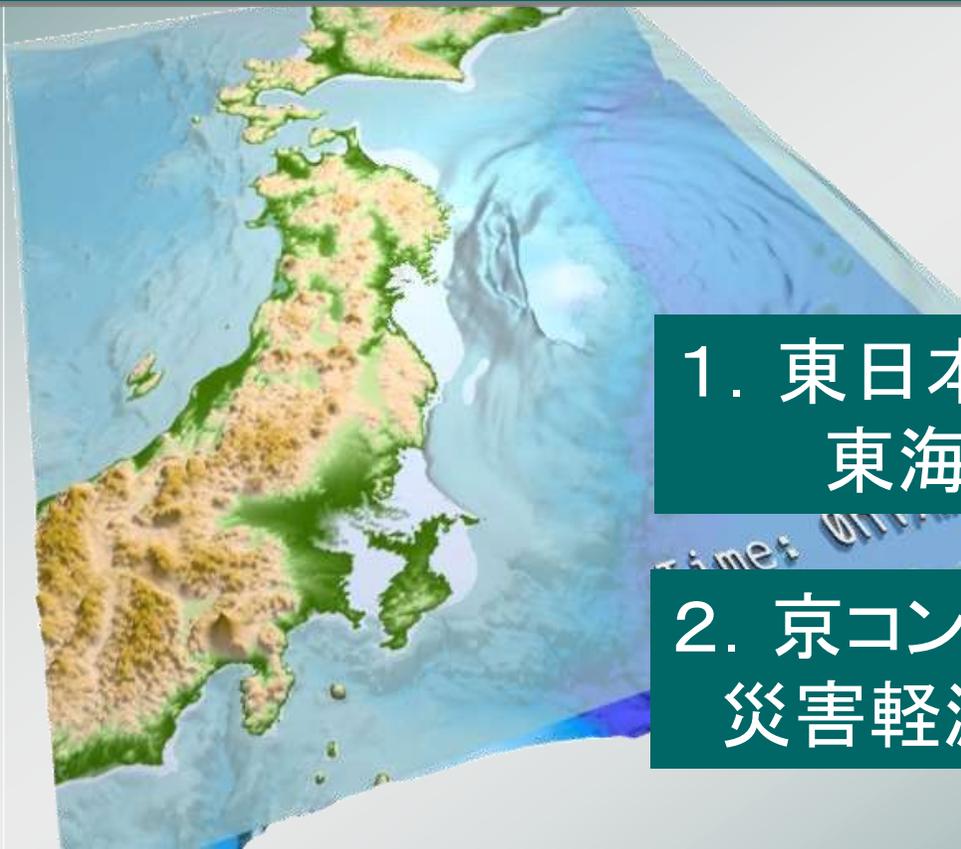


大規模シミュレーションで地震津波災害軽減に挑む

古村 孝志

(東京大学 情報学環 総合防災情報研究センター／地震研究所)

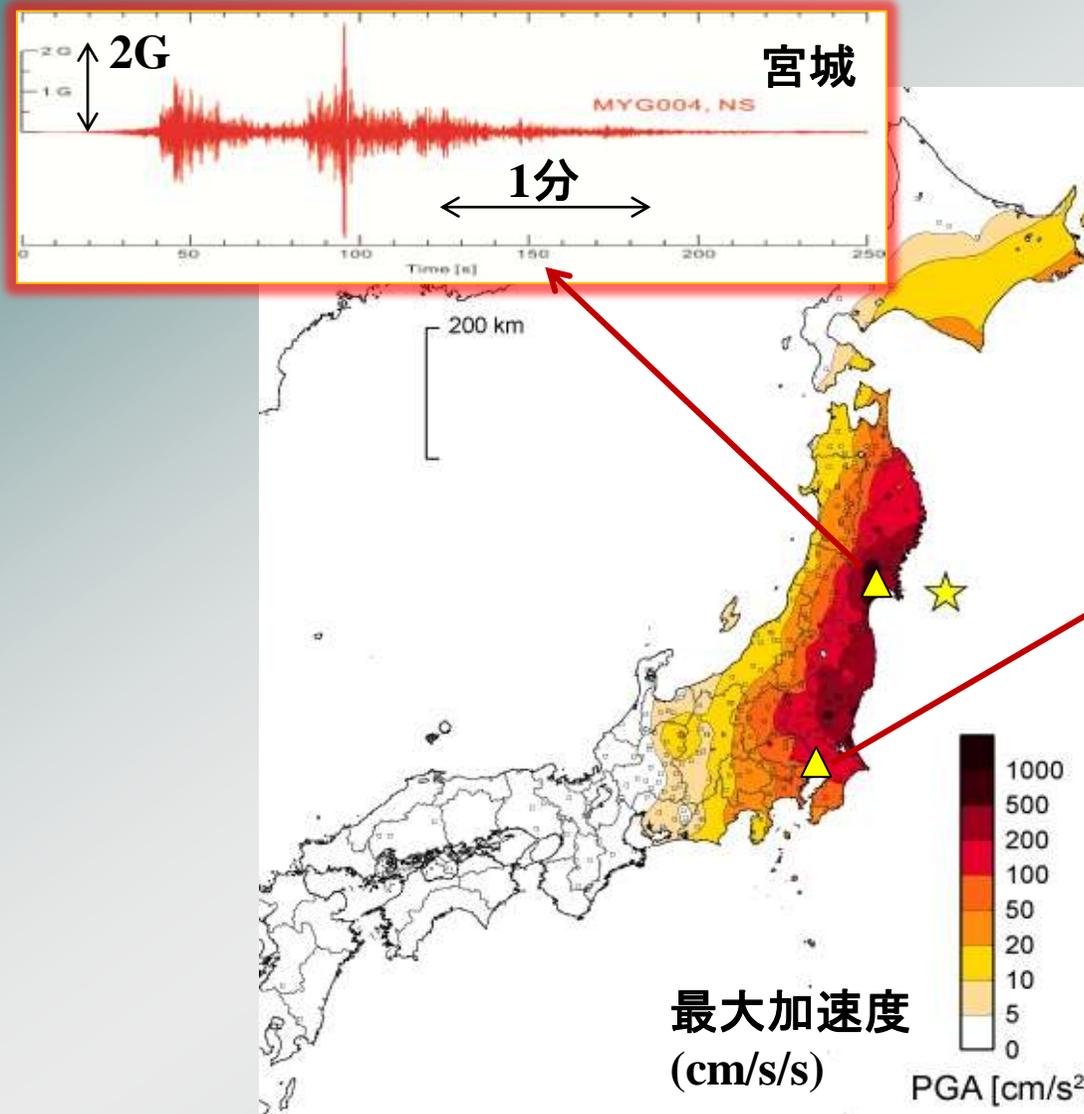


1. 東日本大震災から考える、
東海・東南海・南海地震連動の再評価

2. 京コンピュータで挑む、
災害軽減をめざす大規模シミュレーション

東北地方太平洋沖地震(1): 強震動の特徴

(1) 大加速度・長時間継続



(2) 長周期地震動(東京)

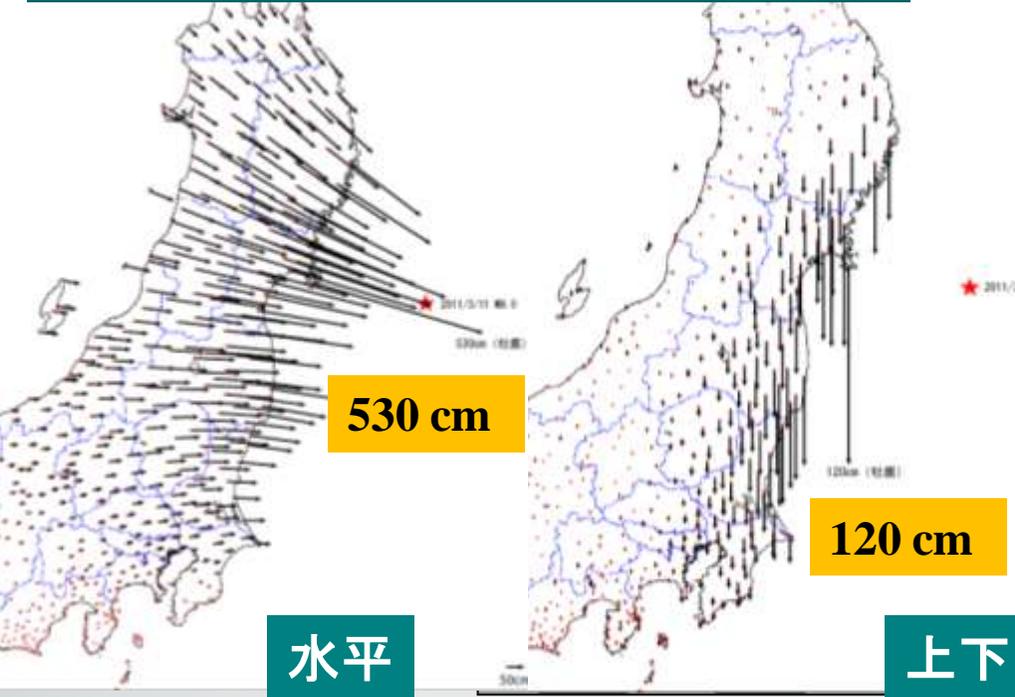


(3) 液状化(千葉、幕張)

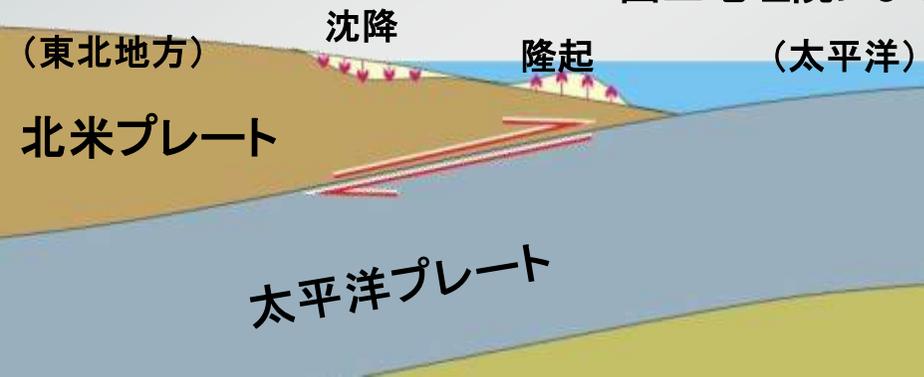


東北地方太平洋沖地震（2）：地震地殻変動・長期湛水

- ・牡鹿半島で最大120cmの沈降
- ・津波の浸水、長期湛水



国土地理院による



長期湛水(宮城)



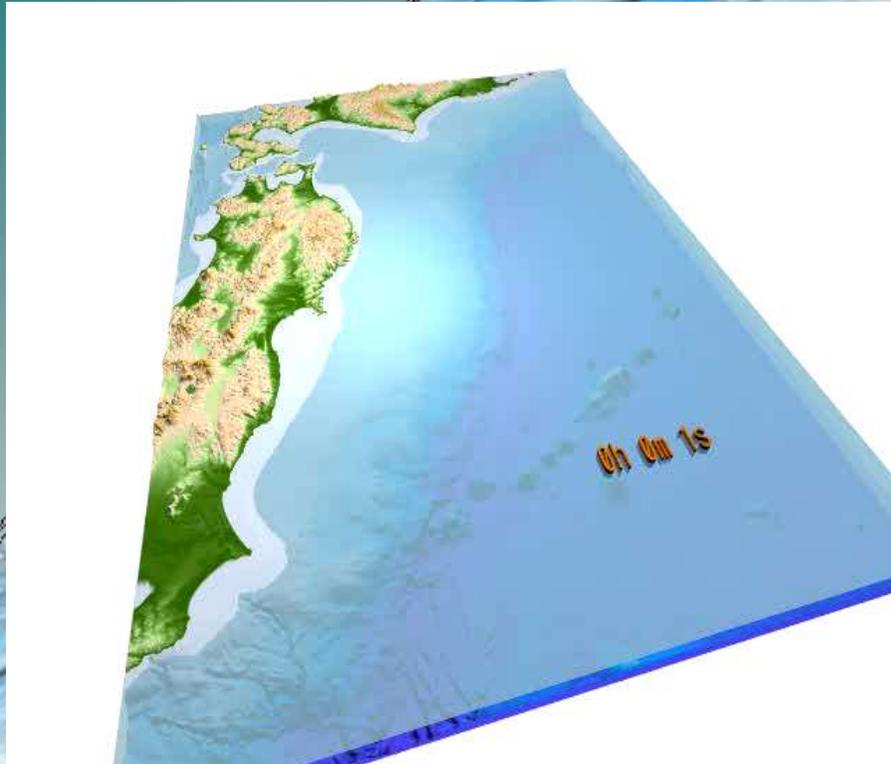
写真：産経新聞による

(参考)南海地震 高知



東北地方太平洋沖地震(3)：“大連動”による巨大津波

海溝型地震の連動 + 津波地震の“大連動”



869年 貞観
地震(M8.4)

2011年 東北地方
太平洋沖地震
(M9.0)

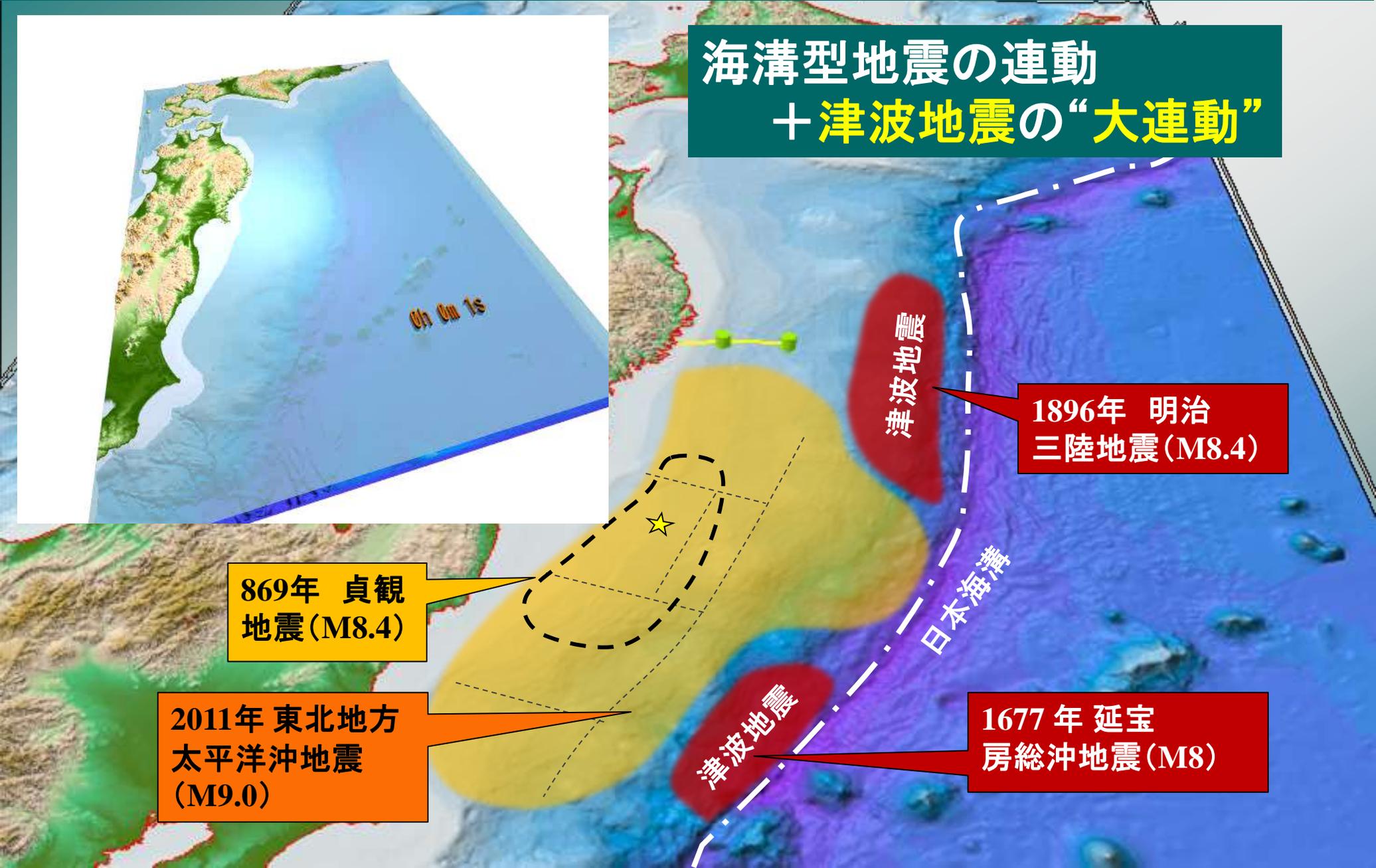
津波地震

1896年 明治
三陸地震(M8.4)

津波地震

1677年 延宝
房総沖地震(M8)

日本海溝



東海・東南海・南海地震 超巨大地震の可能性？



東海・東南海・南海地震

南海トラフ巨大地震：大連動の可能性

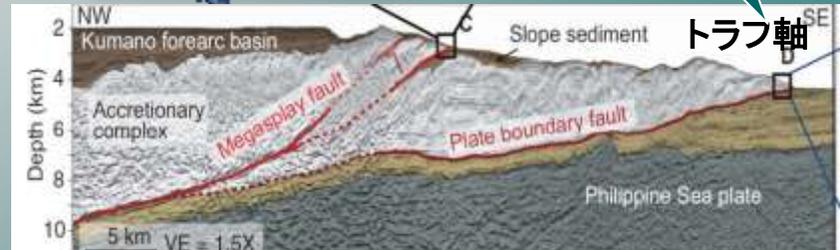
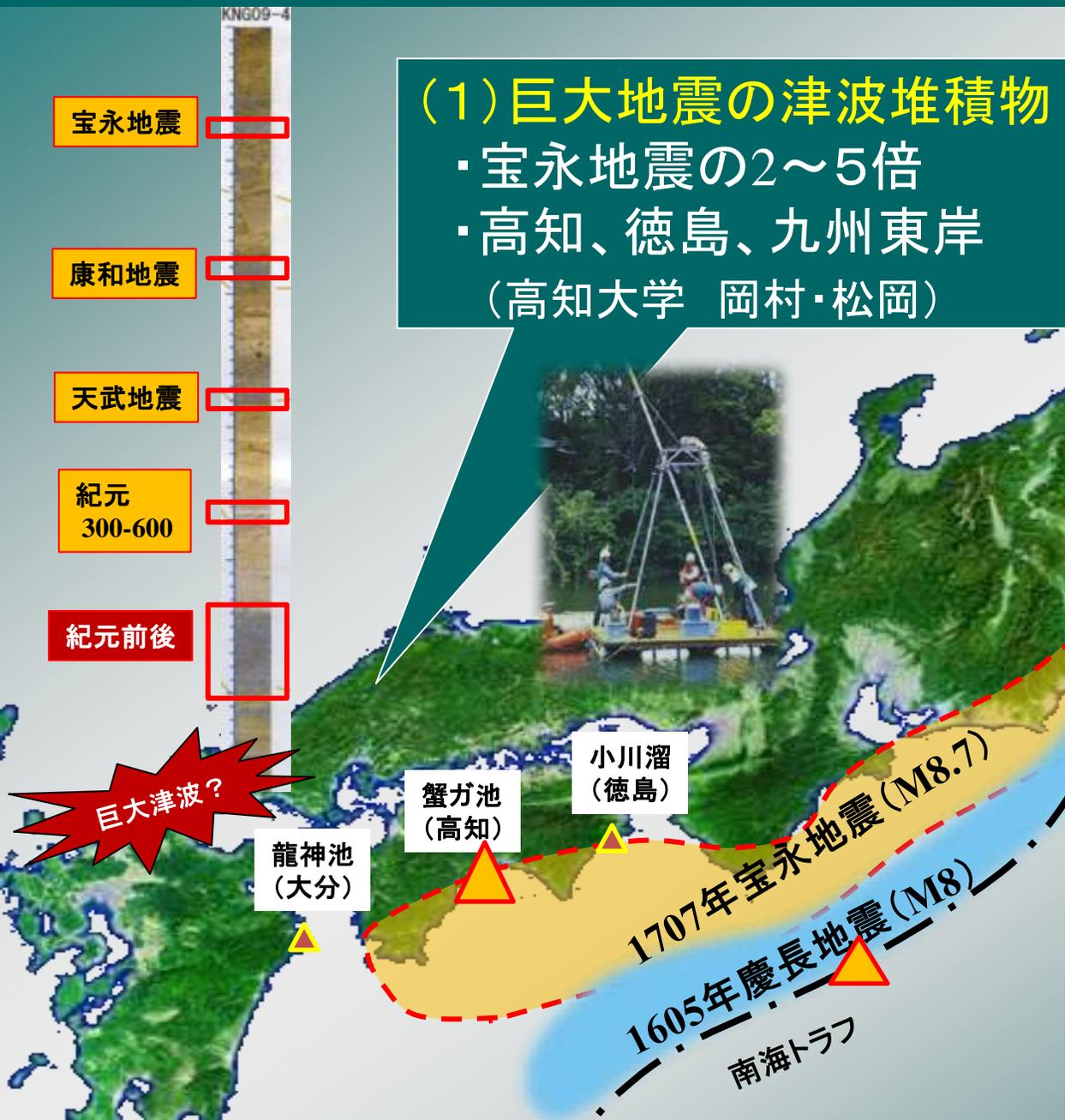
(1) 巨大地震の津波堆積物

- ・宝永地震の2~5倍
- ・高知、徳島、九州東岸
(高知大学 岡村・松岡)

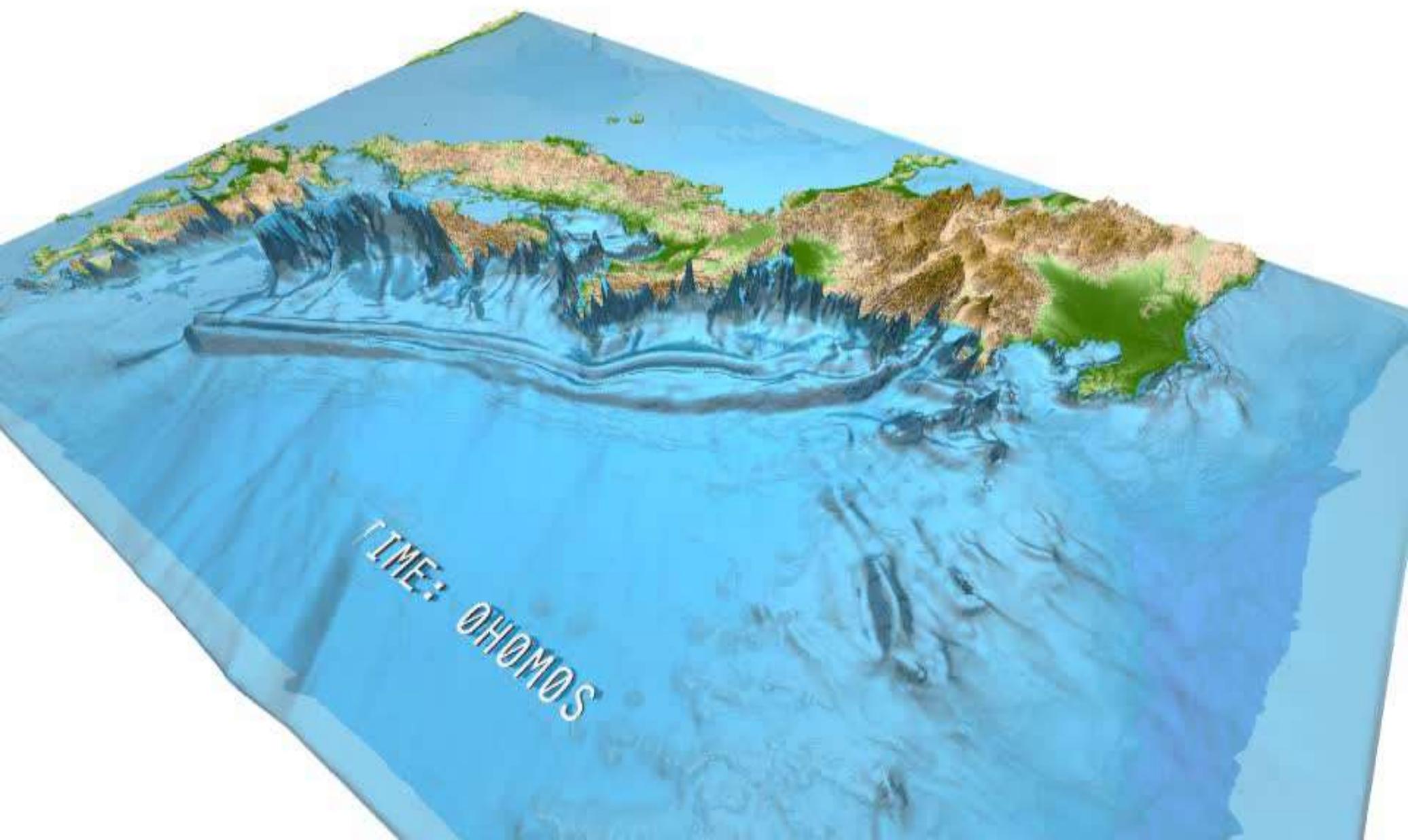
(2) 海溝付近の地震痕跡

- ・地震性(高速?) 滑り
(JAMSTECちきゅう掘削)

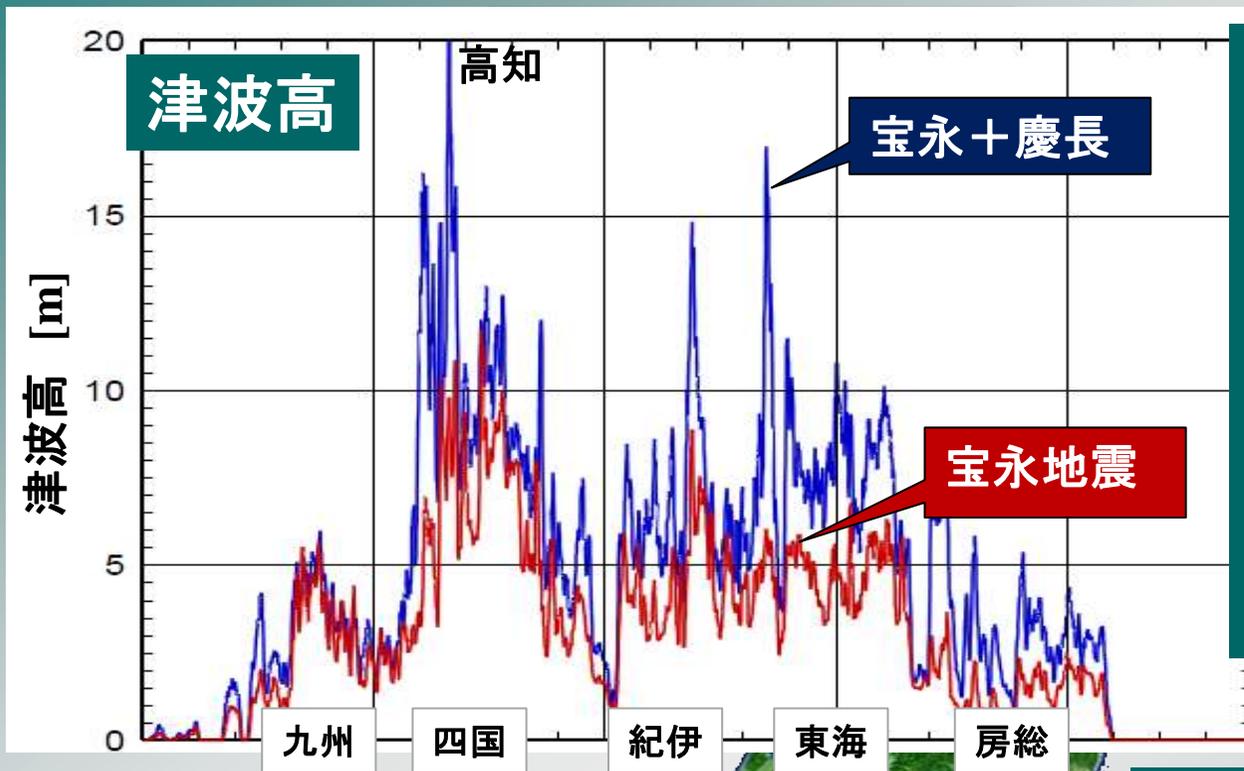
- 宝永地震
- 康和地震
- 天武地震
- 紀元 300-600
- 紀元前後



東海・東南海・南海3連動+津波地震=“4連動”

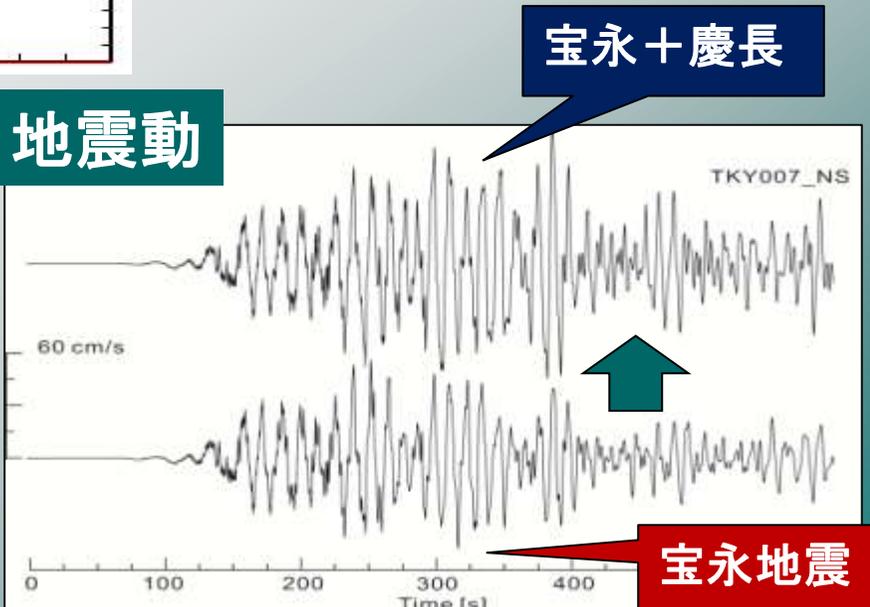
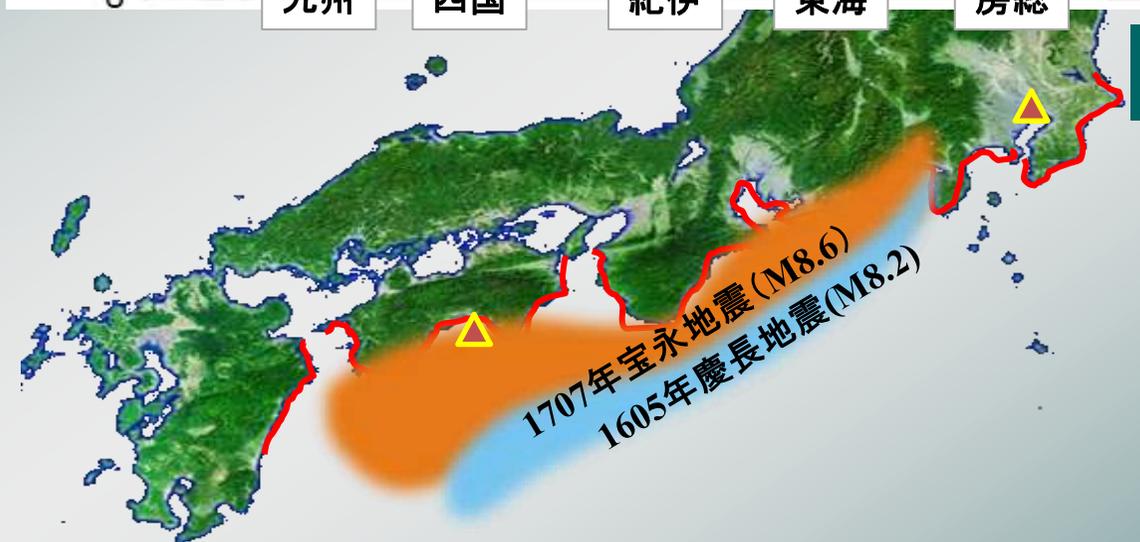


“4連動”による津波： 沿岸（湾外）で1.5~2倍



★大連動の影響
(津波)
・宝永地震の**1.5~2倍**
・長波長(長周期)の津波

(地震動)
・震幅**1.5程度(最大)**
・継続時間**1.5~2倍**

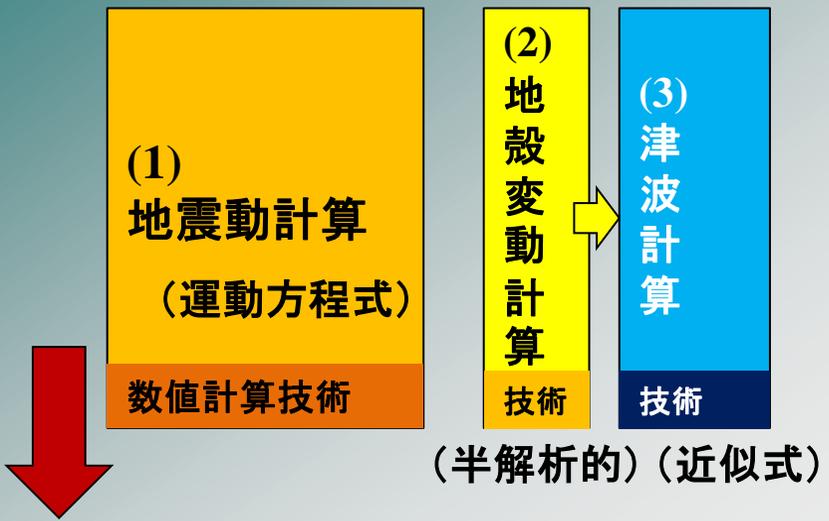


災害軽減を目指す、防災シミュレーション

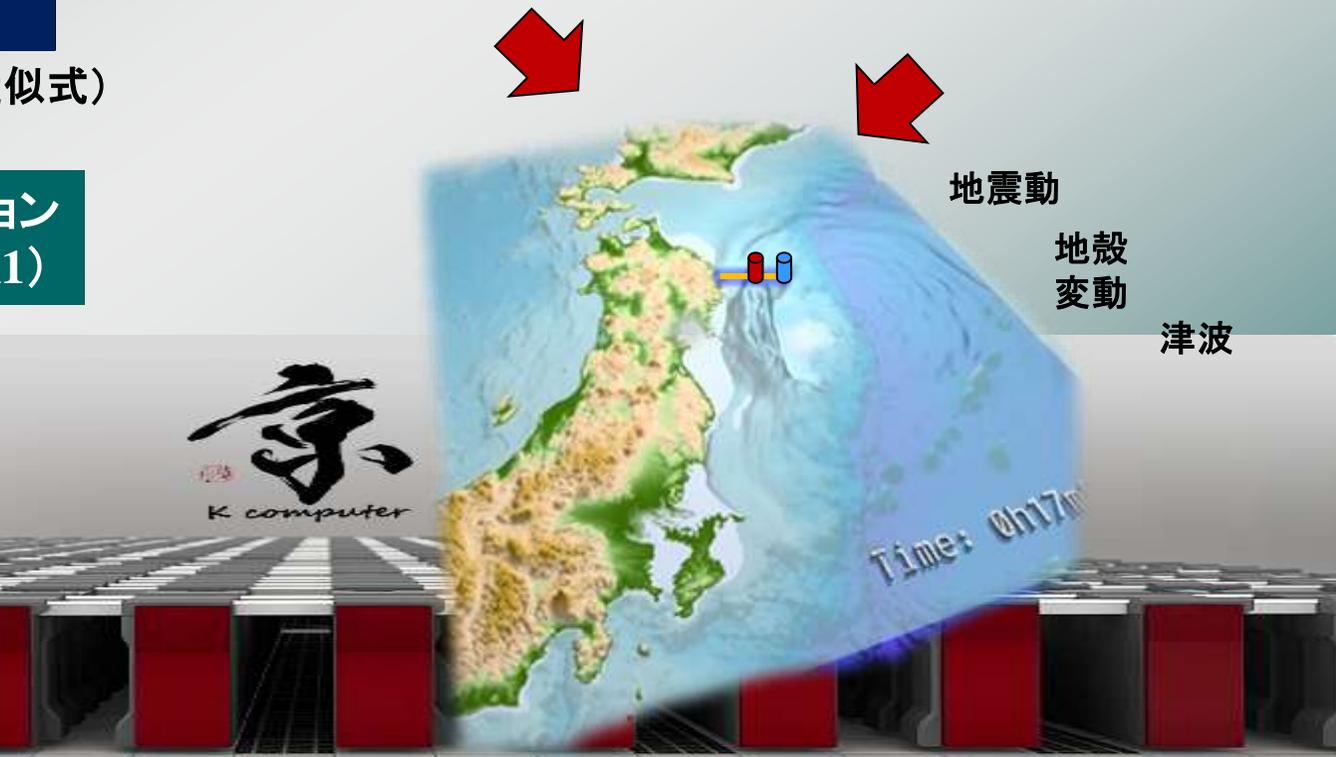


シミュレーション高度化：地震—津波同時計算(1)

(A) 従来のシミュレーション(個別評価)



(B) 地震—津波同時シミュレーション (Maeda and Furumura, 2011)



シミュレーション高度化：地震—津波同時計算(2)

★京コンピュータの利用
(スカラー型、80000CPU)
(1) 並列化チューニング
(2) 高速化チューニング

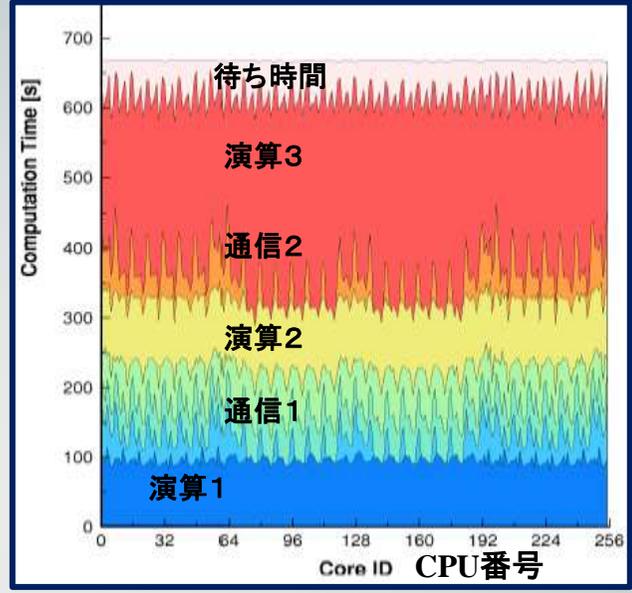
地震津波研究者 **連携** 計算科学研究者

```
do j=1, NYP
do i=1, NXP
do k=1, NZ
Sxx(k,i,j) = Sxx(k,I,j)+...
Syy(k,i,j) = Syy(k,I,j)+...
Szz(k,i,j) = Szz(k,I,j)+...
Sxy(k,i,j) = Sxy(k,I,j)+...
Syz(k,i,j) = Syz(k,I,j)+...
Sxz(k,i,j) = Sxz(k,I,j)+...
end do
end do
end do
```

```
do j=1, NYP
do i=1, NXP
do k=1, NZ
Sxx(k,i,j) = Sxx(k,I,j)+...
Syy(k,i,j) = Syy(k,I,j)+...
Szz(k,i,j) = Szz(k,I,j)+...
end do
end do
do j=1, NYP
do i=1, NXP
do k=1, NZ, 2
Sxy(k,i,j) = Sxy(k,I,j)+...
Sxy(k+1,i,j) = Sxy(k+1,I,j)+...
.....
end do
end do
end do
```

ループ
分割

ループ
展開



Tofu

領域分
割形状

並列I/O

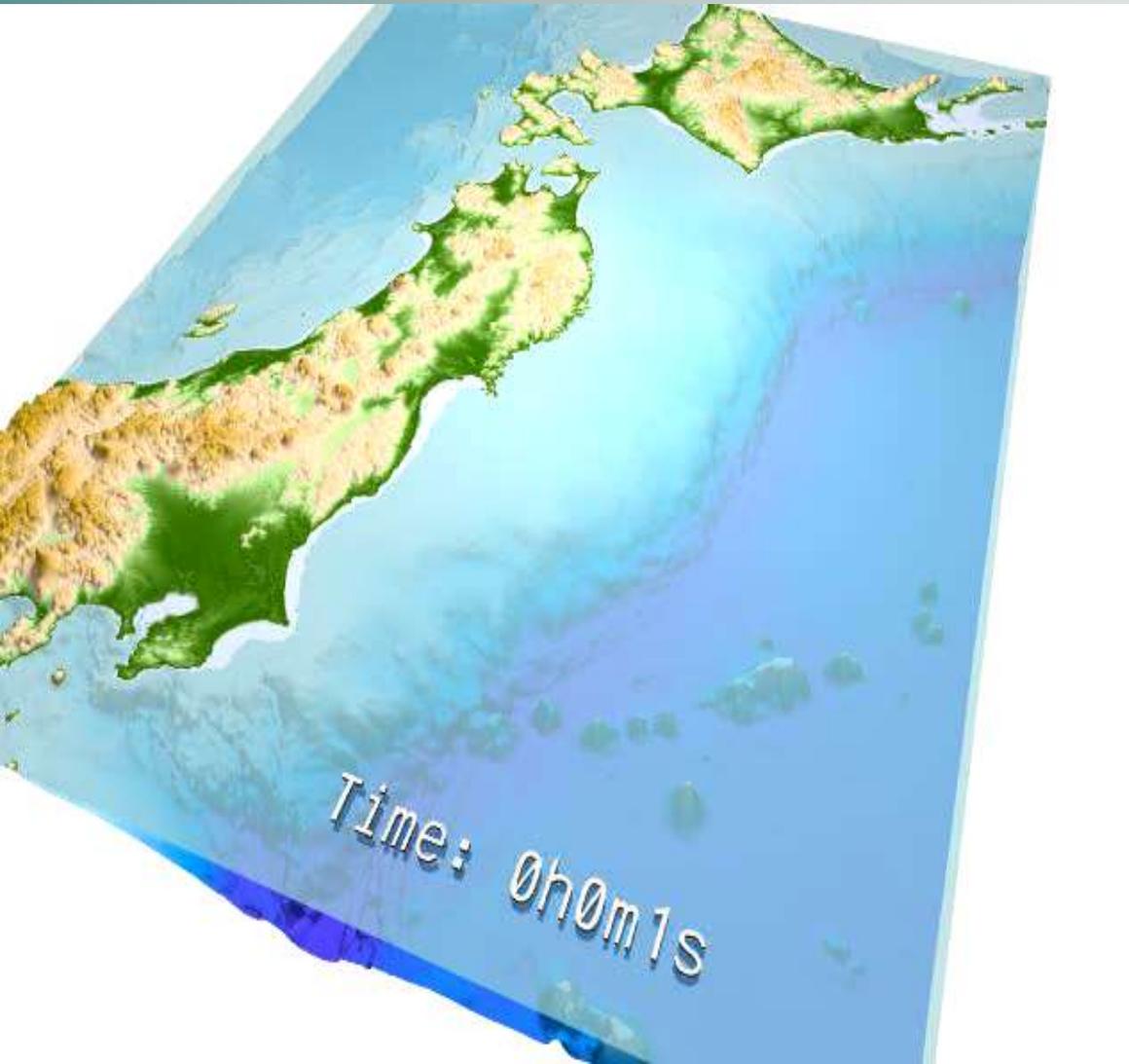
Cache

SIMD

Software Pipelining

シミュレーション高度化：地震—津波同時計算(3)

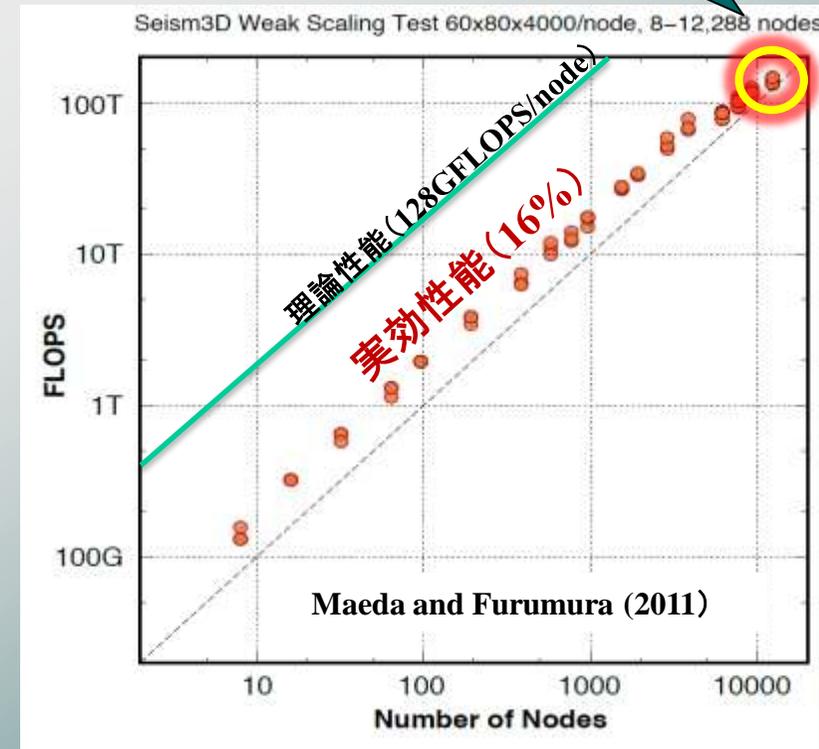
東北地方太平洋沖地震シミュレーション
(Maeda and Furumura, 2011)



注)本結果は、理化学研究所が実施している京速コンピュータ「京」の試験利用によるものです。

京コンピュータ 大規模並列計算
スケーリング：～12,288ノード
実効性能：16%
最大性能：150 TFLOPS

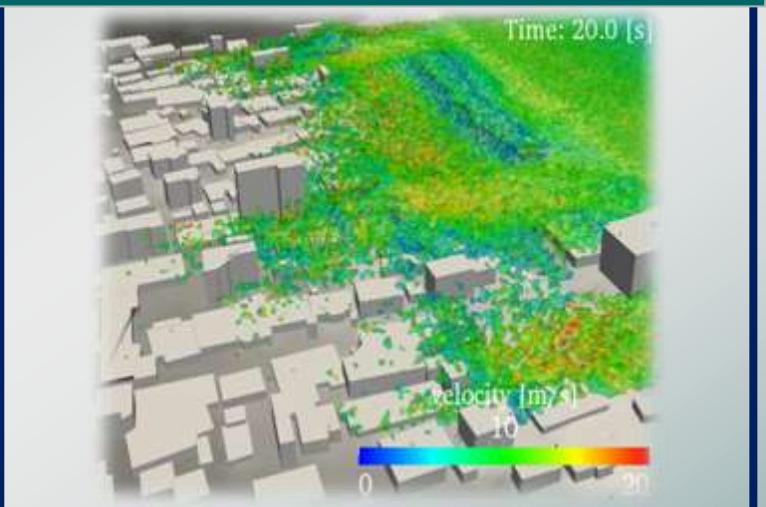
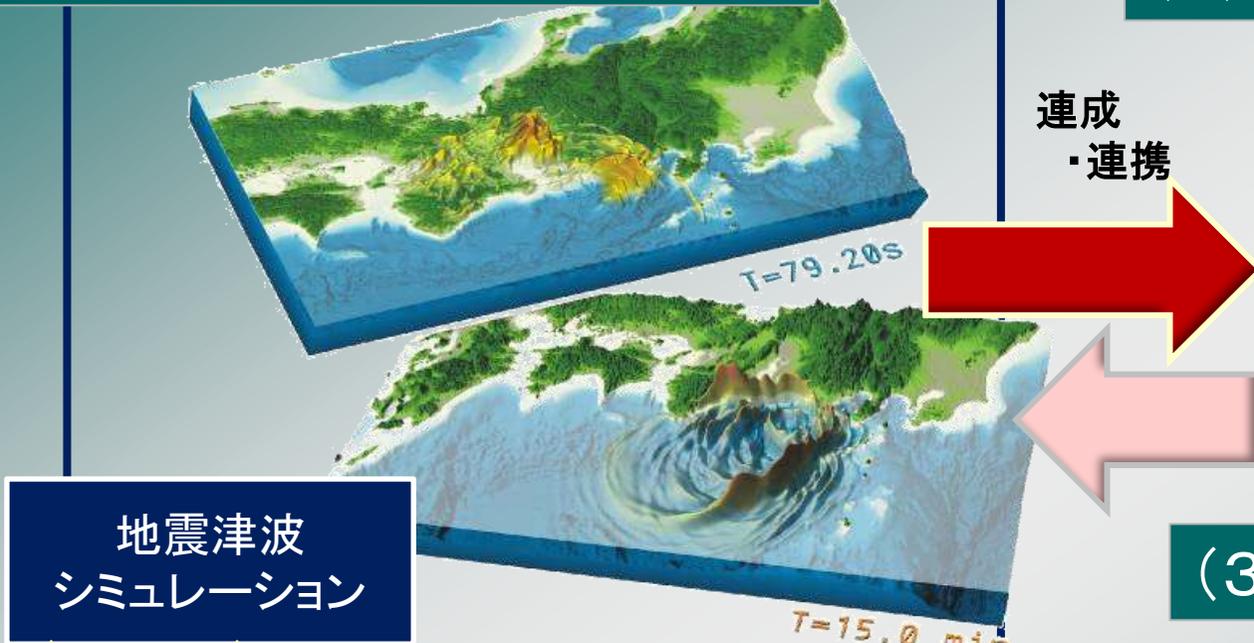
注)「京」は開発中につき、暫定的な値



南海トラフ巨大地震：被害の予測・災害軽減へ

(1) 地震津波シミュレーション

(2) 被害・浸水シミュレーション



(3) 避難誘導シミュレーション



地震津波シミュレーション

地震発生予測シミュレーション

地下構造モデル化シミュレーション

シミュレーション結果
災害の可視化

活用
可視化

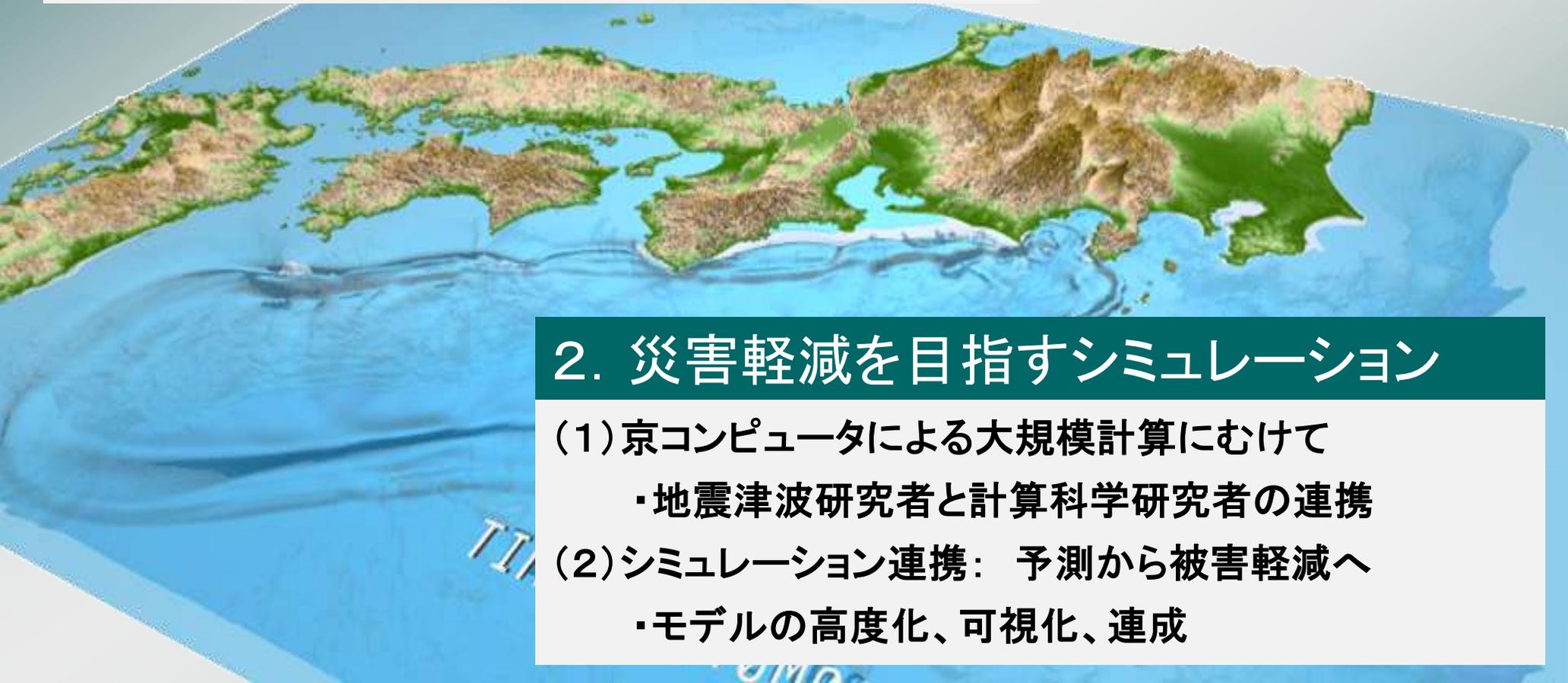
京コンピュータで地震津波災害軽減に挑む：まとめ

1. 東北地方太平洋沖地震、地震津波

(1) 海溝型地震の連動・拡大＋津波地震の“大連動”

・地震動(長周期地震動)、地殻変動、津波

(2) 東海・東南海・南海3連動地震の見直し(“4連動”)



2. 災害軽減を目指すシミュレーション

(1) 京コンピュータによる大規模計算にむけて

・地震津波研究者と計算科学研究者の連携

(2) シミュレーション連携： 予測から被害軽減へ

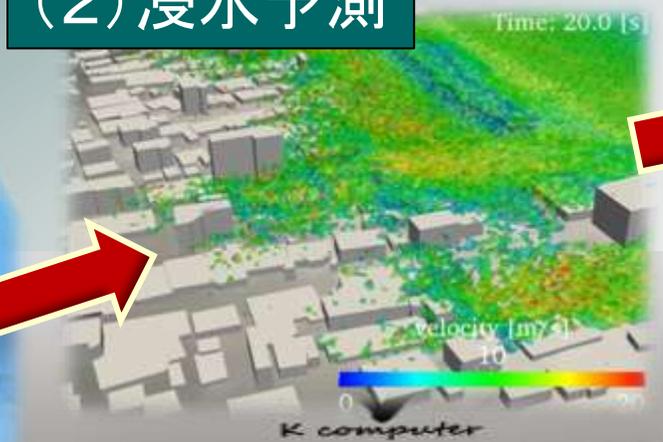
・モデルの高度化、可視化、連成

シミュレーション高度化：次世代津波警報 System

(1) 津波予測



(2) 浸水予測



(3) 避難誘導



高速計算機：データ同化・リアルタイムシミュレーション

地震津波観測



警報・避難誘導—防災システムの構築

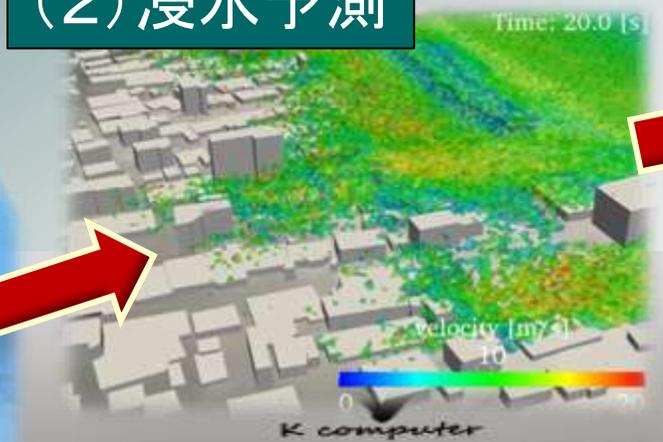
- (1)リアルタイム観測データに基づく災害予測
 - (2)有効な(受容できる)防災情報の生成・伝達
- 社会学・心理学的に有効な防災システム、社会実装

シミュレーション高度化：次世代津波警報 System

(1) 津波予測



(2) 浸水予測



(3) 避難誘導



高速計算機：データ同化・リアルタイムシミュレーション

地震津波観測



警報・避難誘導—防災システムの構築

- (1)リアルタイム観測データに基づく災害予測
 - (2)有効な(受容できる)防災情報の生成・伝達
- 社会学・心理学的に有効な防災システム、社会実装

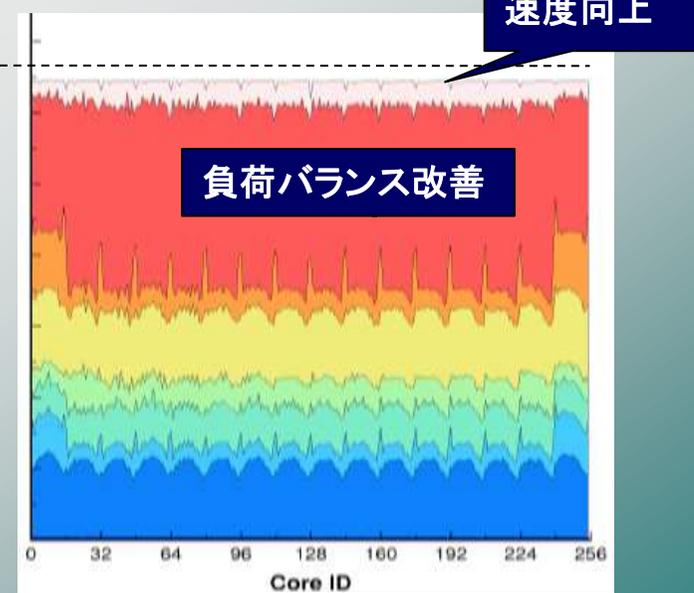
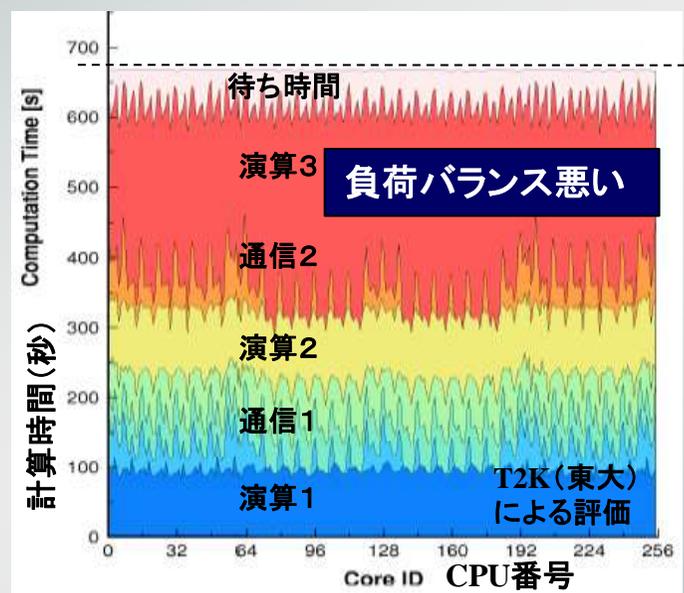
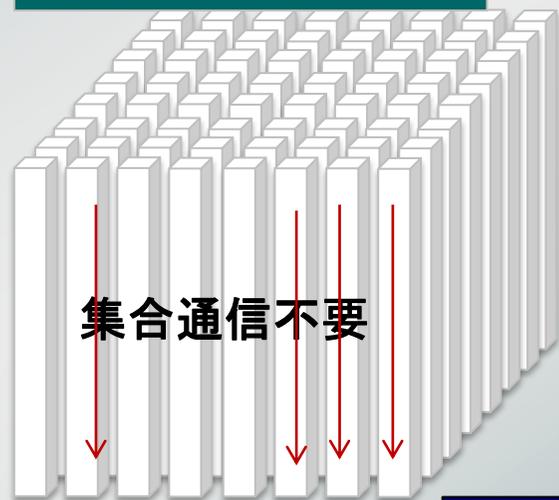
シミュレーション高度化：地震—津波同時計算(2)

(1) 並列性能チューニング

(a) 3次元領域分割



(b) 2次元領域分割

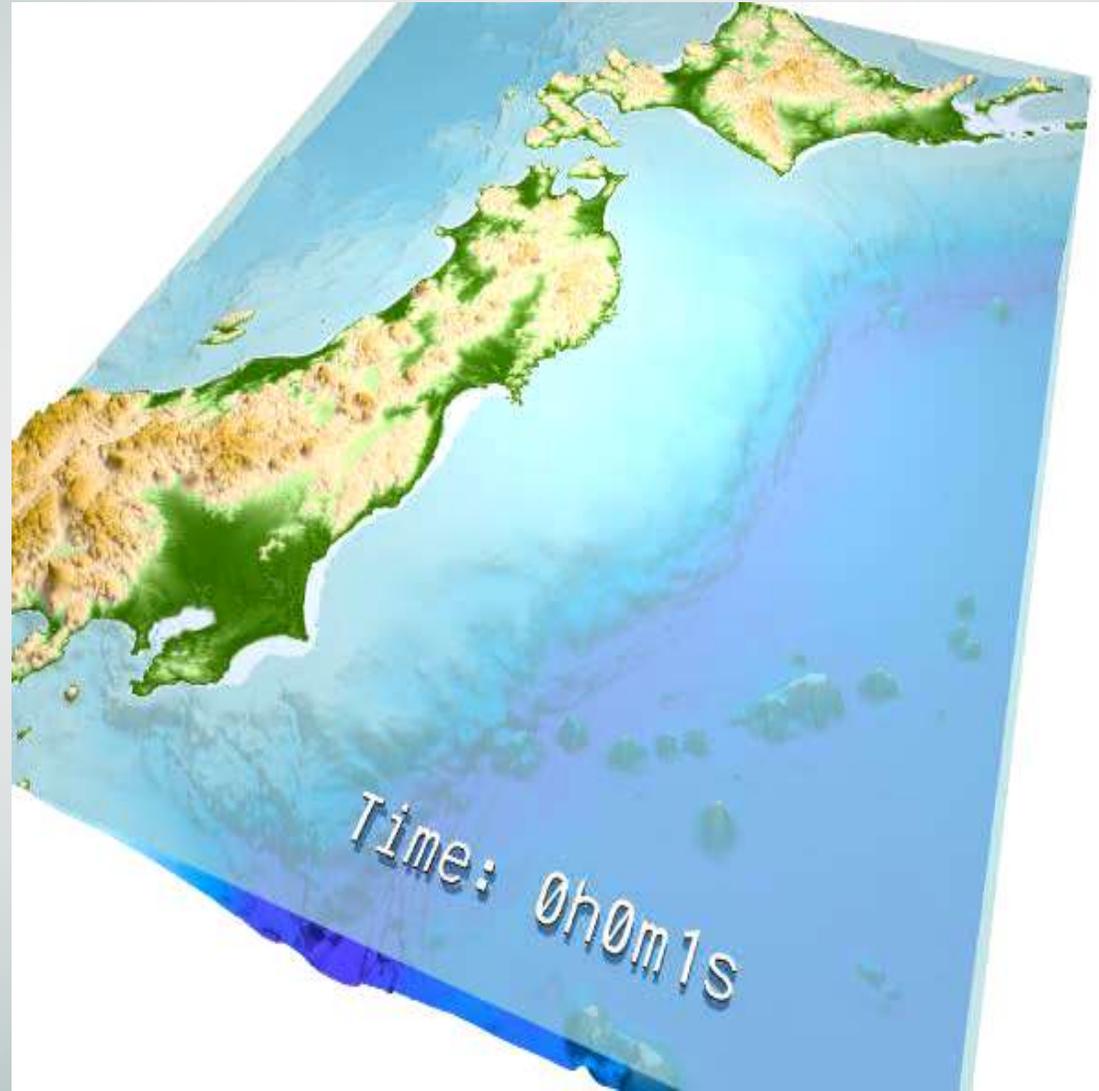
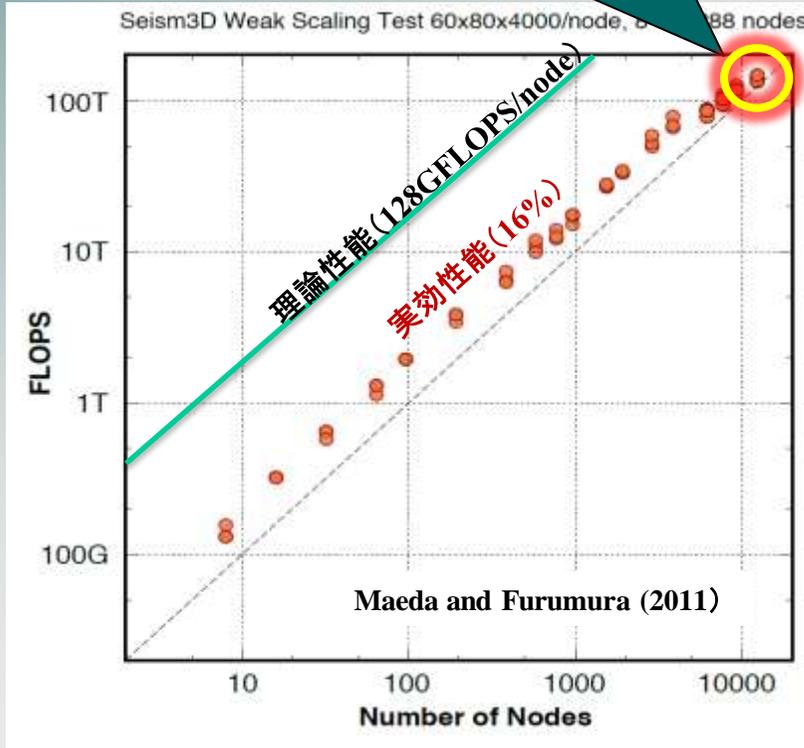


シミュレーション高度化：地震—津波同時計算(2)

注)「京」は開発中につき、暫定的な値

京コンピュータ 大規模並列計算
スケーリング：～12,288ノード
実効性能：16%
最大性能：150 TFLOPS

東北地方太平洋沖地震シミュレーション
(Maeda and Furumura, 2011)

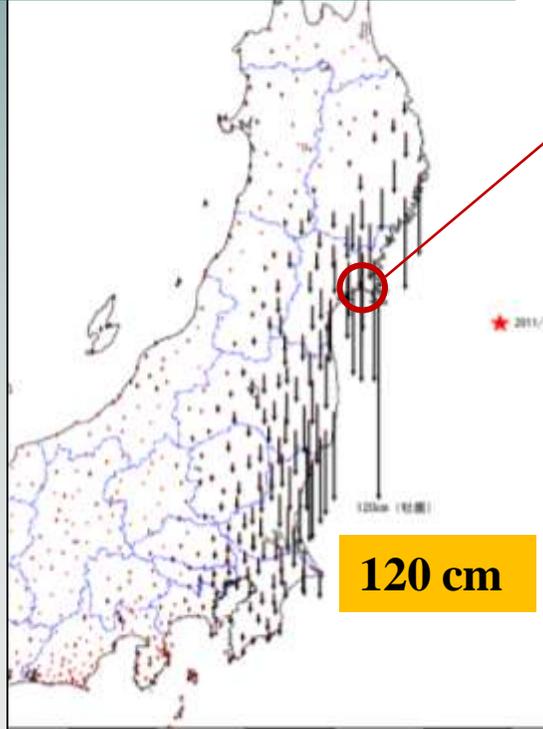


注)上記の結果は、理化学研究所が実施している京速コンピュータ「京」の試験利用によるものです。

東北地方太平洋沖地震 (2): 地震地殻変動・長期湛水

- ・ 牡鹿半島で最大120cmの沈降
- ・ 津波の浸水、長期湛水

国土地理院
(GEONET)



(参考) 南海地震 高知

