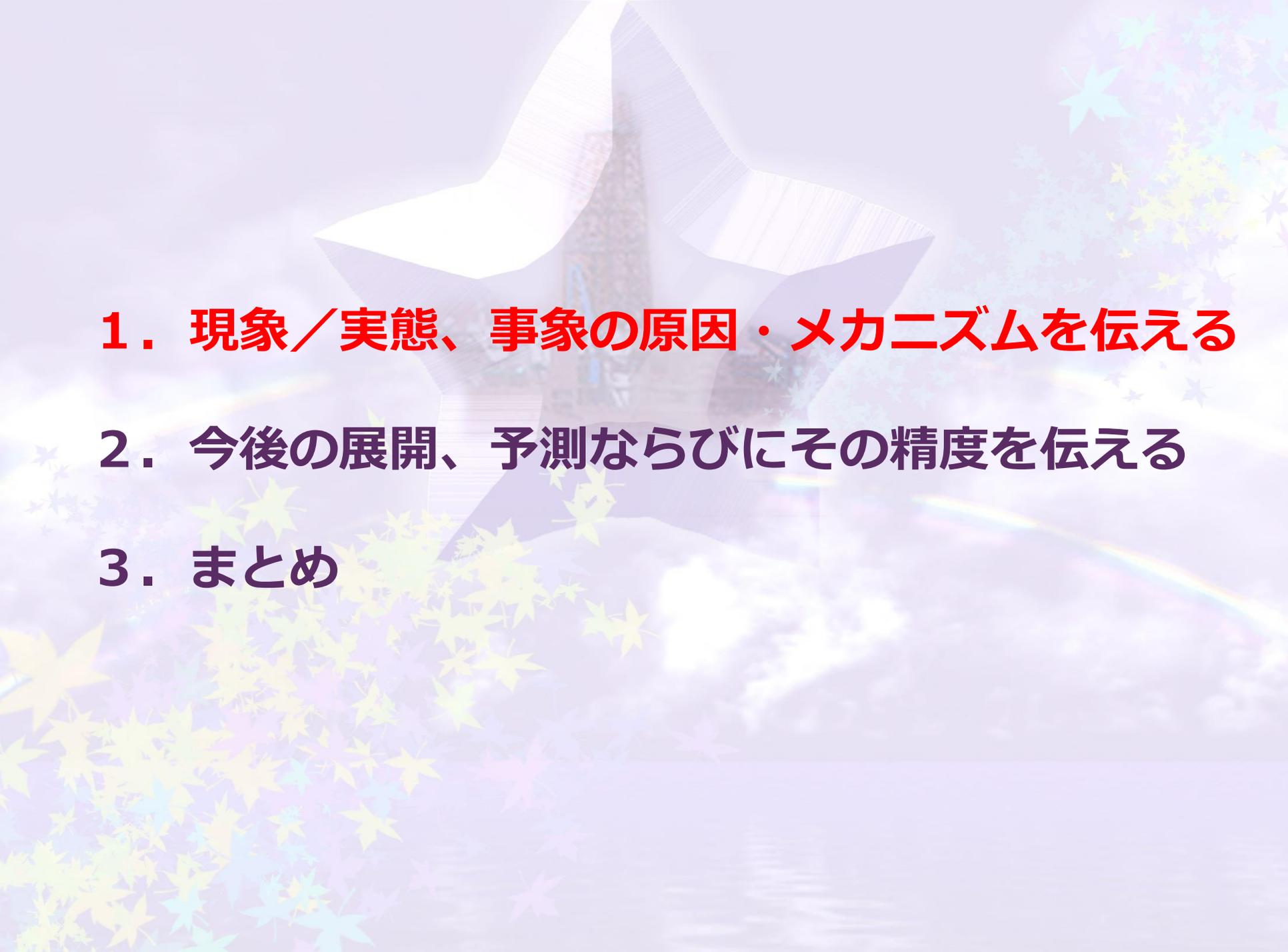


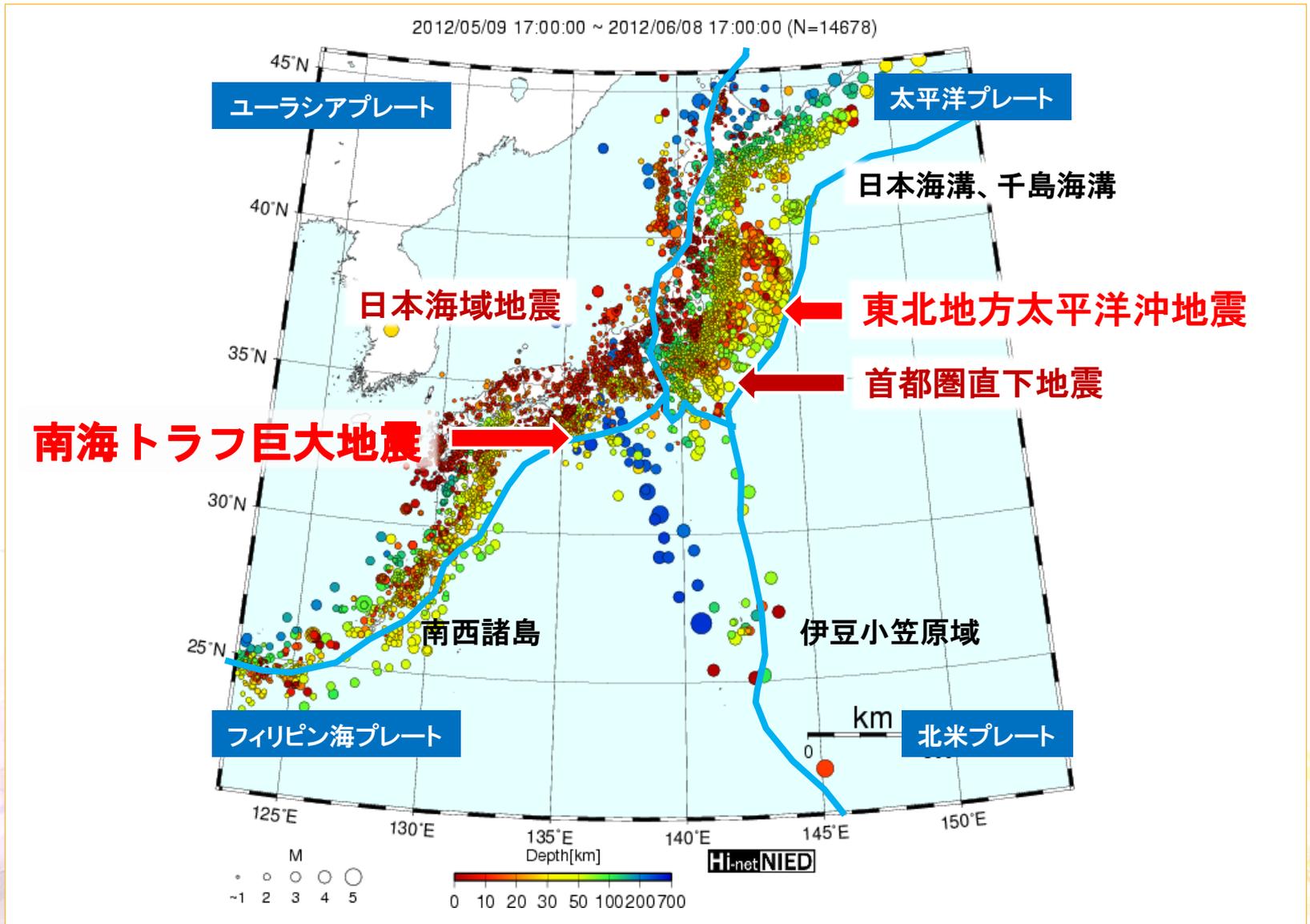
# 防災科学情報発信のあり方

海洋研究開発機構  
地震津波・防災研究プロジェクト  
金田義行

APLシンポジウム 2013.04.20

- 
- 1. 現象／実態、事象の原因・メカニズムを伝える**
  - 2. 今後の展開、予測ならびにその精度を伝える**
  - 3. まとめ**

# 日本周辺の地震活動



2012年5月9日より30日間の震央分布図

Hi-net自動処理震源マップ (防災科学技術研究所) より

# 巨大地震は周囲に歪をもたらす

## -869年の貞観地震の場合-

863年 越中越後地震

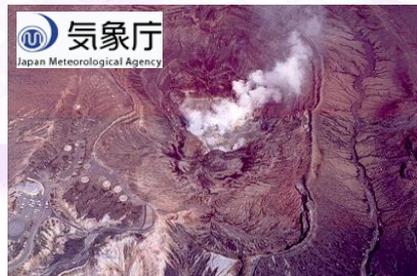
868年  
播磨・山崎地震 M7クラス

887年  
仁和地震 M8.0~M8.5  
南海トラフ巨大地震

867年 阿蘇山噴火



阿蘇山

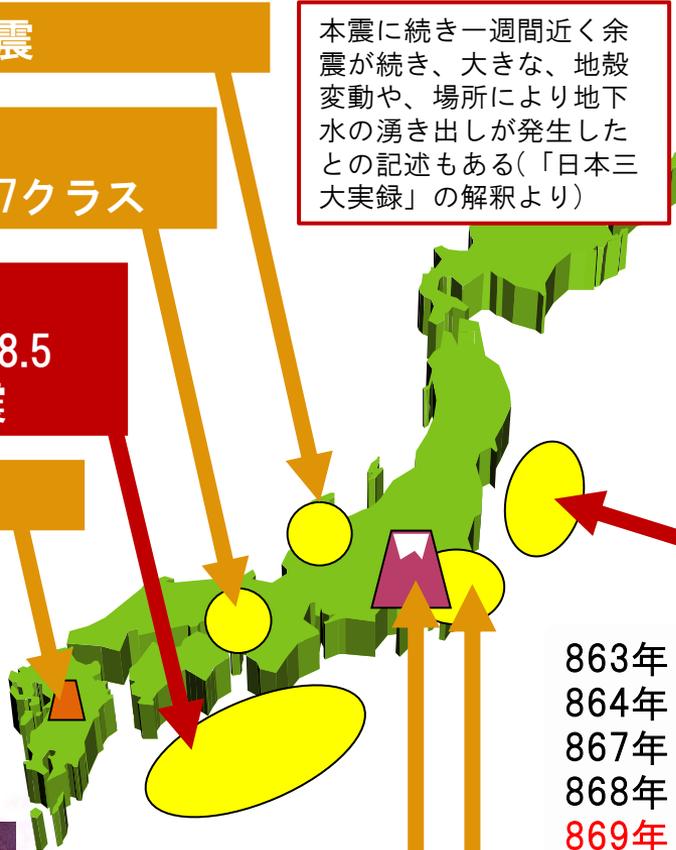


気象庁  
Japan Meteorological Agency

864年 富士山噴火

878年  
相模・武蔵地震 M7.4

本震に続き一週間近く余震が続き、大きな、地殻変動や、場所により地下水の湧き出しが発生したとの記述もある(「日本三大実録」の解釈より)



仙台平野で確認した津波堆積物の分布。赤丸は貞観津波による堆積物。ただし、貞観地震が発生した時期の海岸線は、現在の海岸線より1km程度内陸側に位置していたと考えられる。

津波堆積物のボーリング写真  
津波によって運搬された砂層が、泥炭層中に含まれている。

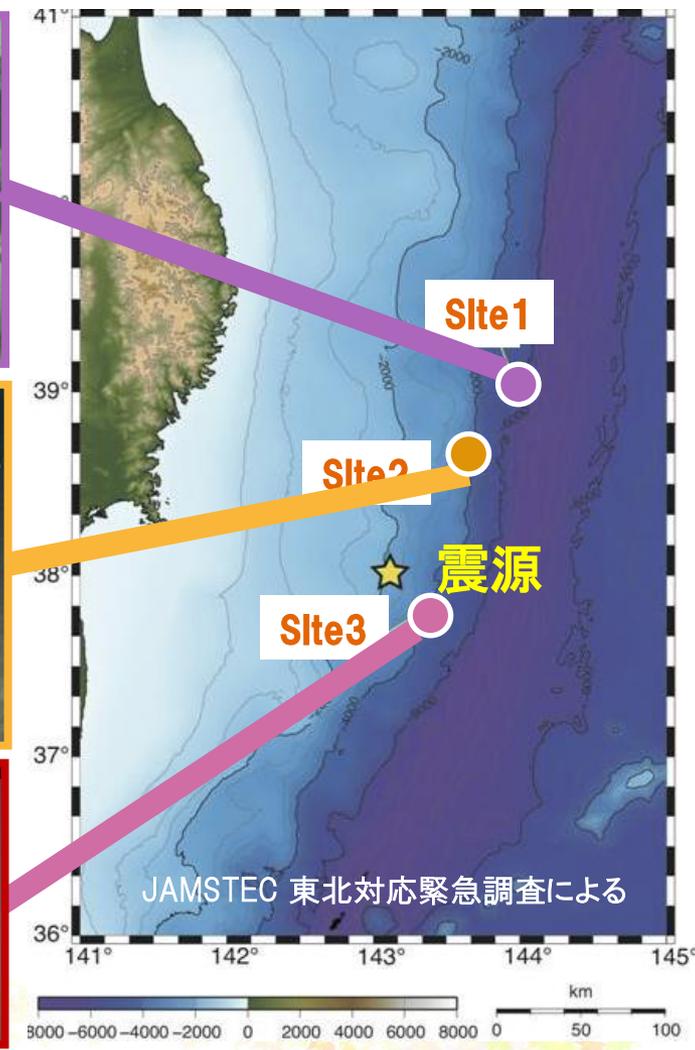
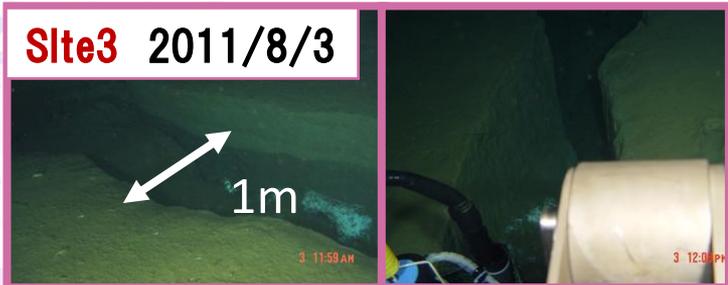
資料：(独)産業技術総合研究所

869年 貞観地震 M8.3~M8.6

- 863年 越中・越後地震
- 864年 富士山噴火
- 867年 阿蘇山噴火
- 868年 播磨・山崎地震(M7台)
- 869年 貞観地震  
(M8.3~M8.6 : 三陸地震)
- 878年 関東の地震  
(M7.4 : 相模・武蔵地震)
- 887年 南海トラフ地震  
(M8.0~M8.5 : 仁和地震)

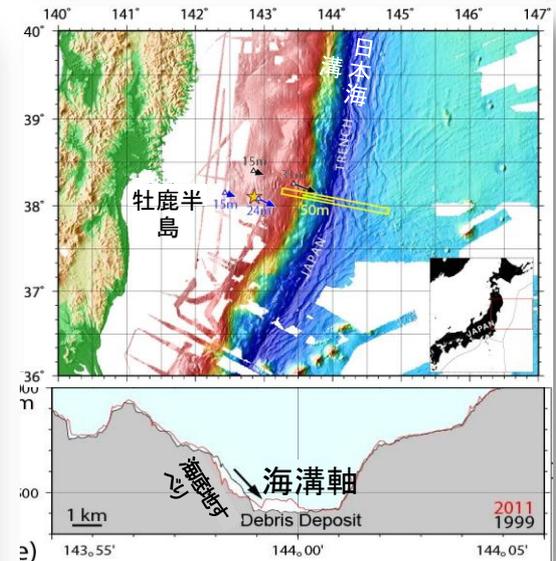
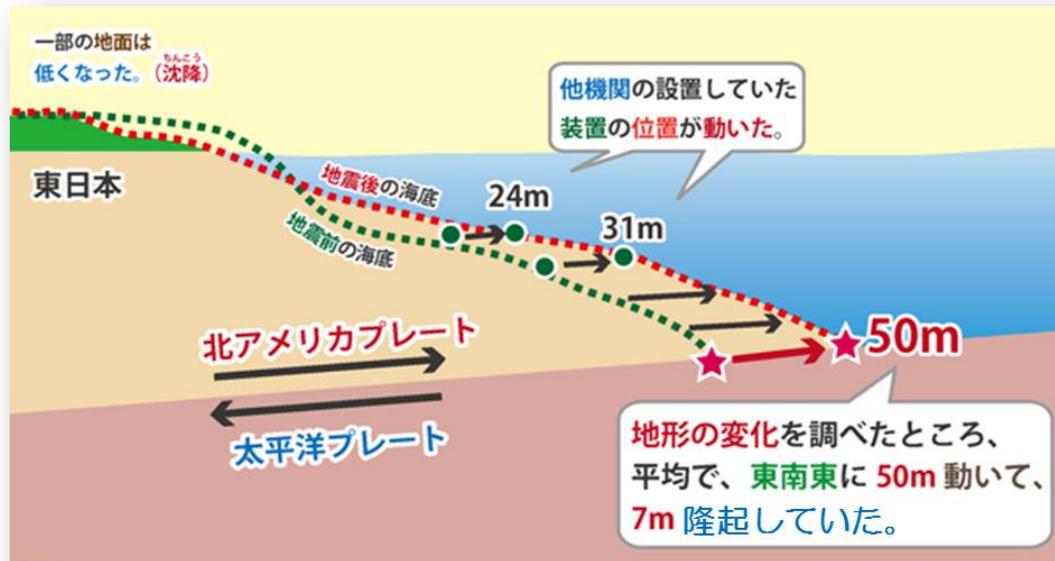
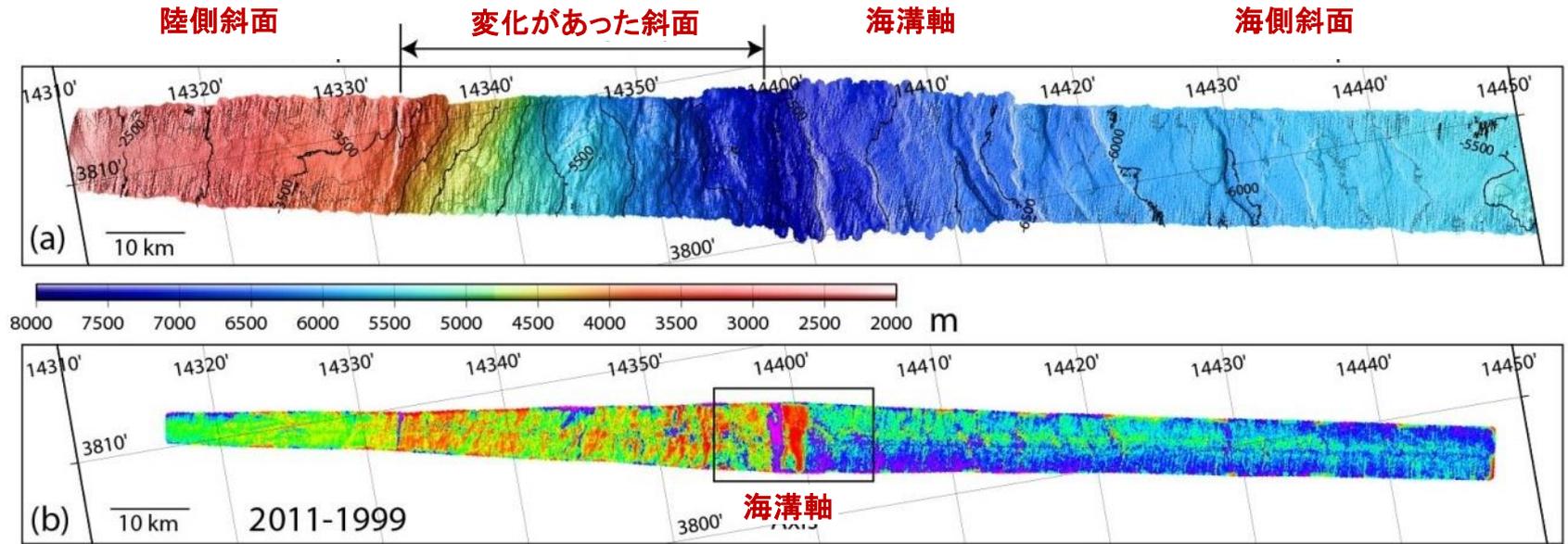
# 震源域での海底で亀裂発見

## - しんかい6500による潜航調査 -



海底の大きな亀裂は2006年に同じ地点を観察した時には確認できなかったことから、3月11日の地震か、その後の余震による影響でできたと考えられます。

# 海底で起こった現象 [地殻変動]



# 液状化被害 (千葉県)

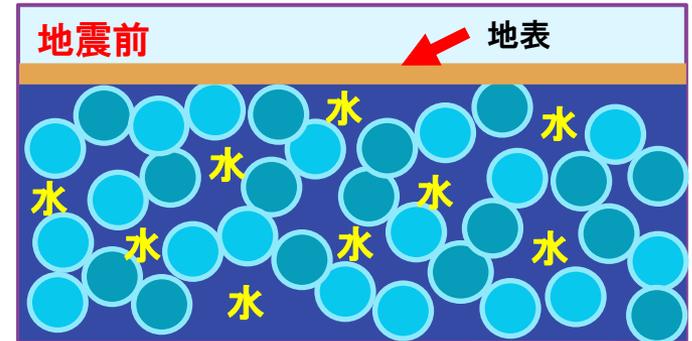


## 大阪 咲洲庁舎も被害

約300kmも離れた場所でも被害。  
被害地域の多くは地下水が蓄えられた土地で海や河川、田んぼなどの埋立地が多い。

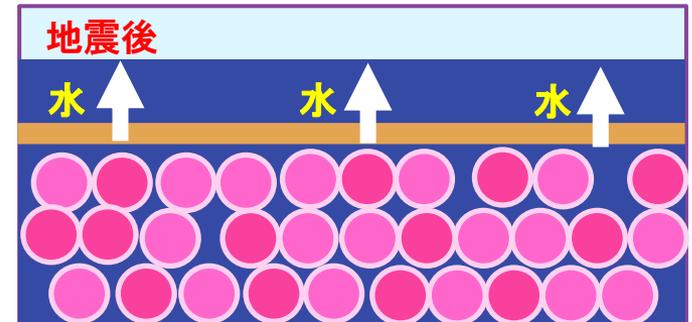


## 液状化のメカニズム



砂や土は互いに緩やかにくっつきあい、その隙間に水がある

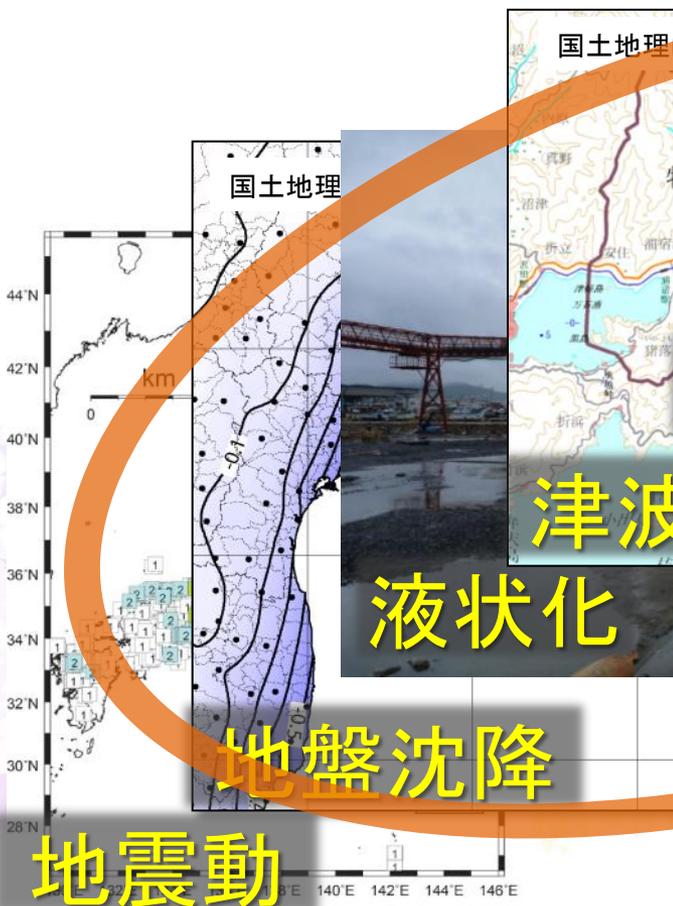
地震



今までくっついてた土や砂がバラバラになる。  
隙間にあった水は地表に逃げていく。  
液状化とともに地盤沈下もひきおこす。

# 広域複合災害

東日本大震災では倒壊物、漂流物による被害の拡大など、地震・津波の直接被害以外にも、多くの**複合災害**が発生



津波火災

共同通信・読売新聞



漂流物

巨大地震  
広域複合災害への  
備えは不可欠 8

# 次の巨大地震への備えでは 阪神淡路大震災の教訓も活かすことが不可欠



# 東日本大震災の被害、阪神淡路大震災の被害

## 基本的な人的、建物被害（消防庁調べ）

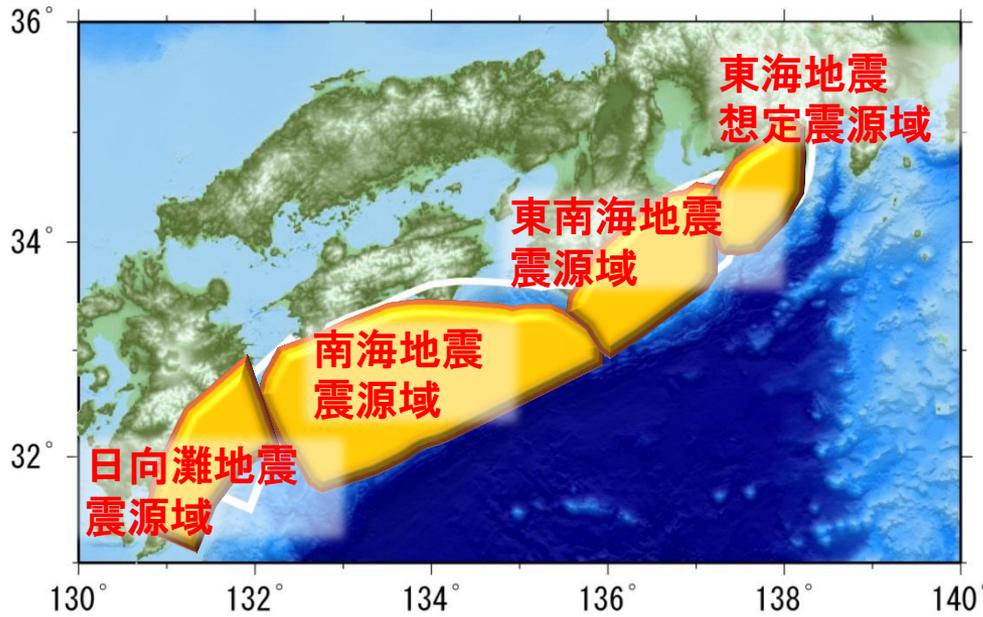
	東日本大震災 H23.2.14 東北地方太平洋沖地震	阪神淡路大震災 H18.5.19 兵庫県南部地震
人的被害	2万5,375人	5万0,229人
死者	1万6,140人	6,434人
行方不明者	3,123人	3人
負傷者	6,112人	4万3,792人
建物被害	37万2,613棟	24万9,180棟
全壊家屋数	12万8,582棟	10万4,906棟
半壊家屋数	24万4,031棟	14万4,274棟

今後想定される大震災に備え、防災・減災へ向けた活動・研究を進める必要がある。

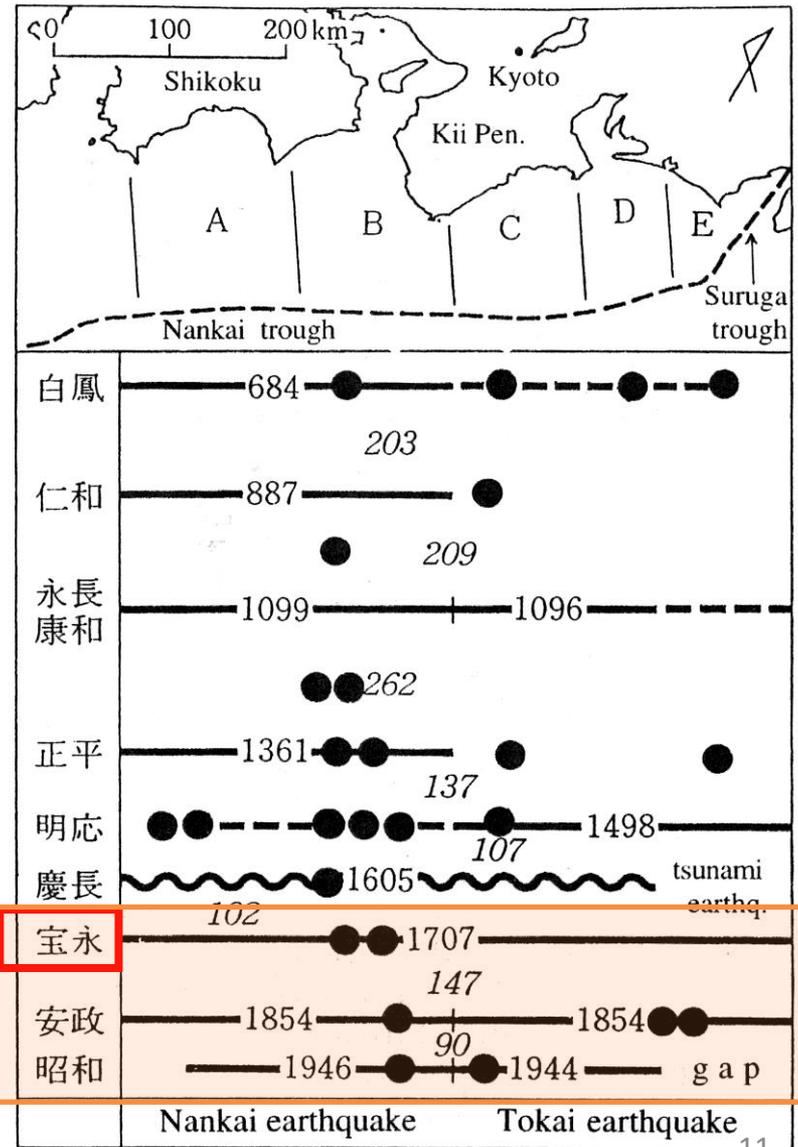


巨大地震が発生した場合は  
これらの2つの大震災の被害要因

# 南海トラフで発生する巨大地震



- 100年から150年周期で繰り返しM8クラスの地震が発生している。
- 1707年には、東海・東南海・南海地震が同時に発生したこともある。
- 次の地震がどのような発生パターンとなるか、連動発生タイミングを明らかにすることは、防災上の観点からも重要である。



# 過去の誘発地震や誘発噴火の記録

過去にも巨大地震に誘発した地震や噴火活動があった事が伺える。

## 1700年代

- ・1703年 元禄地震
- ・1707年 宝永地震
- ・1707年 富士山噴火

1948年 福井地震 M7.1

1707年 富士山噴火

1854年 伊賀上野地震 M7.3

1707年 宝永地震

1854年 安政地震

1943年 鳥取地震 M7.2

## 1900年代

- ・1923年 関東地震
- ・1943年 鳥取地震
- ・1944年 東南海地震
- ・1945年 三河地震
- ・1946年 南海地震
- ・1948年 福井地震

1945年 三河地震 M6.8

1855年 安政江戸地震

1703年 元禄地震

1923年 関東地震 M7.9

1944年 東南海地震 M7.9

## 1800年代

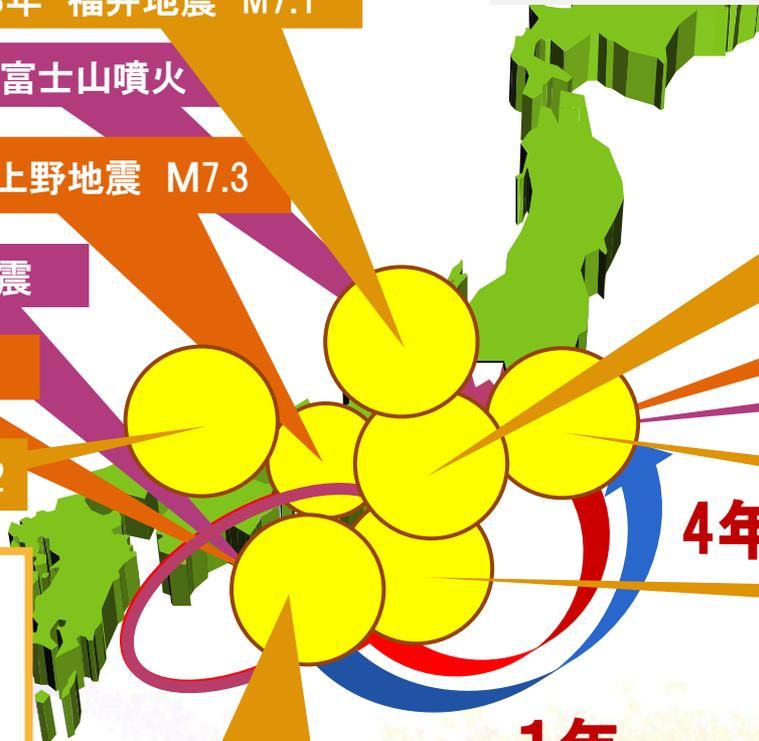
- ・1854年 伊賀上野地震
- ・1854年 安政地震
- ・1855年 安政江戸地震 12

1946年 南海地震 M8.0

49日

4年

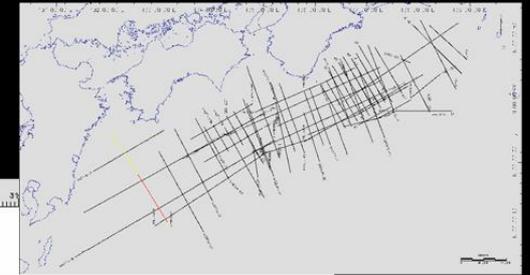
1年



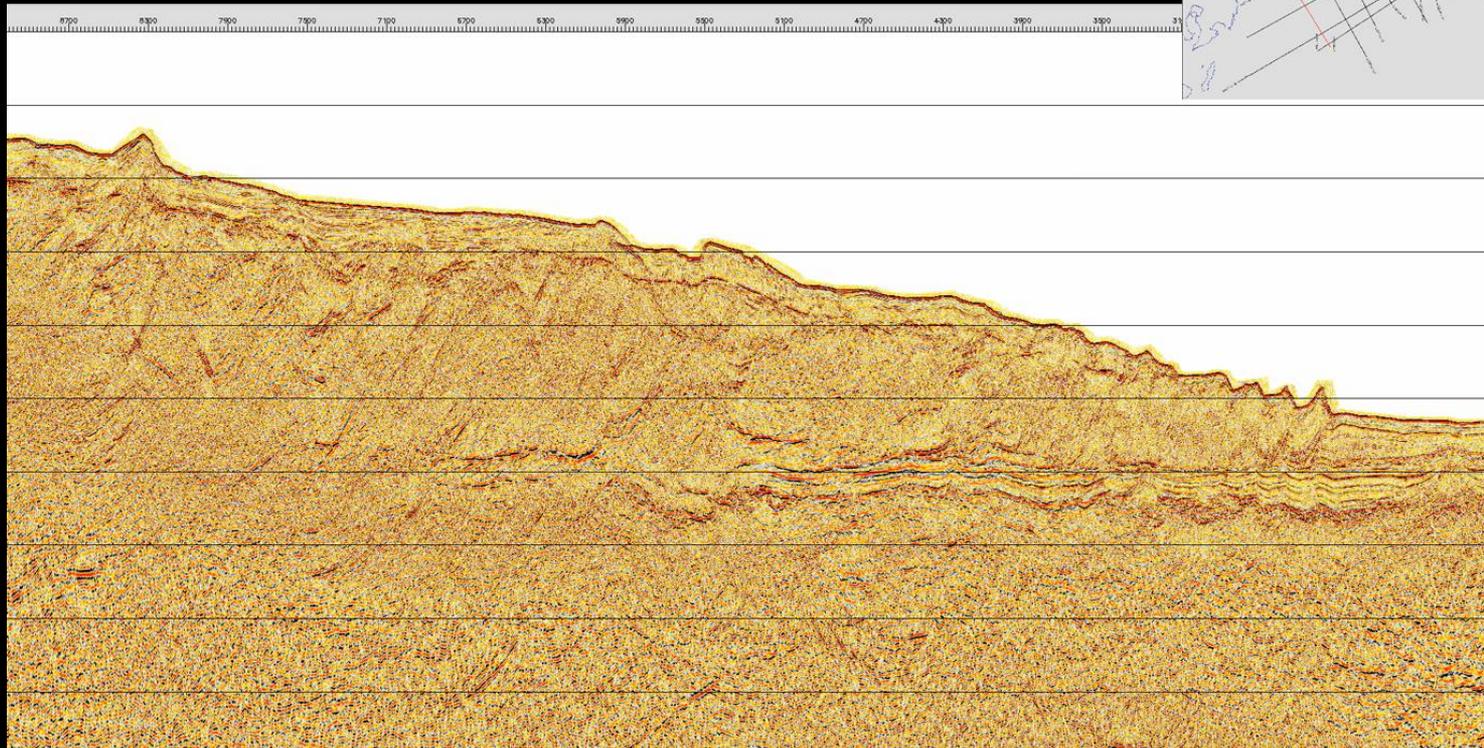
# 南海トラフ沿いの地下構造

足摺沖から東海沖へスキャン 既往研究成果の活用

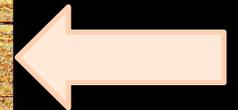
← 陸側



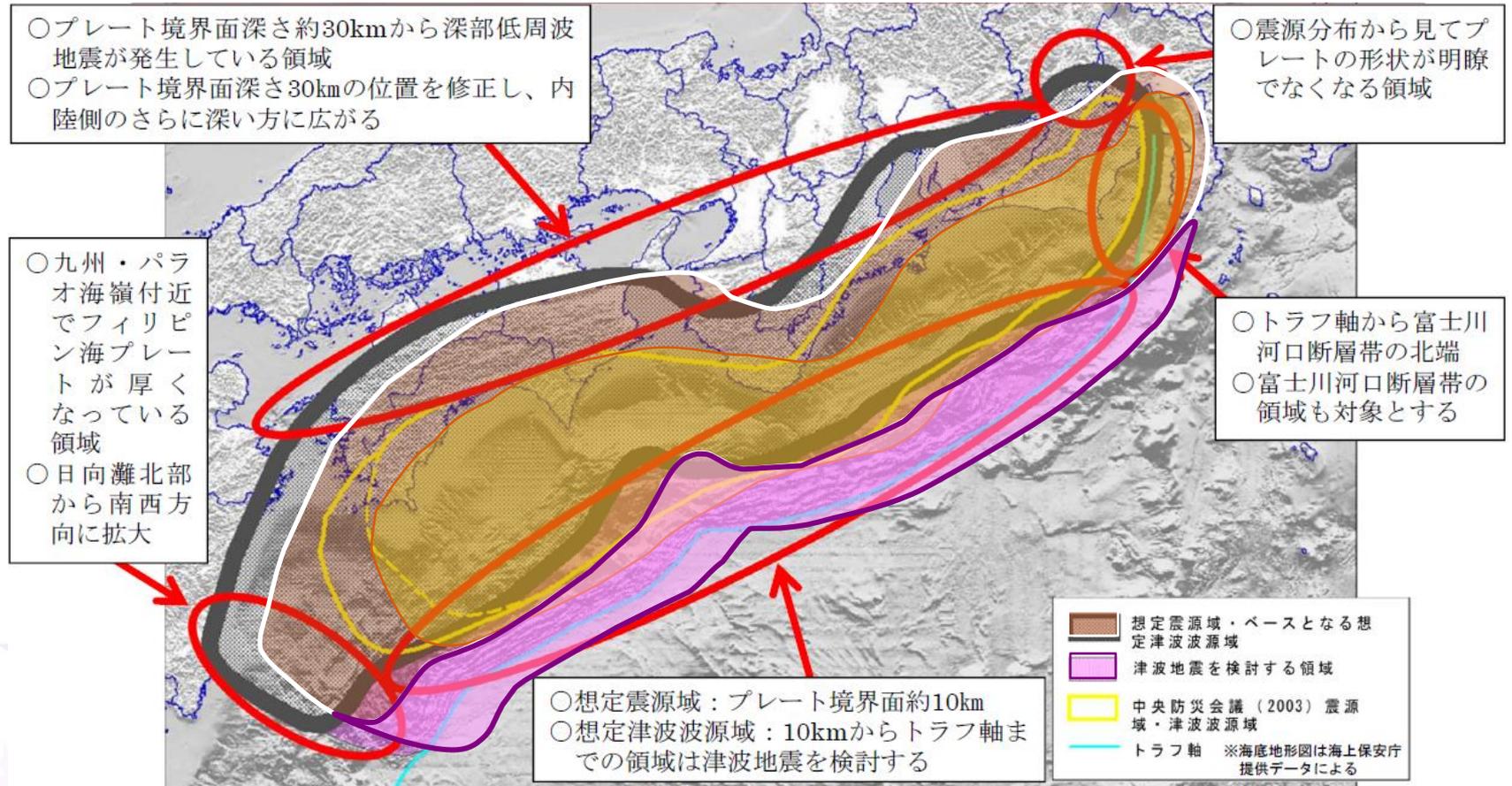
往復走時



フィリピン海プレート



# 南海トラフ地震の新たな想定震源域

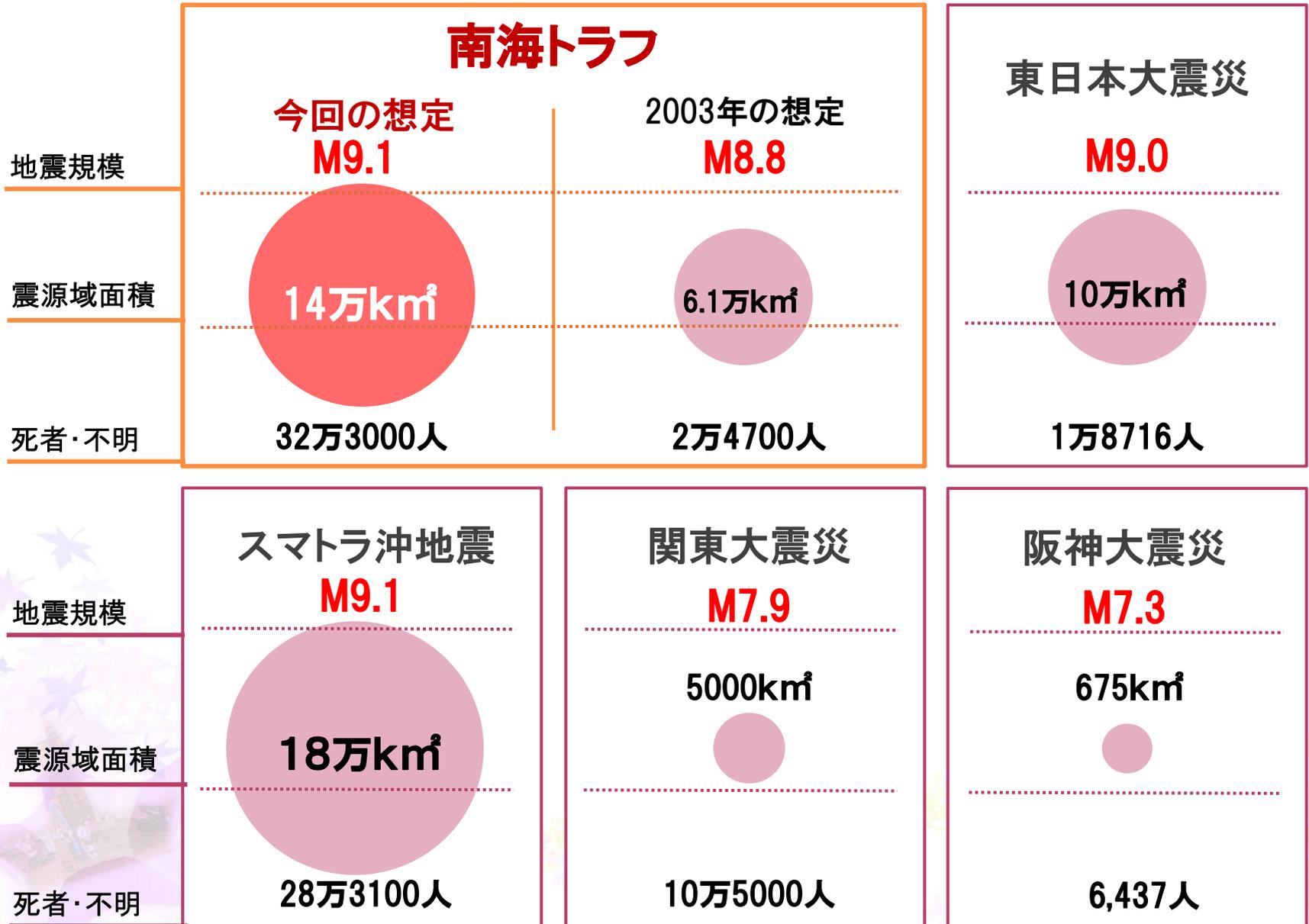


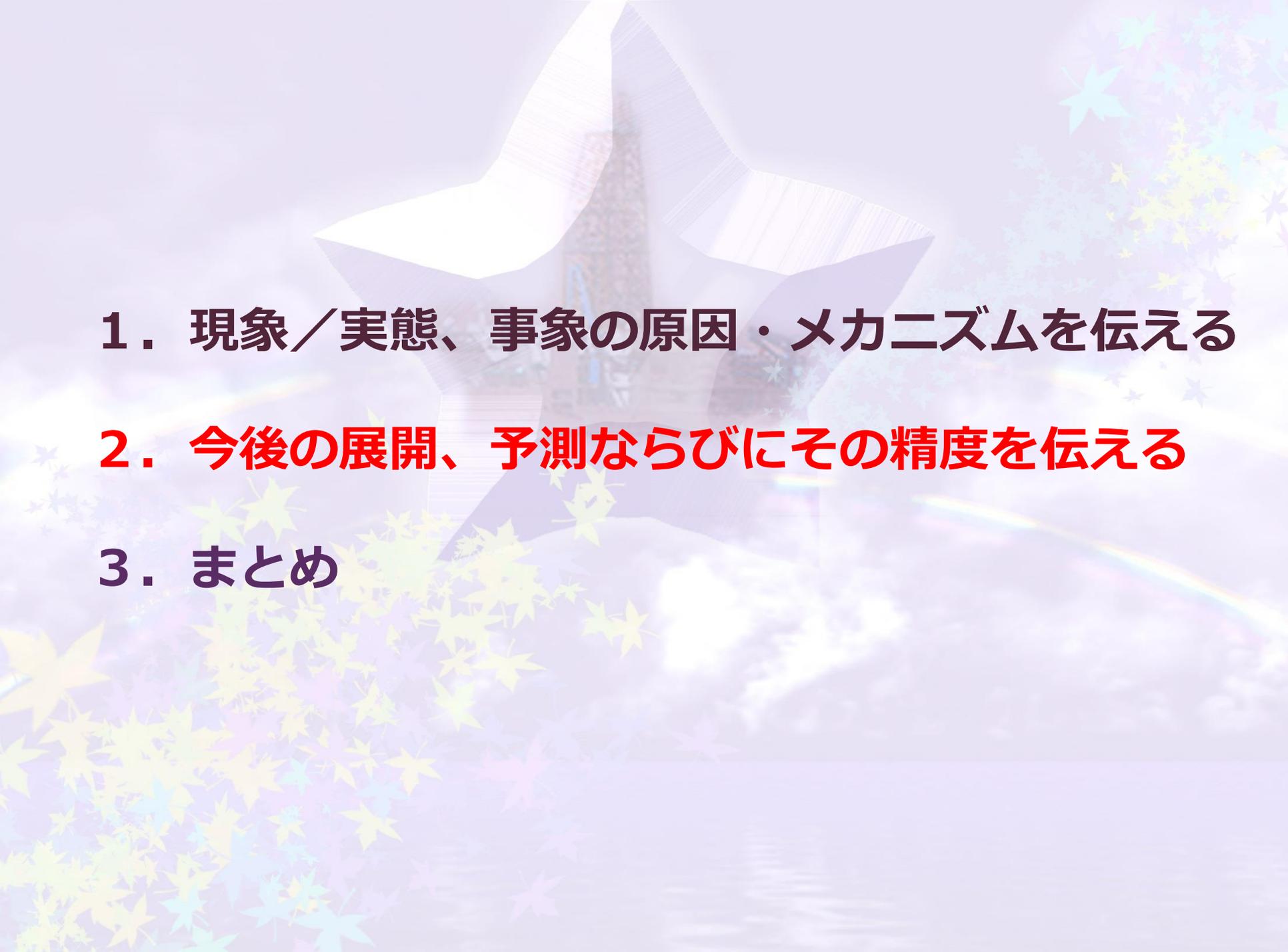
## 新たな想定震源域に対応する地震の規模(暫定値)の推定

南海トラフの巨大地震モデル検討会第7回)中間とりまとめ(案)資料に加筆  
2011年12月27日開催

	南海トラフの巨大地震(暫定値)	参考		
		2011年東北地方太平洋沖地震	2004年スマトラ沖地震	2010年チリ中部地震
面積	約11万Km <sup>2</sup> (暫定値)	約10万Km <sup>2</sup> (約500km×約200km)	約18万Km <sup>2</sup> (約1200km×約150km)	約6万Km <sup>2</sup> (約400km×約140km)
地震モーメント M <sub>0</sub> (N・m)	4.5 × 10 <sup>22</sup> (暫定値)	4.22 × 10 <sup>22</sup> (気象庁)	6.5 × 10 <sup>22</sup> (Ammon et al., 2005)	1.48 × 10 <sup>22</sup> (Pulido et al., in press)
モーメントマグニチュード Mw	9.0(暫定値)	9.0(気象庁)	9.0(理科年表)	9.0(理科年表)

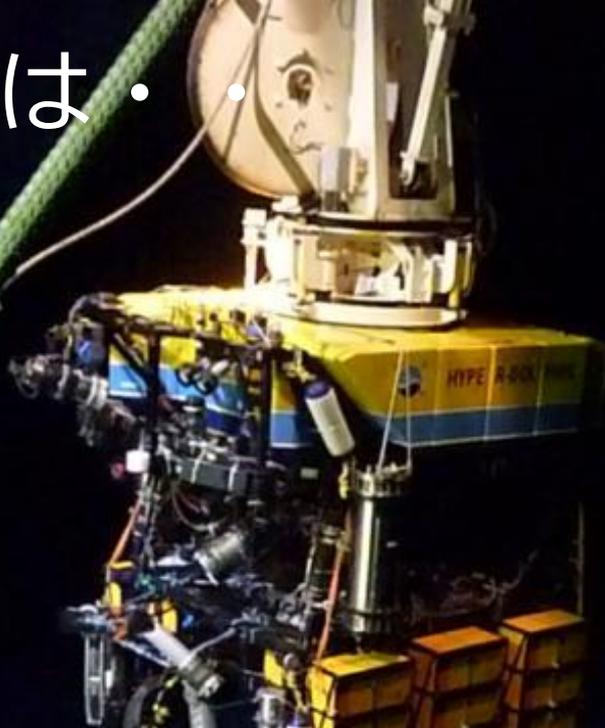
# 南海トラフ巨地震大津波被害想定の見直し



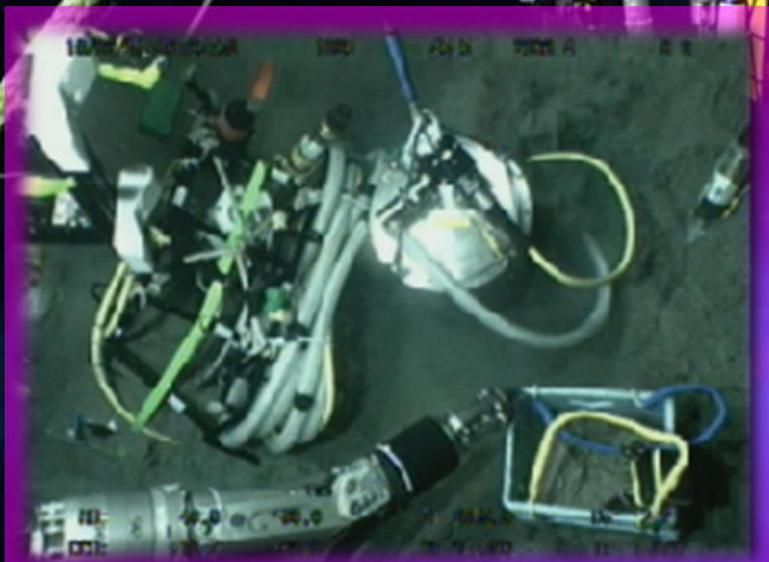
- 
1. 現象／実態、事象の原因・メカニズムを伝える
  2. 今後の展開、予測ならびにその精度を伝える
  3. まとめ

# DONETとは・

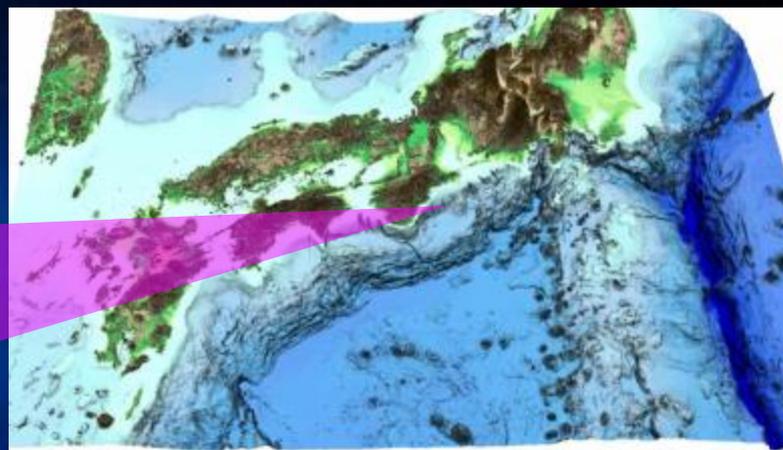
海底に聴診器を準備



東南海地震が起こるとされるところ(紀伊半島沖熊野灘)に20カ所の観測点を構築した。  
そこには、地震や・水圧(津波)を知る機械がある。



海中ロボットで地震計設置



この海底地形図はJTOPO30を利用して作成した。

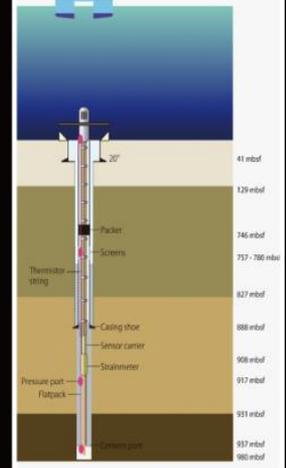
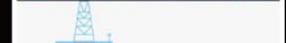
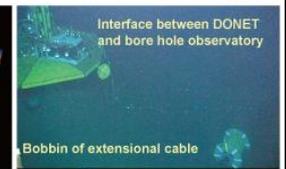
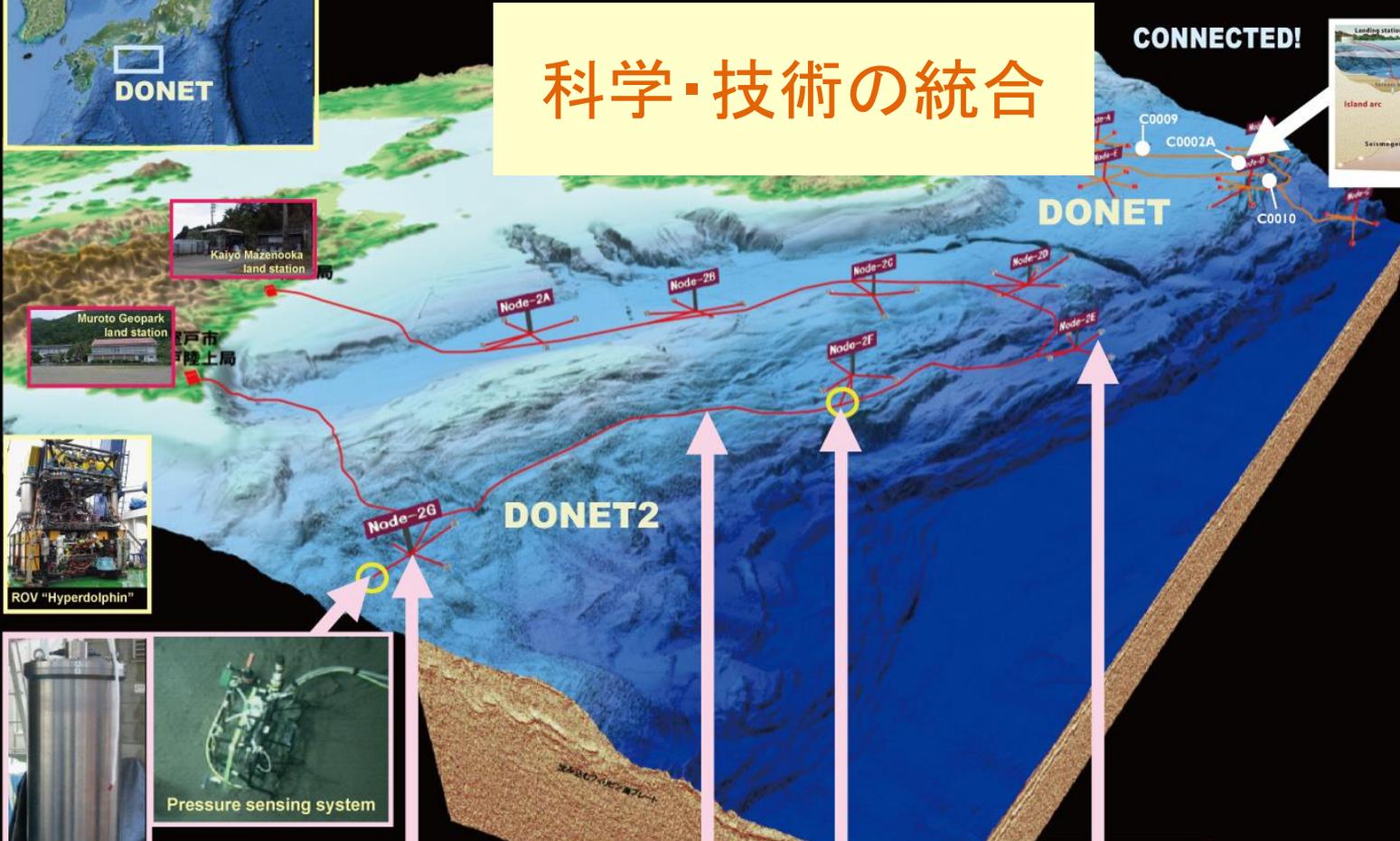
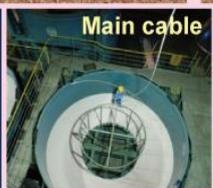
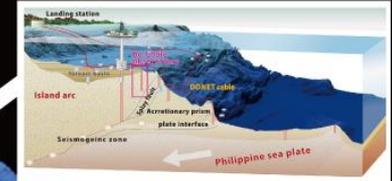
# DONET and Long-term Borehole Observatory

Dense Oceanfloor Network system for Earthquakes and Tsunamis



科学・技術の統合

CONNECTED!



Real-time borehole observation

# 第二期 (DONET2) 計画 展開案

## ◆ DONET2

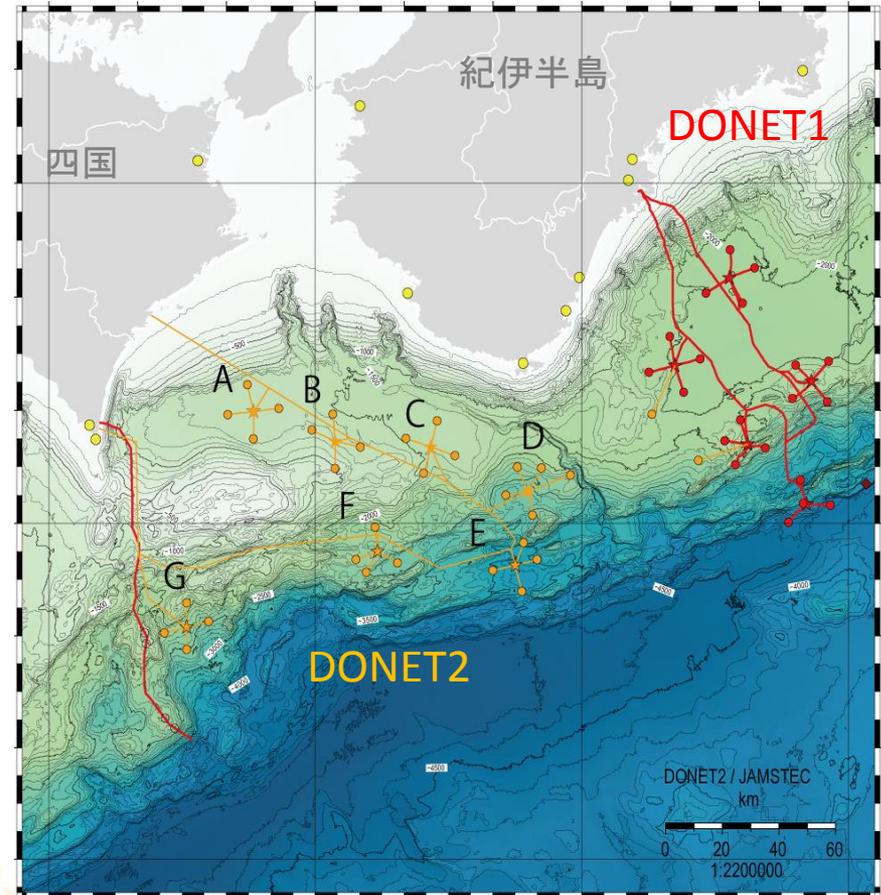
- ・平成22年度以降、文部科学省の補助金事業として、当初は5年×2フェーズの計画 (第Ⅱ期)
  - ＞第1フェーズ:H22～H26
  - ＞第2フェーズ:H27～H31
- ・平成24年度予算案において前倒し予算が計上され、平成25年度末の試験運用開始に向け整備を加速
- DONET1の運用・データ解析も合わせて実施

## ◆システム構想

- |            |                 |
|------------|-----------------|
| (2フェーズ合計)  | カッコ内はDONET1)    |
| ・基幹ケーブル長:  | 約350km (約250km) |
| ・分岐装置: 7式  | (5式)            |
| ・ノード:      | 7式 (5式)         |
| ・観測装置: 29式 | (20式)+2式        |

※展開案、設置機器内容については、ルート設計のための事前調査による変更もある。

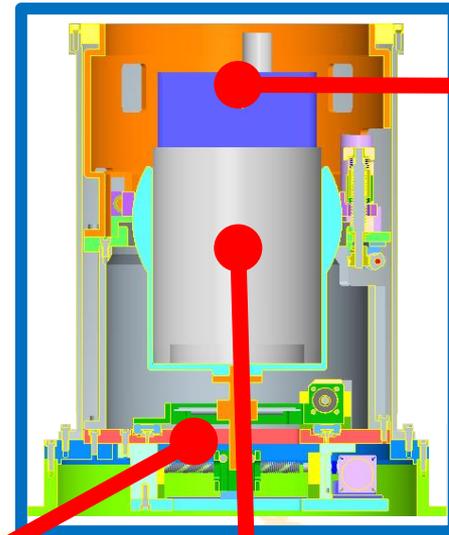
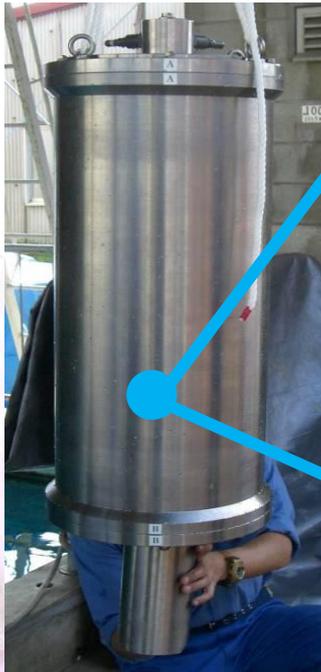
## 展開案



# 地動センサシステム

## 強震計(TSA-100S)、広帯域地震計(CMG-3T.RH)

観測対象	: 広帯域な現象
長周期地震動	: 0.001 - 0.1 Hz; $1 \times 10^{-9} \text{ m/s}^2$ - (at 0.05Hz)
微小地震	: 0.1 - 100 Hz; $1 \times 10^{-7} \text{ m/s}^2$ - (at 10Hz)
大地震	: 0.01 - 100 Hz; $- 39.2 \text{ m/s}^2$ (at 10Hz)



強震計

ジンバル機構

広帯域地震計

# 圧力センサシステム

## 水晶水圧計、微差圧計、ハイドロフォン、温度計

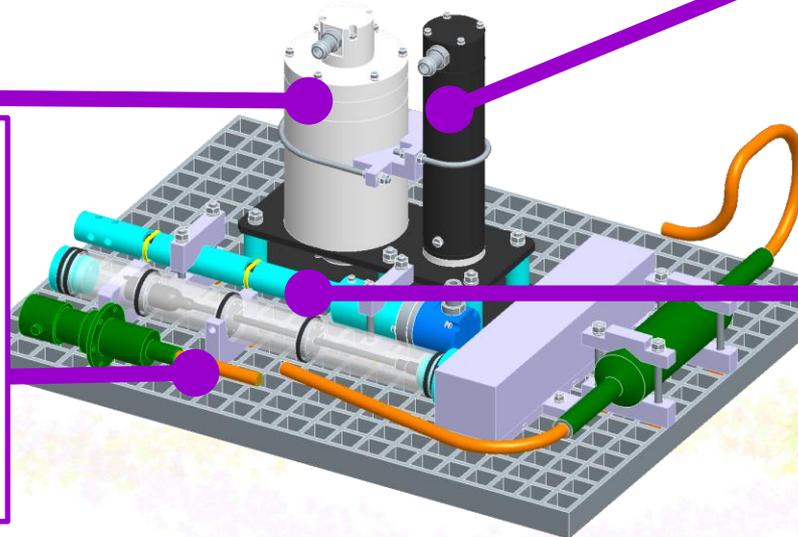
観測対象	: 広帯域な現象
地殻	: 1day - 100 sec; >1 Pa
津波	: - 100 sec; >1 Pa
長周期地震波	: 0.001 - 0.1 Hz; > 1 Pa
微小地震	: 0.1 - 100 Hz; > 1 Pa
大地震	: 0.01 - 100 Hz; > 3 MPa



微差圧計



センサー校正用  
精密温度計



水晶圧力計

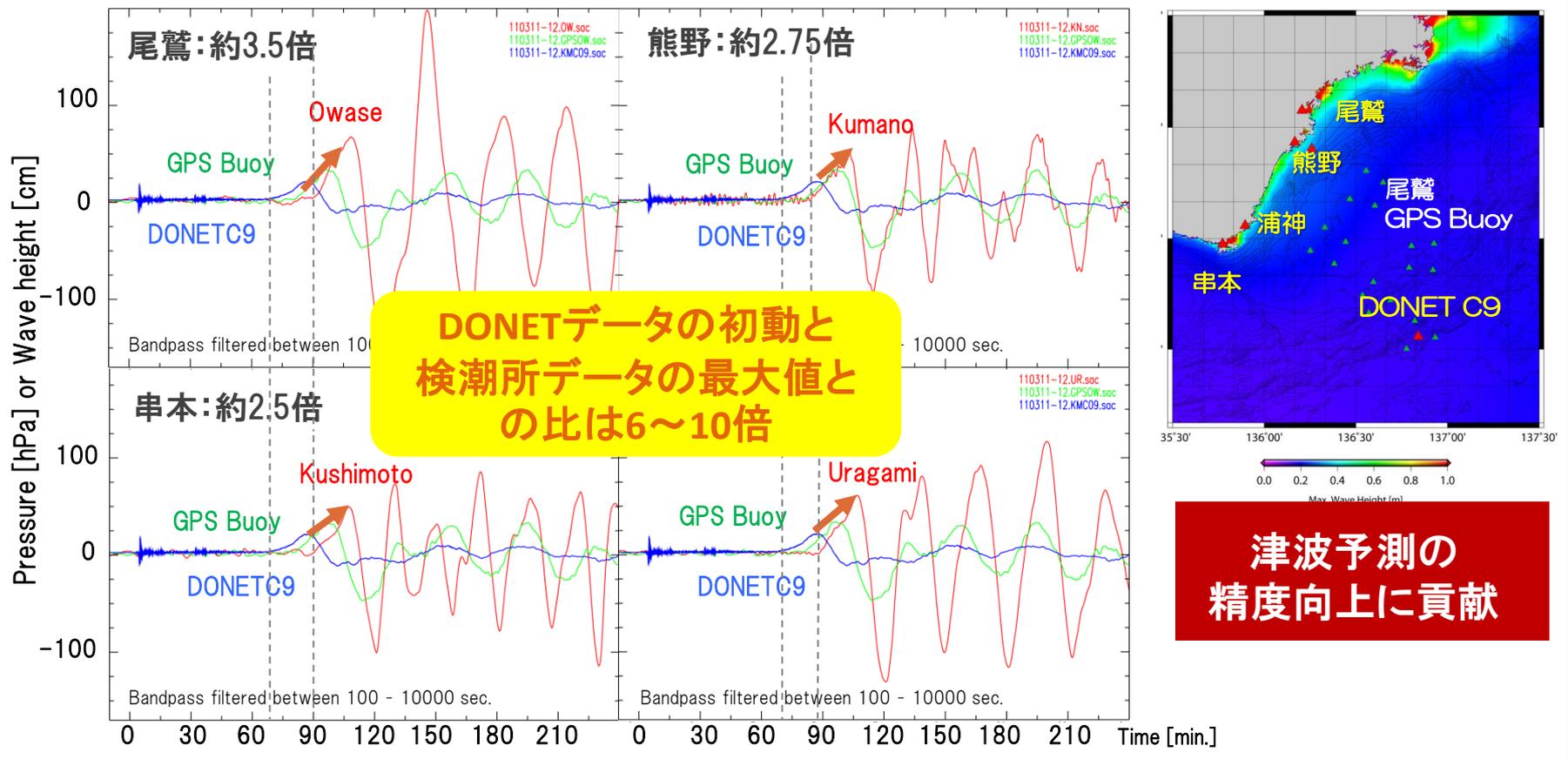


ハイドロフォン

# 沖合津波波形と沿岸波高

- ◆ 沿岸の検潮所より早く沖合津波波形を検知
- ◆ 沿岸での津波波高 = 増幅率 × DONETデータ

## 2011年 東北地震津波の例 DONET/GPSブイ/検潮記録の津波比較



津波増幅率は、津波の入射方向や震源距離、地域によって異なる

# DONETのリアルタイム伝送構想例

海陽町まぜのおか陸上局

(徳島県海陽町)

データ受信・配信



局舎設計図



局舎建設地

室戸ジオパーク陸上局 (DONET-2)

古江陸上局 (DONET-1)

衛星回線による冗長化



尾鷲市防災センター



中部電力



DONETデータ  
リアルタイム波形表示

Webによる計算結果の配信



独立行政法人

海洋研究開発機構

専用線(GIGA STREAM)

- win32フォーマット 0.1秒パケット
- 広帯域地震計 3 ch (200 Hz)
- 強震計 High/Low Gain 6 ch (200 Hz)
- ハイドロフォン 1 ch (200 Hz)
- 微差圧計 1 ch (200 Hz)
- 水晶水圧計 1 ch (10 Hz)
- 精密温度計 1 ch (1 Hz)
- 広帯域地震計 3 ch (100 Hz)
- 強震計 3 ch (100 Hz)
- 水圧計 1 ch

震源メカニズム決定  
津波の波動伝播計算

- 防災科研/
- 気象庁の陸上観測点データ  
(南海トラフ沿い約200観測点)
- 地震計、水圧計

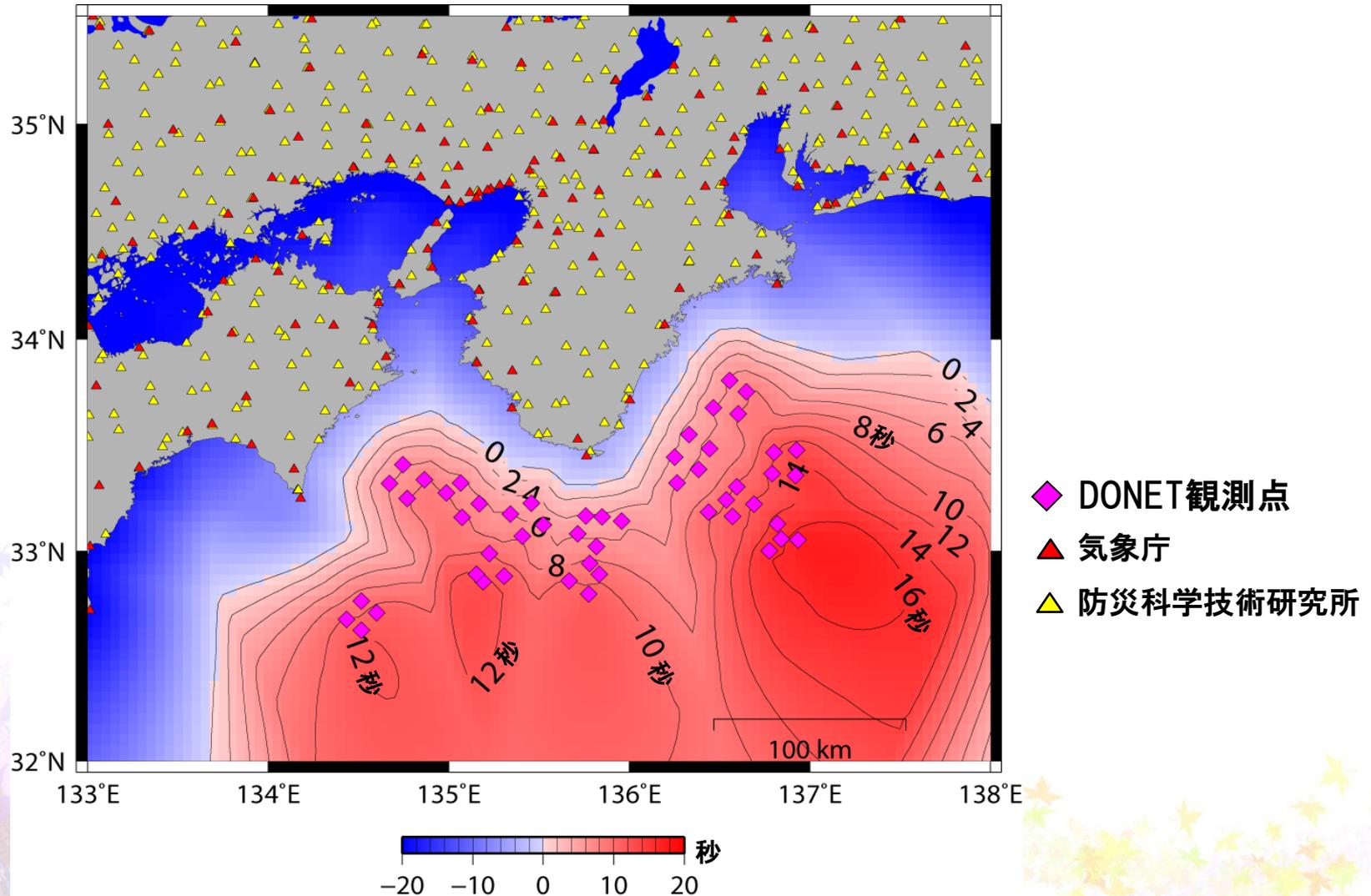
Earth  
LAN



緊急地震速報  
津波警報

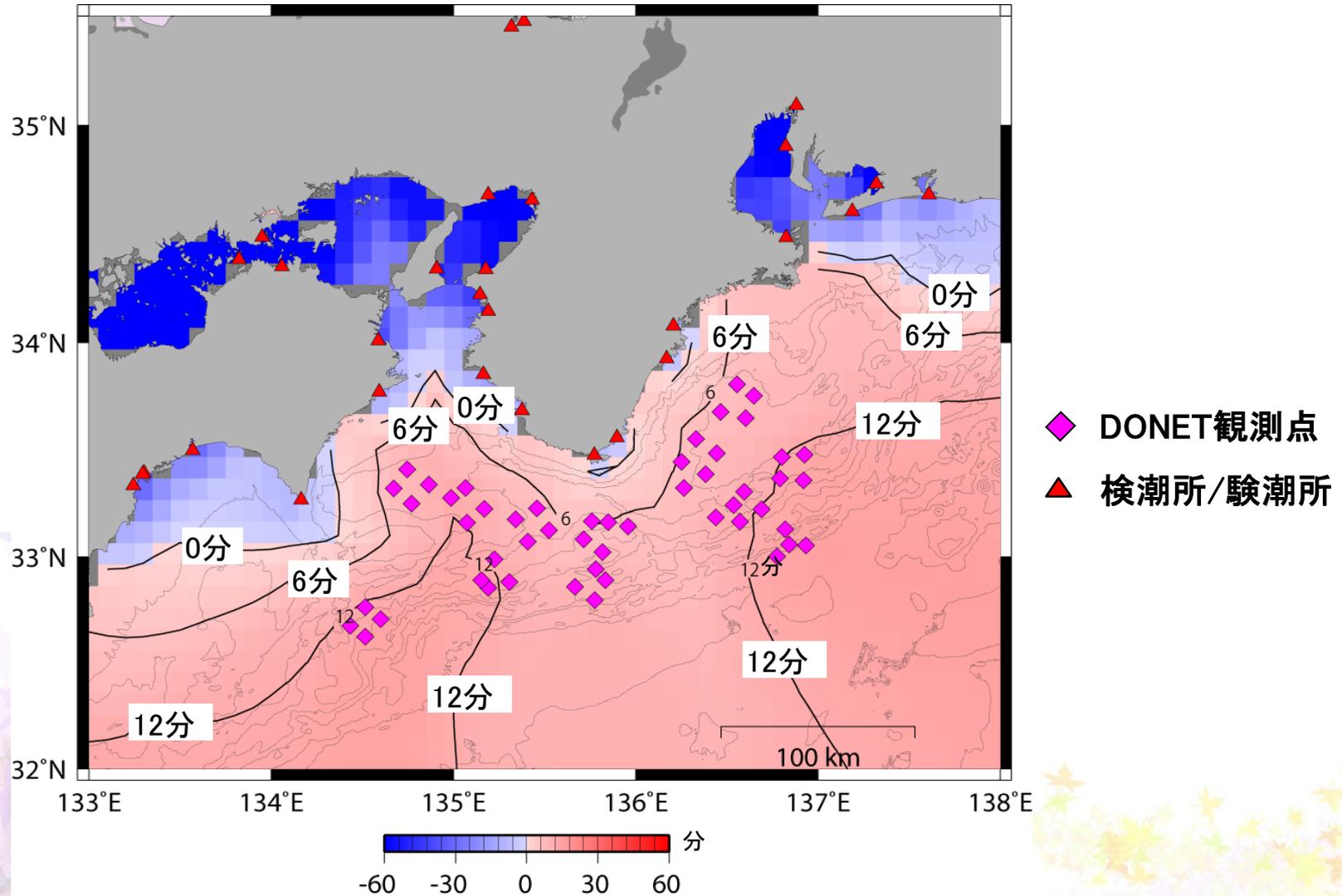


# 地震波即時検知能力の向上



赤色が濃い位置ほど、陸上観測点より早く信号をキャッチすることを示す

# 津波即時検知能力の向上



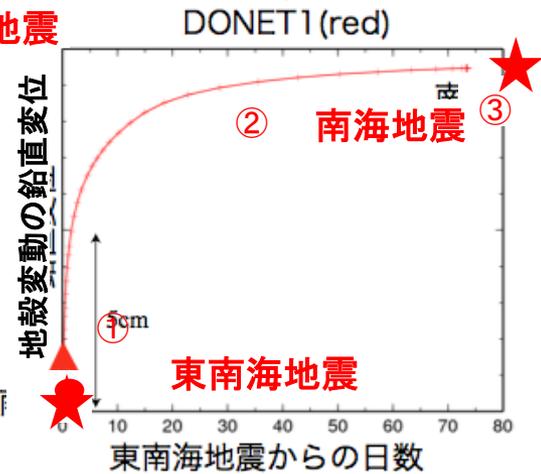
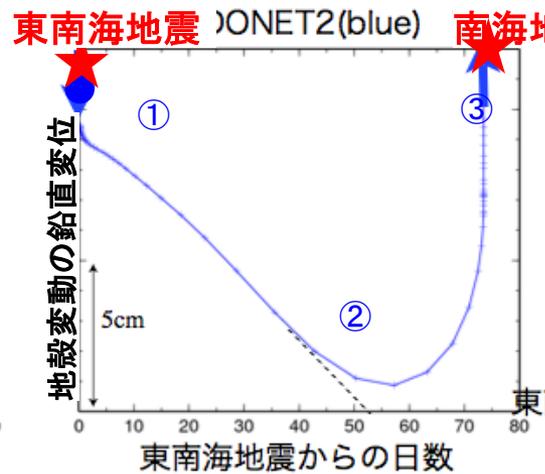
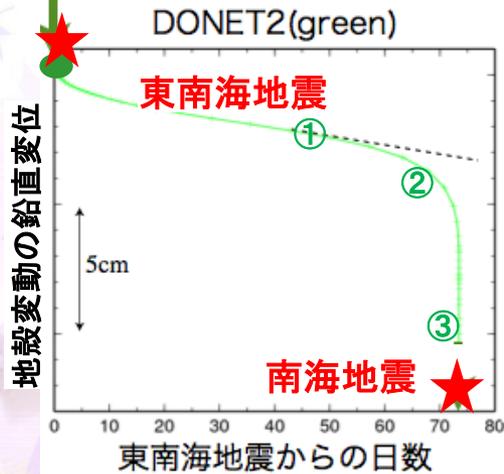
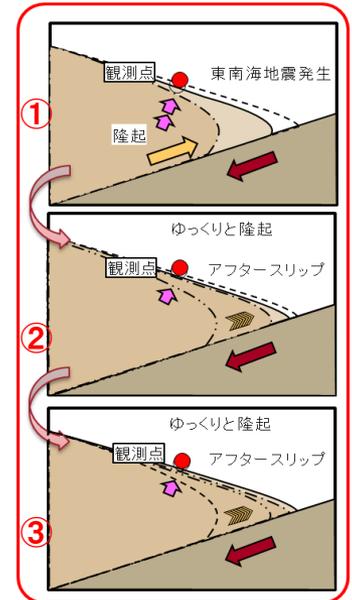
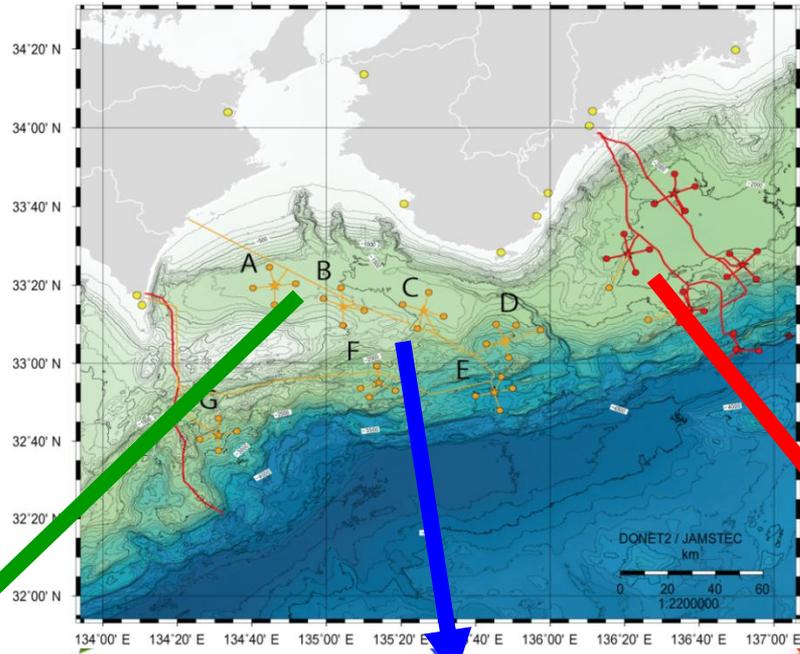
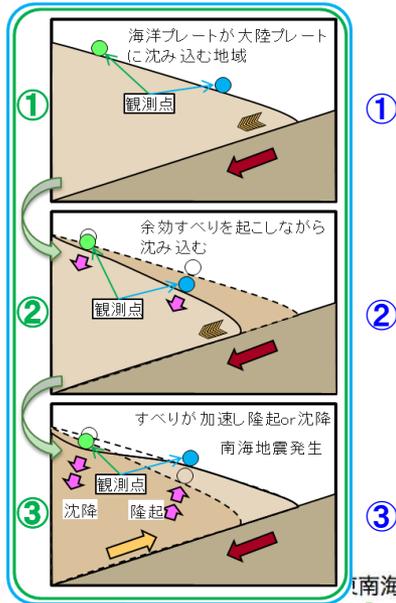
赤色が濃い位置ほど、陸上観測点より早く信号をキャッチすることを示す

# 期待される地殻変動観測データ

紀伊半島西沖では、東南海地震の余効すべり後の加速が観測できると期待される。

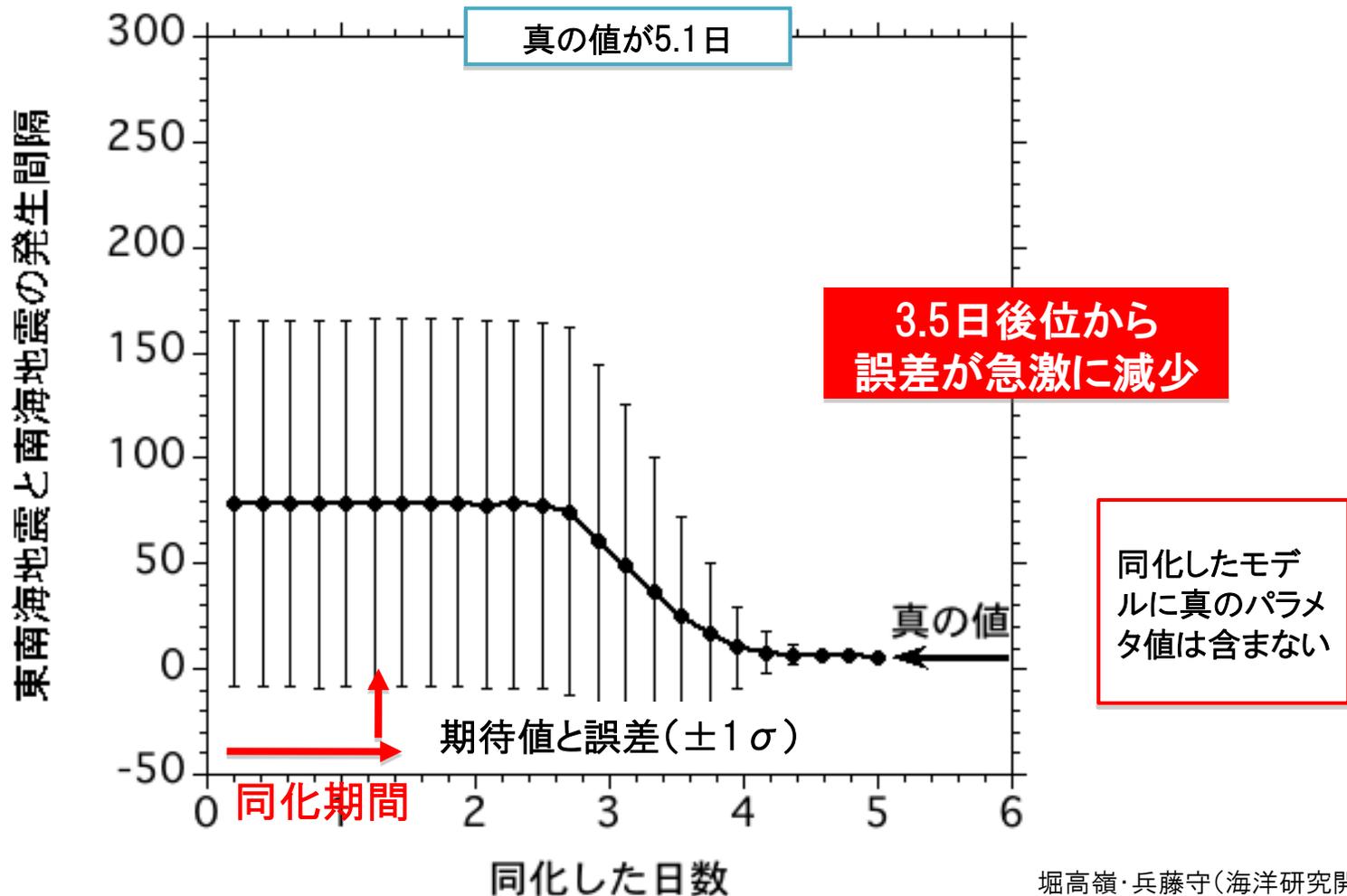
## 東南海地震発生後から南海地震発生に至るまで

熊野灘では東南海地震の余効すべりが観測される。

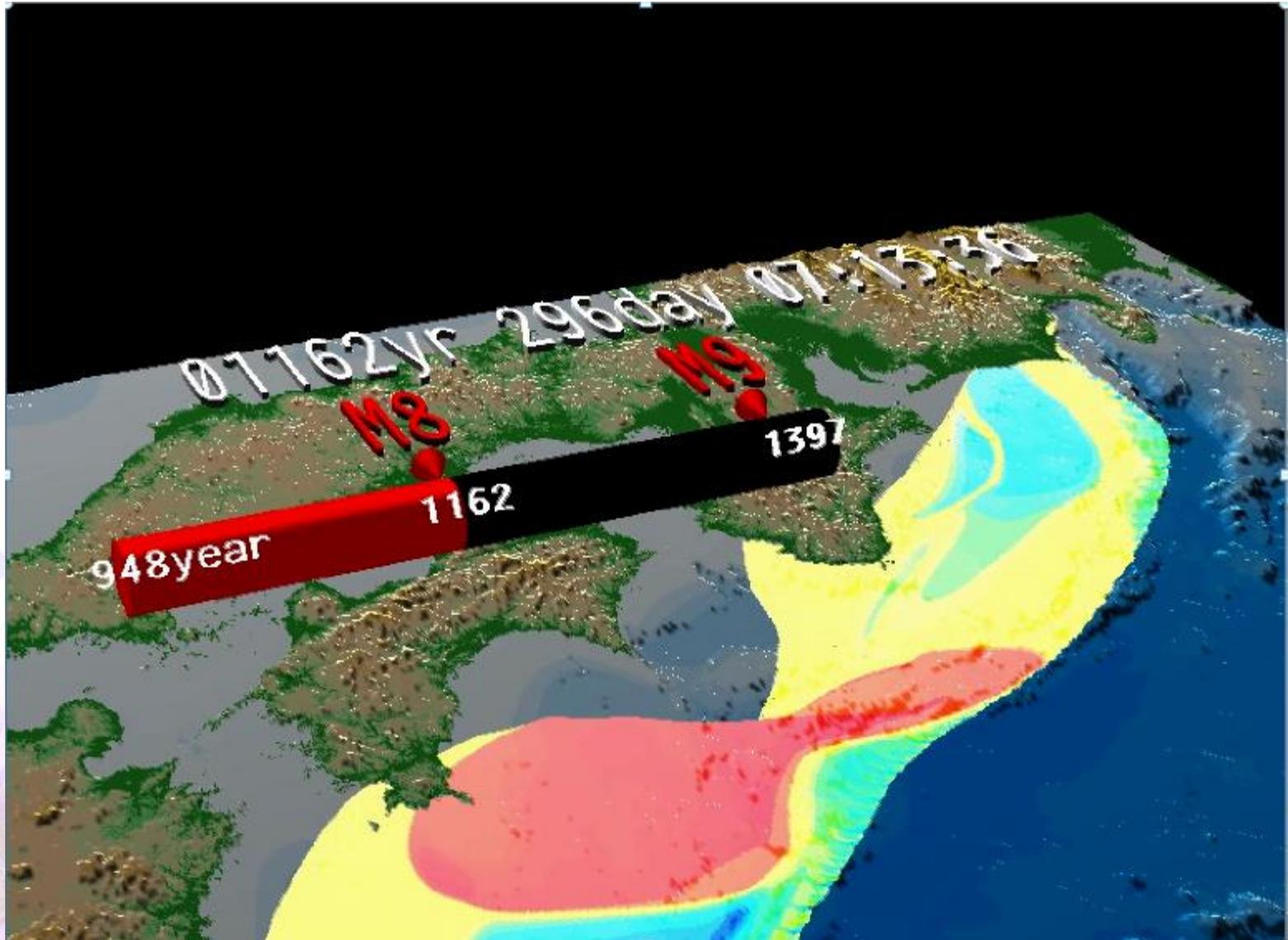


# 地震発生予測：データ同化実験結果

想定東南海地震が発生した後に、南海地震発生する間隔が5.1日となる模擬データについて初期値とパラメタの異なる24のモデルで推定した結果

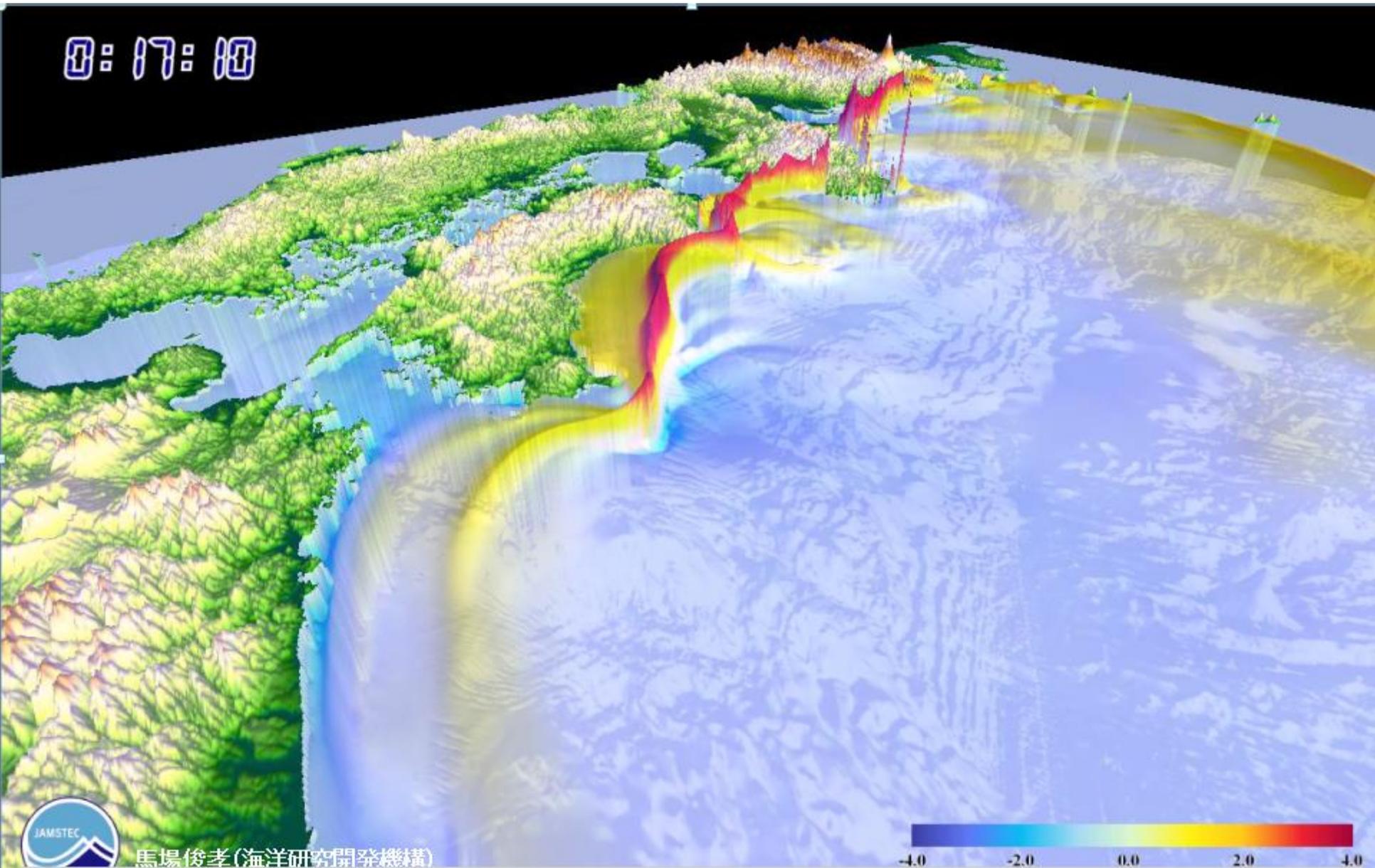


# 再来する南海トラフの巨大地震の 発生サイクルシミュレーション

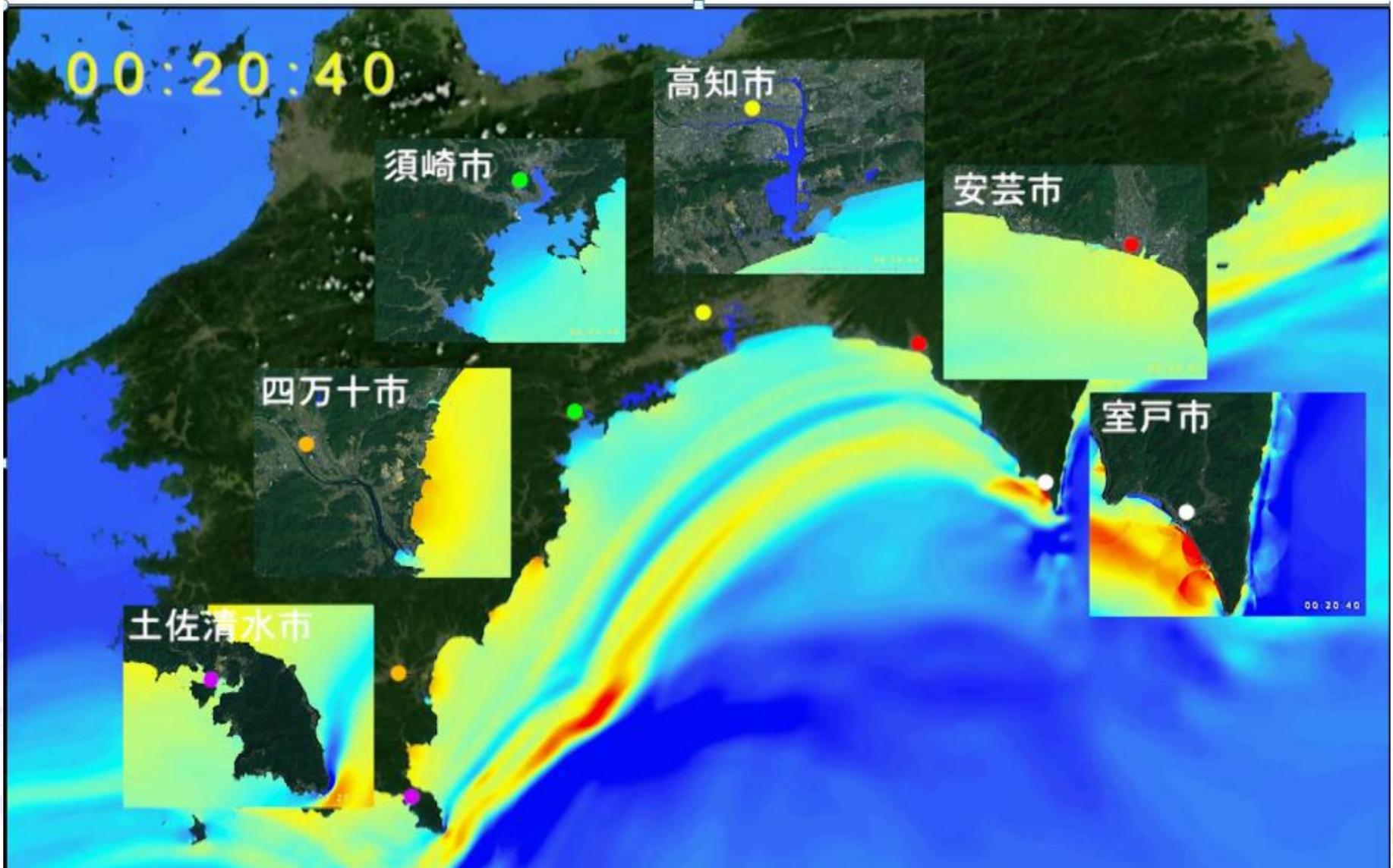


# 南海トラフ巨大地震の津波シミュレーション

0:17:10

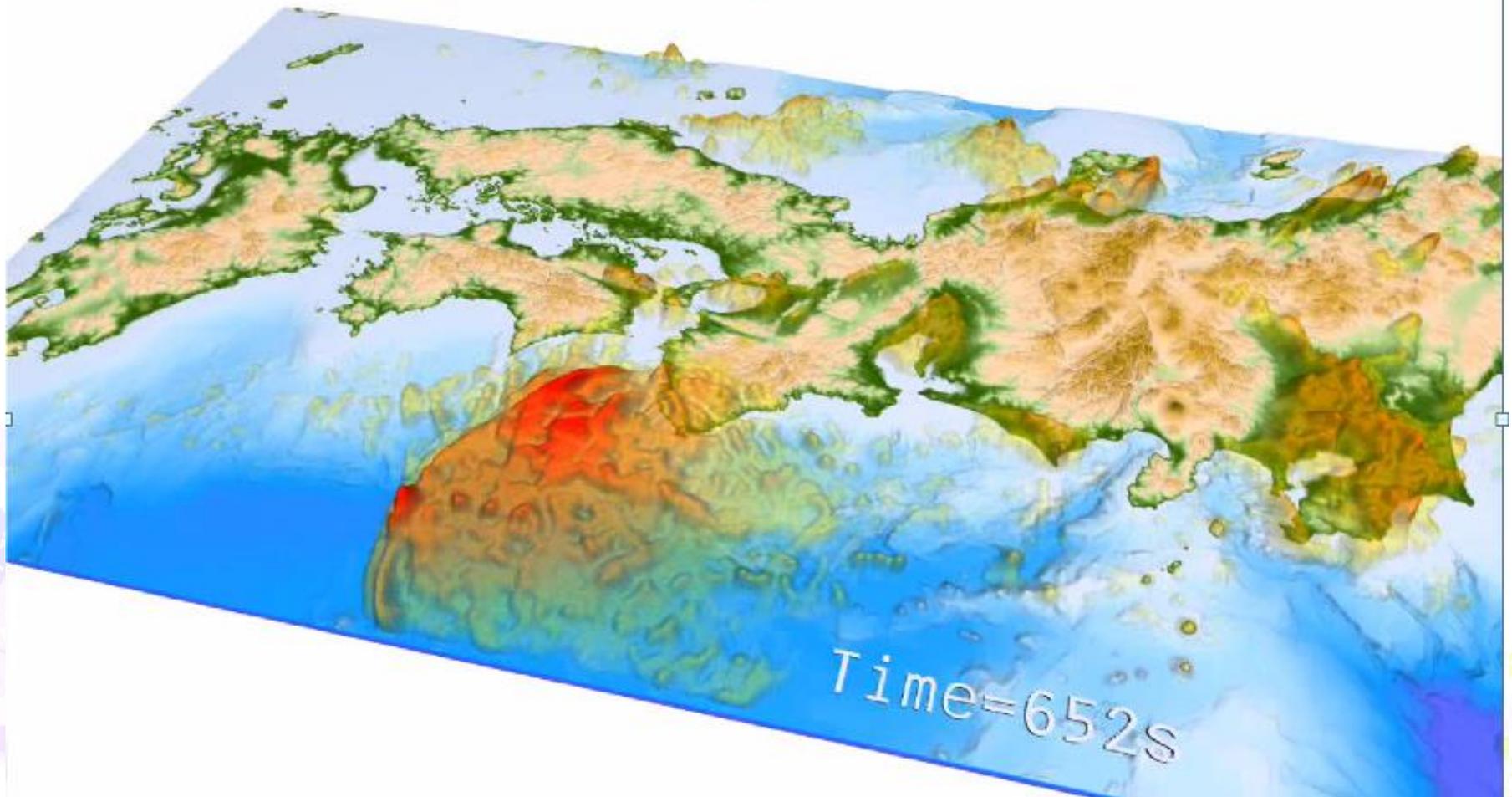


# 南海トラフ巨大地震 広域詳細な津波計算 (高知県全域5m分解能、約6.8億格子)



# 東海・東南海・南海地震連動 (時間差発生シナリオ1)

南海地震 ← (10分) ← ☆ → 東南海地震 (5分) → 東海地震



# 東海・東南海・南海地震連動の地震動 (同時発生シナリオ) 大阪

東南海地震と南海地震が遅れて発生すると、  
揺れ時間が長くなる。

(a) 南海地震



(b) 東南海地震



(c) 東海地震



(d) 連動(時間差)

(A) 時間差発生



(d) 連動(同時)

(B) 同時発生



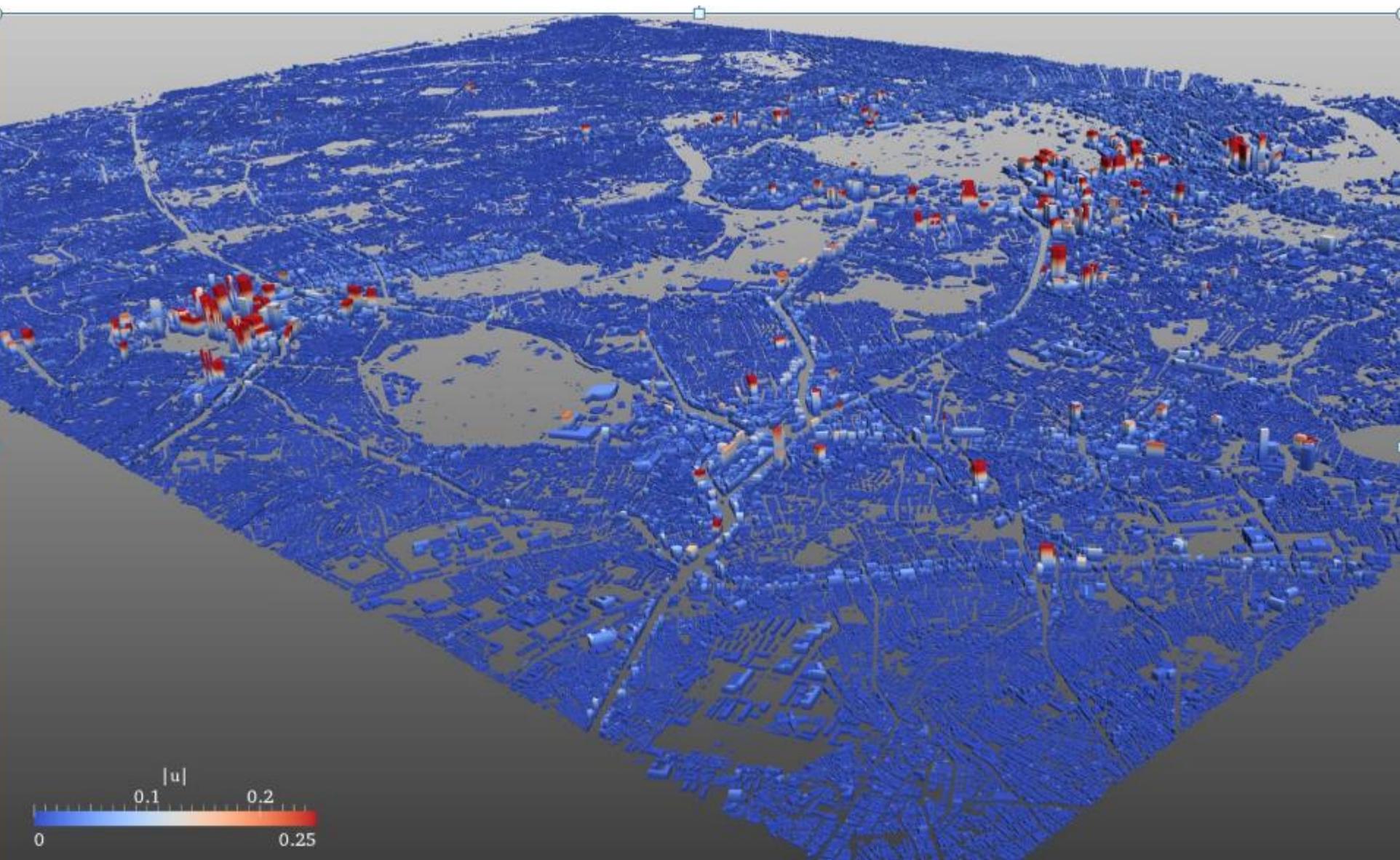
大阪地点(OSK005) 南北動

0 5 10 15 20 25

時間 [分]

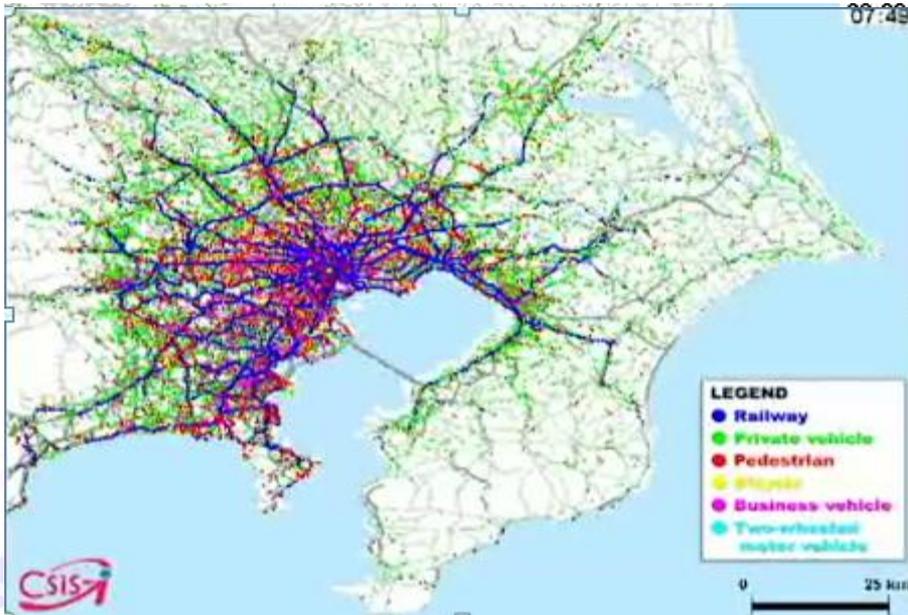


# 「都市丸ごと」地震動応答計算

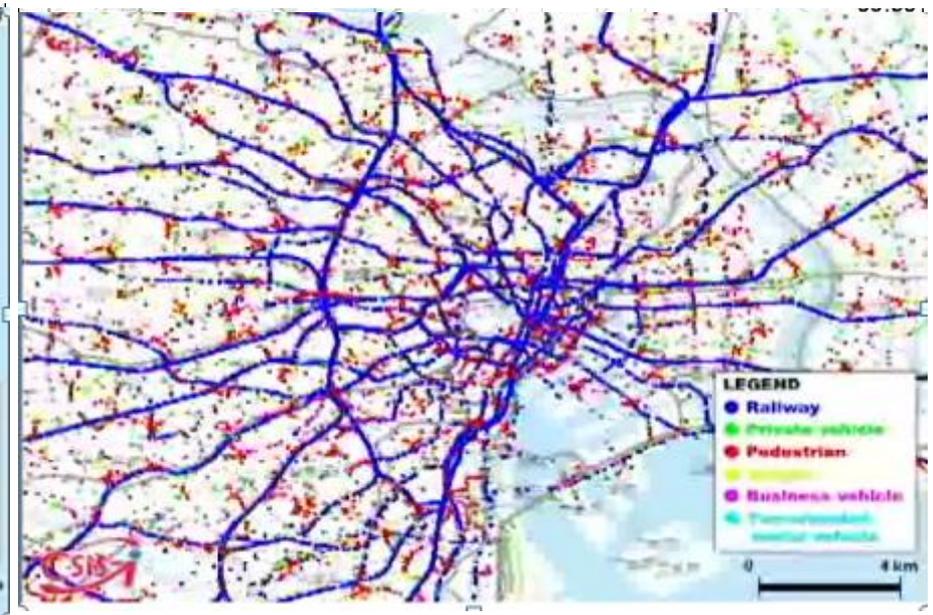


# 人の流れ 関東

地震津波の発生時間帯によって避難・被害が大きく異なる



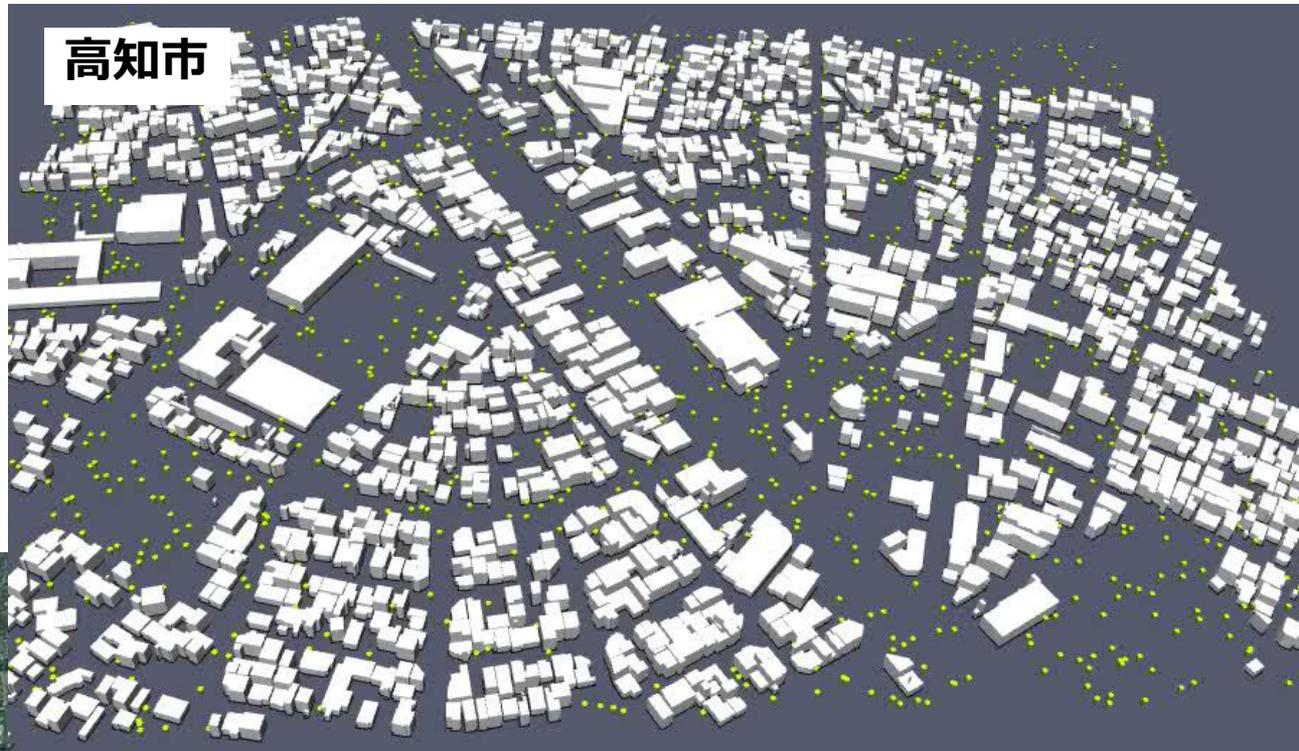
関東全域



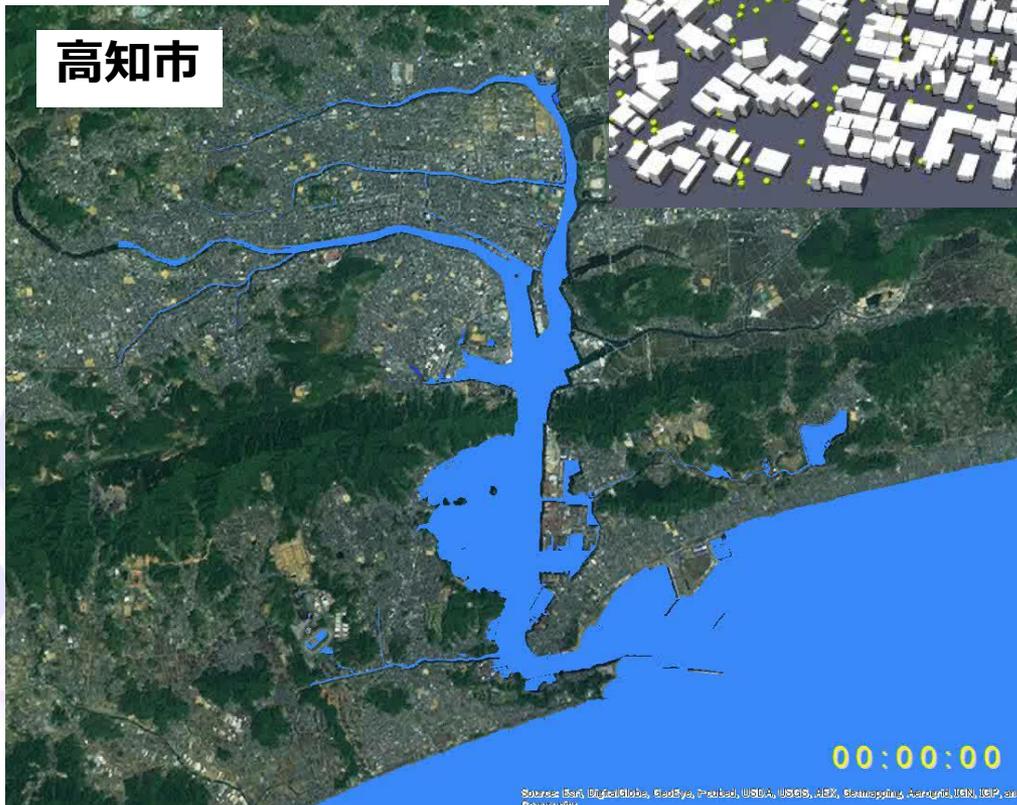
東京23区

# 大規模避難 シミュレーション

高知市



高知市

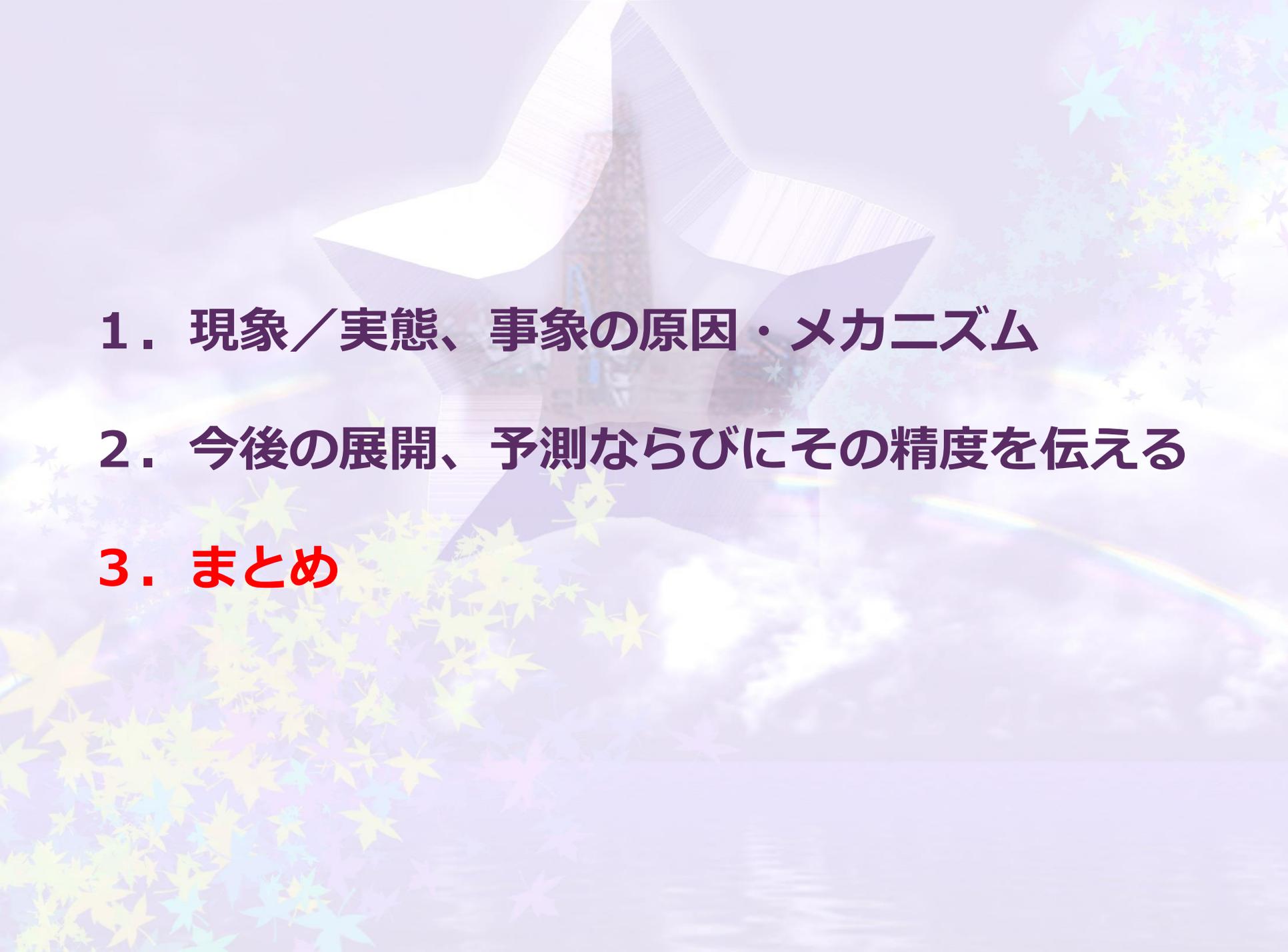


堀宗朗(東京大学地震研究所)

さらに以下の被害要因が

- ・液状化
- ・地盤沈下
- ・火災／津波火災
- ・長期湛水
- ・その他

馬場俊孝(海洋研究開発機構)

- 
1. 現象／実態、事象の原因・メカニズム
  2. 今後の展開、予測ならびにその精度を伝える
  3. まとめ

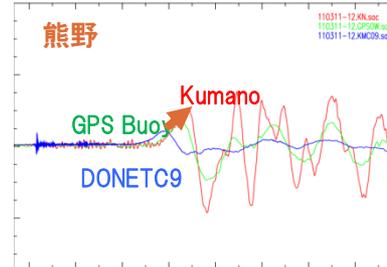
# 情報発信のあり方

## 複合災害予測シミュレータ

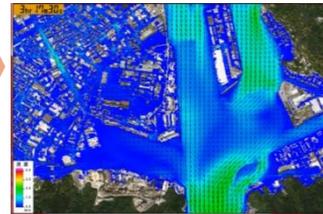


観測データを同化し、複合災害をリアルタイムで予測し、避難経路等を携帯端末等へ伝達。

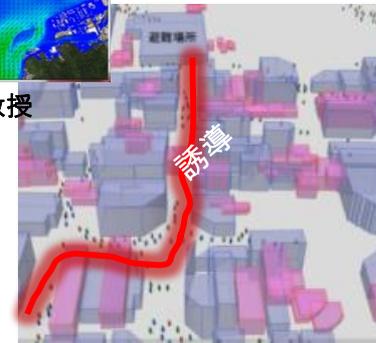
## リアルタイム観測データ



## 各種シミュレーション結果から避難経路の検索



東北大学・今村教授



東京大学地震研究所・堀宗朗教授

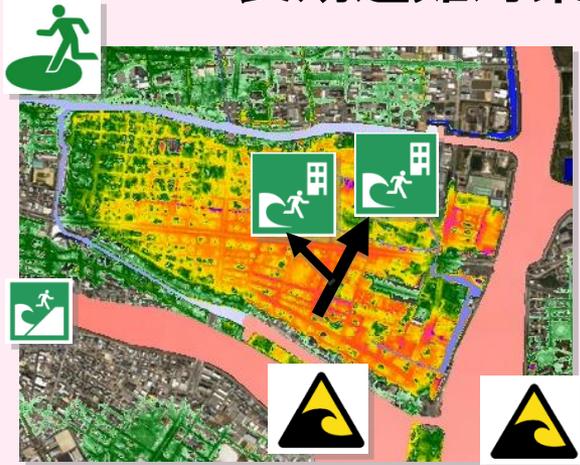
## スマートフォン等で伝達



# 災害に強い都市づくり

## 減災都市計画

複数の避難経路の確保・津波避難施設・  
長期避難対策・行政及び危機管理施設の融合



市街地での津波特性を  
把握して適切な避難経路



高知市種崎地区の津波避難施設



低地にある大型ショッピングモール  
などの津波避難施設としての活用

## 減災連携地域づくり

情報・救援(物流・人・避難)・復旧復興



人的支援



災害後の物流  
ルートの検討



復興ボランティア

# 減災教育の徹底

## 地域人材の育成



## 防災・減災教育



学校の総合学習(減災教育)として地球科学・  
防災科学カリキュラムへの取り込み

# まとめ：地震津波分野における情報発信

- DONET・DONET2による地震津波の早期検知・即時予測・リアルタイム情報発信
- データ同化手法による地震発生 of 切迫度評価
- シミュレーションの「見える化」によるわかりやすい情報発信
- ハザードマップのあり方と活用法
- 啓発、防災教育を通じた防災力向上への貢献



# DENSE OCEANFLOOR NETWORK SYSTEM FOR EARTHQUAKES AND TSUNAMIS



研究や地殻活動の現状を逐次公表し、  
コメントや批判を研究進捗の糧に

ご清聴ありがとうございました。

