



東北大学

# 津波予測の高度化と被害軽減に向けて のチャレンジ

平成24年6月15日  
京コンピュータシンポジウム  
東北大学災害科学国際研究所  
今村文彦

- 津波予測の歴史と基礎
- 2011東日本震災での津波災害
- 津波予報システムの改善
- 将来の地震津波に備える

県立高田病院

第一中学

気仙川

2011.3.12 (c)Asia Air Survey



# 基盤となる取組（科学・技術）

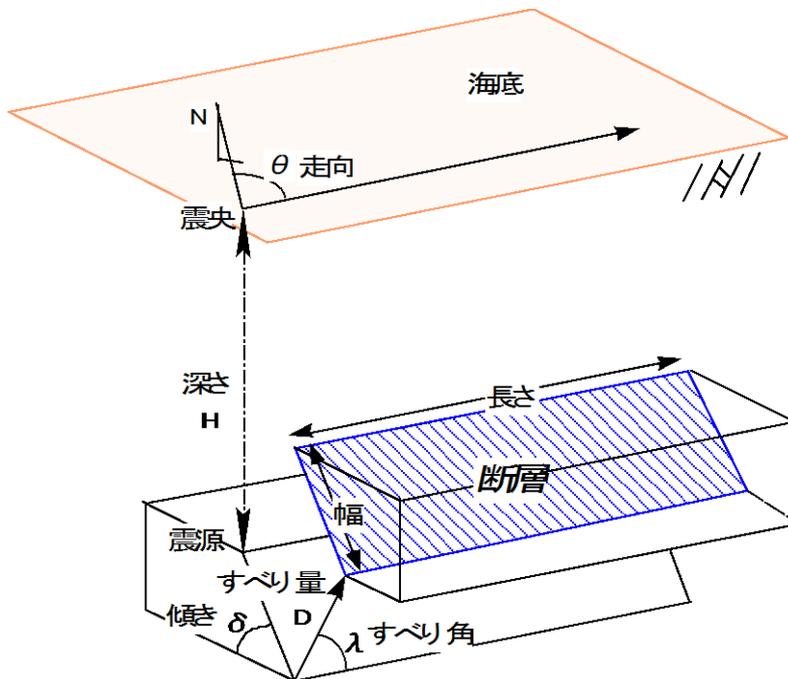
- 明治時代 地震津波のメカニズム議論
- 検潮（津波）観測始まる（科学的なデータ）
- 1952 日本で津波警報システム始まる（地震規模）
- 1960 チリ沖地震津波（国際警報システム，沿岸防災施設整備）
- 1983 日本海中部地震津波（警報10分以内に）
- 1993 北海道南西沖地震津波（警報5分以内に）
- 1980年代 数値シミュレーション技術発達
- 1990 ハザードマップ作成，海底津波計，GPS波浪計観測開始
- 1999 気象庁量的予報始まる（データベース）
- 2000年以降 スマトラ地震・インド洋津波，ハイチ，チリ沖
- 2011年 東日本大震災（リアルタイム観測）



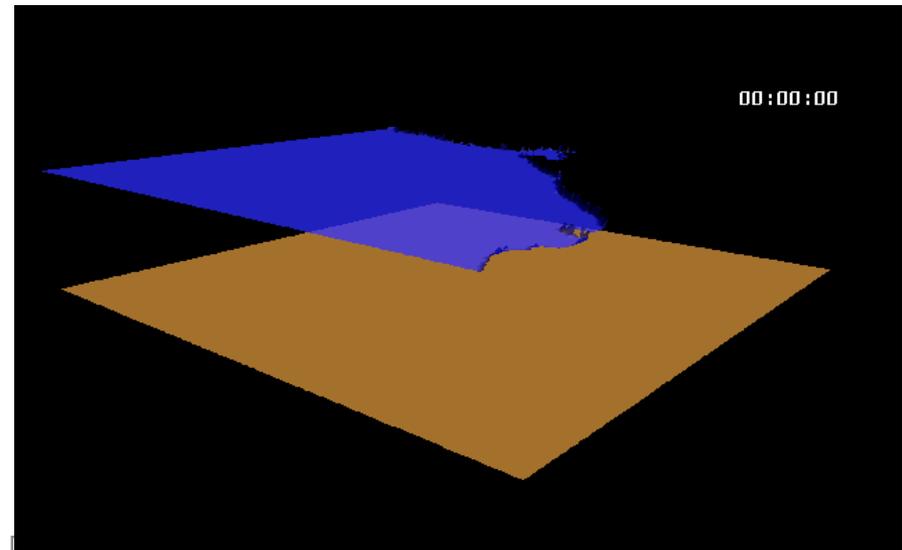
# 津波の発生モデル(断層運動)

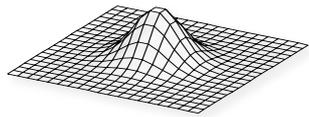
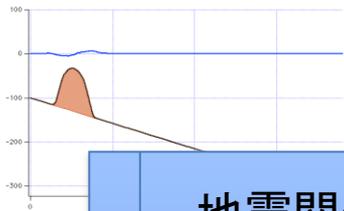
A fault movement is described by its location including its depth,

- Mechanical characteristics; (strike, dip- and slip-angles of the fault plane),
- Geometrical characteristics (length, width and dislocation of the fault plane), and
- Dynamic characteristics (rupture direction, rupture velocity and rise time of the fault movement).



- Earthquake magnitude
- Depth of the fault
- Length and width of the fault plane
- Strike and dip angle of the fault plane
- Dislocation and slip angle

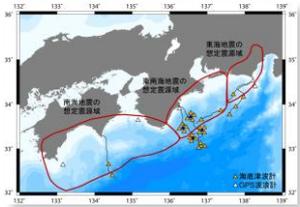
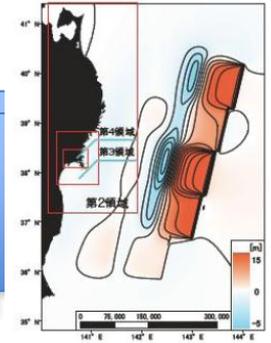




地震関係  
データ(断層  
パラメータ)、  
非地震性の  
パラメータ

初期波形の計  
算  
連続の式  
運動の式  
水位・流速の算  
定

海底・陸上地  
形データ、波  
源データ



地形変動  
の有無

有

無

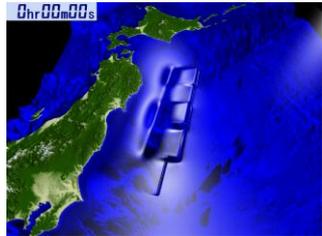
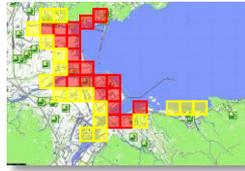
予測・再  
現時間

終了

継続

解析結  
果の出  
力と記録

表示・CG作成





# 現在の津波警報と課題

地震発生後の津波による人的被害・2次被害を軽減できる



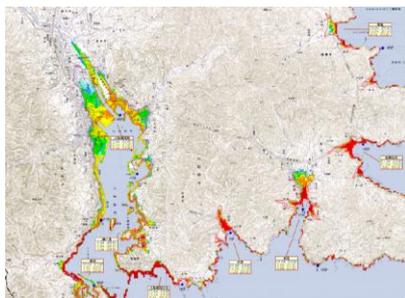
気象庁による量的津波警報

■ 気象庁の量的津波警報システム(世界最先端)

- ・日本近海に4000箇所地震断層
- ・10万件のデータベース化
- ・66予報区ごとに津波の高さ情報(ほぼ都道府県ごとの量的予報)



1. 精度の向上: データベースは予めの想定現実の地震現象とは違う=>リアルタイムシミュレーションは不可欠
2. 津波高さではなく浸水域(非線形+詳細地形)が不可欠(時空間マルチスケール)
3. 新しい津波被害(複合マルチフィジックス)の予測が不可欠
4. 情報の発信: 受け手の情報認知が大切, 避難行動シミュレーション



詳細地形データによる浸水再予測

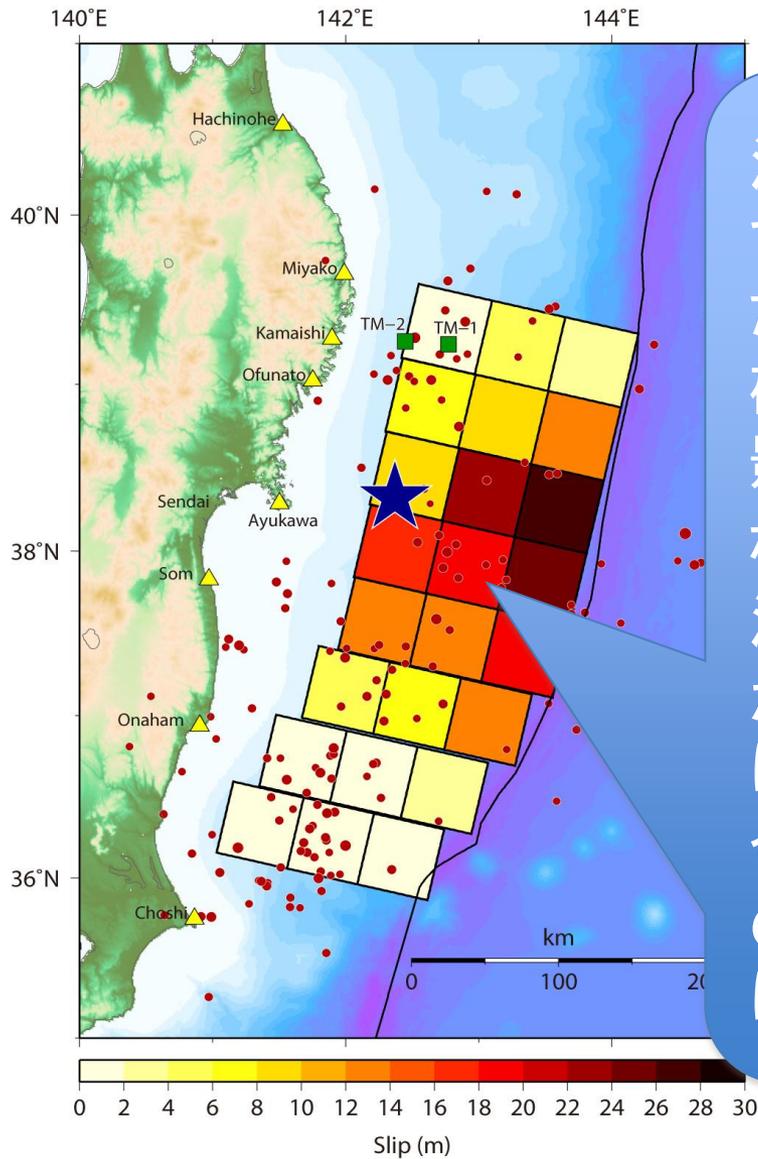


複合津波災害

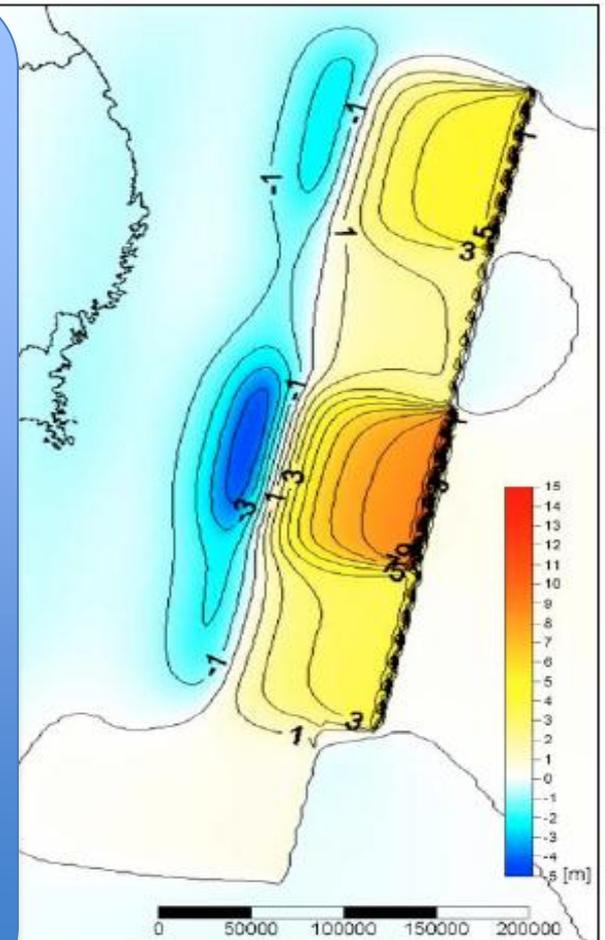
# 発生した地震と津波（断層モデル）

Example of faults model for tsunami(Fujii&Satake,2011)

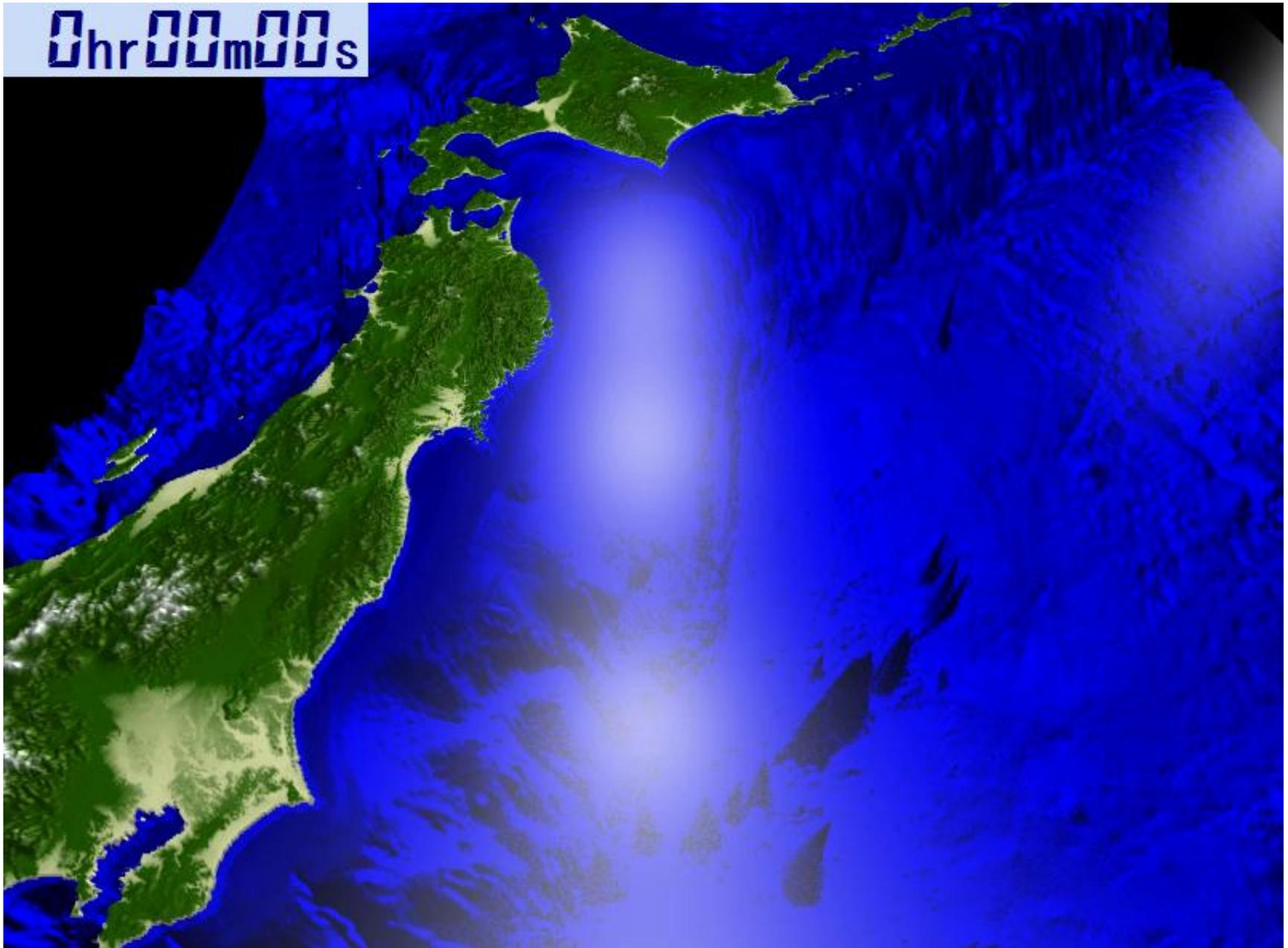
[http://iisee.kenken.go.jp/staff/fujii/OffTohokuPacific2011/tsunami\\_ja.html](http://iisee.kenken.go.jp/staff/fujii/OffTohokuPacific2011/tsunami_ja.html)



波源はどこまで広がっていたのか？  
破壊過程の影響は？  
なぜ，宮城県沖ですべり量が大きいのは？  
今後の余震の可能性は？



0hr00m00s



- 東北入子モデルver1.0

# 津波の被害の特徴

- 広域浸水 Huge amount of inundation (443km<sup>2</sup>)+ destructive wave force
- 直接間接 Floating of debris, ships, cars and tanks
- 津波被害車23万台，被害被害船舶1.9万隻
- 2次的被害：火災，塩水浸水
- 地形変化

東北各県の漁船の被災状況

	県登録漁船	被災漁船
宮城	13,770	12,023
青森	9,672	616
岩手	14,304	5,726
福島	1,173	873
計	38,919	19,238

【注】単位は隻。県登録漁船数をまとめた時期は異なる。被災漁船は13日現在

Ships and fire at Kesenuma

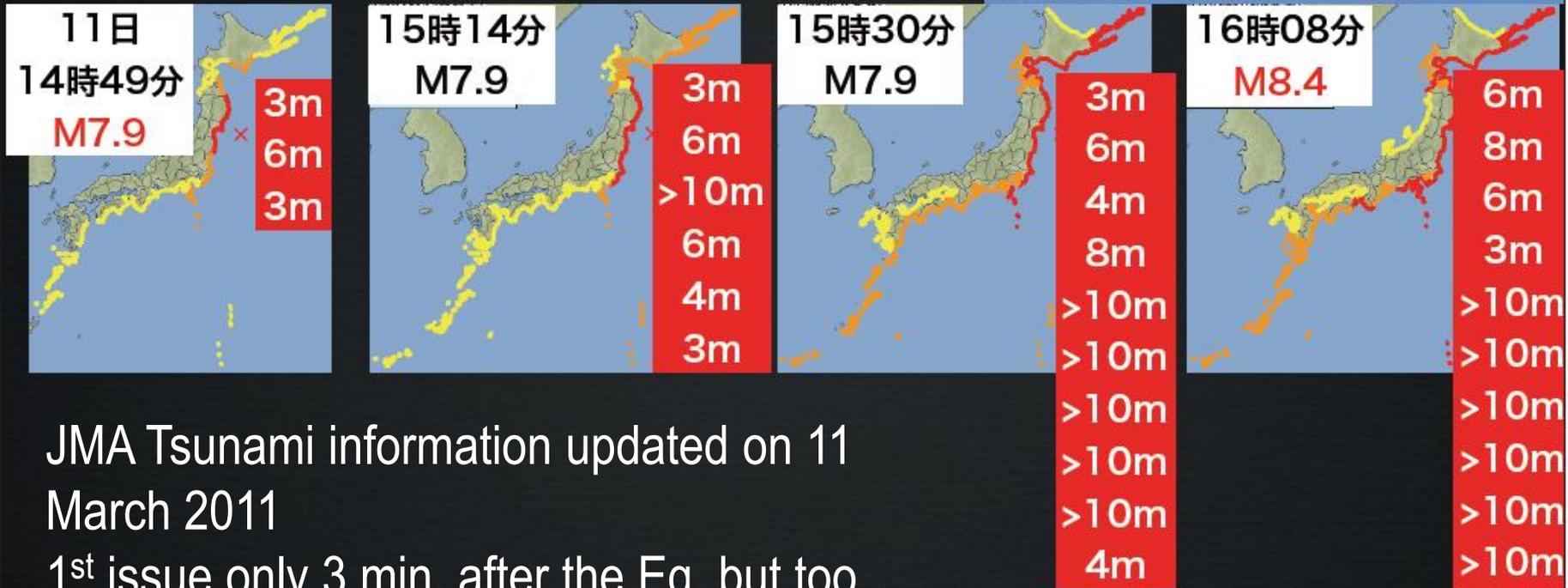


Destruction on community at Senda



地震発生：3月11日14時46分頃， M9.0

津波情報 大津波 高いところで3m程度以上 津波 高いところで2m程度  
津波注意報 高いところで0.5m程度 X 震央



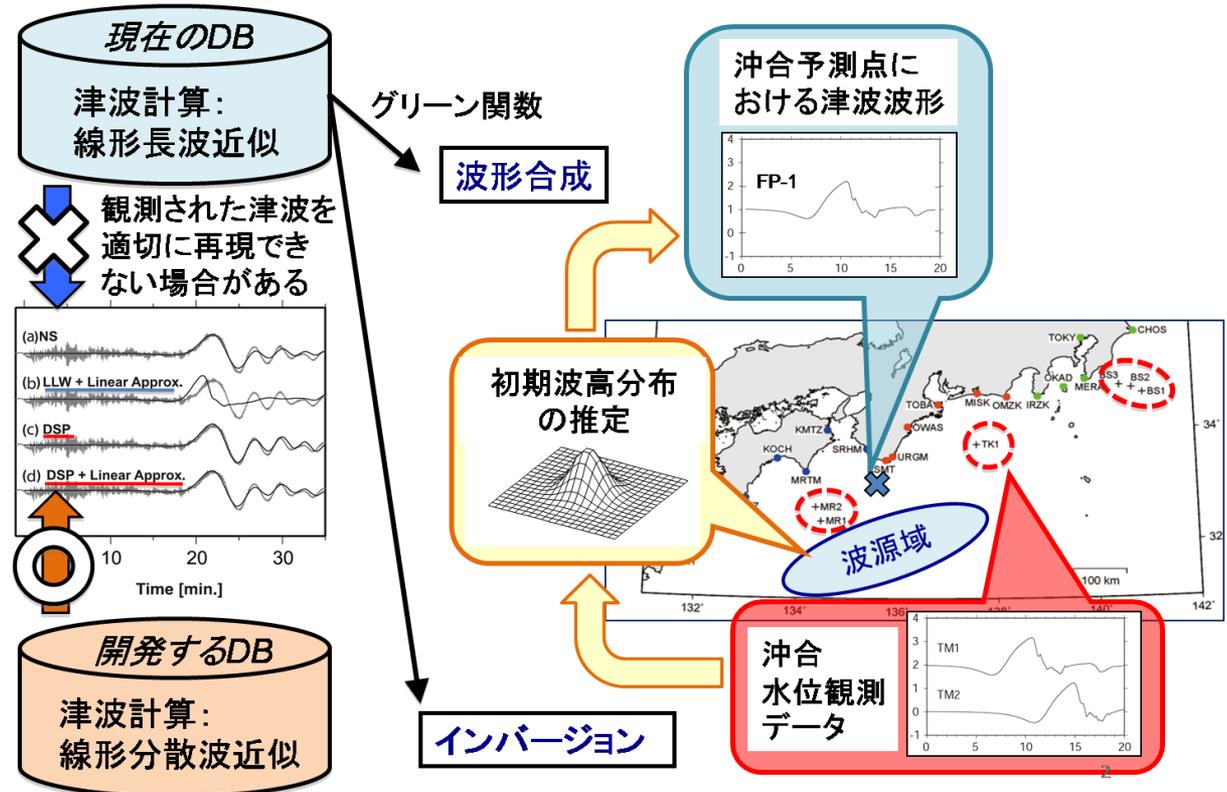
JMA Tsunami information updated on 11 March 2011  
1<sup>st</sup> issue only 3 min. after the Eq. but too underestimated to let people evacuate



# 3.1 津波初期波高分布を即時推定するための 大規模グリーン関数データベースの作成

- 気象研・対馬ら
- 5年間の目的: ケーブル式海底水圧計での水位観測データを活用して地震津波の初期波高分布と沖合予測点(FP)での津波波形を推定する手法の高度化・改良
- 課題: ① 現行の津波予報は、沖合での津波観測成果を活用できていない  
② 線形長波近似の方程式では、観測津波波形の再現性が低い場合がある

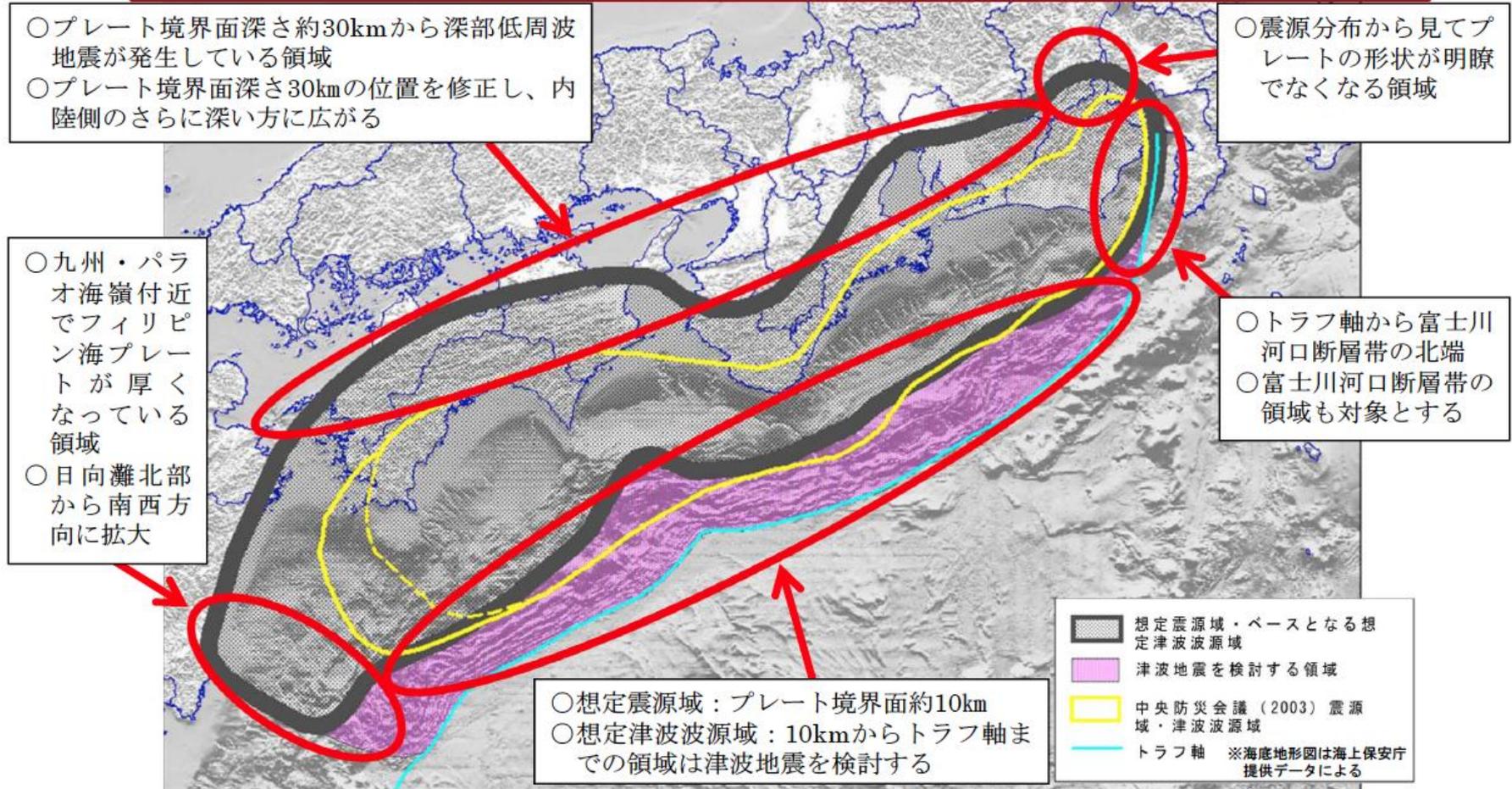
- 検討方法: 南海・東南海域を対象。波源—沖合の多数組の津波波形グリーン関数をデータベース(DB)化。沖合津波観測波形とDBから、リアルタイムの初期波高分布の逆解析とFPでの津波波形の合成を可能にする。



# 南海地震に備える (東日本大震災の教訓も含)

- 最大クラスの地震・津波の評価？
- 地盤沈下, 強震, 液状化, 津波, 土砂崩壊 の連鎖 (複合災害) => 建物基礎の被害
- 津波避難場所の確保 (再確認), 拠点場所の安全向上 => 想定を上回る規模への対応
- 漂流物, 危険物への対策, 津波火災防止
- 避難訓練 (計画の場所と実際の場所, 釜石の事例の反省)
- 来訪者 (お遍路さんなど)・移動者への備え (配慮, 誘導)

## 新たな想定震源域・想定津波波源域



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（暫定値）	参考		
		2011年東北地方太平洋沖地震	2004年スマトラ島沖地震	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）	9.1（Ammon et al., 2005） [9.0（理科年表）]	8.7（Pulido et al., in press） [8.8（理科年表）]



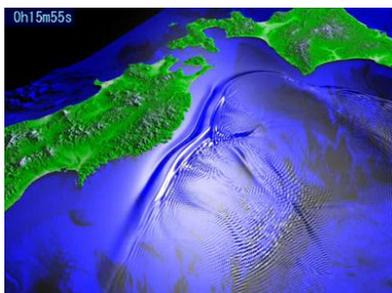
# HPCI 戦略分野での絵姿

## 現状

想定地震による津波高さを予  
め計算した津波データベースで  
予測

Tatehata et al., 1997

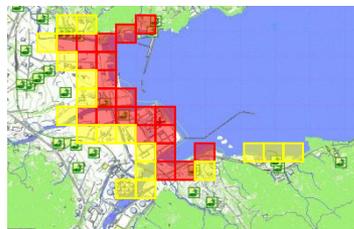
- 海底地すべりなど、非地震性津波が考慮されていない、
- リアルタイムでの浸水範囲、ハザード予測は実現されていない
- JMA (1999), NOAA, Titov et al., 2005



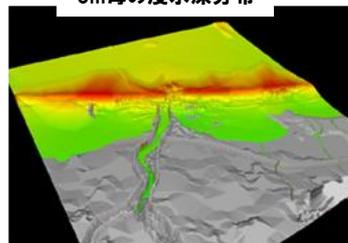
## 5年間の検討

地震発生直後に得られた地震データ等  
を利用し、津波の伝播をリアルタイムで解析

- 解像度5mの高精度予測、津波高さではない具体的な**浸水範囲とハザードを予測**
- 約40都市を同時に2分以内で予測、時間差を利用して広域で詳細に予測、非地震性津波を予測



5m毎の浸水深分布



5m毎の浸水域

## 活用・社会への貢献

高精度な津波警報を  
準リアルタイムで発信

**避難等に必要**な浸水域などの  
高精度な情報を発信

漂流物、土砂移動、海面変動  
など複合災害を含めた  
津波被害を予測

地震・津波など一連の災害で  
の避難シミュレーションを開発  
する



津波ハザード・被害の推定

津波の予測精度の高度化

# 4. 津波予測精度の向上ロードマップ (HPCI戦略研究)

