

次世代スーパーコンピューティング・シンポジウム2010  
および第1回戦略プログラム5分野合同ワークショップ

## 分野3

# 防災・減災に資する地球変動予測

2011年1月17日

統括責任者 今脇資郎

(独)海洋研究開発機構(JAMSTEC) 理事

# 講演内容

- JAMSTECと阪神・淡路大震災
- 背景(ニーズ)
- 戦略目標
- 防災・減災に資する気象・気候・環境予測
- 地震・津波の予測精度の高度化
- 計算科学技術推進体制の構築
- まとめ

# JAMSTECと阪神・淡路大震災



海洋調査船「なつしま」が、ドックで損傷



調査船「よこすか」と「かいよう」が  
医療関係者の宿泊所に

# 背景(ニーズ)



台風や集中豪雨、  
地震や津波は、  
連鎖し複合的な大災害を引き起こす



迅速で効果的な対策が必要

+

大規模な自然災害は野外実験によって  
影響評価を検証することは不可能

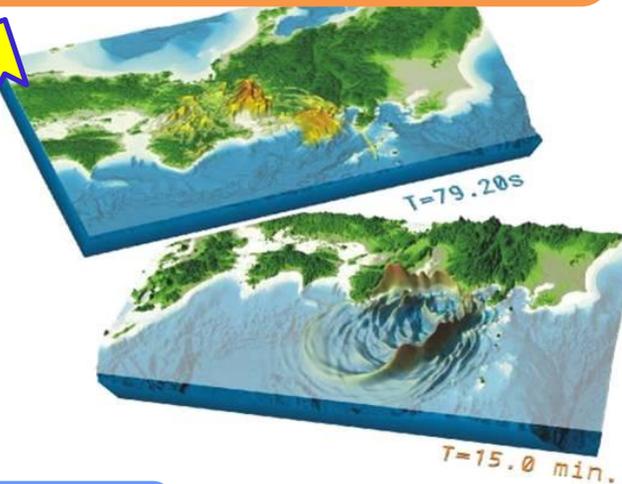
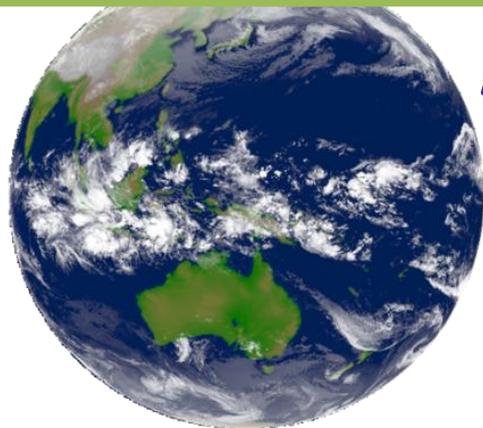
大規模シミュレーションによる地球変動予測が不可欠

# 戦略分野3の戦略目標

- 地球温暖化時の**台風**の動向に関する全球的予測
- **集中豪雨**の予測
- 次世代型**地震**ハザードマップの基盤構築
- **津波**予測の高精度化

防災・減災に資する  
気象・気候・環境予測

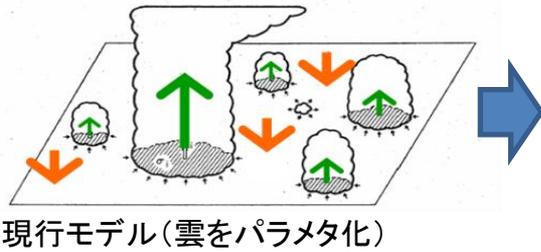
地震・津波の  
予測精度の高度化



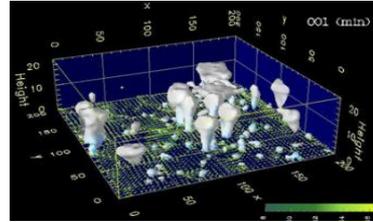
計算科学技術推進体制の構築

# 気象・気候・環境 : ①地球規模の気候・環境変動予測

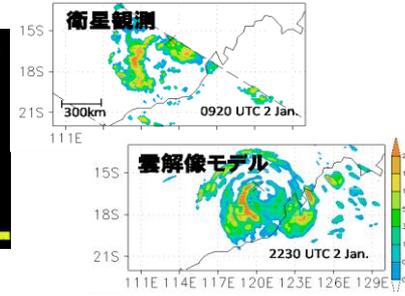
## 第1目標: 全球雲解像モデル(NICAM)による温暖化時の**台風**の研究



現行モデル(雲をパラメタ化)



雲解像モデル

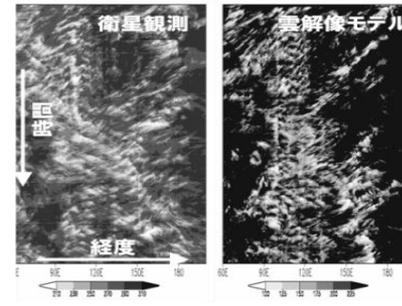


## 第2目標: NICAMによる**延長予測**の可能性の研究

・日本の天候に影響を及ぼす熱帯から中緯度での延長予測にブレークスルー

⇒1ヵ月程度先までの天候を予測

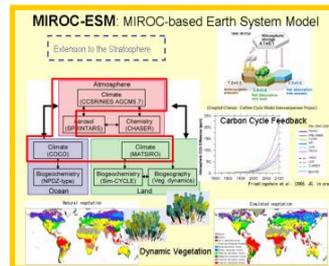
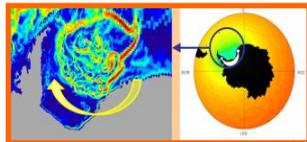
熱帯季節内振動(MJO)の延長予測可能性の提示から実証へ



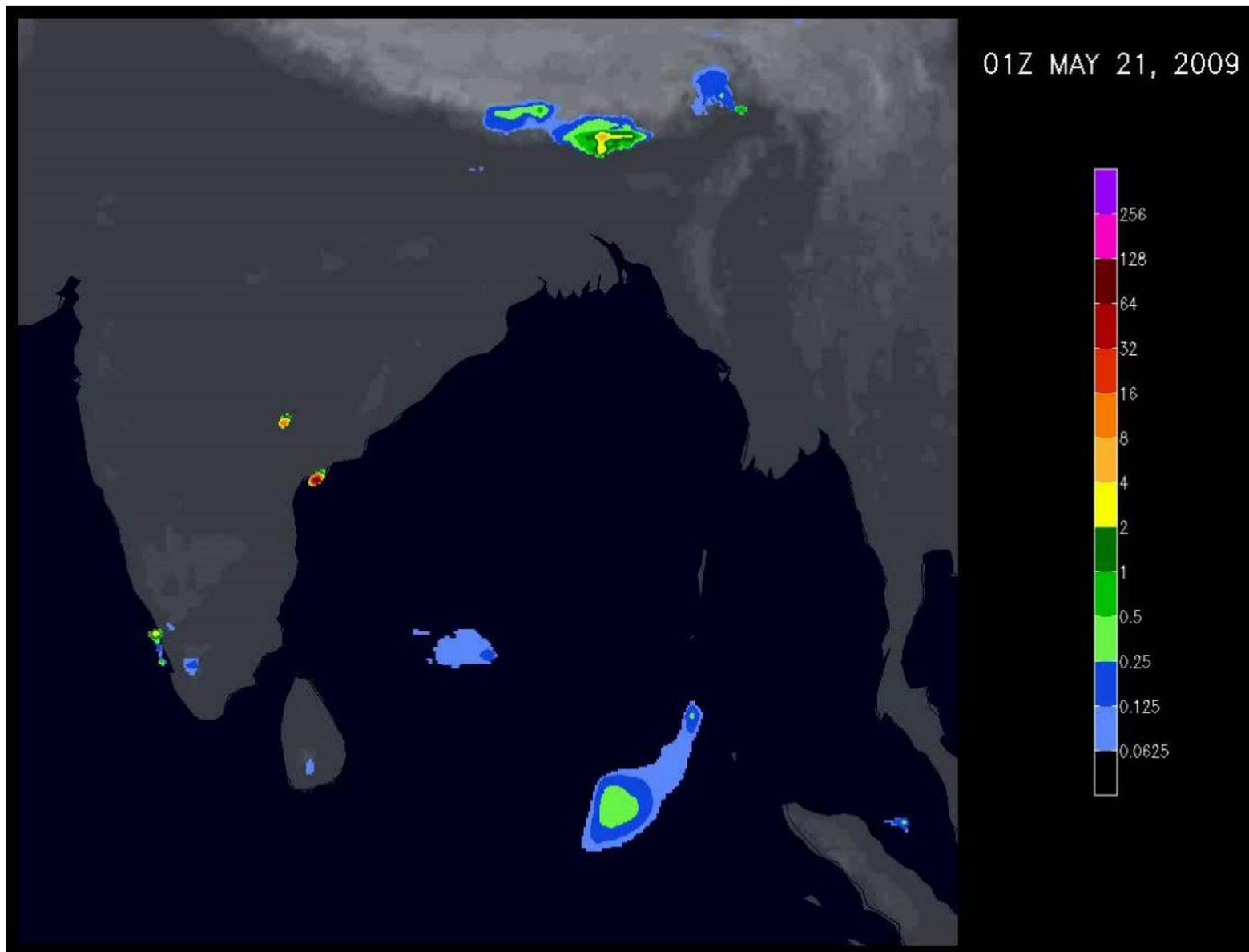
## 第3目標: 地球変動予測アプリケーション**パッケージ**の開発

・地球システム統合モデルを完成、各パーツを標準化

⇒シームレスな地球環境変動予測を実現



地球温暖化時の台風の動向に関する全球的予測



全球雲解像モデル(NICAM; 7km格子)による  
長期シミュレーションで得られた降水分布(初期値:2009年5月21日)

## 2008年7月28日神戸豪雨への適用例



(a) 14:30 (-0.37m)



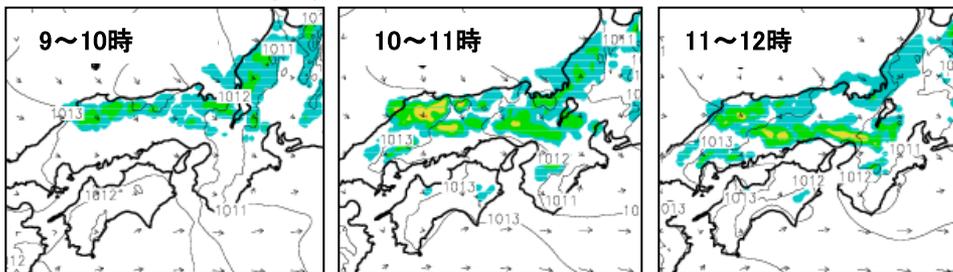
(b) 14:40 (-0.33m)



(c) 14:50 (1.01m)

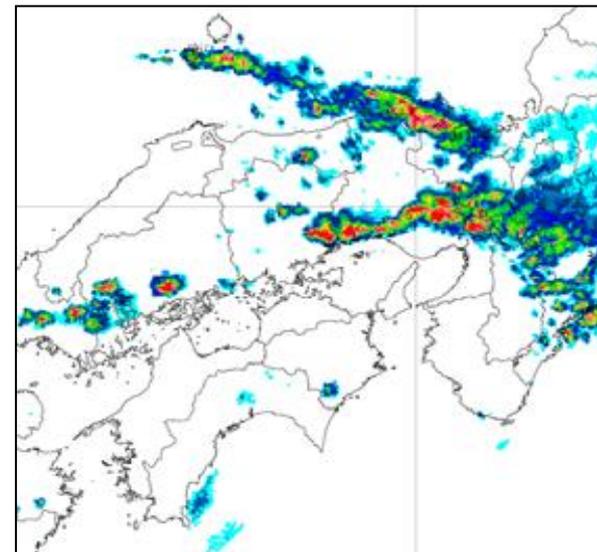
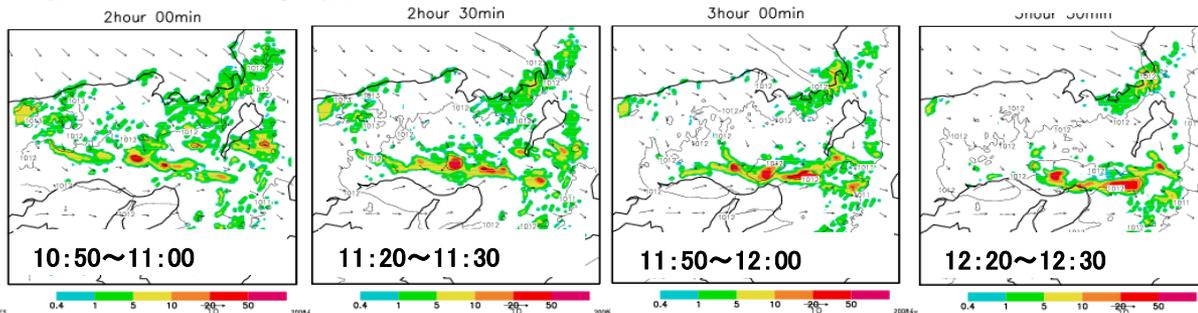
とががわ  
神戸市都賀川で急激な  
増水(5人死亡)

(a) 格子間隔 5km: 初期値 28日9時



高解像度化

(b) 格子間隔 1.6km: 初期値 28日9時



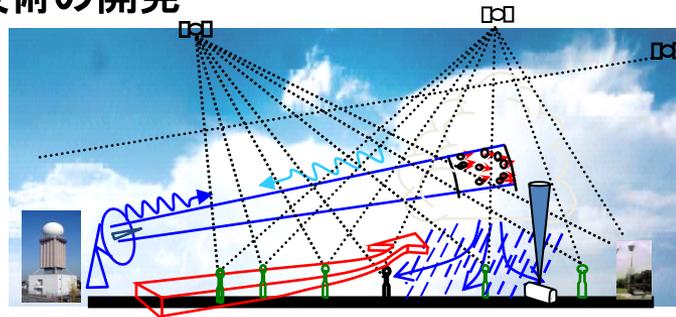
気象庁レーダーによる7月28日13-14時の降水量

GPS通信を利用した高精度  
な水蒸気量データを同化  
1.6kmダウンスケール雲解像  
予報実験

# 気象・気候・環境 : ②超高精度メソスケール気象予測

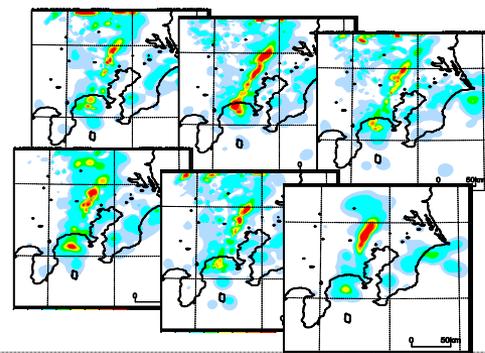
## 第1目標: 領域雲解像4次元データ同化技術の開発

・ドップラーレーダー、GPS等による高解像度観測データ(水蒸気と風)を、雲解像モデルに同化



## 第2目標: 領域雲解像アンサンブル解析予報システムの開発と検証

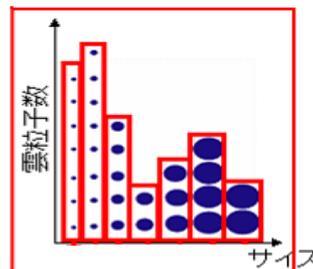
・雲解像アンサンブル予測により、集中豪雨の半日以上前の予測を、時間・場所・強度を特定して確率的に行う。  
⇒信頼度情報に基づくリスクマネジメントが可能に



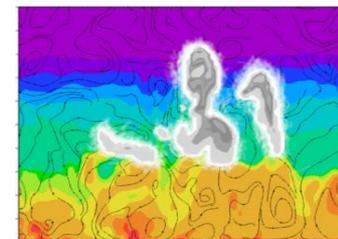
予測信頼度を、多数例予測から見積る

## 第3目標: 高精度領域大気モデルの開発とそれを用いた基礎研究

・雲解像モデルの改善と不確定性の除去、雲解像シミュレーションによる台風強度予測の改善

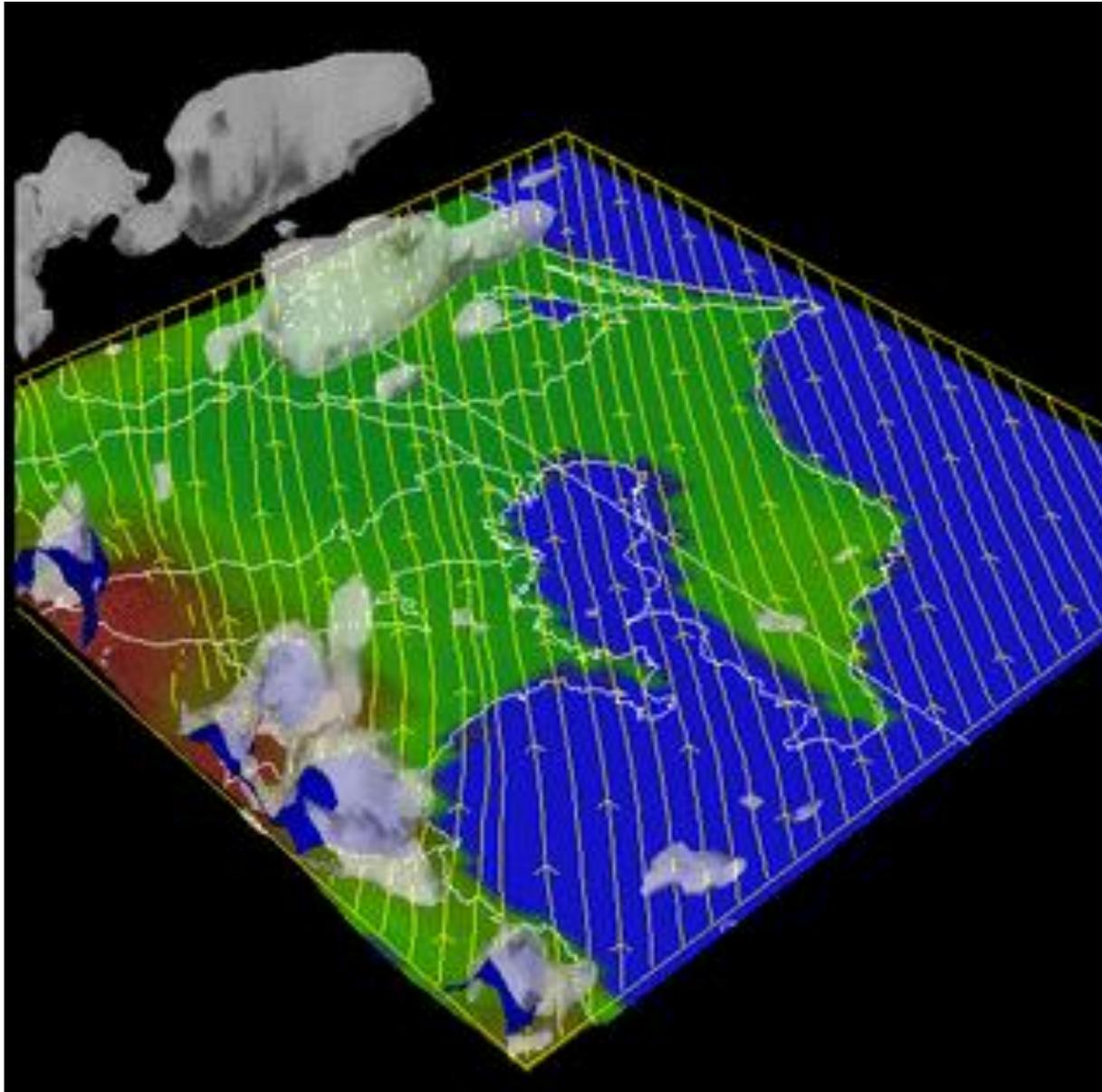


ビン法



LES

集中豪雨の予測実証



2003年4月30日3時を初期値とする水平解像度2kmの気象庁**非静力学モデル**による12時間予報。

地表風を流線で  
雲水の存在域を灰色で  
降雨の場所を青色で

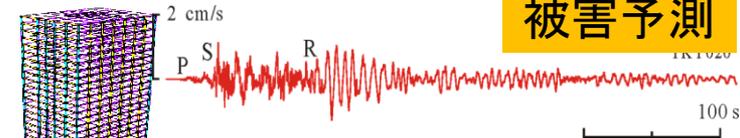
# 地震・津波の予測精度の高度化

## 次世代スパコンを用いた研究

- (1) 短周期地震動(周期0.2秒以下)のための高精度化
- (2) 地震 → 津波 → 構造物被害シミュレーション

- ④ 建物振動・被害シミュレーションの高度化

被害予測

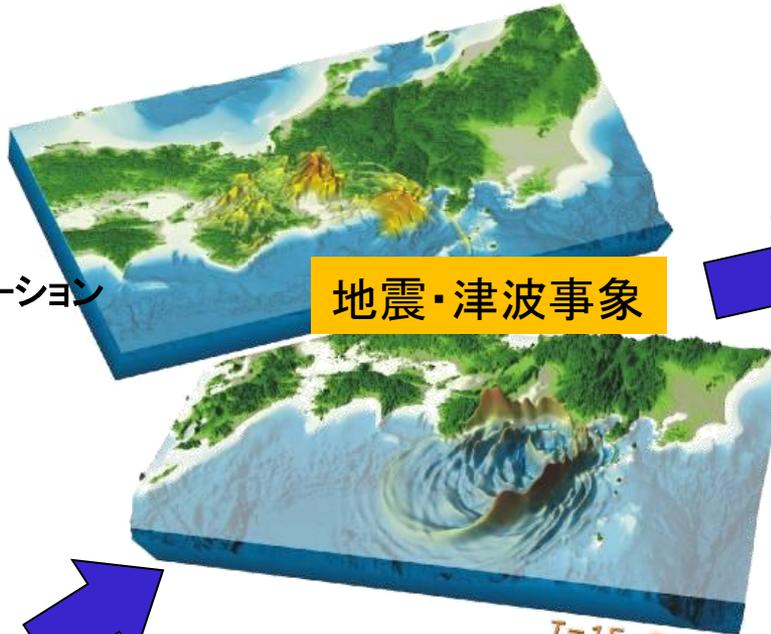


地震・津波事象

高度化の真の目的

- (1) シミュレーションの高度化(高速、高精度)  
自体は最終目的ではない
- (2) 個別要素モデルの統合により被害予測・軽減シミュレーションを行う
- (3) 地震動の予測から、被害の予測・軽減へ

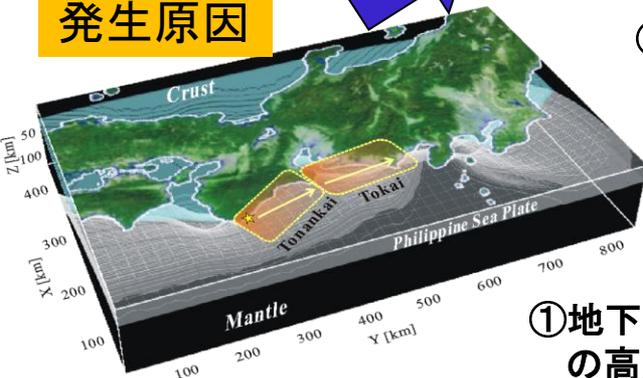
② 地震動シミュレーションの高度化



発生原因

③ 津波シミュレーションの高度化

① 地下構造モデルの高度化



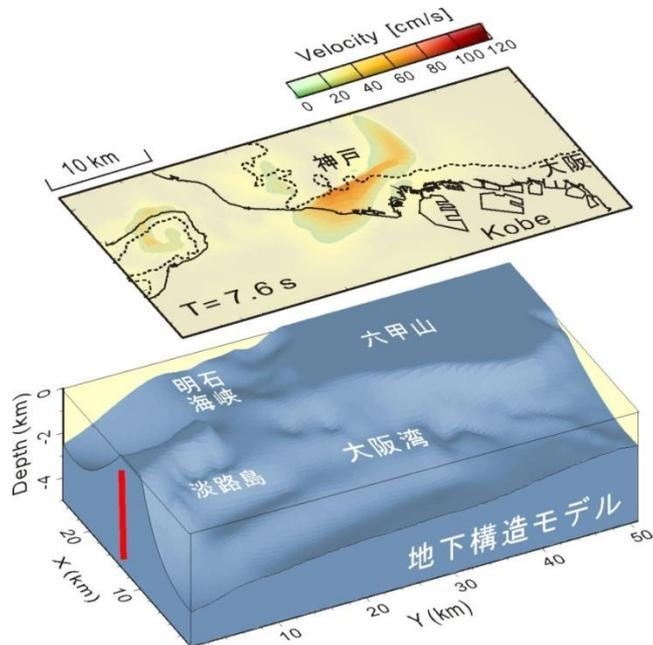
# 地震・津波 : ①地震動の予測精度の高度化

## 基盤となる取組み(阪神・淡路大震災後)

- (1) 地下構造モデル、地震動シミュレーション、地震観測の重要性を再認識
- (2) 過去10年間の、これらの協調的發展により地震動予測技術が格段に進歩
- (3) 地球シミュレータにより、観測された強震動を再現

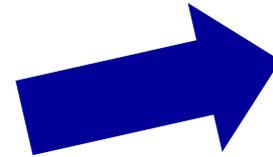
### 【1995年】解像度 200 m, 地域モデル

クレイ CS6400, 32 CPU,  
55 時間

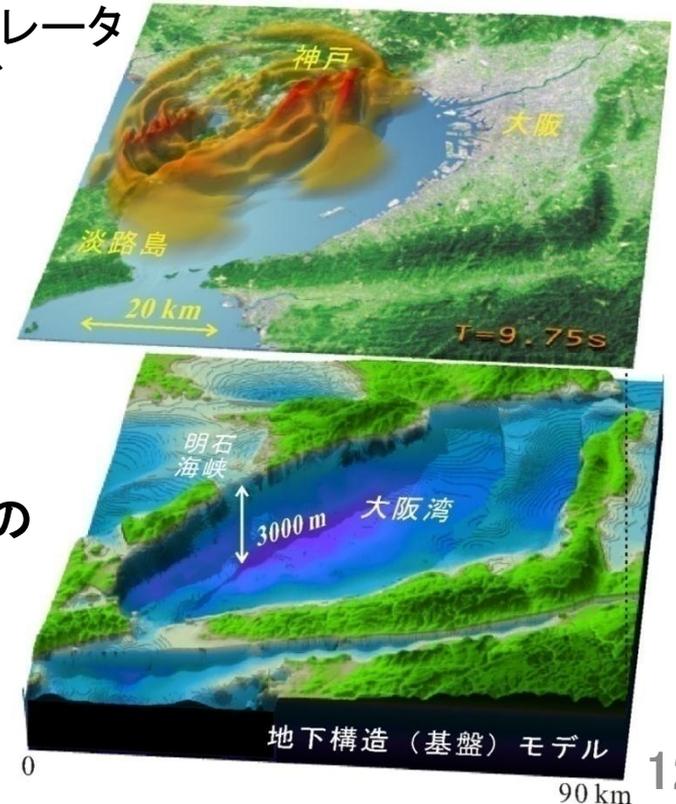


### 【2010年】解像度 50 m, 広域モデル

地球シミュレータ  
240 ノード  
1 時間



1995年  
阪神・淡路大震災の  
地震動を再現



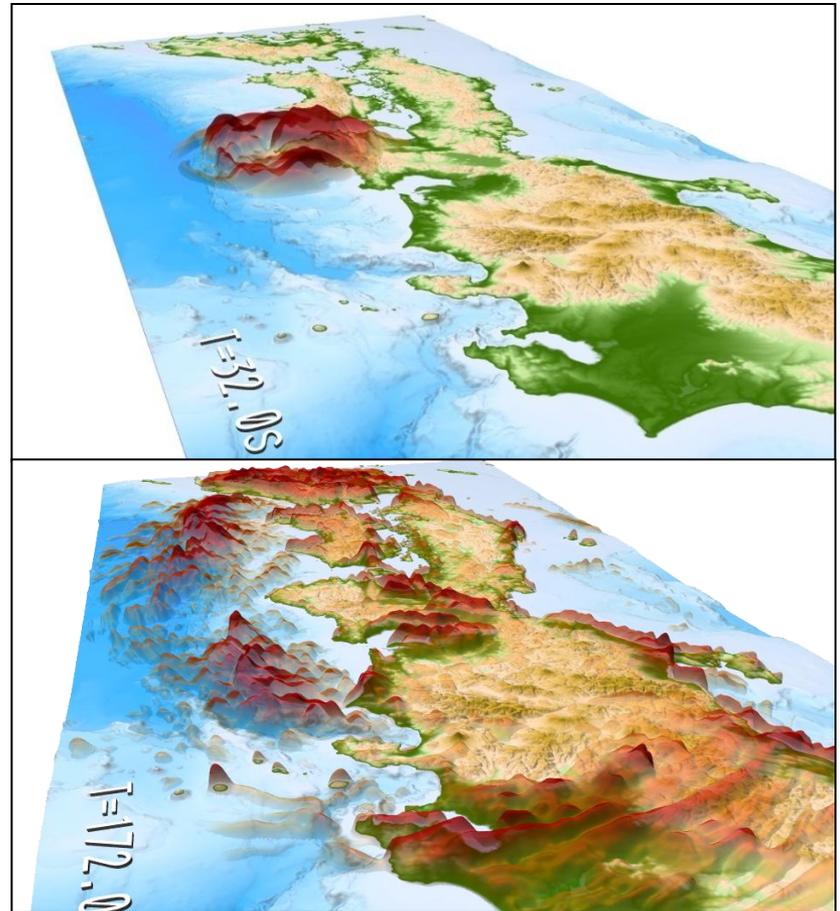
# 地震・津波 : ①地震動の予測精度の高度化

## 次世代スパコンによる研究

- (1) 現代の多様な構造物の被害予測には、周期0.2秒以下の**短周期地震動**の評価が不可欠、現行の5倍(計算量625倍)の分解能
- (2) 津波予測のリアルタイム化には、現行の500倍の計算速度
- (3) 地震動・津波・被害予測シミュレーションの連成計算により、揺れと津波の予測と、被害の予測・災害軽減

## 【地球シミュレータ】

周期1秒以上、水平解像度50 m、  
日本列島域モデル



1707年宝永地震の地震動シミュレーション: 地動速度(上下・水平合成)の強度(揺れの強さ、地震動エネルギー)に応じて色と高さで3次元表示している。

# 地震・津波 : ①地震動の予測精度の高度化



1707年宝永地震の地震動シミュレーション: 地動速度(上下・水平合成)の強度(揺れの強さ、地震動エネルギー)に応じて色と高さで3次元表示している。

# 地震・津波 : ①地震動の予測精度の高度化

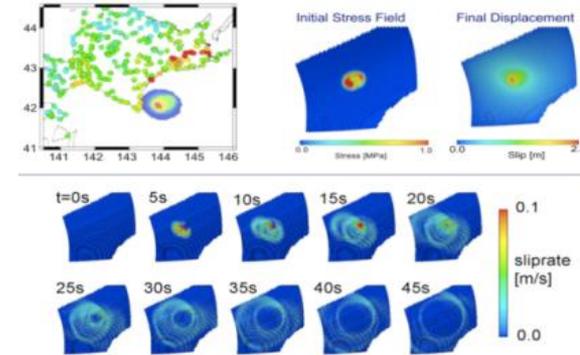
## 基盤となる取組み

- ・地球シミュレータによる理論地震波形計算はほぼ完成
- ・GPSデータを用いたプレート境界すべりの時空間変化の推定とそのリアルタイム化
- ・地震発生準備から破壊過程コードの開発

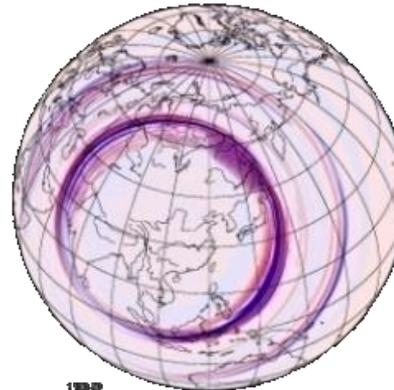


## 次世代スパコンを用いた研究

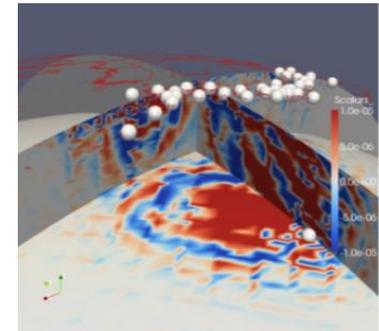
- ・波動理論に基づいた高精度・高分解能の日本列島下**地震波速度構造**モデルの構築
- ・リアルタイムの陸上および海底観測データを同化して、**地震発生準備・破壊過程**の準リアルタイムでの予測



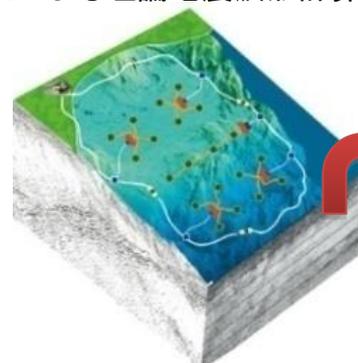
2003年十勝沖地震の破壊伝搬シミュレーション



ESによる理論地震波形計算



波動理論に基づいた地震波速度構造推定



観測データの同化による地震発生準備・破壊過程の予測



# 地震・津波 : ②津波の予測精度の高度化

## 基盤となる取組み

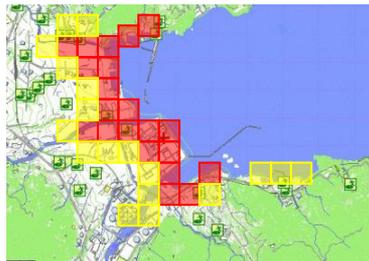
- ・リアルタイム地震・津波観測システム
- ・津波波源推定インバージョン手法
- ・津波発生・伝播シミュレーション  
(高さ、流れ、波高、継続時間)
- ・津波に関する水理模型実験



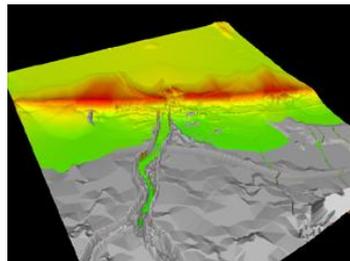
## 次世代スパコンを用いた研究

リアルタイム観測データとの融合により、以下の予測を高精度・高速化

- ・浸水域、浸水深、津波ハザード(流れ, 流体力)、被害+複合被害
- 地震発生後の津波避難計画に資する情報を提供する



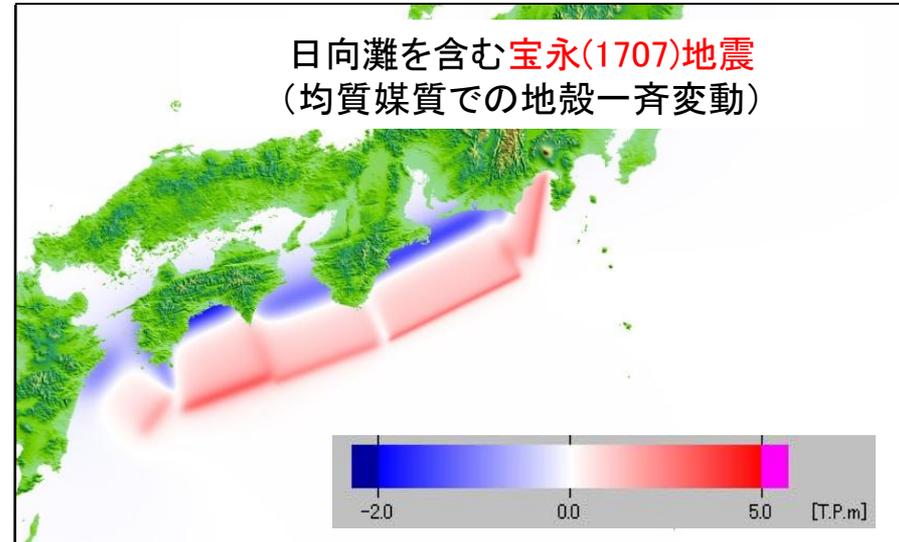
予想津波浸水深分布:  
赤色は1m以上を示す.



予想津波流速分布:  
赤色は11m/s以上を示す.

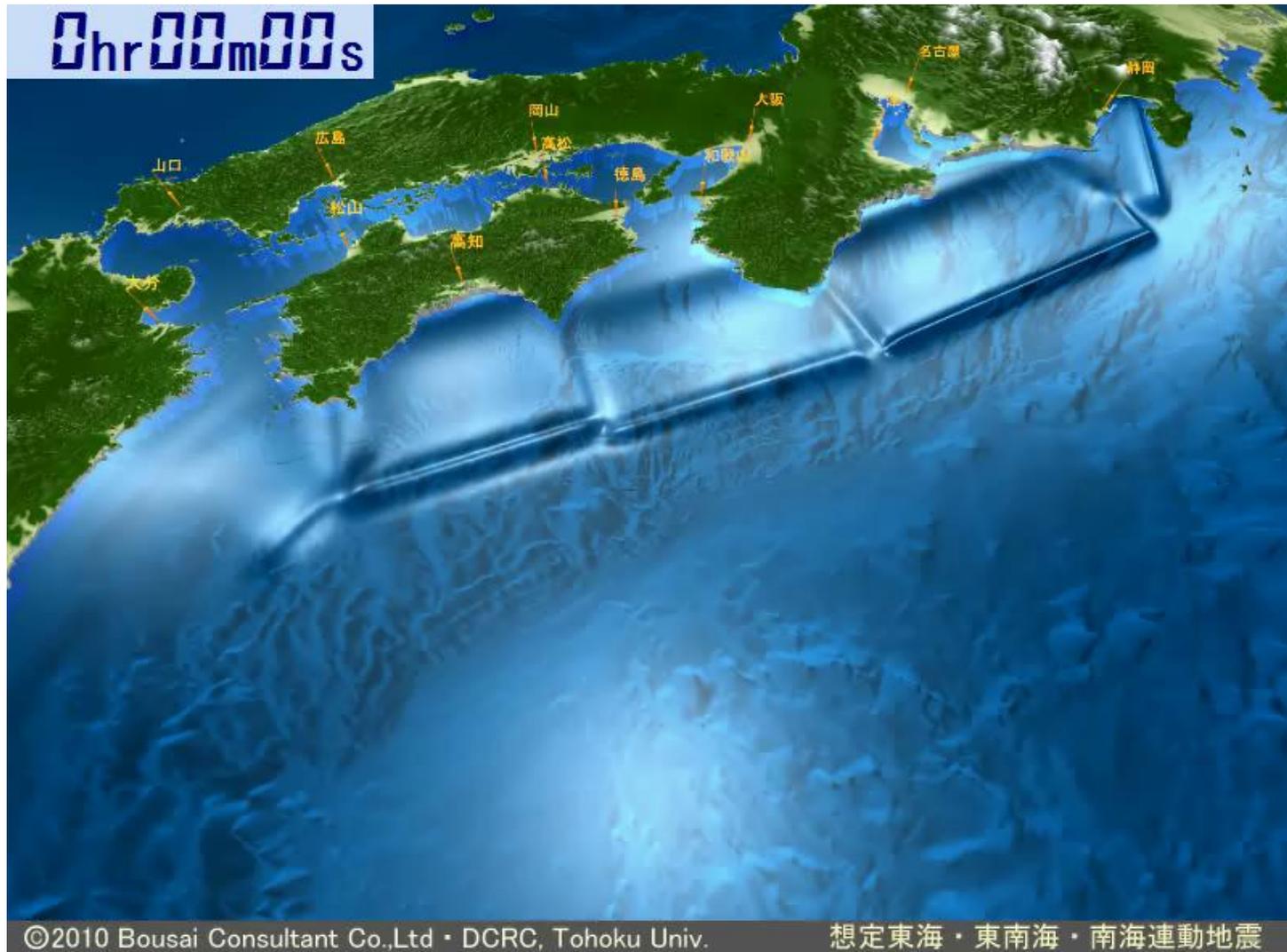


津波ハザード・被害の推定



日向灘を含む宝永(1707)地震  
(均質媒質での地殻一斉変動)

# 地震・津波 : ②津波の予測精度の高度化



東海・東南海・南海地震(想定)の津波シミュレーション:海面に光を当てて表示

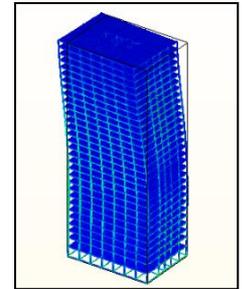
# 地震・津波 : ③都市全域の自然災害シミュレーション

## 基盤となる取組み

- 地震に対する建造物の応答シミュレーション
- 損傷・破壊, 設備・人への影響



E-Defense  
世界最大の建造物震動実験装置 (兵庫県三木市)



E-Simulator  
世界最高性能の建造物  
地震応答解析

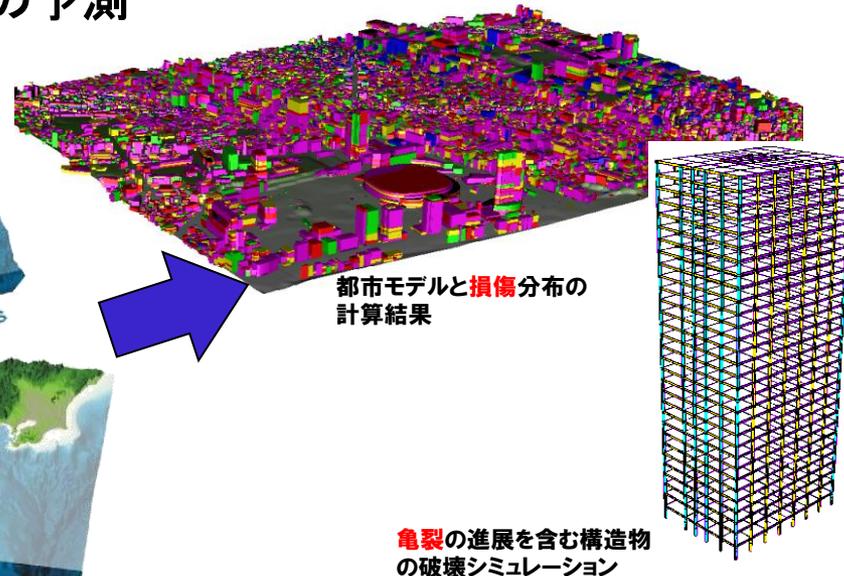
## 次世代スパコンを用いた研究

- 都市情報基盤データを利用した、  
都市全建造物の被害予測、  
地震被害が社会・経済に及ぼす影響の予測
- 効率的な避難のための  
予測シミュレーション

## 地震・津波事象



## 被害予測・避難シミュレーション



都市モデルと損傷分布の  
計算結果

亀裂の進展を含む建造物  
の破壊シミュレーション

地震・津波による被害の軽減へ

# 計算科学技術推進体制の構築

## (1) 計算機資源の効率的マネジメント

### 次世代スパコン

- 超大規模シミュレーション
- 得られた結果(データ)を丸ごと使う解析



### 地球シミュレータ

- 大規模シミュレーション(次世代スパコン用プログラムの事前検証を含む)
- 次世代スパコンでの結果を間引きしたデータに基づく解析



### 効率的利用環境の構築

- 直結接続または高速・高性能ファイアウォール
- ファイルサーバ、大容量磁気ディスク

### 「分野3」に共通する基盤技術と研究者のサポート

#### データ同化技術

- データ同化技術についての知見の共有
- 統計数理科学分野との連携

#### プログラム最適化技術

- 最適なプログラム記述方法の支援
- 次世代並列処理言語の教育・指導・助言

#### 可視化技術

- 次世代スパコン上で使用する描画ツールの開発・改良
- 次世代スパコン側技術者との調整

#### ファイル交換用サーバ

- 研究開発課題のファイルサーバの共有化
- 研究成果公開用データベースサーバの統一的な運用・管理

# まとめ

## 戦略分野3の戦略目標

- 地球温暖化時の**台風**の動向に関する全球的予測
- **集中豪雨**の予測
- 次世代型**地震**ハザードマップの基盤構築
- **津波**予測の高精度化

## 戦略機関(JAMSTEC)の特徴

- **地球シミュレータ**による7年以上の研究成果の蓄積  
**大規模・超並列シミュレーション**の実績
- 全国の大学・研究所等との共同研究と人材育成の実績

# 参加機関

- (独)海洋研究開発機構
- 東京大学  
(大気海洋研究所／地震研究所／大学院情報学環)
- 気象庁気象研究所
- 東北大学
- 筑波大学、名古屋大学、九州大学、国立環境研究所、  
京都大学、防災科学技術研究所、統計数理研究所、  
防衛大学校、神戸大学、建築研究所、関西大学、  
産業技術総合研究所、港湾空港技術研究所、  
慶応大学、日本大学、中央大学 ……

ご清聴ありがとうございました。