



## 2020年アラスカサンドポイント地震に伴った非地震性津波

内藤瑛乃, 馬場俊孝 (徳島大学大学院)

## 概要

アメリカアラスカ半島沖のアリューシャン海溝では、プレート境界地震が繰返し発生している。1946年にウニマク島沖で発生した地震に伴った津波は、広範囲に伝播し、震源付近の海岸で約40mの遡上高を記録した。この津波は、地震によって引き起こされた海底地すべりによって増幅した可能性が指摘されている。2020年10月に発生したM7.6の地震(2020年アラスカサンドポイント地震)においても、地震規模から予測されるよりも大きな津波が観測された。本研究では、2020年アラスカサンドポイント地震に伴った非地震性津波を説明する初期海面変動を求めるために、津波インバージョン解析を実施した。海底地すべりの規模を2種類の方法から見積もった。

## アリューシャン海溝

太平洋プレートが北米プレートの下に沈み込み  
収束速度: 約65mm/yr (USGS, 2020)

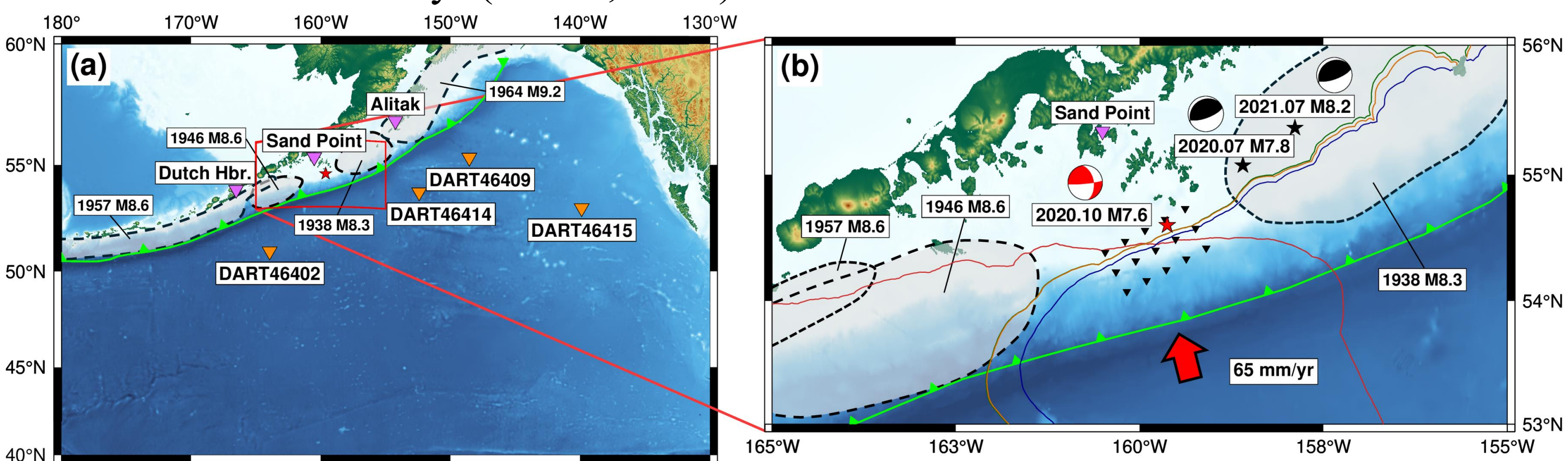


図1 (a)アリューシャン海溝(黄緑線), 津波を観測した観測点(DART: オレンジ三角, 検潮所: 紫三角), 2020年アラスカサンドポイント地震の震源(赤星), 過去に発生した地震の震源域(黒点線)を示す。(b) 2020年7月から発生した地震の震源, 地震発生から第1波のピークまでの時間を用いた逆伝播の波面(赤線, 青線, 緑線, オレンジ線), 要素波源の中心位置(黒三角)を示す。

## 2020.10 アラスカサンドポイント地震 (M7.6)

## 海底圧力計で観測された津波

地震波とGNSSに基づいた断層モデル: 再現 ×

## Bai et al. (2023, Nature Comm.)

2020.10の地震で非地震性津波が発生した可能性を指摘

試行錯誤的に初期海面変動を推定

・20km×20kmの断層の**スロースリップ**による津波の増幅の可能性を示唆

## 1946.04 アリューシャン地震 (M8.6)

遡上高: 約40m (震源付近)

## 異常に大きな津波

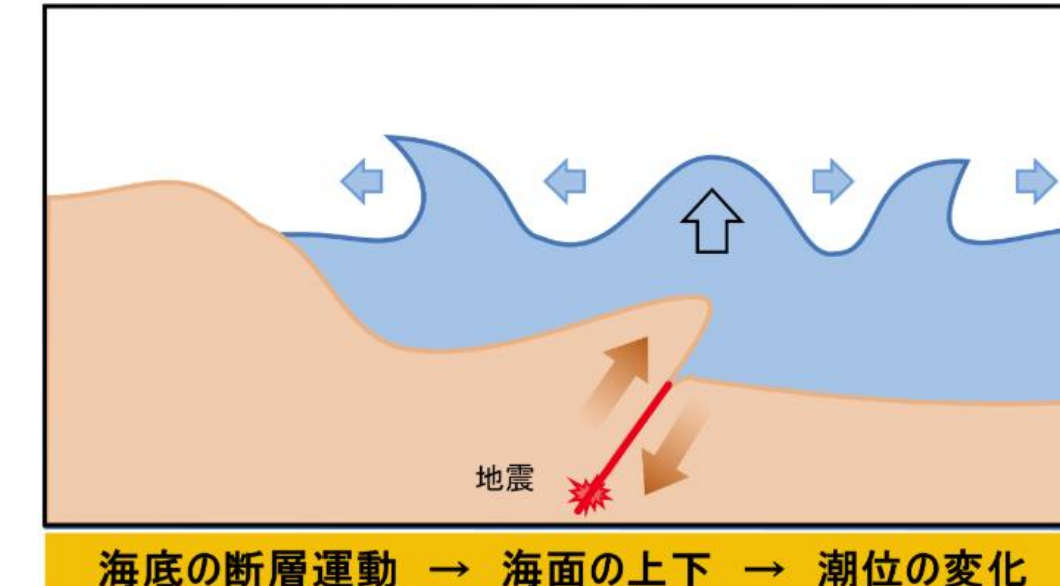
海底地すべりによる津波増幅の可能性

(Okal+, 2003; Fryer+, 2004; von Huene+, 2014)



図2 1946.04の地震における津波被害の様子 (Fryer et al., 2004)

## 地震による津波



## 海底地すべりによる津波

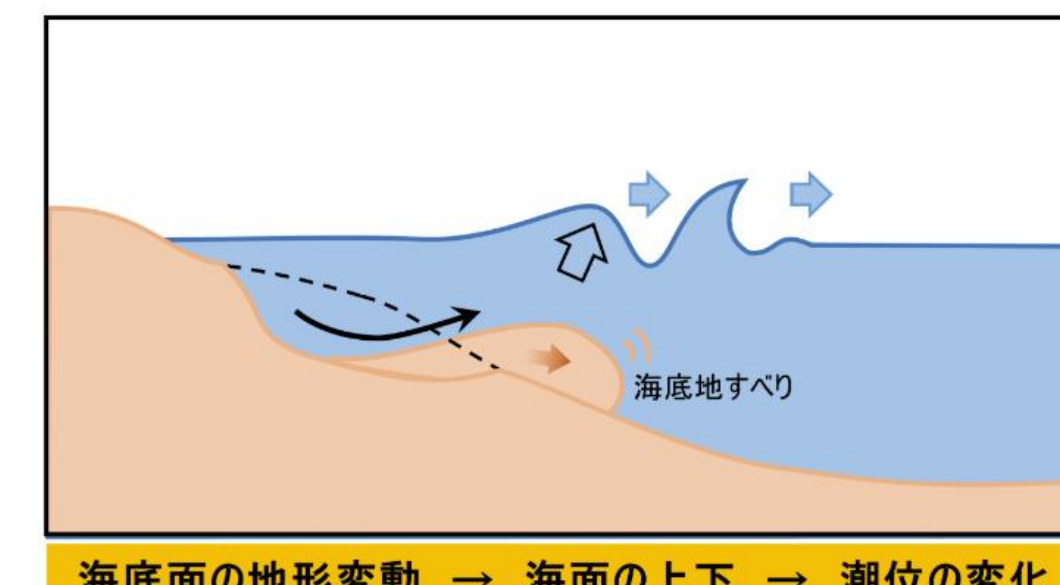


図3 津波発生の様式図 (気象庁)

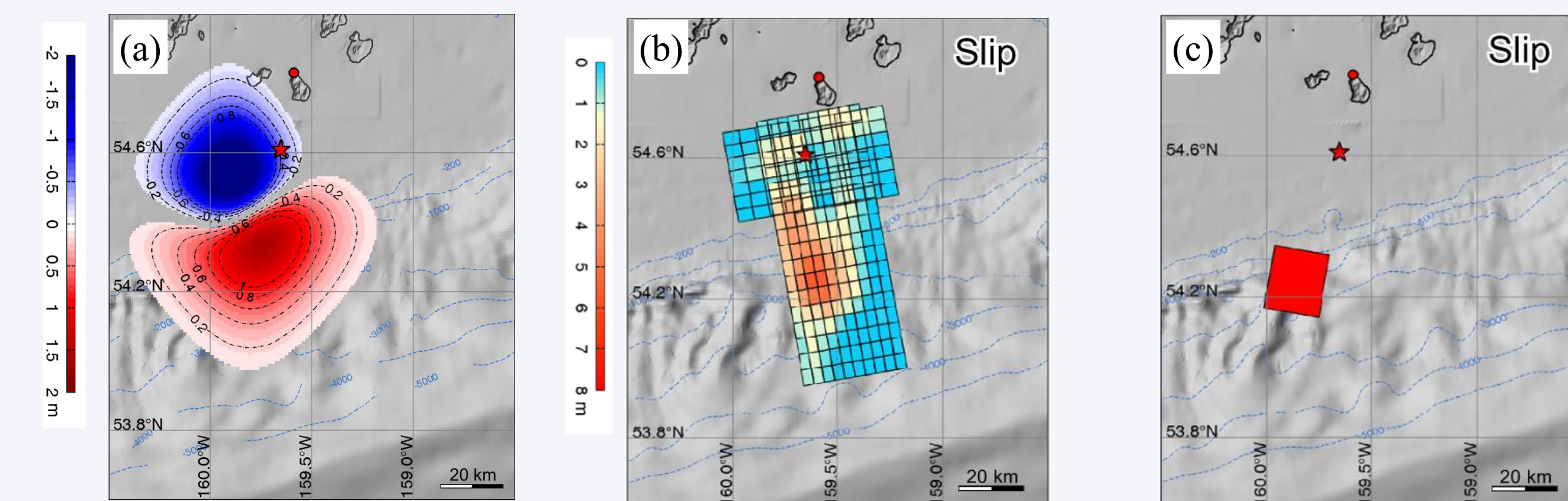


図4 (a)試行錯誤的に推定された非地震性津波の初期海面変動 (b)提案された2つの断層の高速すべりと (c)1つのスロースリップ (Bai et al., 2023)

## 解析手順

## 1 非地震性津波の抽出

元の観測記録から地震由来のデータに基づいた断層モデルによる予測津波波形の除去  
断層モデル: Zhou et al. (2022)

## 2 波源域特定, 要素波源の設置

DART観測における第1波ピークの到着時刻を用いた逆伝播波面の作成  
波面が集中した地点を中心に要素波源(ガウス関数)の設置 (図1b)

## 3 津波グリーン関数の構築

各要素波源から線形長波式を用いた計算津波波形の生成  
位相補正法(Watada+, 2014; 2023)を用いた津波波形の補正

## 4 津波インバージョン解析

## 観測方程式

$$Y = Xw$$

$Y$ : 観測津波波形  $X$ : 津波グリーン関数  $w$ : 回帰係数

## 損失関数

$$L = (Y - Xw)^T(Y - Xw) + \alpha ||w||^2$$

$\alpha$ : ハイパーパラメーター

## 損失関数を最小にする解(回帰係数)

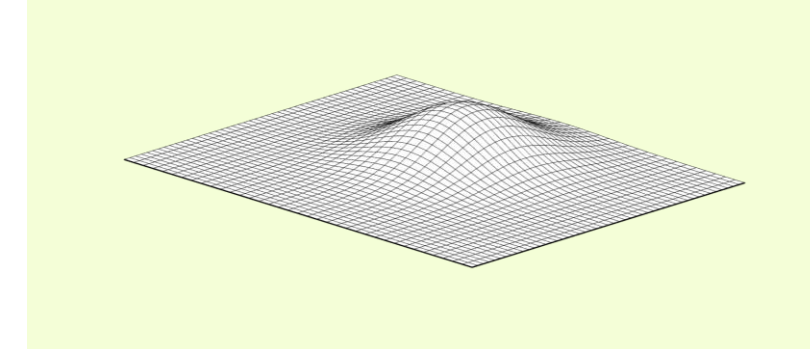
$$w = (X^T X + \alpha I)^{-1} X^T Y$$

$I$ : 単位行列

## 5 初期海面変動の作成

津波インバージョン解析で求められた重みを掛け合わせた要素波源を重ね合わせ

要素波源 15個

津波計算  
(手順3)

津波グリーン関数 ( $X$ )  
 $\times w_1$   
 $\times w_2$   
 $\vdots$   
 $\times w_{15}$  手順4

足し合わせ

初期海面変動(手順5)  
 $\times w_1$   
 $\times w_2$   
 $\vdots$   
 $\times w_{15}$  足し合わせ

観測津波波形 ( $Y$ )

図5 解析手順の簡略図

## 解析結果

## 非地震性津波の遅延発生

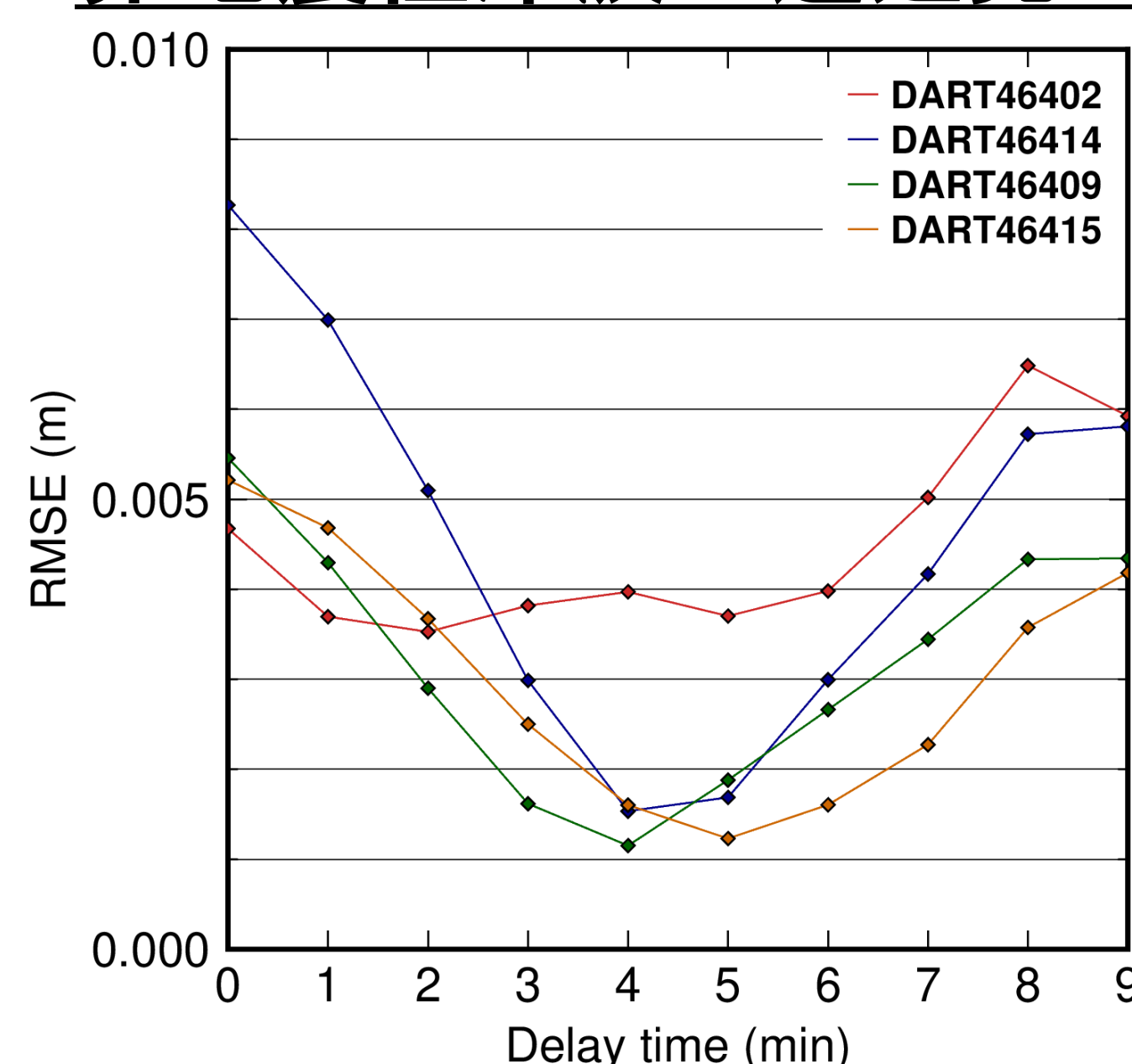


図6 DART後続波における計算波形と観測波形のRMSE. "Delay time"は地震から非地震性津波の発生開始時刻までの時間を指す。求めた範囲は、図6の黄色の網掛け部分である。

## DART観測後続波の再現性

非地震性津波の遅延発生0分から9分まで  
各分毎にRMSEを算出

## RMSE (平均平方根誤差)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (\eta_{cal} - \eta_{obs})^2}{n}}$$

$\eta_{cal}$ : 計算津波の振幅  $\eta_{obs}$ : 観測津波の振幅

$n$ : データ個数

値が0に近いほど良い

## 5分遅延発生を仮定

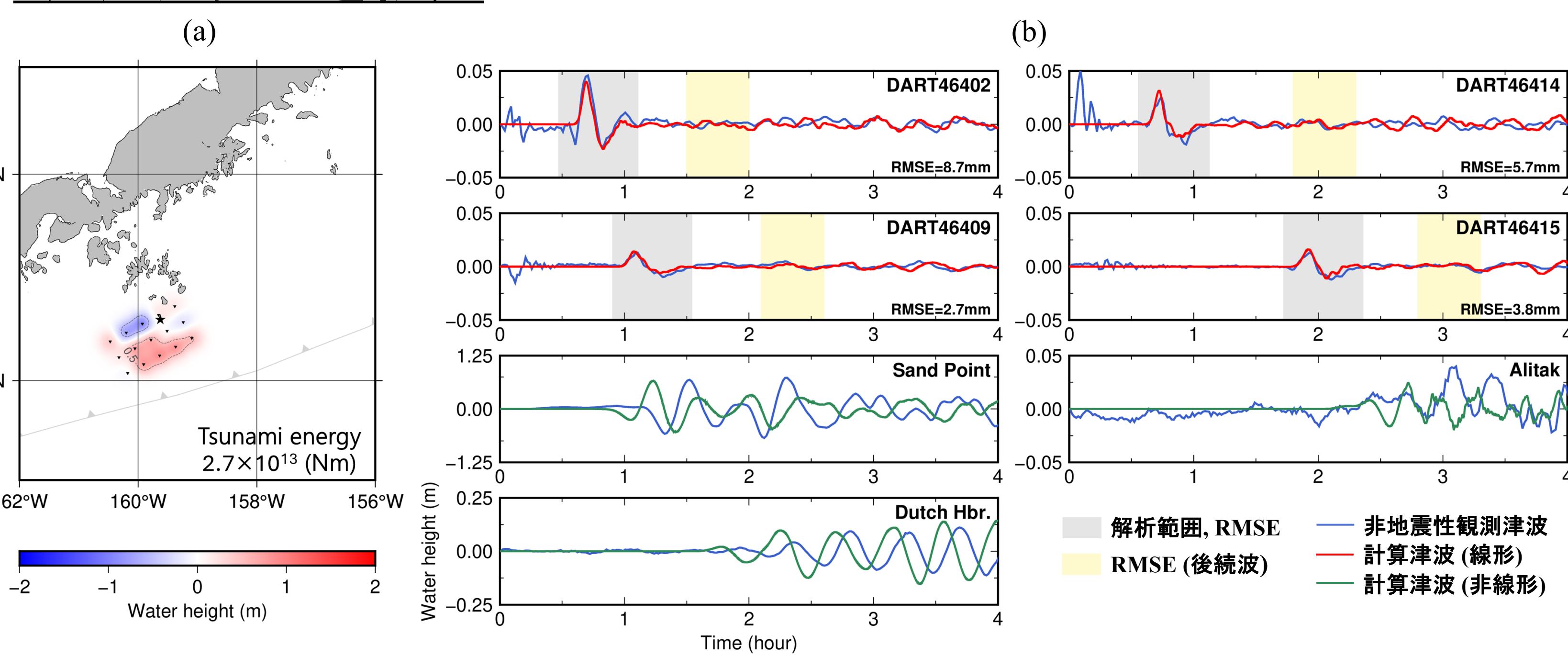


図7 非地震性津波が地震から5分遅延発生を仮定した場合の津波インバージョン解析結果 (a)初期海面変動, (b)灰色の網掛け部分のデータをインバージョン解析, 右下のRMSEの値を求める際に使用した。

## 海底地すべり津波の検討

## 経験式 (Watts et al., 2005)

水理実験と数値解析から得られた経験式  
海底地すべり津波の高さを簡易的に評価

経験式によって求めた海底地すべりによる  
初期海面変動を用いて津波計算を実施。

## 非静水圧二層流モデル

密度の違う二層(海水, 土砂)を連動させて解く  
海底地すべり津波の発生から伝播まで一貫して計算可能

初期土砂層を構築し, 津波計算を実施

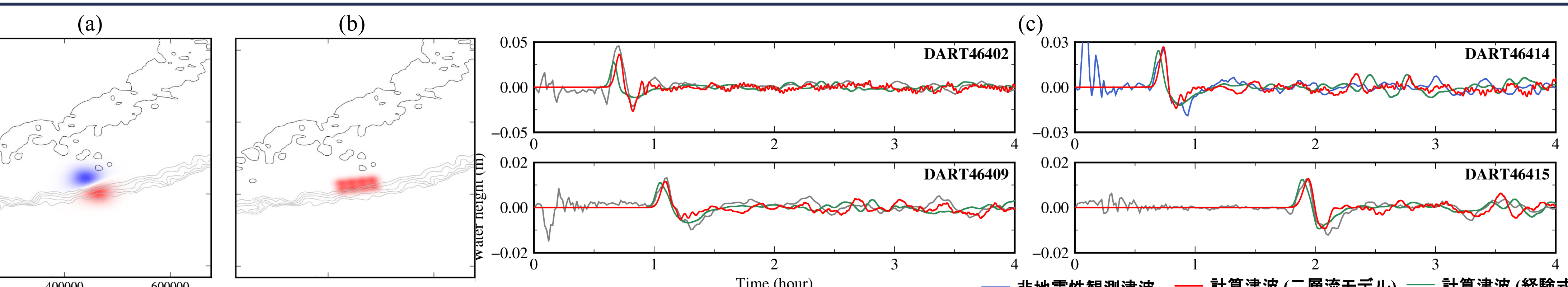


図8 (a)経験式によって推定された初期海面変動, (b)二層流モデルの計算で使用した初期土砂層, (c)観測津波と計算津波の比較を示す。

表1 海底地すべりのパラメタ比較

	This study		Fryer+ (2004)	Waythomas+ (2009)
	2020.10 M7.6		1946 M8.6	Simulation
	経験式	二層流モデル		
斜面に沿った長さ (km)	8	44	65	80
傾斜に直行する方向の幅 (km)	60	84	25	25
厚さ (m)	500	11	250~500	800
体積 (km <sup>3</sup> )	240	27	200~300	1600