

2 . 制御震源を用いた地殻構造探査

2-1/2 低重合反射法地震探査及び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

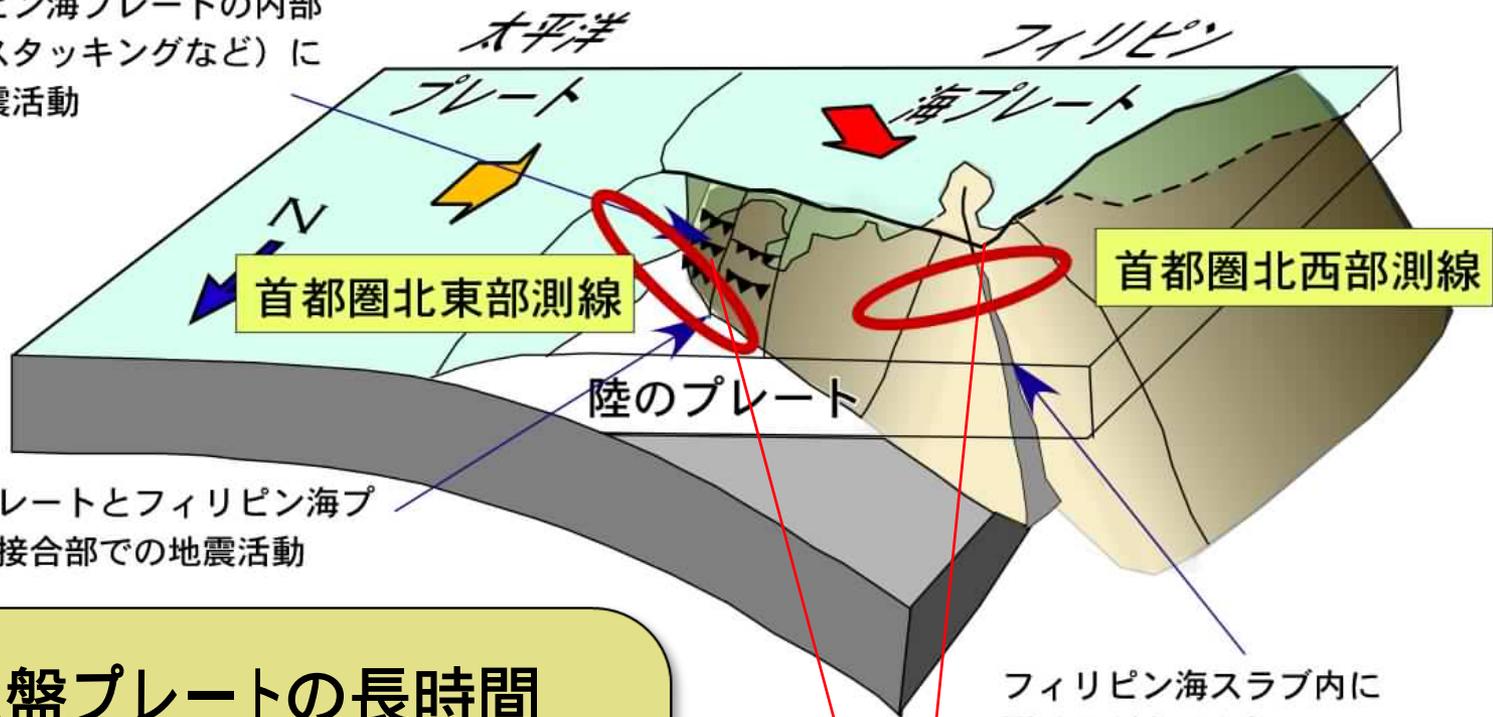
2-3 首都圏下のプレート相互作用を考慮した地殻・上部マントル構造解析研究

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

東京大学地震研究所

千葉大学

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



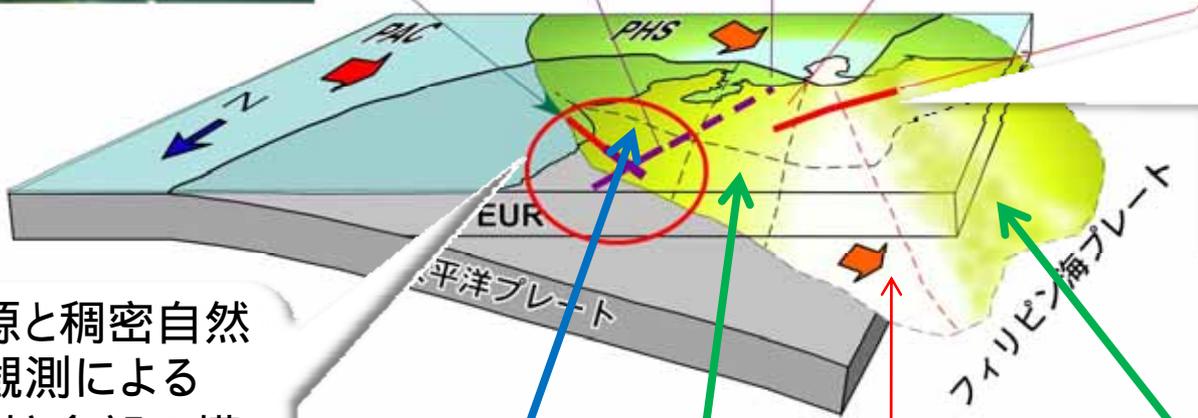
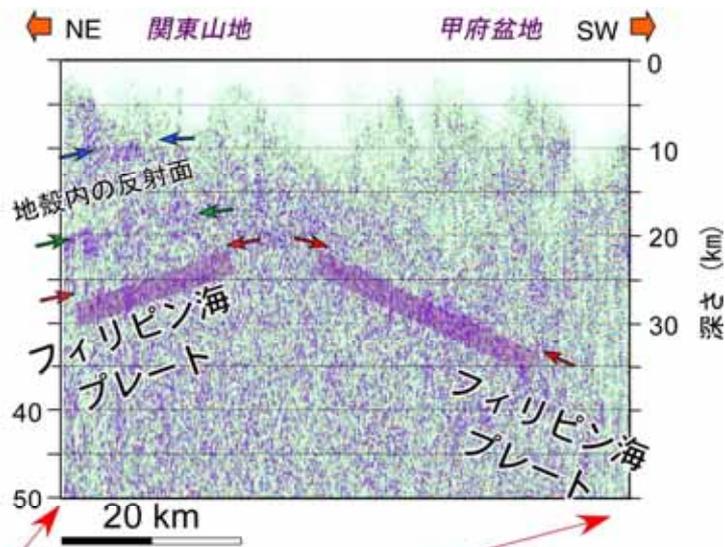
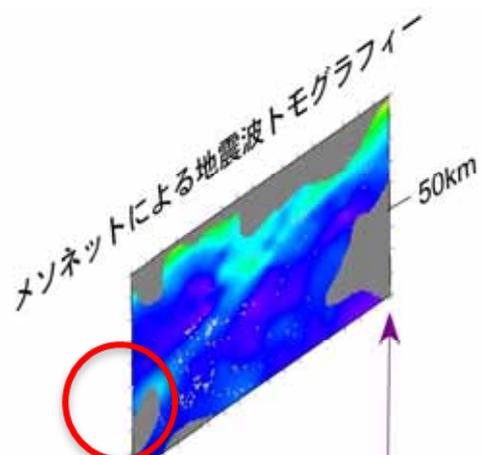
太平洋プレートとフィリピン海プ
レートの接合部での地震活動

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説明 (H22年度)

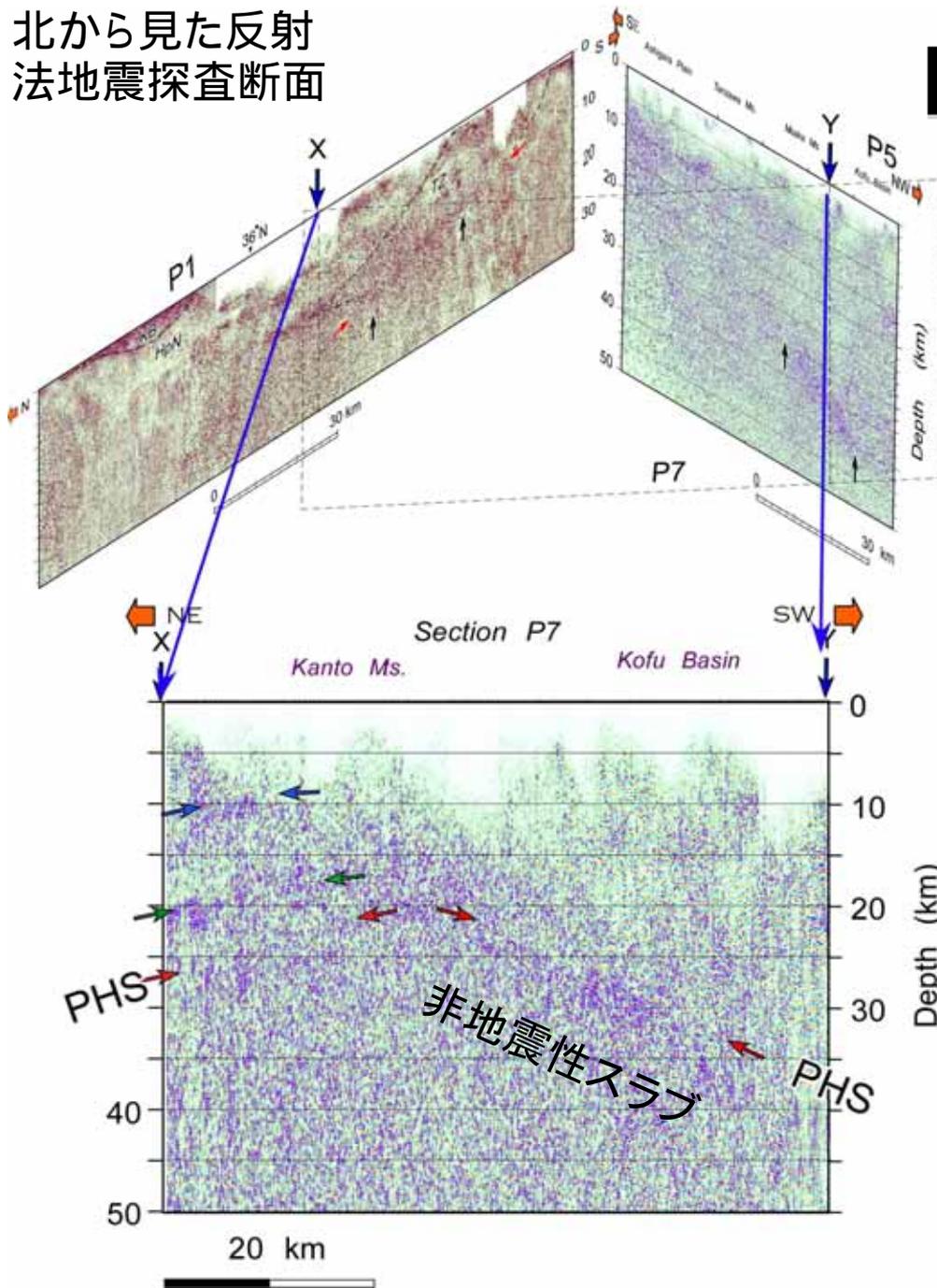
スラブ内部変形大

非地震性スラブ

“普通”のスラブ

“普通”のスラブ

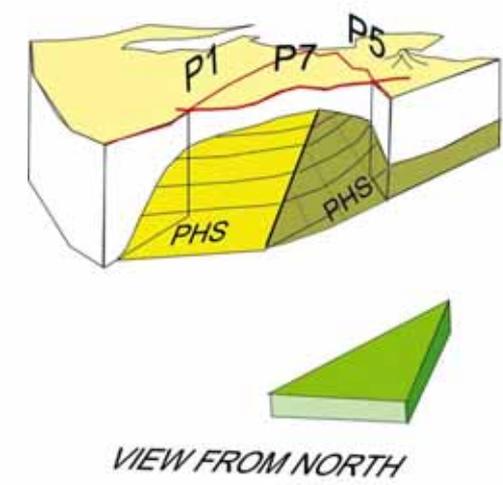
北から見た反射 法地震探査断面



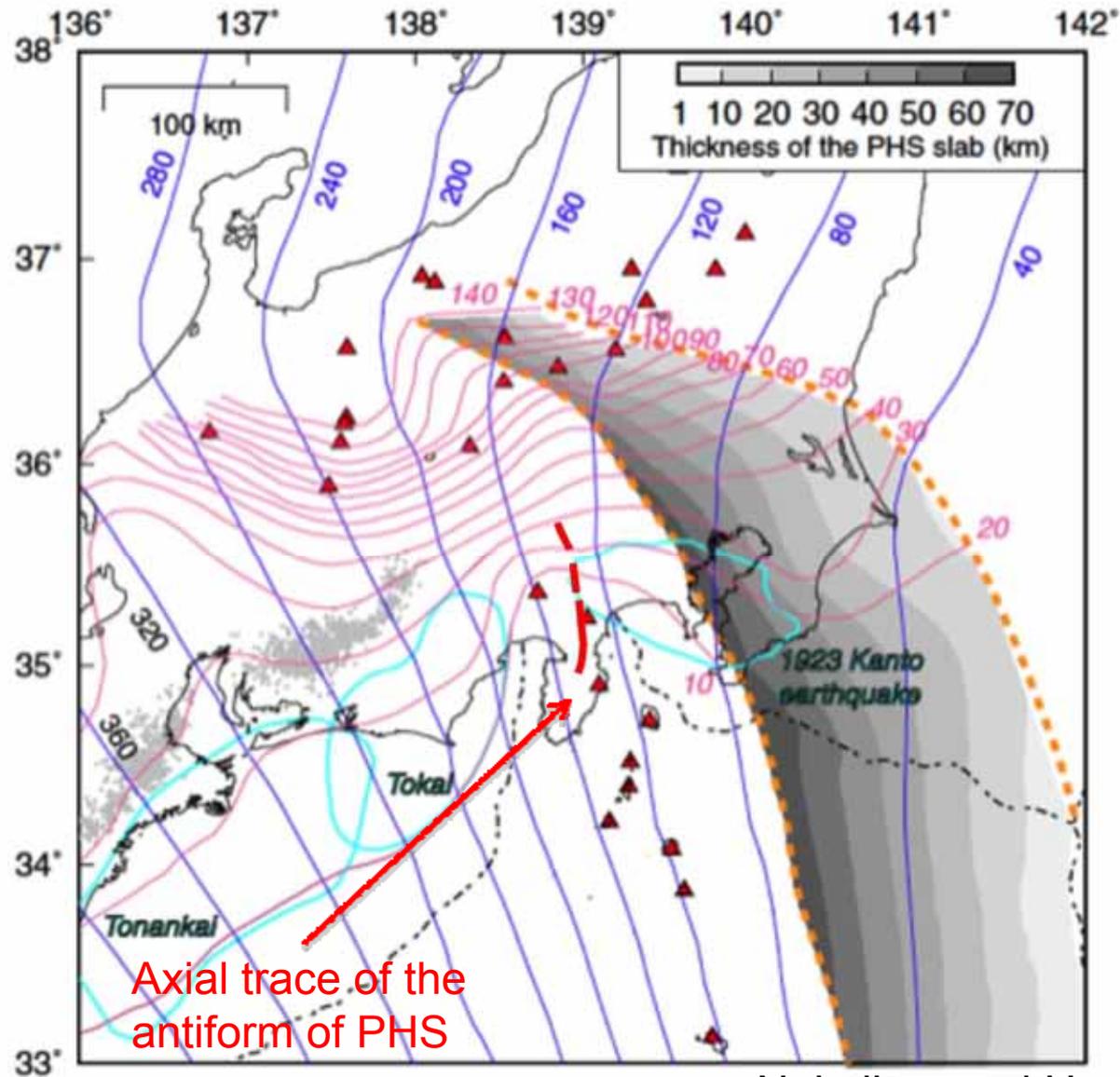
伊豆衝突帯北方のスラブ形状



伊豆衝突帯の北方でPHS内がリッジ状に変形 → 断裂



Depth to PHS and PAC from earthquake tomography



Upper surface of PHS

Upper surface of PAC

Axial trace of the antiform of PHS

Nakajima and Hasegawa (2009)

伊豆衝突帯における 稠密自然地震観測

138° 30' 139° 00' 139° 30'



2008年度
首都直下地震防災・減災特別プロジェクト

2009年度
首都直下地震防災・減災特別プロジェクト

2005年度
大都市大災害軽減化特別プロジェクト

35° 00' 35° 30' 36° 00'
138° 30' 139° 00' 139° 30'

トモグラフィー解析

グリッド間隔

X軸 5km(アレイ測線内)20 km(アレイ測線外)

Y軸 5km(アレイ測線内)20 km(アレイ測線外)

Z軸 -4, -3, -2, -1, 0, 3, 6, 9, 12, 15, 20, 25, 30kmに設定

使用データ

自然地震観測データ(オフライン+テレメータ点)

2005年度 小田原 山梨

2008年度 飯能-御坂

2009年度 秩父 - 丹沢

読み取り観測点がP波が20以上,

S波が10以上のイベントを使用(610個)

発破観測データ(テレメータ点のみ)

2003年富士山構造探査の発破

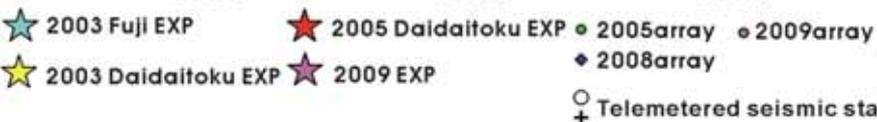
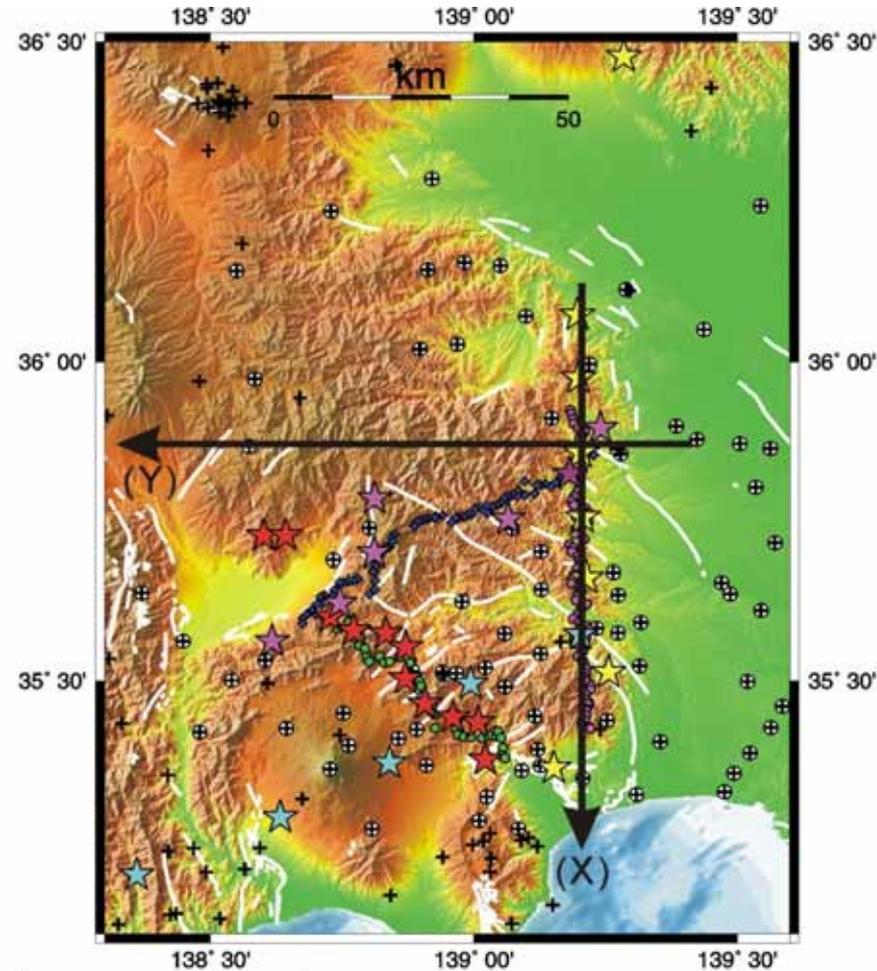
2003年関東山地東縁測線の発破

2005年小田原-山梨測線の発破

2009年秩父 - 丹沢測線の発破

発破観測データ(秩父 - 丹沢測線のオフライン点)

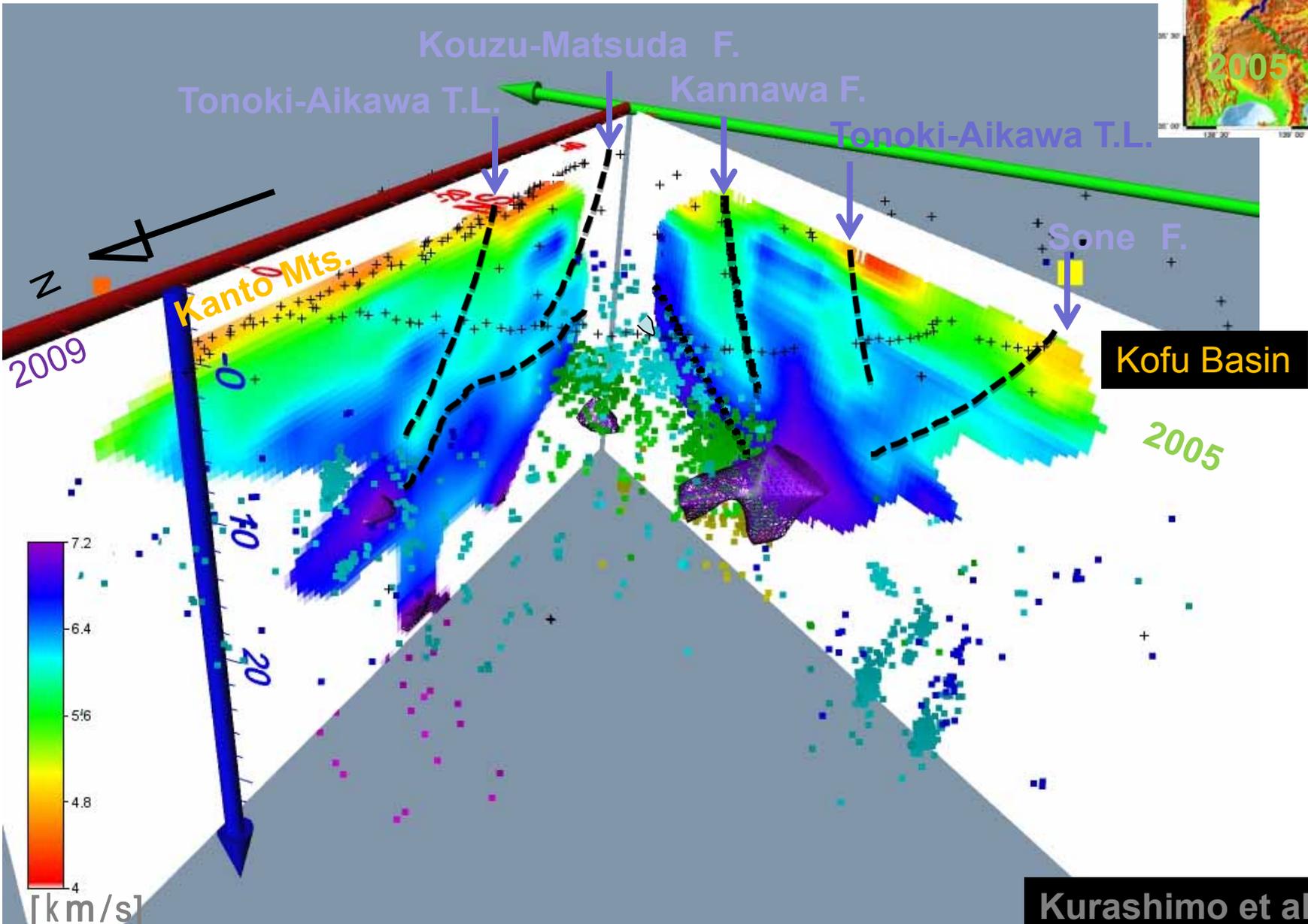
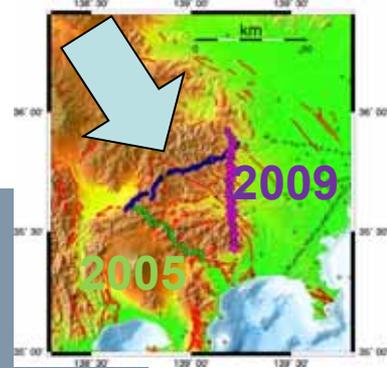
2009年飯能-笛吹測線の発破



解析に使用した読み取り走時の数

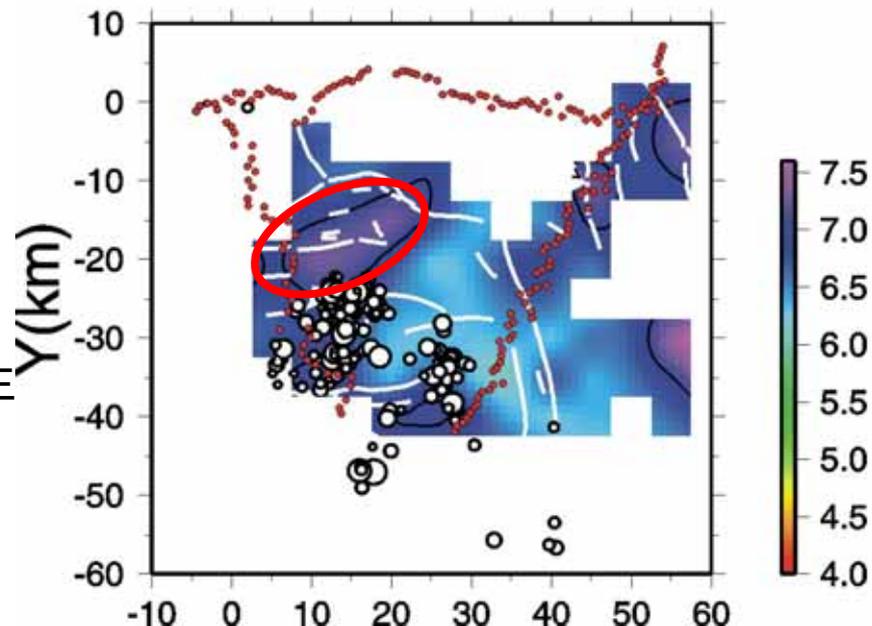
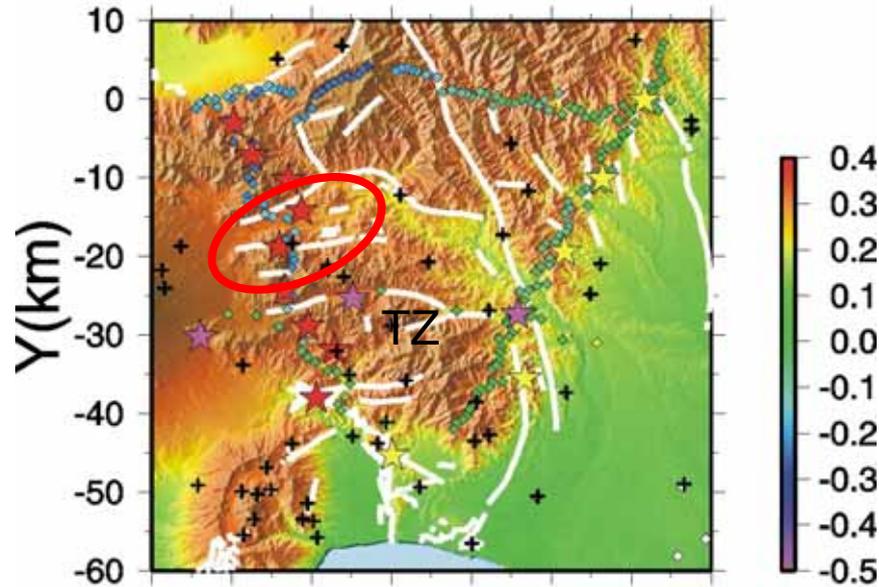
P波:35,042, S波:29,527

P波速度構造



Vp (丹沢) X-Y (Z=20km)

EQ-20



西部に高速度領域
($V_p > 7$) が存在

地震は、
高速度領域南側で発生

関東北東部探査測線の地学的背景

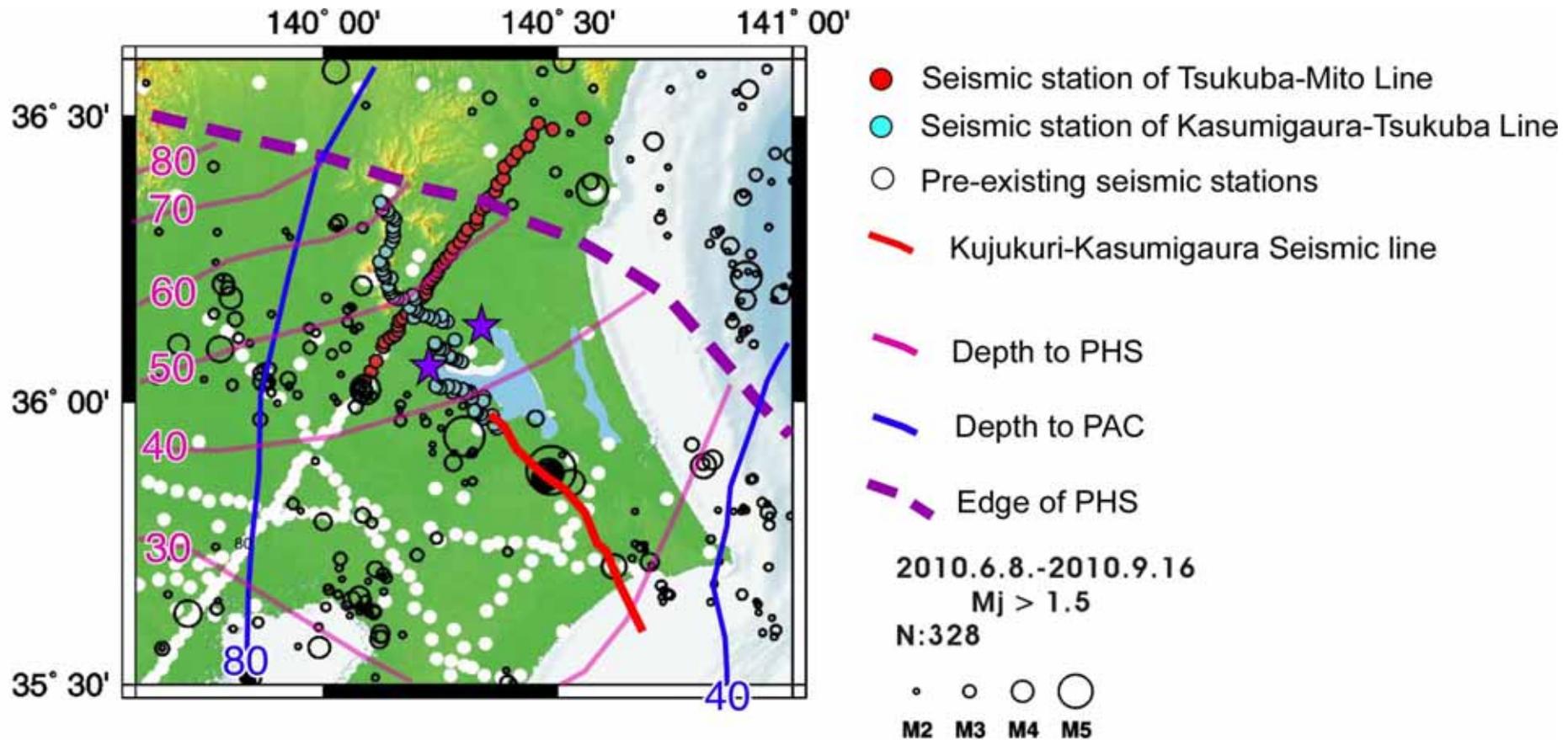


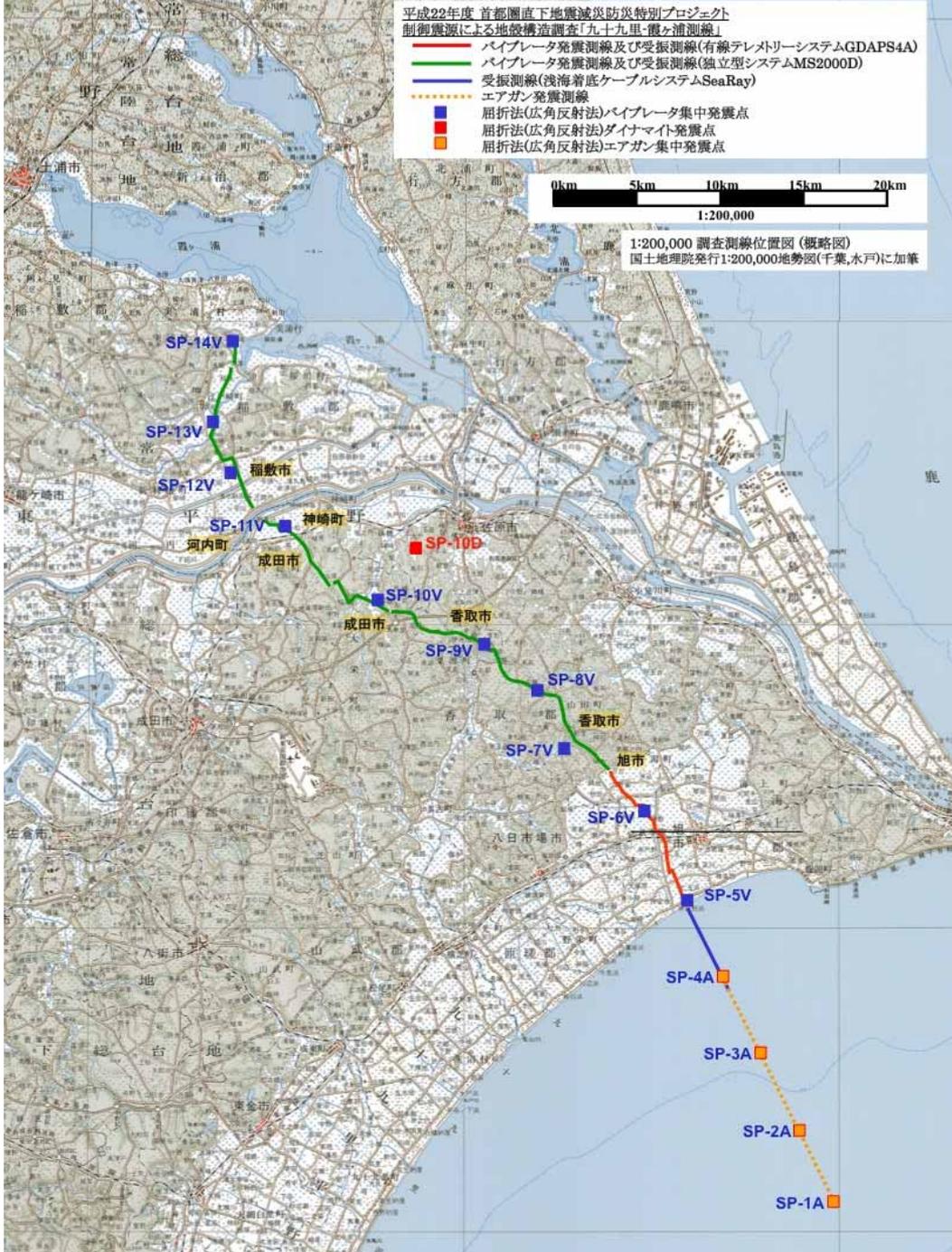
Plate geometry is after Nakajima and Hasegawa (2010) JGR

平成22年度 首都圏直下地震減災防災特別プロジェクト
 制御震源による地殻構造調査「九十九里-霞ヶ浦測線」

- バイブレータ発震測線及び受振測線(有線テレメトリシステムGDAPS4A)
- バイブレータ発震測線及び受振測線(独立型システムMS2000D)
- 受振測線(浅海着底ケーブルシステムSeaRay)
- エアガン発震測線
- 屈折法(広角反射法)バイブレータ集中発震点
- 屈折法(広角反射法)ダイナマイト発震点
- 屈折法(広角反射法)エアガン集中発震点



1:200,000 調査測線位置図(概略図)
 国土地理院発行1:200,000地勢図(千葉,水戸)に加筆



九十九里-霞ヶ浦 反射法地震探査測線

展開長 58.2 km

固定展開

陸上 MS2000, 50m 間隔 486 ch

G-daps 4, 25m 間隔 822 ch

海底 SeaRay 25m 間隔 240 ch

震源 大型バイブレーター 4台

エアガン 3020 cu. Inch,
2000 psi

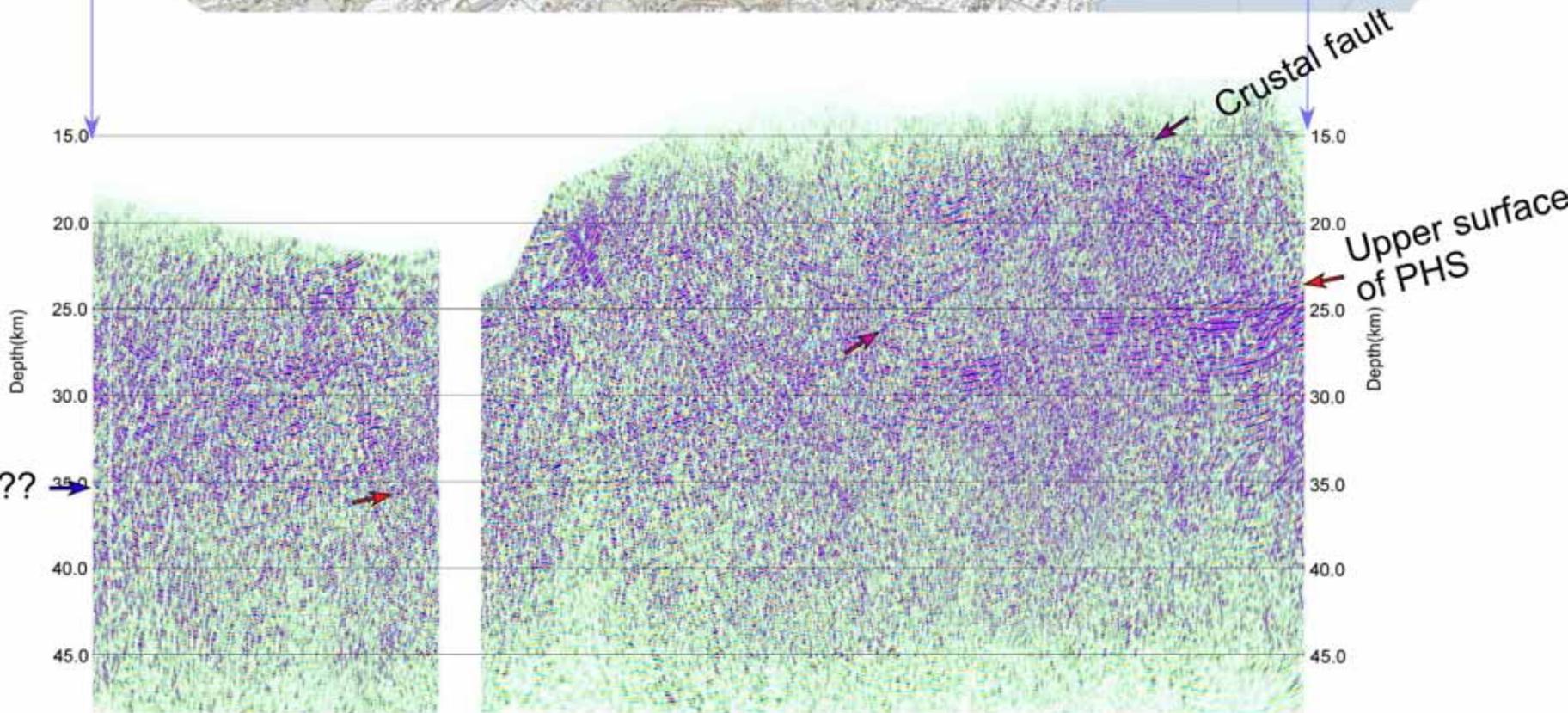
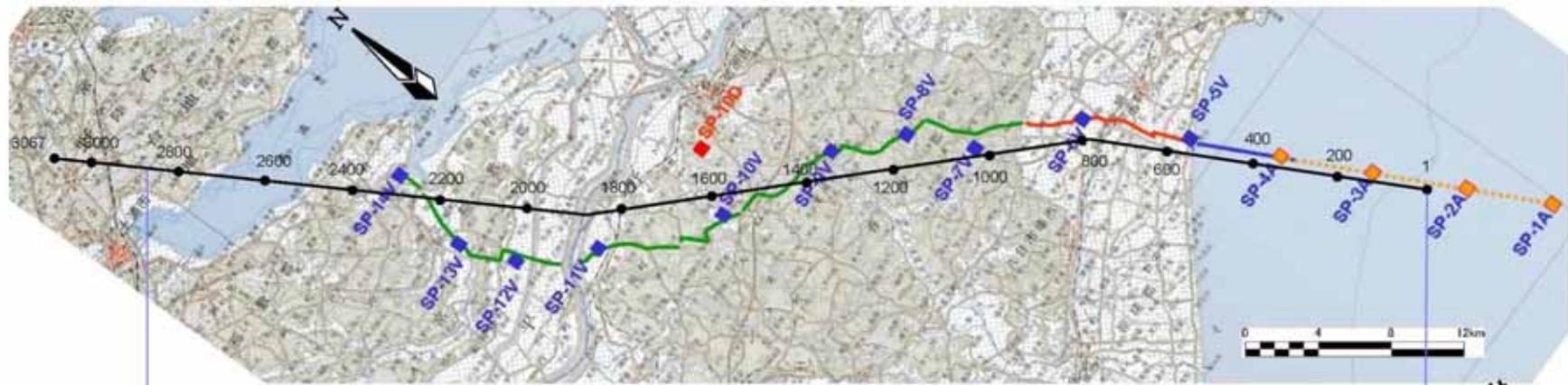
ダイナマイト 2点 (100, 200 kg)

平均発震点間隔

陸上 100-150 m

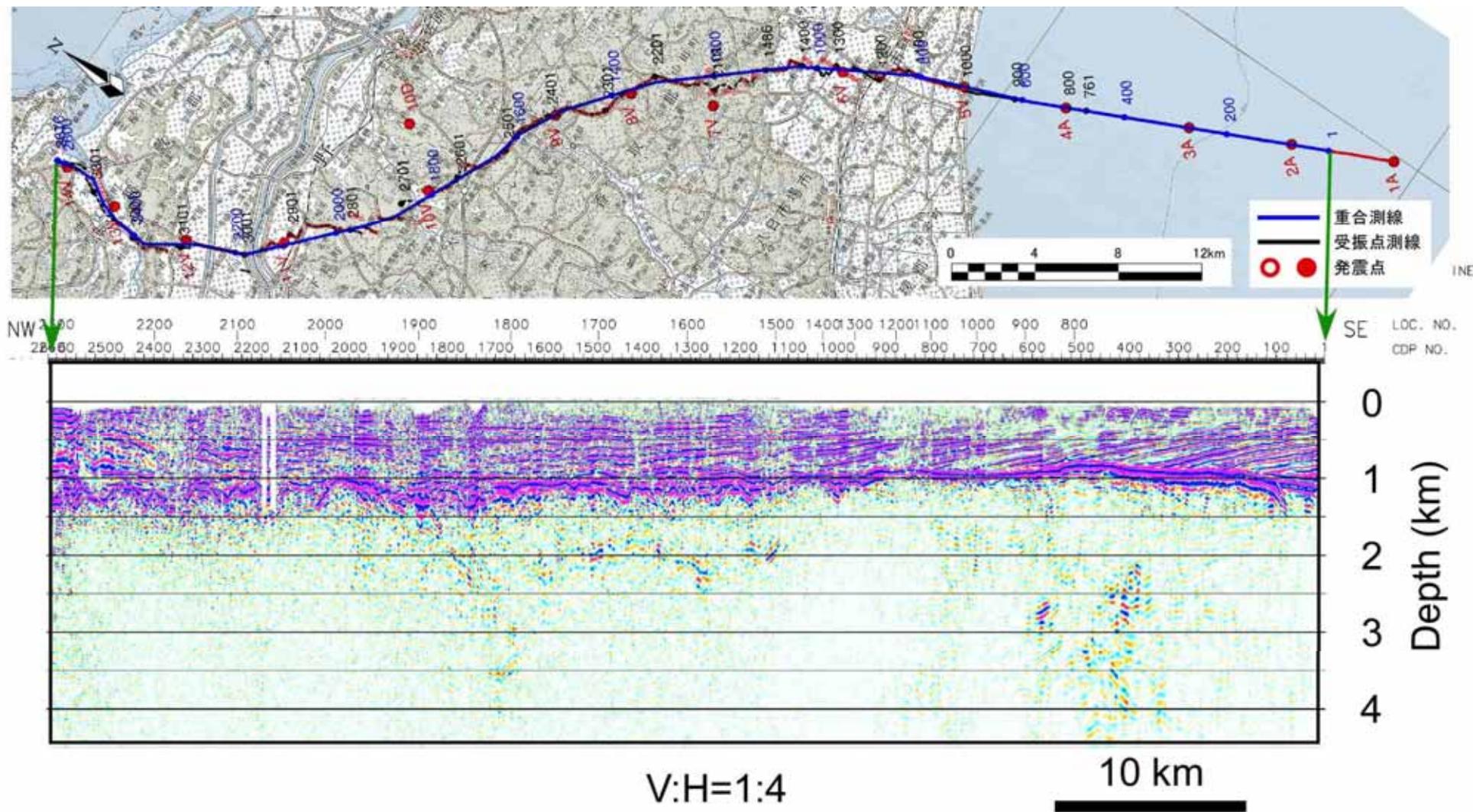
海上 12.5 - 25 m

広角反射法地震探査断面

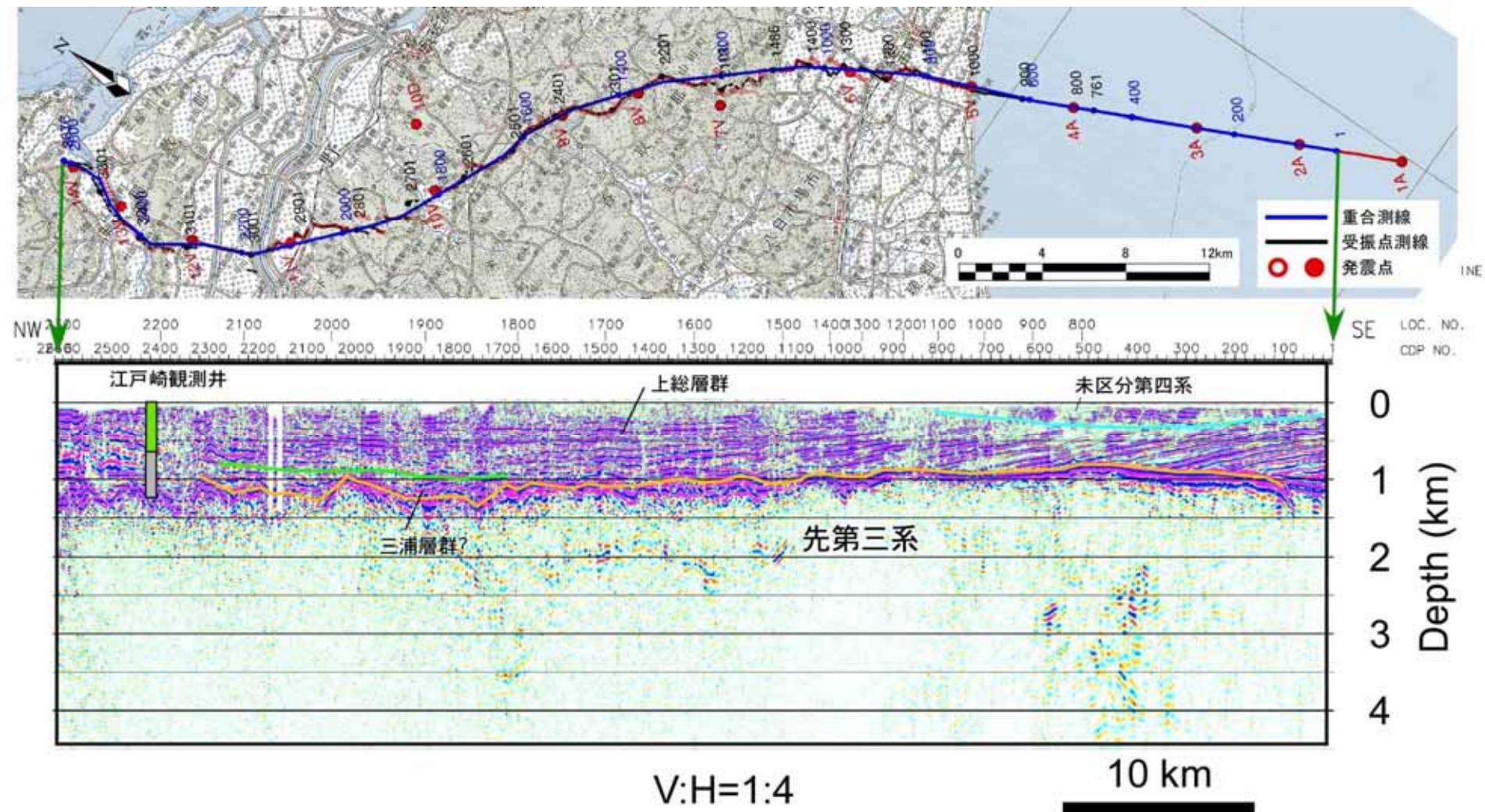


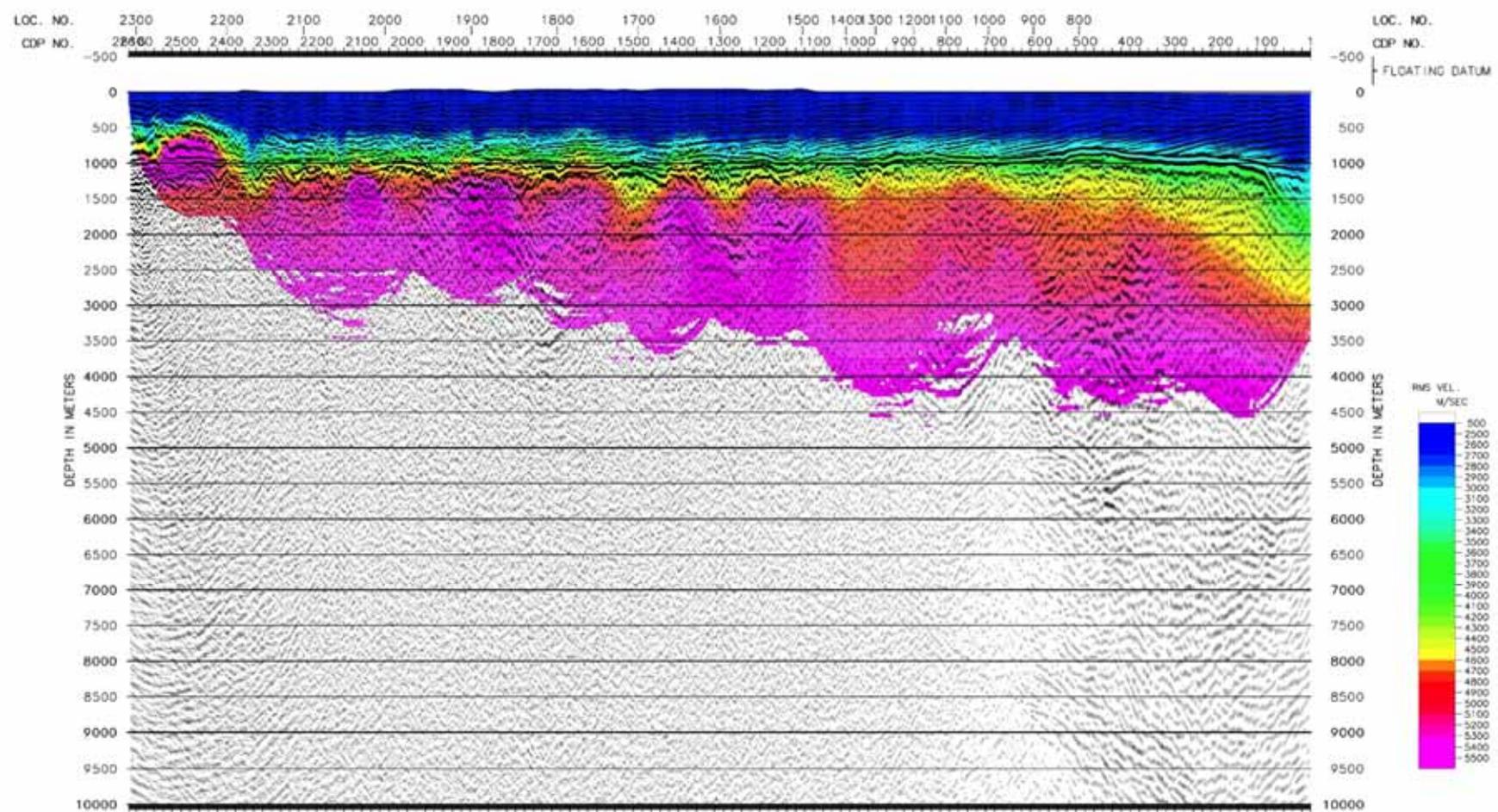
Wide-angle Reflection Profile (Kujyukuri-Kasumigaura2010)

深度断面(マイグレーション処理後)



深度断面解釈(マイグレーション処理後)





YofndLB0ddp0h29 Wärmk V.H=1:4
rest1_8ms-1st & V.H=1:4

マイグレーション深度断面図(キルヒホッフマイグレーション) + トモグラフィ速度

稠密自然地震観測

つくば 水戸測線

観測期間: 2010年6月7日 ~
2011年1月24日

測線長: 約 65 km

観測点数: 45台

観測点間隔 1 - 2 km

収録: DATレコーダ

(篠原・他, 1997) 45台,

センサー Lennartz (1.0Hz)

霞ヶ浦-つくば測線

観測期間: 2010年6月10日 ~
2010年10月10日

測線長: 約 50 km

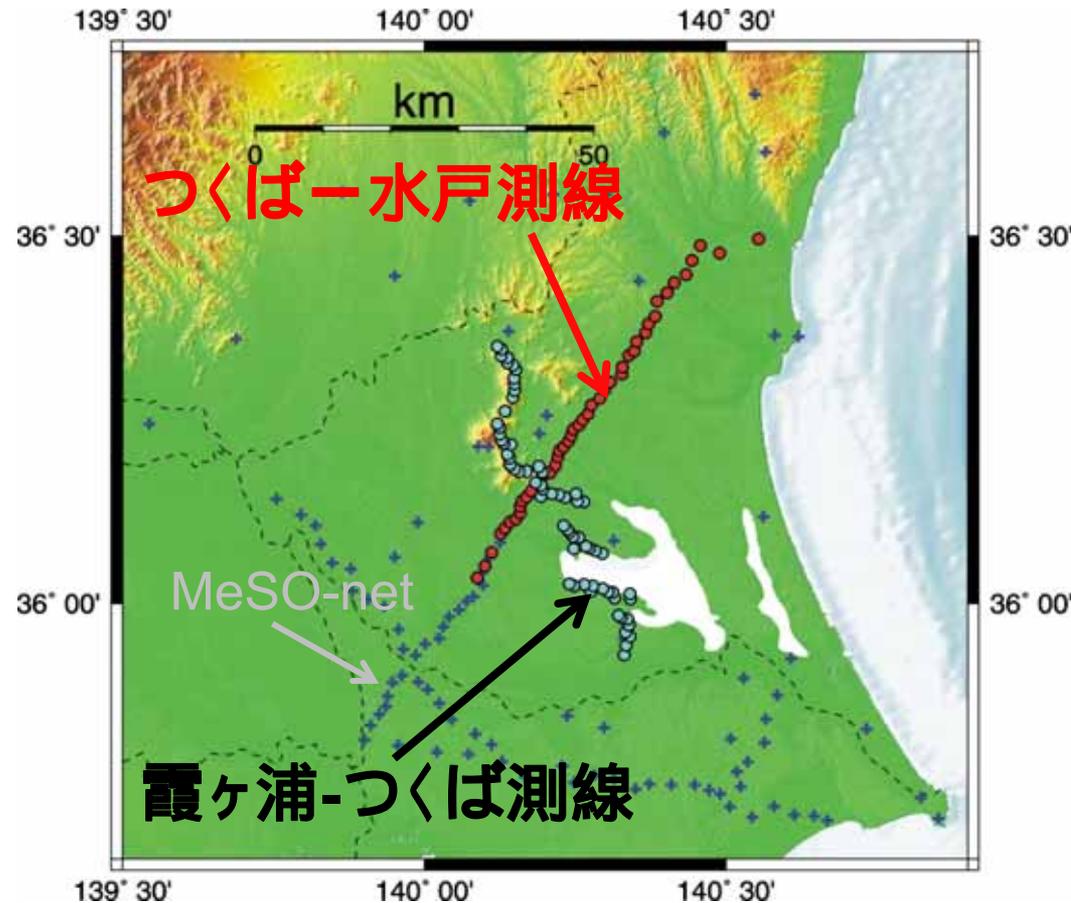
観測点数: 65台

観測点間隔 0.5 - 0.75 km

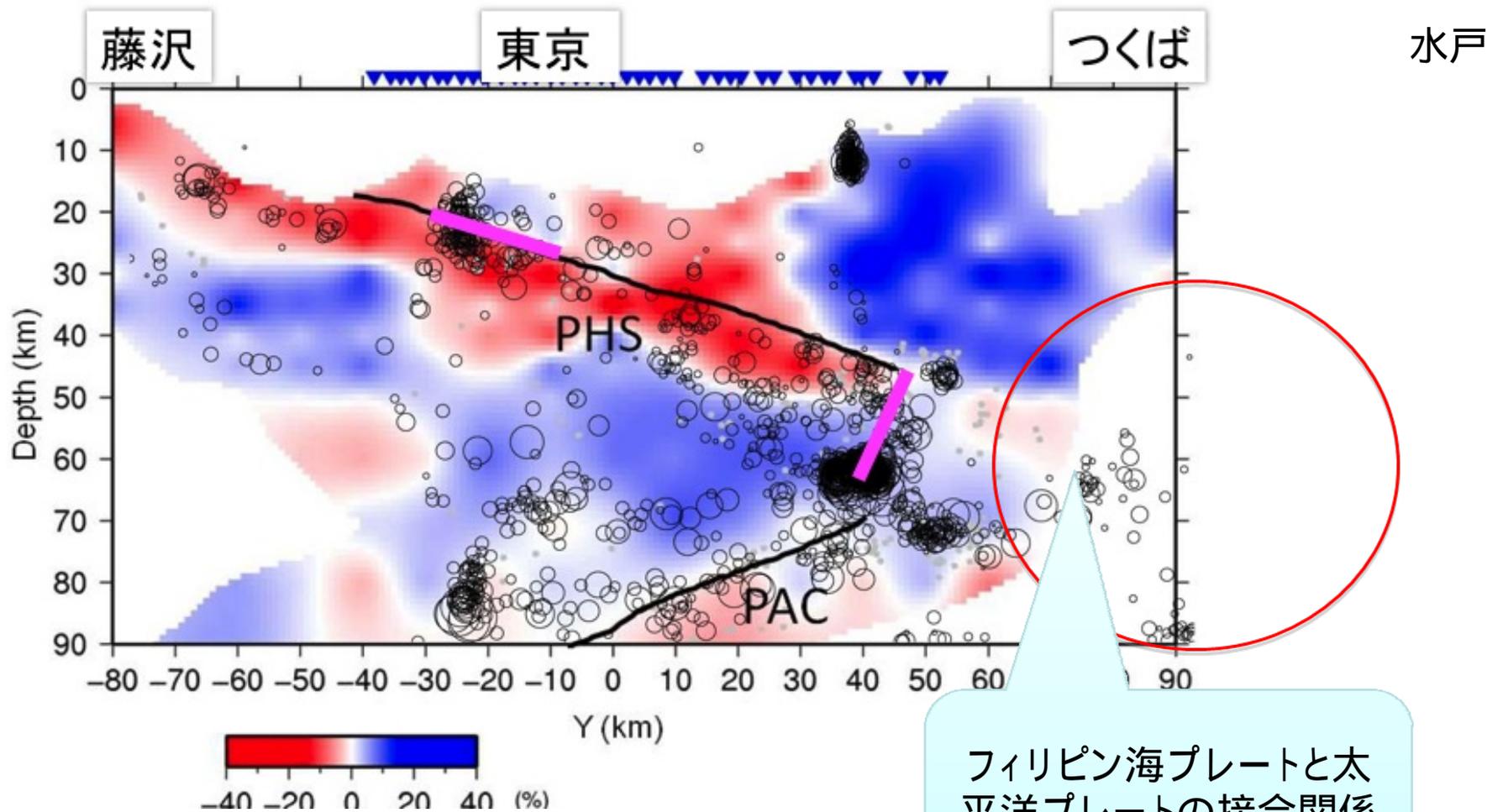
収録: MS2000もしくはMS3000 (村上・他, 2009)

センサー Lennartz (1.0Hz), Markproducts (1.0Hz or 2.0Hz)

もしくはデジタルMEMS型加速度センサー



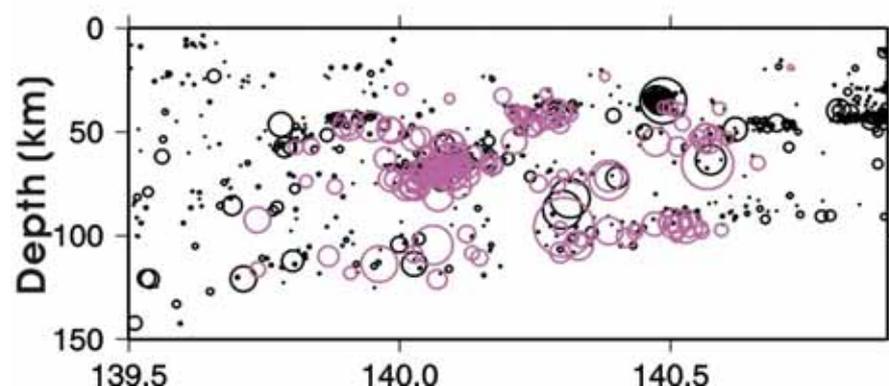
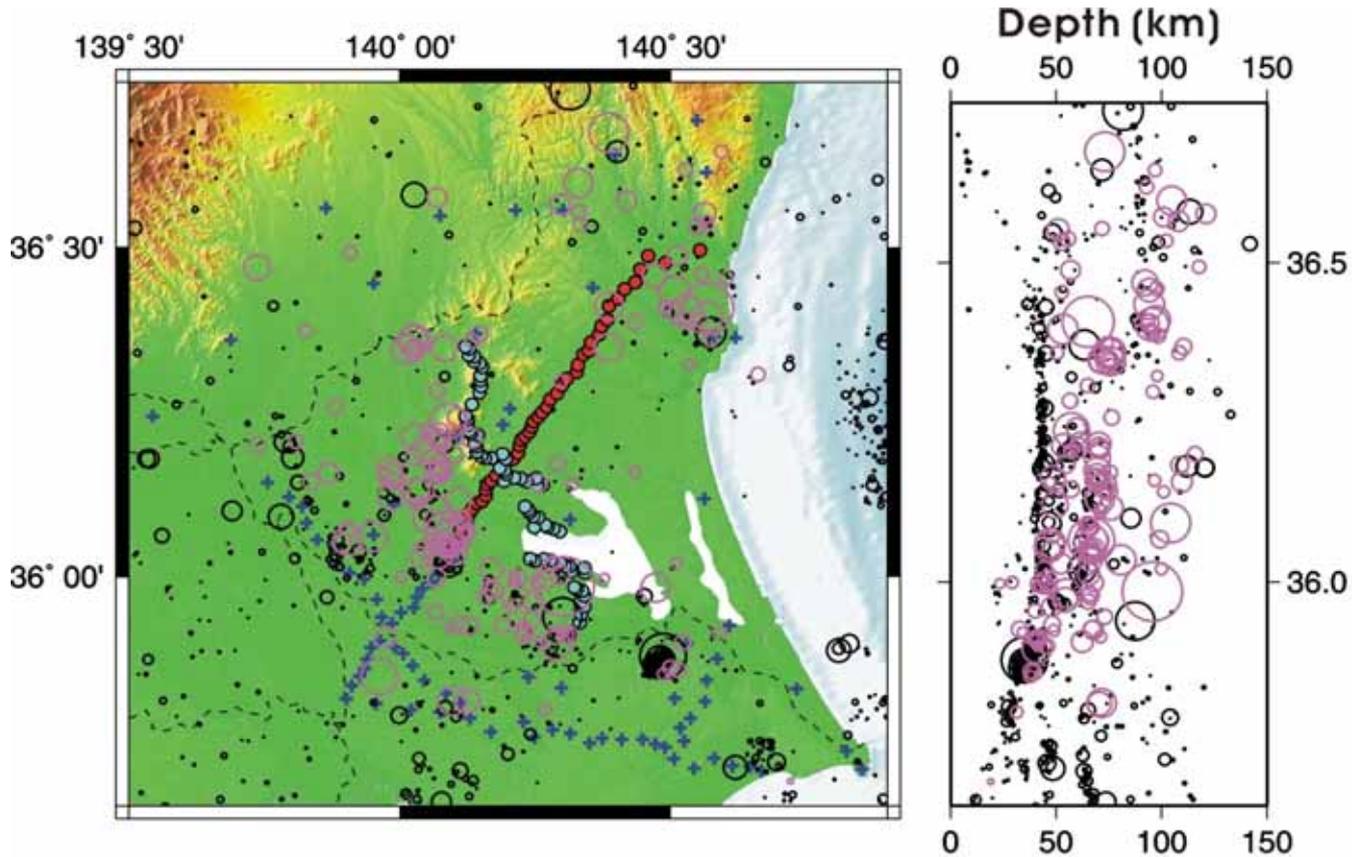
MeSO-netによるトモグラフィー断面図



Nakagawa et al.2009

フィリピン海プレートと太平洋プレートの接合関係のイメージング

気象庁一元化震源 (2010/6/8 - 2011/1/24)



2010.06.8-2011.1.24
(N=2796, JMA, M>1.0)

M1 M2 M3 M4
● ○ ○ ○

○ アレイデータを使用した
再決定後震源 N: 149

トモグラフィー解析

グリッド間隔

X軸 5km(アレイ測線内)20 km(アレイ測線外)
Y軸 5km(アレイ測線内)20 km(アレイ測線外)
Z軸 -3, 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 200 kmに設定

使用データ

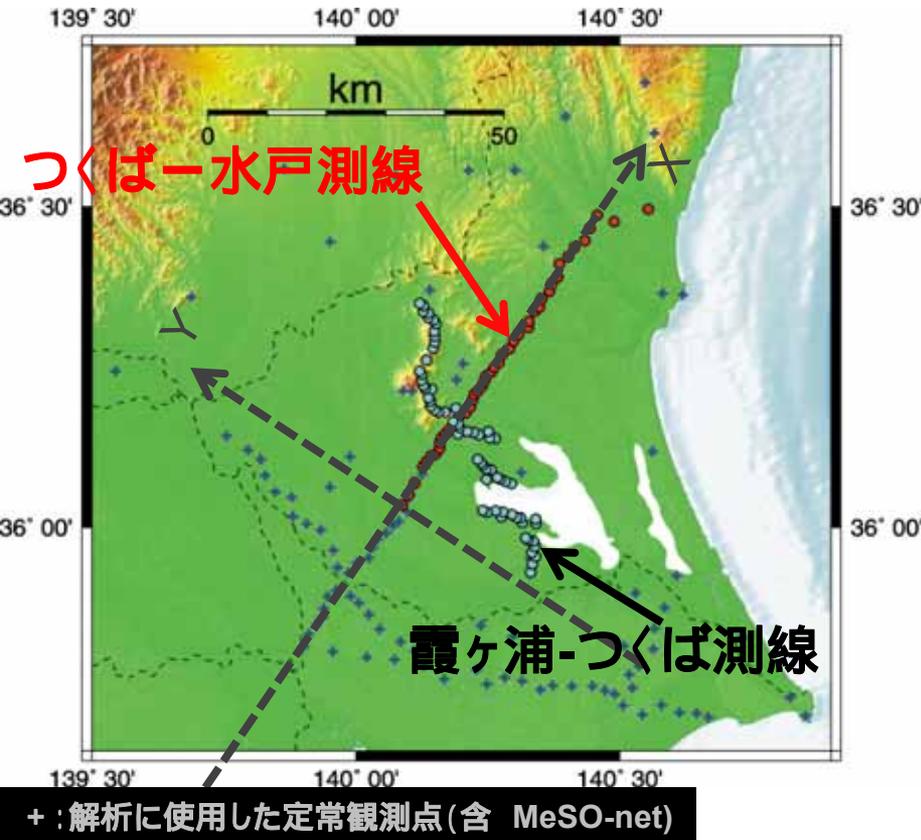
自然地震観測データ

オフライン(110点) + 定常観測点(95点)
での取得データ
読み取り観測点がP波が20以上,
S波が10以上のイベントを使用(135 個)

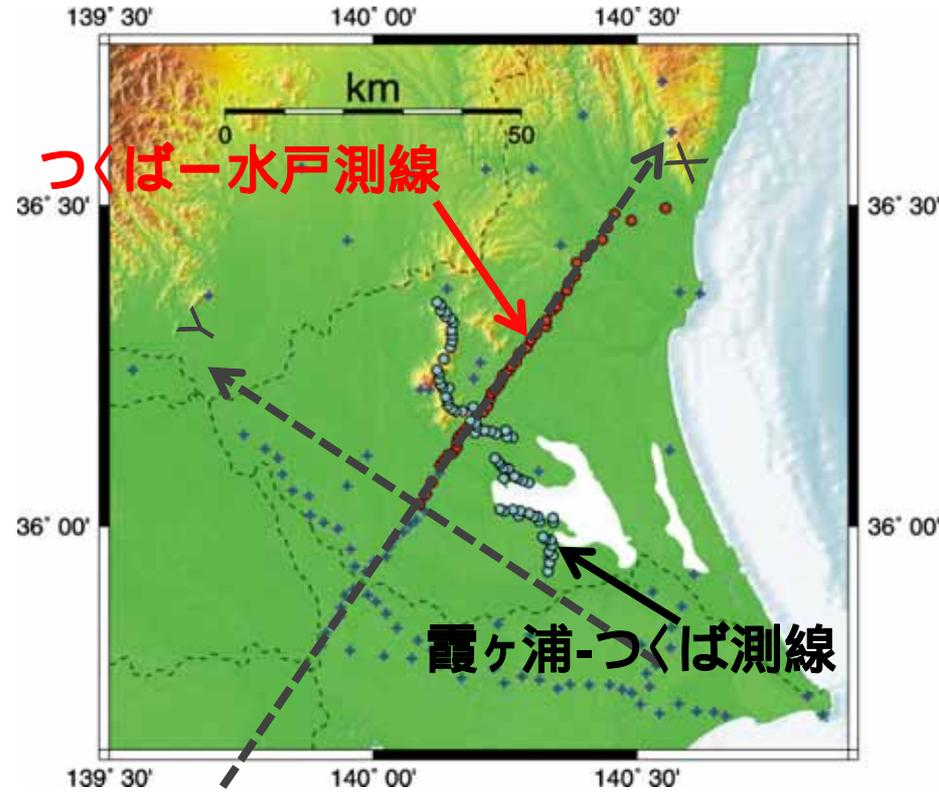
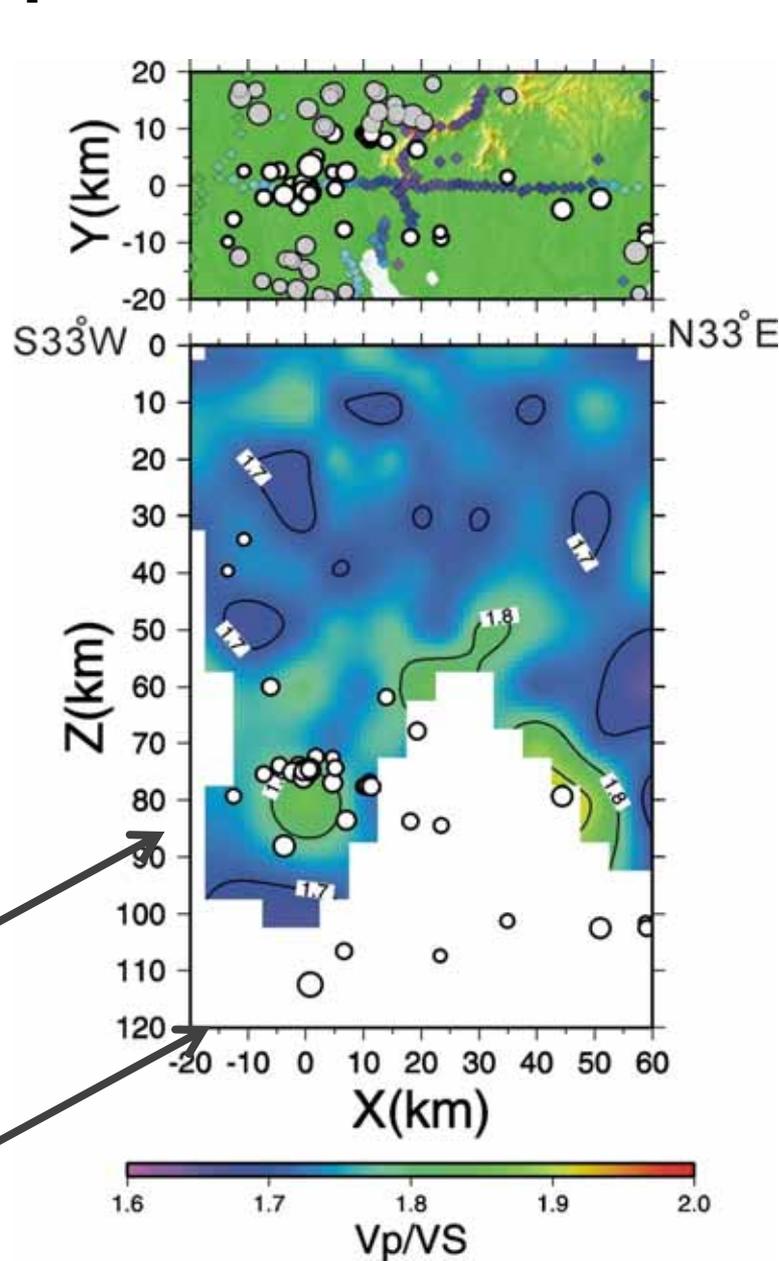
解析に使用した読み取り走時の数

P波:13,049, S波:8,454

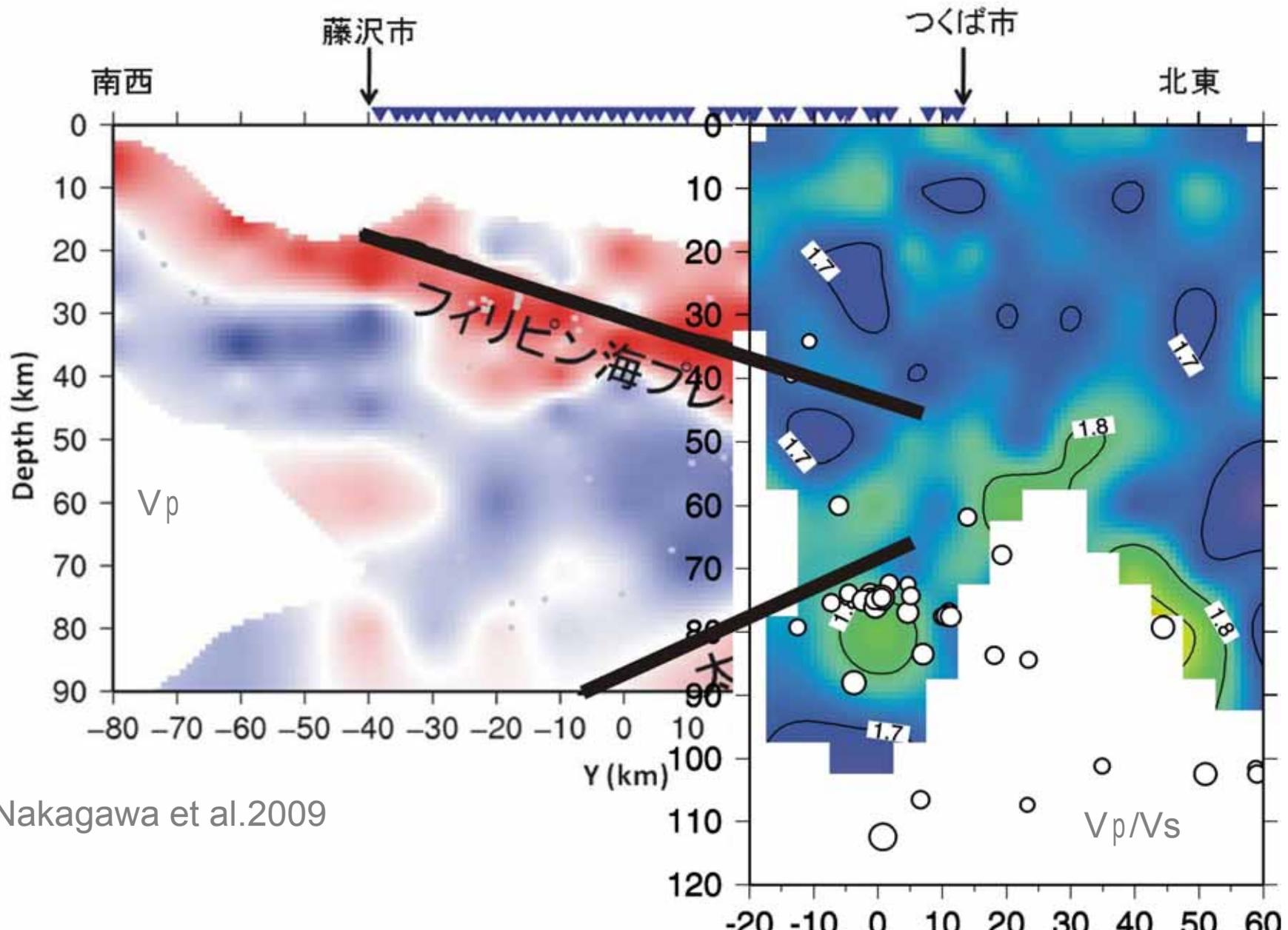
最終モデルのRMS: 49 msec



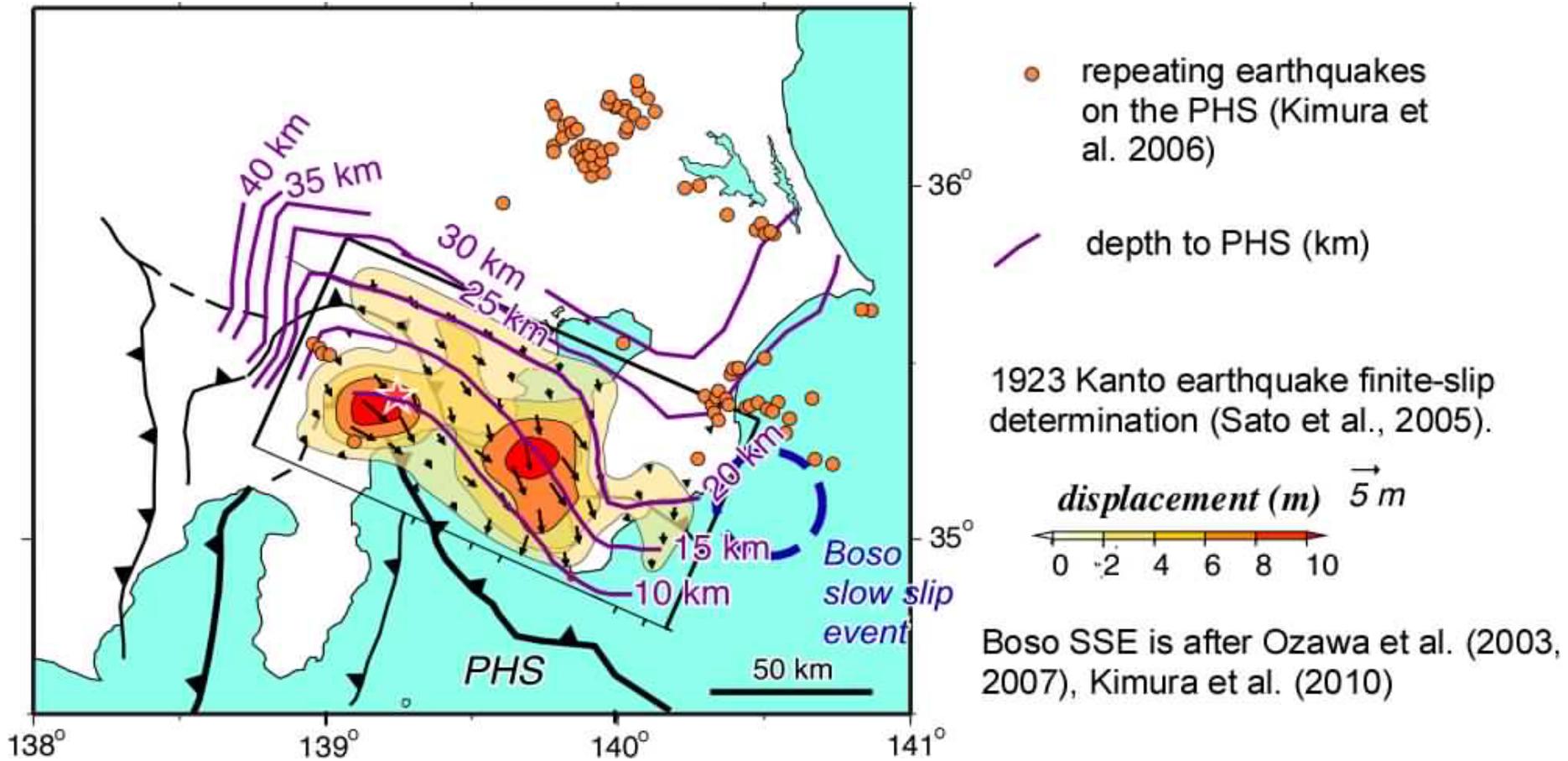
Vp/Vs構造 (つくば 水戸測線)



MeSO-netによるトモグラフィー断面図



Earthquakes on the PHS



H23年度の予定

- 関東山地: 自然地震データと制御震源データの統合的解析→地殻・プレート構造
- 関東北東部測線: 自然地震データと制御震源データの統合的解析→プレート接合部の構造
- 制御震源による構造と自然地震による構造の協調解析

MeSO-net観測点下の堆積層のVp/Vsデータ(制御震源・孔内計測)による補正+最終トモグラフィー成果での深度変換

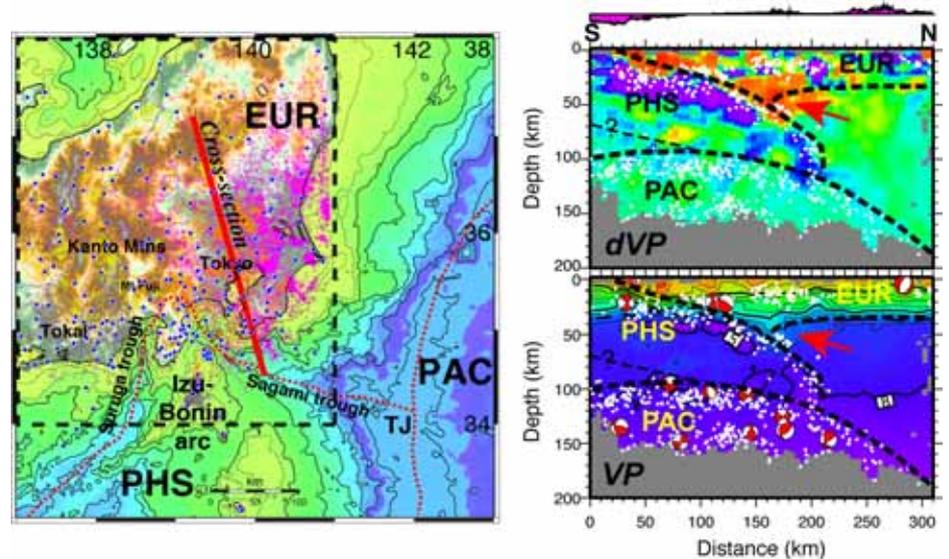
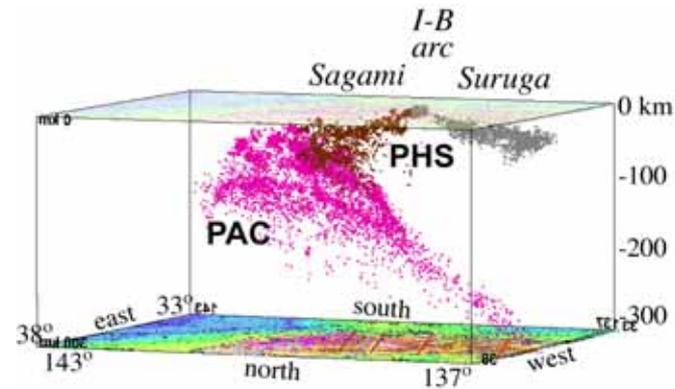
H23年度の予定

- 地殻・プレート境界・スラブ内の弱面の抽出

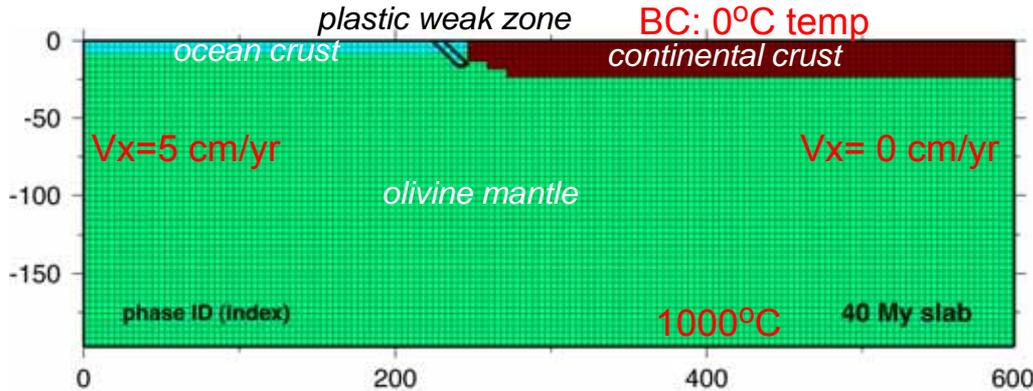
関東平野の反射法地震探査データのとりまとめ
潜在震源断層のマッピング

Geodynamical Modeling of PAC-PHS Slabs: Conditions for Increased Seismicity When Two Slabs Interact and Deform

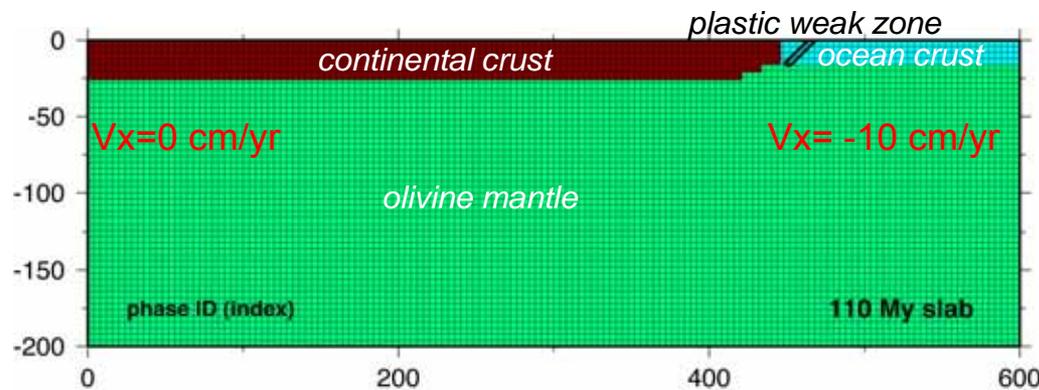
- What are stress and deformation patterns under Kanto where PHS and PAC hit?
- Can we identify zones where stresses are elevated and correlate to or predict higher seismicity?
- For geodynamical modeling, can we first create northern Honshu subduction for control?
- Can we model the Ontong-Java case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



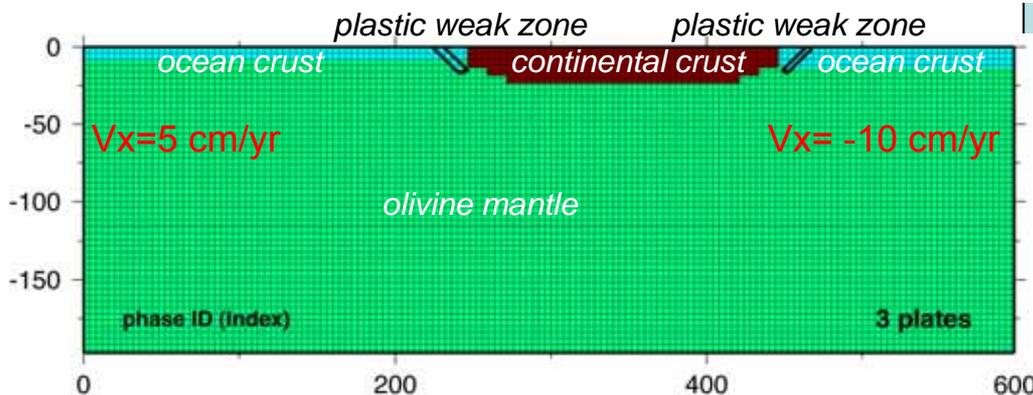
Oceanic Plate Subduction under Continental Plate



subduction of
40 My ocean lithosphere



subduction of
110 My ocean lithosphere



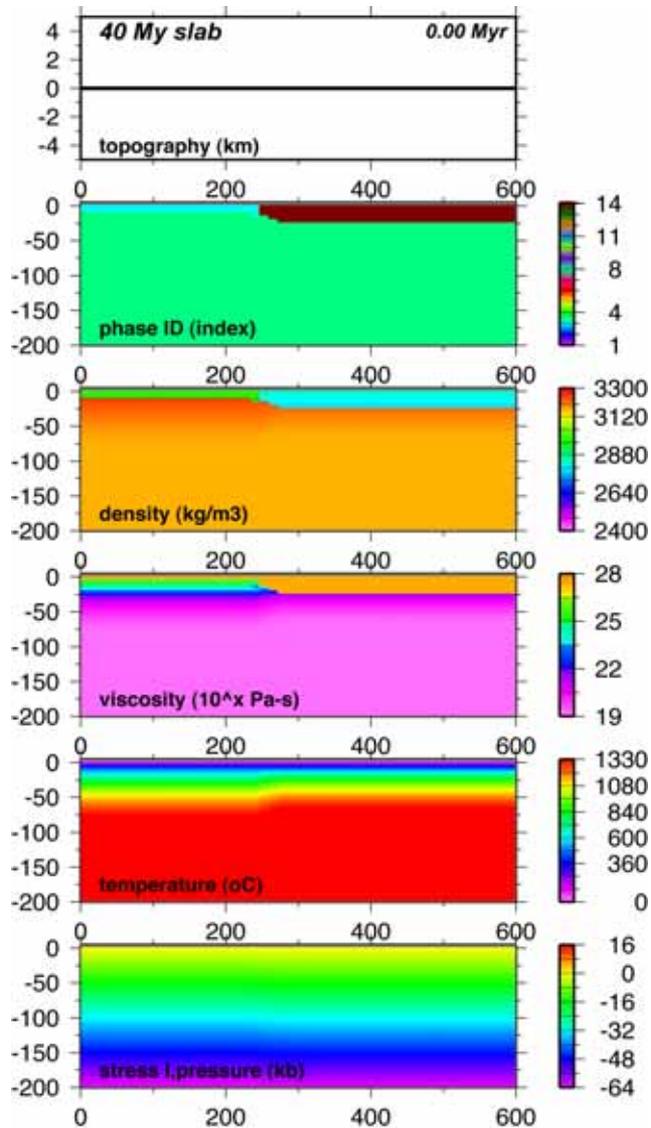
subduction of
two ocean lithospheres

***Visco-elastoplastic Rheology
(FE code by Luc Lavier, UTIG)***

plastic weak zone to start subduction.

*erosion on, radiogenic heat in crust,
basalt -> serpentinite -> eclogite phase change.*

40-My Slab



Two pieces of oceanic plate with weak zone, next to continental plate.

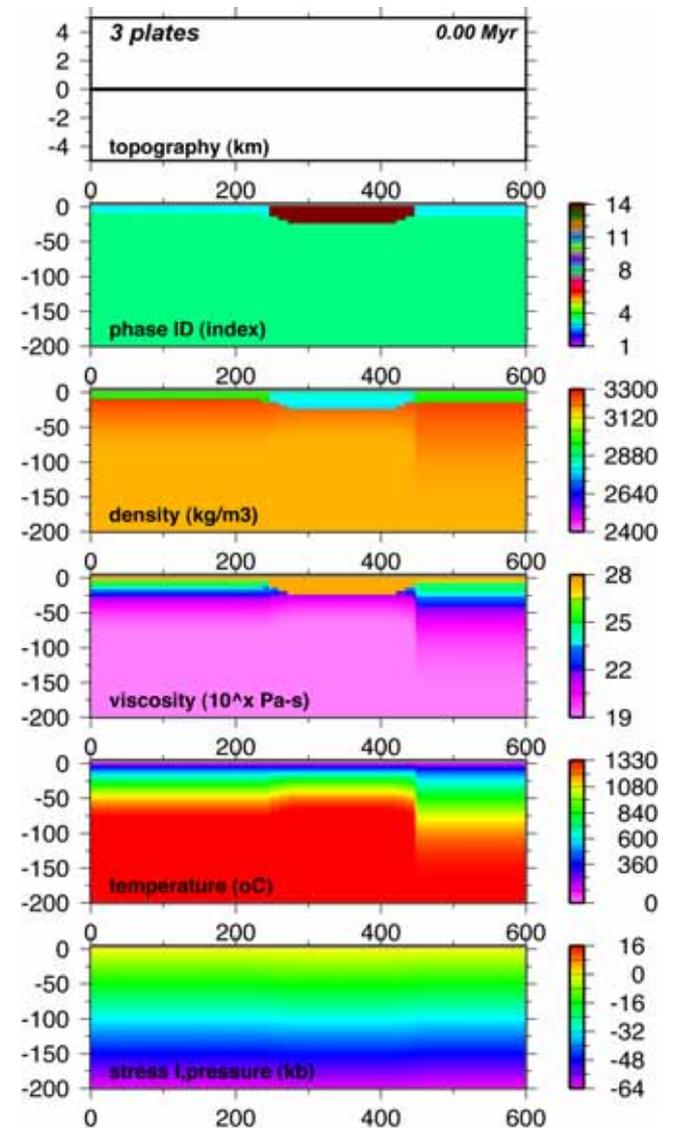
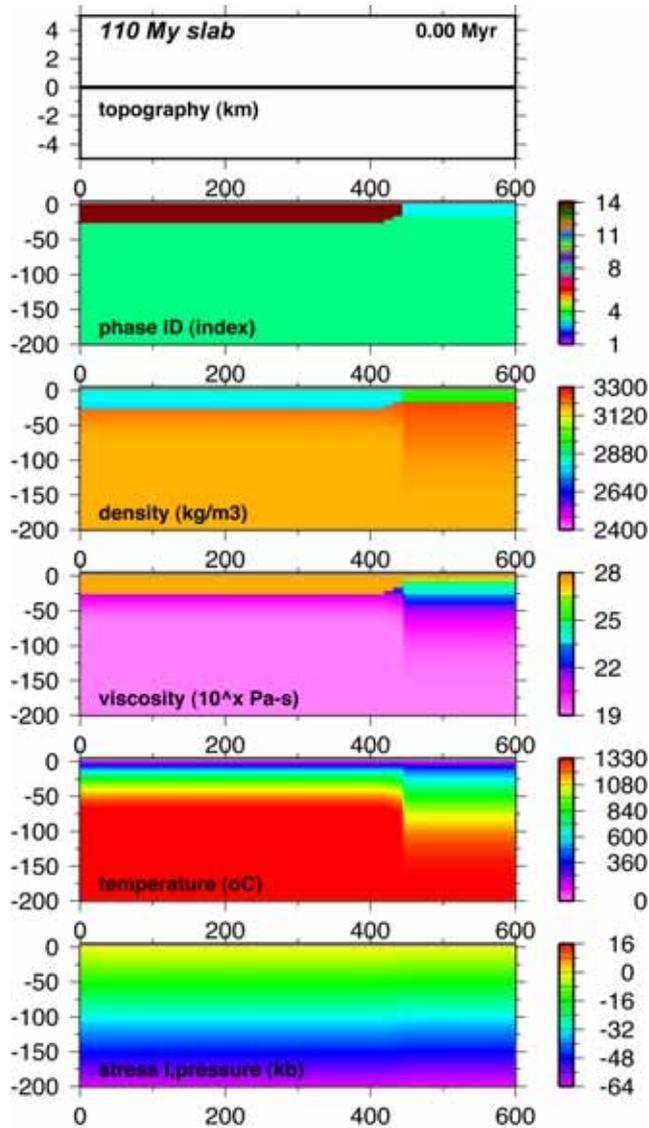
Density structure responds to viscosity structure to determine sinking behavior.

Thermal age of plates and BC's define temperature structure.

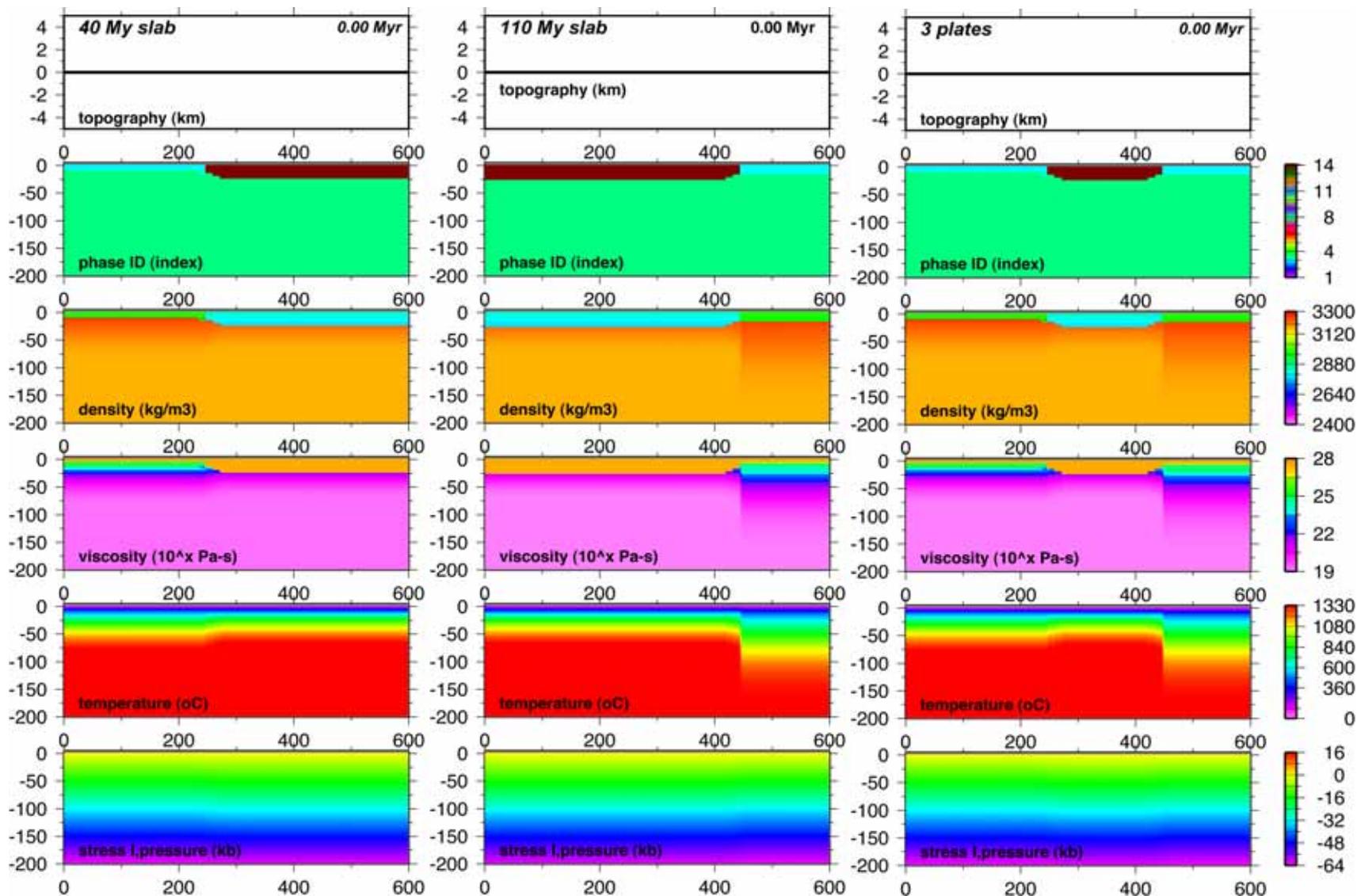
110 My Slab

&

3-plates



Oceanic Plate Subduction under Continental Plate: 3-plates summary



Simulation Time = 3.50 Myr

Note increase of internal stress of slabs due to slab-slab interaction.

