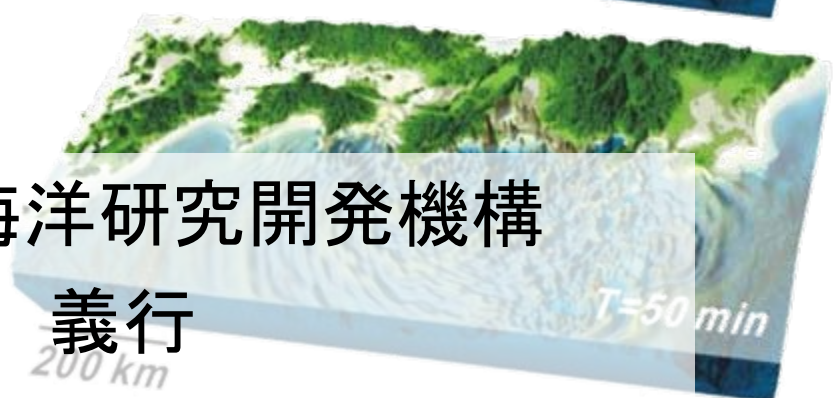
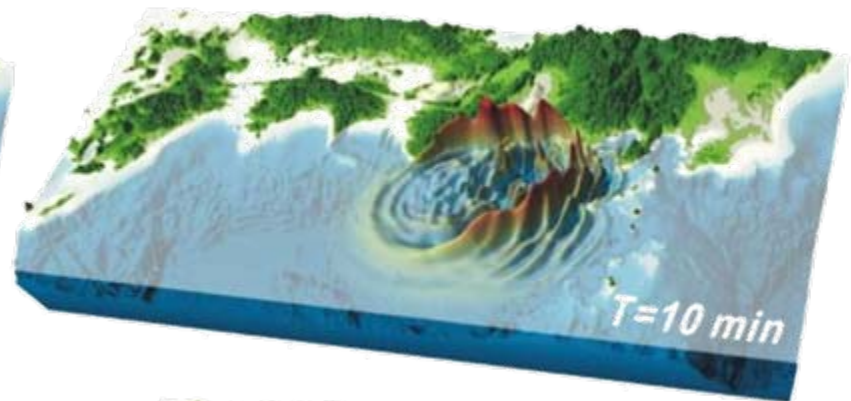
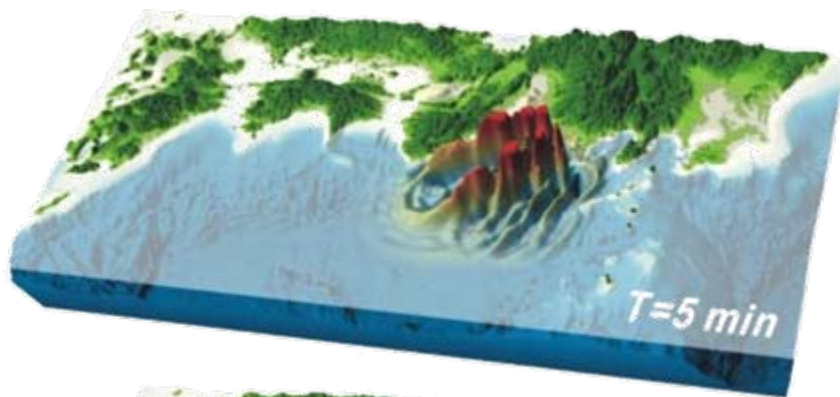


「自然災害・防災分野における計算科学の役割」 —地震津波・防災分野への適用—



独立行政法人海洋研究開発機構
金田 義行

200 km

地震津波・防災分野間の連携

1. 理学的研究

- ・地震発生予測シミュレーション、データ同化
- ・津波発生予測シミュレーション、データ同化
- ・地殻構造、地殻活動研究

2. 工学的研究

- ・地震動評価→被害想定→耐震評価・都市計画→防災施策
- ・津波評価→被害想定→耐波評価・都市計画→防災施策

3. 社会貢献

- ・複合災害対策→新たなリスクマネジメント、復旧復興提案

4. 共通基盤

- ・統合データベース、情報共有システム、アウトリーチ

巨大海溝型地震シミュレーション

◆ Scientific Challenge マルチスケールシミュレーション

1. 岩石破壊
2. 断層形成
3. 地震再来シミュレーション
4. 地震動伝播シミュレーション(南海、全地球)
5. 地震予測モデルの高度化(モデル構築、データ同化)

◆ 社会的ニーズ: 21世紀は巨大災害の時代

- ◆ 中央防災会議からの地震減災戦略に貢献⇒被害低減できる科学成果
- ◆ 国際社会にも影響する巨大災害への対応⇒予測リスク情報の共有化
- ◆ ハザード・被害・リスク評価と具体的な対応策⇒さらに、政策へ
- ◆ 具体的なテーマ:

1. 地震内部理論地震波計算
2. 地震伝播・強振動シミュレーション
3. 地震発生サイクルシミュレーション
4. データ同化

固体地球シミュレーションコンソーシアム 研究課題 (地球シミュレーター)

100名規模の研究者

複雑断層系の地震発生
過程シミュレーション

3次元不均質場での波動伝播
と地震動シミュレーション

日本列島域の地殻活動
予測シミュレーション

計算地球物質科学による
地球内部物質の物性評価計算

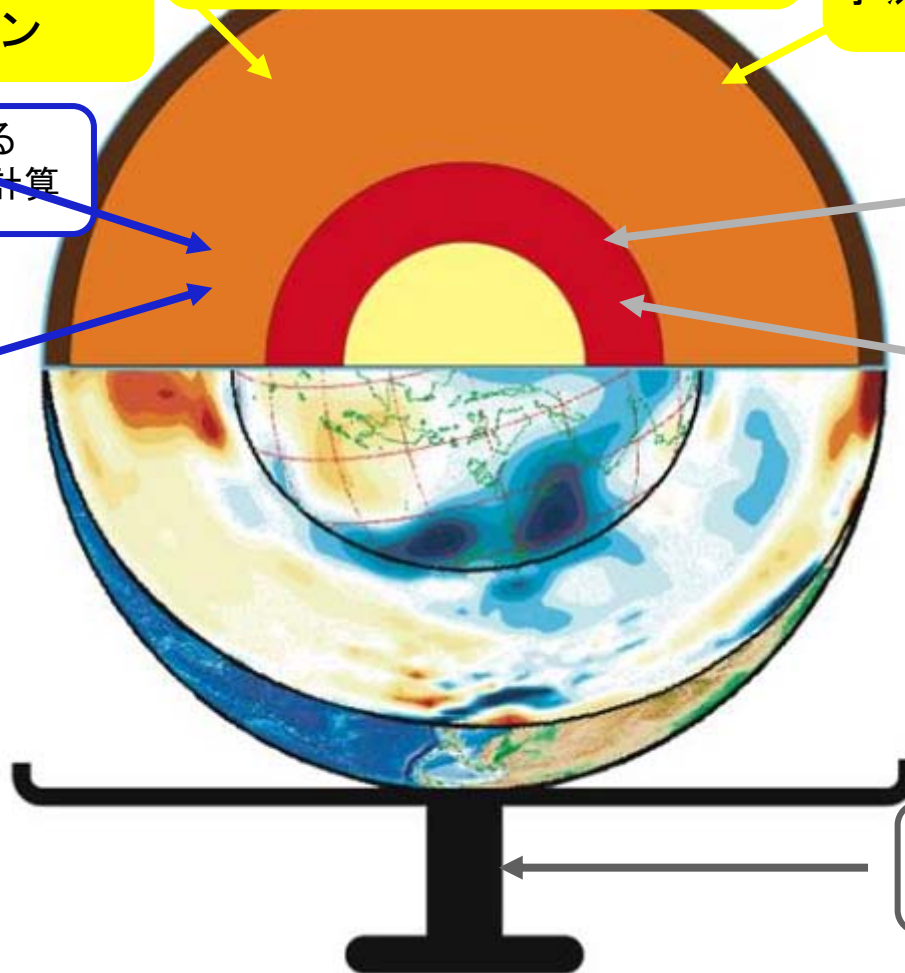
マントル対流の
シミュレーション

全地球弾性応答
シミュレーション

実地球環境での地球磁場
・変動シミュレーション

コア-マントル
結合系のダイナミクス

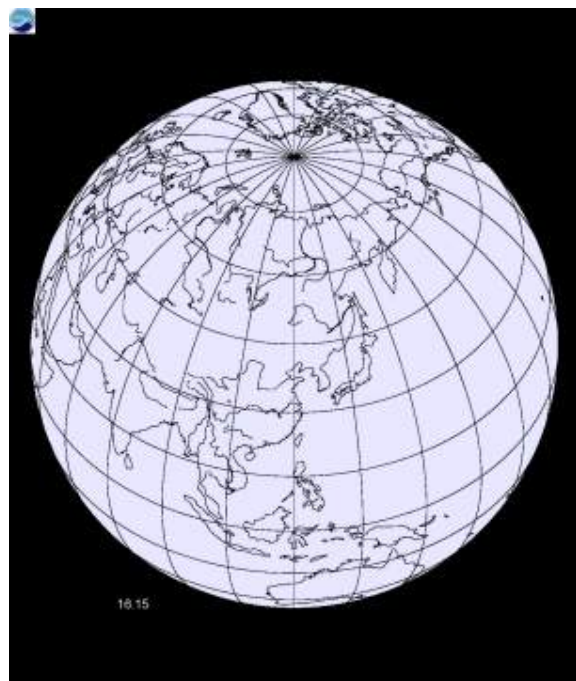
固体地球シミュレーション
プラットフォームの開発



これまでのシミュレーション研究

Scientific Challenge

地球内部理論地震波動計算の成果 (グローバルスケールのシミュレーション)



全球の計算

地球シミュレータの507ノードを用いることで2004年スマトラ大地震の地震波動伝播を周期3.5秒の精度で再現することに成功。

ESの507ノード(4056CPU)

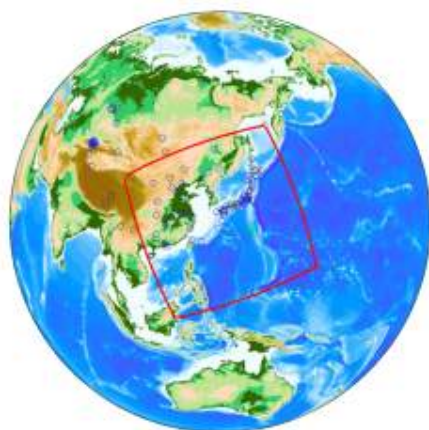
総格子点数137億個

メモリ約5Tbyte

20分間の理論地震記録を計算するための計算時間は5時間

日本列島規模の計算

地球シミュレータの512ノードを用いることで周期2秒の精度で計算可能。日本列島下に沈み込むプレート構造が地震波に及ぼす影響を再現。



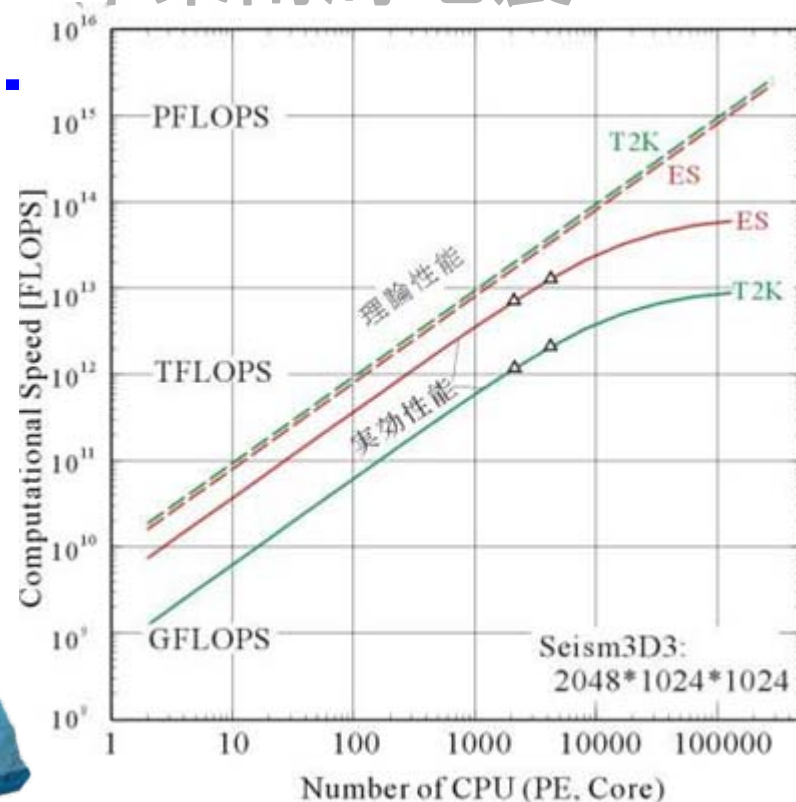
ESの512ノード(4096CPU)

メモリ約5Tbyte

10分間の理論地震記録を計算するための計算時間は6時間

(JAMSTEC坪井氏提供資料)

地震動シミュレーション: 1944年東南海地震



地震動シミュレーション並列計算性能

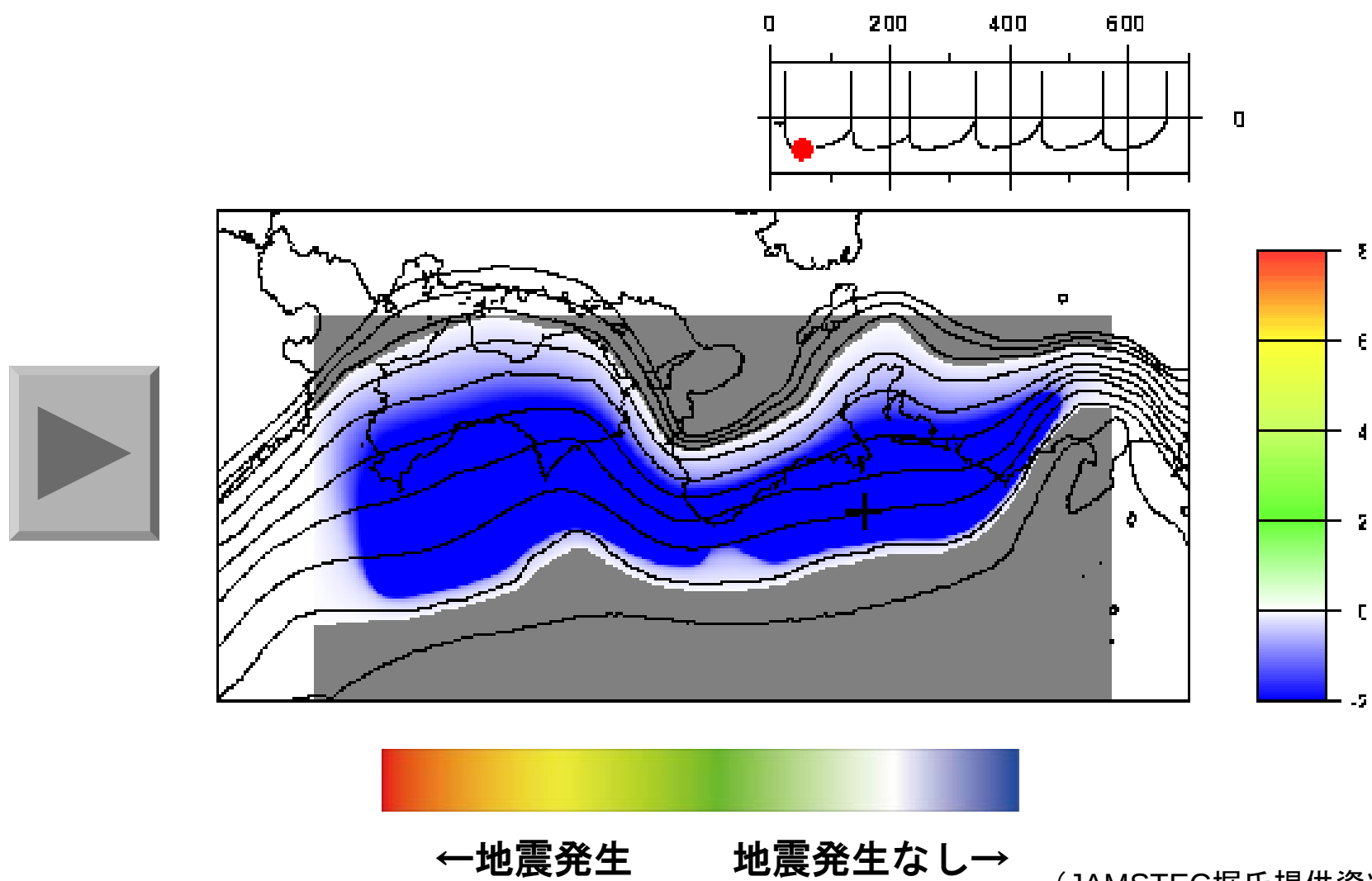
	ES	T2K (東大)
並列化率 [E]	0.999946	0.999937
最大並列化数 [N] (並列化効率>50%)	18,442	15,870
理論性能比 [%]	49.2%	8.1%

Furumura and Saito (2009)

(東京大学古村氏提供資料)

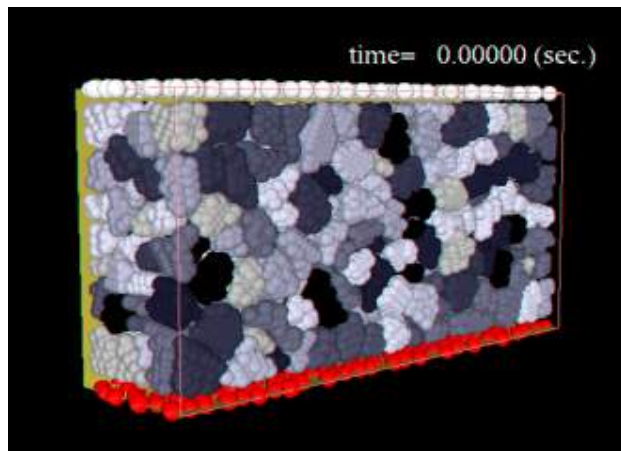
南海トラフ巨大地震発生サイクルシミュレーションモデル

今後700年の地震発生サイクルについてシミュレーターで計算

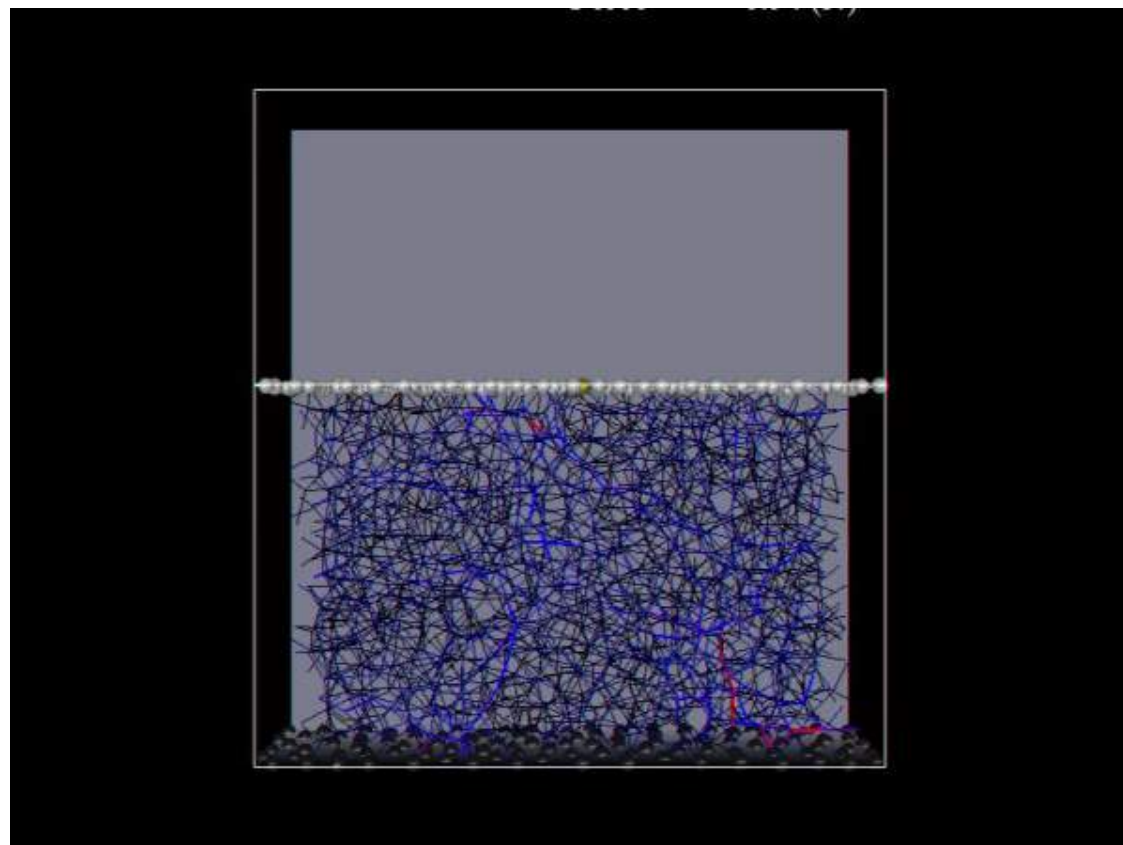


(JAMSTEC堀氏提供資料)

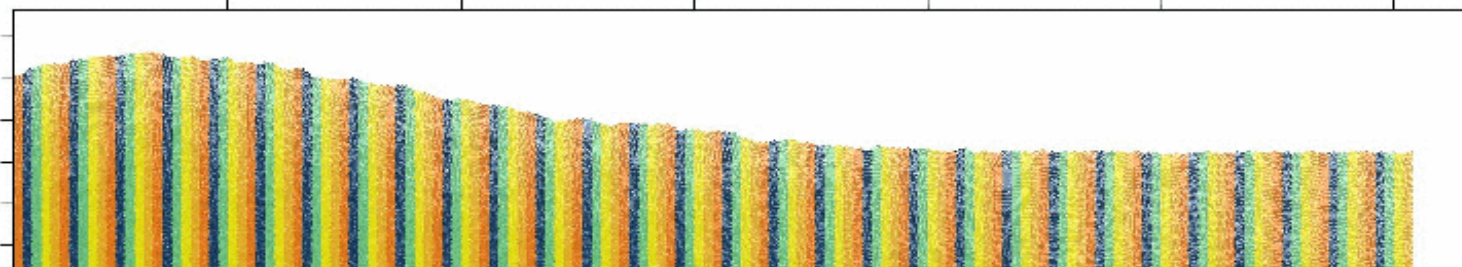
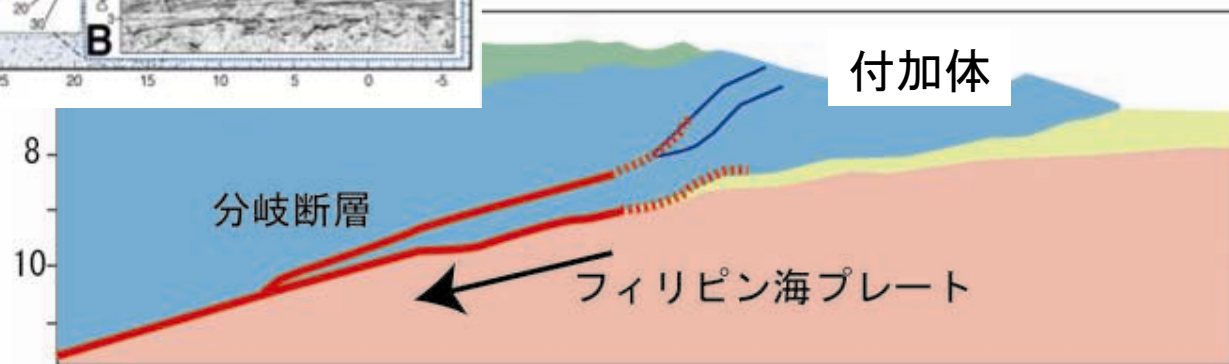
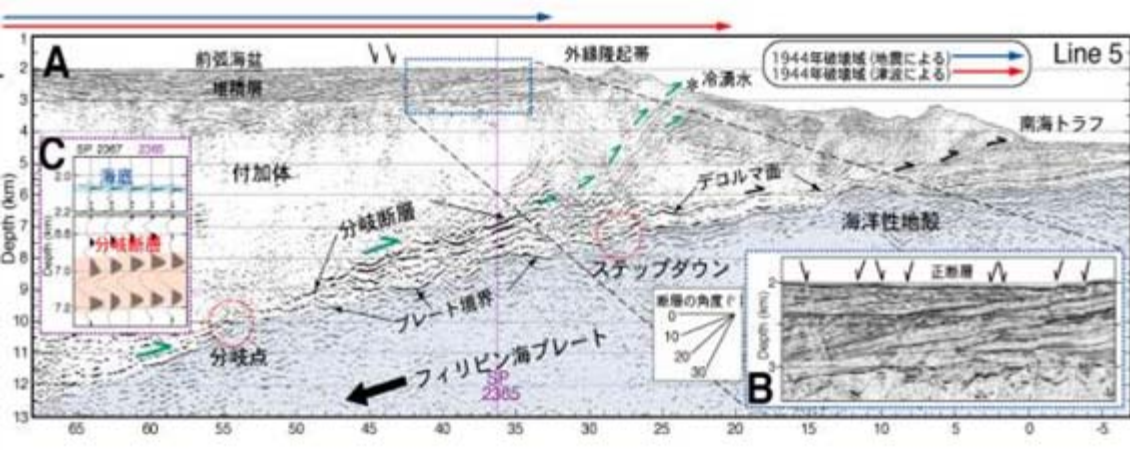
岩石破壊シミュレーション



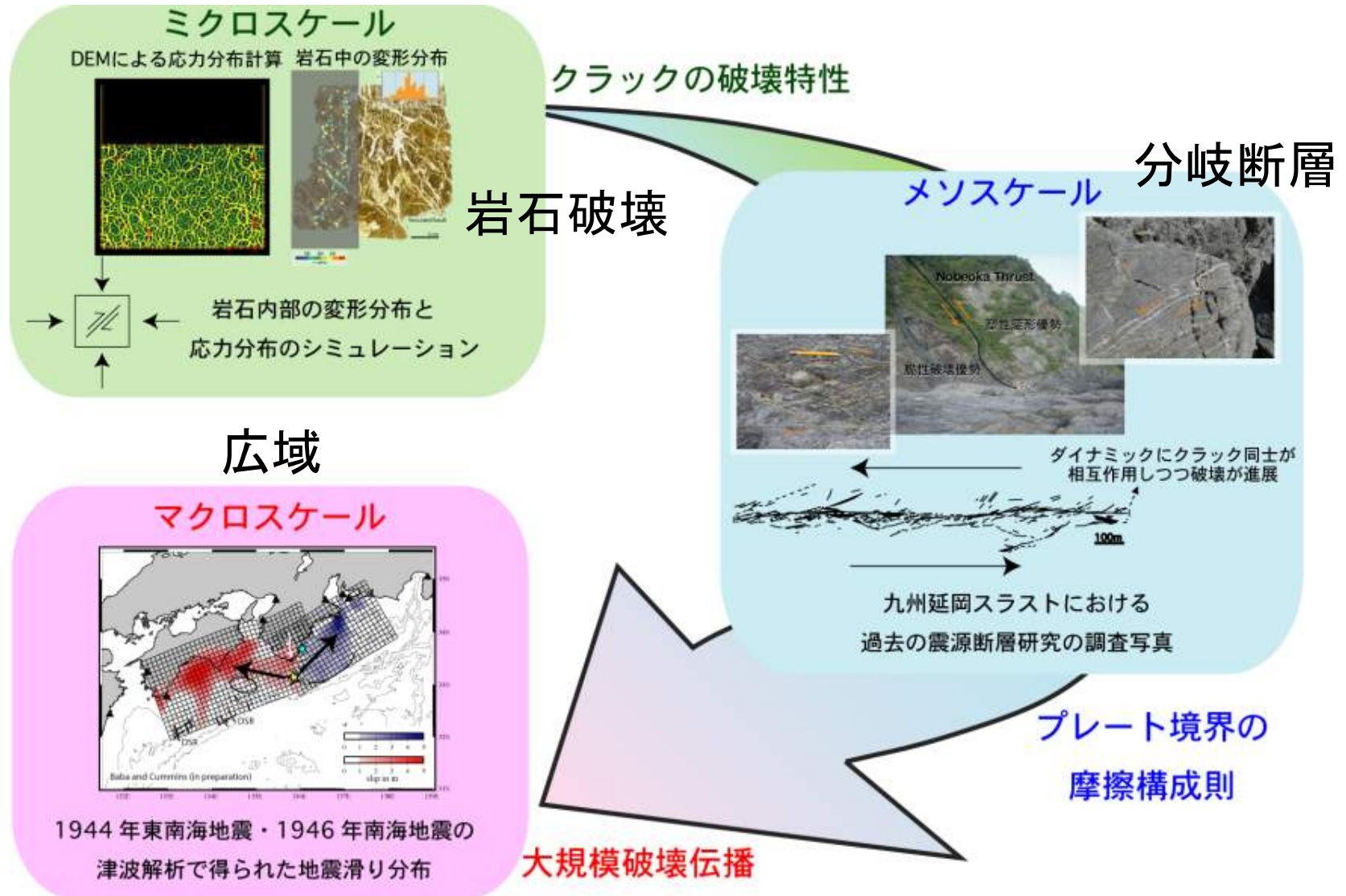
活断層研究への応用



付加体シミュレーション



マルチスケールの地震発生帯モデルの構築



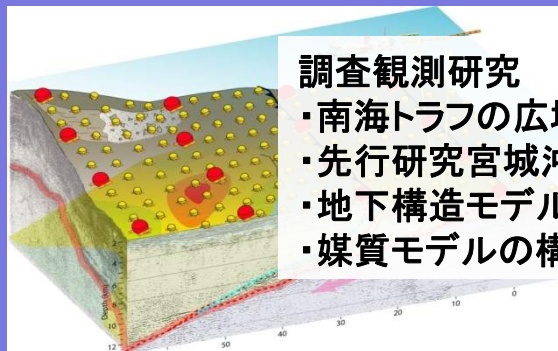
「東海・東南海・南海地震の連動性評価研究」 プロジェクト全体図

サブプロジェクト1

理学

工学

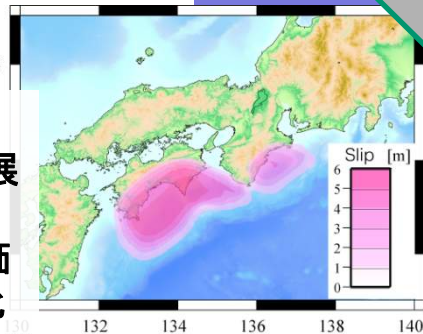
サブプロジェクト2



調査観測研究

- ・南海トラフの広域稠密観測
- ・先行研究宮城沖・根室沖観測
- ・地下構造モデル
- ・媒質モデルの構造

- ## シミュレーション研究
- ・固着すべり時空間発展
 - ・地震発生履歴
 - ・連動・非連動条件評価
 - ・モデル・手法の高度化

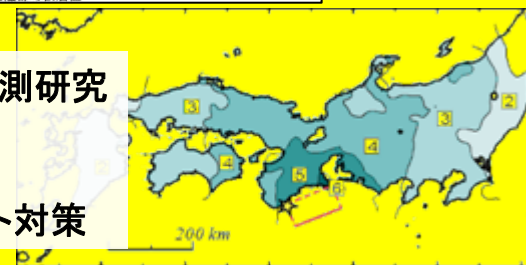


連携

重要社会
基盤施設
被災の
社会への影響



- ## 地震・津波被害予測研究
- ・強震動予測
 - ・津波ハザード
 - ・リスクマネジメント対策



連動性評価モデルの提案

復旧・復興戦略の提案

実施期間 平成20年～平成24年 5カ年計画

シミュレーション研究テーマ

総数100名規模の研究者

①「プレート境界面のすべりの時空間発展に関するデータベース構築(名古屋大学)」

②「過去の地震発生履歴から見た地震サイクルの多様性の評価(高知大学)」

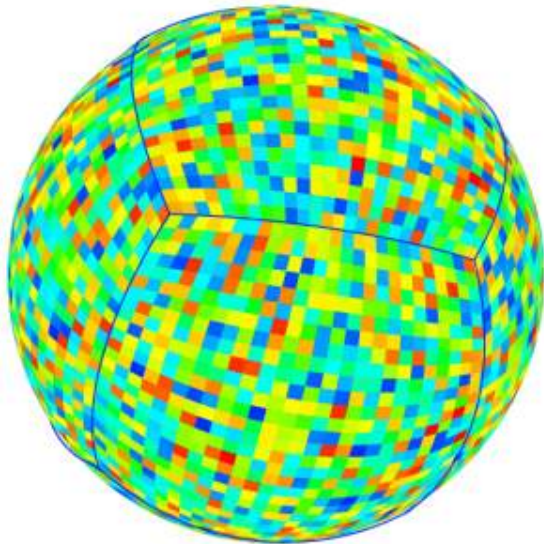
③「シミュレーション手法と物理モデルの高度化」
(京都大学)

④「連動性評価のためのシミュレーション研究」
(東京大学)

⑤「地震発生サイクル多様性のメカニズム解明」
(JAMSTEC)

次世代スパコン(ペタコン) を用いたシミュレーション研究 Scientific Challenge

次世代スパコンへの期待 (グローバルスケール)

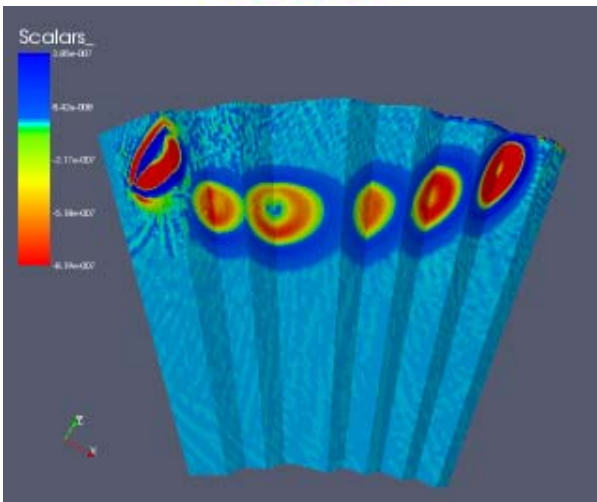


標準全地球3次元構造モデルの構築

現在のESでは507ノード(4056CPU)で全球で3.5秒の精度を持つ理論地震波を計算できる。周期1秒の地震波を全球で計算するには少なくともこの16倍の規模の計算機資源が必要である。

$$16 \times 507 = 64896 \text{ CPU } (> 500 \text{ Tflops})$$

この10倍(5Pflops)の計算機資源があれば、周期1秒の精度で厳密な波動理論に基づく地球内部構造インバージョンを行うことが可能となる。周期1秒の精度で厳密な波動理論に基づくインバージョンを行うことにより、地球内部構造モデルの精度を飛躍的に向上させることができる。



次世代スパコンへの期待 (地震・津波伝播シミュレーション)

地震

	ES	ペタコン	比率
モデル精度	分解能: 50 m 最大周波数: 2 Hz	分解能: 10 m 最大周波数: 5 Hz	5倍 2.5倍
演算量	15.3 TFLOPS *1 時間	10 PFLOPS *1 時間	653倍

【目的】短周期($f > 2\text{Hz}$)地震動計算により、震度や木造家屋の被害予測の実現

【必要性】短周期地震波伝播に強く影響する、短波長不均質構造(10m程度)のモデル化により、初めて実現可能(現行の2倍精度では不可)

津波

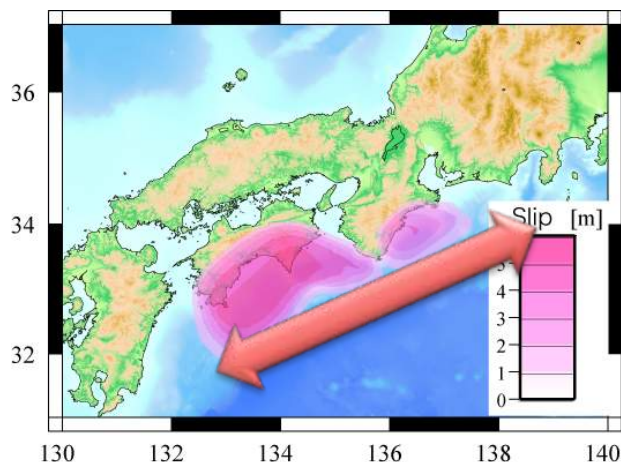
	ES	ペタコン	比率
モデル精度	分解能: 100 m	分解能: 10 m	10倍
演算量	1 TFLOPS *1 時間	10 PFLOPS 0.1 時間	1000倍

【目的】3次元津波計算の実用化、津波警報のリアルタイム化

【必要性】高精度化のために、観測データを使った繰り返し計算(データ同化)が必要

(東京大学古村氏提供資料)

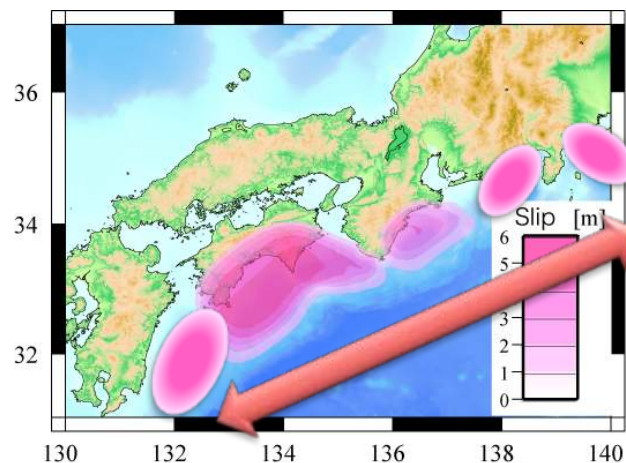
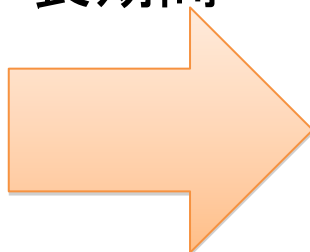
次世代スパコンへの期待 (実用化に向けた地震発生サイクルシミュレーション)



東海～四国沖
M8クラス巨大地震のみ
約700年間の繰り返し

地球シミュレータ128ノード
(3.6TFLOPS, ピーク比44%)
約8時間

広領域
高解像度
長期間

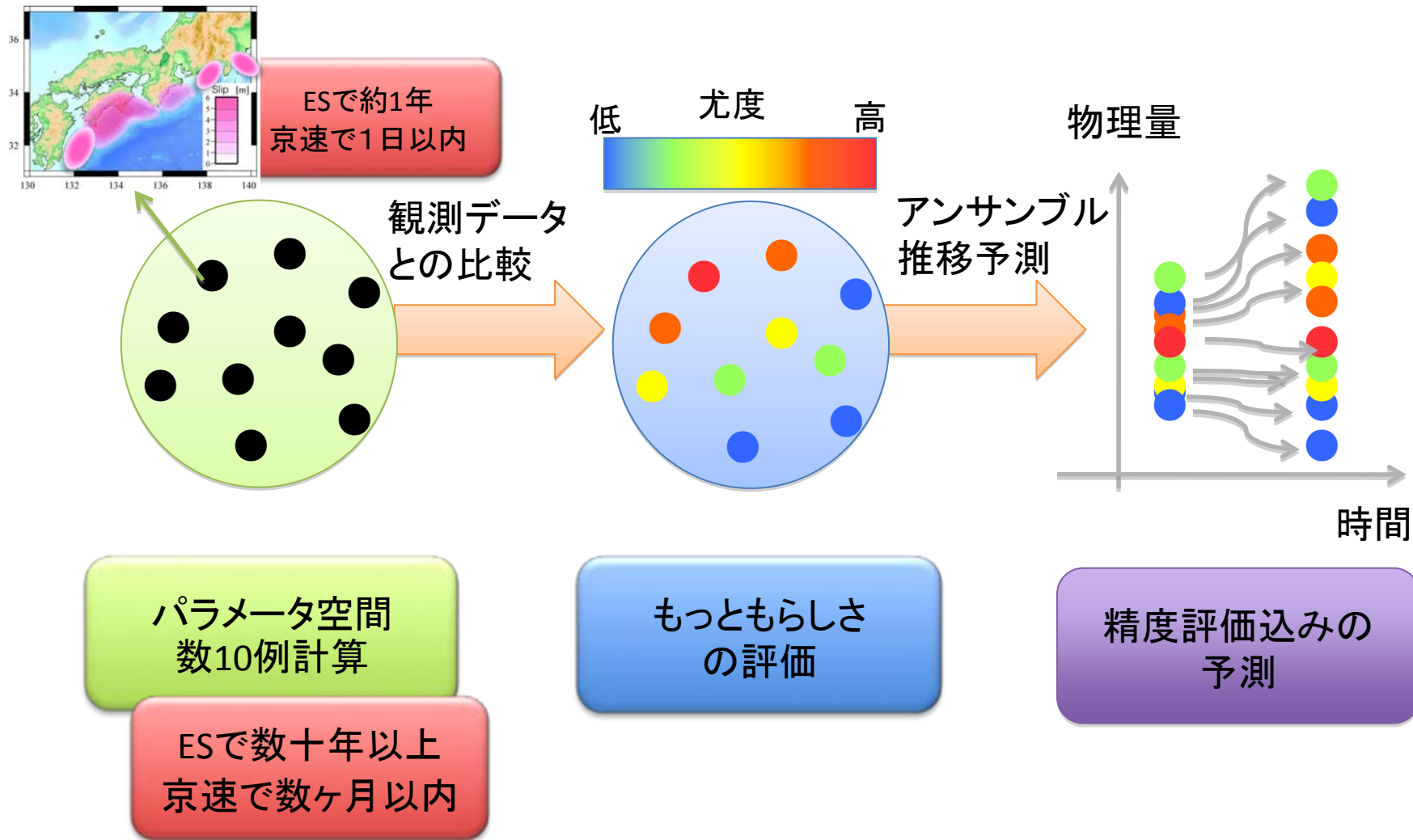


房総沖～日向灘 x2
M9クラス超巨大地震
～M6クラスゆっくりすべり x100
約3000年間の繰り返し x4

京速計算機
10PFLOPS
ESで約1年→1日以内
(ピーク比10%以上なら)

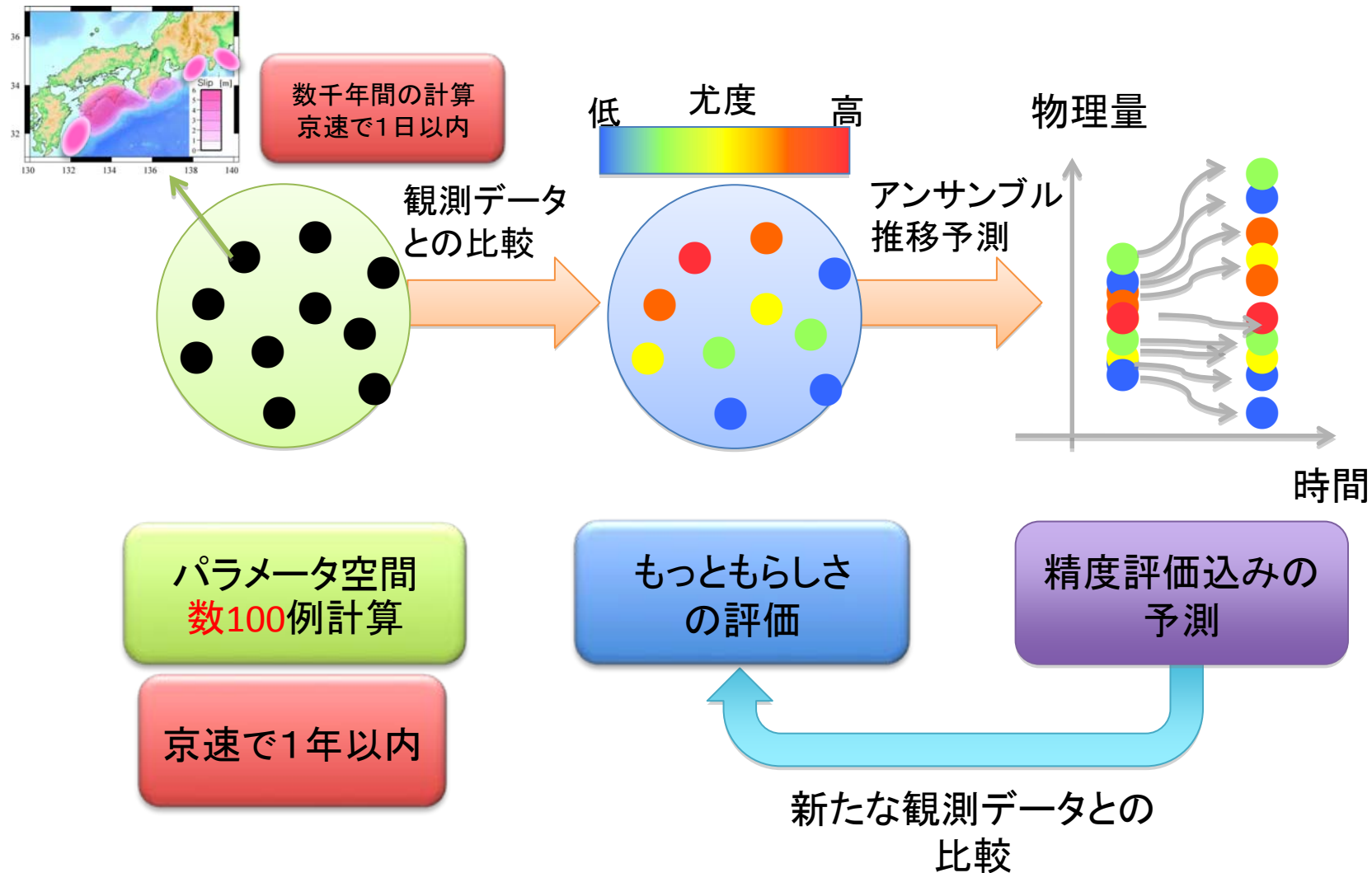
(JAMSTEC堀氏提供資料)

次世代スパコンへの期待 (地震予測シミュレーションモデルの高度化と データ同化モデルの開発:プロトタイプ)



次世代スパコンへの期待

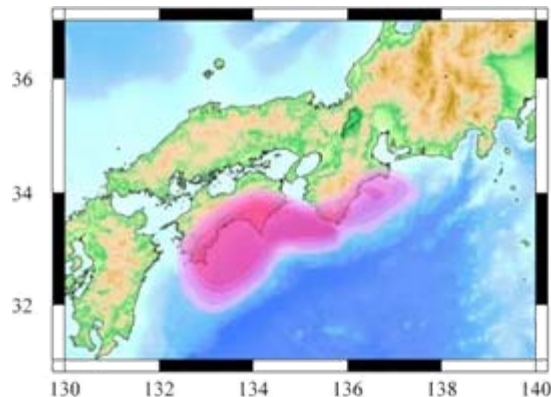
(地震予測シミュレーションモデルの高度化と
データ同化モデルの開発: 実用化)



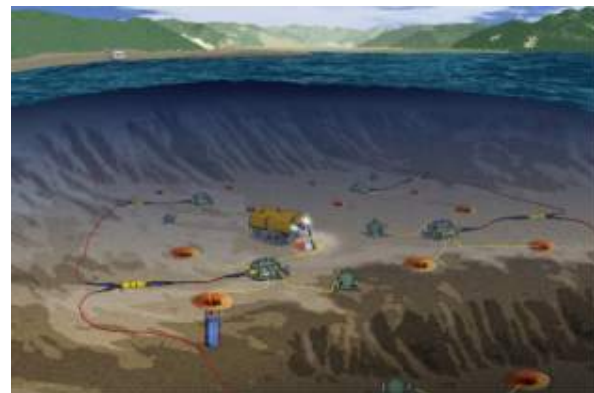
今後の地震津波・防災研究(各分野の連携)



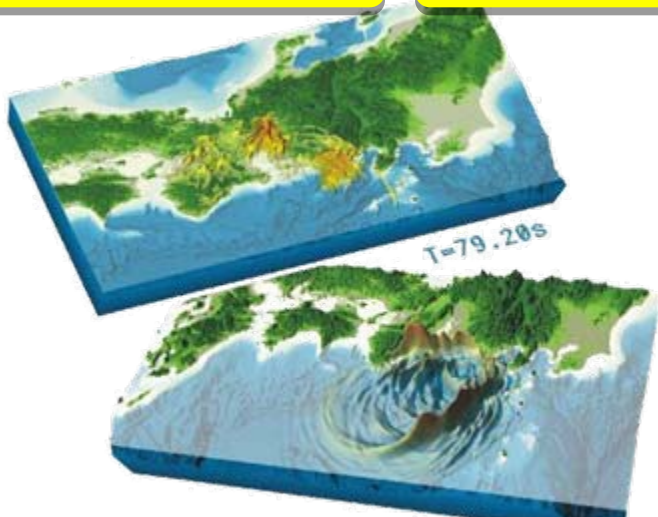
観測・調査



シミュレーション



リアルタイムモニタリング



地震動・津波予測精度向上



地震防災・津波防災

研究計画

	標準全地球3次元構造モデルの構築	地震伝播と強振動シミュレーション	地震発生サイクルシミュレーション	データ同化
5年	周期1秒の精度で厳密な波動理論に基づく印バージョン実施 地球内部構造モデルの高精度化	短周期地震動計算により、震度や木造家屋の被害予測モデル 3次元津波計算の実用化、津波警報のリアルタイム化の開発	シミュレーション領域の拡張(広域震源域への展開)	海陸統合データによるプロトタイプモデル化の開発
10年	地震波データの蓄積による高精度化	実用化に向けたチューニング	房総沖～日向灘M)クラス超巨大地震～M6クラスゆっくりすべり 約3000年間の繰り返し	精度評価込みの予測モデルの開発と実用化

今後の体制

コンソーシアムによる研究推進
(リモートアクセスの実施)
国際連携

シミュレーション成果報告会
国際会議を含む

ESセンター機能を活用化した
講習会等の実施
国内外の研究・技術者