

津波予測の現状と将来に向けて

今村文彦

東北大学大学院工学研究科
附属災害制御研究センター

2010年11月27日 東北大学公開講座



1

本日の話題

- 2010年2月チリ津波を振り返る
- どこまで、遠地津波を予測できたのか？
- 警報発令と解除
- 津波シミュレーションの可能性
- ハザードの推定, 被害・リスクの評価
- 課題:
 - 漂流物のシミュレーション
 - 3Dモデル
 - など

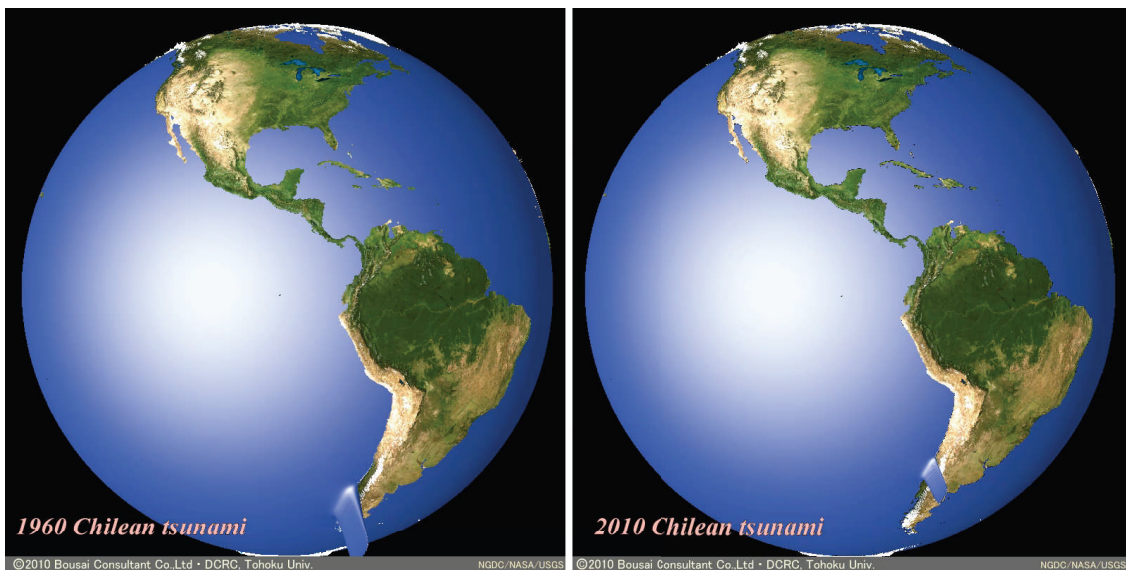
2

2010年チリ中部沿岸の地震発生から津波警報発表まで

- (日本時間)
- 2月27日
- 15:34 チリ中部沿岸でM8.8の地震発生
- 16:00 遠地地震に関する情報 発表(地震発生について)
- 17:32 遠地地震に関する情報 発表(チリ沿岸で1m越えの津波)
- 19:00 記者会見(第1回)(日本到達は明朝13時頃、津波警報～注意報を想定。警報等の発表は2時間前までに)
- この間、津波シミュレーションを適宜実施、日本への津波の影響を評価
- 遠地地震に関する情報にて、海外で観測された津波の状況を適宜発表
- 2月28日
- 08:30 記者会見(第2回)(9時30分に津波警報(東北北部には大津波)発
- 表予定、1960年チリ津波時には後続波が高くなっていた)
- 09:33 津波警報発表

3

2つのチリ地震津波再現



4

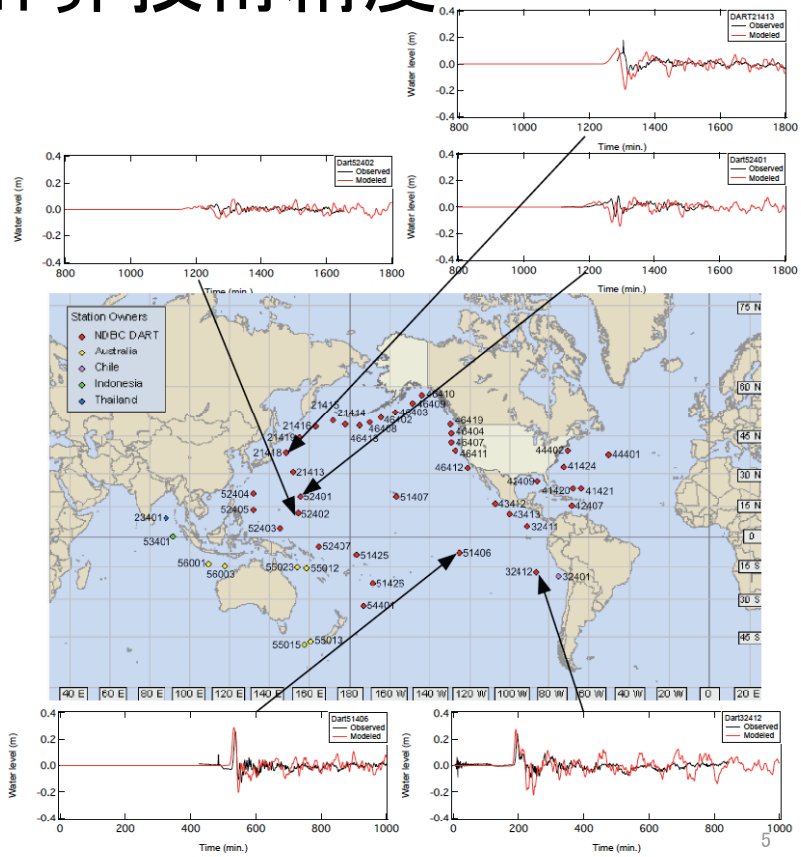
現在の数値計算技術精度

東北大学モデル

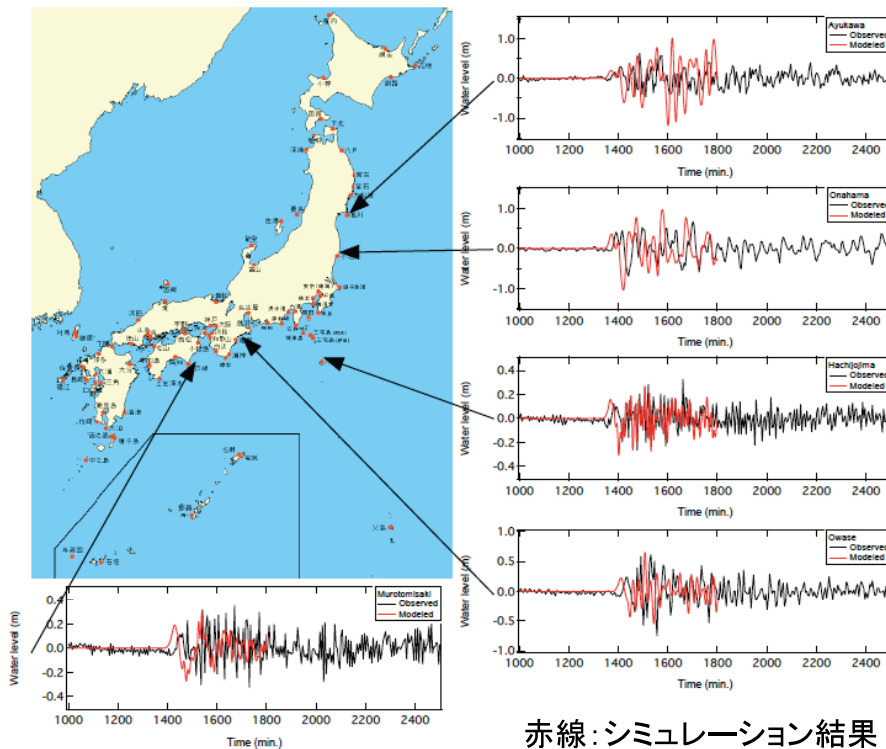
到達時間
波高、振幅
波形

波数分散効果
地形データの精度

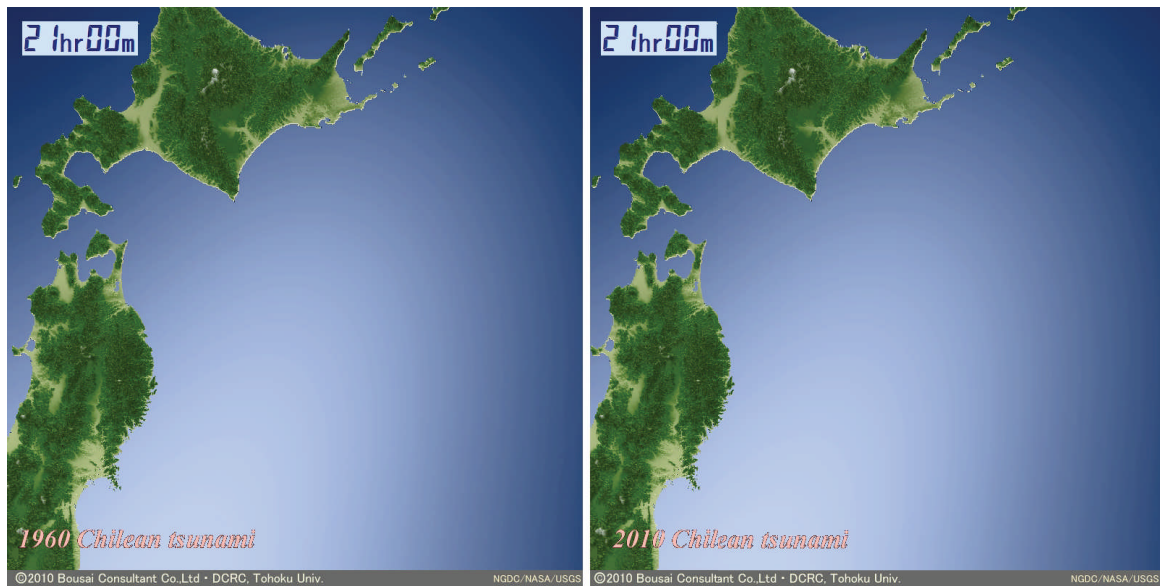
赤線: シミュレーション結果
黒線: 実測結果



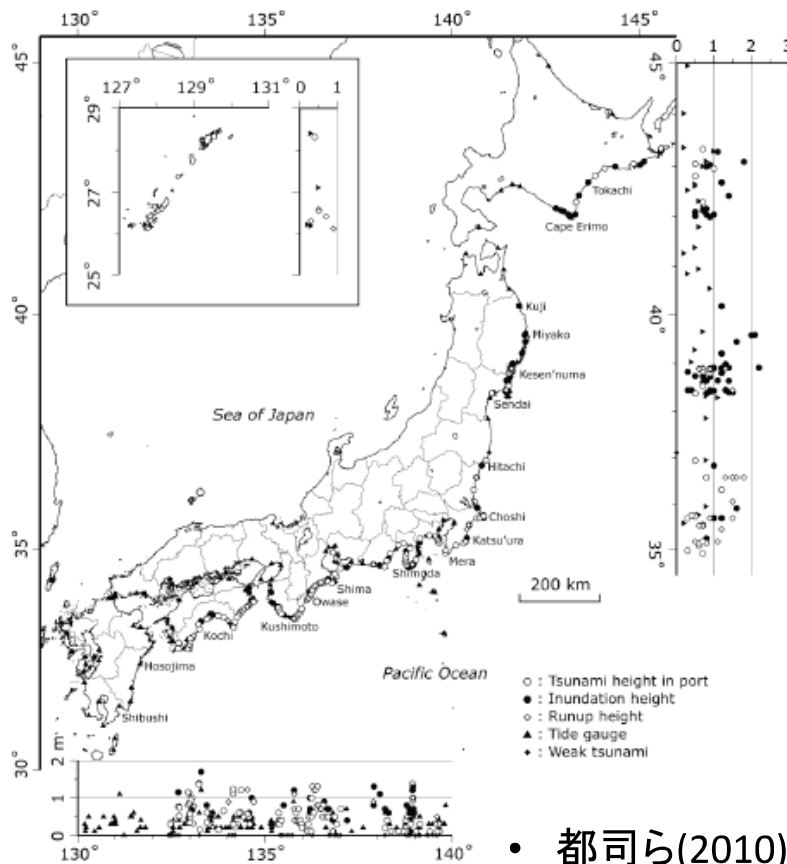
沿岸での比較検討



2つのチリ津波—日本沿岸域で



7



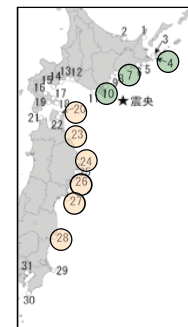
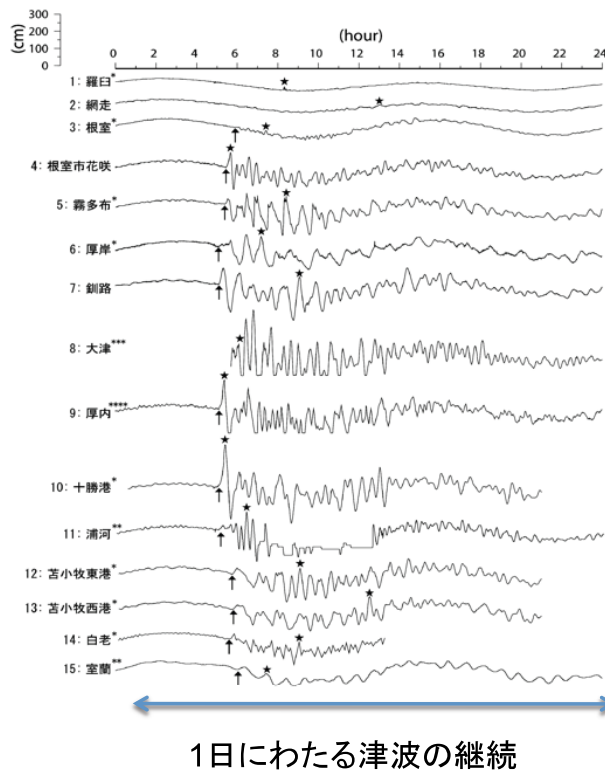
• 都司ら(2010), 海岸工学論文集

図-1 日本全域での津波高の分布

津波警報の解除に向けて

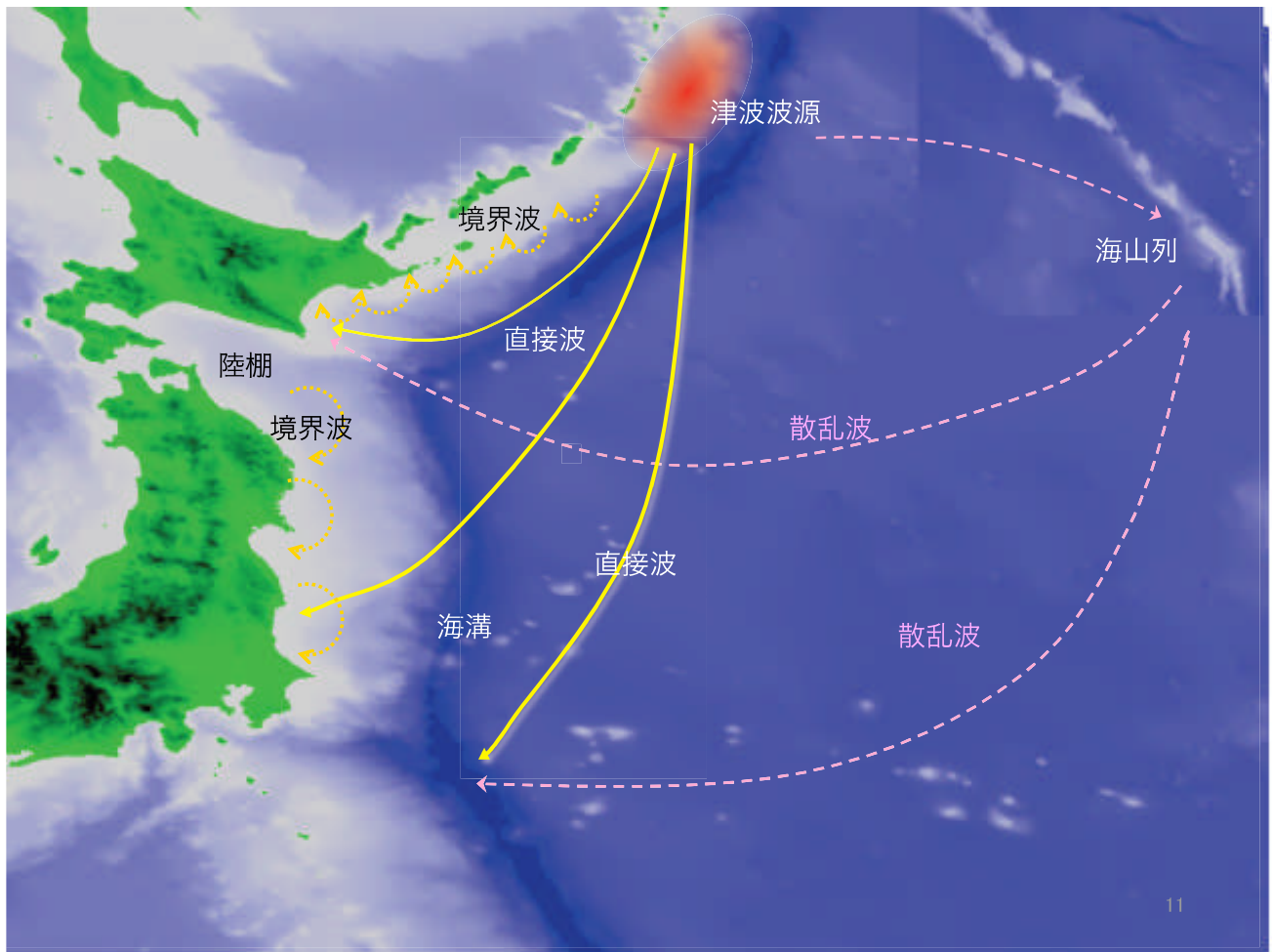
林豊(2010)

2003年十勝沖地震での津波エンベロープ波形の例



第一波が最大とは限らない
減衰過程は場所により様々
12時間後に最大波出現の場合も

入射(直接波) => 反射 => 振動



漂流物の移動シミュレーション

Video recording the tsunami at Aceh, Indonesia



By METRO TV, Indonesia

13

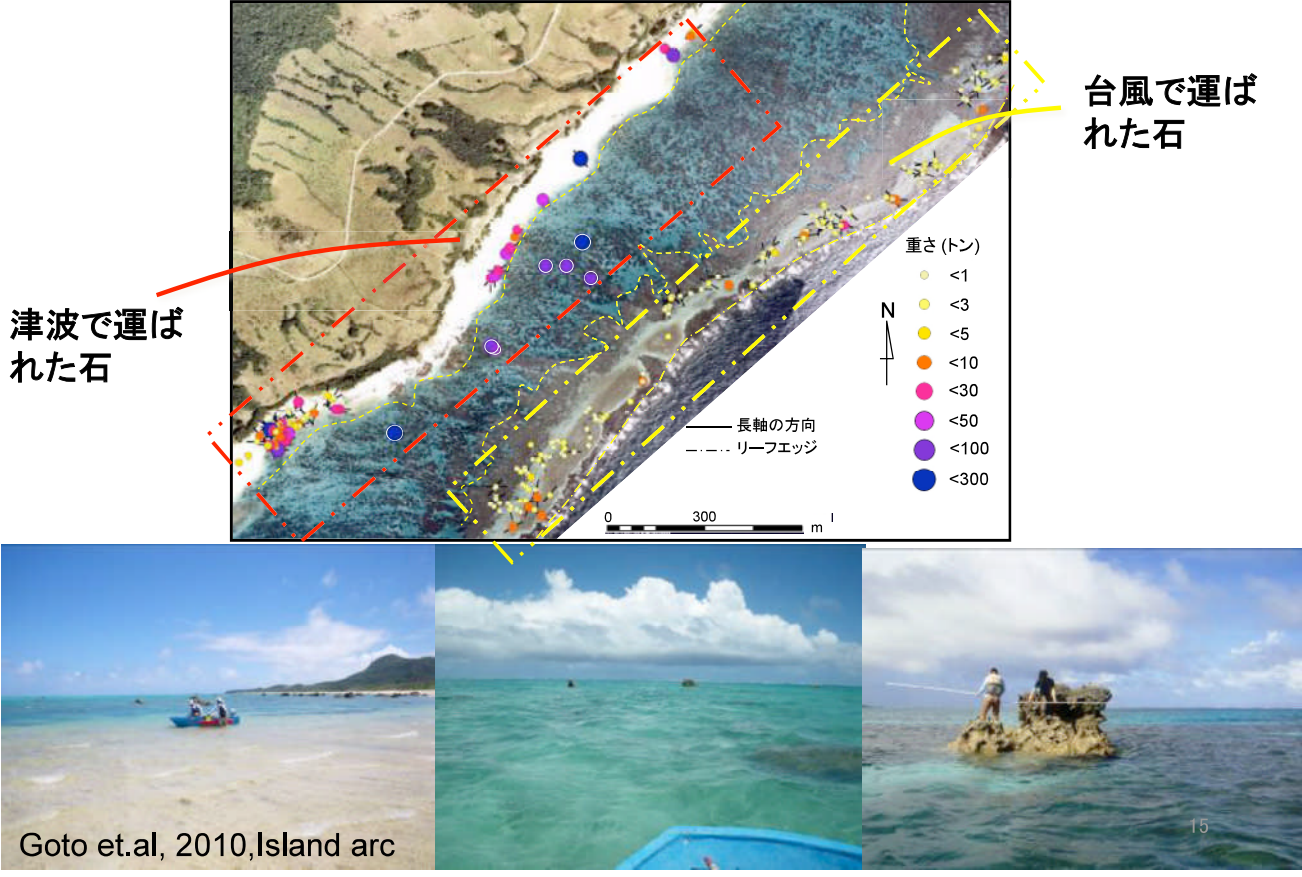
Krueng Raya Oil Delivery Terminal, Aceh Indonesia



Three tanks drifted about 300 meters and one moved 0.7 meters

14

石の分布には意味がある(石垣島での調査)



津波石移動モデル

4. Development of the Model - Boulder Transport by the Tsunami (BTT-model)

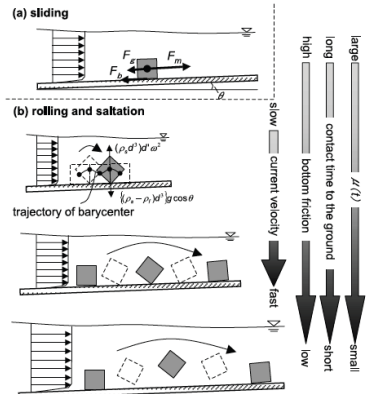
4.1. Numerical Model of the Wave Current for Hydraulic Experiment

[15] Before the calculation of the block transport, an accurate reproduction of the wave current is required. Shallow-water theory was used for numerical calculation of the tsunami propagation in the shallow region and the run-up.

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{g\eta^2}{D^{7/3}} M |M| = 0 \quad (2)$$

where η is the vertical displacement of the water surface above the still-water surface, M is the discharge flux in the x



F_b , and the component of the gravitational force F_g along the slope (Figure 7a) [Noji et al., 1993].

$$\rho_s V \ddot{X} = F_m - F_b - F_g \quad (3)$$

where ρ_s is the density of the block, V is the volume of the block, and X is the position of the block in the x -direction. F_m represents the sum of the forces of drag and inertia [Noji et al., 1993].

$$F_m = C_D \frac{1}{2} \rho_f A (U - \dot{X}) |U - \dot{X}| + C_M \rho_f V \dot{U} - (C_M - 1) \rho_f V \ddot{X} \quad (4)$$

where U is the current velocity at the position of the block, A is the projected area of the block against the current, and C_D and C_M are coefficients of drag and mass, respectively. F_b and F_g are represented as follows.

$$F_b = \mu (\rho_s - \rho_f) V g \cos \theta \frac{\dot{X}}{|\dot{X}|} \quad (5)$$

$$F_g = (\rho_s - \rho_f) V g \sin \theta \quad (6)$$

where θ is the angle of the slope at the position of the block and μ is the coefficient of friction.

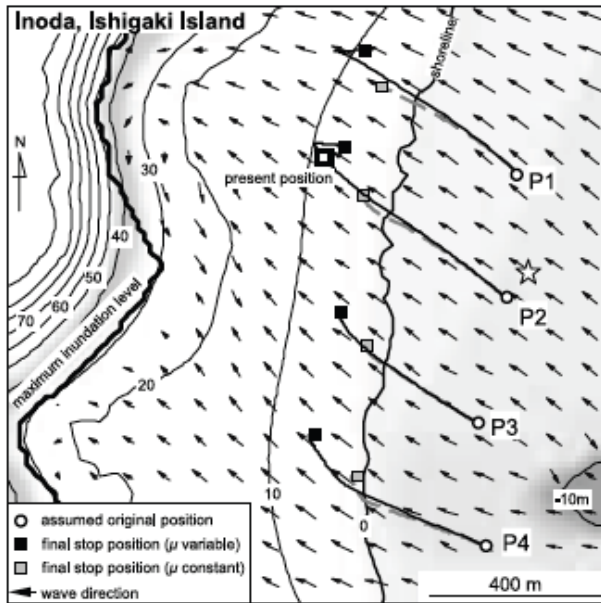


Figure 10. Diagram showing the trajectory of the boulder transported by the tsunami at Inoda area in Ishigaki Island. The star marks indicate the locations of measurements of the time series for elevation of the water level and the current velocity shown in Figure 11.

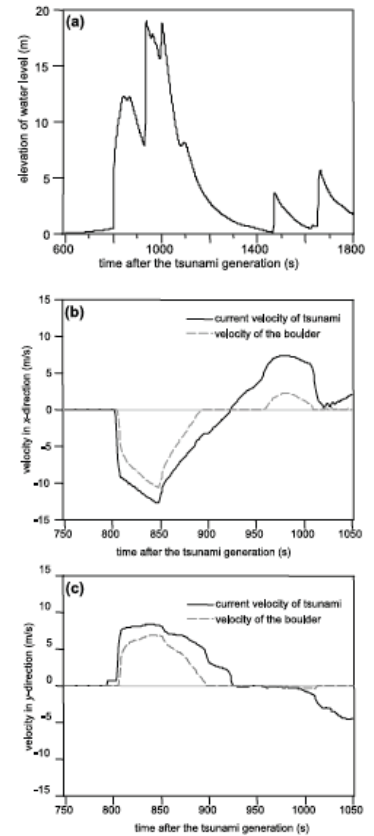


Figure 11. (a) Diagram showing calculated time-series elevation of water level (m). Diagrams showing velocities (m/s) of the current and the boulder in (b) x -direction and (c) y -direction. Eastward and northward are positive in (b) and (c), respectively.

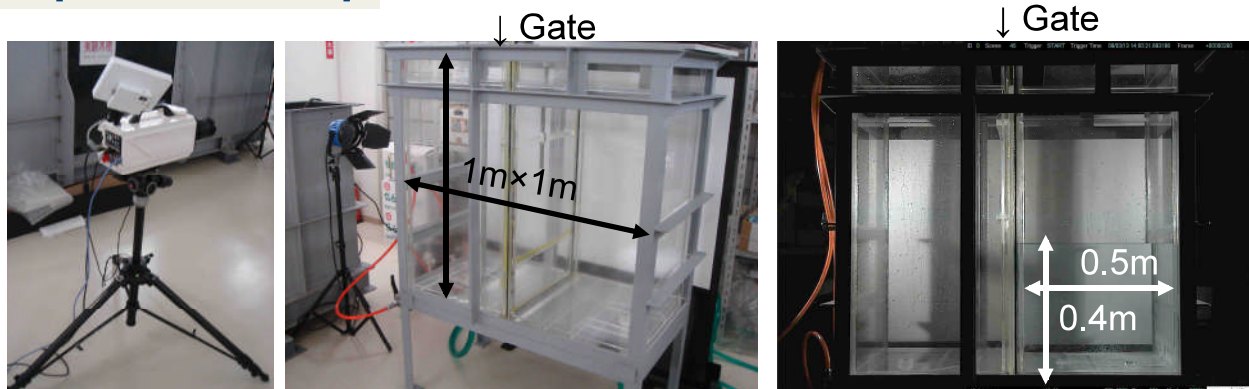
Imamura et al., 2008, JGR

Plash of tsunami wave, 3D behaviors and impulsive wave force

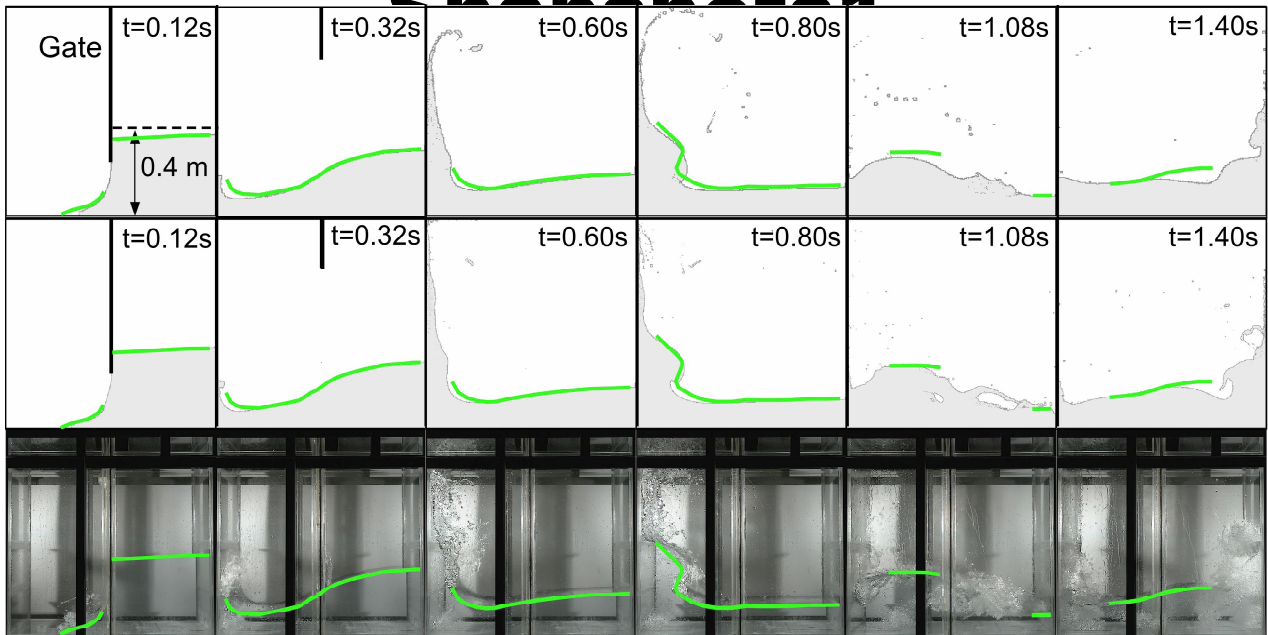


Splash against the coast (Indian Ocean Tsunami 2004)

Experimental set-up



Verification: Laboratory experiment



Top: LBM (250×250)
 Middle: LBM (500×500)
 Bottom: EXP

→The model result is well agreed with laboratory experiment, and Major characteristics of water body behavior is well captured.

19

津波シミュレーションの課題

- 波源の複雑さ(不均一性, アスペリティー, 非地震性)
- 伝播経路の複雑さ(反射波, 散乱波, 後続波の減衰)
- 津波に伴う現象(流れ, 土砂移動, 漂流物,)
- 陸域での複雑さ(3D, 土地利用, 植生の効果)
- シミュレーションの出力: 最大波高, 到達時間+流速, 波力, 継続時間, 減衰など)