

資料2 - 3

後続波の予測精度の向上

気象庁

- 目的

津波注意報・警報の解除の判断に資するため、最大の高さ出現後の津波の減衰特性を評価すること

- 本回の検討内容

1. リアルタイムに得られる波源情報に基づく津波計算で、津波波形の時系列をどの程度まで予想できるか？

平均化した振幅(MRMS振幅)なら予想できるか？

2. 津波の振幅(またはMRMS振幅等の指標)の推移を予測する方法の候補

気象庁の現在のリアルタイム計算用プログラムによる計算例

波源設定と津波伝播計算の方法

気象庁で現業的に求めている自動CMT解(遠地地震は30分間の地震波形)を基に、スケール則を仮定した断層パラメータで地殻変動計算して初期波源を設定し、非線形長波方程式を解く。(遠地地震発生後の津波の評価のために気象庁がリアルタイムに計算している方法と同じ)

計算・観測値の平滑化

津波エンベロープとして、窓幅2時間の移動自乗平均の $\sqrt{2}$ 倍を使う。

$$M(t) \equiv \sqrt{\frac{1}{w} \int_{t-\frac{w}{2}}^{t+\frac{w}{2}} h(x)^2 dx}$$

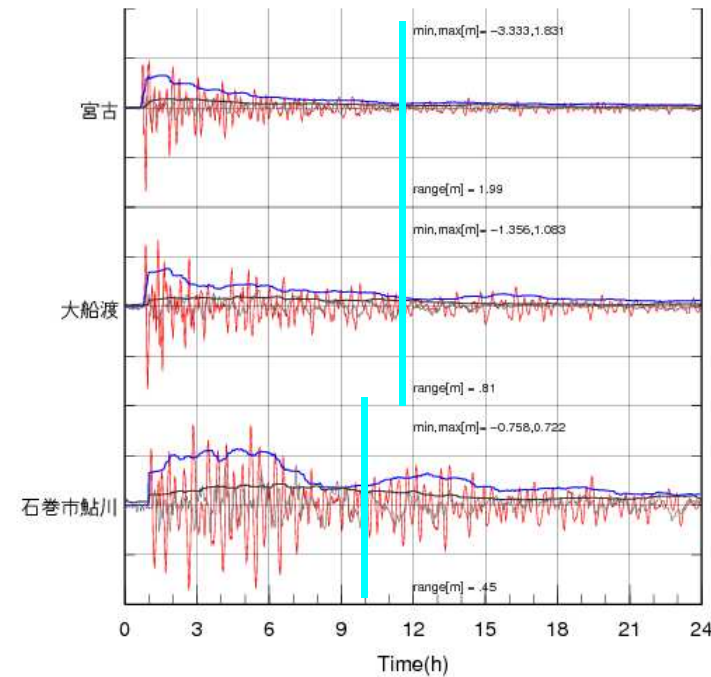
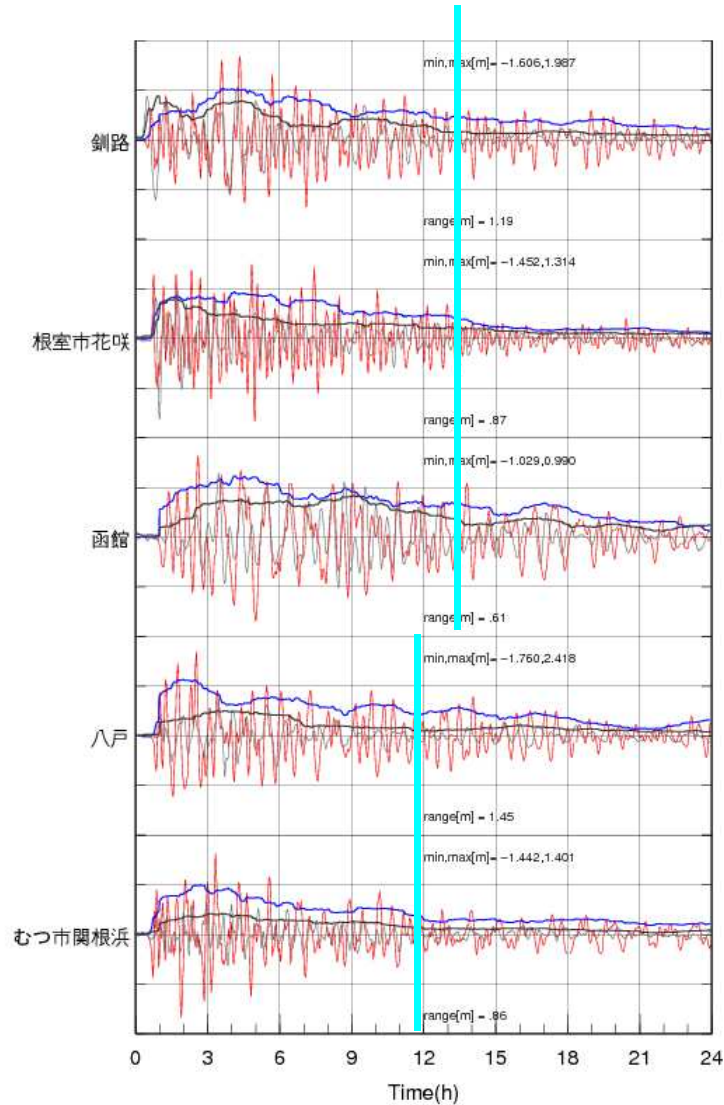
移動平均津波エンベロープ: $\sqrt{2}M(t)$

$M(t)$: 移動自乗平均(MRMS)振幅

$h(t)$: 津波の時系列

w : 移動平均の窓幅(今回の検討では2時間)

1. 2003年9月26日 十勝沖地震 (Mw8.0)



凡例

予測波形

観測波形

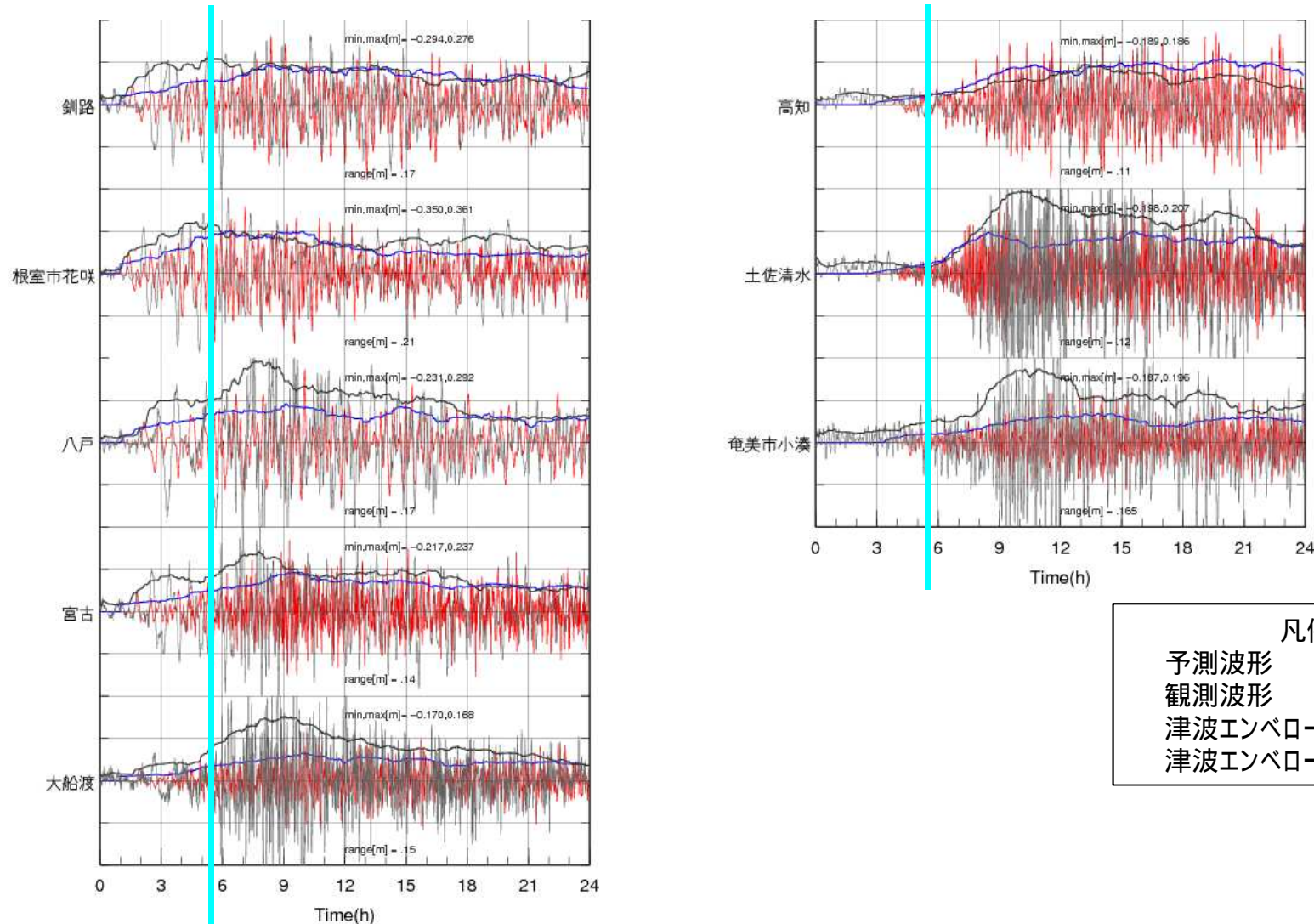
津波エンベロープ (予測波形)

津波エンベロープ (観測波形)

水色の線の時間で津波警報・注意報を解除している

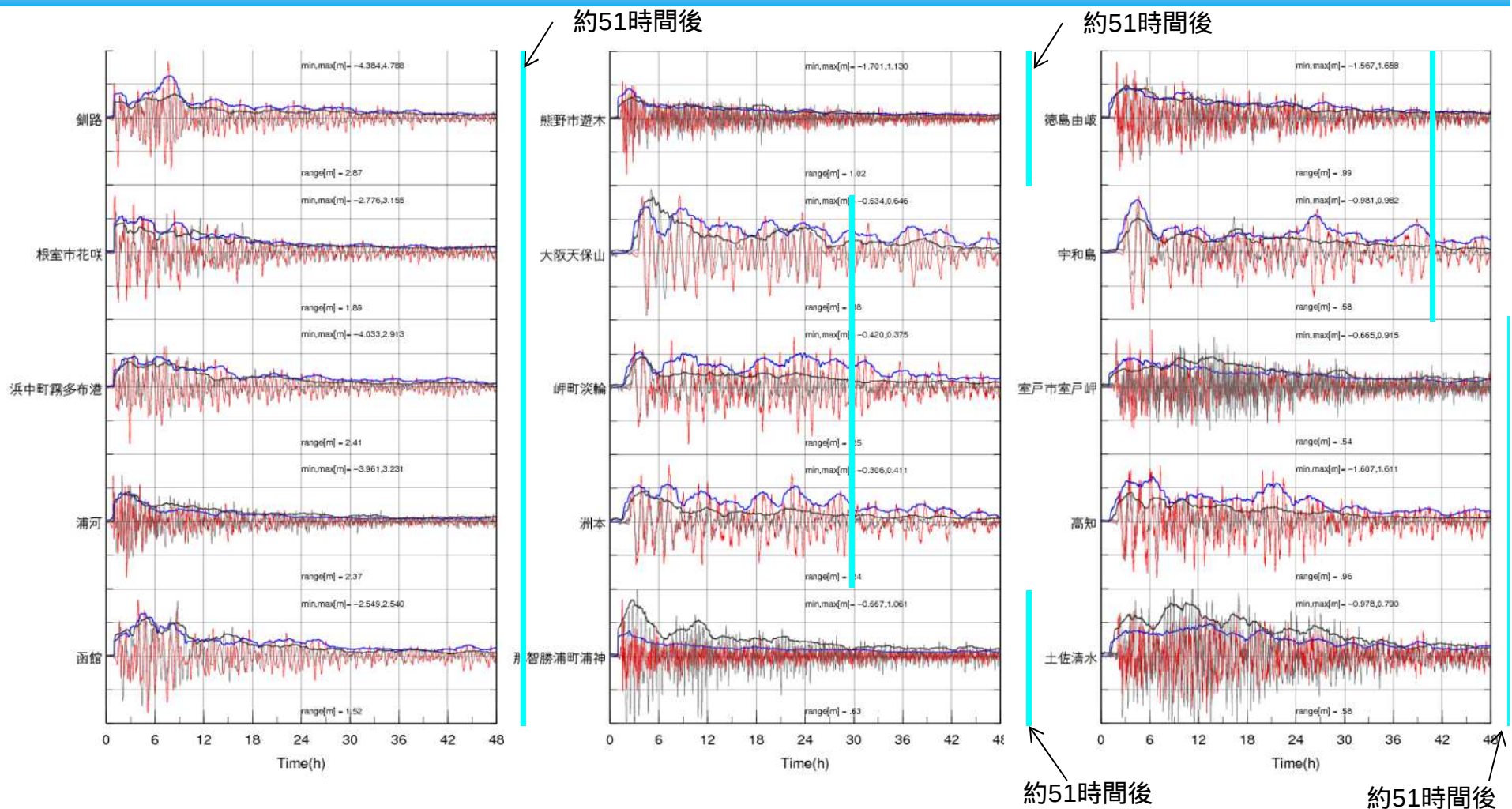
この計算例では、移動平均津波エンベロープで見ると、全時間帯とも予測が観測を上回る。

2. 2006年11月15日 千島列島の地震(Mw7.7)



この計算例では、移動平均津波エンベロープで見ると、全時間帯とも予測が観測を下回る。最大波が十時間後程度になることは、計算で再現できている。

3. 2011年3月11日 東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0)



この計算例では、移動平均津波エンベロープで見ると、予測と観測がある程度合っている。(大きく差がある点でも、津波注意報・警報を解除した時点で2倍程度)

凡例
 予測波形
 観測波形
 津波エンベロープ(予測波形)
 津波エンベロープ(観測波形)

2011東北地方太平洋沖地震による津波コーダの計算例

Saito et al. (2013)から考察すると

コーダ部の津波振幅の時間減衰を再現できる津波伝播計算の底面摩擦パラメータを求めている。
ただし、そのパラメータで計算すると、地震後2日程度までの津波は過小になる。

一つの計算で津波の一部始終を確実に再現するのは難しそう。

後続波の津波予測手法の提案の例

～ 太平洋規模の津波の後続波の予測方法

Mofjeld et al. (2000)より

後続波の予測式

$$\eta_F(t) = \overset{\text{潮汐等}}{\eta_B(t)} + \overset{\text{津波成分}}{\eta_o \exp[-(t - t_o)/\tau]}$$

予め設定する減衰時定数
(例、論文では $\tau = 2.0\text{days}$)

測定して設定する値：予
測区間開始時点の津波
振幅 $A\sigma$
(論文では $A=3.0$)

遠地津波のMRMS振幅の例

MRMS振幅は時間経過と共に指数関数的に減少
太平洋側：観測点による減衰時定数 τ の違いが小

遠地津波のMRMS振幅の減衰過程は、太平洋側では、共通の時定数の指数関数に近似できそう

$$M'(t) = ke^{-t/\tau}$$

移動自乗平均(MRMS)振幅

$$M(t) \equiv \sqrt{\int_{t-w/2}^{t+w/2} h(x)^2 dx} / w$$

遠地津波の減衰パラメータの例

地震発生日	震源	太平洋側の τ
2001.6.24	ペルー沿岸	22.9 ± 4.8 (h)
2003.11.17	アリューシャン列島	23.8
2006.11.15	千島列島東方沖	20.1 ± 3.3
2007.1.13	千島列島東方沖	19.1 ± 4.0
2007.8.16	ペルー沖	20.4

近地津波のMRMS振幅の例

近地津波で減衰中のMRMS振幅は、概ね地震からの経過時間に反比例すると近似できそう

$$M'(t) = kt^{\alpha}$$

近地津波の減衰パラメータ

地震発生日	震源	α
2003.9.26	十勝南東沖	-1.09 ± 0.18
2004.9.5 19:07	紀伊半島南東沖	-0.73 ± 0.05
2004.9.5 23:57	紀伊半島南東沖	-1.09 ± 0.39
2007.3.25	能登半島沖	-1.07

まとめ

1. 後続波の表現には、(MRMSなど) 平均化した津波振幅が有効。
2. 津波のコーダ部の振幅を数値計算で再現できるパラメータを求めた研究例がある。最大波前後と減衰初期の計算結果の信頼性も保ち、長時間後の津波も再現可能な方法は不明。
3. 注意報・警報を解除する段階までの津波を予測する方法の候補となりうる予測式が提案されている。予測式で必要な減衰率は、観測値から経験的に設定できる場合がある。
4. 今後、気象庁では、以下について検討を始めたい。
 - 津波観測・監視に導入できる指標の検討
 - 指標による実況監視から減衰の見通しを判断する具体的な方法