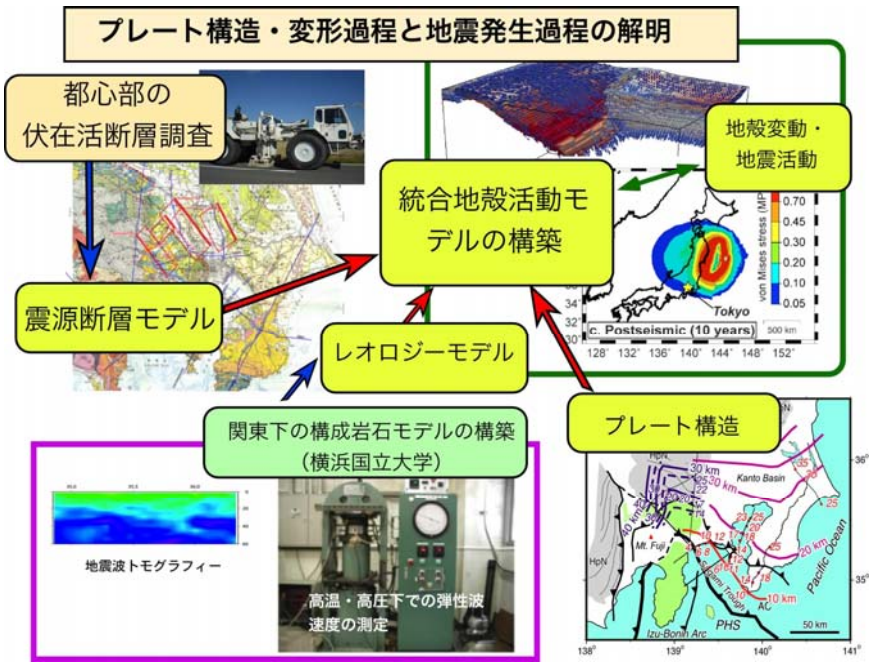
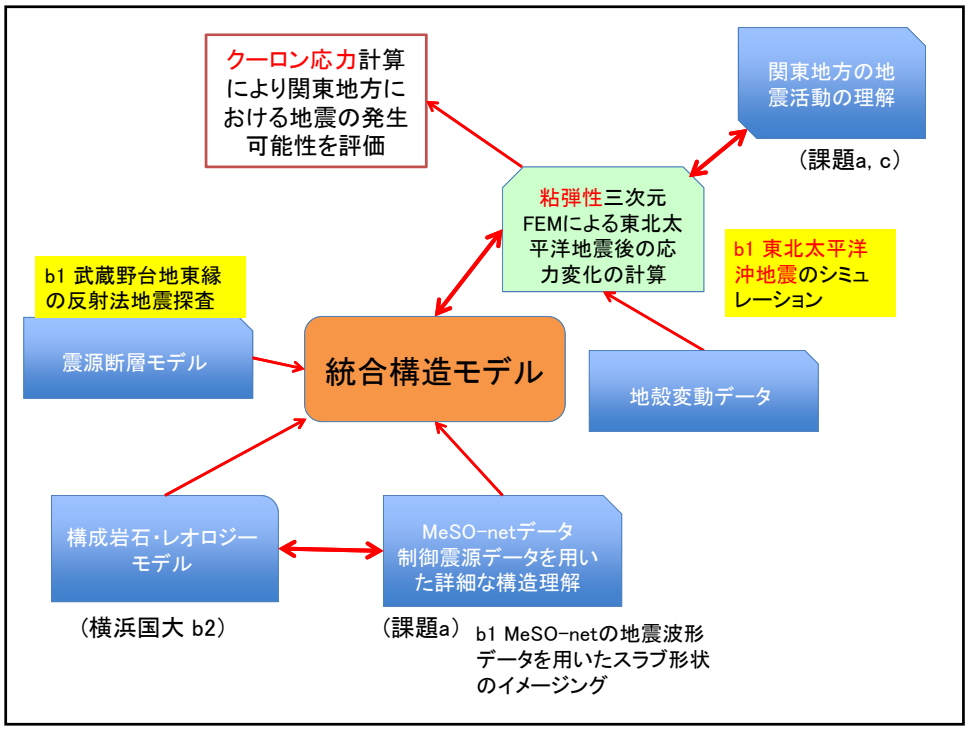
都26-2-6

(1) b. 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。





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。

(1) 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
- 活断層が伏在している可能性

H27 富士山東麓
- 活断層が伏在している可能性

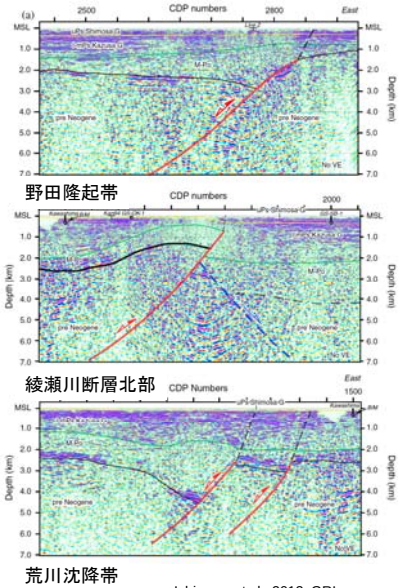
H28 秦野-横浜沈降帯
- 段丘面の褶曲変形のみ、活断層が伏在している可能性大

石山ほか(2011)首都直下報告書に加筆

（１）震源断層モデル　関東平野に伏在する活断層：北関東測線の例

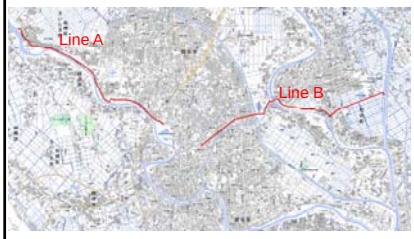
青線：既存の深部構造探査測線

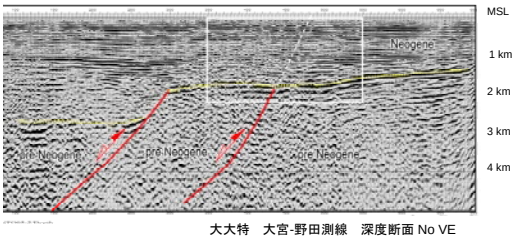
深部構造探査断面と周辺の地質・深井戸を対比することにより、伏在断層の分布や構造が明らかになってきた



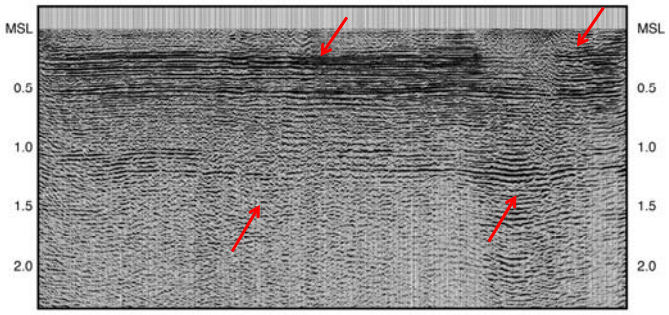
Ishiyama et al., 2013, GRL

H25年度 綾瀬川断層南部の高分解能反射法地震探査





大大特　大宮-野田測線　深度断面 No VE



Line B　深度断面 (No vertical exaggeration)

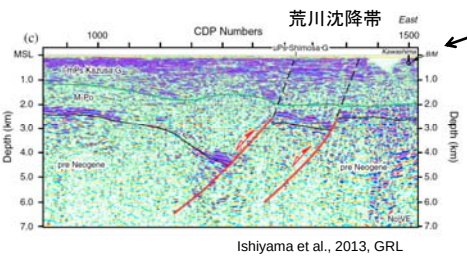
・解析の結果、鮮新・更新統（上総層群）を緩やかに変形させる伏在断層

・変形が微弱かつブロードなため、ごく最近の活動性に関するデータを得ることは困難

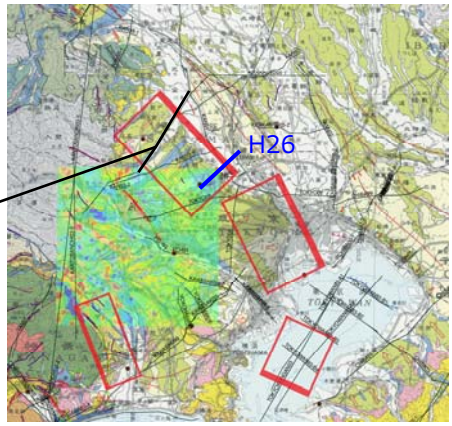
H26年度の計画（1）断層モデル高度化のための反射法地震探査

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を実施（2月20日～3月1日）データ取得および解析

測線長約10km・10m受発信
全点固定展開と集中発振による
屈折法データも取得



Ishiyama et al., 2013, GRL

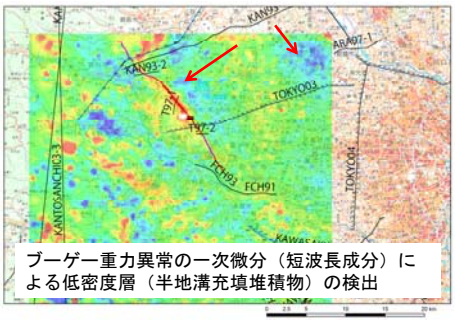


断層モデル（矩形、下端深度15km、上端深度・形状は深部構造探査の結果による）に基づいてモデリングを実施

重力測定および解析による震源断層の推定

既存の重力測定値を収集し、既存観測点の粗密を考慮して追加観測（50点）

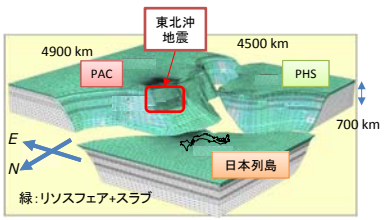
合わせて重力解析を行い、地下の密度構造から伏在断層の分布を推定



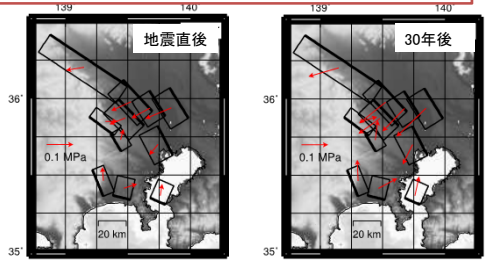
ブーゲー重力異常の一次微分（短波長成分）による低密度層（半地溝充填堆積物）の検出

(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

- 日本列島域のプレート形状を考慮した有限要素モデル(FEM)の構築(H24)
- 簡単な物性分布(弾性は成層、粘性は一様)の仮定下での計算(H25)
  - 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、首都圏の断層にかかるクーロン応力を計算した



首都圏の断層面にかかるクーロン応力変化



H26 有限要素モデルの高度化

現実的な構造モデルを取り入れる！

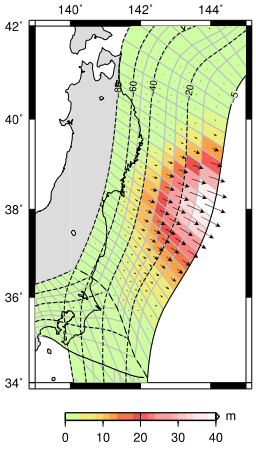
- 東北沖地震の余効変動解析による深部の粘性構造の推定（前回発表）
  - Purdue大学Freed准教授による余効変動計算
  - 粘弾性のタイプとして、マクスウェル粘弾性を仮定
  - 約3年間の累積余効変動と比較

  → 試行錯誤的に粘性構造を推定。観測値と計算値の残差から余効すべりを推定

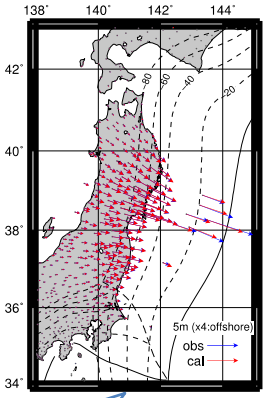
- 東北沖地震のすべり分布モデル
  - 橋間研究員が担当
  - 前々回まで：弾性成層構造を仮定・・・これで良いのか??

成層構造の計算結果

東北沖地震のプレート境界面上のすべり分布

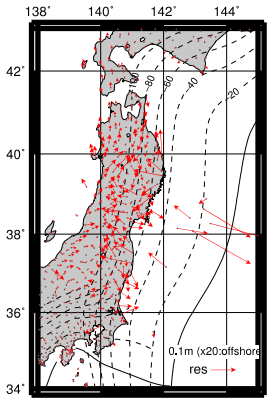


インバージョンによる計算変位と観測変位の比較



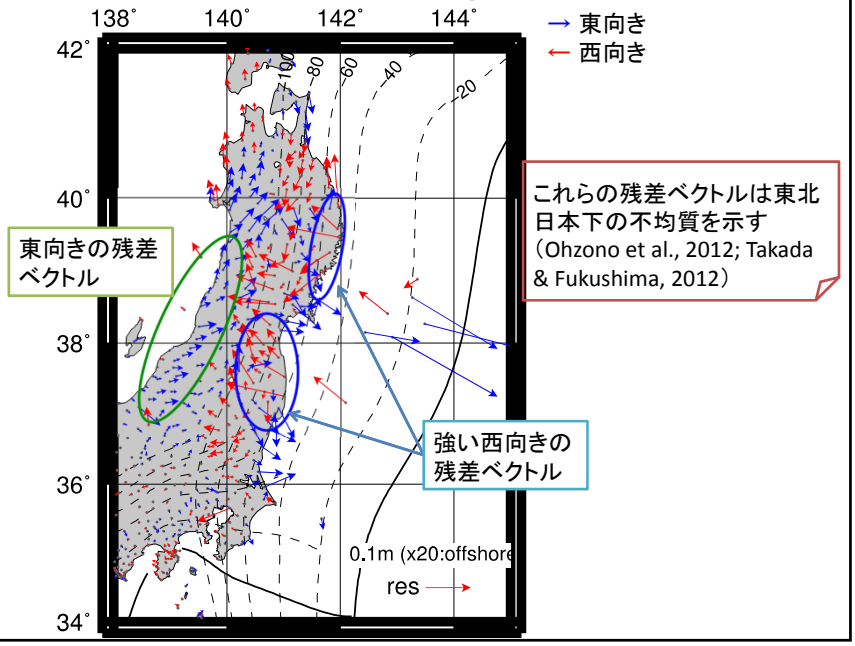
観測と合っているように見えるが・・・

残差（観測変位−計算変位）



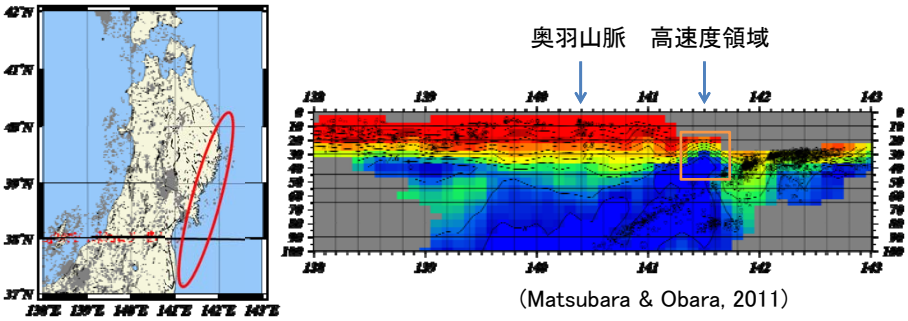
有意な大きさ（~cm）の残差ベクトル。分布に地域的特徴が見られる

残差ベクトル分布（拡大図）



東北日本下の弾性構造

- 東北地方の太平洋岸下には高速度領域が存在（Nakajima et al., 2001, Matsubara & Obara, 2011）
- 硬い（変形しにくい）マントル物質の上昇が残差の原因か?

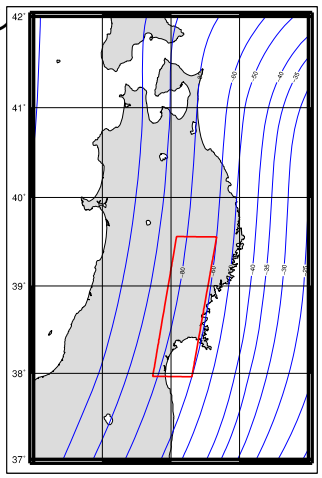


（Matsubara & Obara, 2011）

東北地方の弾性不均質を考慮した地殻変動計算

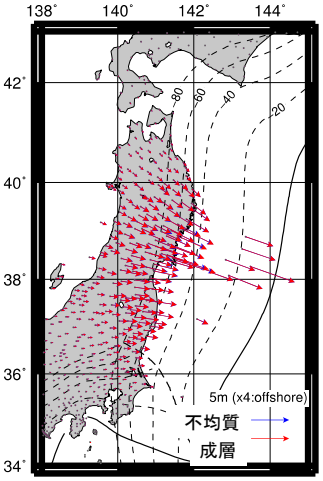
- 鉛直方向にはPREM全地球1次元モデルを用いる。

- 弾性不均質領域
  - 太平洋岸の右の領域に設定
  - 深さは(a) 5-15 km, (b) 20-30 km, (c) 45-55 kmの3通り
  - 剛性率は周囲に比べて20 GPa大きくする
  - すべり分布は成層構造モデルで得られたものを用い、フォワード計算

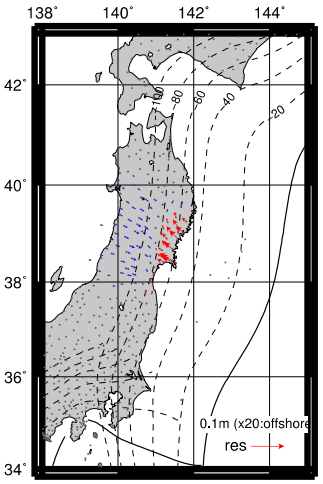


弾性不均質の影響

不均質領域20−30 kmの場合
成層構造の計算結果との比較



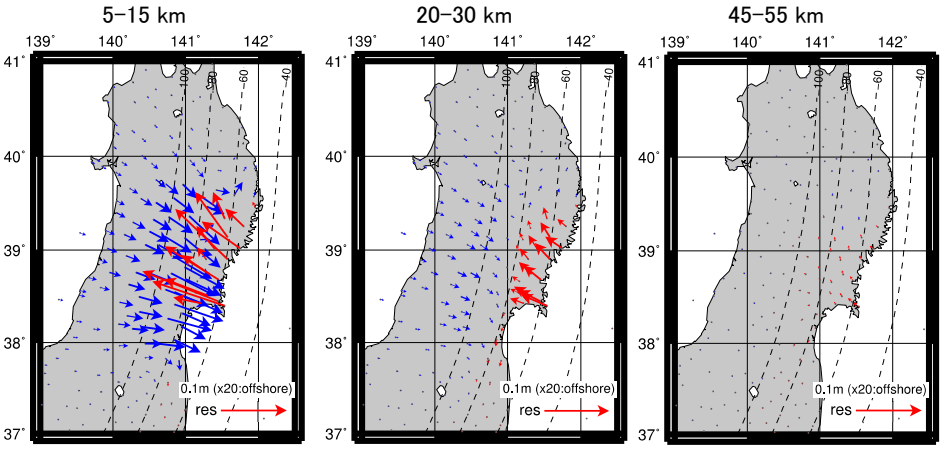
変位ベクトルの差
（不均質構造−成層構造）



東と西に向かい合う変位場のカップル

→ 東向き
← 西向き

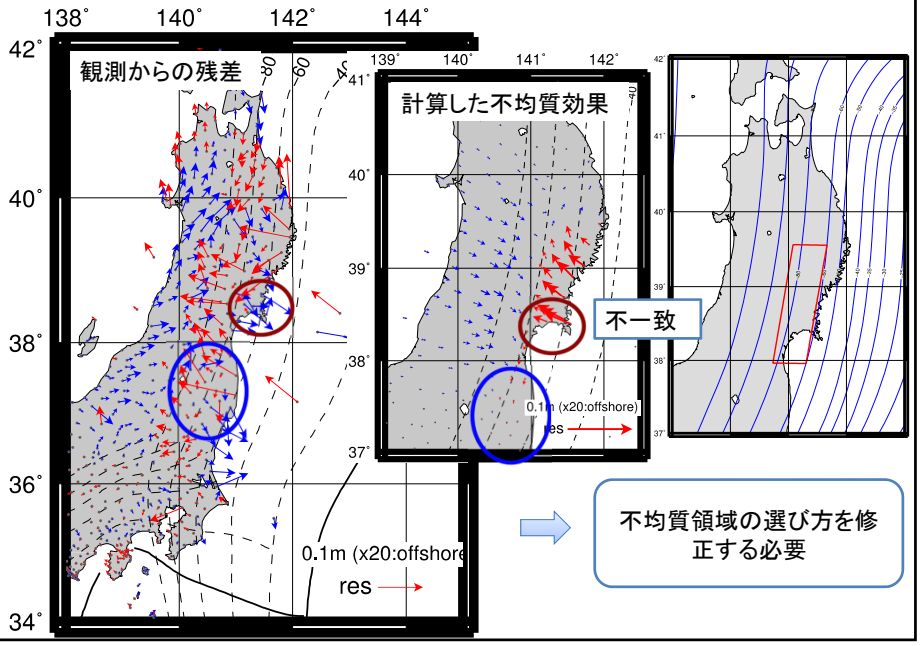
不均質領域の深さによる違い



ベクトルの大きさは浅いほど大きい。
周囲との剛性率の差と比例

マントルでの不均質は
ほとんど影響しない

観測からの残差との比較



粘弾性数値モデルまとめ

- FEMモデルを用いて、弾性不均質による地殻変動の基本的な性質を調べた。
  - 東北地方の太平洋岸下の高速度領域により、東向きと西向き変位がカップルした変位場が現れる。変位の大きさは深さと周囲との剛性率の差に依存するので、観測データとの比較で不均質領域を推定できる
- 今後の課題（年度内）
  - 成層構造モデルの残差ベクトルをうまく解消するような不均質領域の位置と弾性率を推定。既存の地震波速度構造モデルと比較検討
  - 弾性不均質モデルですべりインバージョンを行う。得られたすべり分布を用いて首都圏域の断層にかかるクーロン応力を計算

H27年度の計画

- 首都圏の断層モデルの高度化のため、富士山東麓部の伏在断層を対象に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。
- 地殻変動解析等より得られた現実的な粘性構造を三次元有限要素モデルに取り込み、クーロン応力変化計算手法の高度化を図る。
- （1）a、cと連携して計算したクーロン応力変化と首都圏域の地震活動の関係を解明する。
  - 東北沖地震のすべり分布と余震および繰り返し地震の関係（a）
  - 関東地方の弾性不均質（a, b2）
  - 関東地方の中小地震におけるクーロン応力変化（c）