

(1) b プレート構造・変形過程と地震発生過程の解明

b 1. 構造探査とモデリングに基づくプレート構造・変形過程と地震発生過程の解明

(東京大学地震研究所)

首都圏の伏在活断層を地下構造探査によって明らかにし、地殻上部の震源断層モデルを作成する。現実的なレオロジーモデルに基づく粘弾性数値モデルを作成し、2011年東北地方太平洋沖地震後に、震源断層に作用する応力を求め、地震発生予測の高度化をはかる。

プレート構造・変形過程と地震発生過程の解明

都心部の
伏在活断層調査



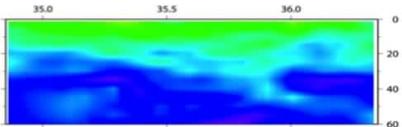
震源断層モデル

統合地殻活動モデルの構築

レオロジーモデル

関東下の構成岩石モデルの構築
(横浜国立大学)

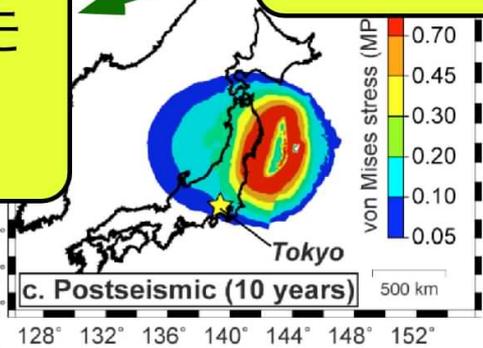
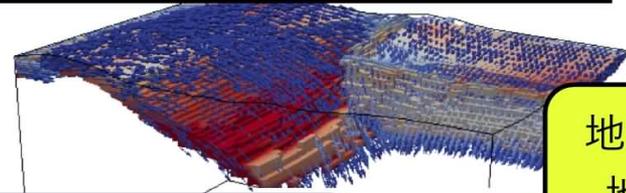
地震波トモグラフィ



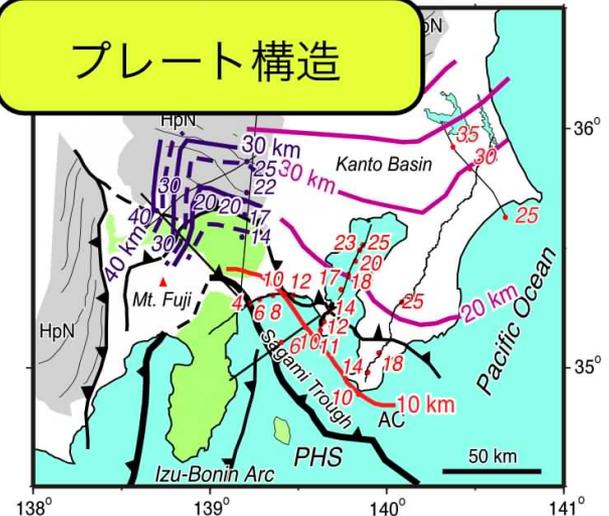
高温・高圧下での弾性波速度の測定

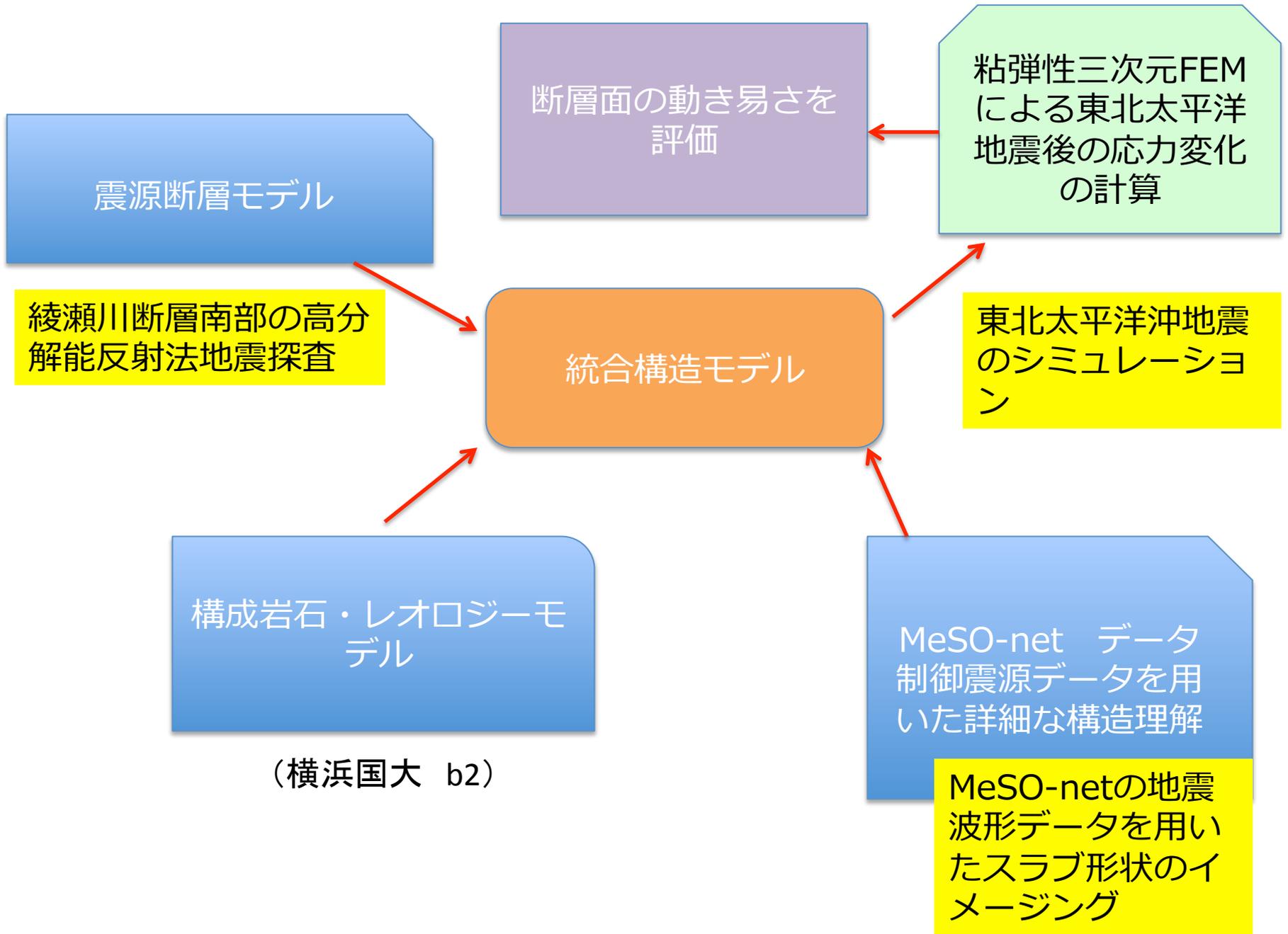


地殻変動・
地震活動



プレート構造

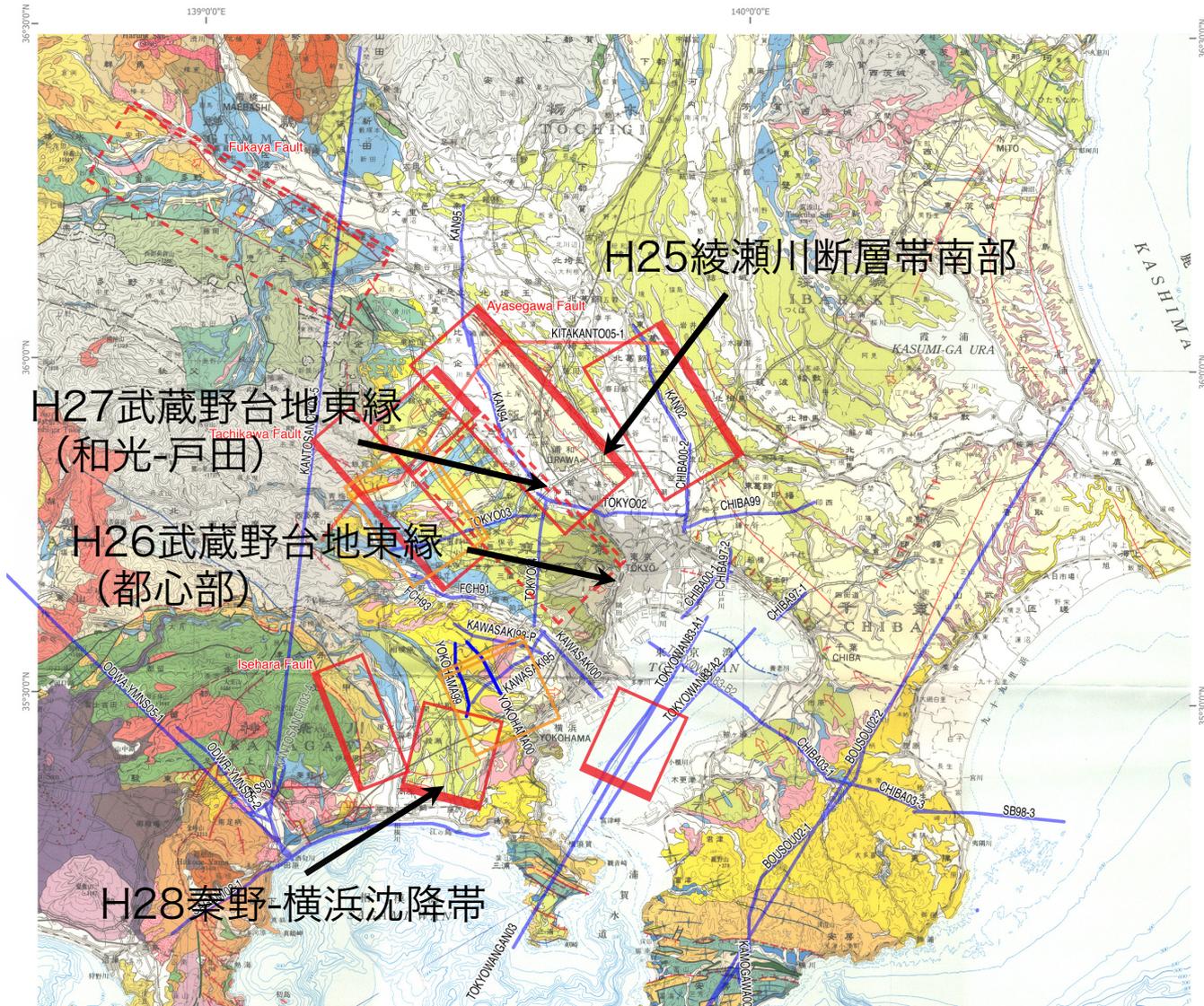




H26の研究概要

- ・首都圏の断層モデルの高度化のため、武蔵野台地北東縁で反射法地震探査などの変動地形・地球物理学的な調査を実施。
- ・地殻・プレート構造を反映させたより高度な粘弾性有限要素モデルを構築し、地殻変動データとの比較によりモデルの高度化を図る。首都圏下の既存の弱面に作用するクーロン応力の粘弾性的変化を求める。

震源断層モデルの構築



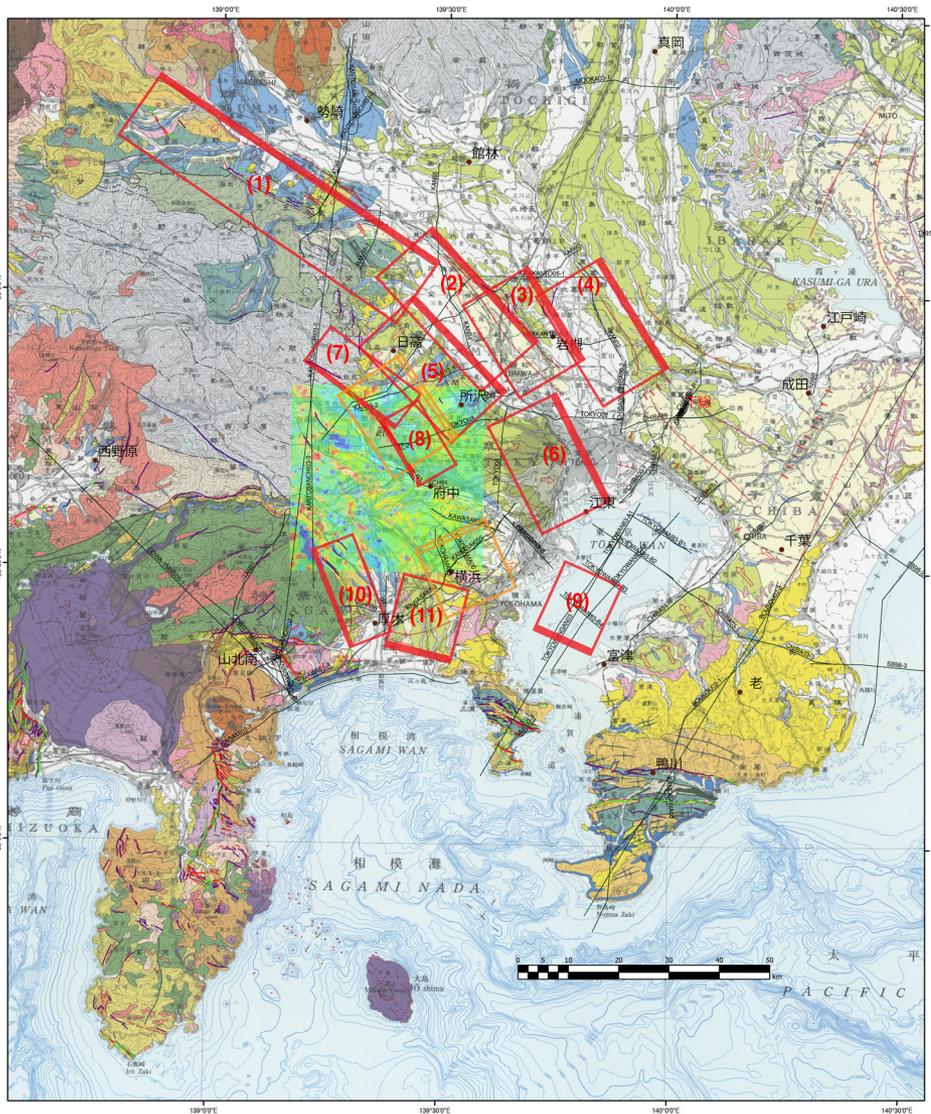
浅層反射・変動地形調査と既存測線の再解析を実施し、形状と活動性を解明

H25 綾瀬川断層南部
- 推進本部は南部は活断層ではないと評価したが、活断層の可能性大

H26 武蔵野台地東縁 (和光-戸田)
- 活断層が伏在している可能性

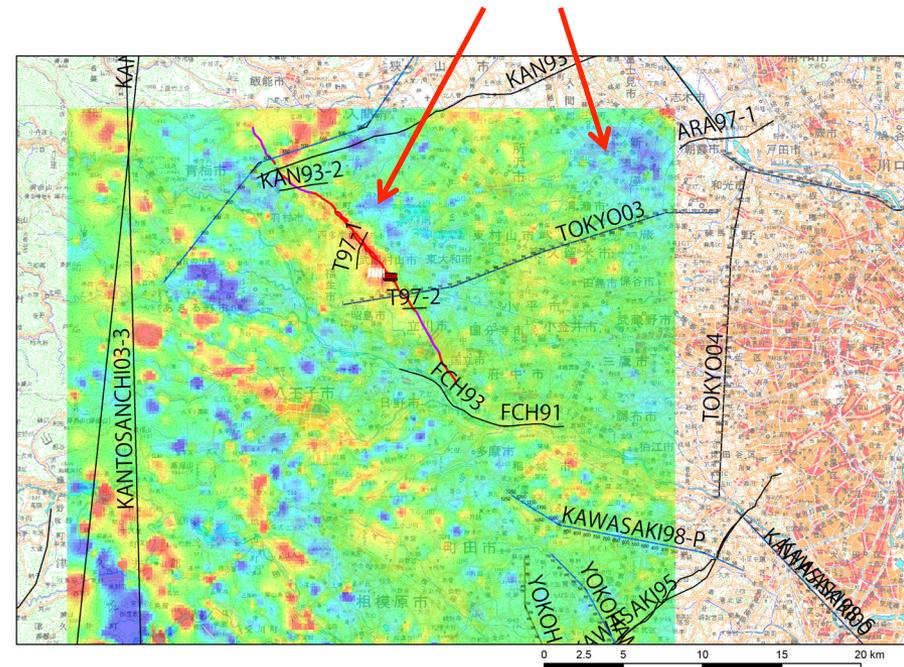
H27 武蔵野台地東縁 (都心部)
- 活断層が伏在している可能性

H28 秦野-横浜沈降帯
- 段丘面の褶曲変形のみ、活断層が伏在している可能性大



断層モデル (平成26年度版) の作成

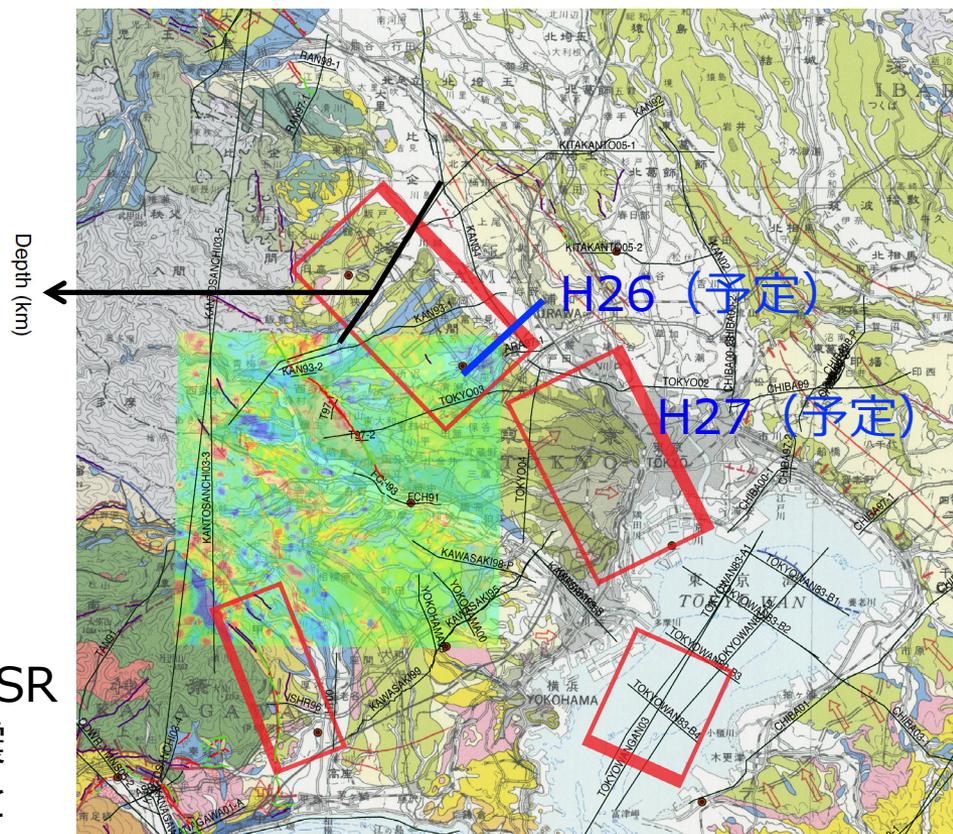
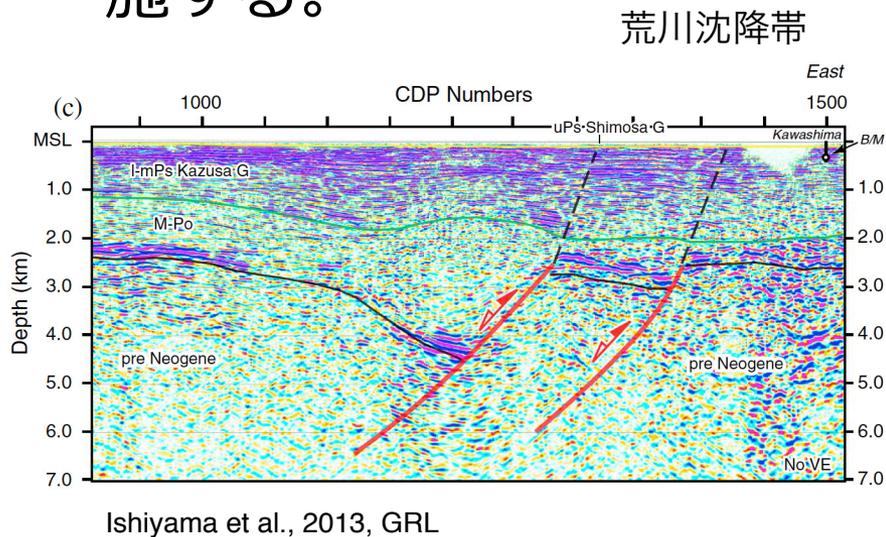
ブーゲー重力異常の一次微分 (短波長成分) による低密度層 (半地溝充填堆積物) の検出 首都圏広域で実施



断層モデル (矩形、下端深度15km、上端深度・形状は深部構造探査の結果による) に基づいてモデリングを実施

H26年度の計画（1）武蔵野台地北東縁部の反射法地震探査

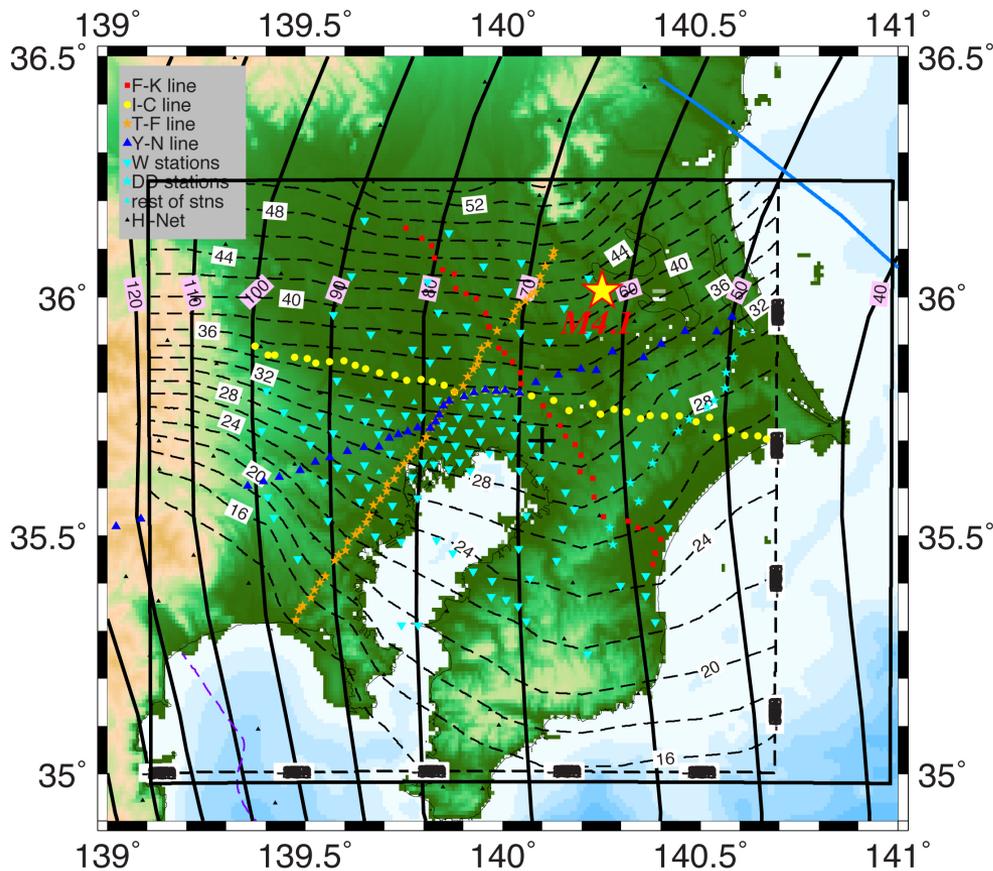
首都圏の断層モデルの高度化のため、武蔵野台地北東縁で反射法地震探査などの変動地形・地球物理学的な調査を実施する。



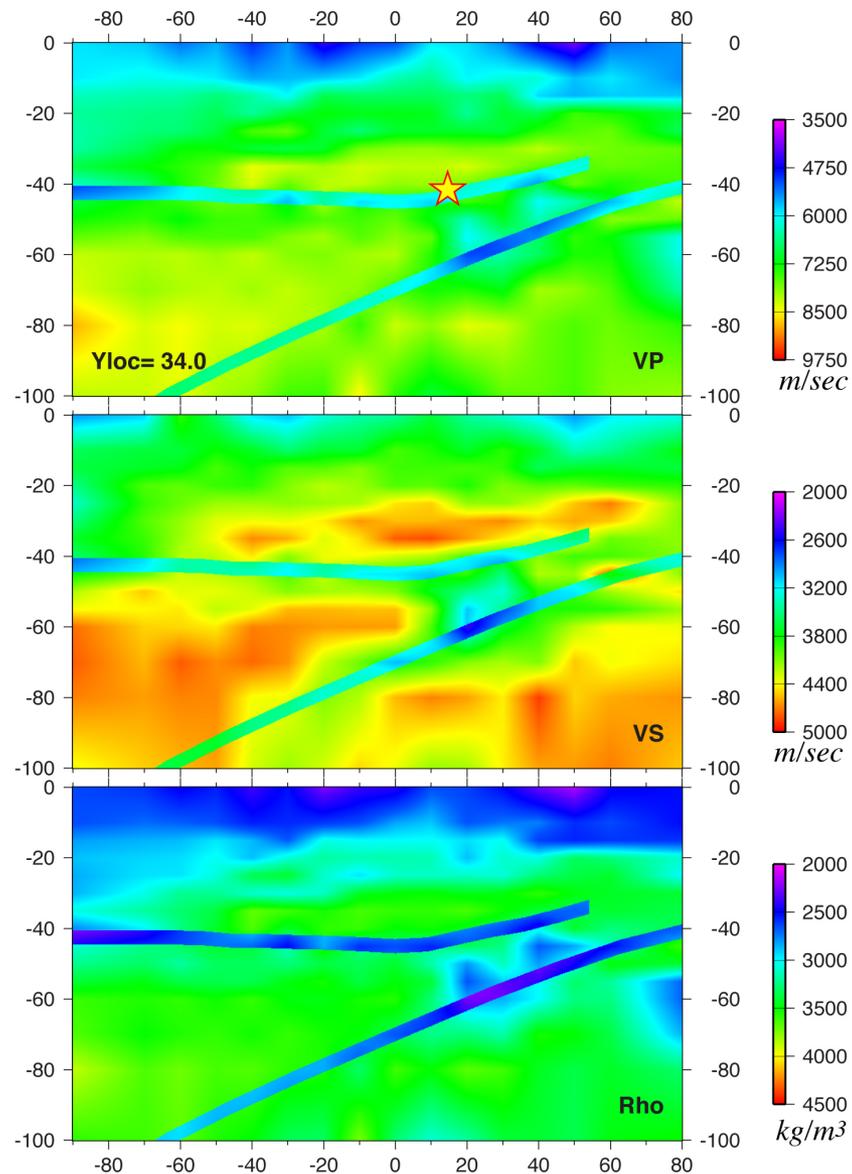
武蔵野台地北東縁の伏在断層について、負の重力異常を参考に測線を設定し、GSRおよび中型バイプロを用いた反射法地震探査を実施し、不明である断層の分布を明らかにする

MeSO-net 観測波形データと三次元地震波伝播モデル による関東のプレート構造解析

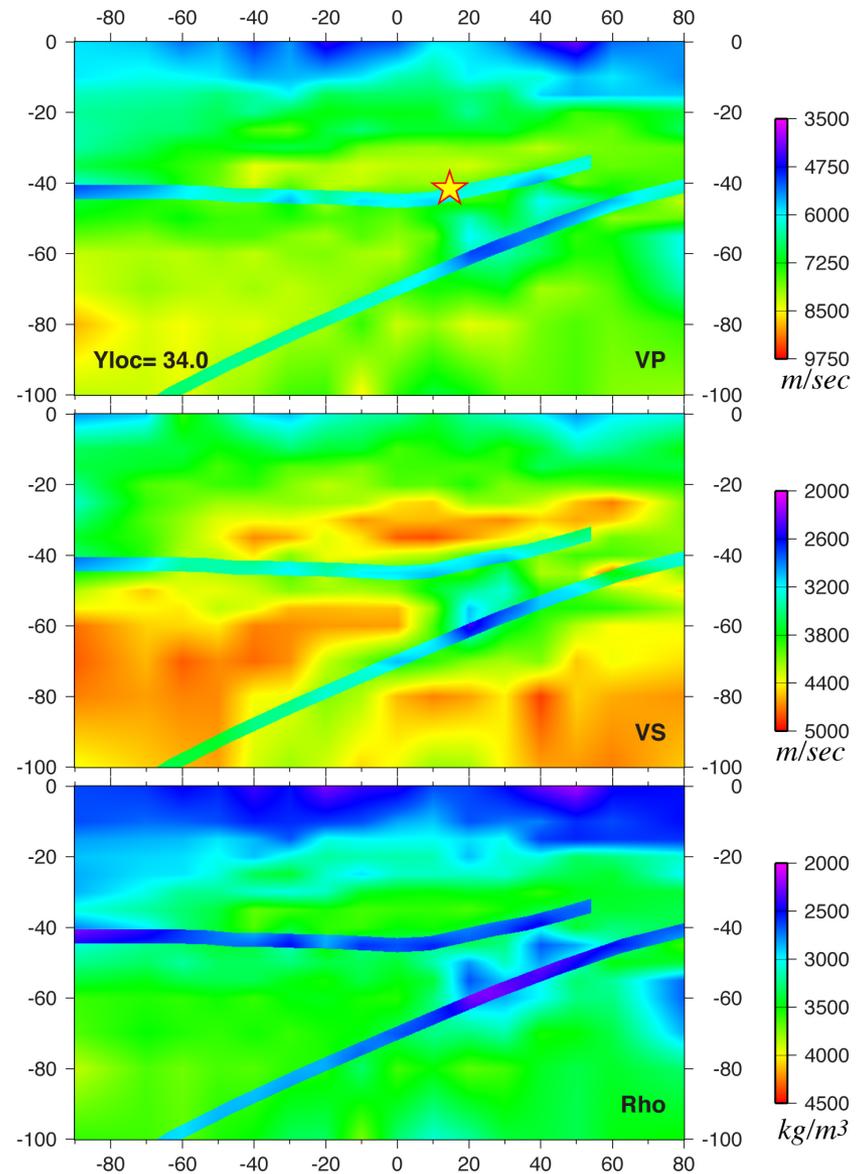
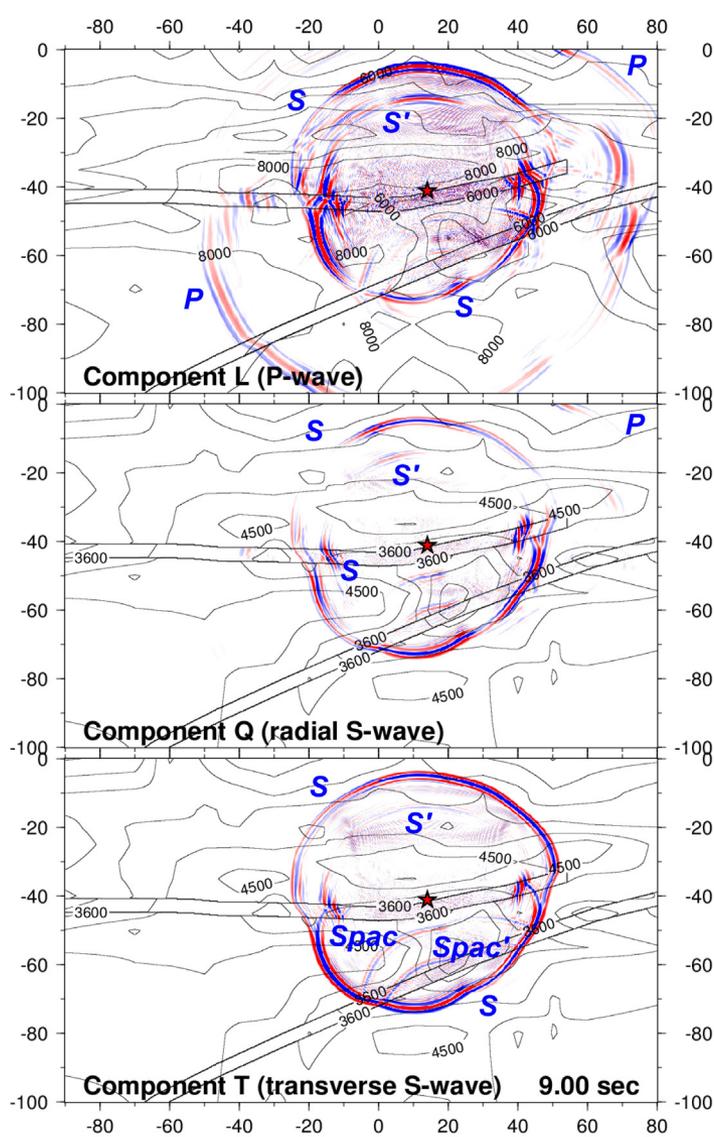
Create 3D elastic velocity volume using ERI tomography and top-of-PHS geometry, plus Hirose PAC slab geometry.



M4.1, depth 41.1 km 2010.10.19 22:24

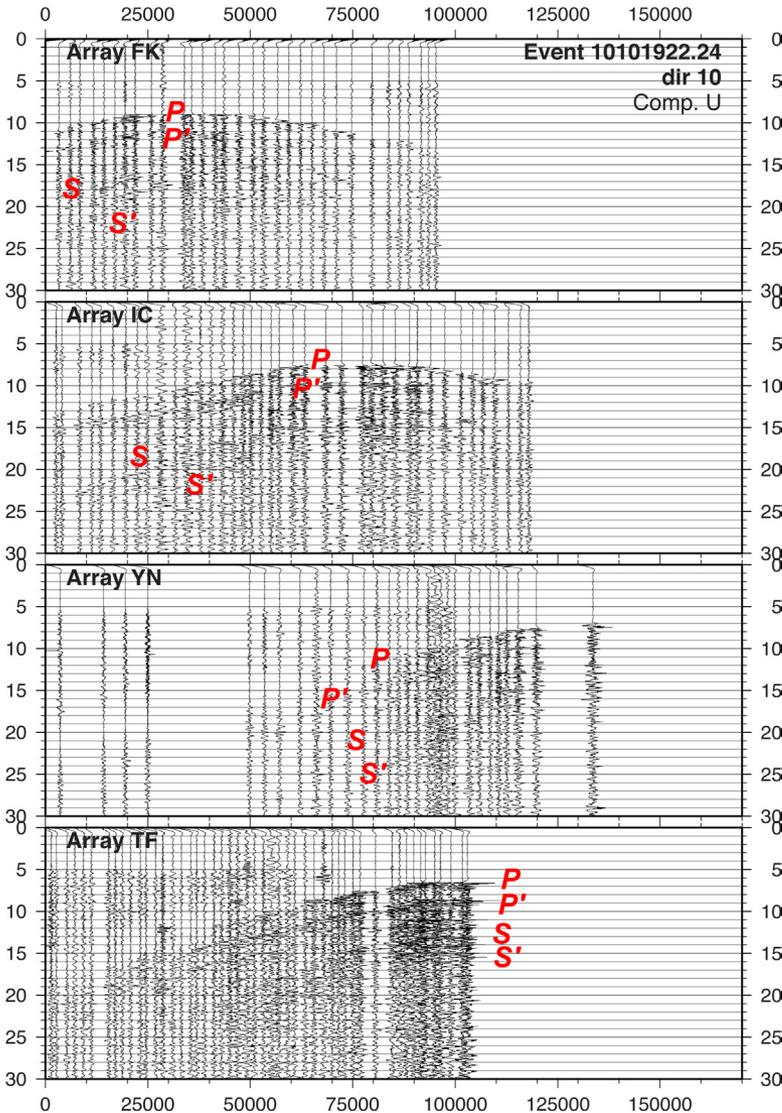


Synthetic Waveform Modeling of MeSO-net Local Earthquakes

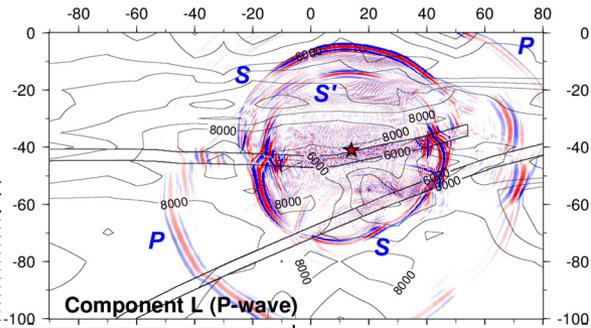
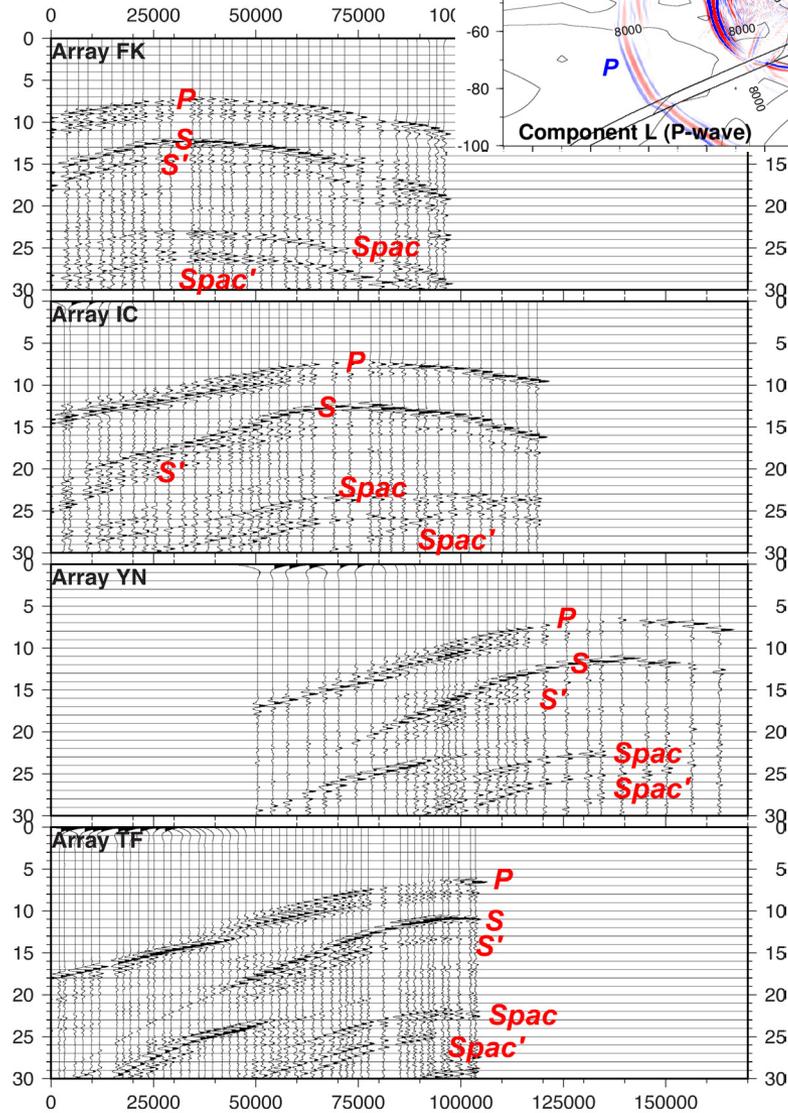


Real Data versus Synthetic Seismograms

M4.1, depth 41.1 km, 2010.10.19 22:24

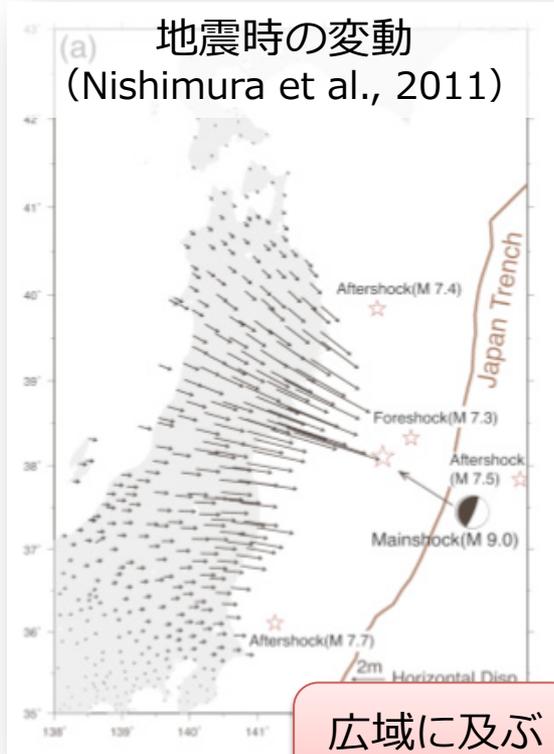


Synthetics

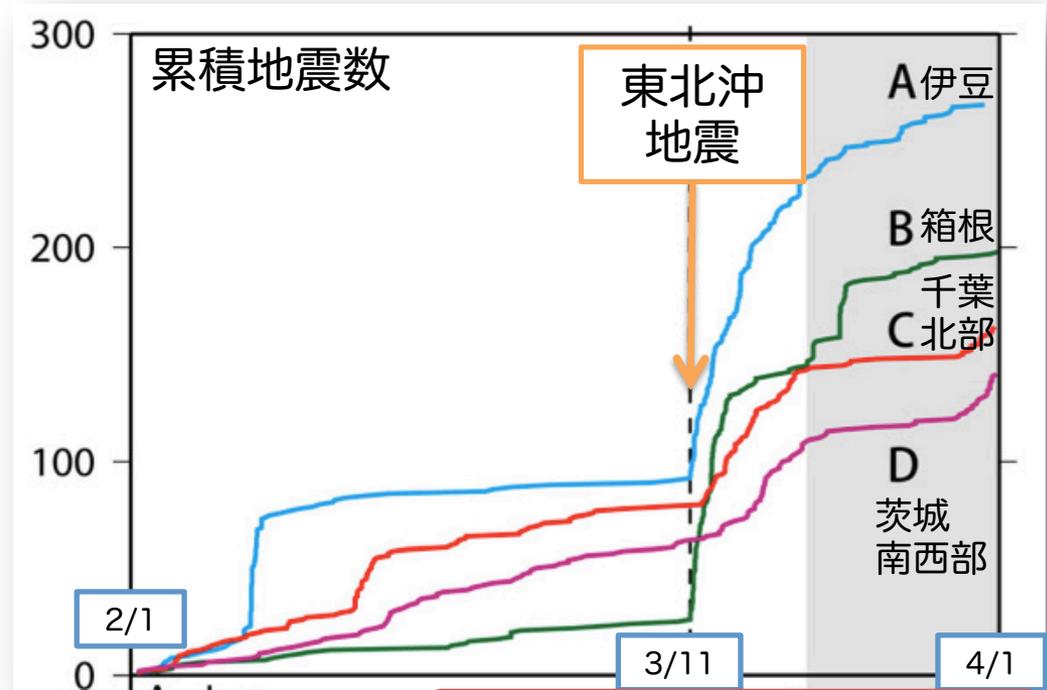


•• *Misfits require velocity model and slab geometries to be changed.*

(2) 有限要素法 (FEM) による2011年東北沖地震に伴う関東地方の応力変化のシミュレーション



広域に及ぶ
大きな変形



東北沖地震後に地震発生
の頻度が増加 (e.g. Ishibe et al., 2011;
Toda & Stein, 2013)



今後の首都圏の地震活動は?

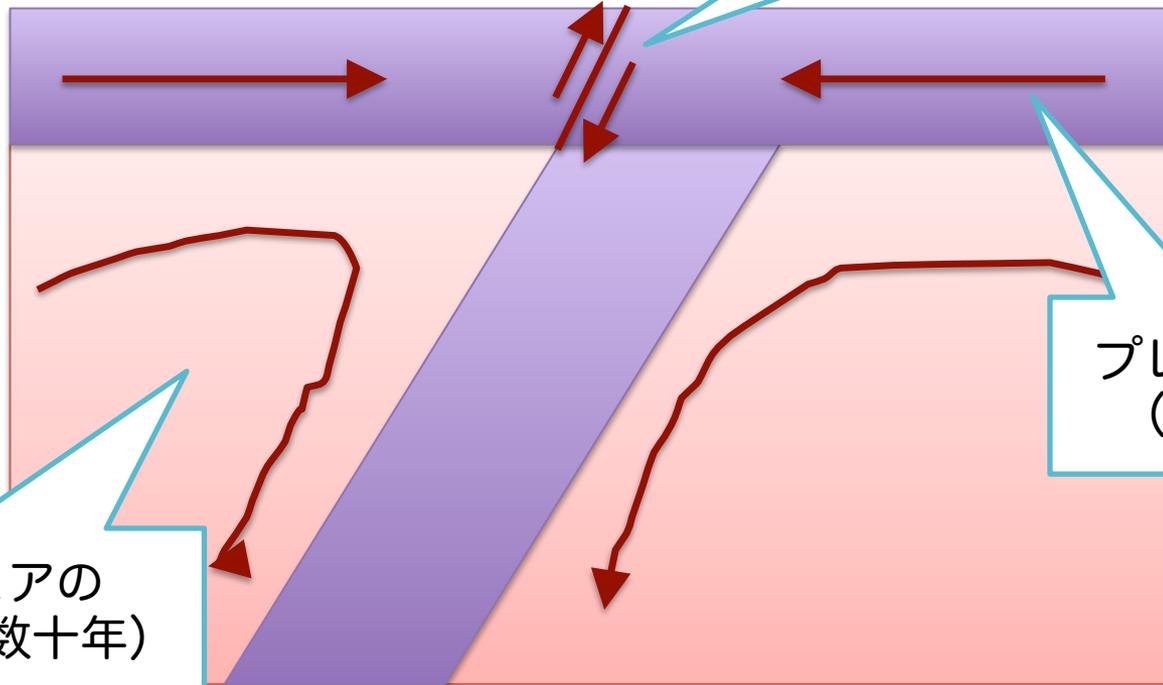
力学的手法 b

統計学的手法 d

巨大地震後の地殻活動のメカニズム

地震直後の変形は地球の**弾性的な**性質に依存するが、その後の変形は、様々なメカニズムが考えられている

震源域の周りのすべり残した部分の**余効すべり** (数年)



アセノスフェアの
粘弾性的流動 (数十年)

プレート運動
(数百年)

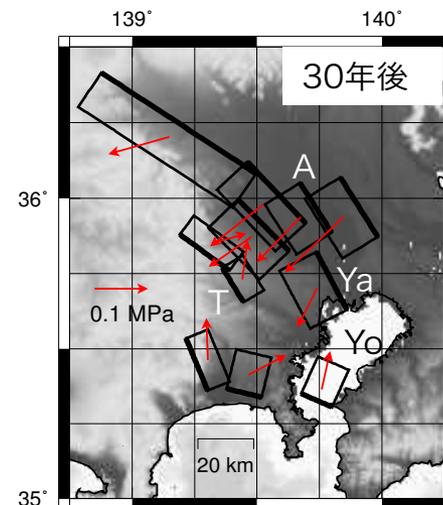
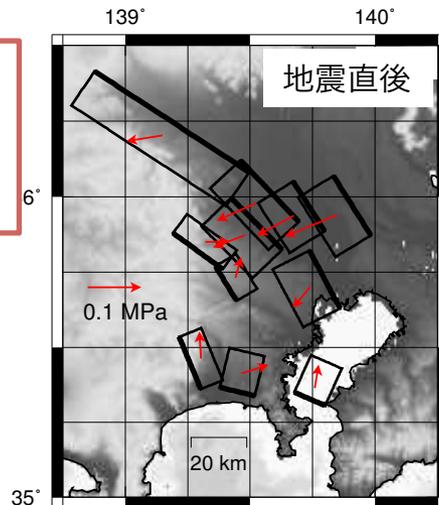


これらの効果を考慮したモデリングが必要！

これまでの成果

- 日本列島域のプレート構造を考慮した有限要素モデル (FEM) による地殻変動計算
- 国土地理院によるGPS地殻変動データからインバージョンにより東北沖地震のすべり分布を求めた
- 得られたすべり分布を用いて、周辺域の応力分布、首都圏の断層にかかる応力の粘弾性的な時間変化を求めた

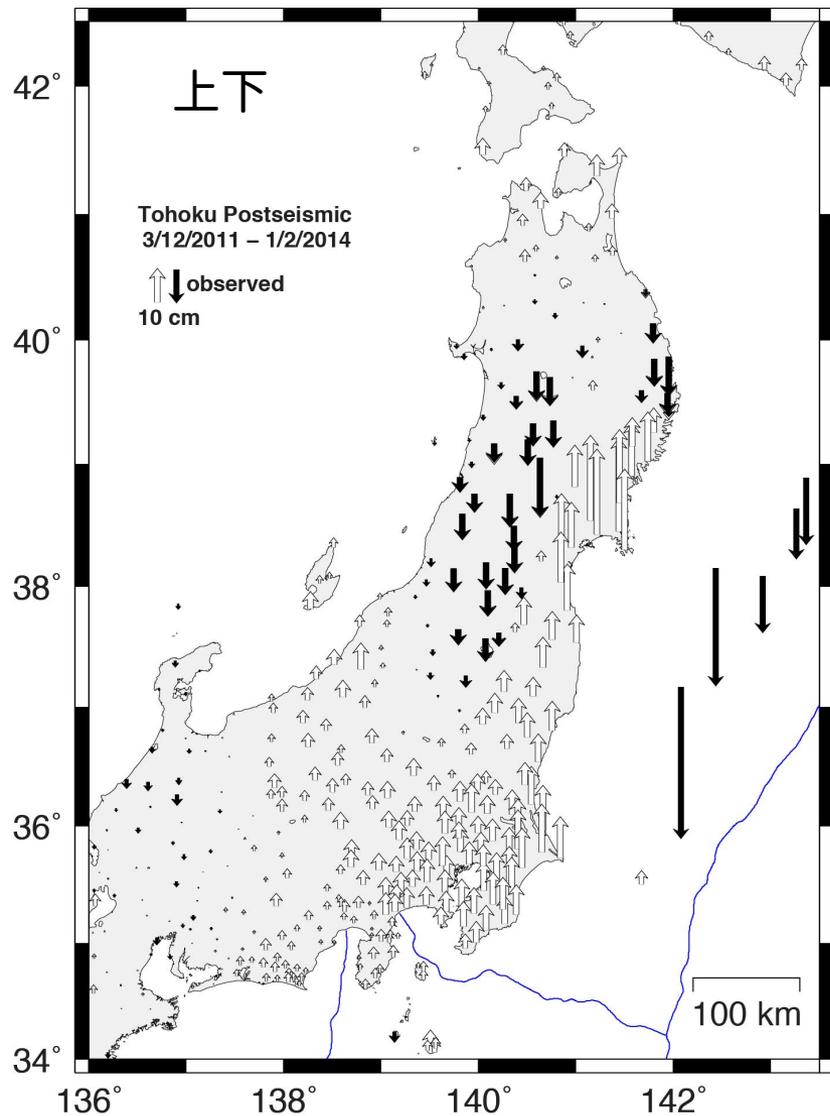
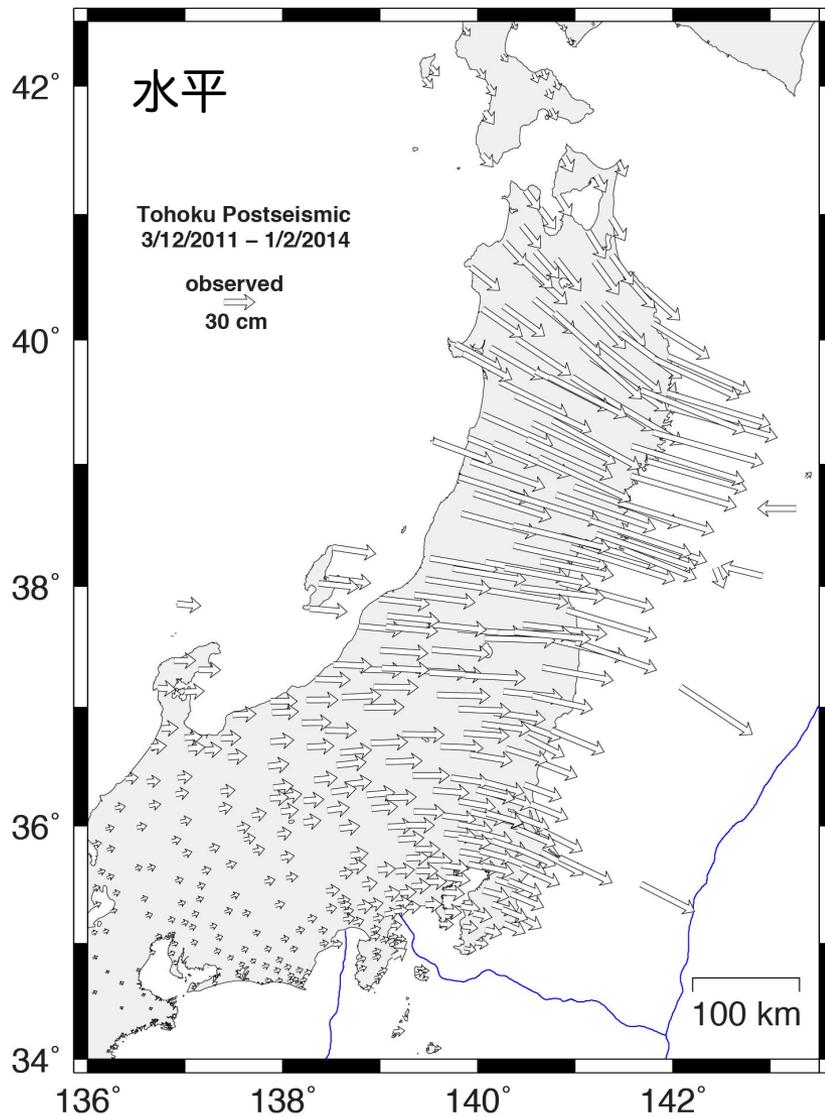
首都圏の断層上面にかかるクーロン応力変化



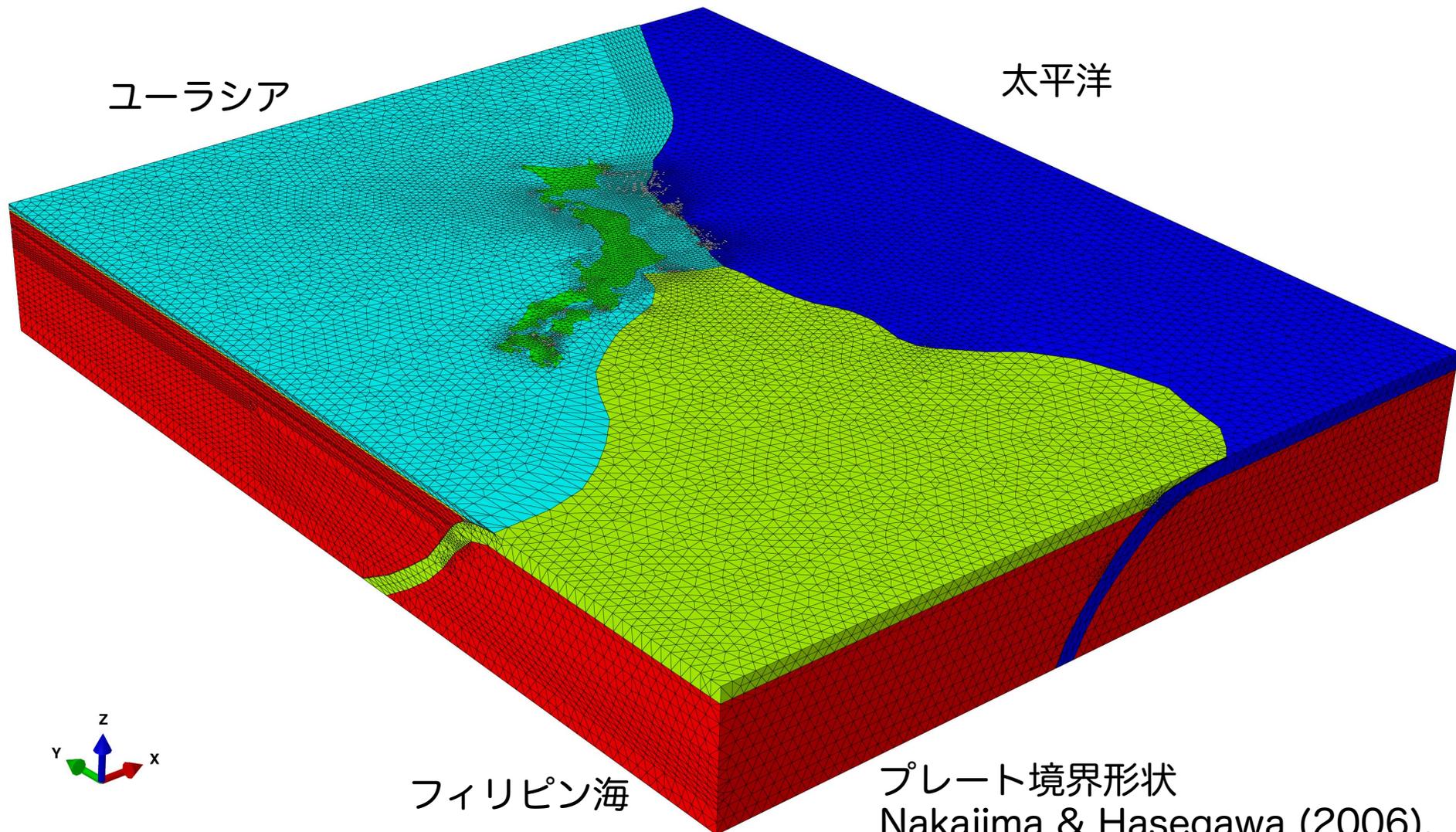
粘弾性モデルの高度化

- 前回の粘弾性計算は、アセノスフェア～下部マントルまで一様の粘性率 (10^{19} Pas) を仮定して行った
- 東北沖地震後の余効変動データを用いて現実的な粘性率分布を求める
 - FEMモデルは橋間研究員が作成。前回橋間が得た地震すべりに基づき、Purdue大学のFreed准教授が余効変動計算を行った
 - 粘弾性のタイプとして、マクスウェル粘弾性を仮定
 - 約3年間の累積余効変動と比較

東北沖地震後の累積余効変動データ 2011/3/12~2014/1/2



解析に用いたFEMモデル



ユーラシア

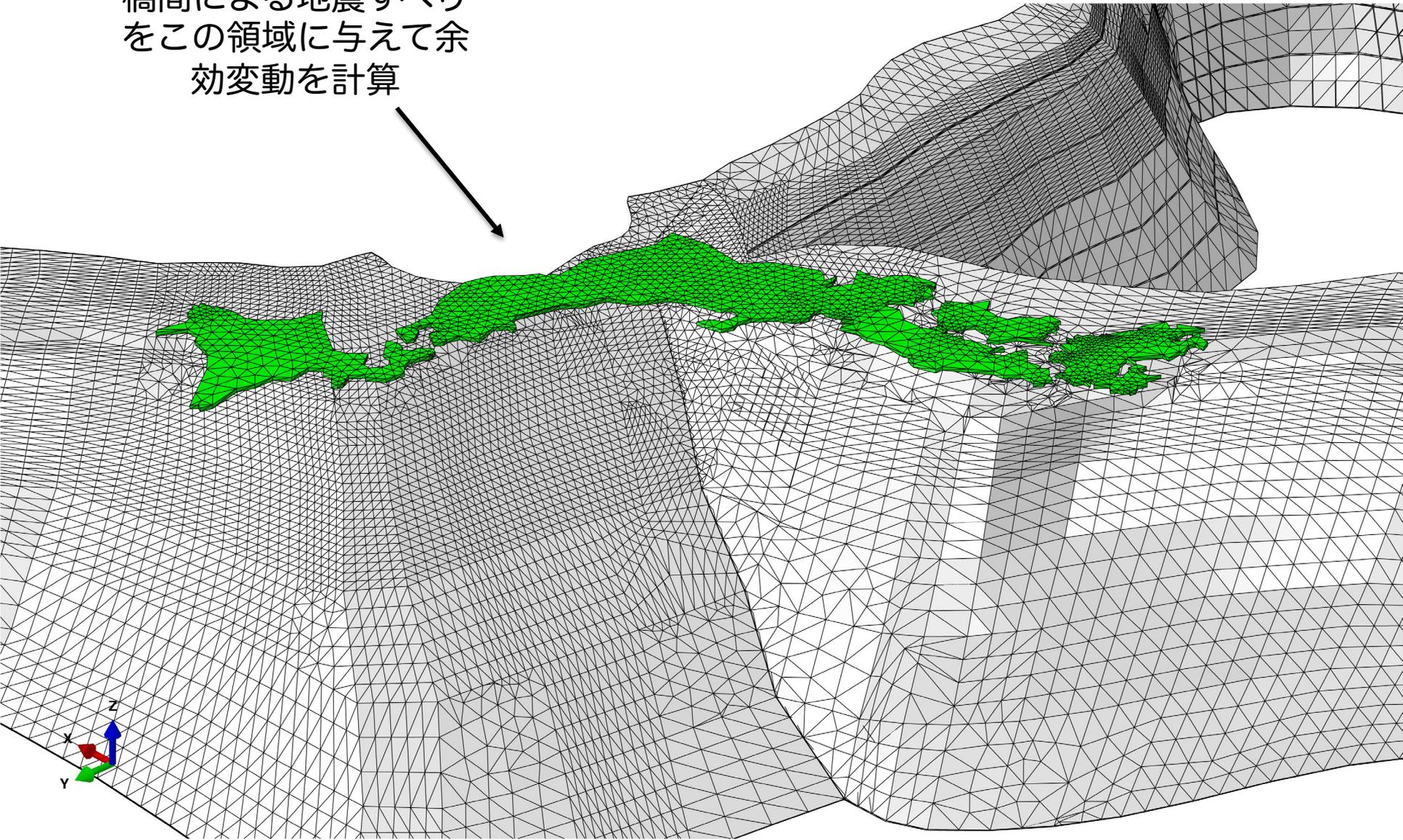
太平洋

フィリピン海

プレート境界形状
Nakajima & Hasegawa (2006),
Hayes et al. (2012)等に基づく

解析に用いたFEMモデル

橋間による地震すべりを
この領域に与えて余
効変動を計算

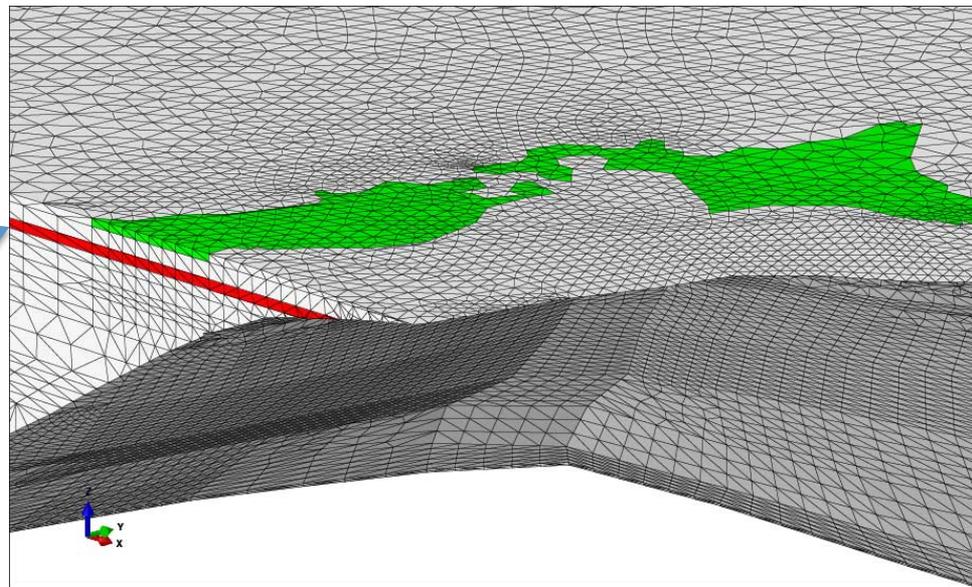


下部各層の粘弾性効果

- ユーラシア、太平洋、フィリピン海プレートの深部を深さごとに層に分割し、各層の粘弾性効果を求める

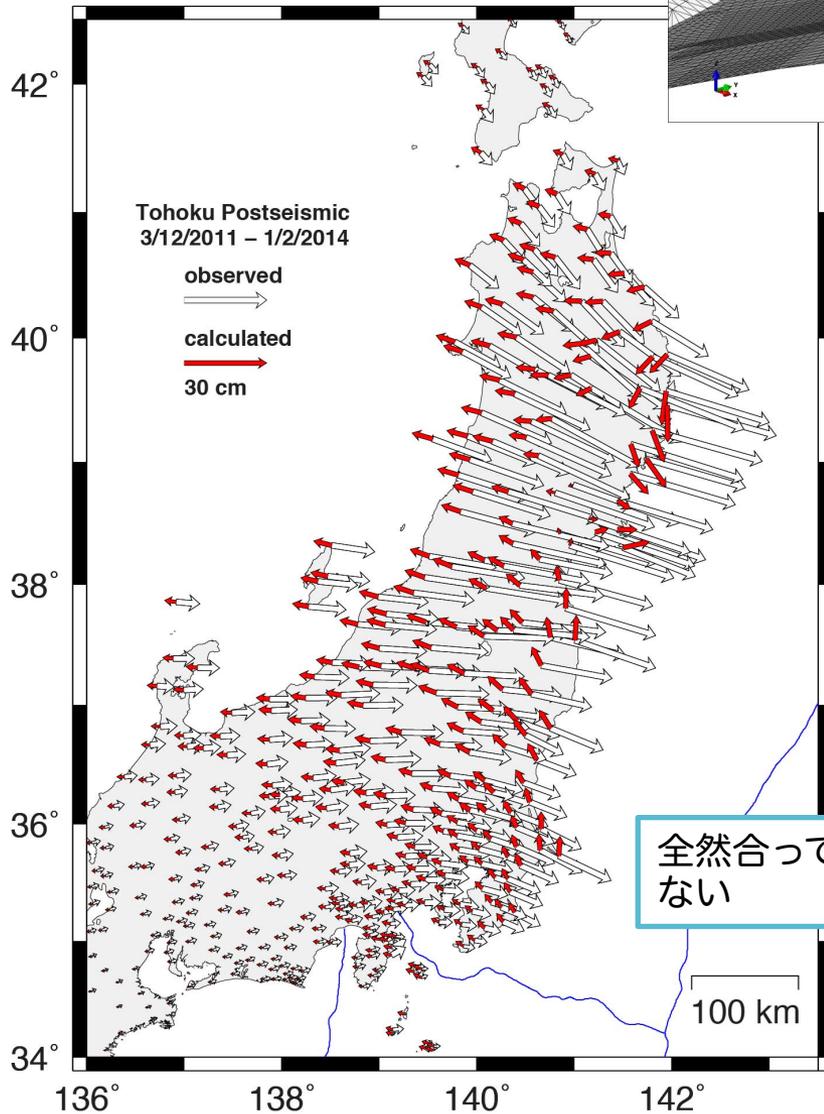
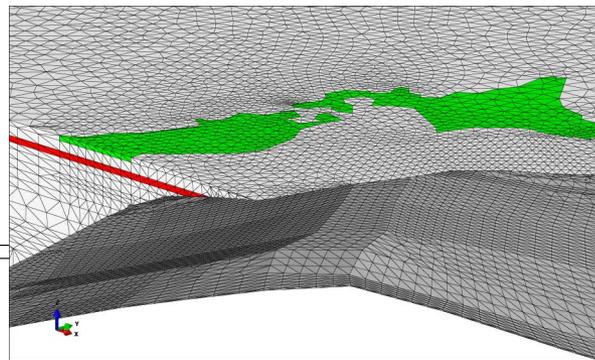
ユーラシアプレート

粘弾性体

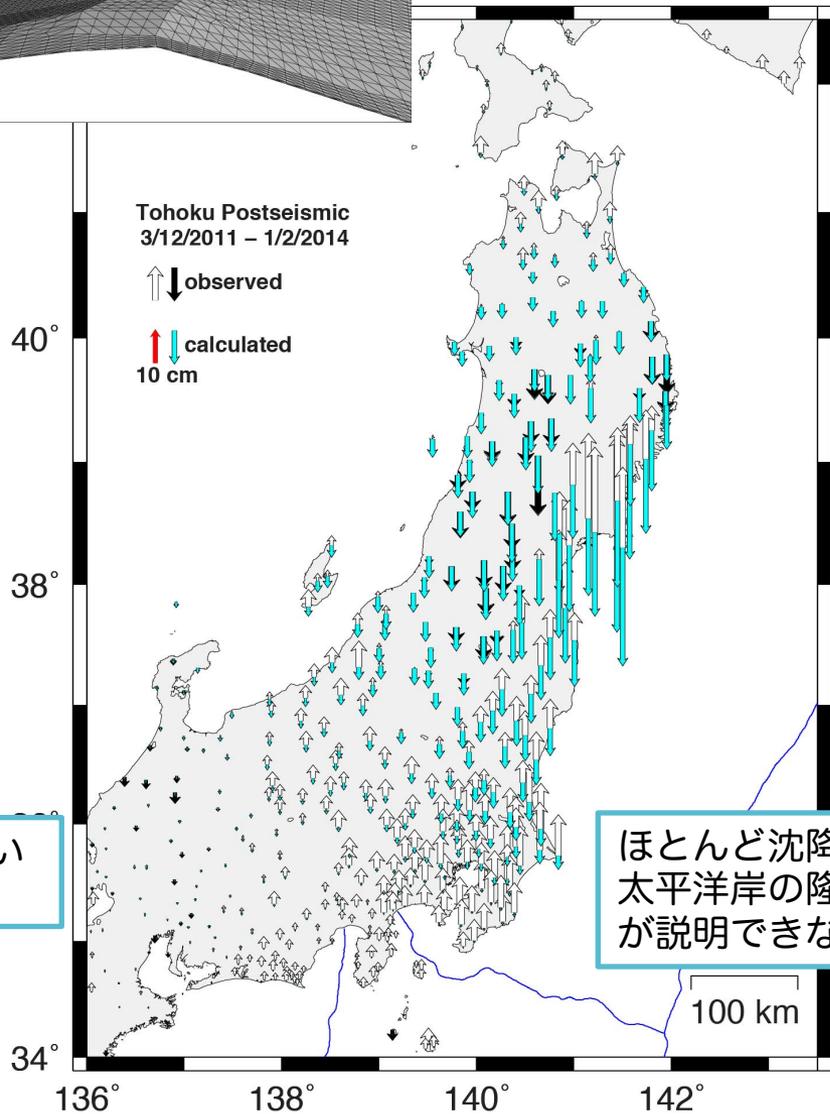


その他の層は弾性体

下部地殻の粘弾性効果 深さ20 - 30 km



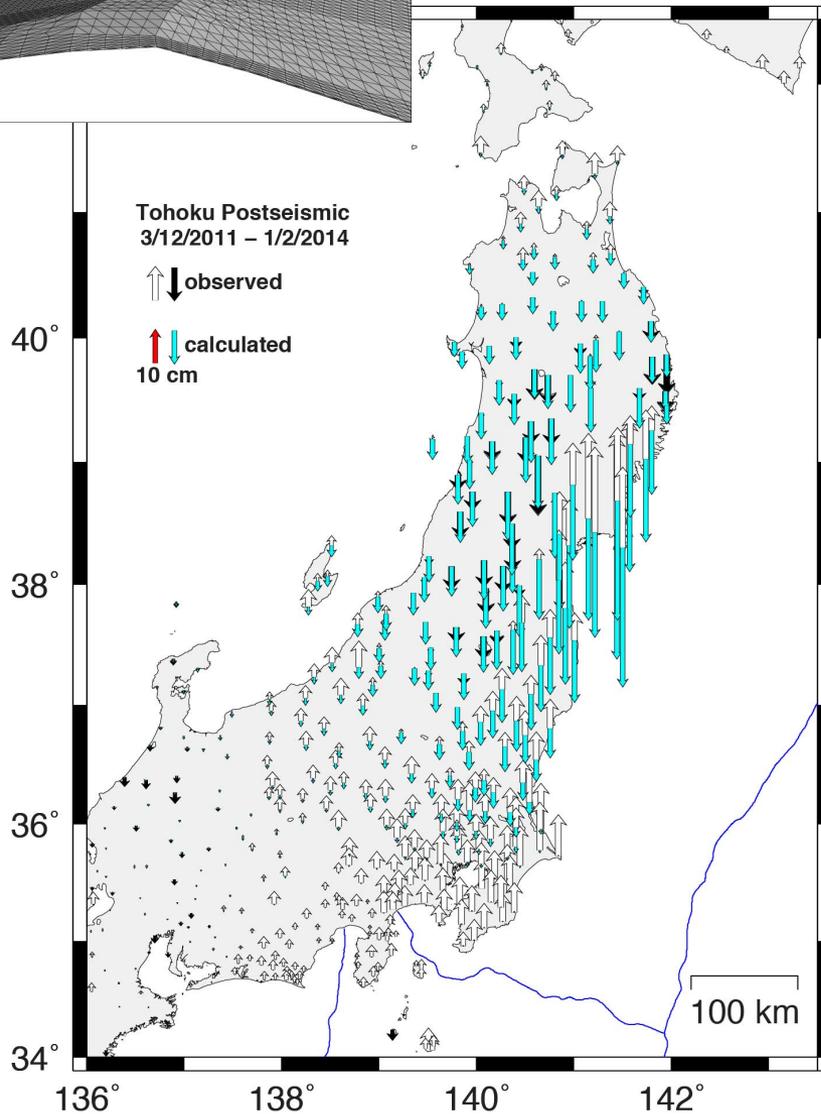
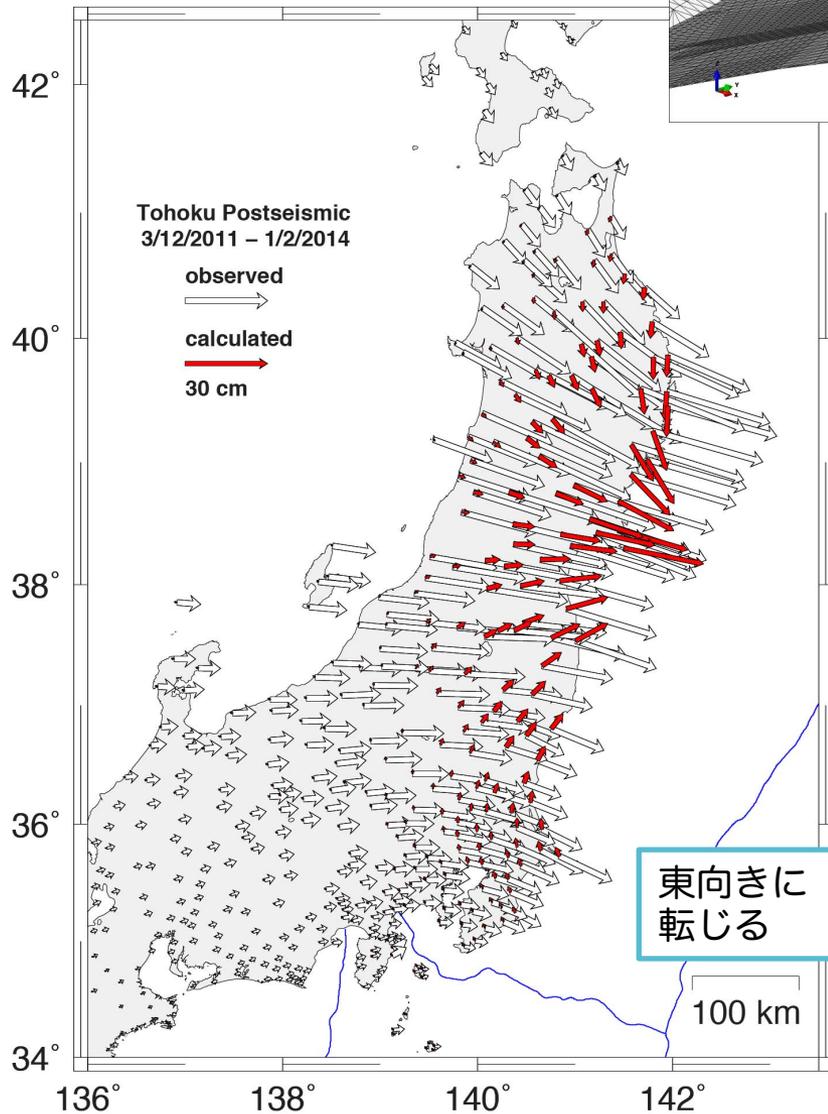
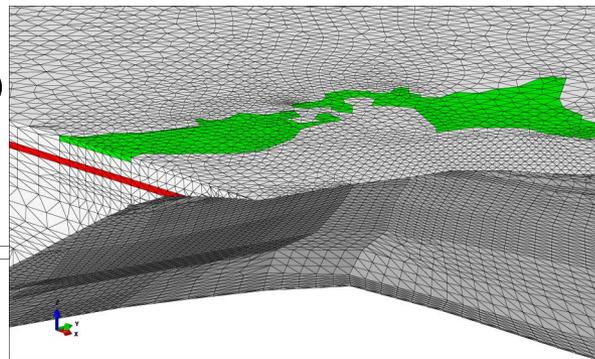
全然合っていない



ほとんど沈降。
太平洋岸の隆起
が説明できない

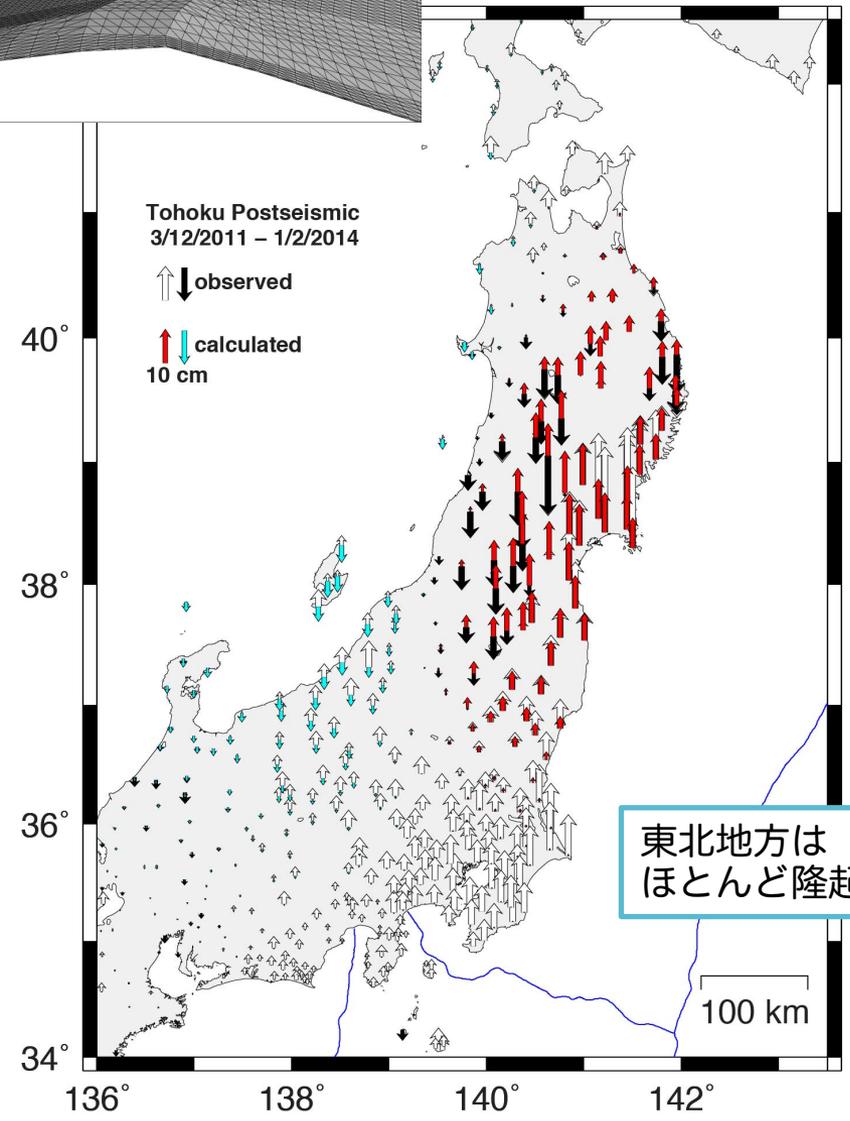
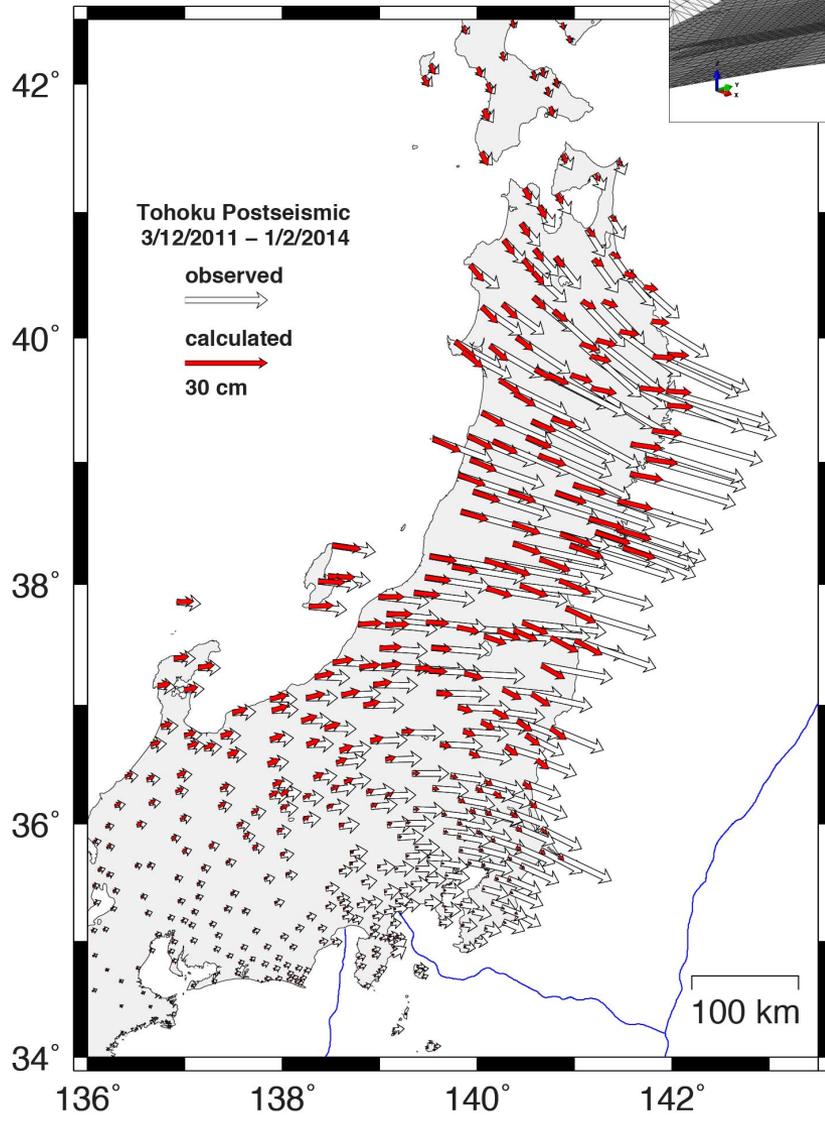
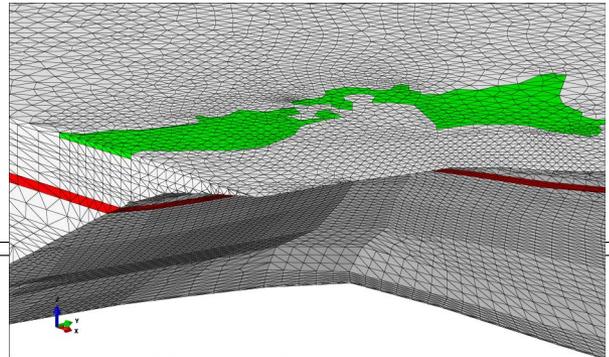
マントル深さ30 - 40 kmの 粘弾性緩和

ユーラシア
プレート



深さ85 - 100 km層の 粘弾性緩和

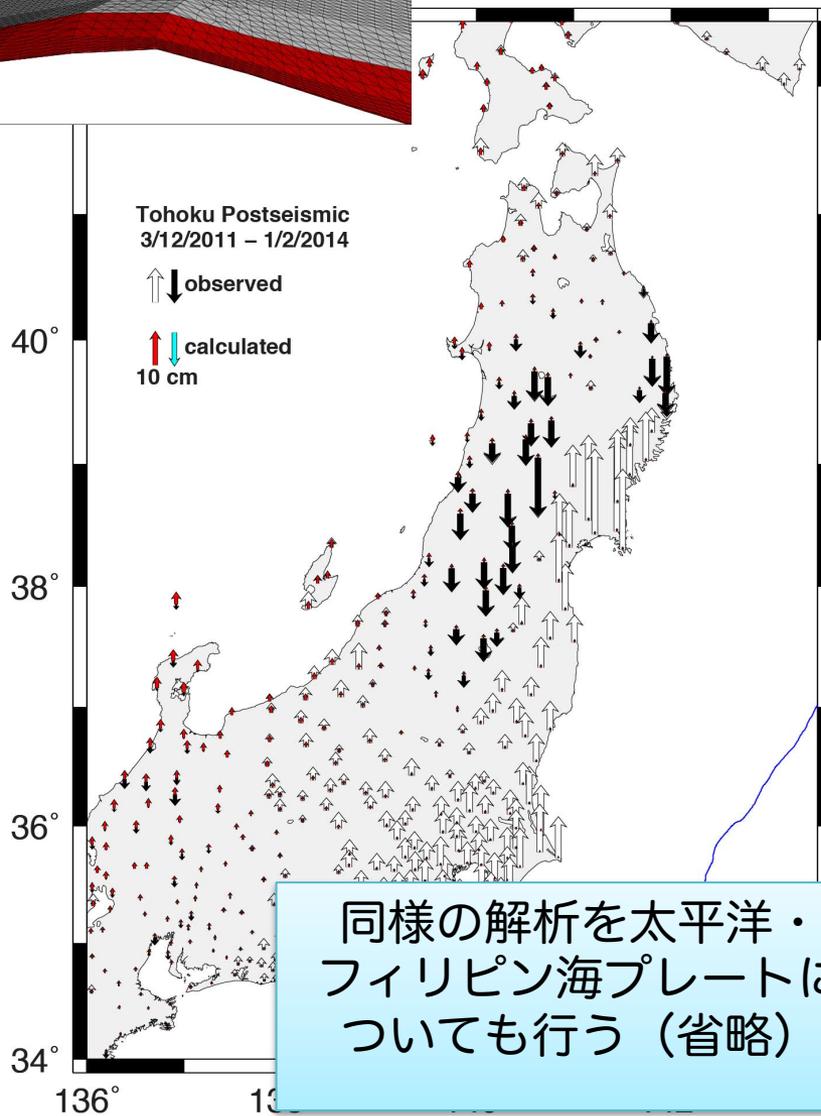
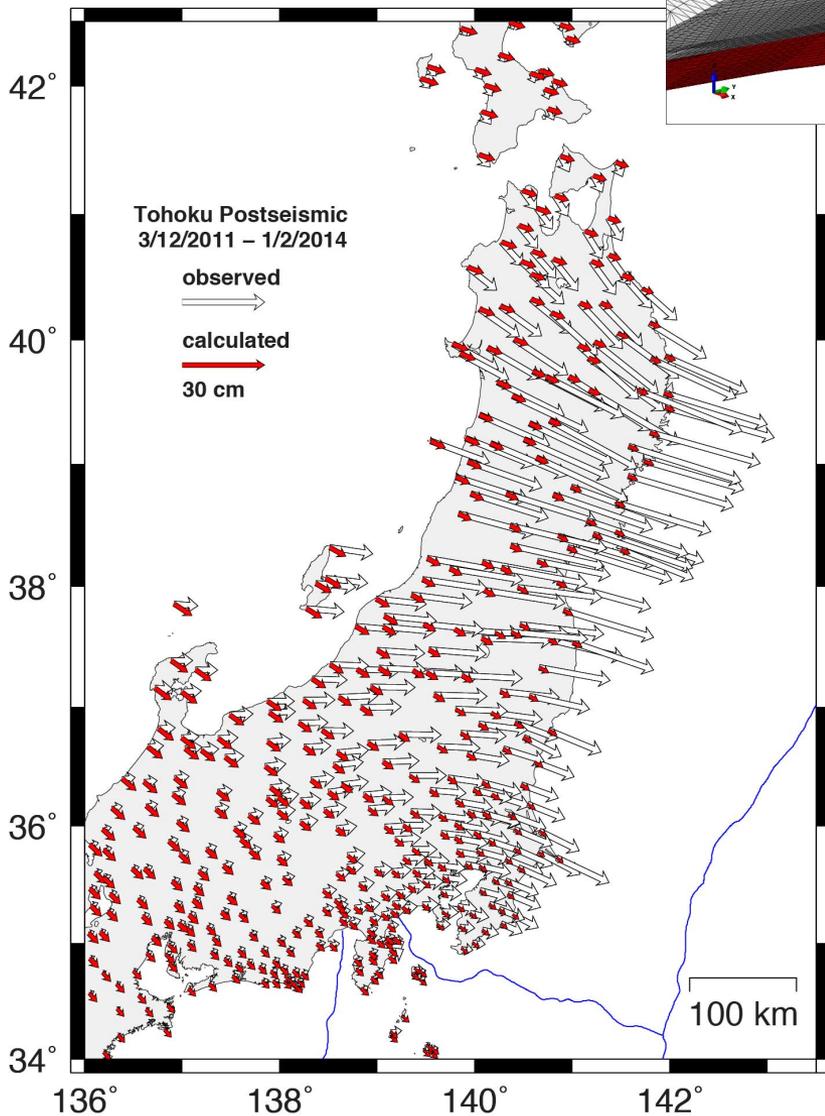
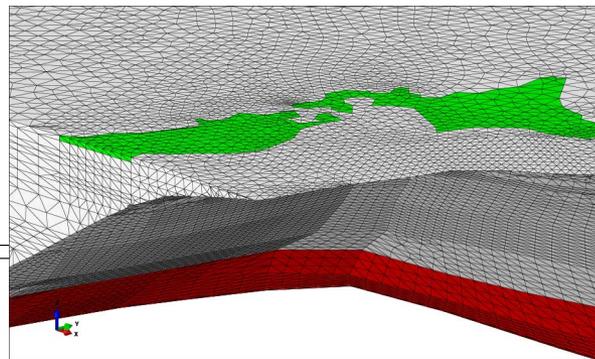
ユーラシア
プレート



東北地方は
ほとんど隆起

深さ400 – 600 km層の 粘弾性緩和

ユーラシア
プレート

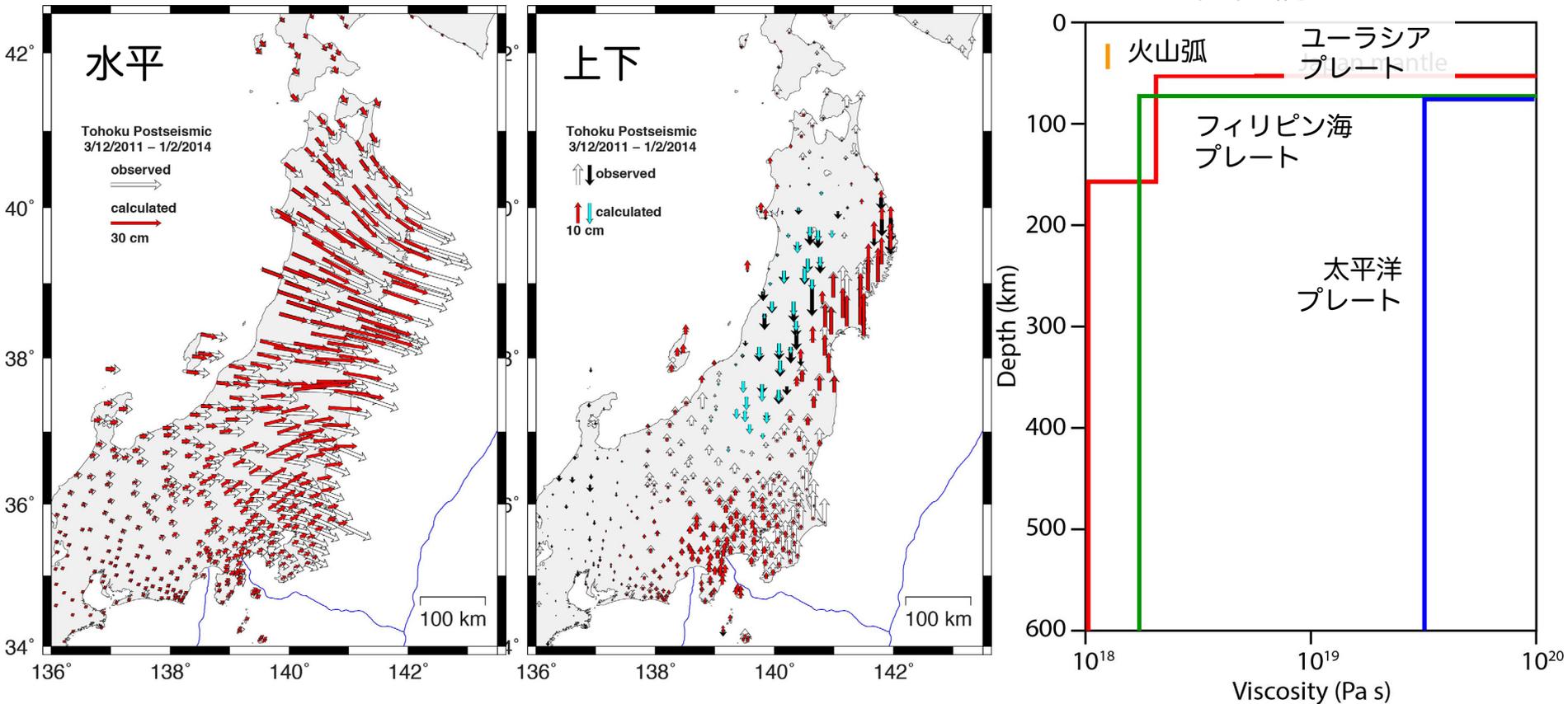


同様の解析を太平洋・
フィリピン海プレートに
についても行う (省略)

粘弾性緩和の最適モデル

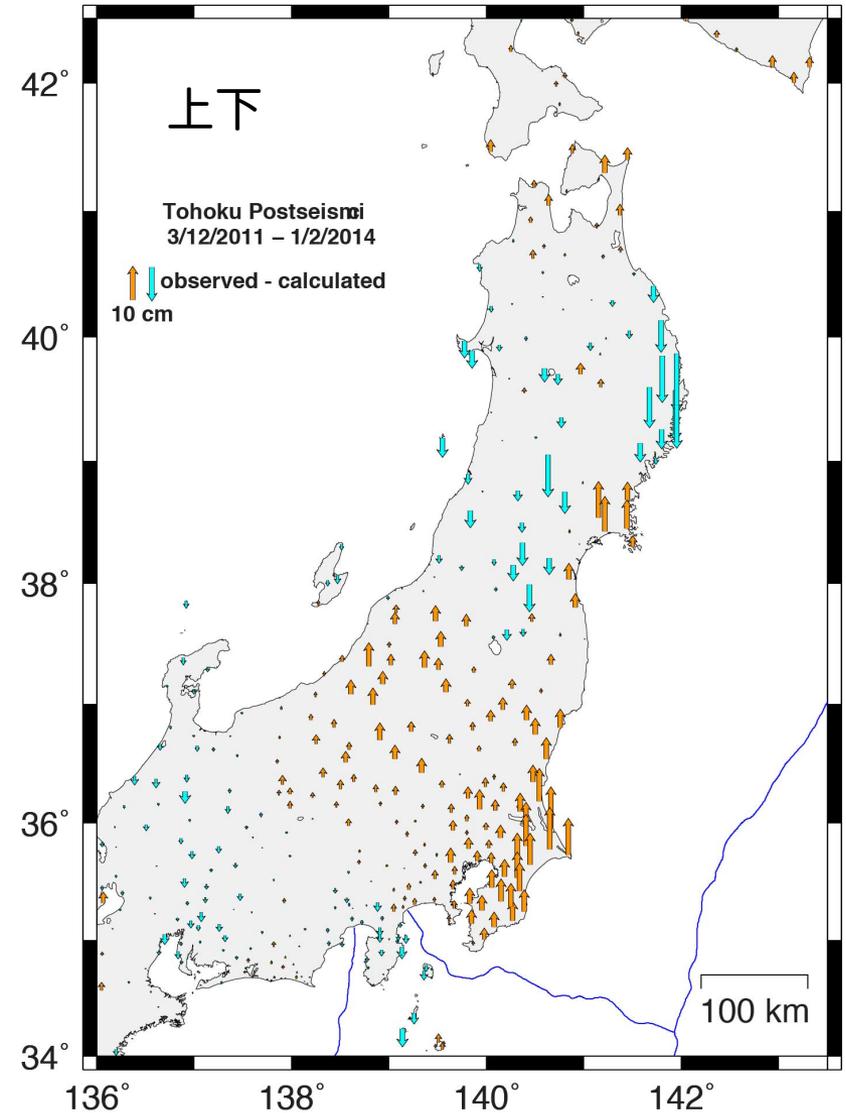
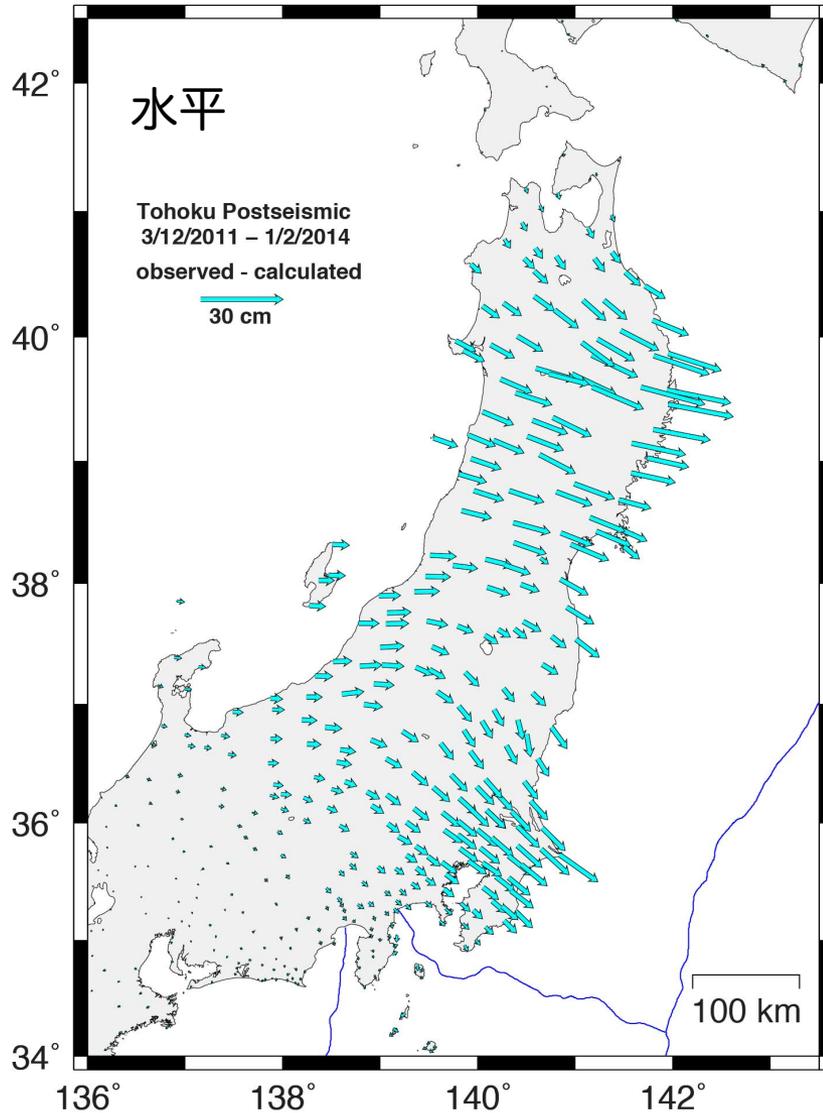
以上の結果から、最適な粘性構造を試行錯誤的に求め、その粘性率分布に基づいて余効変動を計算

粘性構造

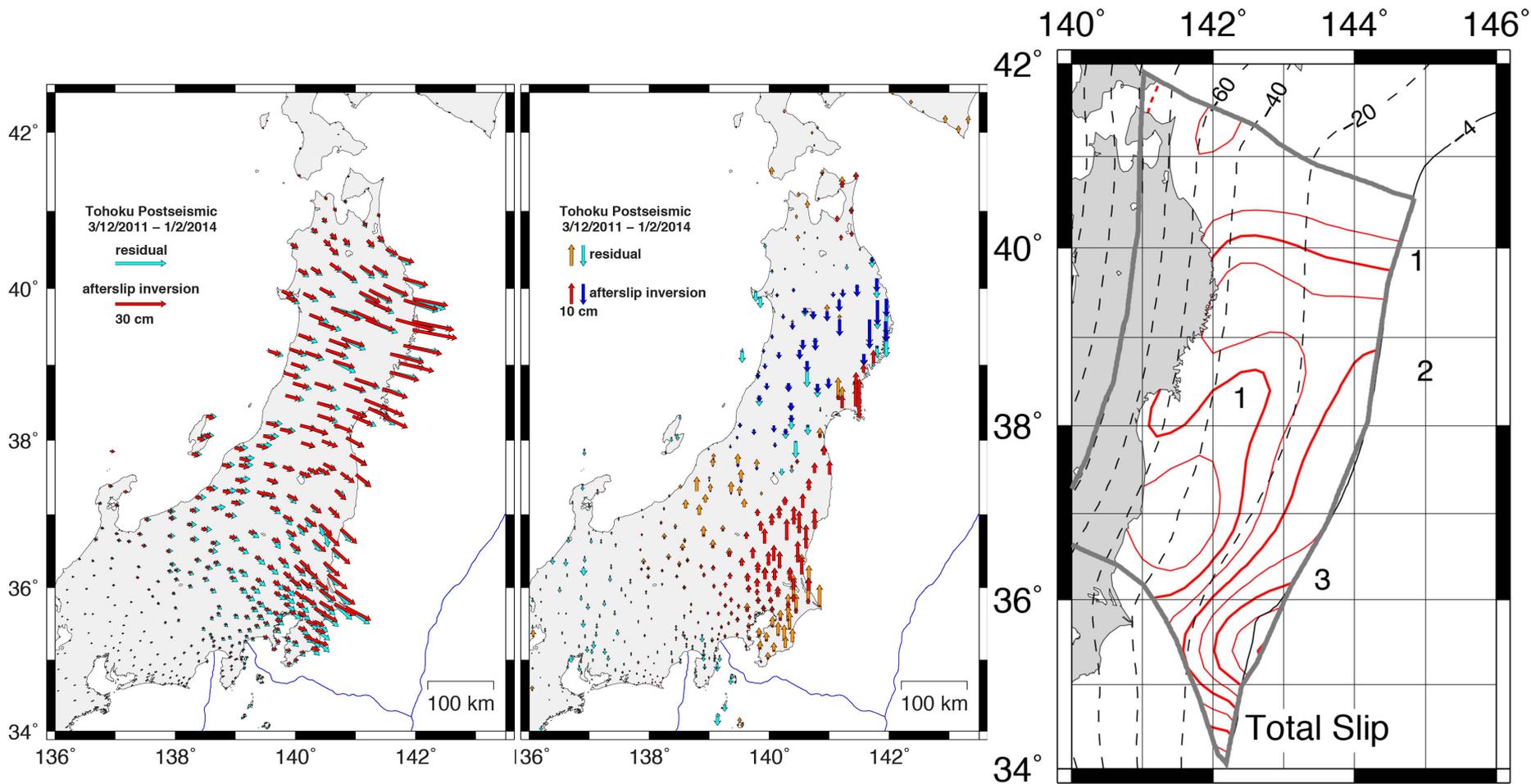


粘弾性モデルの残差（観測値 - 計算値）

これらの残差は余効すべりによって引き起こされたと考え、これに対してインバージョンを行う



余効すべりインバージョン



粘弾性数値モデルまとめ

- FEMモデルを用いて、深部の粘弾性による地殻変動の効果調べ、粘性構造を求めた。また余効変動の観測値と、上記の粘性構造による地殻変動の計算値との残差から余効すべりを求めた。
 - 今後の課題
 - すべりのモデル領域の拡大。より正確な地震すべり、余効すべりの推定。
 - 余効変動の時間変化の解析。非マクスウェル粘弾性の検討
- より現実的な地震活動度予測を可能に！