

量的津波予報データベースの改善の方向性

気象庁 地震火山部 地震津波監視課

(本資料に記載した設計方針については現時点の想定であり、
本勉強会でのご意見や、今後の試作や気象庁システム環境の
制約なども踏まえて、引き続き検討します)

量的津波予報DBの変遷とこれから

交通政策審議会（気象分科会）提言内容を踏まえて、2030年に達成すべき目標と取組に資する量的津波予報DBとする

量的津波予報DBの変遷とおもな改善点

第1世代	津波伝播シミュレーションによるDB方式を導入	1998年から
第2世代	計算精度向上（メッシュ細分、摩擦項考慮）等	2007年から
第3世代	計算精度向上（メッシュ細分、海岸直接計算）等	今後予定

①津波警報（第一報）の迅速な発表、予想精度向上

⇒量的津波予報DBの改良

（これまでの津波解析事例や津波伝播シミュレーション手法等の知見を反映）

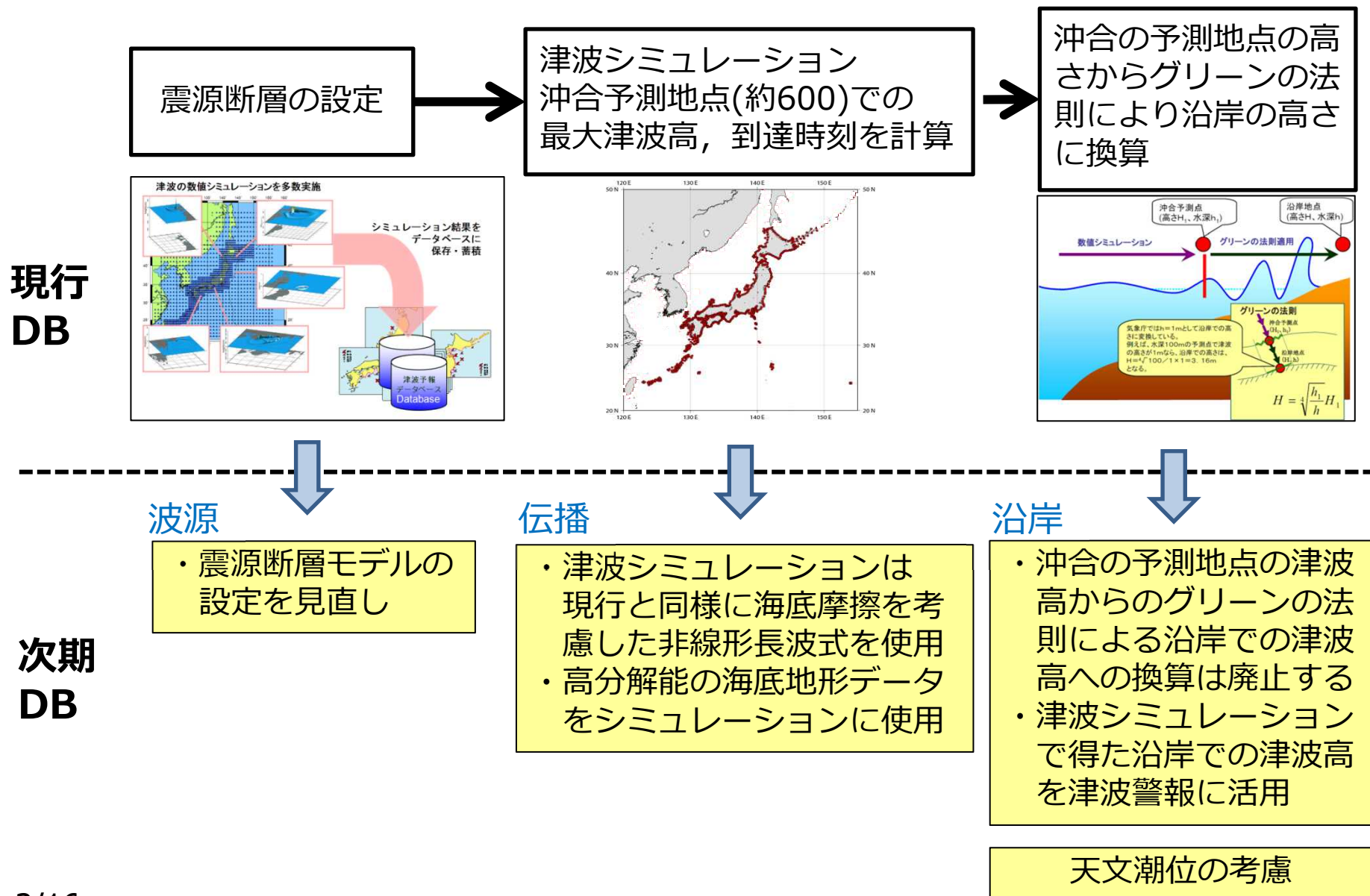
②津波の時間的推移、解除見通しをお知らせ

⇒過去の観測に基づく統計的方法による推移予想手法

③天文潮位を考慮した津波高さの予想

⇒天文潮位（予想波形）に量的津波予報DB（予想波形）を加算

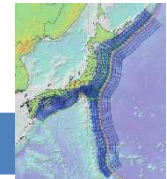
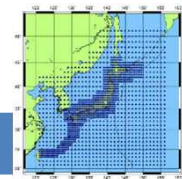
量的津波予報DB更新における検討ポイント



波源（概要）

地震発生領域で発生する地震による津波予測の高精度化と網羅的予測の併用により精度向上を図る
DBの改善のしやすさやメンテナンス性の向上を図る

震源断層モデルの設定（案）



	基盤型（格子配置型）	重点型（地震発生領域配置型）	
水平位置	本邦到達2時間以内の海域をカバーして規則的な格子配置	プレート境界など地震の発生領域を考慮して配置	※1
深さ	規則的な配置（メンバー削減を検討（断層上端数km等のみのメンバーとして外挿実施も検討））	プレート境界など地震の発生領域を考慮	
走向	海岸線か海溝軸に平行（現DBと同様）	地震活動（メカニズム等）を考慮	
傾斜角	45度（現DBと同様）	地震活動やプレート形状を考慮	
すべり角	90度（現DBと同様）	地震活動（メカニズム等）やプレート形状を考慮	※2
スケーリング （断層形状やすべり量）	地震の発生領域（地震タイプ等）に応じて、最新の知見を取り込んで設定（プレート境界型、プレート内型（アウターライズや海洋地殻含む）、大陸地殻型（日本海東縁含む））		

波源（概要）

より大きな地震に対する津波予測の高度化を図る

震源断層モデルの設定（案）

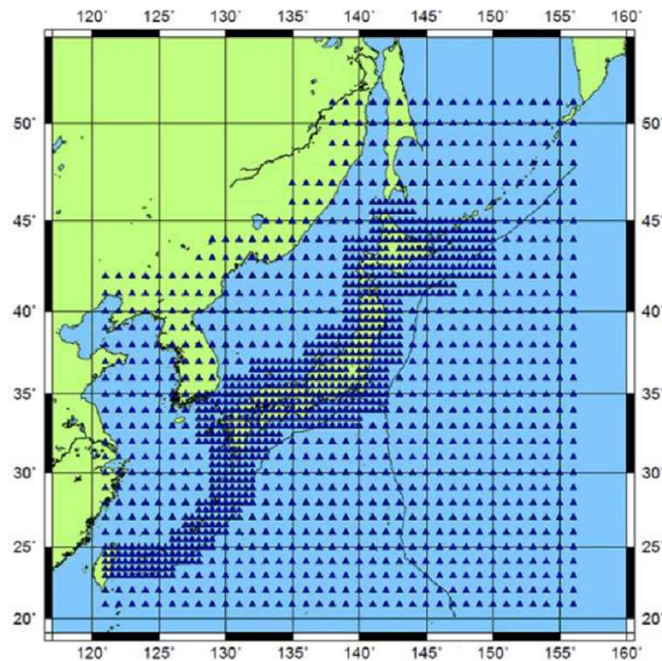
マグニチュード範囲	M6.8(領域によってはM6.4)からM8.4程度までをカバー (外挿も実施) (現行DBは, M6.2からM8.0まで)
マグニチュード刻み	概ね津波予報のグレードに対応したDBメンバ配置を想定 (刻み0.4程度, 6通り等) (現行DBは, 刻み0.6, 4通り)
大すべり域	巨大地震について導入を検討 (津波レシピやシナリオバンクを参考)

その他項目について, 津波レシピ（地震本部）, 津波浸水想定の設定の手引き（国土交通省）を参考に設定する

波源（水平位置・深さ）

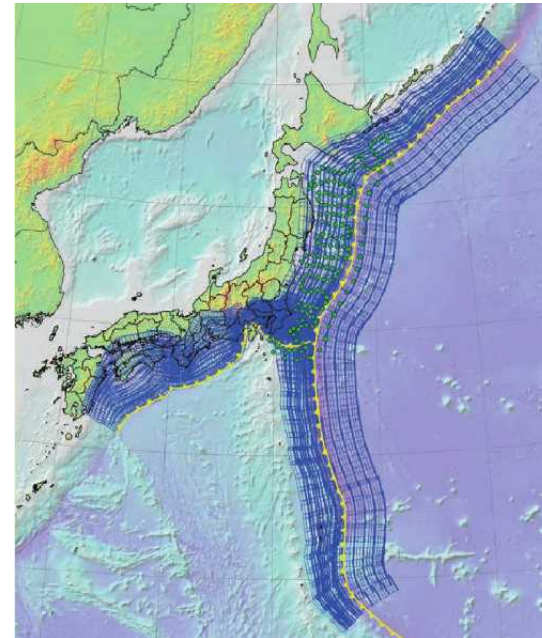
量的津波予報DBの高可用性を確保しつつ、精度向上を図るため、基盤型と重点型を併用する

基盤型（格子配置型，0.1から数度間隔）



量的津波予報DB（現行）の配置を図示したもの、同DB（次期）は別途検討

重点型（地震発生領域配置型）



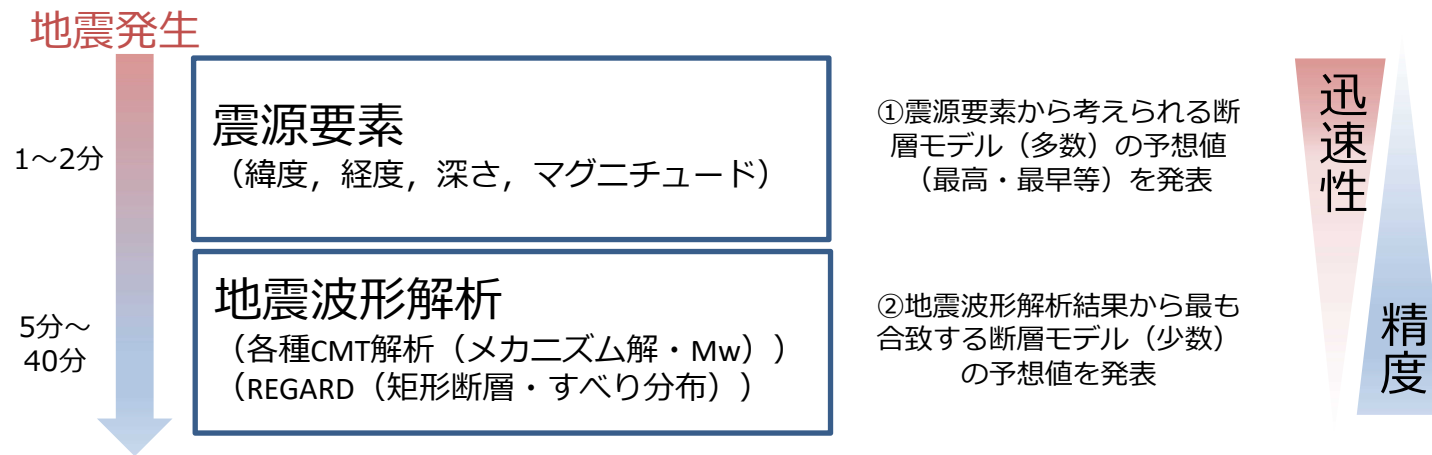
[防災科学技術研究所 (2019) 津波浸水の即時予測を目的とした津波シナリオバンクの構築 より引用]

➡ 地震活動が低調な領域での地震津波発生に対応，高可用性を確保

➡ 地震活動が活発な領域での地震・津波発生に対応，精度向上を図る

波源（地震断層モデル選択）

地震発生直後の地震断層モデル推定における迅速性や精度に応じて、基盤型と重点型を併用して運用する



基盤型と重点型の併用例

○第1報（震源位置とMjのみ）や続報（Mwが判明した場合）

基盤型と重点型を併用して最大危険度法で検索、本邦から離れた領域については、基盤型による内挿法の利用も検討

○続報（震源精査やCMT解などで地震の発生位置（特に深さ）の精度が向上した場合）

重点型のメンバーに該当する場合（震源位置やメカニズムなどの比較ロジックは要検討）は、重点型のみの最大危険度法等で検索

波源（スケーリング則）

地震断層モデル形状やすべり量を最新の知見を踏まえて精度よく設定するため、地震発生領域（地震タイプ）や地震規模により、適切な経験式（スケーリング則）を使用

- ・プレート境界，プレート内（含むアウターライズ、海洋地殻），大陸地殻（含む日本海東縁）等に区分して、それぞれ適切な経験式（スケーリング則）を適用

例えば，以下のような研究，報告書がある

[全般] 宇津 (1984)，宇津 (2001)，地震本部（津波レシピ）(2017)

[プレート境界] 内閣府（南海トラフ検討会）(2012)，藤原・他 (2015)，
Murotani et al. (2013)

[プレート内] Iwata and Asano (2011)

[大陸地殻] Somerville et al. (1999)，日本海検討会 (2014)

- ・顕著な津波を励起する広域地殻変動との対応が良いと考えられる観測データ（津波観測値，GNSSや広帯域地震計等）から導出された経験式が望ましい
- ・暗黙に含まれる物理量（剛性率、応力降下量）が既知の地下構造（物性値）や過去の解析事例における津波断層モデルと概ね整合する経験式が望ましい

伝播（シミュレーション）

津波伝播シミュレーション手法のこれまでの知見を活用して設計，津波警報（切替え）向けリアルタイムシミュレーションも，できるだけ同じ計算条件とする

津波伝播シミュレーションの計算条件（案）

計算コード	: JAGURS (Baba et al. (2015))	
支配方程式	: 球面座標系の非線形長波式	
境界条件	: 海陸は遡上，沖側は吸収	
地形分解能	: 沿岸（約150m程度）沖合（約450m，約1350m程度）	} ※3
海岸構造物	: 最小分解能の地形へ追加	
粗度係数	: 0.025（マニングの粗度係数）（沿岸部での係数調整）	
時間ステップ	: 0.5秒（約150m程度の地形分解能の場合）	
積分時間	: 8時間以上12時間を目標	
積分範囲	: 国内沿岸への津波到達まで最短2時間以内の海域 顕著な反射波や後続波等を生じる地形・時間を含む	} ※4

伝播（シミュレーション）

計算条件は沿岸での津波の挙動や津波警報運用を踏まえた内容とする

境界条件	: 海陸は遡上, 沖側は吸収
地形分解能	: 沿岸（約150m程度） 沖合（約450m, 約1350m程度）
海岸構造物	: 最小分解能の地形へ追加

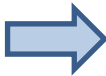
満たすべき条件

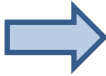
1. 予測地点において適切な予想波形を出力すること
海岸線に接する計算格子まで直接計算, 予測地点とする計画だが、計算条件による悪影響（例えば海陸境界を鉛直壁として過大な高さを出力）がないようにする
2. 観測波形（過去事例）を概ね説明できること
沿岸検潮所については、福島県沖（平成28年11月22日, Mw6.9, 反射波が顕著）の津波波形を概ね再現できることを確認している（第16回勉強会資料1-2）
計算格子の細分化で増加する予測地点での予想値の確認のため、現地調査結果（痕跡高・単純な地形で複雑な構造物の無い海岸線付近）についても、津波の最大波の高さについて一定精度で再現できること

伝播（シミュレーション）

積分時間	: 8時間以上12時間を目標
積分範囲	: 全地震断層モデルの波源（初期水位分布）を含む 顕著な反射波や後続波等を生じる地形・時間を含む

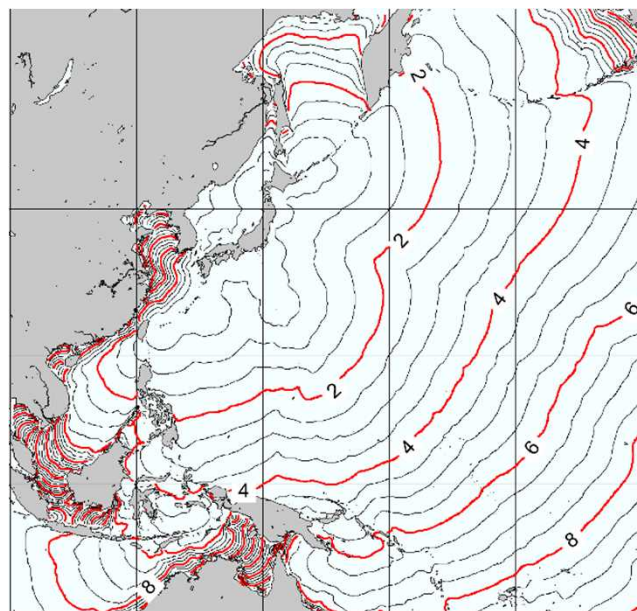
満たすべき条件

1. 沿岸検潮所で観測された津波（過去事例）での最大波発現時間を考慮すること
2. 天文潮位を考慮した津波高さを予想するため、半日潮による満潮を含めるようにする
（過去事例（津波観測値カタログ）での最大波発現時間も考慮して積分時間を検討）
（できれば12時間以上の積分時間を確保したいが、津波伝播シミュレーション（後続波計算）改善の今後の進展状況に合わせて実施）
3. 波源（初期水位分布）について正しく表現・計算に反映できること
4. 顕著な反射波や後続波等を生じる地形を含んでいること

（地震断層モデルを配置する範囲に、水位変化の及ぶ最大範囲を加えて、余裕をもって積分範囲を設定）
（島嶼、海山、大陸棚及び大陸斜面等、反射波や後続波等（屈折・回折・反射・捕捉・散乱）が想定される地形）

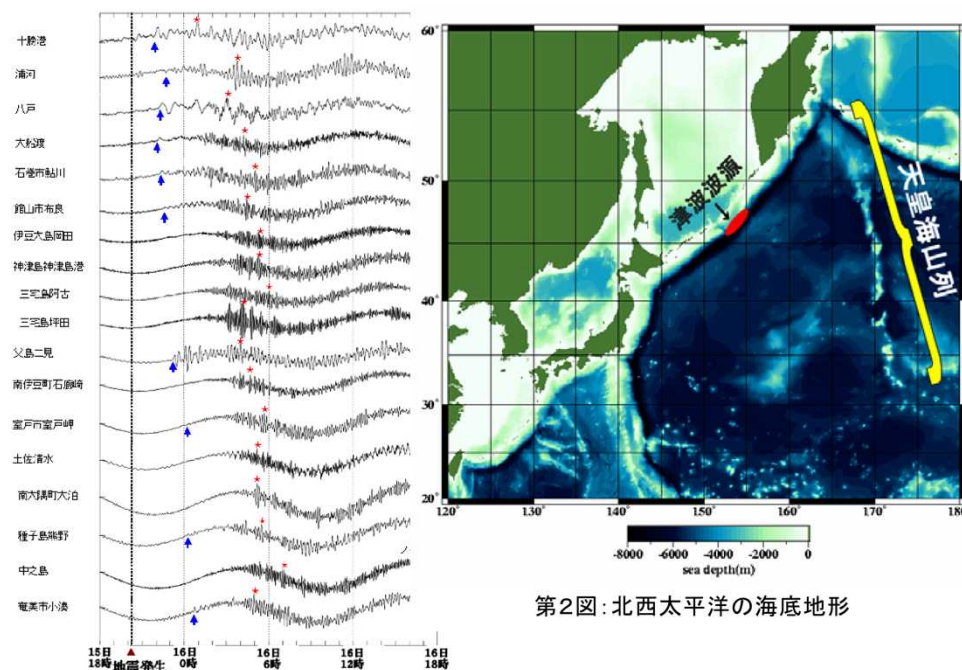
伝播（シミュレーション）

- 国内沿岸への津波到達まで2時間以内の海域（カムチャツカ半島～マリアナ諸島～フィリピン南部よりも内側）に地震断層モデルを配置することから、それよりも十分広い範囲を積分範囲とする



国内沿岸からの津波逆伝播図
（等値線は30分毎，数字の単位は時間）

- 天皇海山列での津波の反射（例）平成18年11月15日千島列島東方の地震による津波）については，影響が想定される海域の地震断層モデルについて，別途必要に応じて長時間・広域の津波伝播シミュレーションを実施して，量的津波予報DBを作成する



第2図：北西太平洋の海底地形

第1図：日本各地の検潮記録（↑：第1波、★：最大高さ）

[気象研究所 (2007) 気象研究所研究発表会（特別報告 太平洋をUターンした津波）より引用]

沿岸（予想値出力）

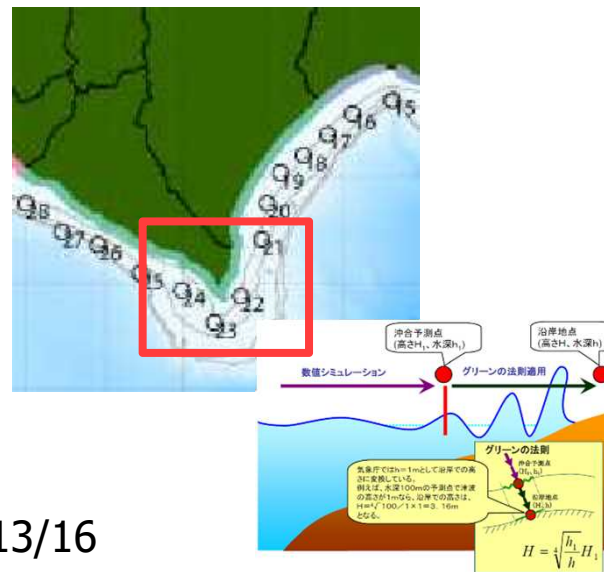
詳細な津波伝播シミュレーションにより再現させた沿岸部での複雑な津波の挙動をより適切に予測地点での予想値に反映させることで精度向上を図る

予想値出力の方法

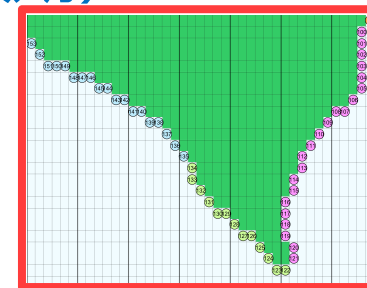
予測地点配置 : 海岸線に接する計算格子（約150m程度）

換算処理（沖合→海岸） : なし（計算格子の値を直接参照）

（現行）



（次期）



現行の沖合予測地点から沿岸への
・グリーンの法則による換算処理
・伝播時間の補正処理
を廃止
（予測地点の計算格子値を直接参照）

沿岸（予想値出力）

- 代表値 : 1. 一定範囲の予測地点における予想値の代表値（中央値等）
2. 津波予報区内の複数の上記値の代表値（最高・ $+2\sigma$ 等）

満たすべき条件

1. 計算に使用した格子間隔に見合った一定の広がりを持つ予想値のみを出力する
（隣接する予測地点（10個程度）での予想値から、該当範囲の予想値の代表値（中央値等の統計処理による）を作成することで、計算誤差に起因するような局所的なとび値等の悪影響を防ぐ）
2. 防災対応上の観点から有効な予想値（津波予報区単位）を出力する
（津波予報区に属する上記1.の複数の代表値から、予想値の代表値（高さ：最高・ $+2\sigma$ 等、時刻：最早等の統計処理による）を作成する）

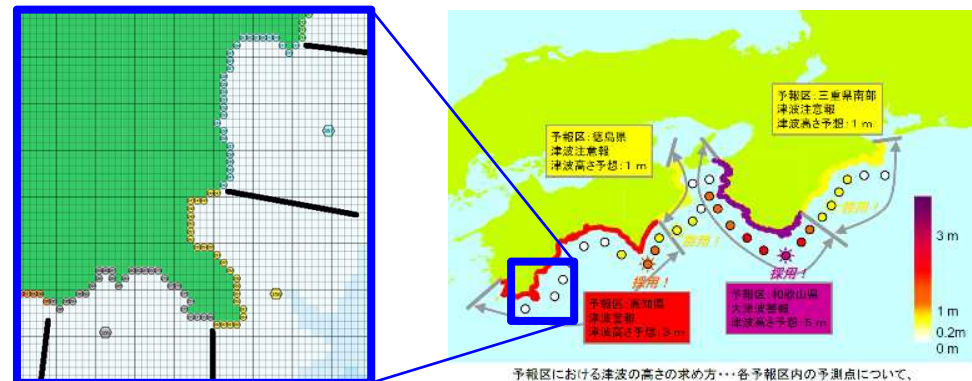
（現行）



予報区における津波の高さの求め方...各予報区内の予測点について、沿岸での高さに換算した値を比較し、いちばん高いものを採用する。

2. 津波予報区内の代表値を作成

（次期）



予報区における津波の高さの求め方...各予報区内の予測点について、沿岸での高さに換算した値を比較し、いちばん高いものを採用する。

1. 一定範囲の代表値を作成

2. 津波予報区内の代表値を作成

今後、大幅に増加する予定の予想値（代表値）を活用して、図資料の作成も検討する

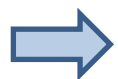
沿岸（予想値出力）

予想値出力の方法

保存データ：（到達時刻・最大高さ・周期・エンベロープ等）全領域
（波形データ等）全観測点（沿岸・沖合）・予測地点

加工データ（到達時刻・最大高さ・周期・エンベロープ等）については、伝播計算の妥当性チェックや、分布図資料の作成等での活用も想定して、計算範囲全領域において出力・保存

生データ（波形データ等）については、波形レベルでの検証比較（予報 v.s. 観測）を可能するため、少なくとも観測点や予測地点において出力・保存



保存が必要となる対象データ・対象地点については、今後の技術動向・気象庁システム環境等も踏まえて引き続き検討する

補足資料（参考文献）

Baba, T., Takahashi, N., Kaneda, Y., Ando, K., Matsuoka, D., and Kato, T. (2015): Parallel implementation of dispersive tsunami wave modeling with a nesting algorithm for the 2011 Tohoku tsunami, *Pure Appl. Geophys.*, 172, 3455-3472.

藤原広行, 平田賢治, 中村洋光, 長田正樹, 森川信之, 河合伸一, 大角恒雄, 青井真, 松山尚典, 遠山信彦, 鬼頭直, 村嶋陽一, 村田泰洋, 井上拓也, 斎藤龍, 秋山伸一, 是永真理子, 阿部雄太, 橋本紀彦 (2015): 日本海溝に発生する地震による確率論的津波ハザード評価の手法の検討, 防災科学技術研究所研究資料第400号, 216p.

Iwata, T. and K. Asano (2011): Characterization of the Heterogeneous Source Model of Intralab Earthquakes Toward Strong Ground Motion Prediction, *Pure and Applied Geophysics*, 168, 117-124.

地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2017): 波源断層を特性化した津波の予測手法（「津波レシピ」）. 国土交通省水管理・国土保全局海岸室・国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部海岸研究室 (2019): 津波浸水想定の設定の手引き Ver.2.10.

Murotani, S., K. Satake and Y. Fujii (2013): Scaling relations of seismic moment, rupture area, average slip, and asperity size for $M \sim 9$ subduction-zone earthquakes, *Geophysical Research Letters*, 40, 5070-5074.

内閣府 (2012): 南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告）津波断層モデル編－津波断層モデルと津波高・浸水域等について－.

日本海における大規模地震に関する調査検討会 (2014): 日本海における大規模地震に関する調査検討会報告書.

Somerville, P. G., K. Irikura, R. Graves, S. Sawada, D. Wald, N. Abrahamson, Y. Iwasaki, T. Kagawa, N. Smith, A. Kowada (1999): Characterizing crustal earthquake slip models for the prediction of strongground motion, *Seismological Research Letters*, 70, 59-80.

宇津徳治 (1984): 地震学 第2版, 共立出版株式会社, 310p.

宇津徳治 (2001): 地震学 第3版, 共立出版株式会社, 392p.