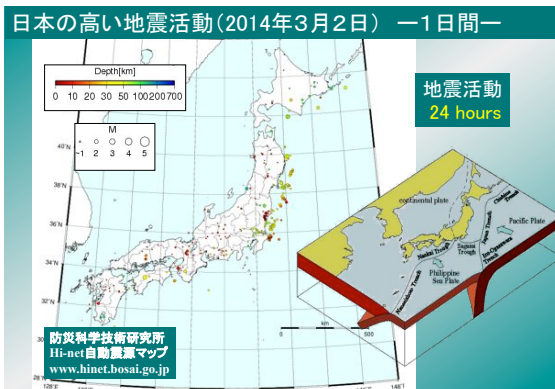
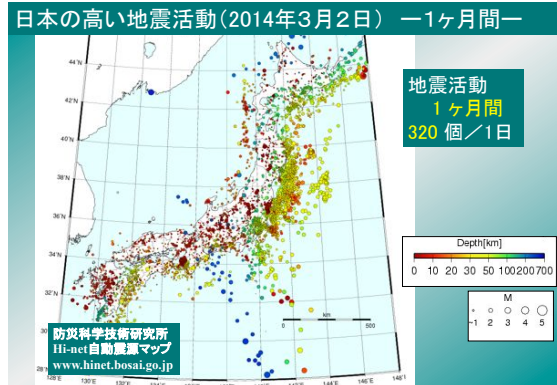


平成25年度海洋情報部研究成果発表会(2014/03/10)

## 東北地方太平洋沖地震に学び、南海トラフ巨大地震に備える

古村 孝志  
 東京大学大学院情報学環 総合防災情報研究センター  
 東京大学地震研究所 巨大地震津波災害予測研究センター

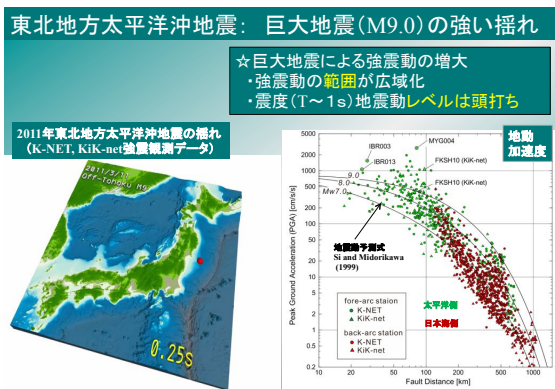
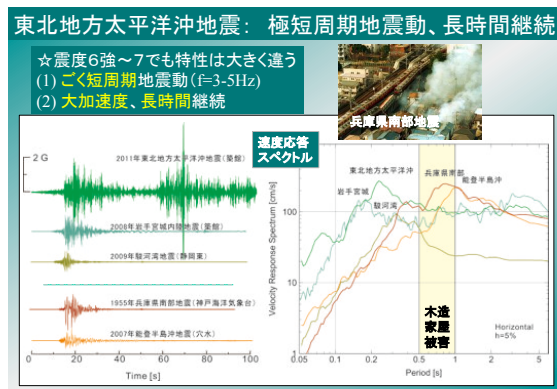
1. 地震国日本の高いリスク
2. 東日本大震災は想定外か?
3. 南海トラフ巨大地震を再考
4. 続く大地震の影響、備える



### 日本で繰り返す被害地震

2013年 4月13日	M6.0	淡路島の地震
2013年 2月13日	M6.4	北海道十勝地方の地震
2011年 9月11日	M9.0	東北地方太平洋沖地震
2009年 8月11日	M6.5	駿河湾の地震
2008年 7月24日	M6.8	岩手県沿岸北部の地震
2008年 6月14日	M7.2	岩手・宮城内陸地震
2007年 7月18日	M6.8	新潟県中越沖地震
2007年 3月23日	M6.9	宮城県沖地震
2006年 8月18日	M7.2	宮城県沖の地震
2006年 3月20日	M7.0	福岡県西方沖の地震
2004年 10月23日	M6.9	新潟県中越地震
2003年 9月28日	M6.0	十勝沖地震
2003年 7月28日	M6.4	宮城県北部の地震
2003年 5月28日	M7.1	宮城県沖の地震
2001年 3月24日	M6.7	三子地震
2000年 10月 8日	M7.3	鳥取県西部地震
2000年 6月28日	M6.5	三宅島近海地震
1997年 6月18日	M6.4	鹿児島県薩摩地方の地震
1997年 3月6日	M6.9	鹿児島県薩摩地方の地震
1995年 4月 1日	M5.6	新潟県下越地方の地震
1995年 1月17日	M7.3	兵庫県南部地震
1994年 12月28日	M7.9	三陸はるか沖地震
1994年 10月 4日	M6.2	北海道東方沖地震
1993年 7月12日	M7.8	北海道西方沖地震
1983年 1月19日	M7.5	福井沖地震

★日本の被害地震  
 ・M7級が1年に1回程度、  
 ・M8級が10年に1回程度、  
 ・M9級が600年に1回程度?



### 東北地方太平洋沖地震： 強い揺れによる地盤災害

仙台市青葉区  
切土側  
盛土側  
太田・釜井(2011)

福島市あさひ台  
釜井(2011)

強震動による住宅被害(直接被害)→小  
 強震動による、陥没被害・地盤被害→大

東北地方太平洋沖地震：強い揺れによる液状化



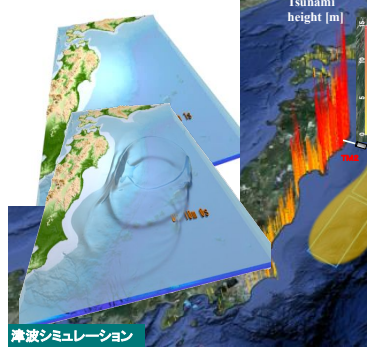
千葉県・浦安  
★強い揺れによる液状化の発生  
・強い加速度+長い継続時間  
・緩い砂地盤(埋め立て、河川流路)  
・高い地下水位

香取加藤江尊「液状化日本の地震液状化履歴図」東京大学出版会

神戸・ポートアイランド  
平成17年1月 阪神・淡路大震災



東北地方太平洋沖地震：巨大津波



Tsunami height [m]  
5 m  
2 m  
10 min 20 min

釜石沖海蔵ケーブル津波計

津波シミュレーション

東北地方太平洋沖地震：長周期地震動と超高層ビル

(a) 東北地方太平洋沖地震(M9.0) 速度応答 (T=6s, h=5%)

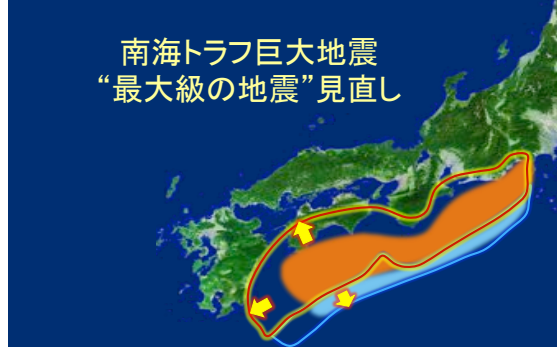
(b) 2003年十勝沖地震(M8.0)

高層ビル壁に亀裂  
産 阪神と違う震動

耐震基準再検討の方針  
国の想定超す

2003年十勝沖地震

南海トラフ巨大地震 “最大級の地震”見直し



東北地方太平洋沖M9地震：地震想定の変化

☆地震の多様性を考慮した  
2つの想定の一必要性

【対策級】高頻度の地震(既往最大級など)  
【最大級】低頻度だが影響甚大な地震

★地震の多様性を考えた将来の予測  
・過去数百年分の知見には限界あり  
・「最大級」をどこまで考えるか?

最大級の地震の再評価—古文書・地質調査

(1) 古文書(日本三大実録)

869年貞観地震による津波

★869年貞観地震の評価(産総研、2010)  
・統合的研究(史料、地質、津波計算)  
・史実の確認、波源モデルの推定

(2) 津波堆積物調査

(3) 津波シミュレーション

図・写真：産総研(2010)による

東北地方太平洋沖M9地震：地震想定の大混乱

1. 従来想定(既往最大)

★地震津波想定の見直し  
～震災後遺症の大混乱～

2. M9地震の新想定

科学的にあり得ない!  
計算が変だぞ!  
そこまでやるか!  
滑り量2倍モデル(M8.9)  
最長地震??  
モデル 明応地震??  
モデル

地震想定の大混乱—古文書・地質調査(1)

(1) 古文書(フロイス日本史)

古文書(兼見脚記)

1585年天正地震 若狭湾の津波伝説

若狭新開?

(2) 津波堆積物調査

シブ島古地点

(3) 史料調査(津波記録)

津波堆積物調査→なし?  
市町村史誌→なし?  
神社記録→なし?

結論：天正地震津波は、間違った伝聞記録であった可能性大



### 最大級の地震の再評価—古文書・地質調査(2)

(1) 古文書(鎌倉大日記)

1495年明応地震  
鎌倉大仏殿流失伝説

【鎌倉大日記】  
明応四年(1495)の地震による津波で大仏殿が流失  
(疑問1) 明応地震は明応七年(1498)のハズ

(疑問2) そもそも明応地震の時に、大仏殿はあったのか?  
 ・建武二年(1335):「大風で大仏殿倒壊...」『鎌倉大日記』  
 ・文明一八年(1486):「大仏は震産...」『梅花無尽蔵』  
 ・...この前に再建されたか? ...  
 ・明応七年(1498): 明応地震で大仏殿流失

【結論】明応津波で鎌倉大仏殿が流されたのは間違い。もともと無かった!

### 南海トラフ“最大級”の地震による強震動と津波

### 東北地方太平洋沖M9地震：最大級地震の議論

地震学的知見に基づく“最大級”の検討

新たな中央防災会議モデル(2011年12月27日)

北限：深部低周波地震  
東限：富士川河口断層帯  
西限：地下構造調査  
南限：津波地震の発生域

新たな想定震源域(地震動)  
従来モデル(既往最大)  
津波波源域  
トラフ軸

### 南海トラフ巨大地震による津波

### 南海トラフ最大級の地震：津波の評価

11モデルの津波計算、最大値を集める

モデルの1例  
2.5m, 10m, 20m, 40m

③ 瀬戸内海、内海の浸化は小さい

内閣府(2013)資料による

① 沿岸で2~3倍  
→2003モデルと同パターン

② 日向灘が3~5倍

最大級想定  
2003想定

### 南海トラフ・相模湾の地震—東京湾では?

☆関東地震による津波  
・外海(湾外)10m以上  
・湾内2m程度  
水深が浅い湾内には津波は侵入できない

関東地震の津波  
元徳関東/大正関東地震

1923年 関東地震  
1703年 元禄地震

水深<10m  
40-50m  
水深>100m

佐竹・ほか(2008)による

### 南海トラフ最大級の地震：湾内の津波の影響

東京湾  
伊豆一御前崎

最大級想定  
平均級

海内  
海外

最大級の地震による湾内の津波高  
・平均級と大きく変わらない  
・浅部滑り(短周期津波)は侵入せず

### 最大級の地震：地震規模拡大(M8→9)の影響

☆Mの増大の影響

1. 地殻変動・津波は直線的に増大
2. 長周期地震動レベルも増大
3. 短周期地震動は、範囲だけ拡大

名古屋  
静岡

最大級  
M8.7  
既往最大  
M9.0

地震動生成域

地震のスケール則  
室谷・佐竹・藤井(2013)

Mと断層面積  
Mとすべり量

## 南海トラフ巨大地震(最大クラス)による強い揺れ

震度7(10県、151市町村)、全壊家屋62万棟



## 南海トラフ巨大地震による社会影響

**指定強化地域・推進地域 (571市町村)**

- ★指定強化・推進地域
- ・人口: 34%
- ・生産農産所得: 23%
- ・製品出荷額: 49%

**発電所**

原子力発電所	約950万kW (約13%)
火力発電所	約5,400万kW (約73%)
水力発電所**	約800万kW (約10%)

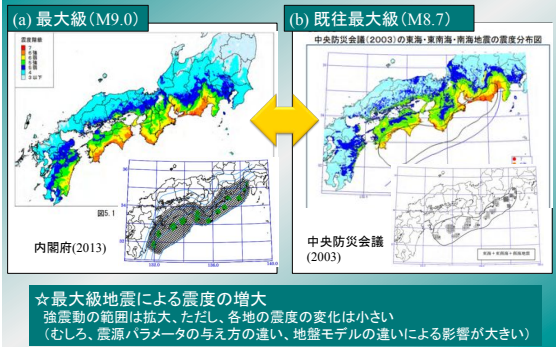
★火力発電所の集中

- ・38%が指定地域内
- ・瀬戸内海に集中
- ・製油所も同様

★広域被害、複合被害の課題

- ・震度6弱以上の曝露人口: 1200万人

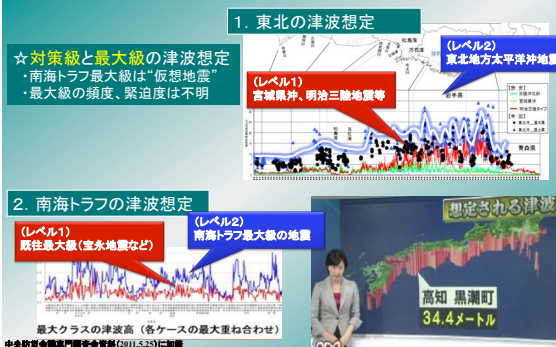
## 南海トラフ最大級の地震: 強震動の評価



## 南海トラフ“最大級”の地震 未解決の課題



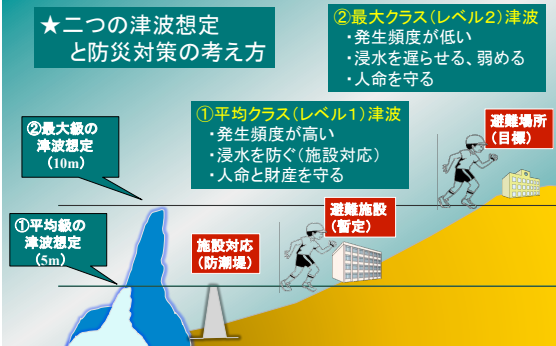
## 南海トラフ最大級の地震: 津波の評価



## 南海トラフ最大級の地震シナリオ: 課題(1)



## 南海トラフ最大級の地震: 最大級の津波想定



## 最大級の地震シナリオ: 課題(2)





### 最大級の地震シナリオ：課題(3)長周期地震動

☆東海・東南海・南海地震による長周期地震動  
 ・東北地方太平洋沖地震は、1944年東南海地震と同程度(小さかった)  
 ・南海トラフ地震では、2倍以上は確実

速度波形の比較(東京)

### 東北地方太平洋沖地震から3年 一残る地震の影響

地震地殻変動 (震土地殻院による)

### 東北地方太平洋沖地震の長周期地震動は小さかった

☆東北地方太平洋沖地震(M9.0)  
 ・主要地震動(T<10s)は、断層面の深部より放射  
 ・表面波(長周期地震動)の励起小さい

関東の長周期地震動レベルの比較

(a) 通常の地震(強い) (b) 宮城県沖の地震(深い)

### 東北地方太平洋沖地震から3年：余効変動の影響

余効変動の広がり (国土地理院による) (cosismic) (postseismic)

★巨大地震の余震の推移  
 ・数ヶ月～数年後の内陸地震  
 ・首都直下地震、南海トラフ地震への影響は？

(参考)1944年東南海・1946年南海地震以降の10年間

1952年 M6.5 大塚寺地震  
 1945年 M6.8 三河地震  
 1948年 M7.1 福井地震  
 1953年 M6.7 吉野地震  
 1955年 M6.4 徳島県南部  
 1948年 M6.7 紀伊水道地震

### 東北地方太平洋沖地震から3年：地震・火山の活発化？

★貞観地震後の地震活動、火山噴火活動

- 貞観十一年(八六九) 三陸大地震、津波(貞観津波)
- 貞観十三年(八七一) 出羽国、島山山噴火
- 貞観十六年(八七四) 薩摩国、開聞岳噴火
- 元慶二年(八七八) 相模・武蔵地震、死者多数
- 元慶四年(八八〇) 出雲大地震
- 仁和元年(八八五) 薩摩国、開聞岳大噴火
- 仁和三年(八八七) 南海地震、東南海地震、東海地震

⑧15年 十和田山火噴火  
 ⑧17年 朝鮮半島 白頭山火噴火

★東北地方太平洋沖地震

- 2013年2月2日十勝の地震
- 2013年4月12日波路島の地震
- 2013年4月17日伊豆大島近海地震
- 2013年8月18日桜島火噴火

⑤出雲大地震 ④関東の地震 ⑤仁和地震 ③開聞岳噴火 ⑥島山山噴火 ⑦貞観地震 ⑧十和田山噴火

調査ありなし？

### 京コンピュータを用いた大規模シミュレーションの実現

京コンピュータ 2.09 PFLOPS (82,944 CPU)

Seism3D	地球シミュレータ	京コンピュータ
CPU性能 (並列数)	102.4 GFLOPS (1,280 CPU)	128 GFLOPS (82,944 CPU)
計算効率	37%	20.4%
演算性能	0.05 PFLOPS	2.0 PFLOPS

地球シミュレータ 39 TFLOPS (1,024 CPU) x 40

● K-tuning code (ref. K-tuning code on ES)  
 ■ ES-tuning code

### 大地震に備える(1)地殻・地震活動のモニタリング

挑戦：「数値モデル」に基づく地震発生予測  
 ・地球活動を監視、正常・異常を判断  
 ・未来の地震発生危険度を予測

京コンピュータ (理化学研究所)

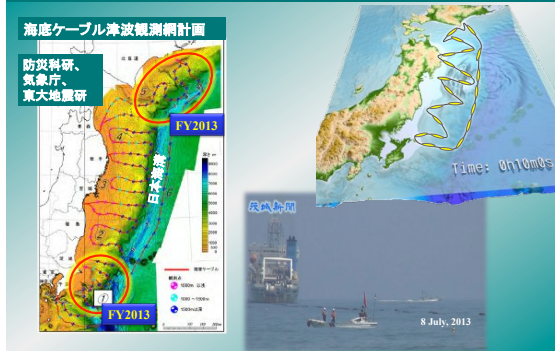
(a) 高密度地震、地殻変動観測網(陸・海)  
 F-ONET 地殻変動観測 (国土地理院)  
 ONET 海底地殻変動観測 (JAMSTEC)

(b) 地震発生サイクルシミュレーション

### 東北地方太平洋沖地震の再現シミュレーション

Time: 0h0m1s

## リアルタイム津波予測シミュレーションへの期待



## 東日本大震災、そして次の地震に備える

### 1. 東日本大震災M9.0—「想定外」で済ませてはいけない

- 日本の高い地震活動、繰り返す大地震—超巨大地震も繰り返す
- 巨大津波に対して、地震動(長周期地震動)はM8級程度?—想定外ではない

### 2. 東日本大震災から3年、まだ続く地震の影響

- 日本列島の大変動(数百年ぶり)、誘発地震・火山活動の推移に注視
- 首都直下地震、南海トラフ巨大地震への影響は?

### 3. 地震に打ち勝つ社会を

- 二つの想定(対策レベル、最大レベル)のとらえ方、防災対策での扱い
- 「適切規模」の被害想定、そして確実な対策
- 巨大地震を未体験の現代社会、防災・減災に向けた総合力を発揮