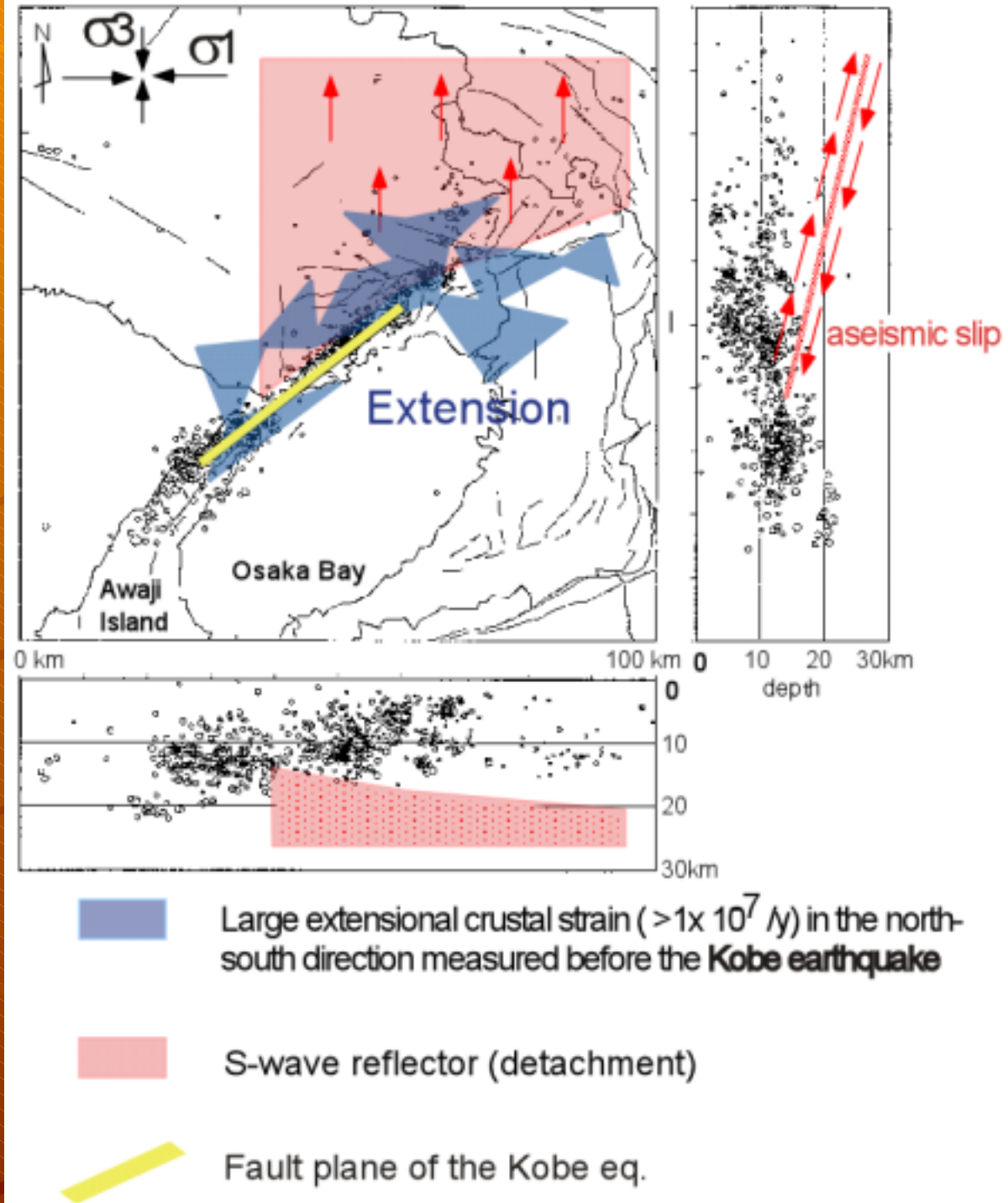


有馬高槻構造線の北側に存在が推定されるdetachment

Katao(2003)に加筆



モデル化

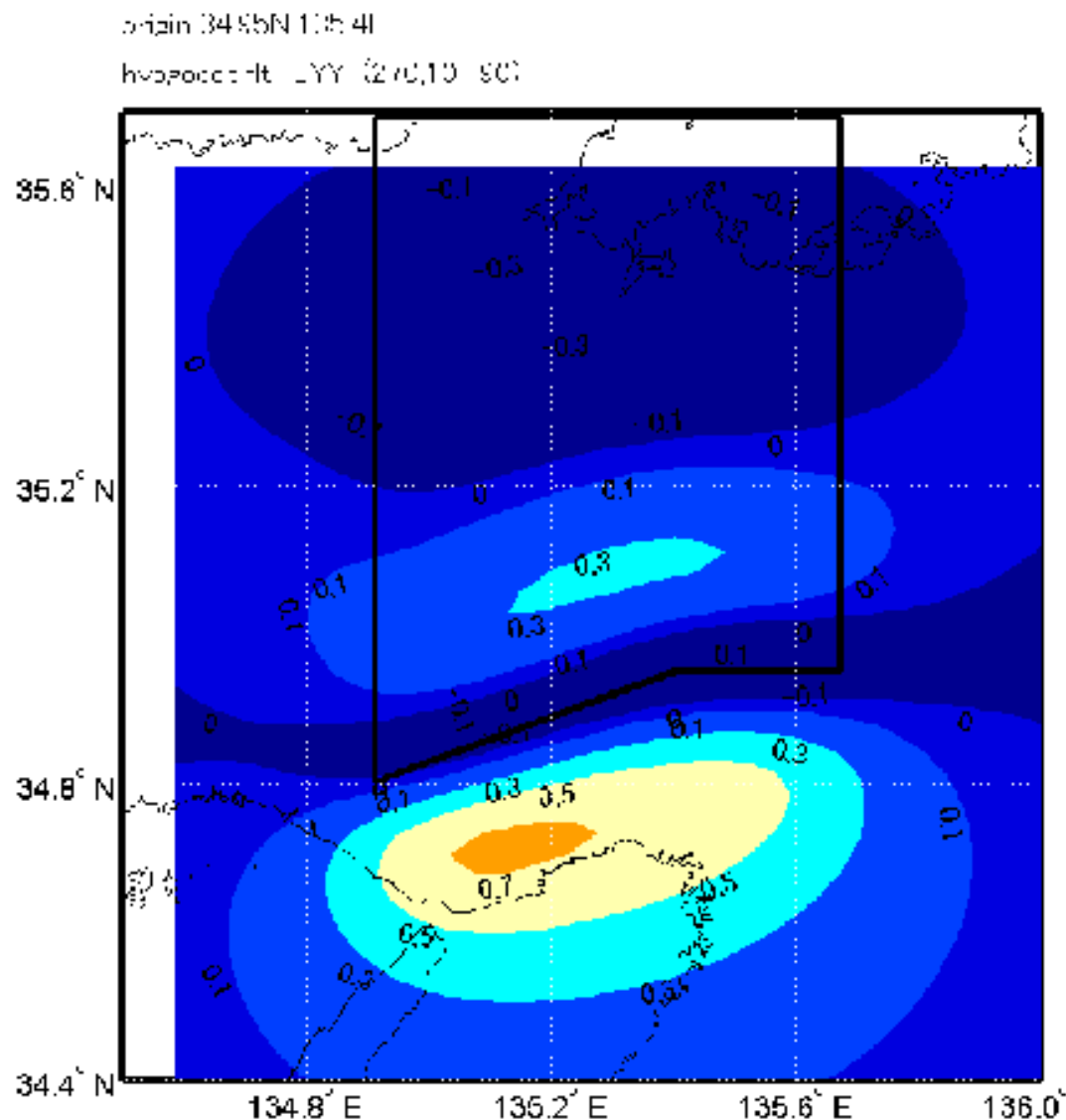


Detachment上に一様に
1mのすべりを与えた場合
の南北方向の歪場 ($\times 10^{-5}$)

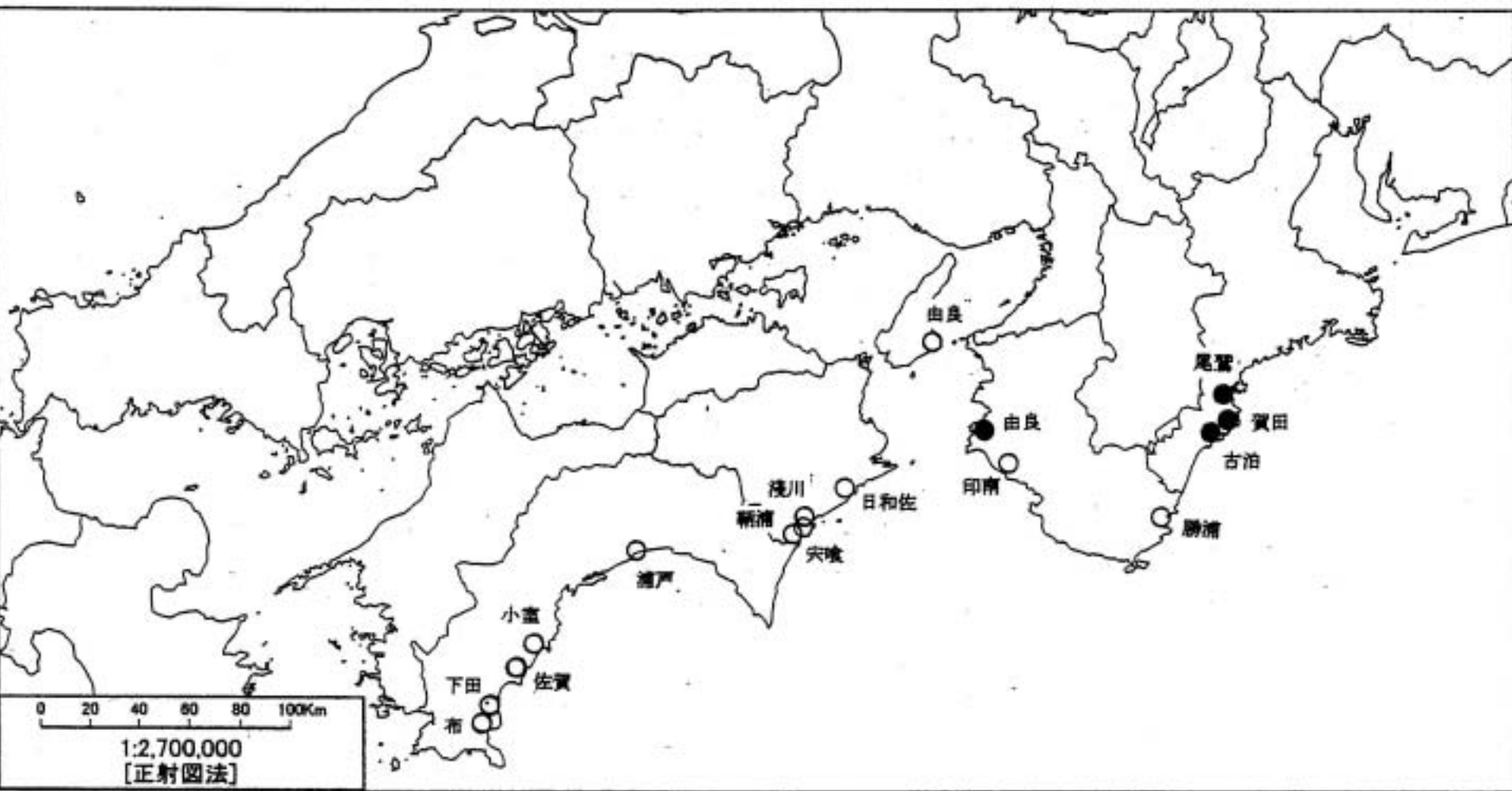
南北方向の伸張歪のオー
ダーは一致. ファクターをあ
わせるためには, 約100年
間で3m程度のすべりを与
える必要

課題

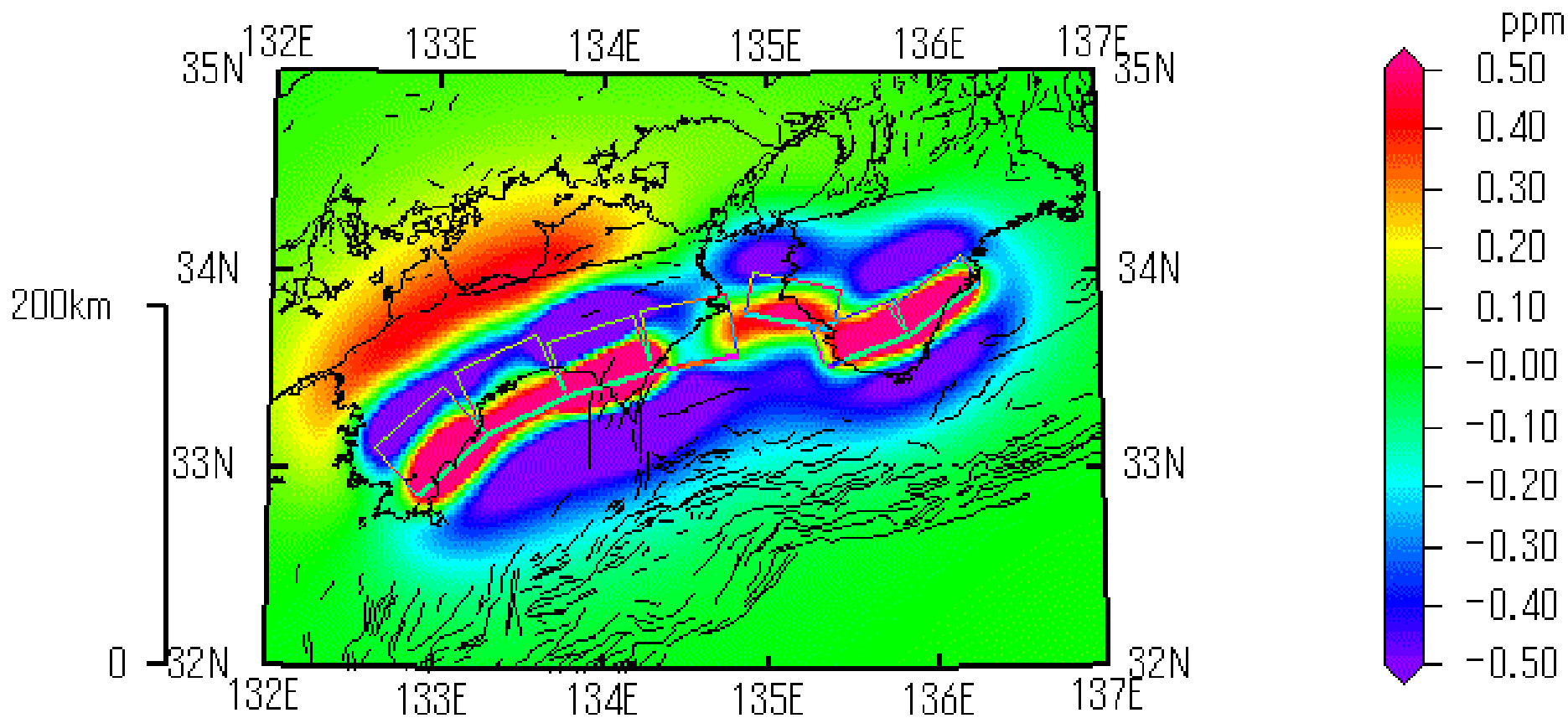
- ・100年間で3mのすべり？
- ・他の解釈の可能性？



水位变化観測地点

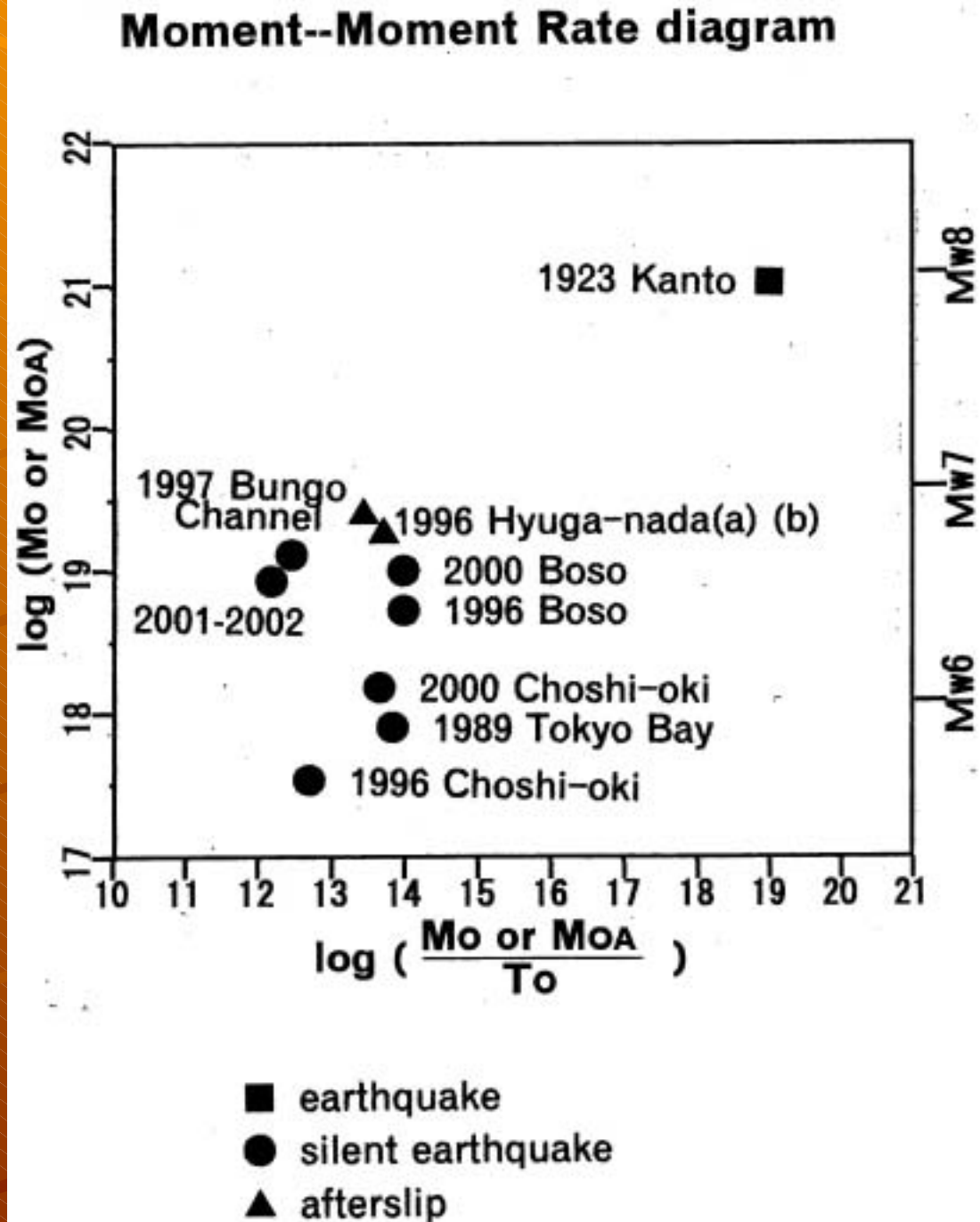


地下水異常の分布を 説明できそうなモデル



サイレント地震の スケーリング

- ★ 発見されたサイレント地震と、1923年関東大地震のプロット
- ★ 縦軸がモーメント、横軸がモーメント速度、モーメント速度は、モーメントを事件の時定数で割ったもの
- ★ 通常の巨大地震とサイレント地震との間には、モーメントにして2桁、モーメント速度にして5桁のギャップがある。



歪蓄積過程のモデル研究

◆ 平成14年度成果

- プレスリップおよびサイレント・アースクエイクのモデル化
- 西南日本三次元有限要素モデルの構築と内陸活断層における破壊の応力計算

◆ 平成15年度計画

- 西南日本三次元有限要素モデルによるシミュレーション
- 日本列島下の地殻の粘弾性構造と変形についての研究