

近地津波へのリアルタイム津波シミュレーションの活用

気象庁 地震火山部 地震津波監視課

今回の検討のポイント

1. 津波シミュレーションによって
津波の時間推移をどのくらい再現できるか
2. 地形モデルの分解能をどのくらい粗くしても
津波の時間推移の再現精度を保つことができるか

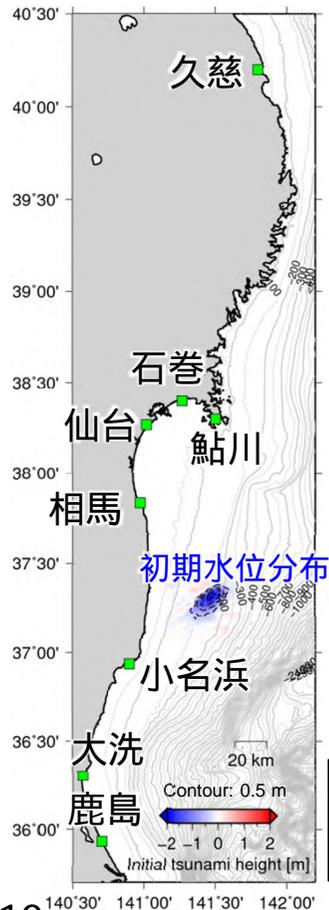
シミュレーションによる
津波の再現精度を検証

リアルタイム性を意識

津波シミュレーションの概要

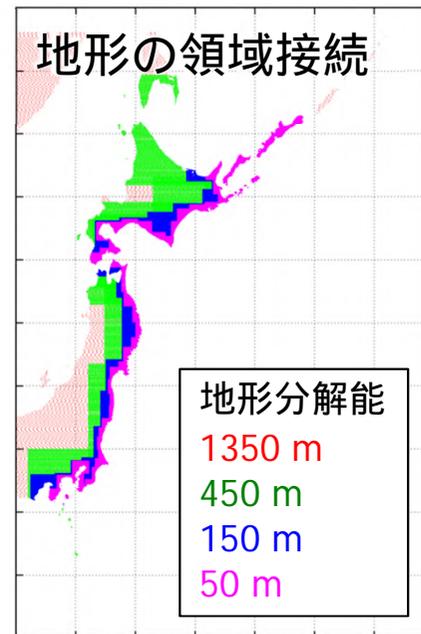
2016年福島県沖の地震(Mw 6.9)を対象として，沖合の津波観測波形データから推定された初期水位分布と，詳細な地形モデルを用いた津波シミュレーションを行い，沿岸の津波波形の再現精度を調べた．

波源モデル



津波伝播計算

電子計算機	NAPS (気象庁のスパコン)
計算コード	JAGURS [Baba et al. 2015]
支配方程式	平面座標系の非線形長波式
境界条件	海陸は遡上，沖側は減衰
地形モデル	中央防災会議 [2003]
海岸構造物	最小分解能の地形へ追加
粗度係数	0.025 (マンングの粗度係数)
時間ステップ (地形分解能)	0.2秒 (50m), 0.5秒 (150 m) 1.0秒 (450 m), 1.0秒 (1350 m)
積分時間	15時間

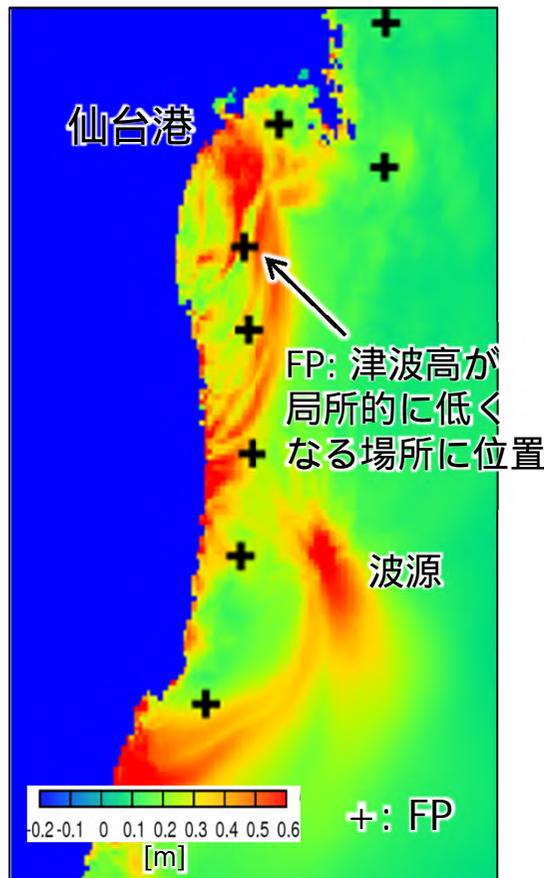


■ : 沿岸の津波観測点(今回，再現精度を評価する地点)
初期水位分布モデル: 津波予測技術に関する勉強会(第14回)より

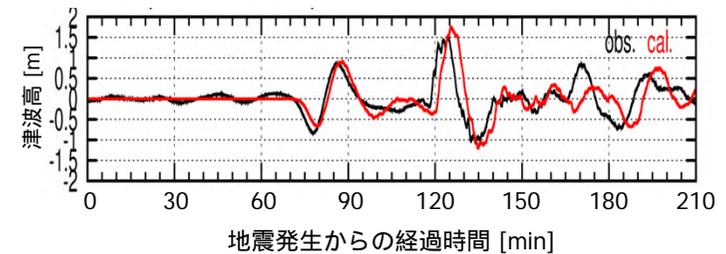
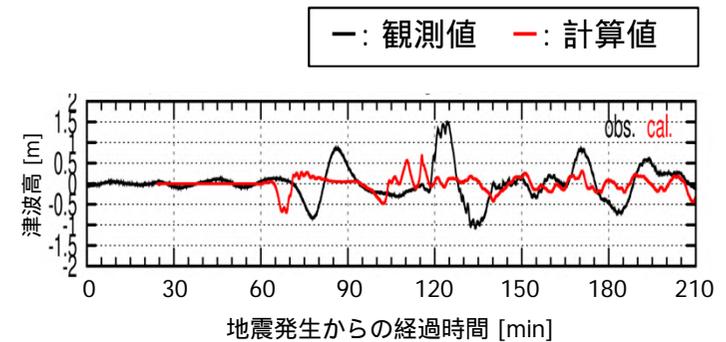
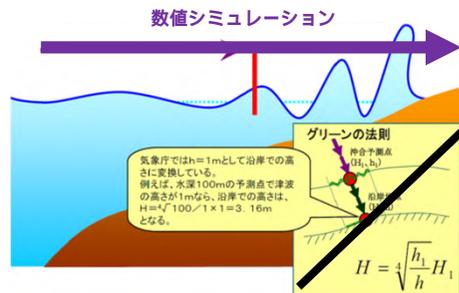
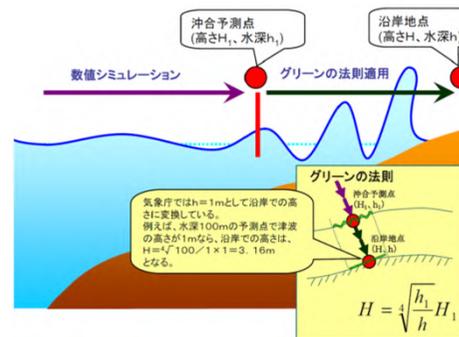
沿岸津波高の予測方法: グリーンの法則 シミュレーション

FPが津波高の局所的に低い場所に位置する場合, その計算波形にグリーンの法則を適用して沿岸の津波波形を予測すると, 津波高が過小予測になる. これを避けるためシミュレーションによる沿岸津波波形を予測に活用する.

最大津波高分布



仙台港における津波波形

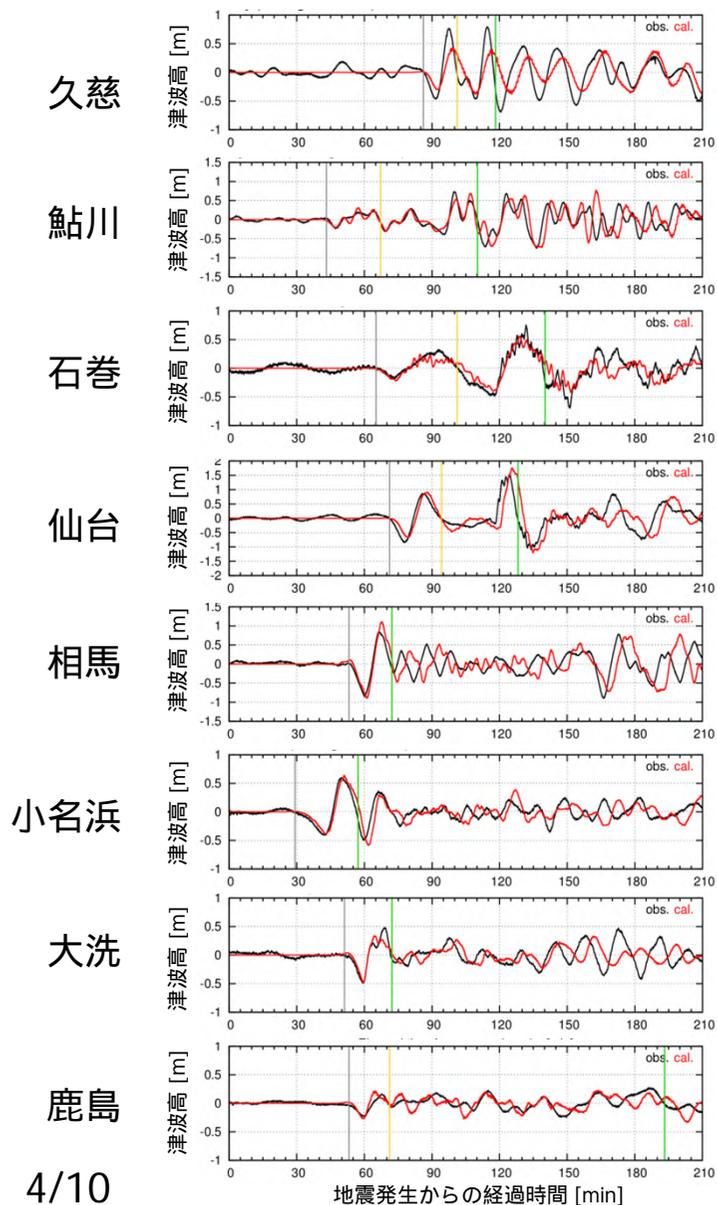


再現精度の評価 -- 50m分解能地形を使用

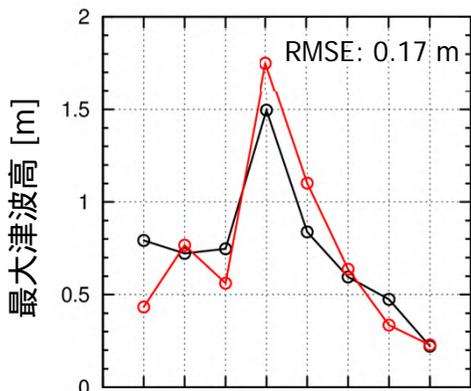
| : 第一波の到達時刻
 | : 第一波全体を観測
 | : 最大波全体を観測

VRO: 過大予測に敏感
 VRC: 過小予測に敏感
 [Yamamoto et al. 2016, EPS]

津波波形の比較 (観測, 計算)

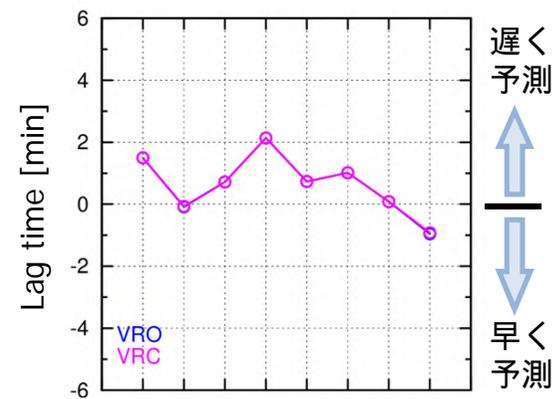
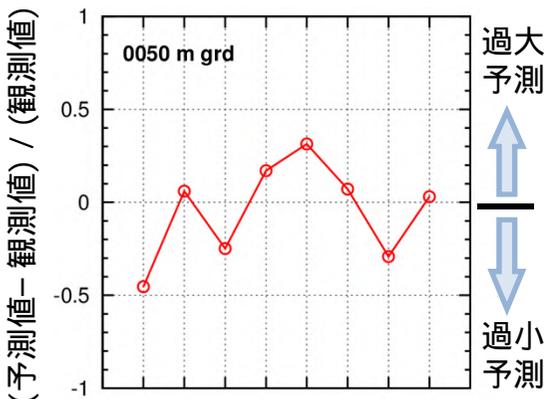
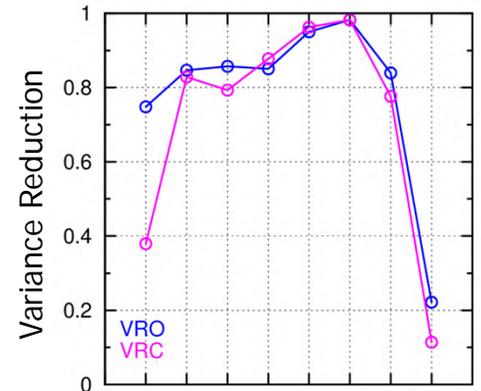


最大津波高



波形再現度

±5分の時間ずれ (lag time)を許し VR最大値を採用 (第一波到達~最大波)



最大波までは精度良く再現．以降は再現度が低下

最大津波高: 観測値の±50%以内で再現可能

波形再現度: 8地点中6地点でVR>70%

到達時刻 : 全地点で3分以内の予測誤差

地形分解能が沿岸の津波波形の再現に与える影響

地形の
分解能
細かい

50 m

150 m

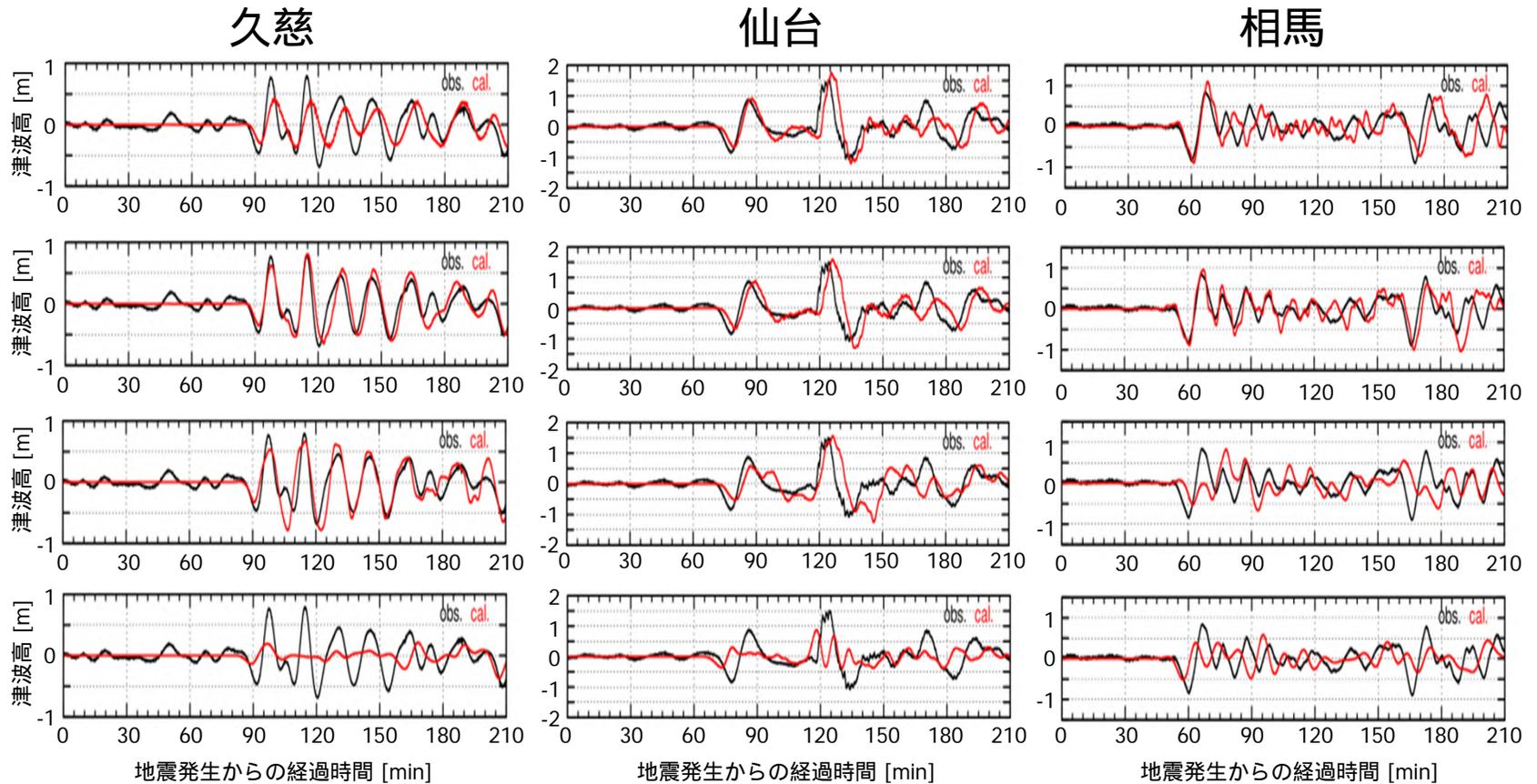
450 m

1350 m

粗い

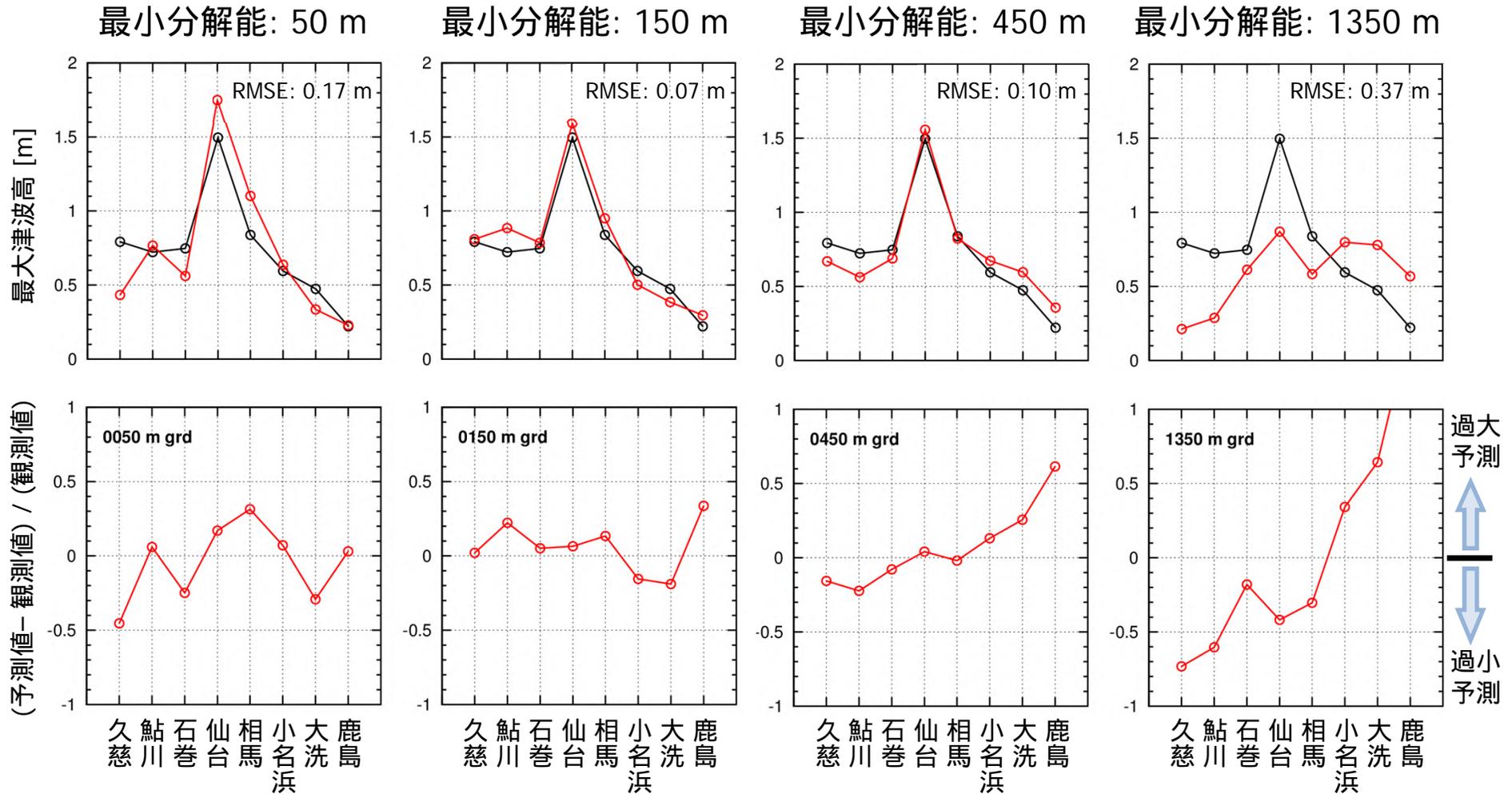
ここでは津波高が高い3観測点の波形を表示

—: 観測値 - - : 計算値



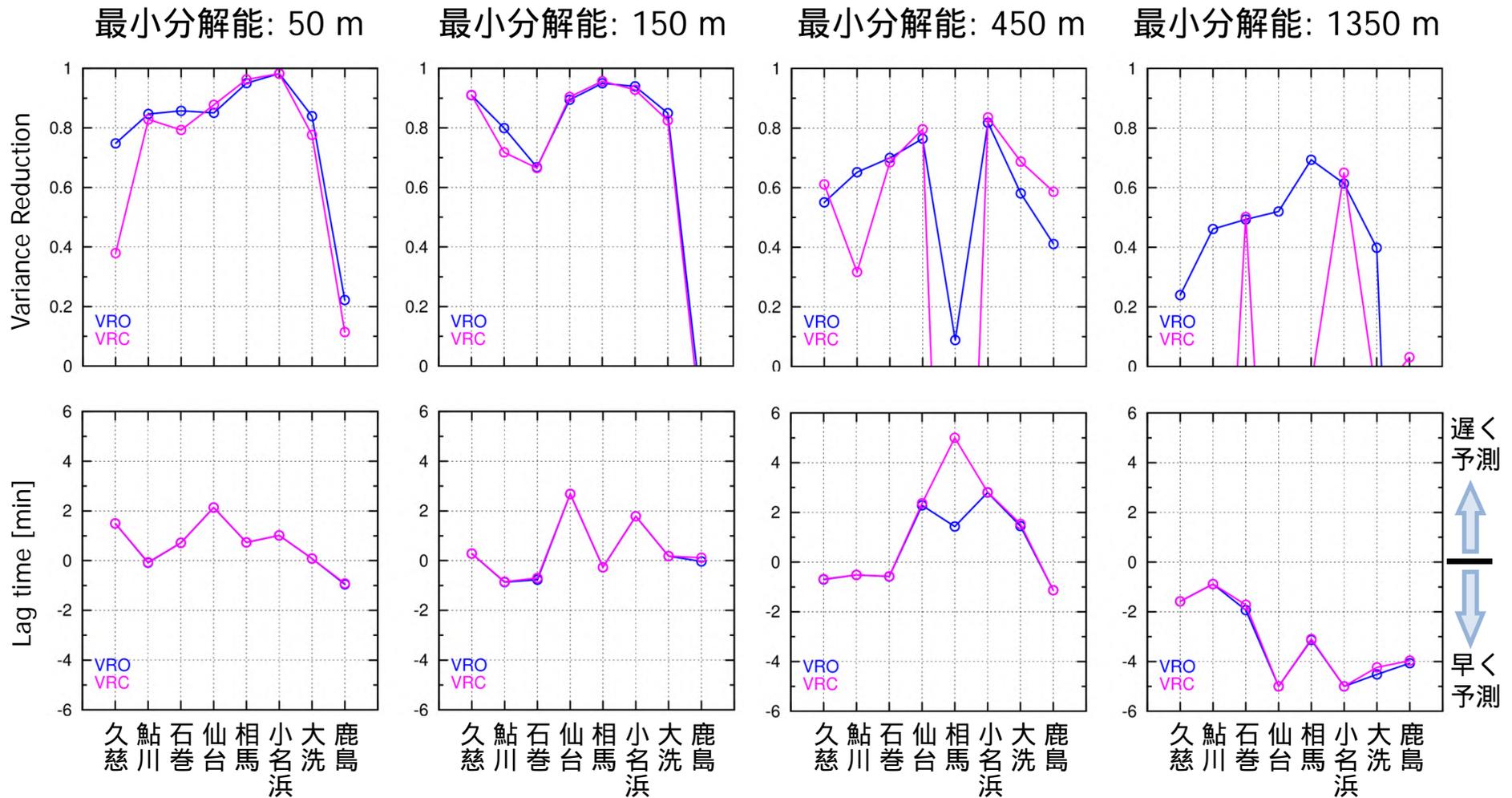
地形分解能を150 mまで粗くしても、津波波形の再現度の変化は小さい。
450 mまで粗くすると、津波波形の再現度が悪くなる観測点がある。

沿岸観測点の津波予測 -- 最大津波高



最大津波高については、地形分解能を450 mまで粗くしても、50 m分解能の地形を用いた場合と同等の再現精度を得られる

沿岸観測点の津波予測 -- 第一波到達～最大波の津波波形



最大波までの時間推移については、地形分解能を150 mまで粗くしても、50 m分解能の地形を用いた場合と同等の再現精度を得られる

エンベロープを再現できるか

震源時 観測 計算 (50 m) 計算 (450 m) 計算 (150 m) 計算 (1350 m)

最大波以降について、波形ではなくエンベロープなら精度よく予測できるか



時間窓幅2時間のエンベロープの観測値と計算値を比較



最大波以降のエンベロープ形状を再現できなかった

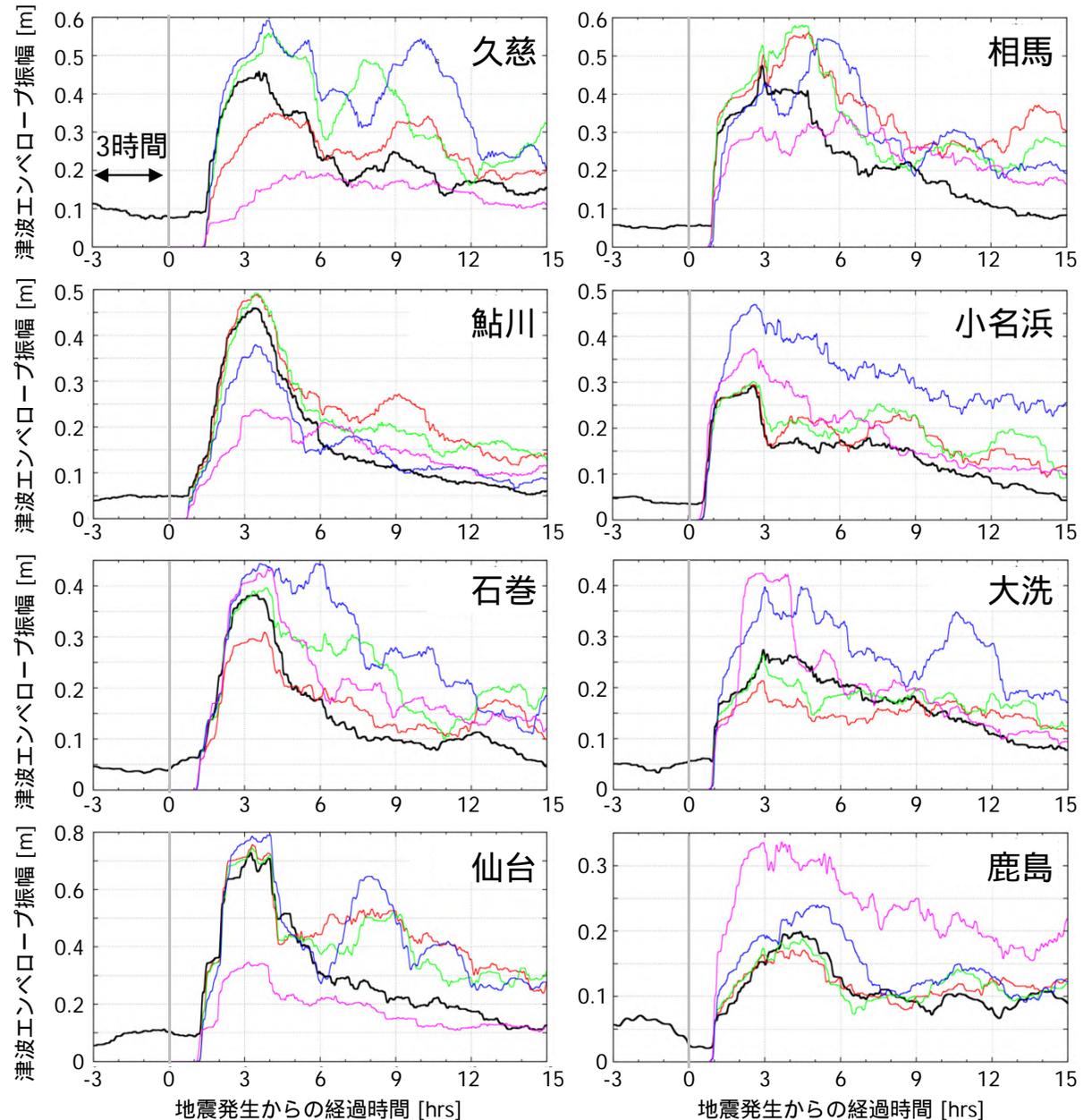
分解能450, 1350 mでは、50, 150 mのエンベロープ形状からの乖離が大きい

なぜ減衰の再現が悪い？

- ・ネスティングに関連する影響？
→ 全域150 m分解能にし、若干変化した
- ・粗度係数の調整で改善？
→ 粗度係数を一律に強めると後続の再現は改善するが、第一波振幅が減じる



他の要因も含め、今後要検討



考察 -- 今回のシミュレーションからみた予測精度と計算時間のバランス

予測精度

1. 津波シミュレーションによって津波の時間推移をどのくらい再現できるか
最大波まで: 波形レベルで精度よく予測できる
最大波以降: エンベロープでも減衰過程の予測は困難 (過大予測傾向)
2. 地形モデルの分解能をどのくらい粗くしても, 津波の時間推移の再現精度を保つことができるか
最大津波高の再現 : 450 mの地形分解能
最大波までの波形の再現: 150 mの地形分解能
津波エンベロープの再現: 150 mの地形分解能
時間推移の予測が目標 150 m分解能よりは粗くしないほうがよい

計算時間

- 今回: 計算領域を東日本に限定 → 150 m地形で日本全国の長時間積分(15時間)を10分前後で完了させることはできない
- | | |
|--------|-------------------|
| 50 m | 実時間の約0.54倍 |
| 150 m | 実時間の約0.06倍 |
| 450 m | 実時間の約0.03倍 |
| 1350 m | 実時間の約0.003倍 |
- ↓
- 対応案1: 計算の高速化 (ノード数を増やす等)
対応案2: 地震後の各時点のニーズに応じた計算設定(積分時間や範囲を限定)

まとめと今後の検討課題

- ・ 近地津波へのリアルタイム津波シミュレーションの活用を検討している。
- ・ 2016年福島県沖の地震の津波シミュレーションから次の結果を得た：
 - 分解能50 mの地形モデルを用いると
 - ・ 第一波から最大波までの波形を精度良く再現できた。
 - ・ 最大波以降は、エンベロープ形状による再現もできなかった。
 - 地形分解能を150 mまで粗くしても、最大波までの波形再現精度を確保でき、それよりも分解能を粗くすると、再現精度が著しく低下した。

今後の検討課題

- ・ 減衰の再現精度の向上にむけた検討
- ・ 津波数値計算の高速化にむけた検討
- ・ 他の規模の地震を対象とした検討 (2011年東北沖地震など)