

全地球弾性応答シミュレーション 平成17年度利用報告

坪井誠司 (IFREE, JAMSTEC)

研究組織

- 責任者: 坪井誠司 (IFREE/JAMSTEC)

- 利用者:

水谷宏光、末次大輔、大林政行、東野陽子、杉岡裕子 (以上IFREE/JAMSTEC)

ゲラー・ロバート、竹内希 (以上東大)

原辰彦 (建築研)、田島文子 (広島大)、中西一郎 (京都大)、谷本俊郎 (UCSB)、田中聡 (東北大)

Barbara Romanowicz、Yann Capedeville、Akiko Toh、Mark Panning、Yuancheng Gung (以上カリフォルニア大バークレー校)

平成17年度の研究計画

- 波形インバージョン解析による地球内部3次元構造推定:

インバージョンの実行

- スペクトル要素法による3次元地球モデルに対する理論地震記録の計算:

大地震の震源過程の効果

理論地震波形記録データベース

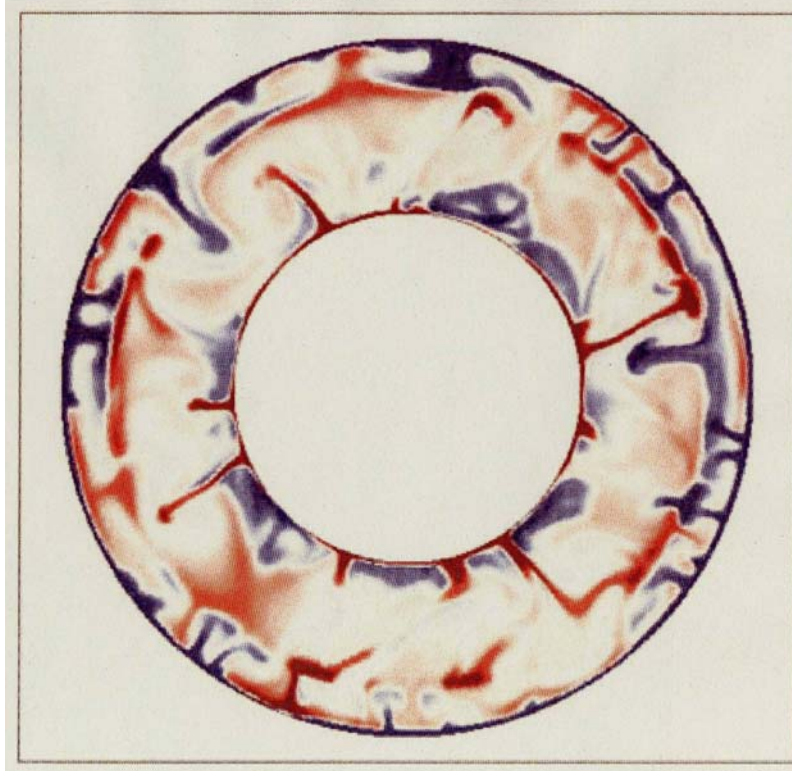
平成17年度の成果(その1)

- ・波形インバージョン解析による
地球内部3次元構造推定

高精度トモグラフィーにより得られた
マントル二層対流の証拠

マントル二層対流説の予測と検証の現状

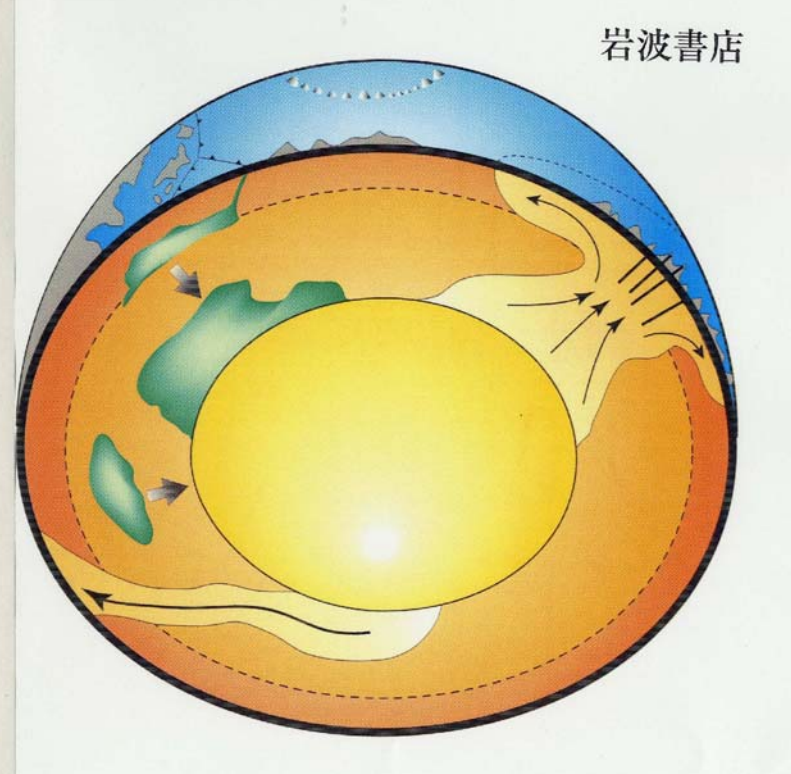
対流シミュレーションによる予測



Yanagisawa et al. (in Fukao et al. 2004)

670 km 不連続面近傍において、全球にわたり境界層が発達するはず。

トモグラフィーによる検証

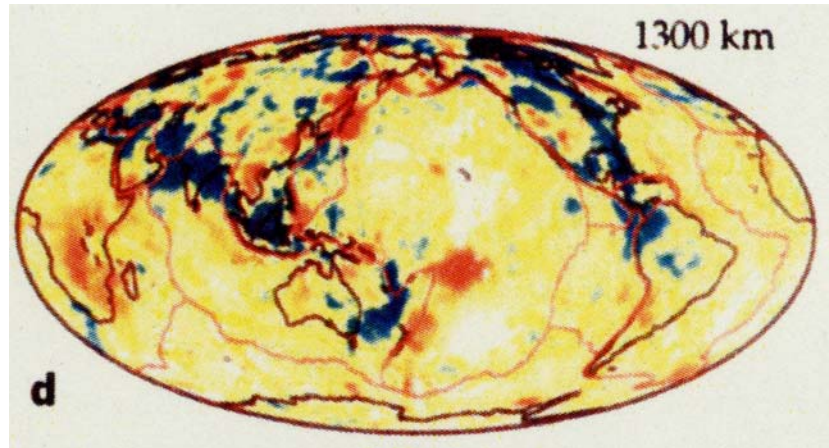


スタグナントスラブの存在は示唆されているが、境界層の発達は不明。

新手法により境界層の存在を検証 → 本研究

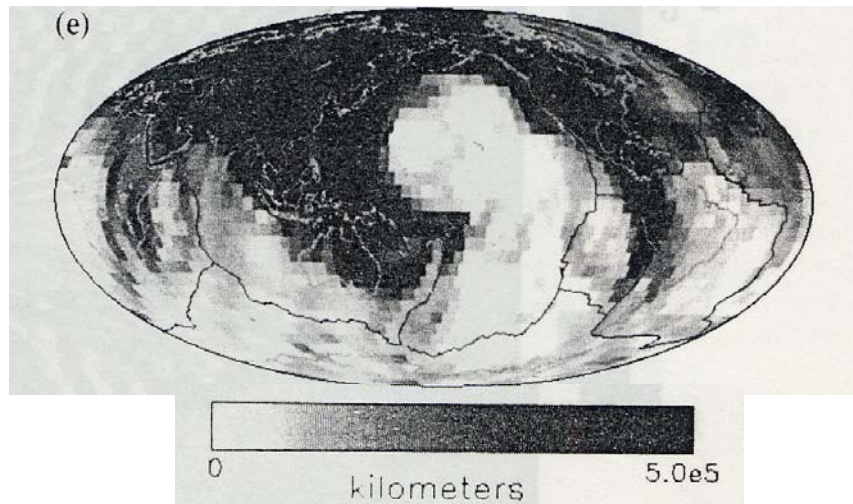
既存のトモグラフィー手法の限界

P波走時トモグラフィーモデル



van der Hilst et al. (1997)

P波パスのサンプリング密度

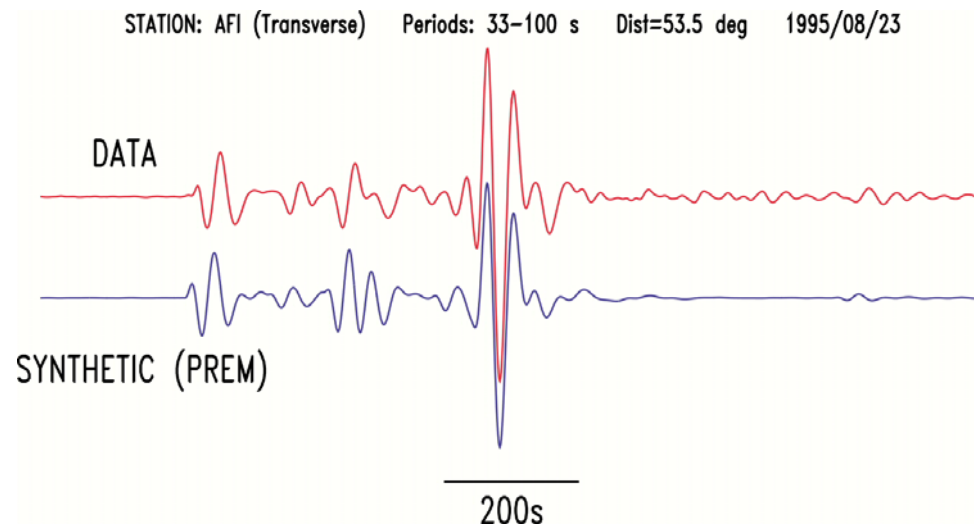


サンプリングが偏っているため、グローバルの大局的な不均質構造を制約するのには不適.

Pulliam et al. (1993)

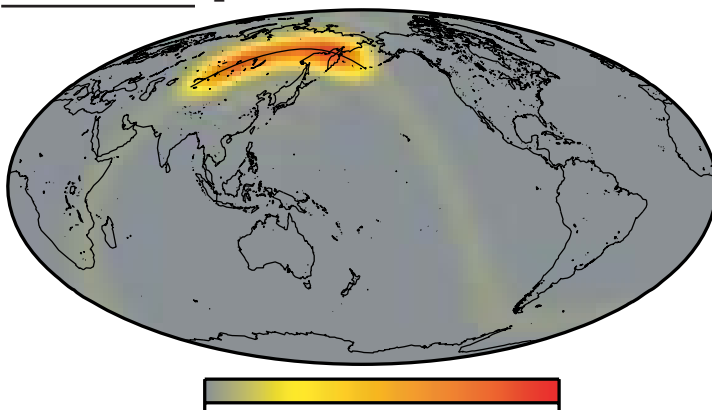
本トモグラフィーの特長(1) : 高解像度の実現

- ・ 波形インバージョンの実施

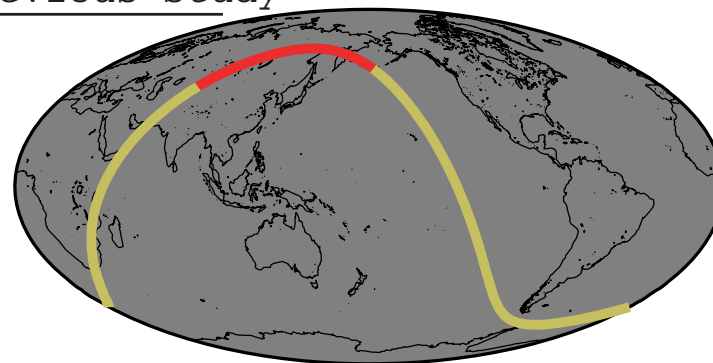


- ・ 水平方向不均質構造の影響の厳密な計算

This Study

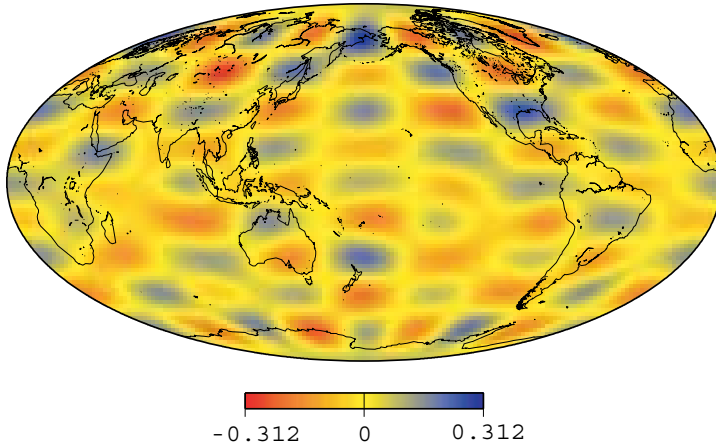


Previous Study

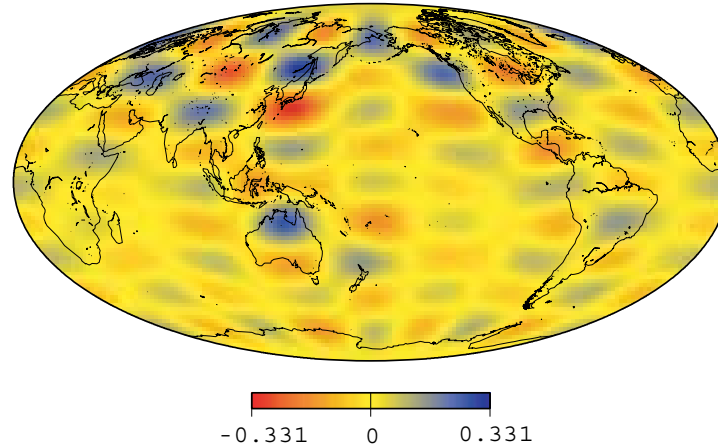


本トモグラフィーの特長(2) : 不均一サンプリングの影響の回避

Our Method



Conventional Method
(Moment Normalization)



本トモグラフィー手法の短所

膨大な計算時間(従来手法の100倍以上) → 地球シミュレーターで解決

計算の概要

波形インバージョンによる全マントルS波速度構造 (degree-18) モデル推定

- ・ 理論波形計算手法
独自手法 (DSM; Takeuchi et al. 2000, PEPI)
- ・ インバージョン手法
線形化近似を用いた damped least square.
data weighting に独自手法 (Takeuchi & Kobayashi 2004, GJI).

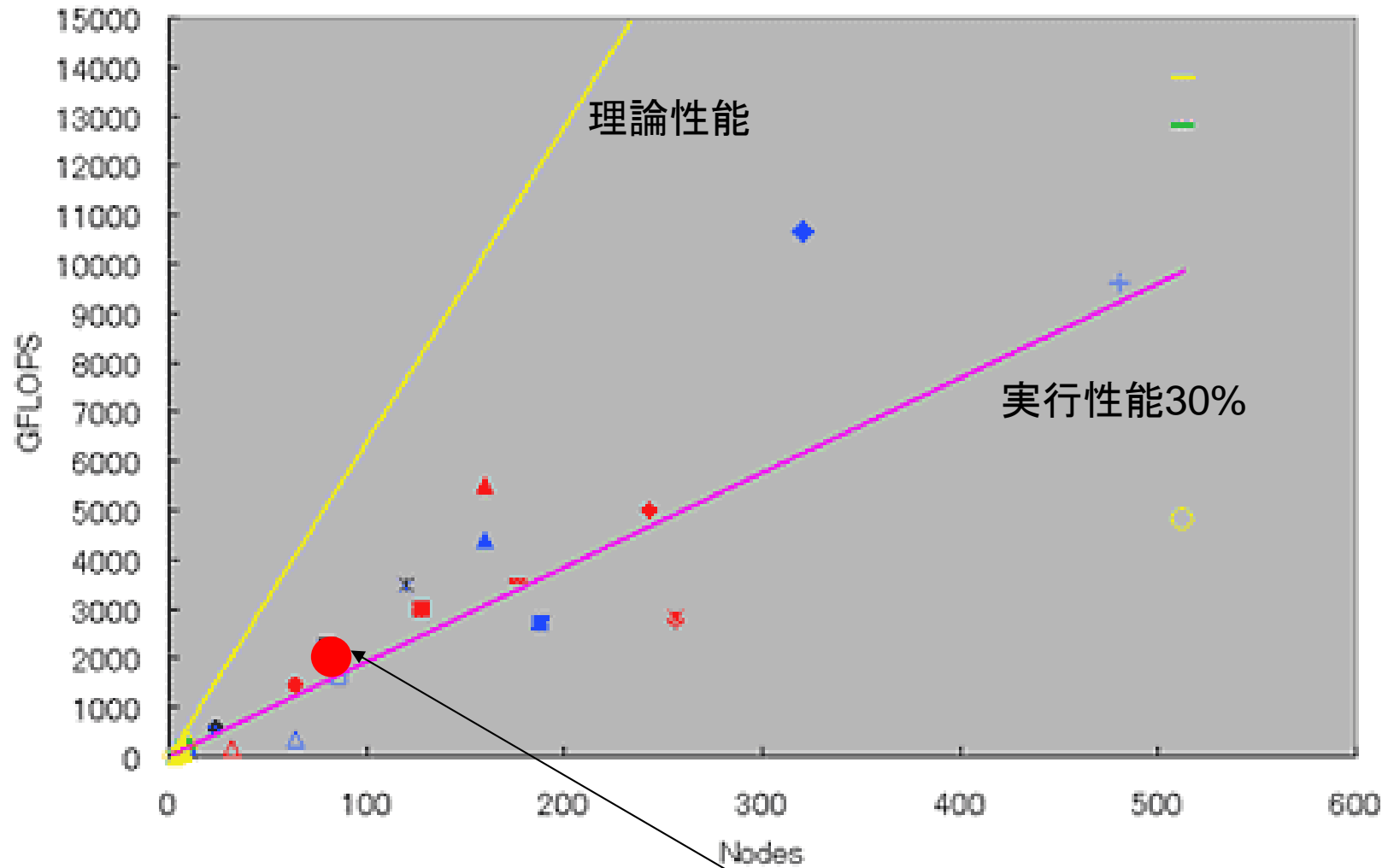
従来 of 計算 (Takeuchi & Kobayashi 2004) との比較

	使用した計算機	データ数	モデルパラメータ数
従来	SR8000/MPP	1,161 traces	1,014
本研究	ES*	16,089 traces	3,610

* ノード数 88, 並列化率 99.9984%, 並列化効率 98.93 % (ESC 公認記録)

来年度以降, 多ノード計算を試みる予定

グループ別地球シミュレータの実効性能の最高値 ノード / Gflops



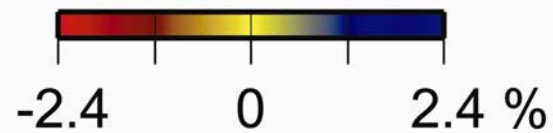
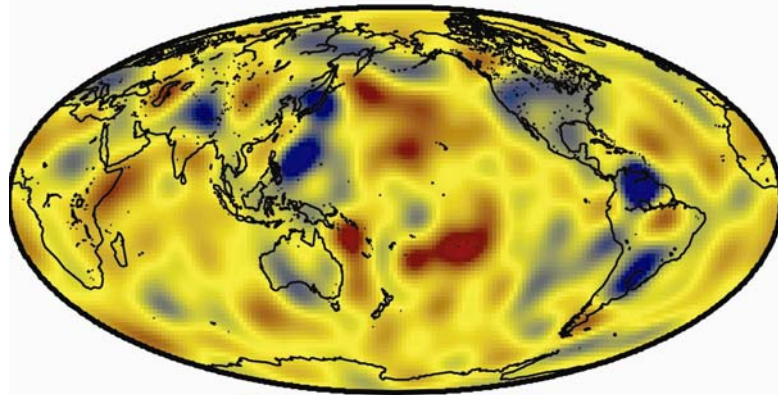
青：大気海洋
赤：固体地球
緑：計算機科学
黄：先進分野

This Study

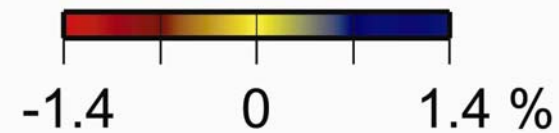
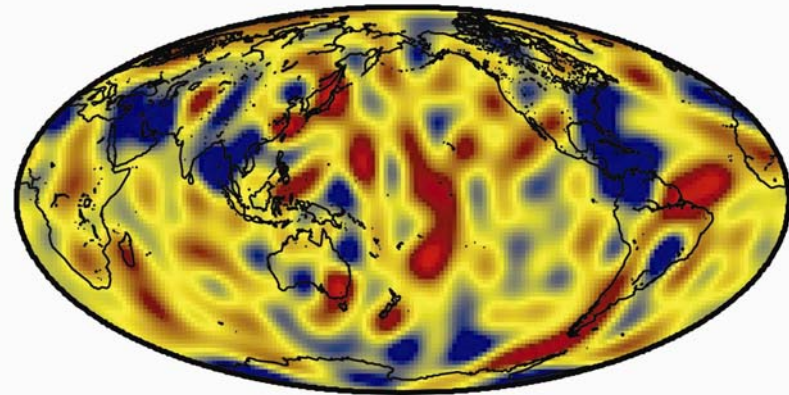
他のソフトと遜色のない実行性能を実現

Lower Mantle S Wave Velocity Models Obtained by Our Method

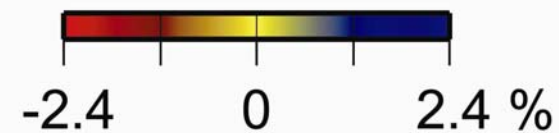
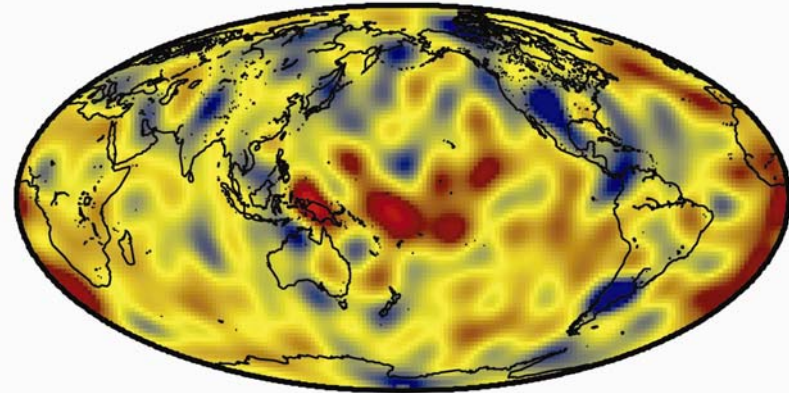
670-950 km



1300-1800 km



2200 km -CMB

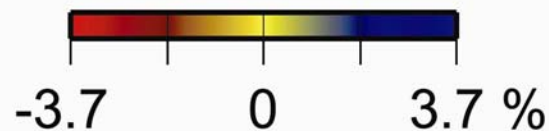
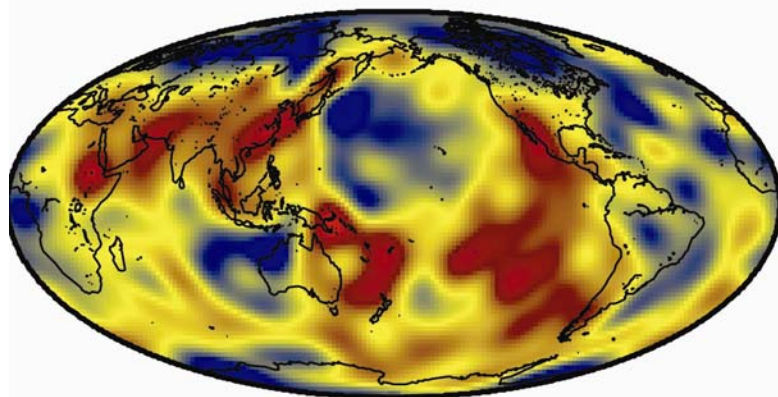


下部マントルの最上層・最下層に
水平方向に長波長の不均質構造が卓越

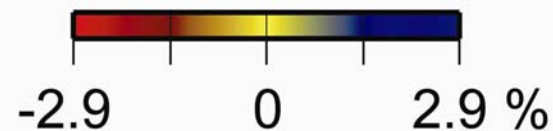
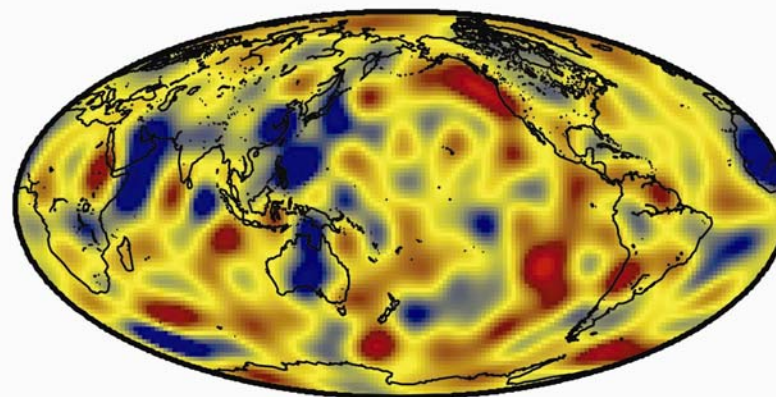
→水平方向の流れが卓越し、境界層が
発達していることを示唆

Upper Mantle S Wave Velocity Models Obtained by Our Method

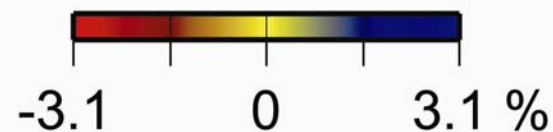
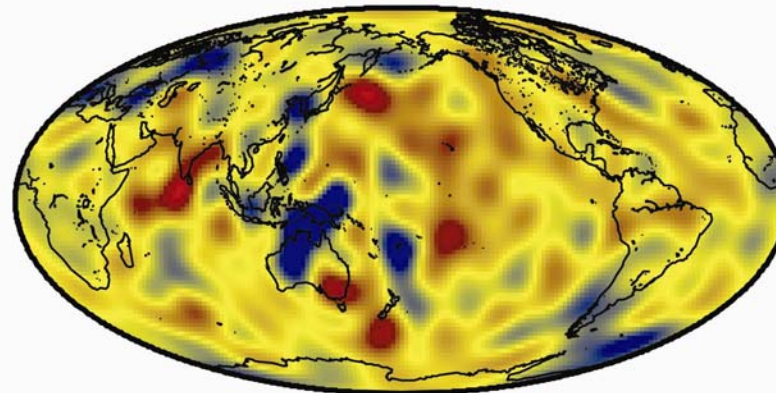
70-150 km



300-470 km

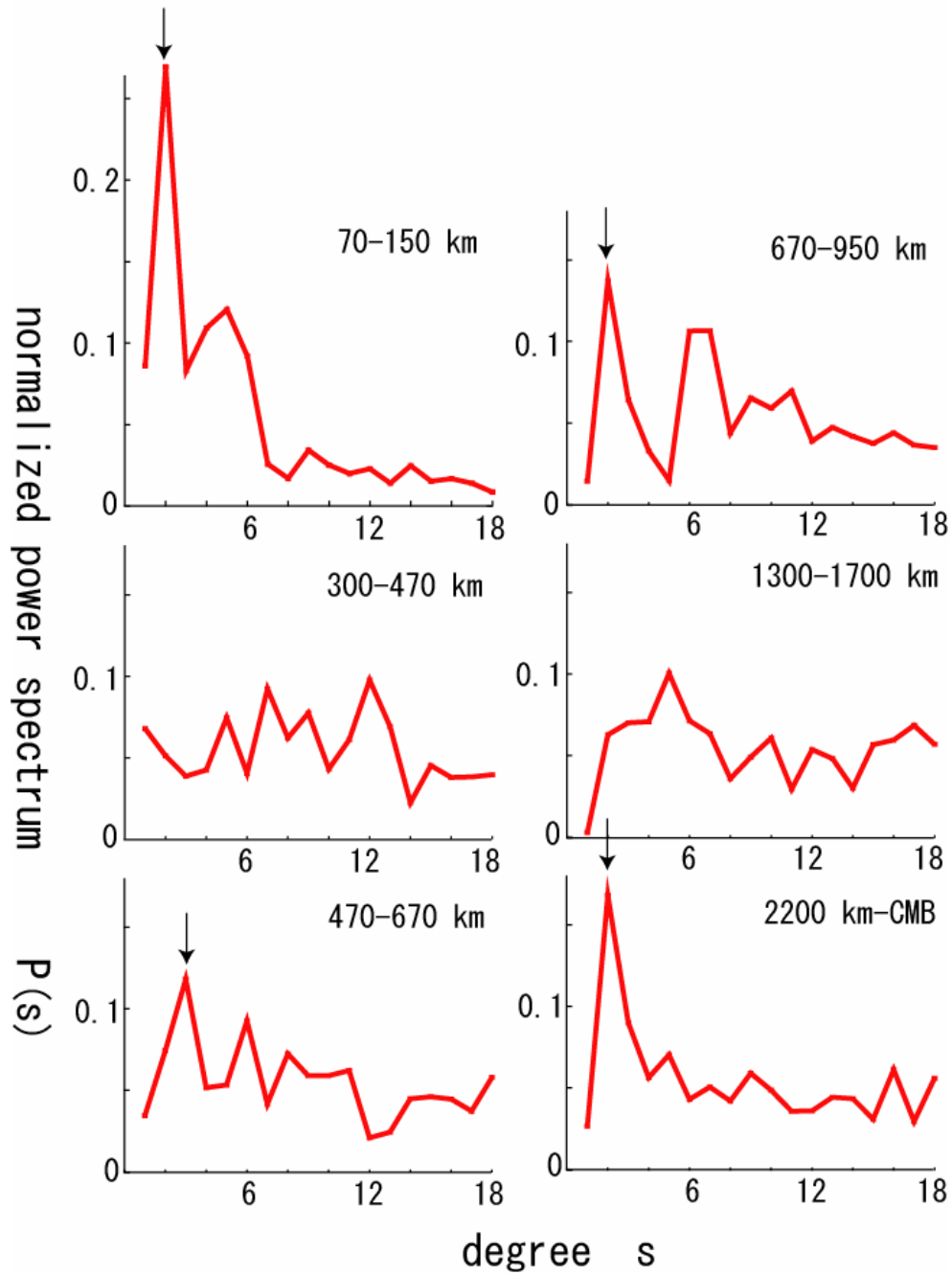


470-670 km



下部マントルと同様に, 上部マントルでも最上層・最下層に長波長不均質構造が卓越

Normalized Power Spectrum



上部マントル中部・下部マントル中部
white spectra

上下部マントル最上層・最下層
lower degree 不均質が卓越

結論

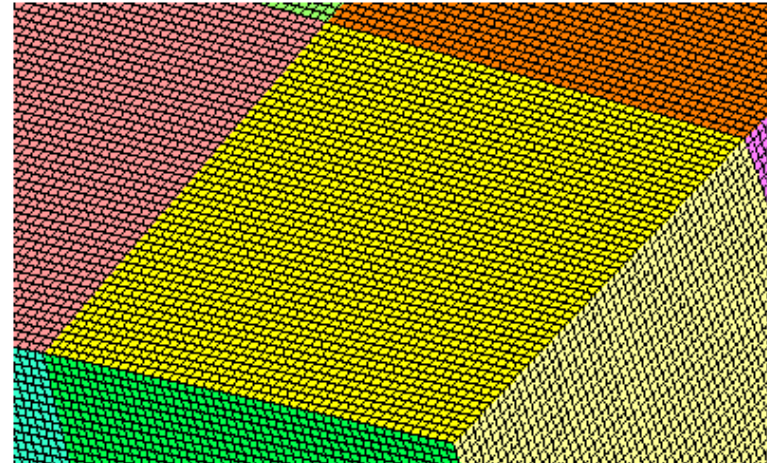
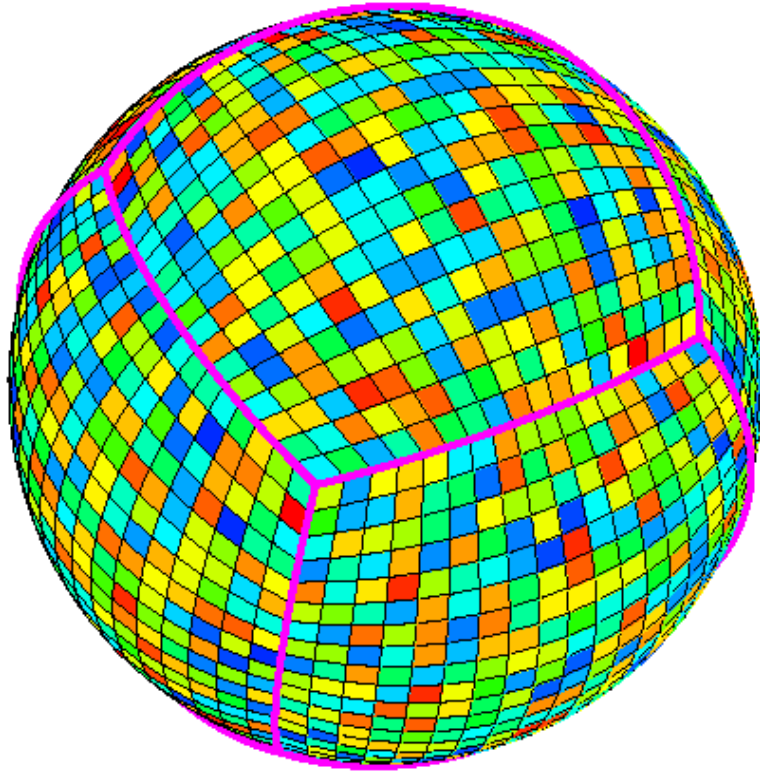
- ・ 独自手法を用いて, 670 km 不連続面近傍に長波長不均質構造が卓越していることを検出した.
- ・ 二層対流説に対する新たな証拠を与えた.

平成17年度の成果(その2)

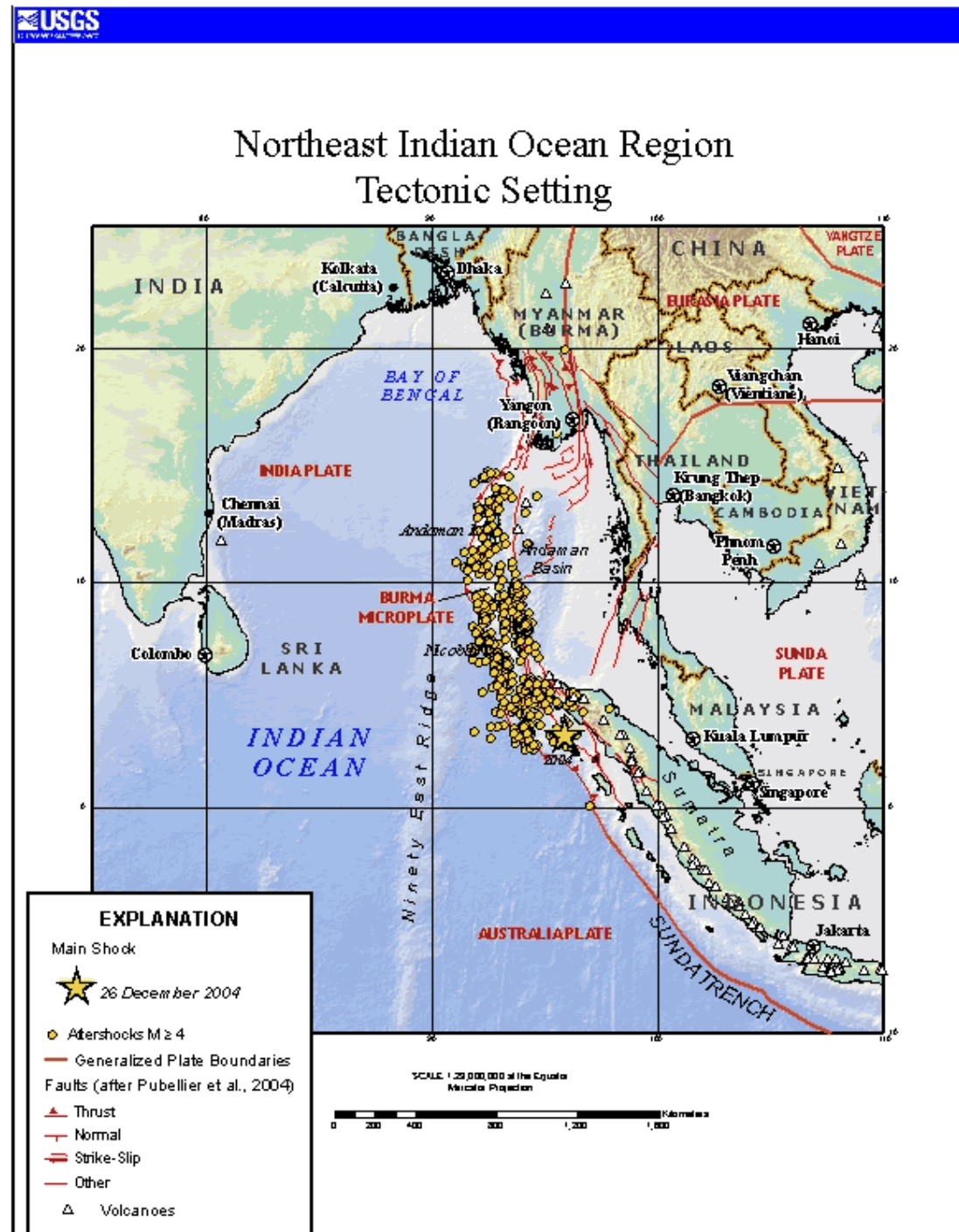
現実的な地球モデルに対する理論地震記録計算

- スペクトル要素法
(Komatitsch and Tromp, 2002)
- 3次元地球モデル: S20RTS
(Ritsema et al, 1999)
- 地殻モデル: Crust 2.0 (Bassin et al, 2000)
- 地形モデル ETOPO5 (NOAA, 1988)
- 楕円体形状、減衰
- ESの243ノード、格子点数55億個
- 地震波の周期5秒以上

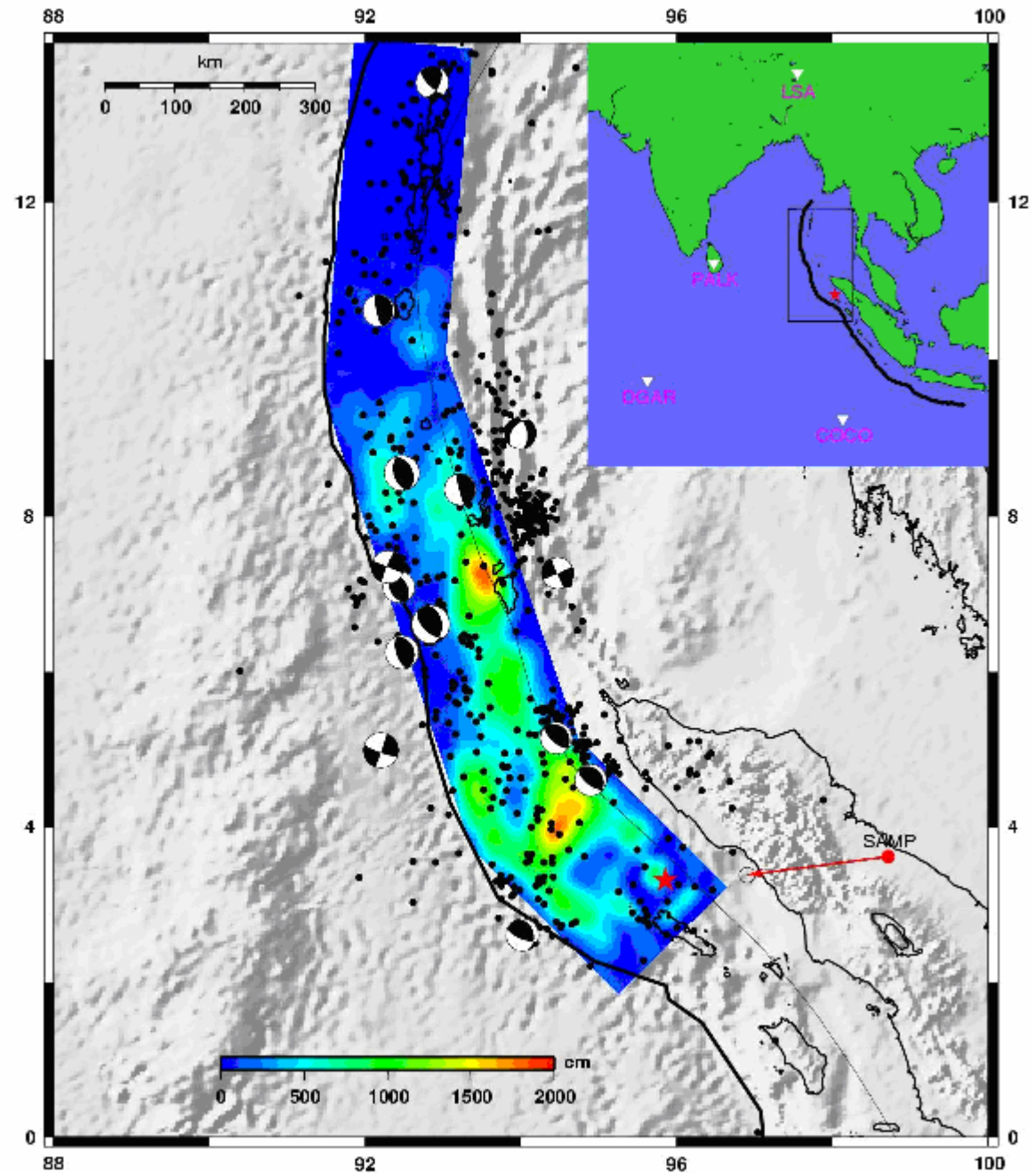
243ノードのシミュレーションで用いたメッシュ ($6 \times 18 \times 18 = 1944$ CPU)



2004年12月26日
00時58分(UT)
N3.3° ,E95.8
h30km
Mw9.0 (Harvard)



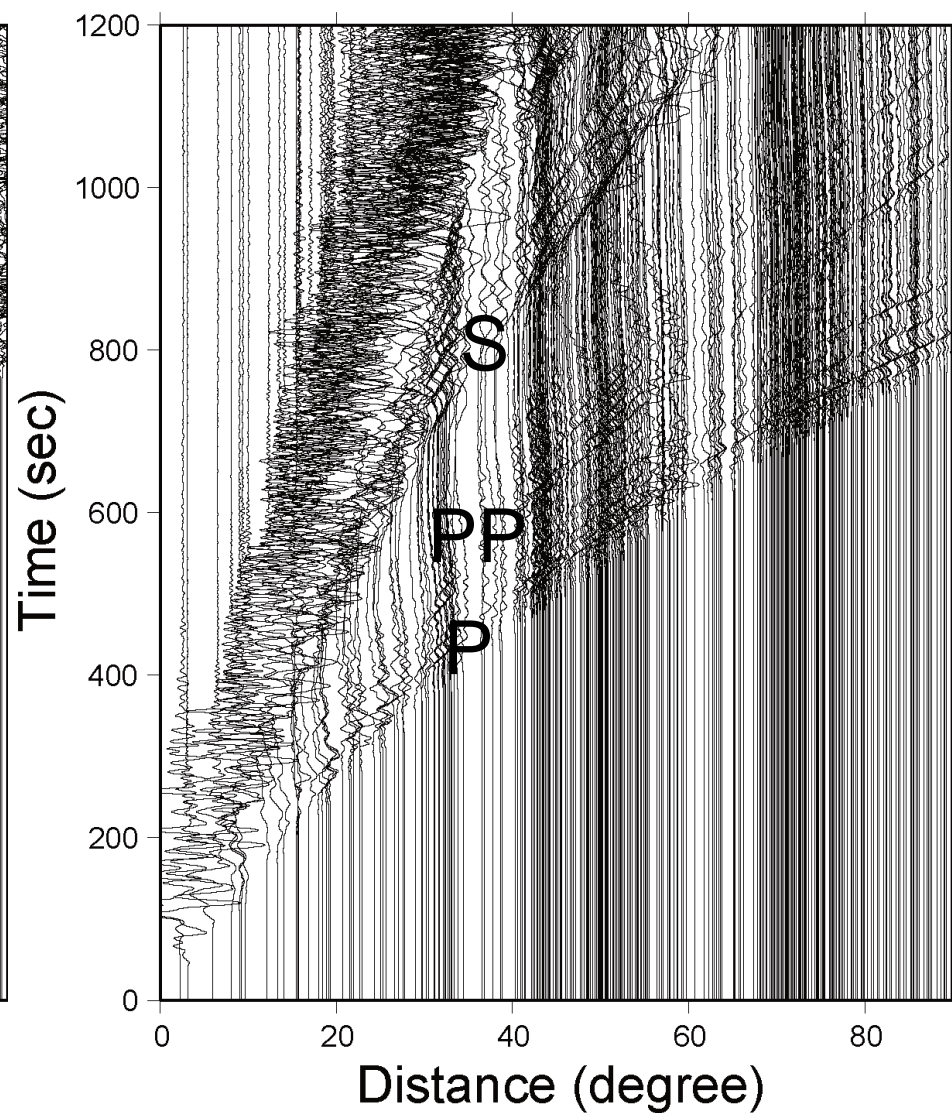
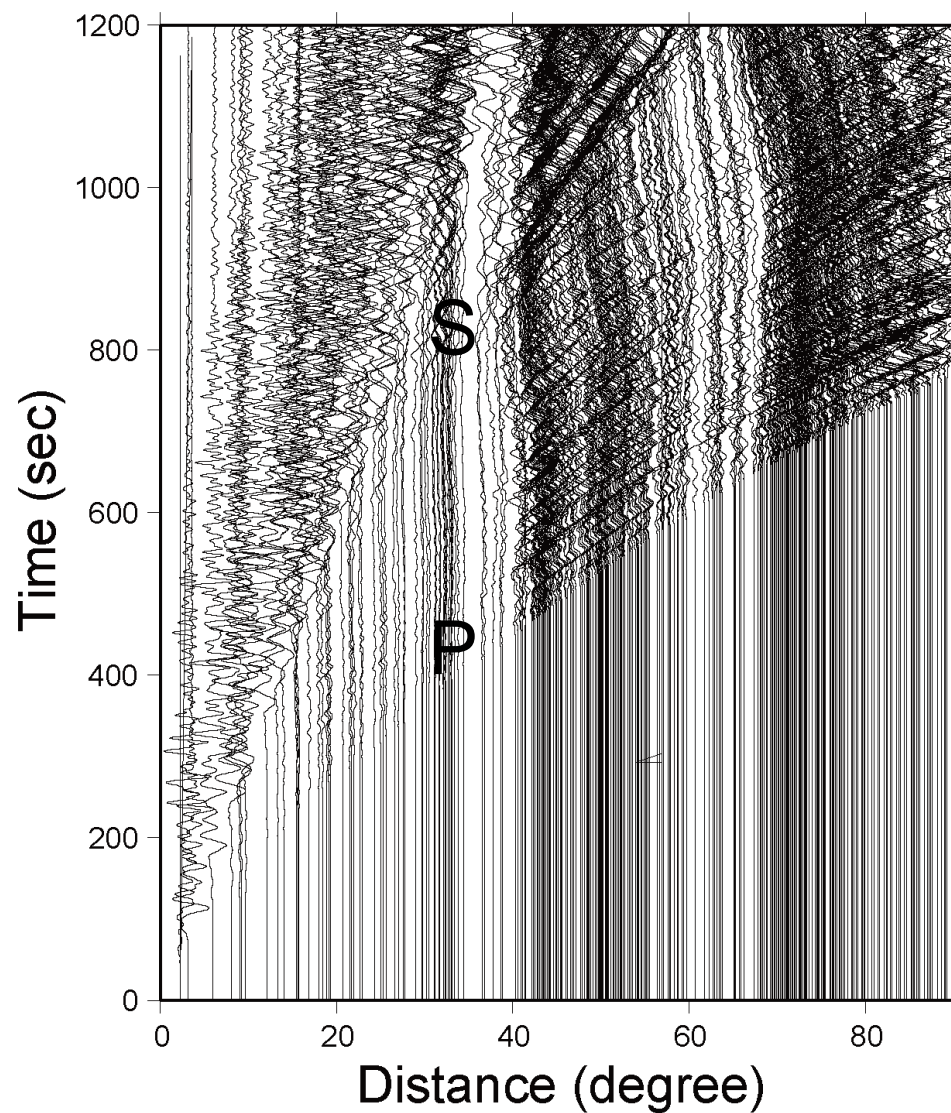
2004年12月26日 (Mw9)
地震の破壊過程モデル
(Ji, 2005)





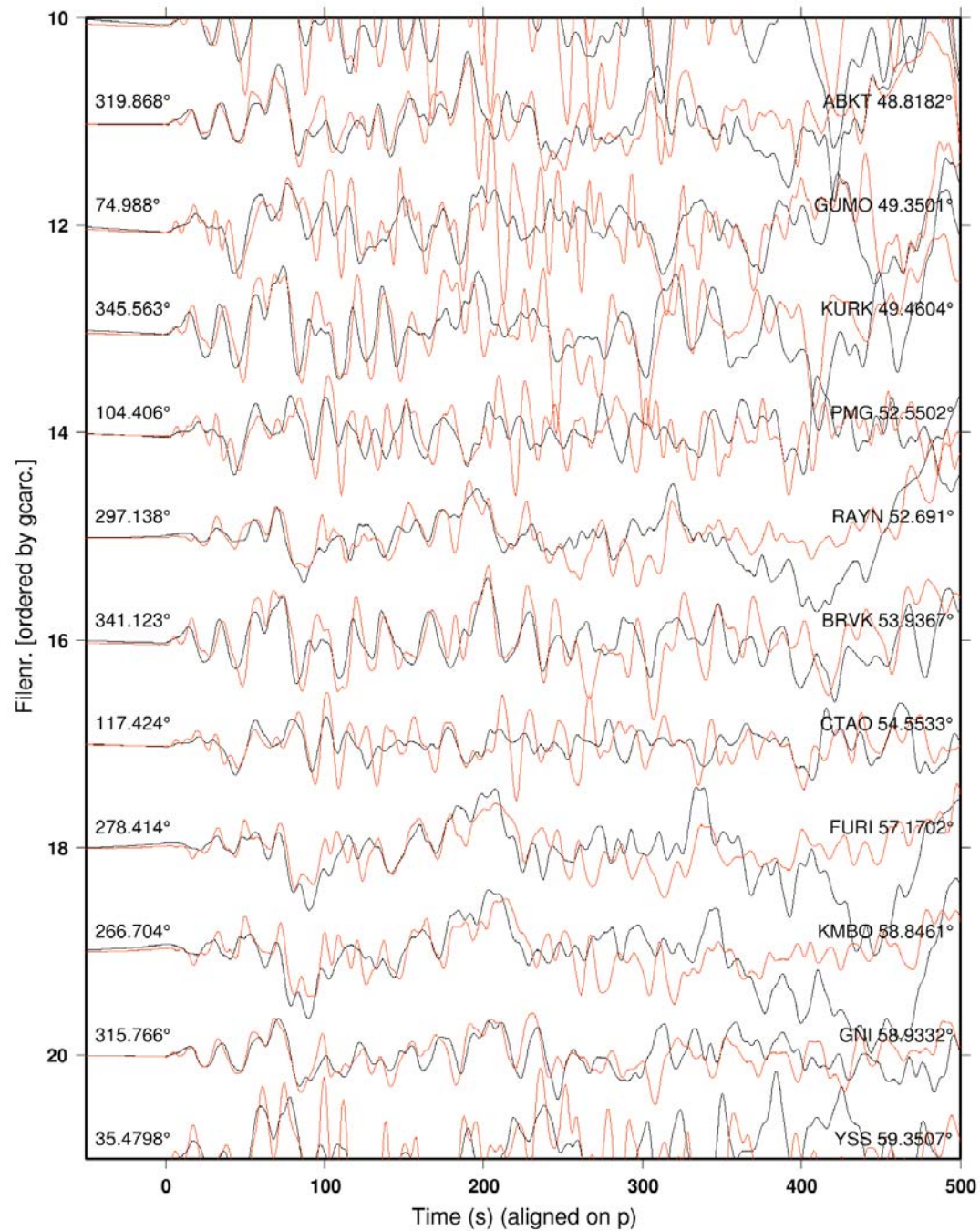
2004年12月26日 Mw9.0

2005年3月28日 Mw8.6

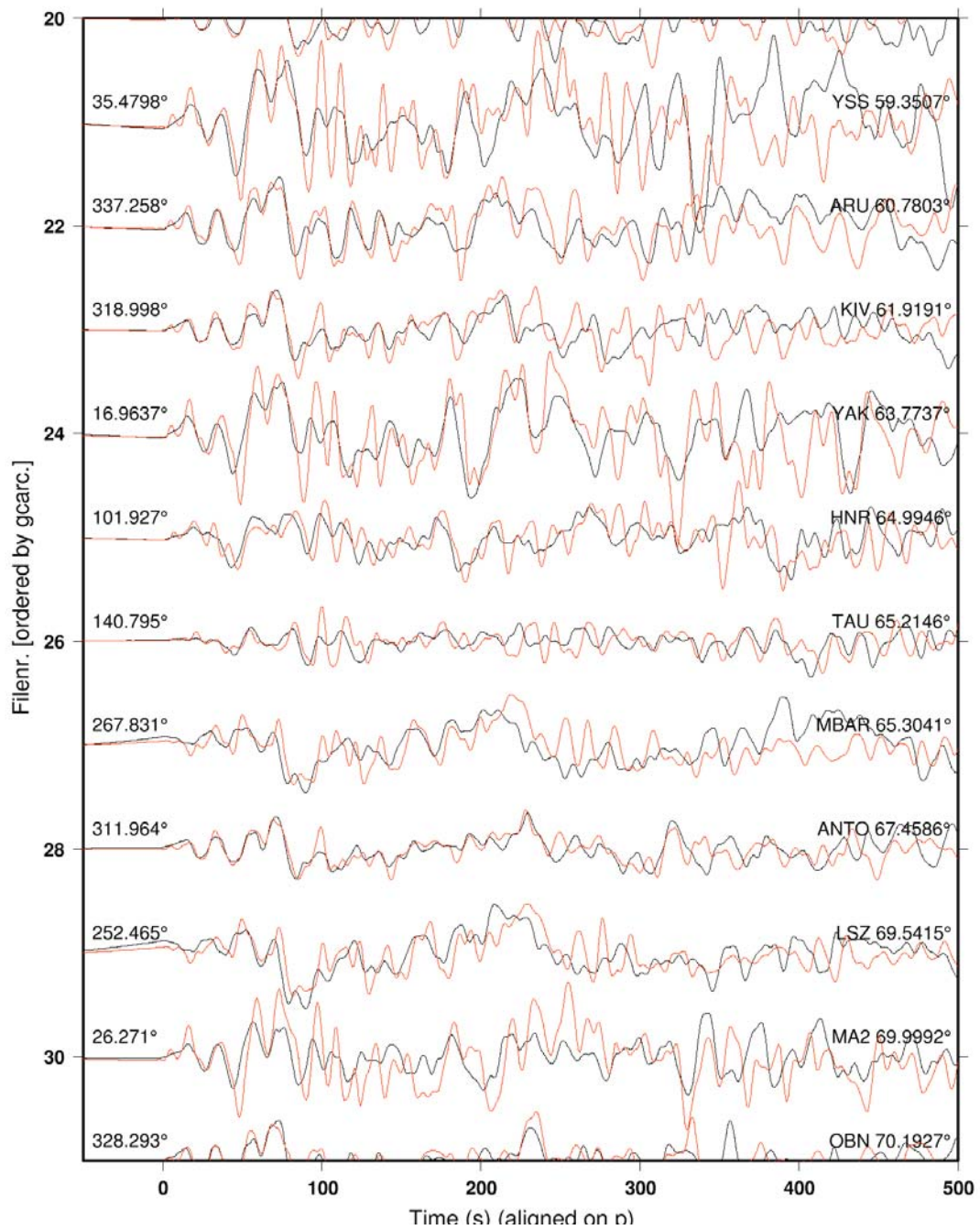


PP等の反射波を考慮するために精密な波形計算が必要

Sumatra Earthquake 5 300 sec LHZ



Sumatra Earthquake 5 300 sec LHZ



2004年12月26日(Mw9.0)

- 破壊継続時間は約550秒
- 断層長は約1200km、地震の規模はMw9.1
- 破壊は開始点から北西方向に伝播
→スマトラ島での地震動による被害が小規模であることに対応
- 最大の滑りは深さ20kmと比較的浅い
→津波の規模が大きいことと対応
- 地震波を励起した断層の滑りはアンダマン諸島には及ばないが、長周期表面波の振幅からさらに北部でよりゆっくりと滑ったことが示唆される。

まとめ

- 独自手法を用いて、670 km 不連続面近傍に長波長不均質構造が卓越していることを検出した。
- 2004年12月26日スマトラ島沖地震の震源過程モデルに基づいて地震波形を計算し、震源過程モデルの検証を行った。
- 理論地震波形データベースを構築し、研究者への公開を開始した。