

資料 計80-(4)

平成29年10月16日

地震調査研究推進本部政策委員会

第80回調査観測計画部会

# 気象庁の津波即時予測

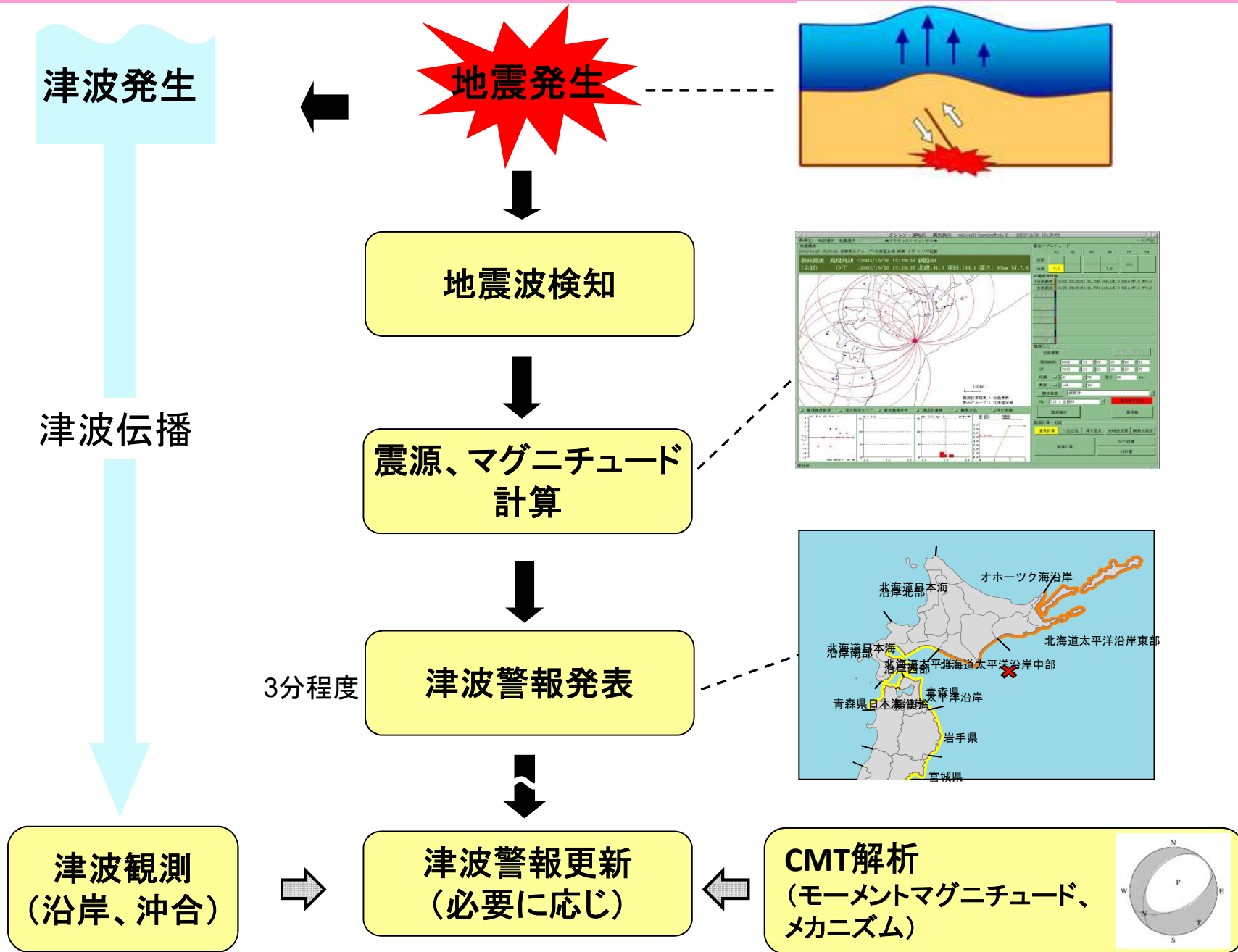
気象庁地震火山部管理課  
地震情報企画官

尾崎友亮

# 本日の内容

1. 気象庁の津波警報の概要
2. 気象庁の津波即時予測の詳細

# 津波警報の流れの概略



# 津波警報・注意報、津波情報の内容

## 大津波警報・津波警報・津波注意報

種類	発表基準	発表される津波の高さ	
		数値での発表 (津波の高さ予想の区分)	巨大地震の 場合の発表
大津波警報	予想される津波の高さが高いところで3mを超える場合。	10m超 (10m<予想高さ)	巨大
		10m (5m<予想高さ≤10m)	
		5m (3m<予想高さ≤5m)	
津波警報	予想される津波の高さが高いところで1mを超え、3m以下の場合。	3m (1m<予想高さ≤3m)	高い
津波注意報	予想される津波の高さが高いところで0.2m以上、1m以下の場合であって、津波による災害のおそれがある場合。	1m (0.2m≤予想高さ≤1m)	(表記しない)

※「大津波警報」は特別警報に位置づけられている。

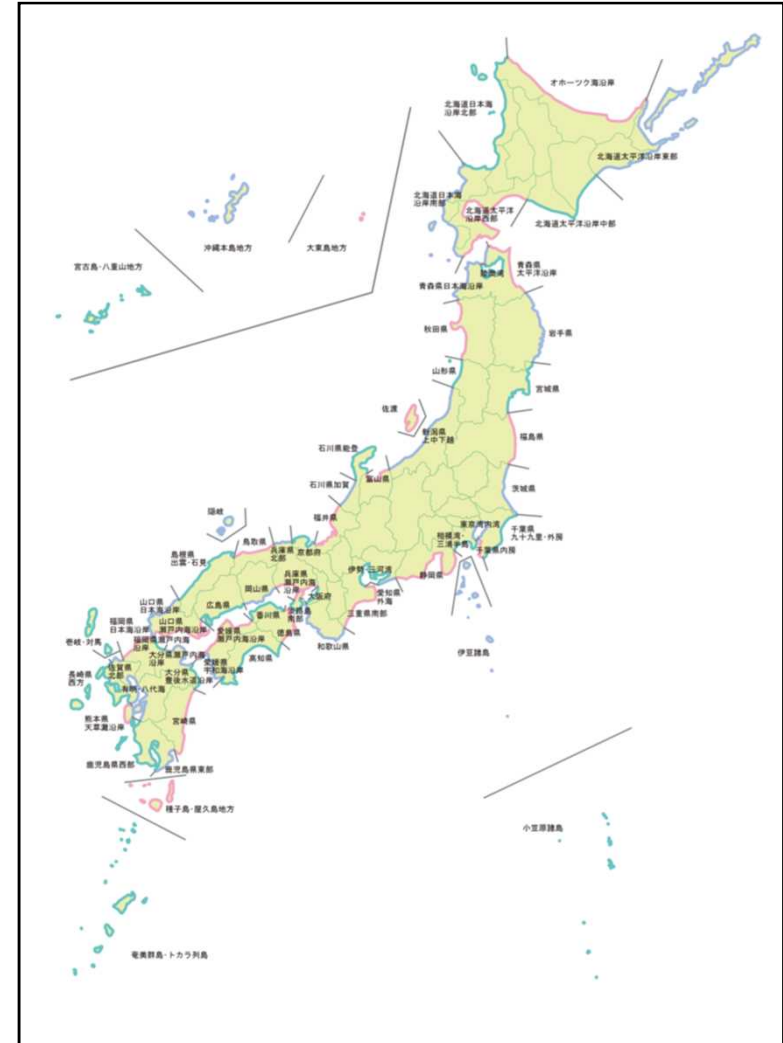
## 津波予報

発表される場合	内容
津波が予想されないとき	津波の心配なしの旨を地震情報に含めて発表
0.2m未満の海面変動が予想されたとき	高いところでも0.2m未満の海面変動のため被害の心配はなく、特段の防災対応の必要がない旨を発表
津波注意報解除後も海面変動が継続するとき	津波に伴う海面変動が観測されており、今後も継続する可能性が高いため、海に入るとの作業や釣り、海水浴などに際しては十分な留意が必要である旨を発表

## 津波に関する情報

種類	内容
津波到達予想時刻・予想される津波の高さに関する情報	各津波予報区の津波の到達予想時刻や予想される津波の高さを発表 (予想される津波の高さは、大津波警報・津波警報・津波注意報を参照)
各地の満潮時刻・津波到達予想時刻に関する情報	主な地点の満潮時刻・津波の到達予想時刻を発表
津波観測に関する情報	沿岸で観測した津波の時刻や高さを発表
沖合の津波観測に関する情報	沖合で観測した津波の時刻や高さ、及び沖合の観測値から推定される沿岸での津波の到達時刻や高さを津波予報区単位で発表

## 津波予報区



全国を66の津波予報区に区分

# 本日の内容

1. 気象庁の津波警報の概要
2. 気象庁の津波即時予測の詳細

# 気象庁の津波即時予測の詳細

地震観測データの活用  
津波観測データの活用  
津波シミュレーションの活用

地震発生

約3分後

警報発表

① 震源決定+Mj過小評価判定 ⇒ 量的津波予報  
②

約8分後

警報更新

③ W-phase解(Mw) ⇒ 量的津波予報

約15分後

警報更新

④ CMT解(Mw) ⇒ 量的津波予報

- ④
- ・沖合津波監視+グリーンの法則による波高予測
  - ・沿岸の津波監視

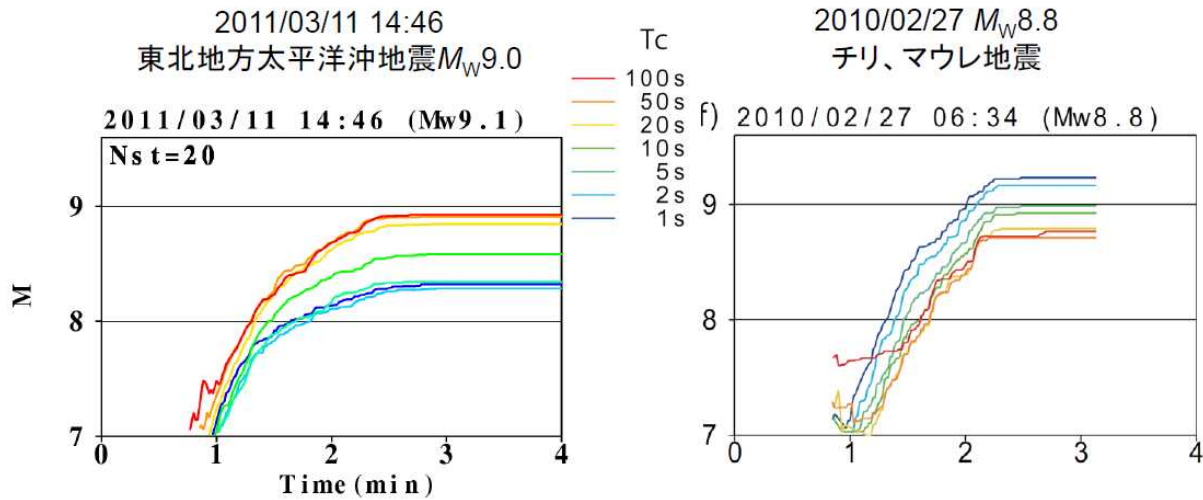
遠地地震

⑤

- ・津波シミュレーションの活用(津波観測値と比較)

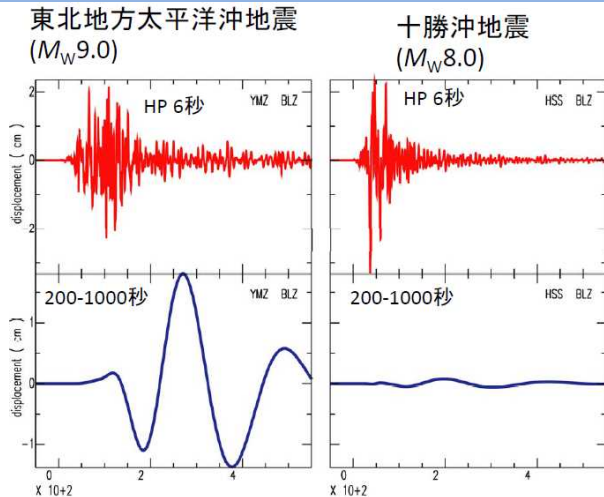
# ①気象庁マグニチュードの過小評価判定対策

様々な周波数帯の地震波形最大振幅からのマグニチュード



これらの処理結果を判断して、過小評価判定を行い、地震発生後3分程度で発表する津波警報の第1報に反映している。

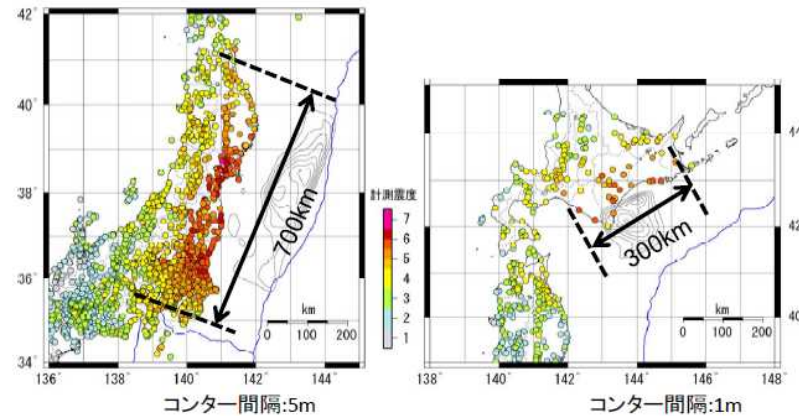
## 長周期成分波形に基づく規模の判定



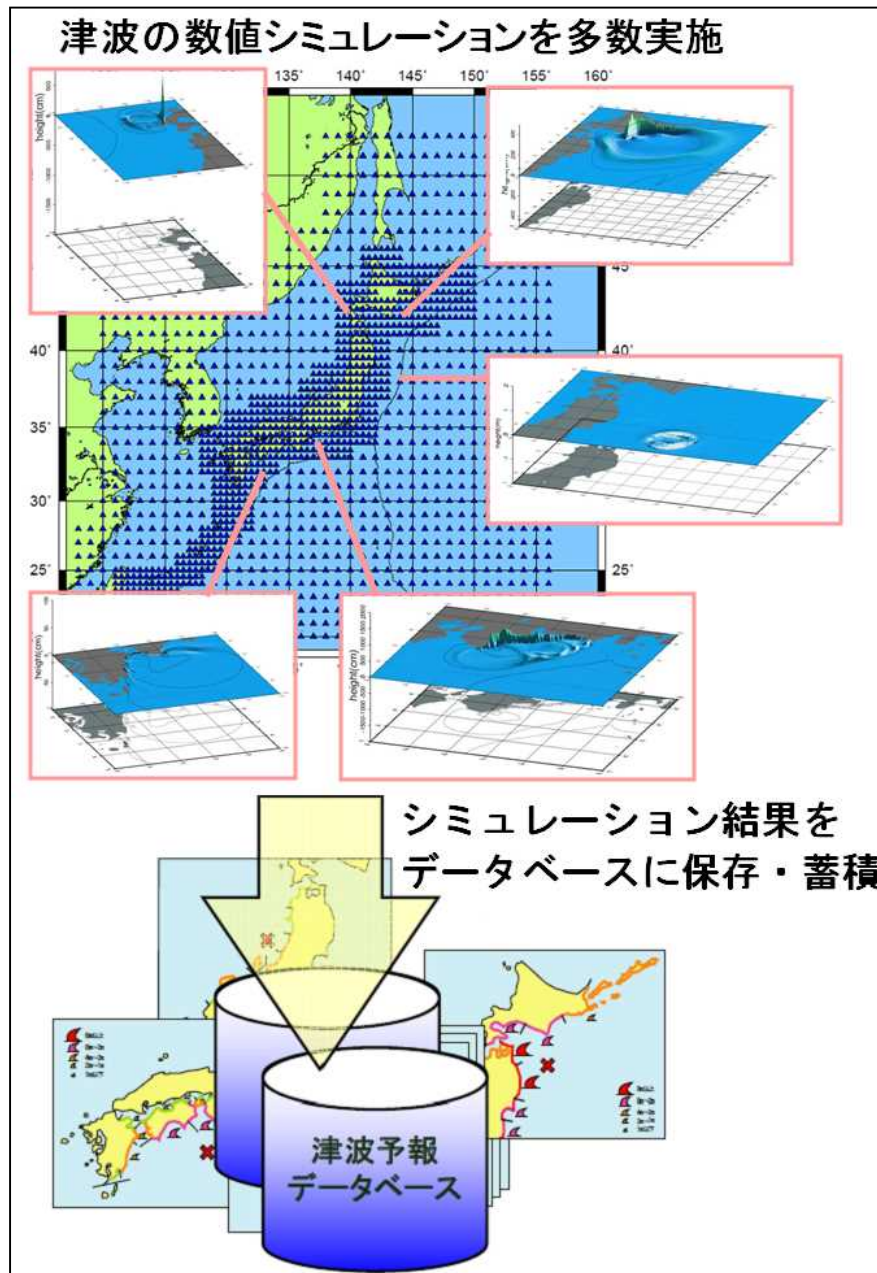
東北地方太平洋沖地震(左列)と十勝沖地震(右列)の短周期(赤)と長周期(青)変位波形の比較. 短周期振幅は同程度だが、長周期は規模の違いを反映.

## 強震度域の広がりに基づくマグニチュード推定

2011年東北地方太平洋沖地震( $M_w$ 9.0) 2003年十勝沖地震( $M$ 8.0)

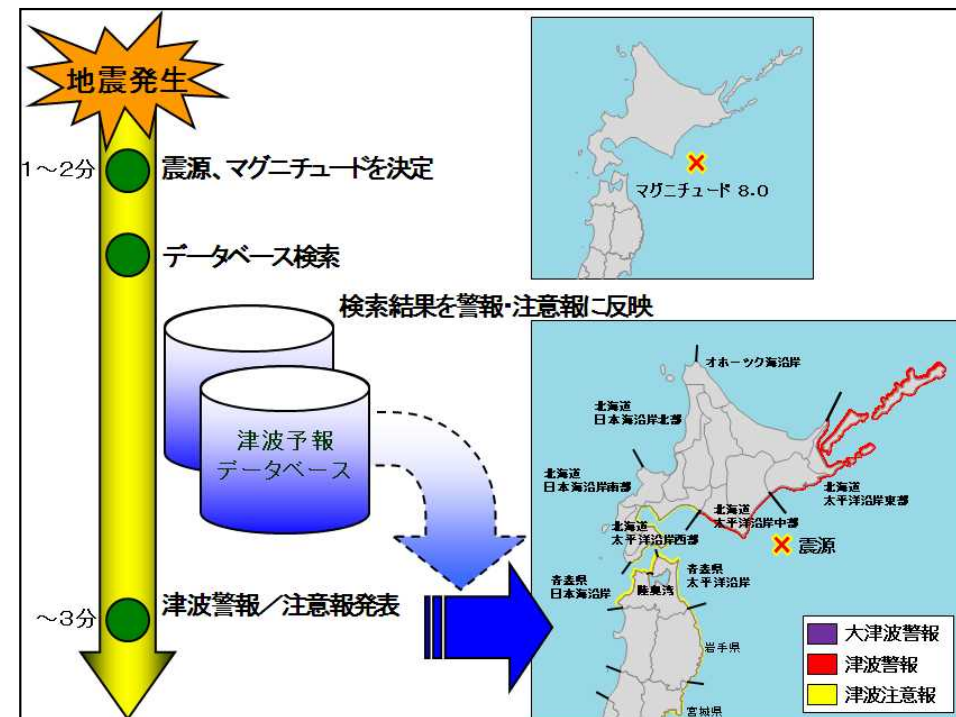


## ②量的津波予報データベースを用いた津波警報の発表



事前に津波シミュレーションを多数実施し、その結果をデータベースに保存、蓄積する（量的津波予報データベース）。

地震発生時には、震源要素が決定されるとデータベースを検索して、速やかに津波判定結果を取得し、地震発生後3分程度で都道府県を基本単位とした津波予報区に対して津波警報等を発表している。





# ③W-phase、CMT解

震源決定した地震の規模及び発生領域に応じて、  
W-phase及びCMT解析が自動実行される

地震発生

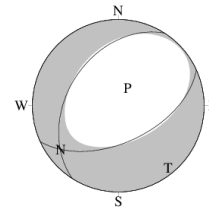
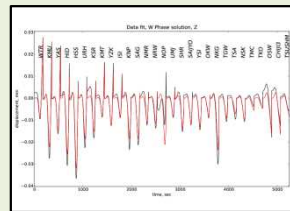
約8分後

約15分後

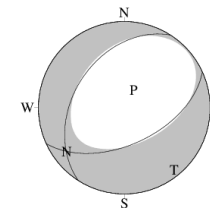
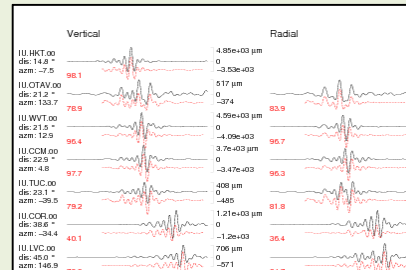
約40分後



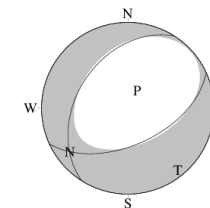
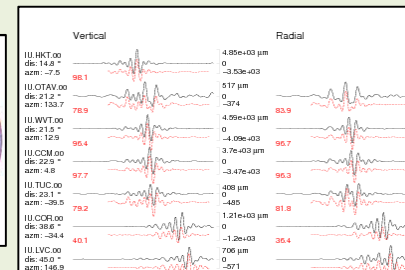
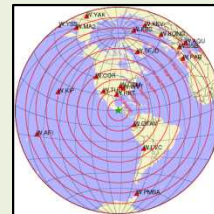
W-phase解析  
(日本周辺広帯域地震計)



10分CMT解析  
(日本周辺広帯域地震計)  
グリッサーチCMT解析  
(国内広帯域強震計)

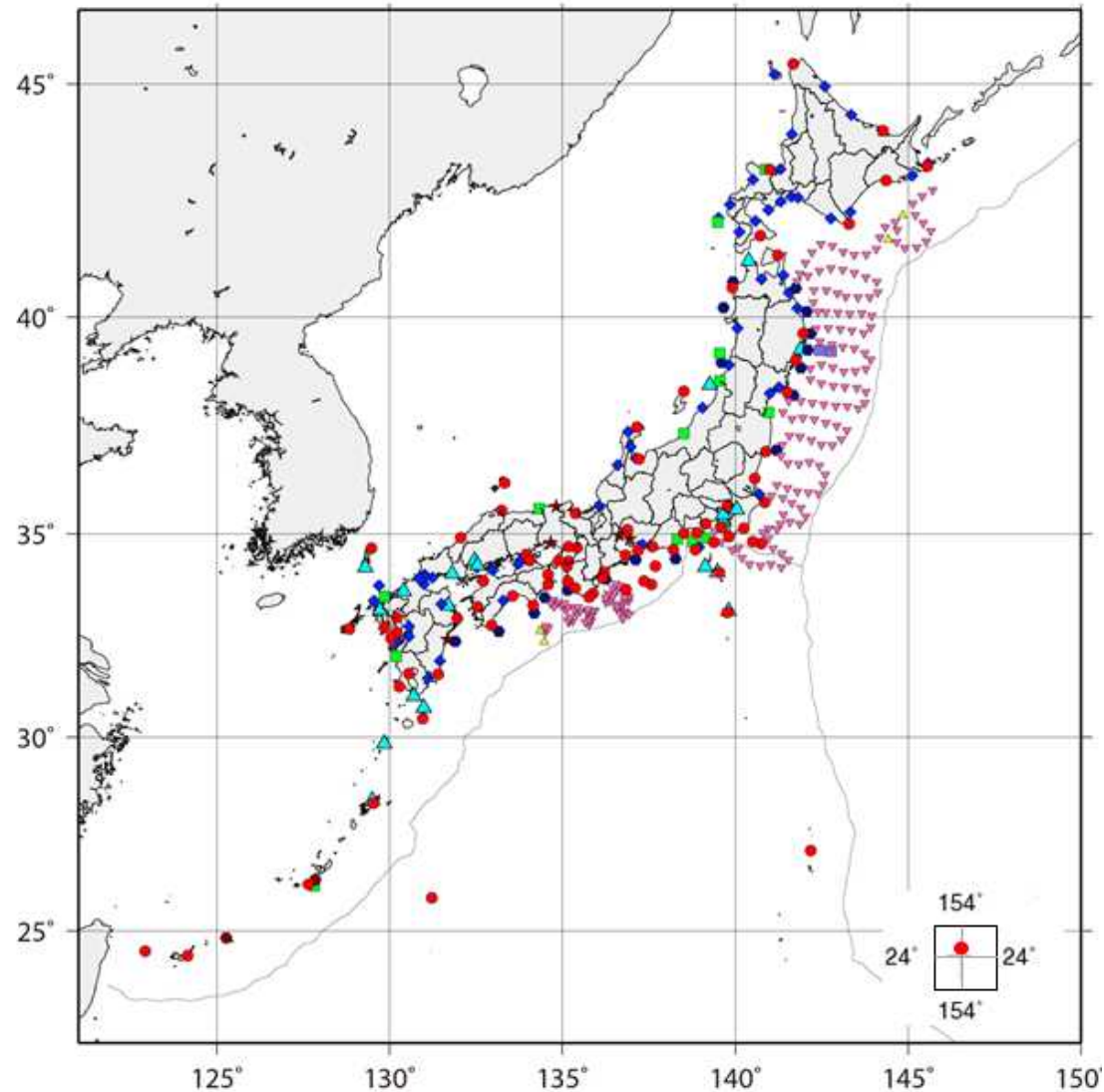


30分CMT解析  
(世界中の広帯域地震計)



## ④沖合津波監視

- ・沿岸約170点、沖合約210点の計約380点の津波観測点を監視
- ・DONETやS-netなど沖合津波観測点が大規模に展開され、沿岸に到達する前に津波検知ができるようになった

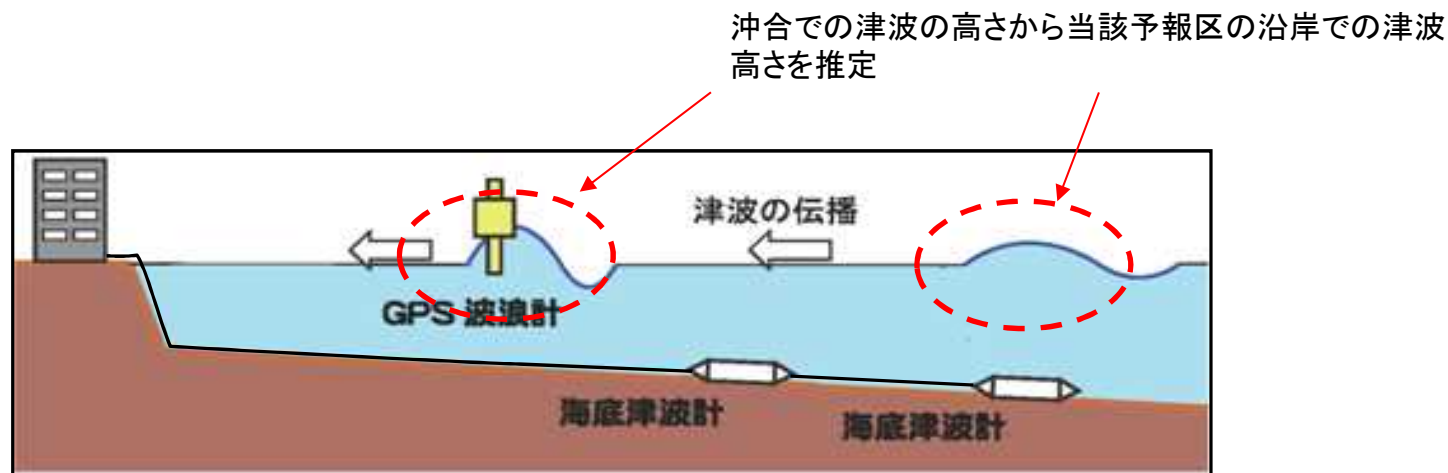


## ④沖合津波監視(沖合の津波観測データの活用方法)

以下の方法を基本として、沖合の津波観測データを活用。

○沖合の観測点で津波発生を検出すると「沖合の津波観測に関する情報」を発表し、沿岸に津波が到達することを知らせる

○観測値にグリーンンの法則を適用して沿岸の津波高さを推定、津波注警報の更新に活用(沿岸から100km程度以内の観測点のみ)

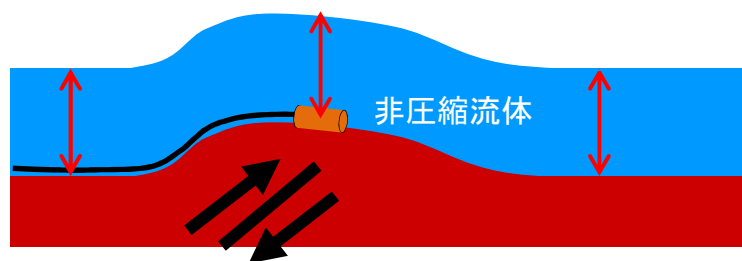


## ④沖合津波監視(沖合の津波観測データの特徴)

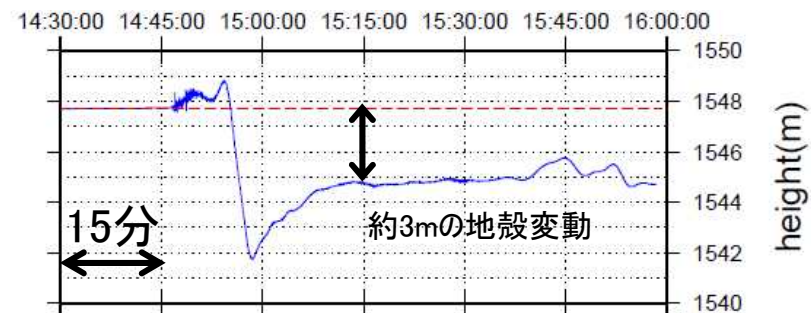
海底津波計(水圧計)の観測値には津波だけでなく、地震波や地殻変動の影響等が含まれるため、活用に当たっては注意が必要。

- ・地震波等の高周波成分の重畳  
→ フィルター処理を行い、高周波成分を除去
- ・地殻変動の重畳 …… 地震発生直後に検出することは困難  
→ 地震発生直後の波形冒頭部は用いない

地震波、地殻変動の重畳の模式図



地震波、地殻変動が重畳した海底津波計の波形例



東北大学の海底水圧計データ(P09)を利用  
(100秒移動平均した波形を表示)

# 沖合津波観測点を活用した情報例（沖合の津波観測に関する情報）

津波情報（沖合の津波観測に関する情報）  
平成28年11月22日07時04分 気象庁発表

〔沖合で観測した津波の観測値〕  
22日07時03分現在、沖合の観測値は次のとおりです。  
#印は新たに発表、あるいは情報を更新した箇所です。  
沖合での観測値であり、沿岸では津波はさらに高くなります。

福島小名浜沖		
第1波観測時刻	22日06時06分	引き
これまでの最大波	観測中	
茨城神栖沖		
第1波観測時刻	#22日06時30分	引き
これまでの最大波	#22日06時40分	0.1m

\*\*\*\*\* 〔沖合の観測値から推定される沿岸の津波の高さ〕 \*\*\*\*\*  
#印は新たに発表、あるいは情報を更新した箇所です。  
沿岸での津波到達時刻および津波の高さは以下の通りと推定されます。  
早いところでは、既に津波が到達していると推定されます。

福島県	
第1波の推定到達時刻	22日06時22分
これまでの最大波の推定到達時刻	推定中
推定される津波の高さ	推定中
茨城県	
第1波の推定到達時刻	#22日06時50分
これまでの最大波の推定到達時刻	#22日07時00分
推定される津波の高さ	# 1m

\*\*\*\*\* 震源要素の速報 \*\*\*\*\*  
〔震源、規模〕  
きょう22日05時59分頃地震がありました。  
震源地は、福島県沖（北緯37.3度、東経141.6度、いわきの東北東60km付近）で、震源の深さは約10km、地震の規模（マグニチュード）は7.3と推定されます。

S-net観測点の観測値

沖合での実況

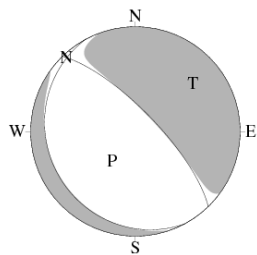
沖合の実況に基づく沿岸の推定

・平成25年3月に導入以来、平成28年11月22日の福島県沖の地震で初めて発表した。

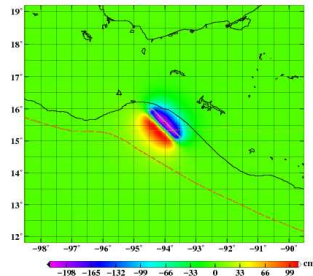
# ⑤遠地地震における津波シミュレーションの活用

CMT解により初期水位分布を求め、リアルタイムシミュレーションを行う。  
 並行して、海外の津波観測値と比較、評価を行い、最終的な日本への津波の有無を決定している。(2014年4月のチリ中部沖、2015年9月のチリ中部沖、2017年9月の中米など)

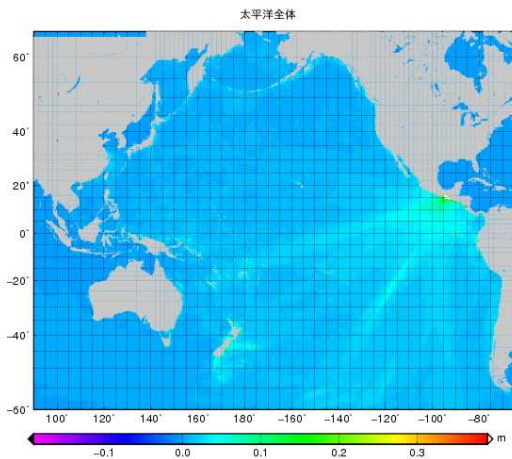
## 2017年9月8日中米の地震の事例



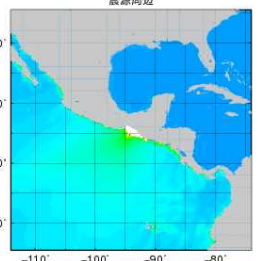
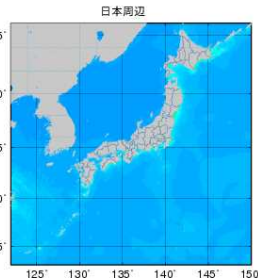
30分CMT解  
(Mw8.1)



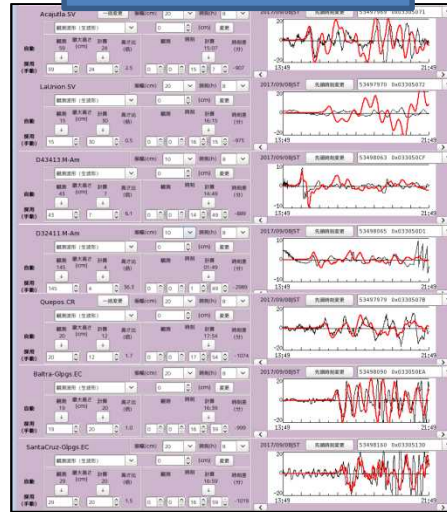
CMTから求めた  
初期水位分布



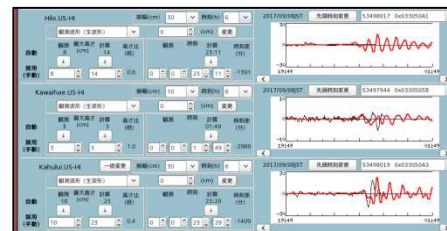
津波シミュレーション結果



## 実況と比較

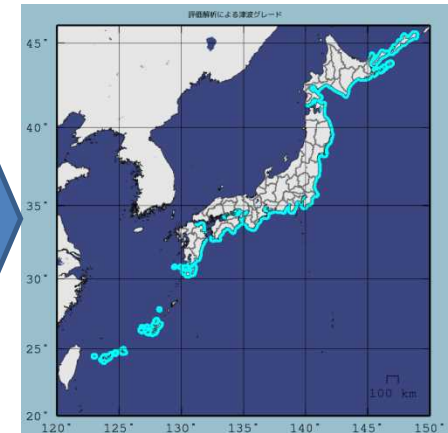


震源に近い潮位計及びDARTの  
観測波形(黒)と予測波形(赤)



ハワイ付近の潮位計の観測  
波形(黒)と予測波形(赤)

津波  
評価



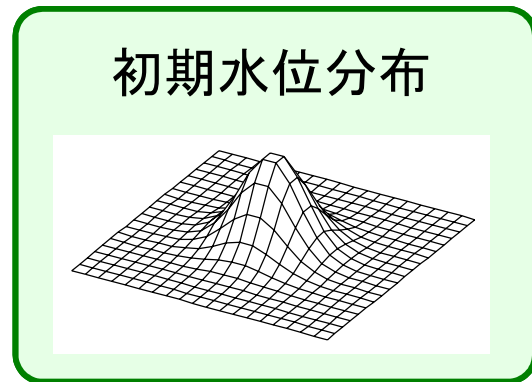
津波判定結果  
(海面変動として発表)

# 今後の予定

## 沖合津波波形逆解析に基づく津波即時予測手法の導入

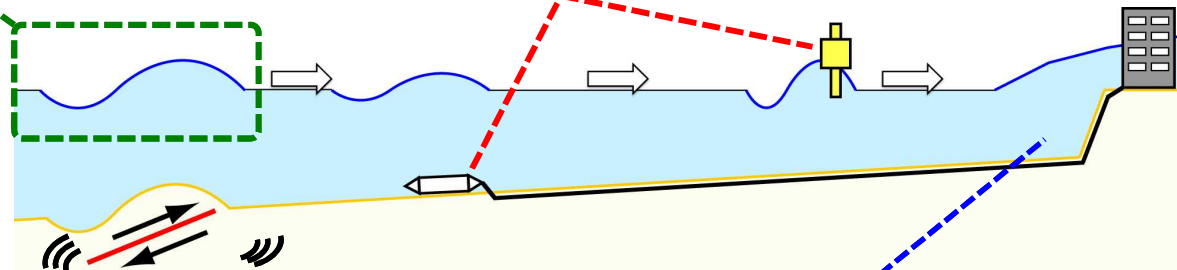
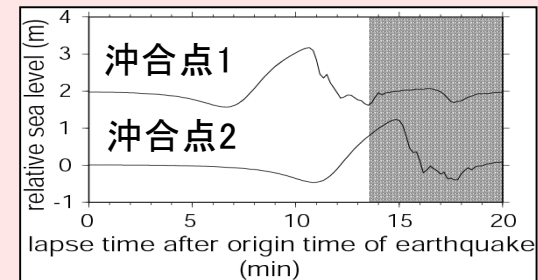
tsunami Forecasting based on Inversion for initial sea-Surface Height (tFISH)

津波波形逆解析  
による波源の推定

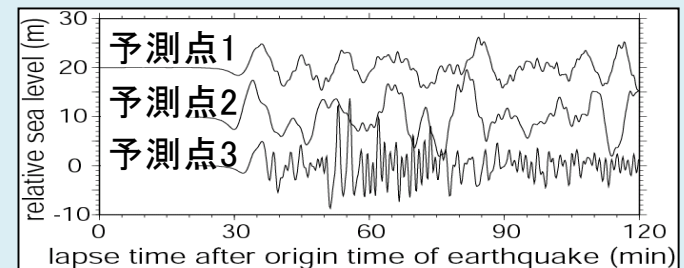


グリーン関数の線形結合  
による予測波形の合成

沖合の  
観測津波波形  
(予測実施時刻まで)



沿岸の  
予測津波波形



[Tsushima *et al.*, 2009, 2012, JGR]


# S-netを用いた事後解析例

第14回津波予測技術に関する勉強会 (H29.3.2, 気象庁) 資料より

津波・地殻変動成分のみを  
**手動抽出**した沖合津波波形  
データを用いて逆解析  
データ範囲：地震後5-60分  
要素波源サイズ：**tFISHの1/5**

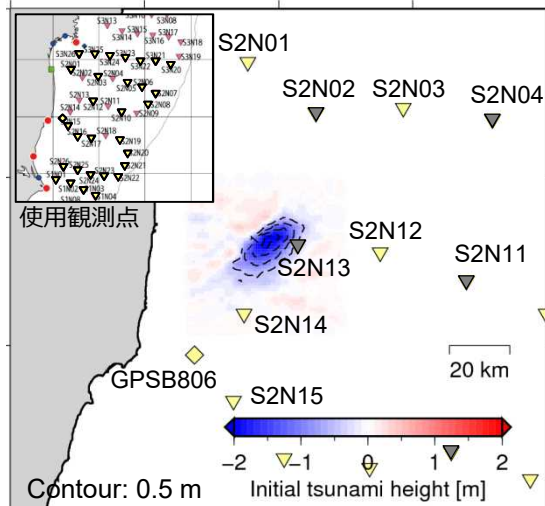
↓

求めた初期水位分布から  
**非線形津波計算**  
地形分解能：最高50 m  
海岸構造物：考慮



S-netデータ等の活用により  
沿岸津波波形を正確に再現  
できる津波波源を推定可能に

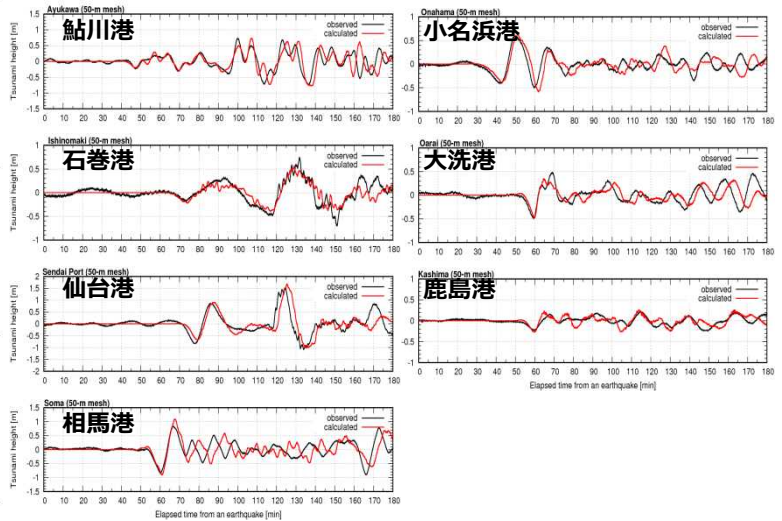
S-net等の沖合津波波形から  
推定した初期水位分布



最大隆起量：0.4 m / 最大沈降量：-2.3 m

推定した初期水位分布による  
沿岸潮位観測点の津波波形

観測 / 計算



波形逆解析における波形比較 地震発生後5分～60分の観測波形を逆解析に使用

