

全地球弾性応答シミュレーション 平成15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、ゴルバトフ・アレクセイ、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）
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15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:

プログラムの移植と予備的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:

理論地震記録の上限周波数の更新

大地震の震源過程の効果

今年度得られた成果(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

研究概要

- グローバルスケールの高精度理論地震波形計算手法を応用して、地球内部3次元構造（地震波速度などの3次元分布）を推定する。
- 地球シミュレータを用いることにより、計算効率の飛躍的な向上を実現し、地球モデルの高解像度化を図る。

地球シミュレータへの実装

- 開発したコードを地球シミュレータに実装。
- ノード内並列化は自動並列＋強制並列化指示行使用。
- ノード間並列化はMPI使用。
- 10ノードを使って、データ解析を実施。

計算性能

- 理論波形計算部分

ベクトル化率: 99.9% 並列化効率: 77.6%

- 偏微分係数計算部分

ベクトル化率: 98.7% 並列化効率: 76.2%

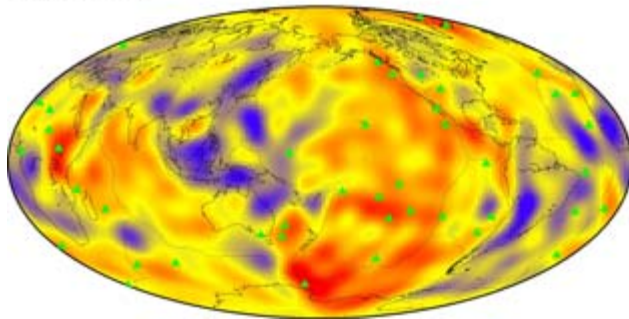
(値は10ノード使用時)

地球シミュレータにより推定された 高解像度地球内部構造モデル (マントル遷移層)

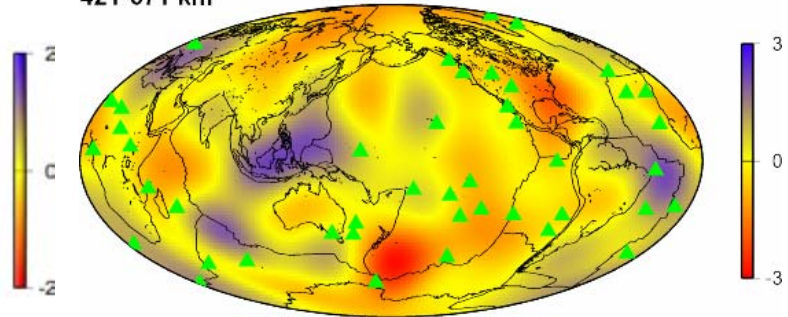
s=24 model

Hara and Geller (2000)

421-671 km



421-671 km



今年度得られた成果(その2)

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

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

地球シミュレータによる 理論地震記録計算(その1)

ノード数: 243 (1944 processors)

総格子点数: 55 億個

総メモリ量: 2.5 テラバイト

地表での格子点間隔: 0.026 度

計算精度 周期: 5.0 秒以上

地球上で30分の理論地震記録を計算するために必要なCPU
時間: 6 時間

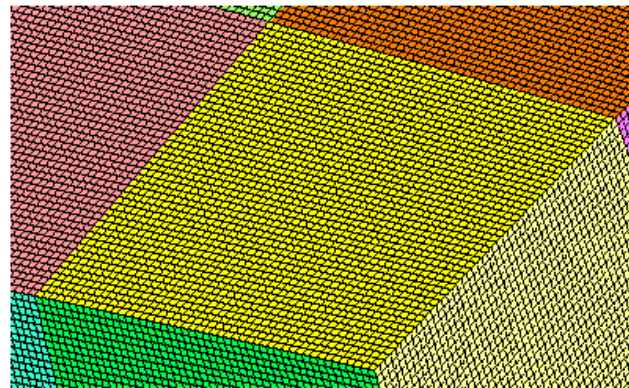
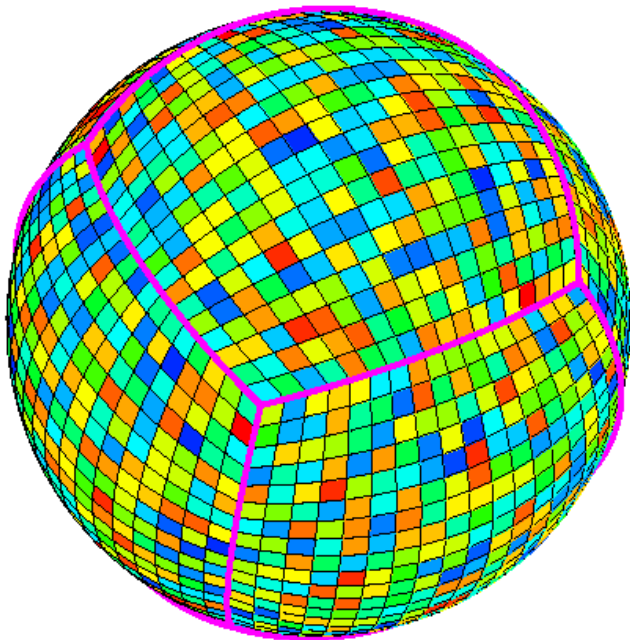
ベクトル化率: 99.3% (平均ベクトル長 112)

並列化率: 99.98%

実効性能: 5 テラフロップス

(ピーク性能の33%)

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)



地球シミュレータによる 理論地震記録計算(その2)

ノード数: 507 (4056 processors)

総格子点数: 137 億個

総メモリ量: 7 テラバイト

地表での格子点間隔: 0.018 度

計算精度 周期: 3.5 秒以上

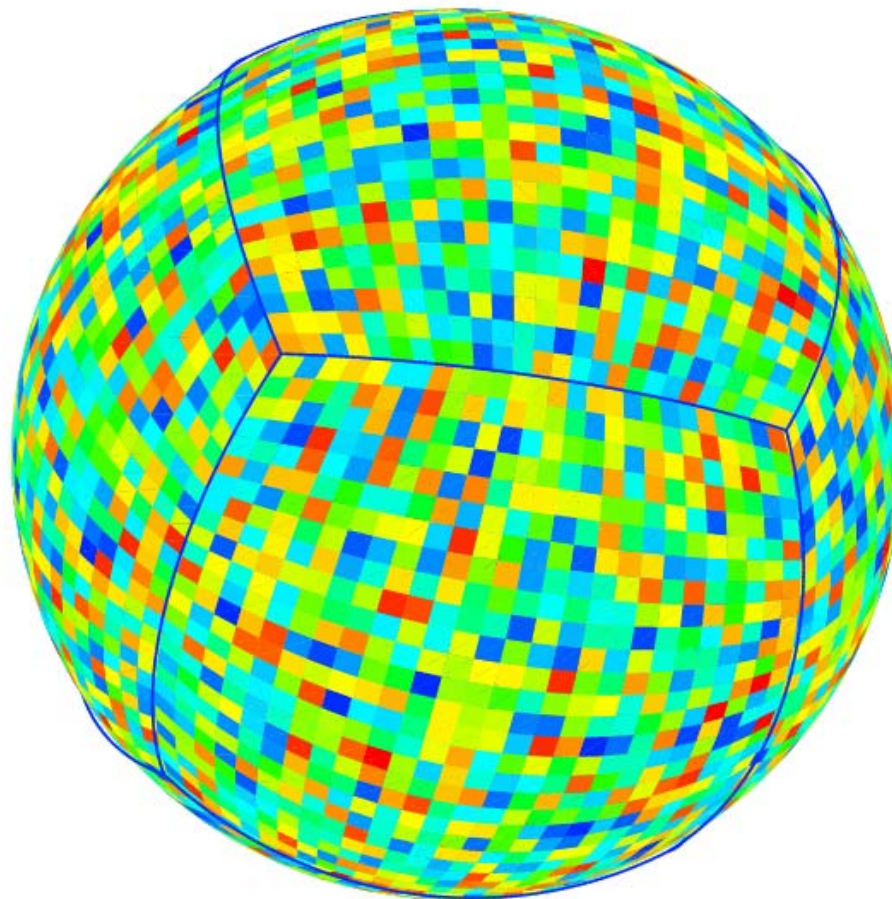
地球上で15分の理論地震記録を計算するために必要なCPU時間: 6 時間

ベクトル化率: 99.3% (平均ベクトル長 112)

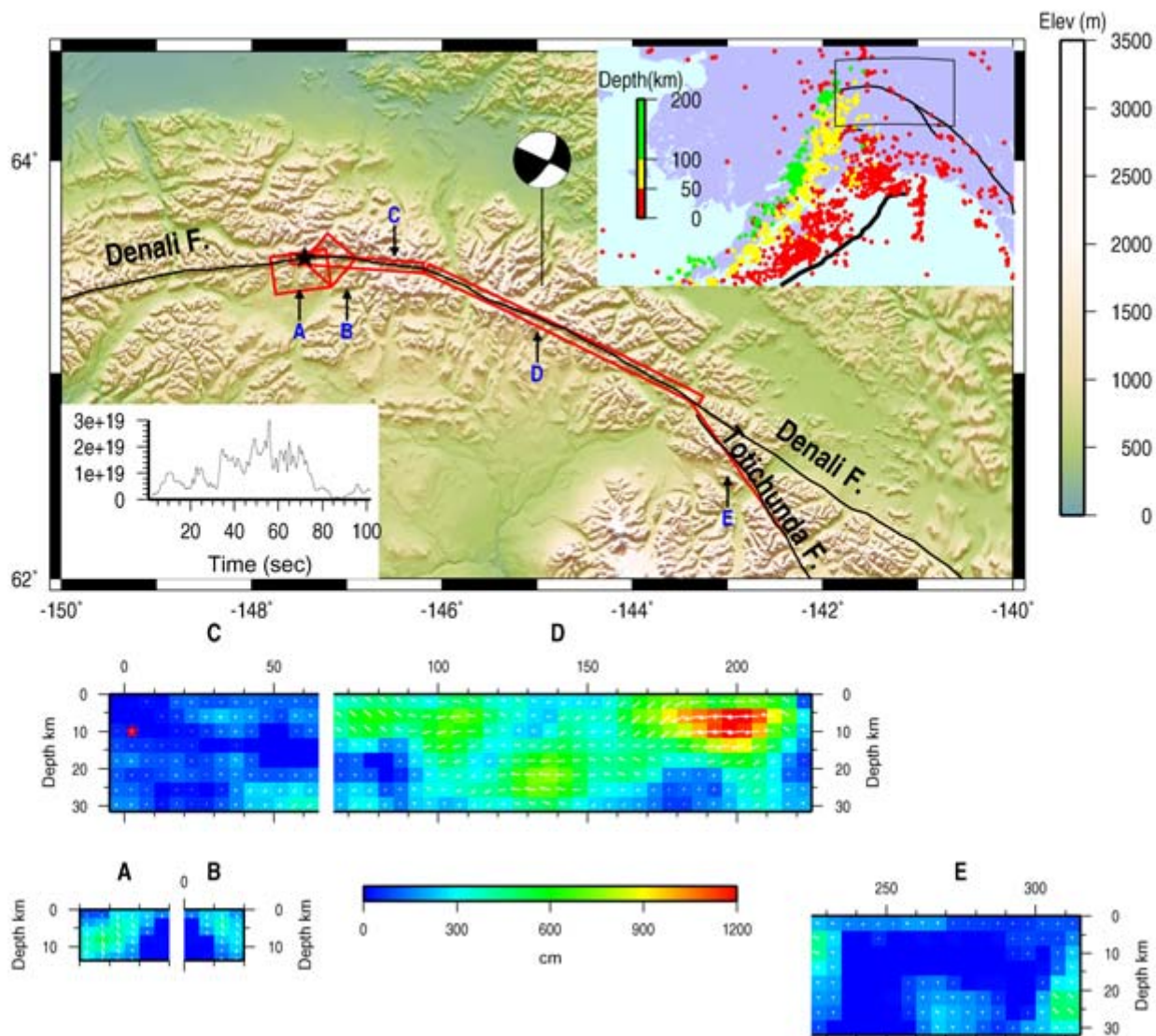
実効性能: 10 テラフロップス

(ピーク性能の32%)

507ノードのシミュレーションで用いたメッシュ
($6 \times 26 \times 26 = 4056$)

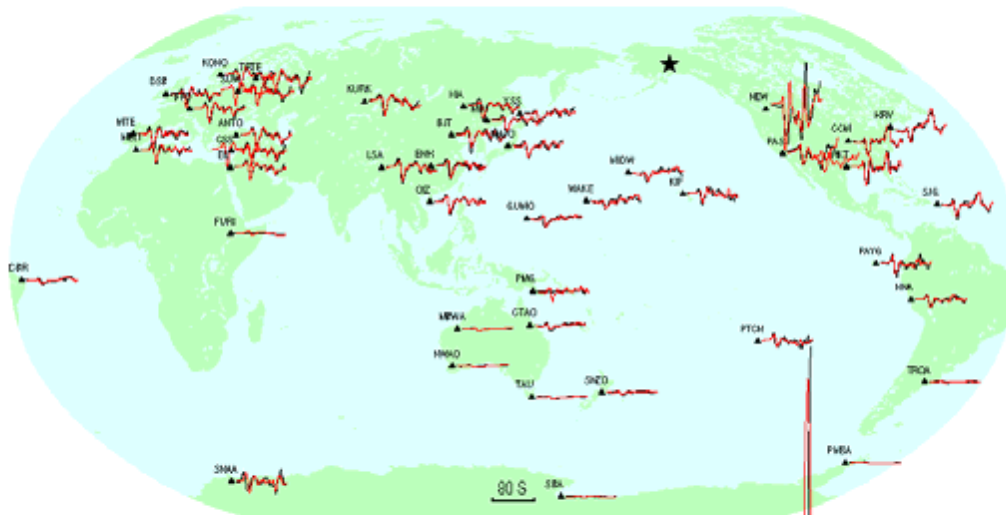


2002年11月3日アラスカ地震(M7.9)の震源過程モデル

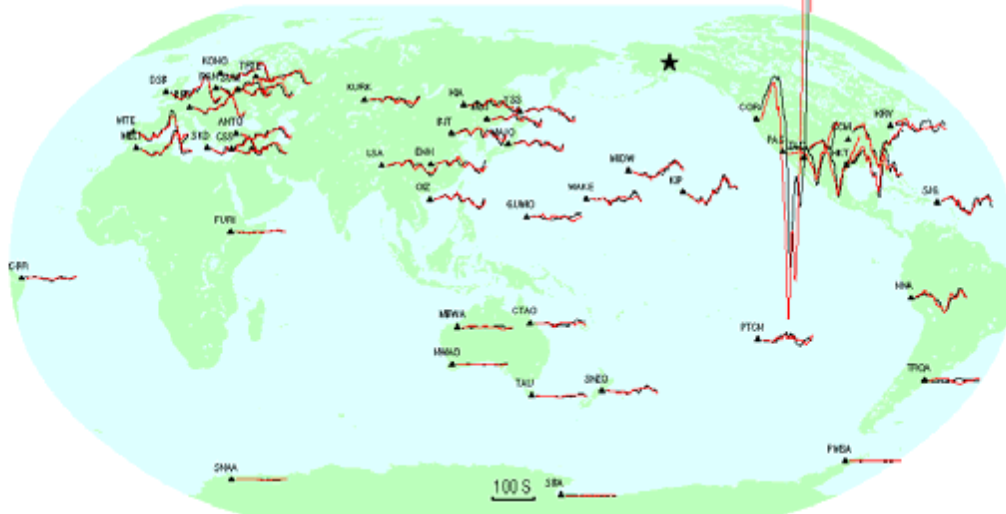


観測記録(黒)と理論地震記録(赤)の比較

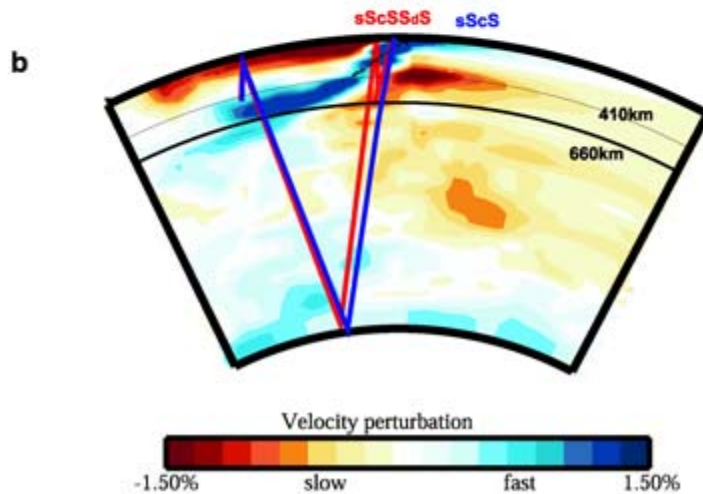
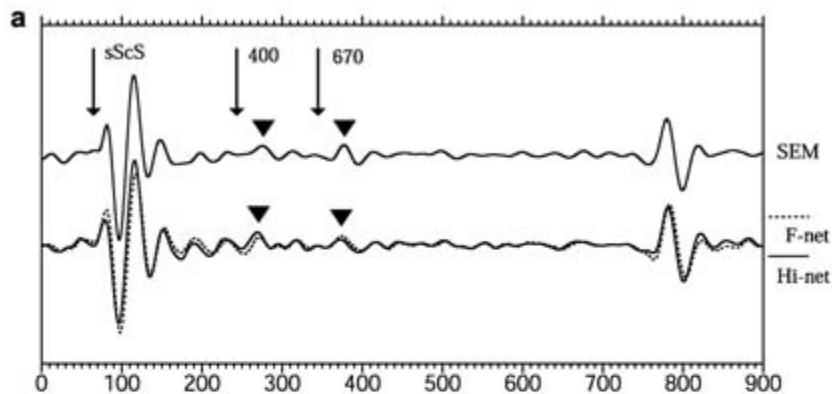
P波



S波



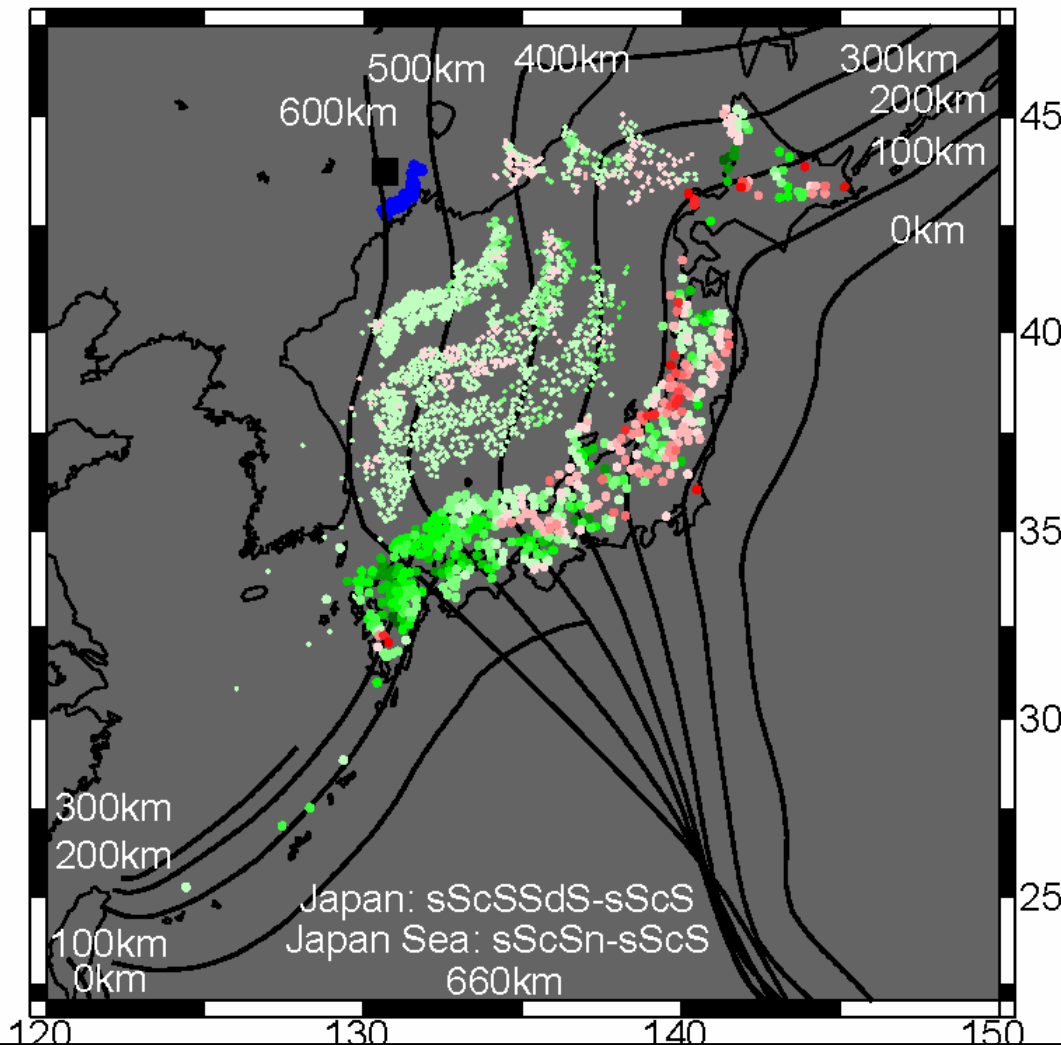
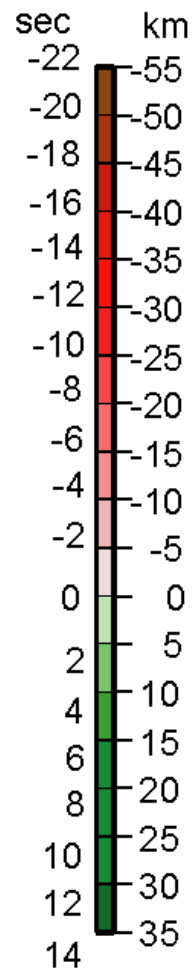
地球内部不連続面の凹凸の推定



Tono et al (2003)

地球内部不連続面の凹凸の推定

time anomaly depth anomaly



Tono et al (2003)

まとめ

- 波形インバージョンによる3次元地球内部構造推定のためのプログラムを移植した。ベクトル化率、並列化率共に大規模なインバージョン実施に十分であることを確認した。
- スペクトル要素法による理論地震波形計算は、507ノードを用いることにより現実的な3次元地球モデルに対して周期3.5秒まで計算できることを確認した。
- 2002年11月3日アラスカ地震により励起された地震波形を正確に再現できることを示した。