

(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



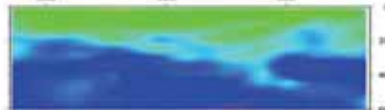
震源断層モデル



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)

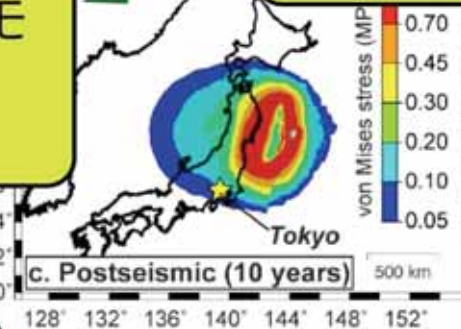
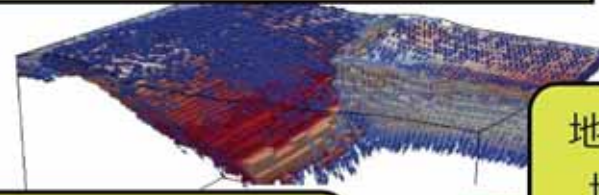


地震波トモグラフィー



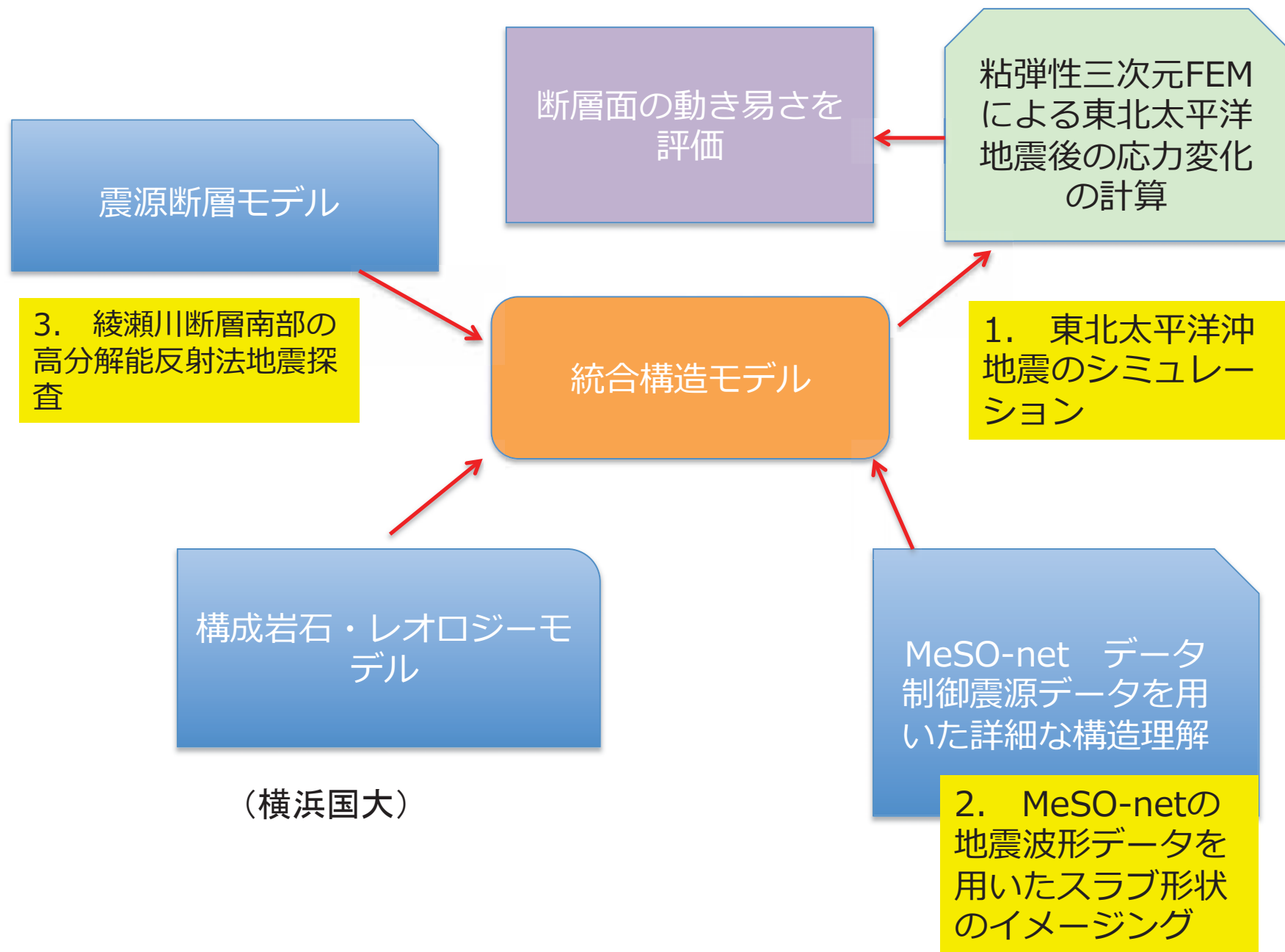
高温・高圧下での弾性波
速度の測定

地殻変動・
地震活動



プレート構造



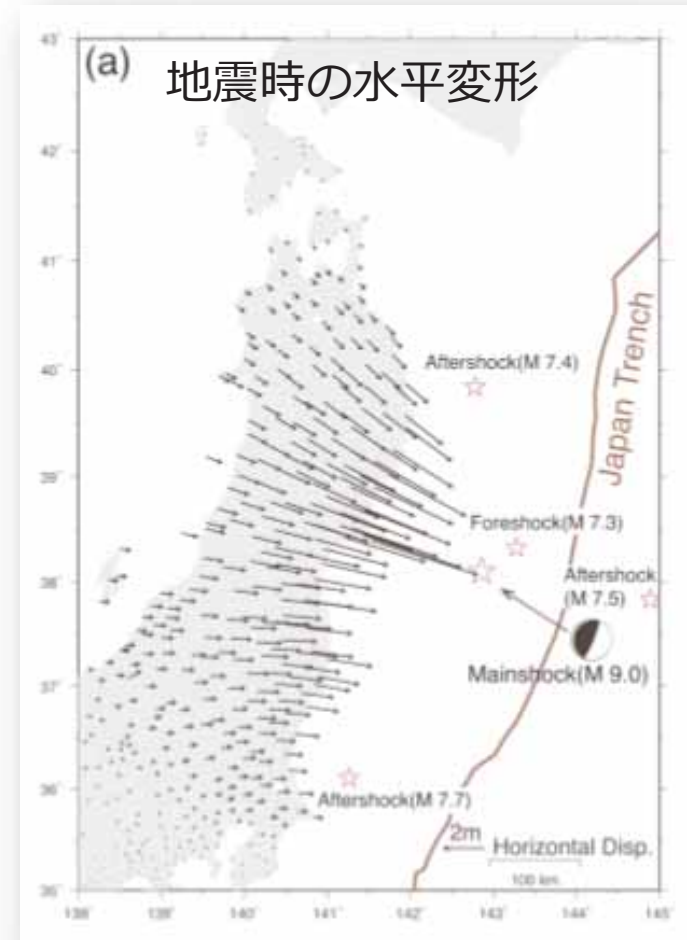


H25の研究概要

- 東日本の構造モデルを作成し、三次元粘弾性有限要素法により平成23年東北地方太平洋沖地震後の余効変動・応力変化を求め、観測されたデータと比較し、既存弱面に作用するクーロン応力を求める。
- 綾瀬川断層南部を横切る反射法地震探査を実施し、断層モデルを作成する。

東北沖地震に伴う関東地方の応力 変化シミュレーション

- 2011年東北沖地震により日本列島全域が大きな変形を受けた。
- 今後の地震活動予測のためには、日本列島下の地下構造を考慮した応力再配分のモデリングが必要。



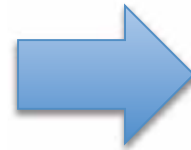
Nishimura et al.
(2011)

本研究の流れ

モデルパラメーター

日本周辺域の
地下構造（弾
性定数、粘性
率）

東北沖地震のす
べり分布



FEMによる
モデリング

現実的な地下
構造を反映し
たモデリング



応力・変位計算



モデルに還元

GPS、海底測地・
地震活動等との比較

主要断層にかか
るクーロン応力



H24年度までの成果

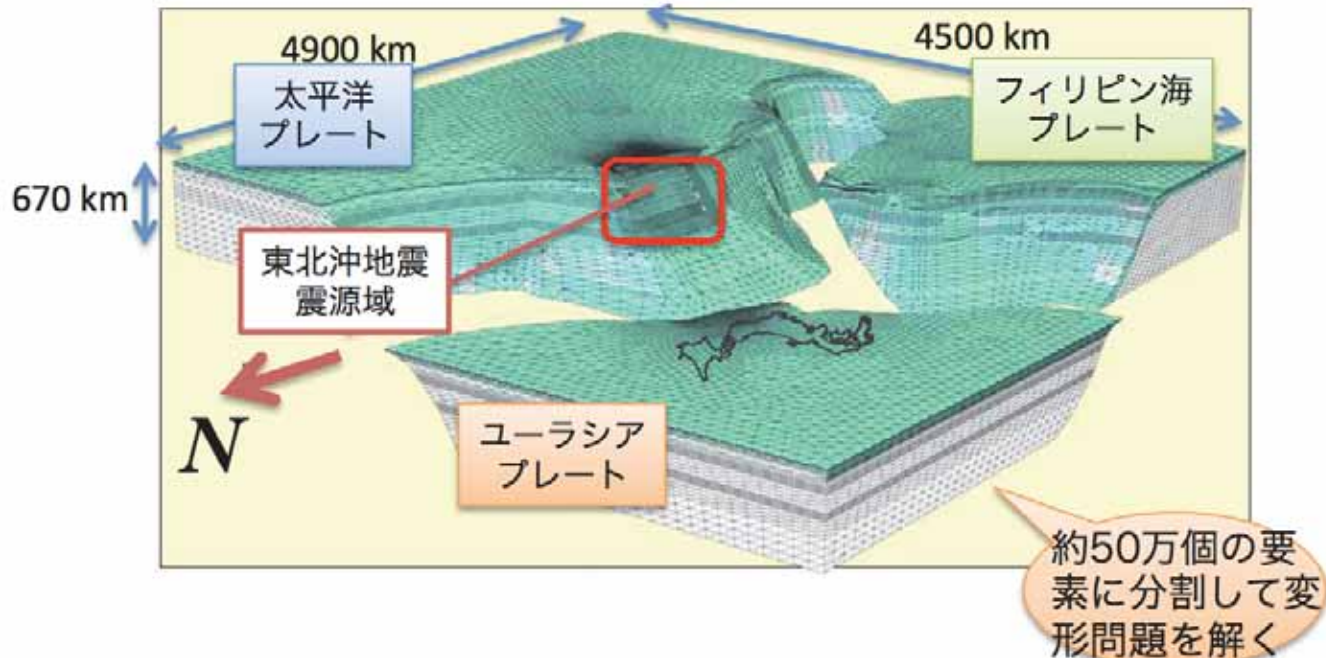
- 既存の各地域におけるプレート境界形状モデルを統合した日本列島周辺域のプレート境界形状モデルを作成
- 作成したプレート境界形状モデルをもとに、2011年東北沖地震による地殻変動を求める3D弾性-粘弾性FEMモデルを作成、モデルの動作確認を行なった

➡ 本年度より地下構造の効果を調べる

本年度は弾性定数の分布による効果を検討し、現実的な地震時すべりを求める

➡ 地震後の変動に対する初期条件

FEMモデル



モデル領域：4900 × 4500 × 670 (km) (クリル～マリアナ列島を含む領域)

プレート境界モデル：

Nakajima & Hasegawa (2006), Hayes et al. (2012)などによる

境界条件：モデル領域の側面と下面の変位固定

断層すべり：

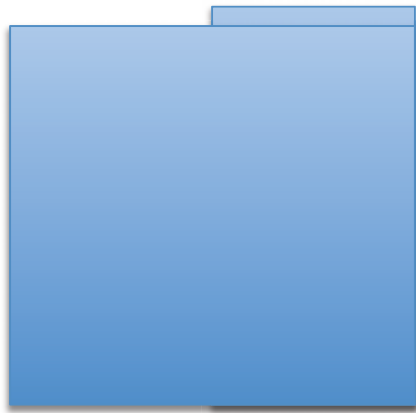
断層面を2枚の外部境界面として、相対変位を与える (Freed et al., 2012)

すべり分布はOzawa et al. (2012)による

メッシュ：四面体要素 (数km～100 km)

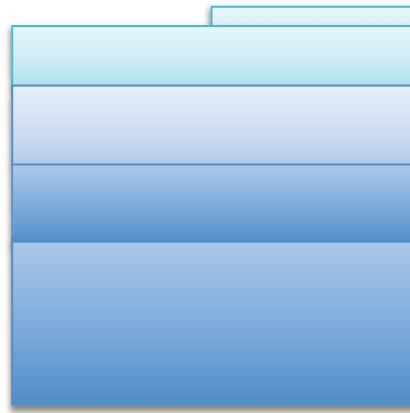
弾性定数分布の設定

半無限均質（＊）



地下30-40kmの物性で均質化

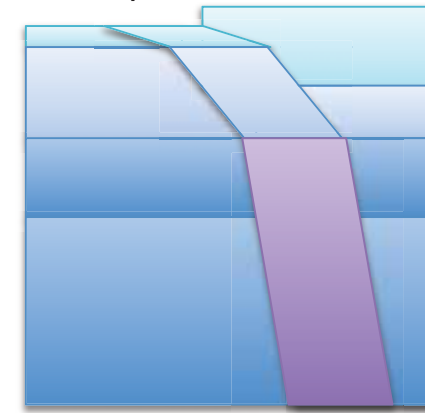
半無限平行成層



PREM (Dziewonski & Anderson, 1981) による地震波速度による弾性定数

大陸－海洋別成層構造+スラブ

海洋（PH, PA）大陸（NA）



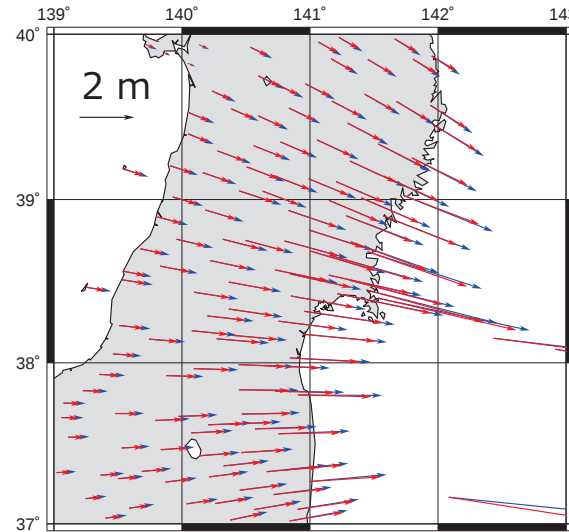
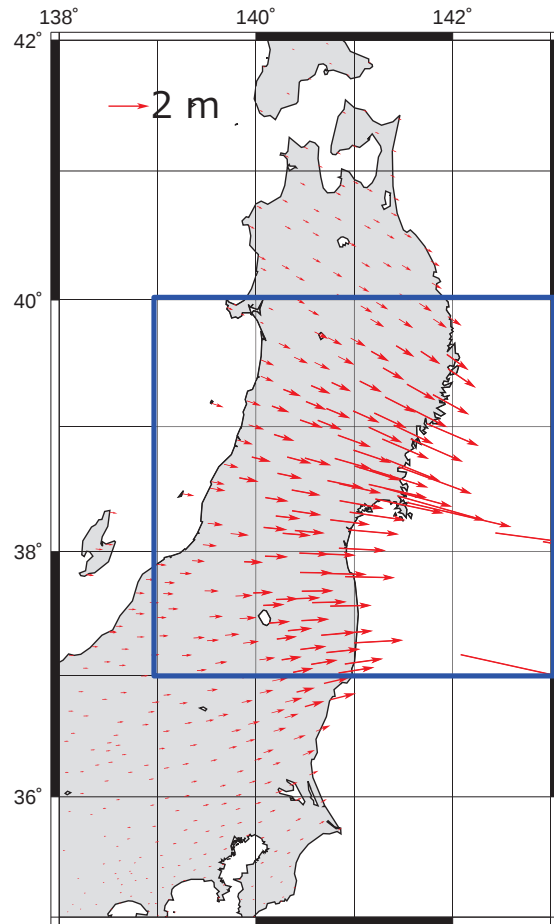
スラブ

大陸地殻 40 km、海洋地殻6 km、深部はPREMを用いる、スラブでは同じ深さの周囲の媒質より V_p , V_s が5%大きいと仮定

＊ 大陸と海洋には4 kmの標高差を設けている

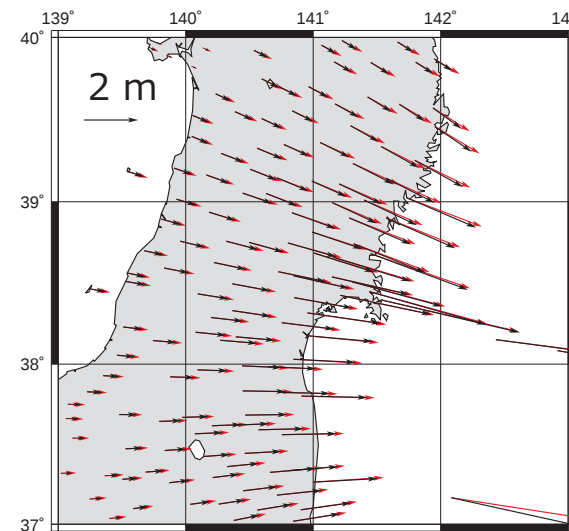
構造モデルによる変位分布の違い

大陸－海洋別成層構造モデルによる変位（全体図）



均質と成層構造の違い（拡大図）

→ 均質
→ 成層



成層構造と大陸／海洋別成層構造の違い（拡大図）

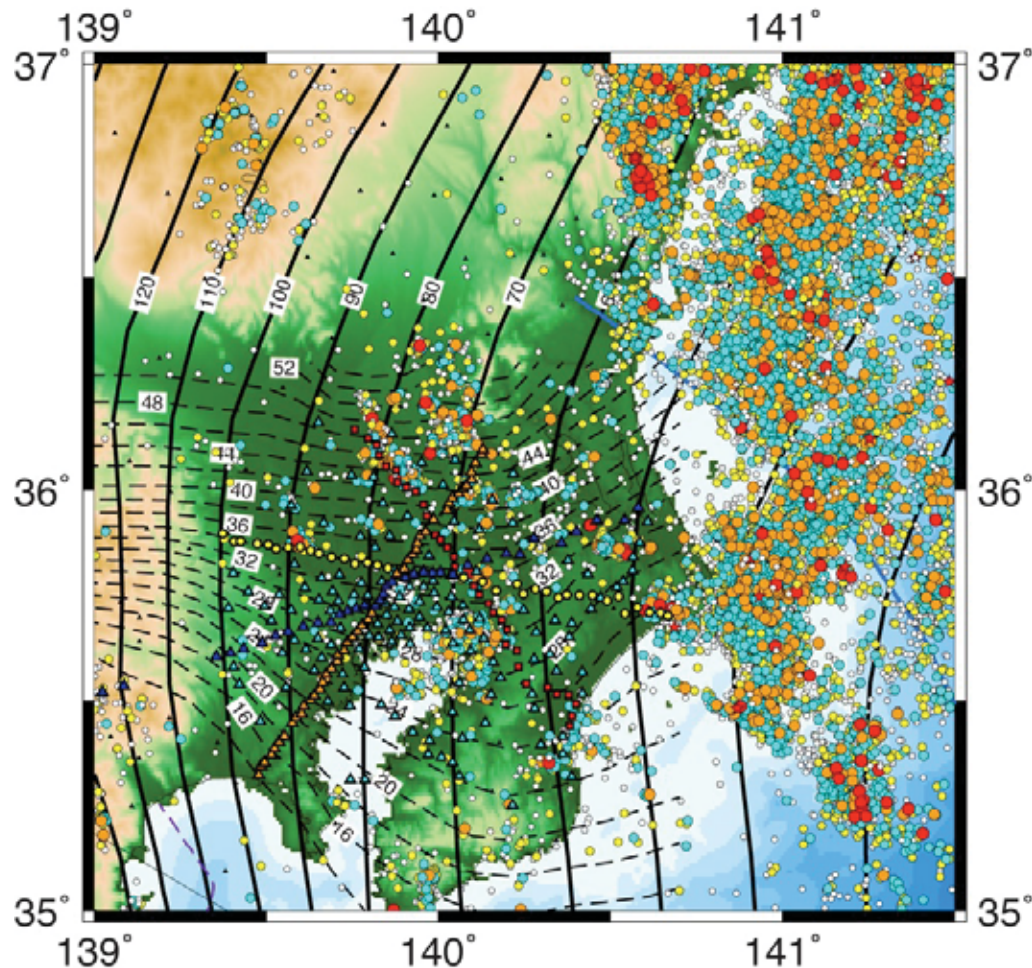
→ 成層
→ 大陸／海洋

変位ベクトルの大きさはそれぞれのモデルで最大1割程度異なる！

シミュレーションまとめ

- FEMモデルを用いて、地震時の変動に対する地下構造の効果について調べた。均質モデルや平行成層構造、大陸－海洋別成層構造モデルで変位ベクトルの大きさに有意な違いが見られた。
 - 今後の課題
 - － 弾性定数分布モデルによる違いに関して、上下変位や応力の違いも調べる
 - － より小さいスケール（100 km）での弾性定数分布の違いの効果を調べる
 - － インバージョン解析を行い、GPS観測から地震時すべりの分布を求める
 - － 東北地方太平洋沖地震後の余効変動・応力変化を求め、既存弱面に作用するクーロン応力を予察的に求める。
- より現実的な応力再配分シミュレーションを可能に！

MeSO-net の地震波形データを用いたフィリピン海および太平洋プレートのイメージング



太平洋プレート Hirose (research web site).
フィリピン海プレート ERI (MeSO-net group).

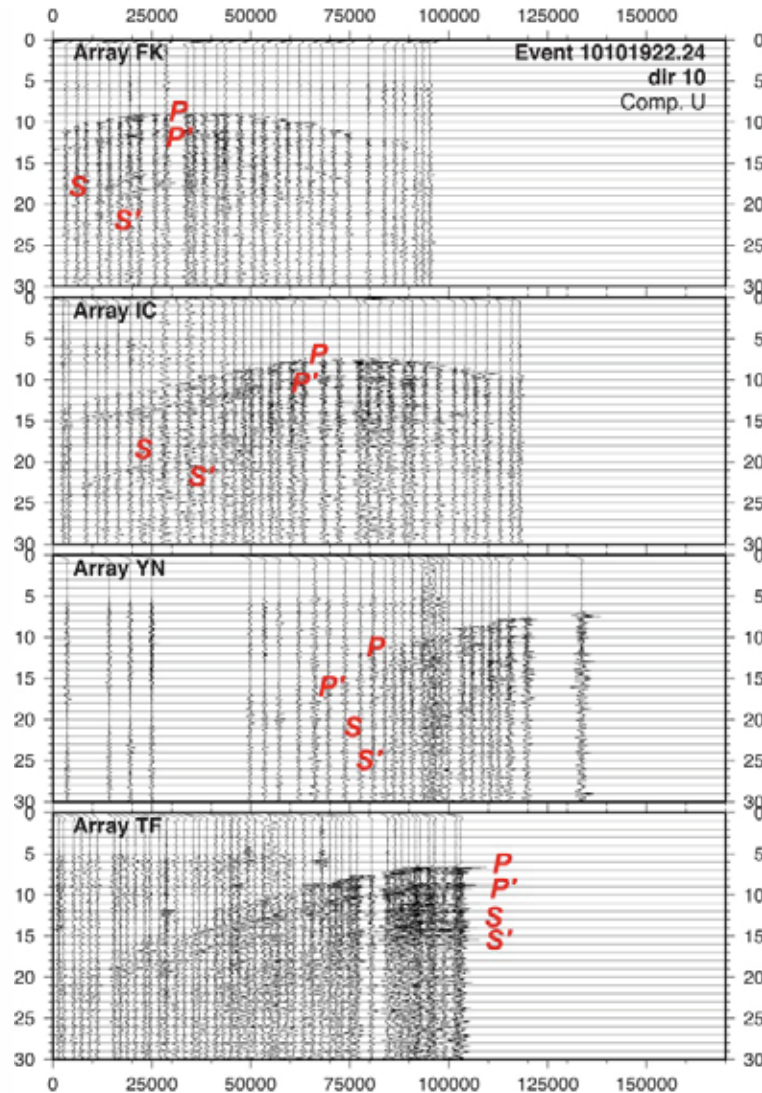
目的:

- (1) MeSO-net の観測データを用いて、フィリピン海プレートの深さと形状を改良する。
- (2) スラブ境界や内部の物性についての情報を抽出する。
- (3) 同様の情報を太平洋スラブについても探し出す。

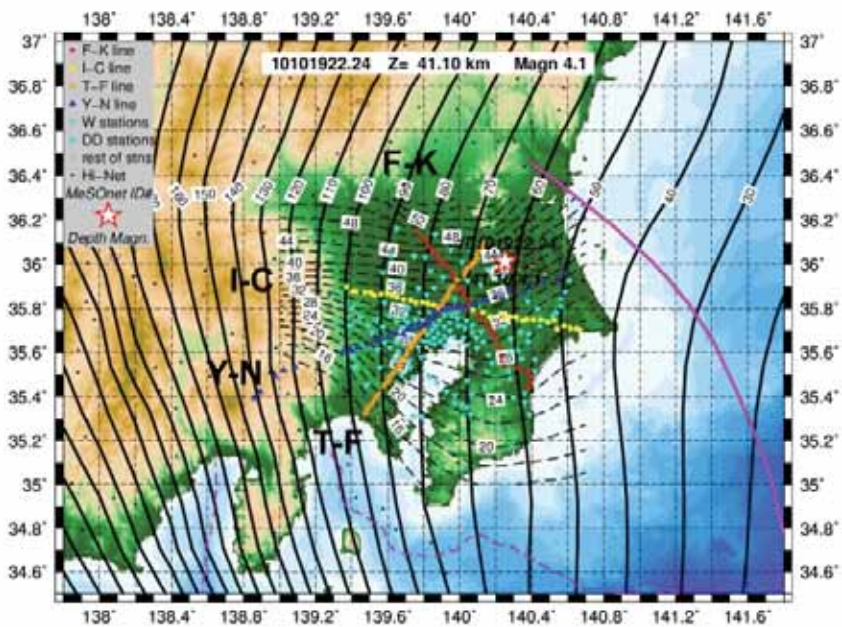
Method:

- (A) 反射波・屈折波、P波およびS波の変換波などの後続波に着目。
- (B) MeSO-net のデータを、マルチチャンネル反射法地震探査の概念と方法により解析。
- (C) 解釈の妥当性の検討のため理論波形を計算。速度構造と形状を改良するためにも、有効。

MeSO-net で観測された地震波形: $M4.1$, 深さ 41.1 km 2010.10.19
22:24



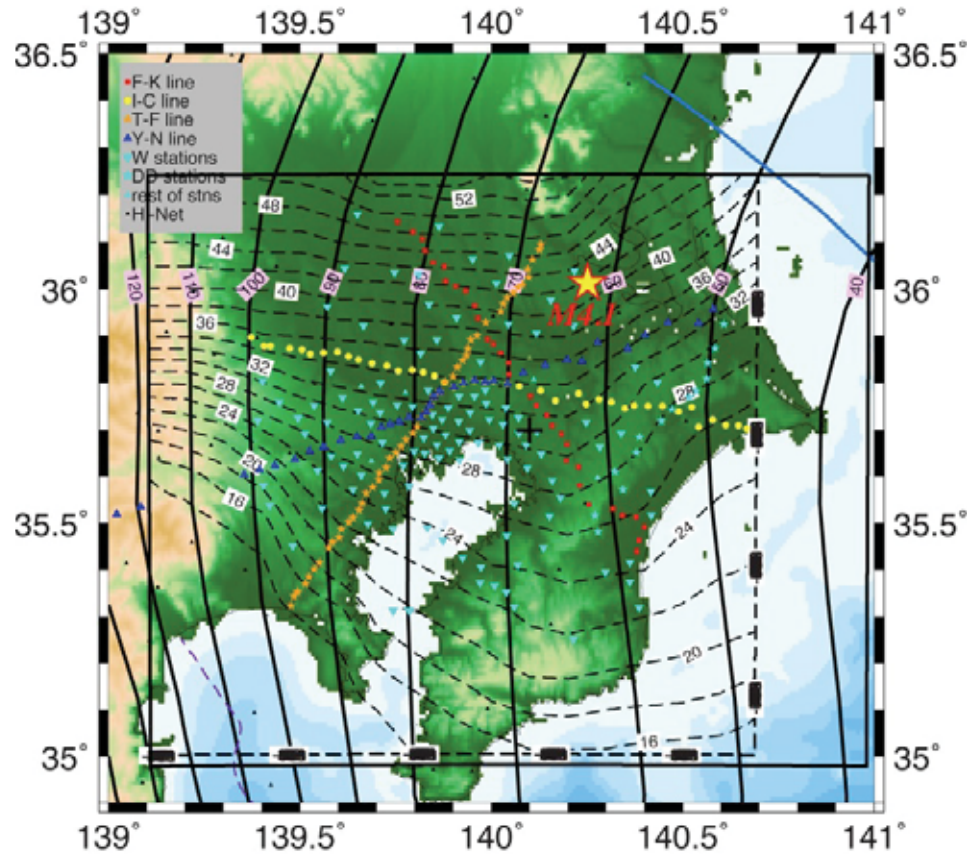
震源はPHSの地殻内



P' と S' は、スラブ内からの反射と解釈される。
スラブの内部構造や反射特性についての情報を
読み取れる可能性がある。

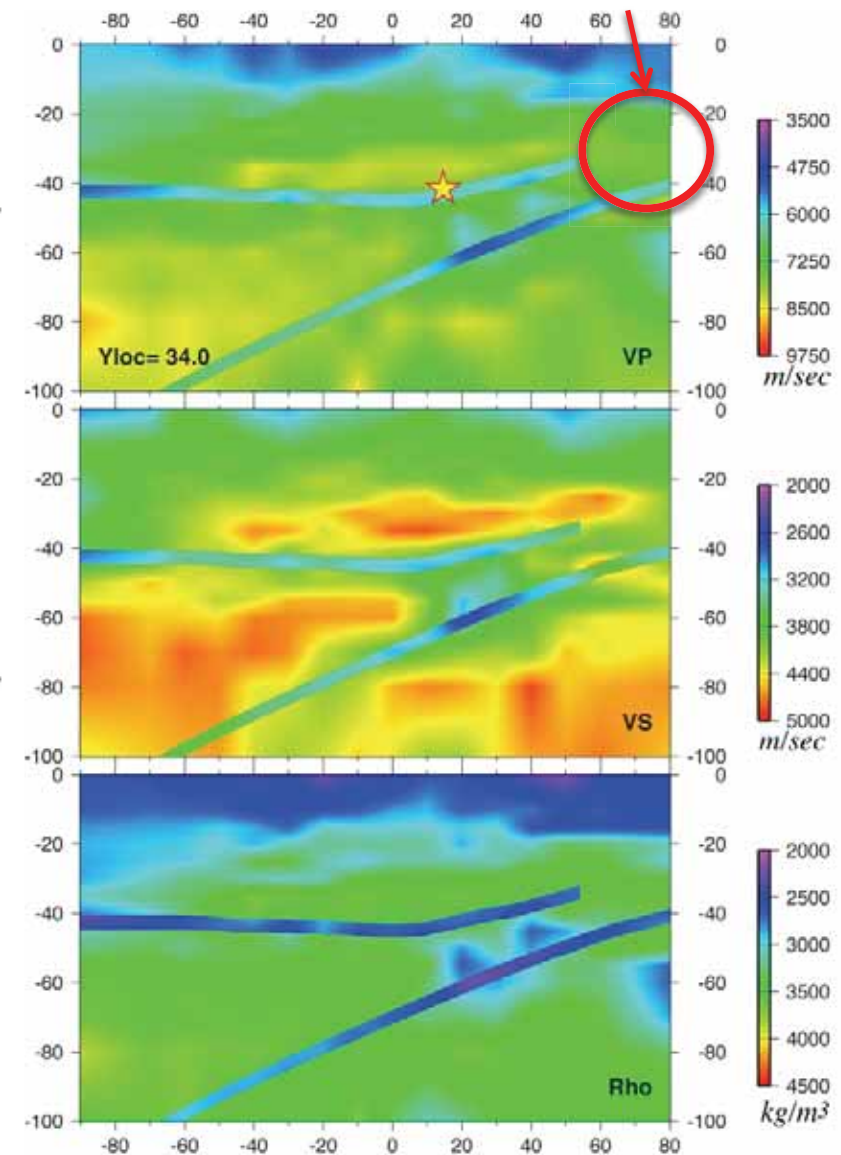
MeSO-net 内の地震を用いた理論波形の計算

三次元弾性体モデルを構築
地震研 MeSO-net グループのトモグラフィと
PHS上面の形状
PACの形状(広瀬)



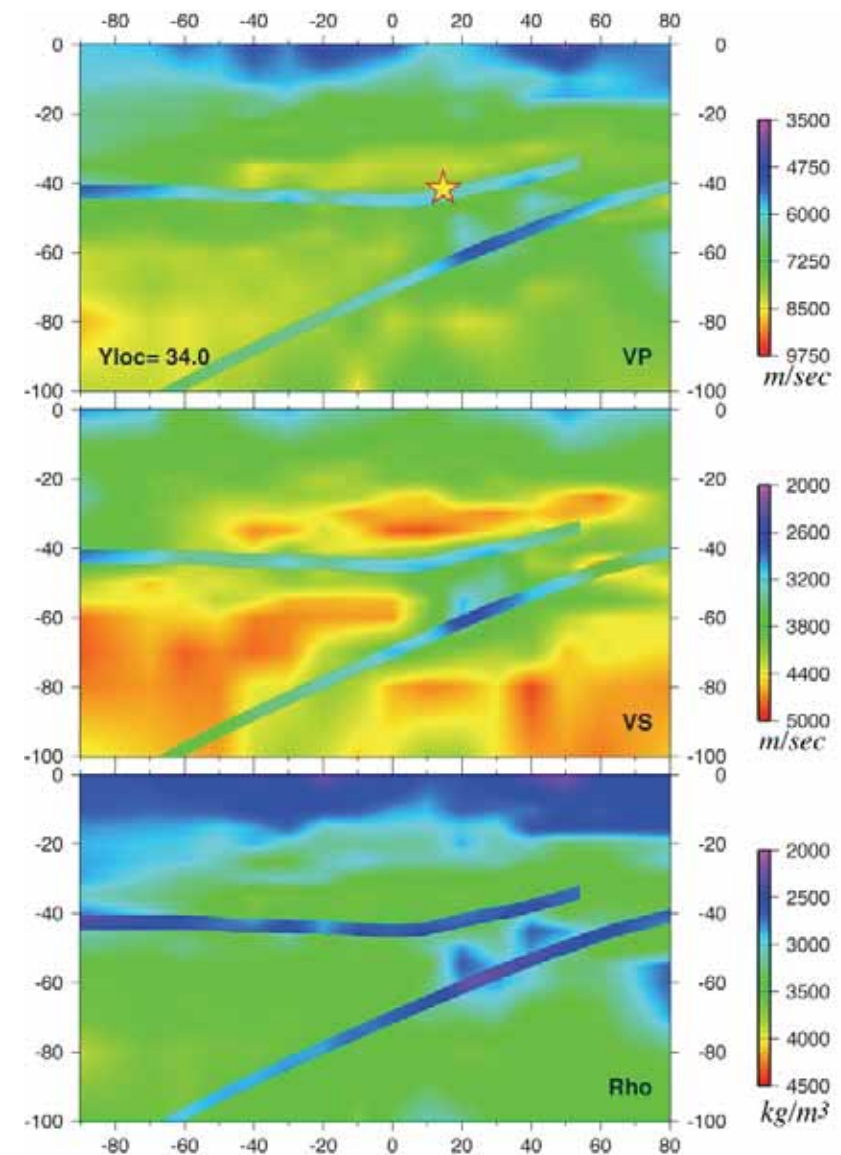
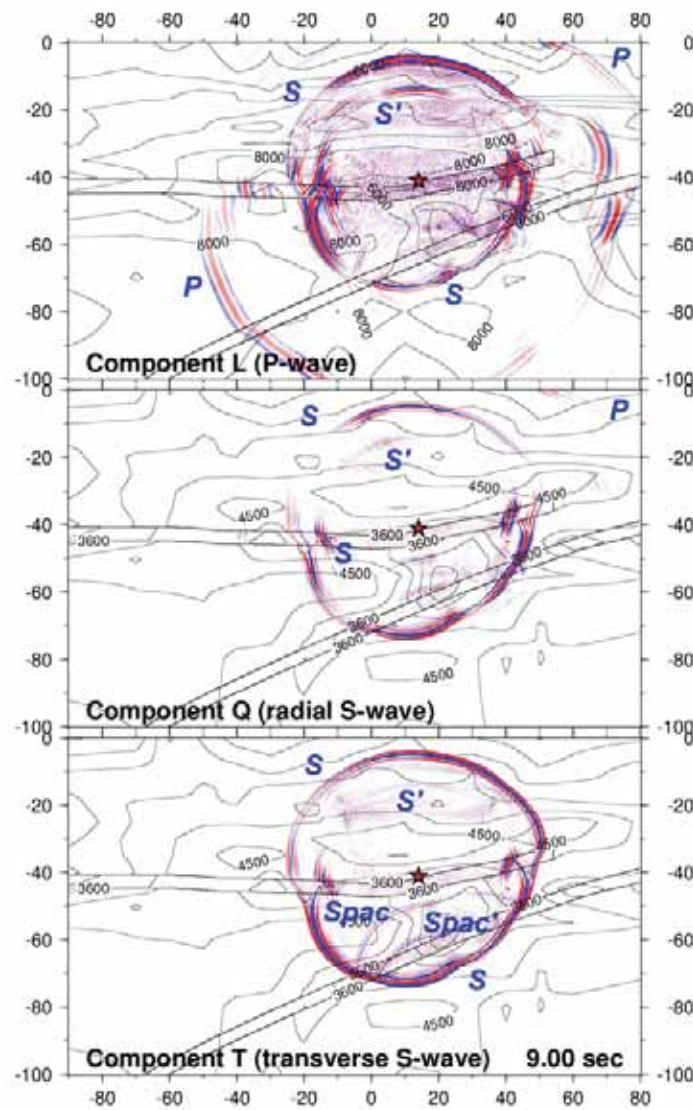
M4.1, depth 41.1 km 2010.10.19 22:24

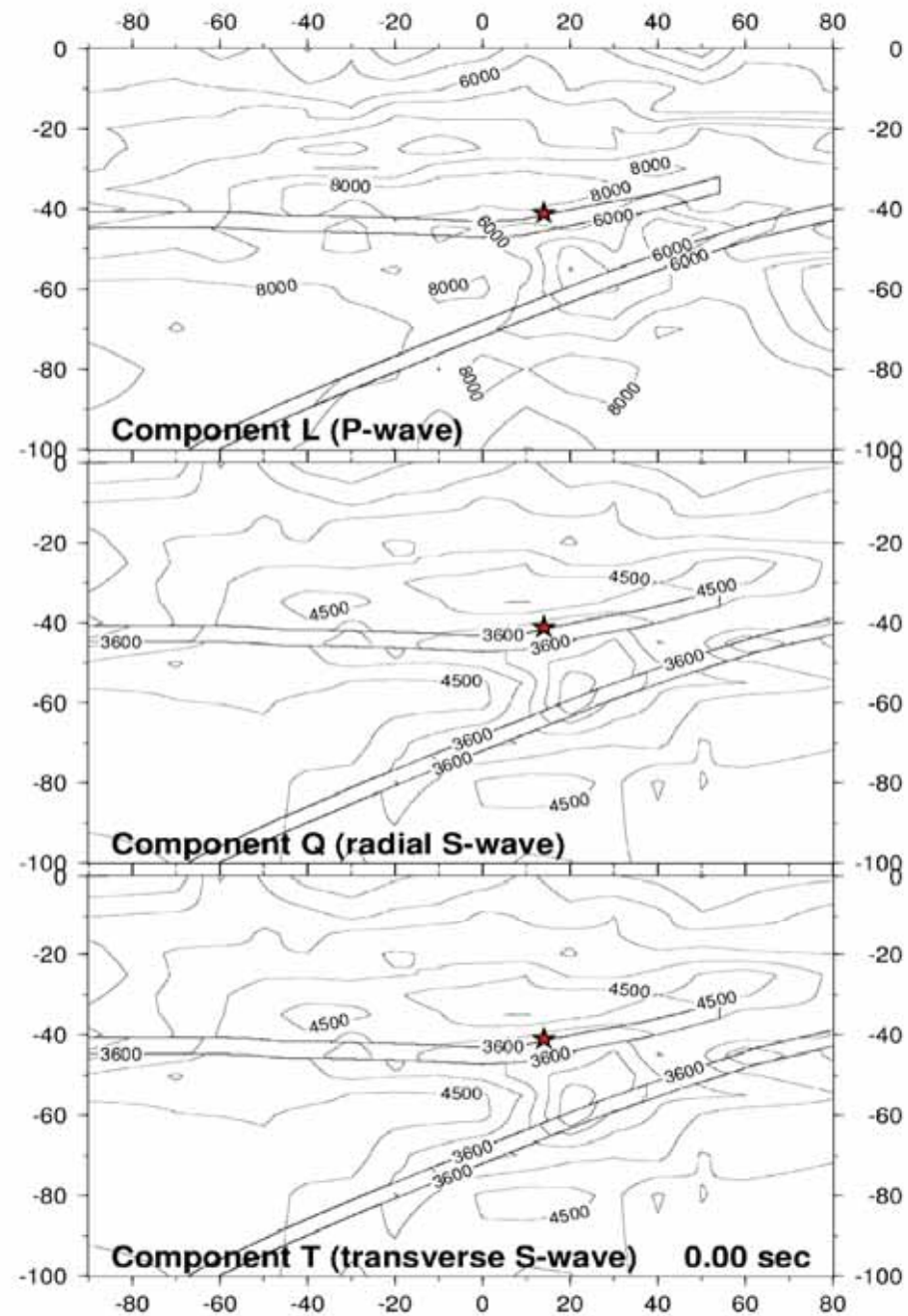
ERIモデルでは
作図範囲外



MeSO-net 内の地震を用いた理論波形の計算

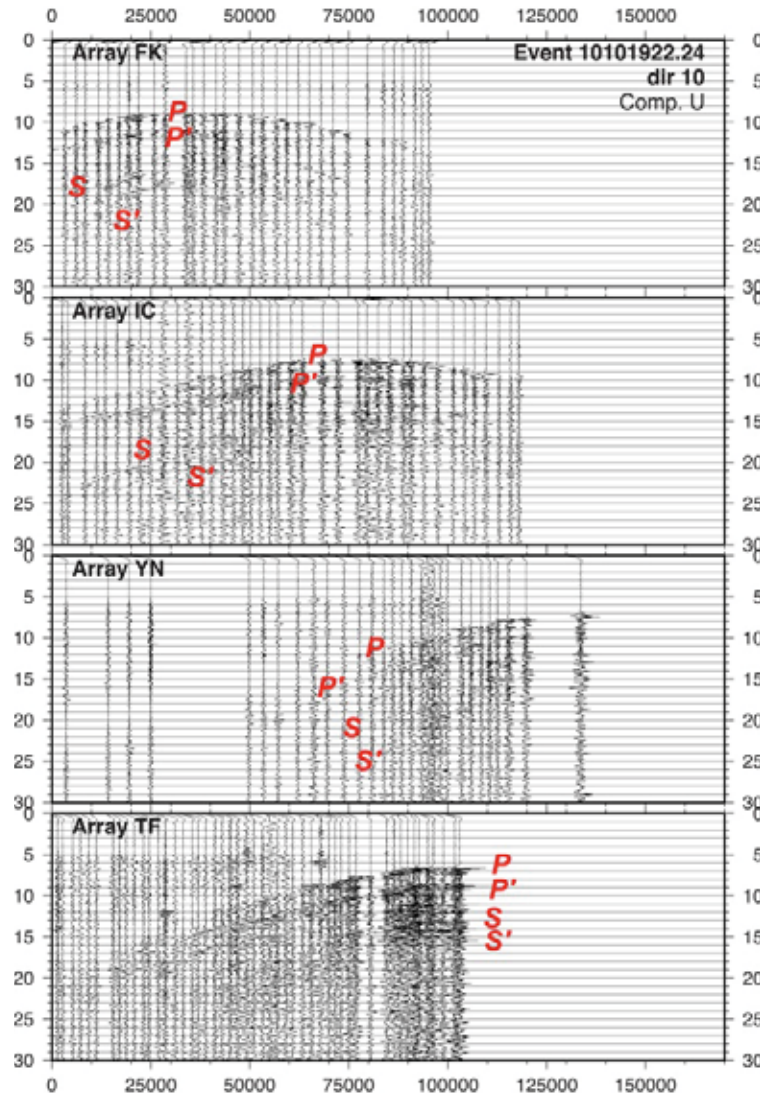
三次元有限差分法による



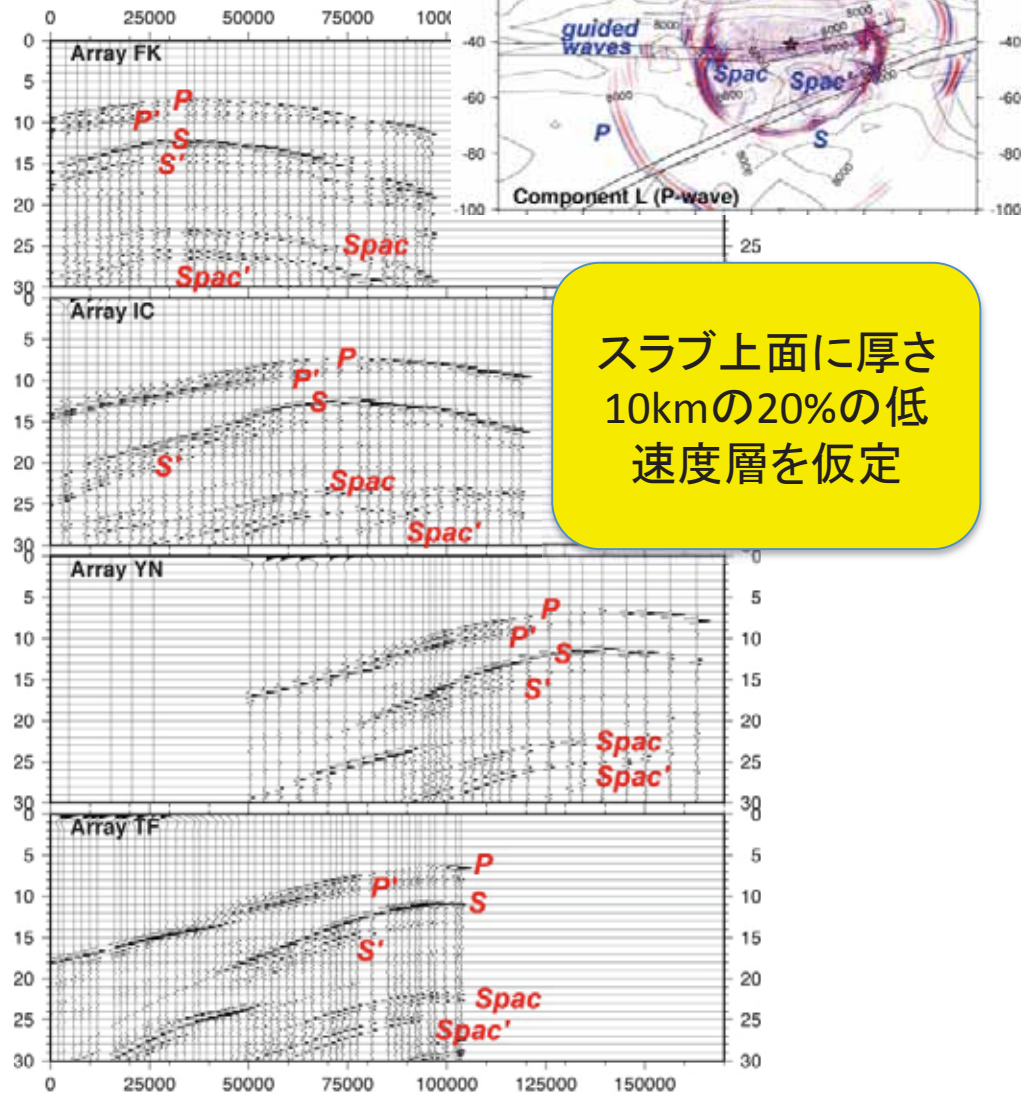


観測波形と理論波形の比較

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



理論波形



スラブ上面に厚さ
10kmの20%の低
速度層を仮定

• 不一致は、速度構造やスラブ形状の変更が必要なことを示している。

綾瀬川断層南部の高分解能反射法地震探査



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

石山ほか (2011) に加筆

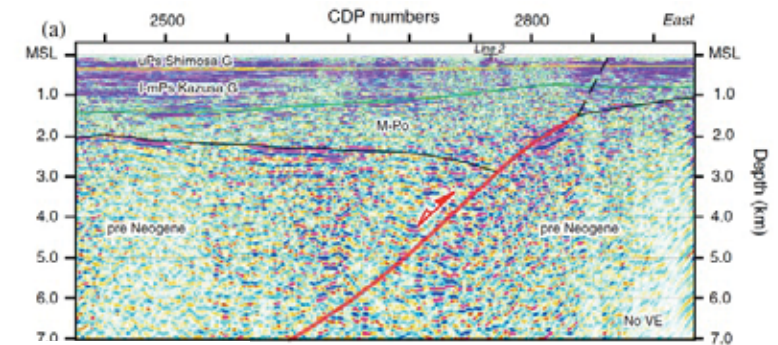
関東平野に伏在する活断層：北関東測線の例



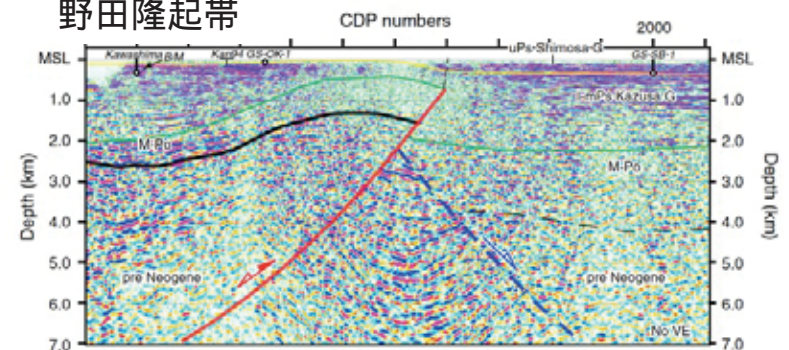
大大特・北関東測線

青線：既存の深部構造探査測線

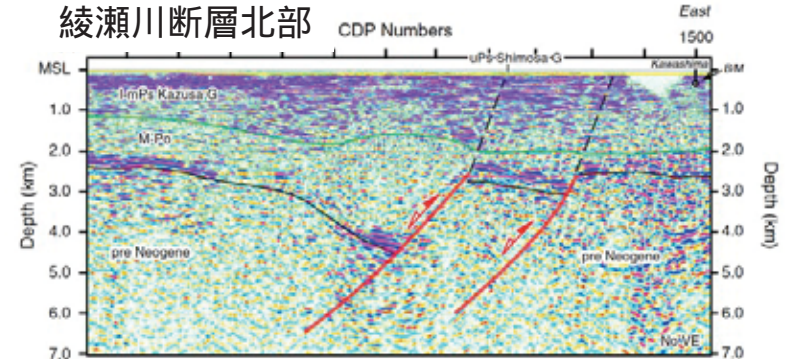
深部構造探査断面と周辺の地質・深井戸を対比することにより、伏在断層の分布や構造が明らかにってきた



野田隆起帯



綾瀬川断層北部

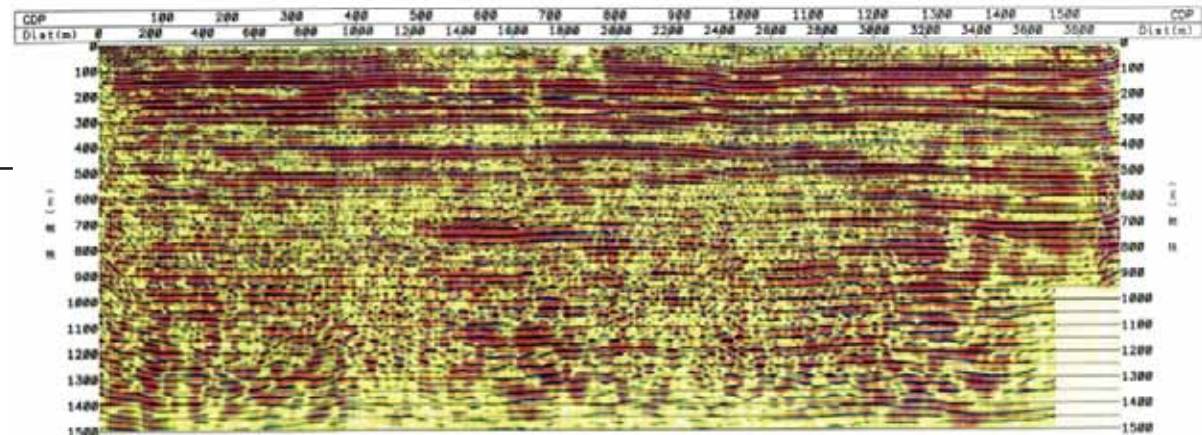


荒川沈降帯

H25年度の観測計画：綾瀬川断層南部の高分解能反射法地震探査



最終間氷期の段丘面（MIS5a-5c）の
撓曲崖

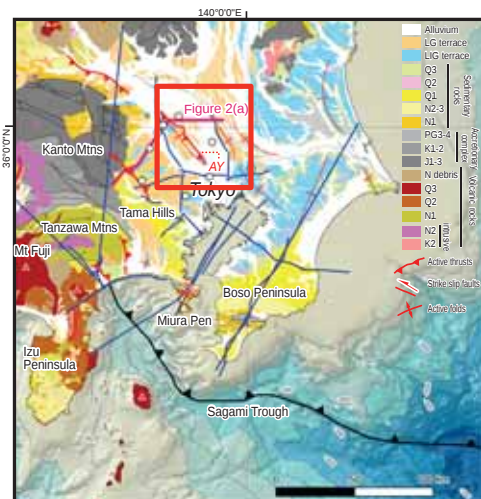


埼玉県（1996）Line A

・推進本部（2000）短い測線の浅層反射断面の不鮮明な下部で断層がないと判断

・H24年度：既存断面と変動地形を再検討
→綾瀬川断層南部において、既存の断面（埼玉県活断層調査、大大特北関東測線など）に見られる変形帯直上に、最終間氷期の段丘の撓曲崖が認められることを確認

・稠密発振・受振（10m）でかつ高エネルギー震源を用いた高分解能反射法地震探査をH25年度に実施
→地下2 kmまでの構造を高分解能で捉え、伏在断層の実態を理解する



H25年度 綾瀬川断層南部の高分解能反射法地震探査



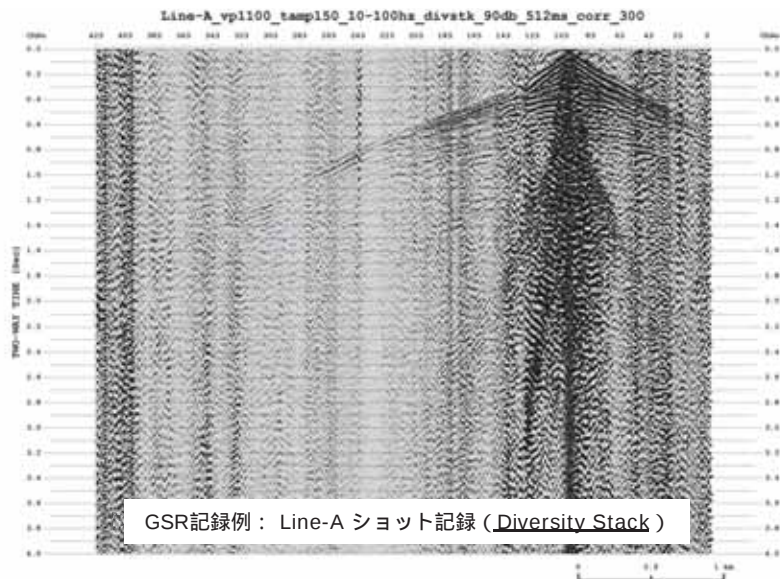
(上) エンビロパイプを使用した都市部での発振作業

(下) 昨年度導入したポータブル独立型レコーダー-GSRの展開

・ H24年度：既存断面と変動地形を再検討
→ 綾瀬川断層南部において、既存の断面（埼玉県活断層調査、大大特北関東測線など）に見られる変形帯直上に、最終間氷期の段丘の撓曲崖が認められることを確認

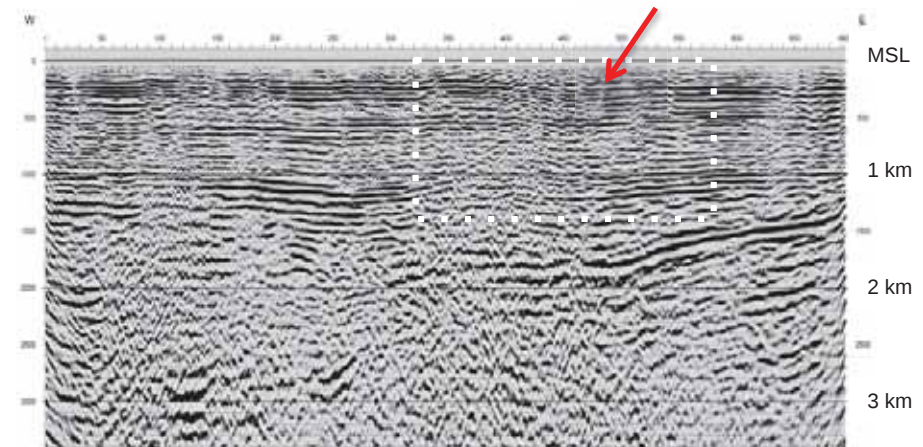
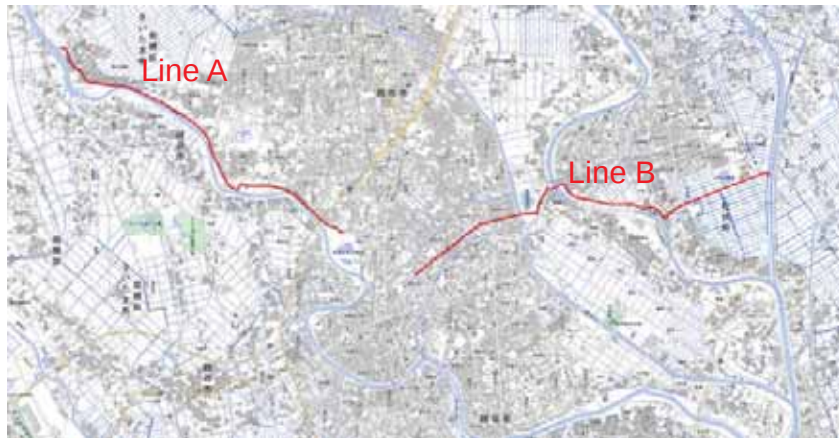
・ H25年度：稠密発振・受振（10m）固定展開・中型パイプロ震源を用いた高分解能反射法地震探査を実施（測線長約5km*2本）
→ データ取得は終了、現在編集中。年度後半に解析を実施

H25年度 綾瀬川断層南部の高分解能反射法地震探査

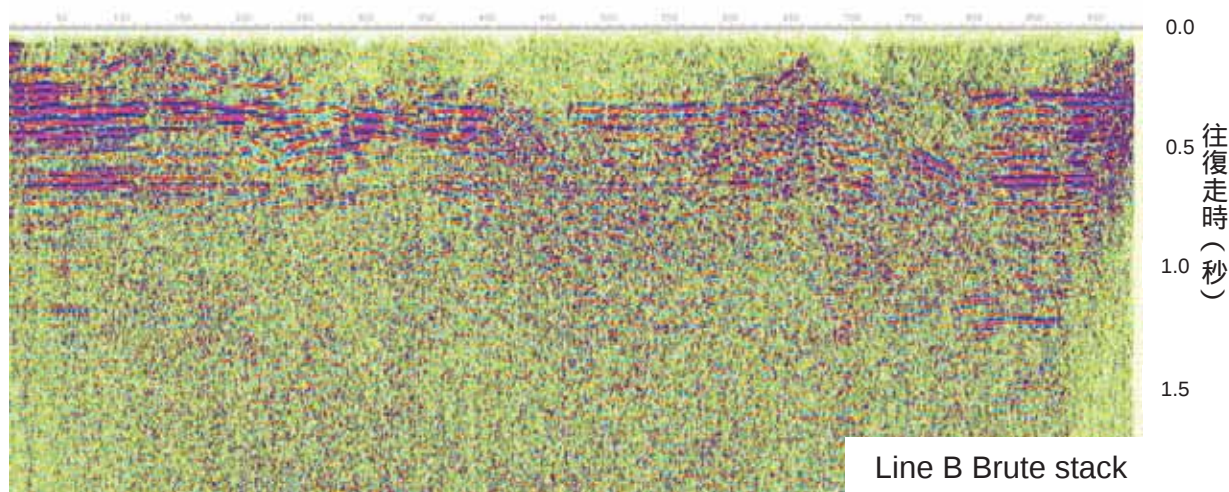


- ・ H24年度：既存断面と変動地形を再検討
→ 綾瀬川断層南部において、既存の断面（埼玉県活断層調査、大大特北関東測線など）に見られる変形帯直上に、最終間氷期の段丘の撓曲崖が認められることを確認
- ・ H25年度：稠密発振・受振（10m）固定展開・中型バイプロ震源を用いた高分解能反射法地震探査を実施（測線長5km*2本）
→ データ取得は終了、現在編集中。年度後半に解析を実施

H25年度 綾瀬川断層南部の高分解能反射法地震探査：初期的な結果



大大特 大宮-野田測線 深度断面 VE = 2



Line B Brute stack

- ・ H25年度：稠密発振・受振（10m）固定展開・中型パイプ口震源を用いた高分解能反射法地震探査を実施（測線長5km*2本）
→ データ取得は終了、現在編集中。年度後半に解析を実施

今年度内の課題

- 東北沖地震後の関東地方の応力変化
 - より小さいスケール（～100 km）での弾性定数分布の違いの効果を調べる
 - インバージョン解析を行い、GPS観測から地震時すべりの分布を求める
 - 東北地方太平洋沖地震後の余効変動・応力変化を求め、既存弱面に作用するクーロン応力を予察的に求める。
- MeSO-net の地震波形データを用いたフィリピン海および太平洋プレートのイメージング
 - 取り扱う地震の数を増加させ、理論波形との比較により、プレート形状を高精度化する。
- 綾瀬川断層南部の高分解能反射法地震探査解析を進める