

タイ・パカラン岬における津波石移動現象の再現計算

東北大学大学院 学生会員 ○岡田 清宏
東北大学大学院 後藤 和久
東北大学大学院 正会員 今村 文彦

1. はじめに

津波によって巨礫（以下、津波石）が陸上に打ち上げられるという現象が過去に数例報告されている。例えば、沖縄県石垣島には、1771年明和津波によって移動したと考えられる、サンゴ岩からなる巨礫が多数分布している（加藤・木村, 1983）。同様に、津波リスクの高い国の沿岸域に巨礫が分布しているとの報告がある（例えば, Noomets et al., 2004）。これらが津波によって運搬されたことが示されれば、巨礫を用いて過去の津波の情報が得られる可能性がある。そのため、津波石の移動現象を再現するために数値モデルの開発が行われてきた（例えば, Imamura et al., 2008）。しかし、既往の研究ではモデルの精度を検証するために、古文書や伝承を元にして津波石の初期位置等を参照しているため、より詳細な情報を用いて津波石移動モデルを検証する必要がある。

一方、2004年インド洋大津波の後に、タイのパカラン岬（図-1）において、海岸から沖合に約600 mの礁縁付近に位置していた最大直径4 m（重量約22 t）のサンゴ岩が、1000個以上も潮間帯に打ちあがったことが、地質学的調査によって明らかにされた（図-2; Goto et al., 2007）。そこで本研究では、タイ・パカラン岬における実態調査を踏まえた数値実験を行うことにより、津波石移動モデルの現地適用性や津波石の挙動解析を行った。

2. 計算方法

(1) インド洋津波の再現計算

インド洋津波の再現計算を行うために、広領域（第1領域: $dx=1850$ m）から狭領域（第5領域: $dx=17$ m）へと格子サイズを変化させて、接続計算を行った（図-3）。断層モデルにはManshinha・Smylie(1971)を用い、断層パラメータにはAnawat et al. (2008)のパラメータを使用した。支配方程式には、広領域で地球座標系の線形長波方程式を用い、狭領域で直行座標系の非線形長波方程式を用いて、津波発生時から5時間後まで計算を行った。

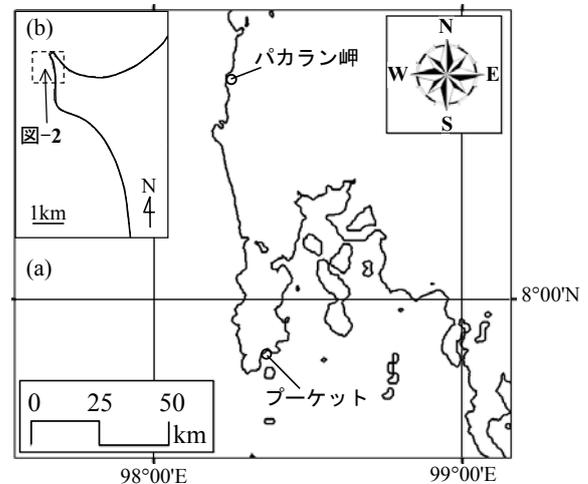


図-1 タイ南部・パカラン岬 ((a) タイ南部, (b) パカラン岬の拡大図)

(2) 津波石の移動計算

津波石の移動計算には、Imamura et al. (2008)の数値モデルを使用した。計算対象の津波石は、パカラン岬における平均サイズの津波石（ $1.8\text{ m}\times 1.3\text{ m}\times 1.1\text{ m}$, 1.62 g/cm^3 , 2トン）を想定した。また、津波石に付着したサンゴの生息水深から、津波来襲前の津波石がパカラン岬のリーフエッジ沖の水深10m以浅の範囲に分布していたとの推定（Goto et al., 2007）を元にして、汀線から沖合方向に約2 kmの地点に200 mの間隔で、津波石の初期位置を32カ所設定した（図-4）。

そして、現地調査で観測された津波石の分布特性として、(1)水深10m以浅の津波石がパカラン岬西岸と北東岸の潮間帯に打ち上げられた点、(2)すべての津波石が高潮位線以下に停止し、陸上に打ち上げられなかった点を、数値計算で再現可能か検討した。

3. 計算結果

まず、パカラン岬沿岸では引き波によって潮位が約6 m低下する。津波発生から130分後には、第1波の押し波がパカラン岬西岸にほぼ垂直に入射し、リーフエッジ付近で最大波（流速7 m/s～10 m/s, 波高5 m）が算出された。リーフエッジ付近に初期位置を設定した場合、第1波の押

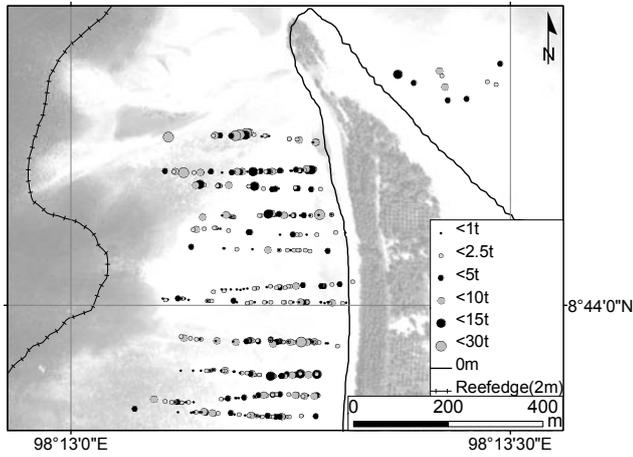


図-2 パカラン岬に分布する長軸の長さが1 m以上の津波石（西岸では12測線上を調査）. 西側の曲線は礁縁（水深2m）を示す.

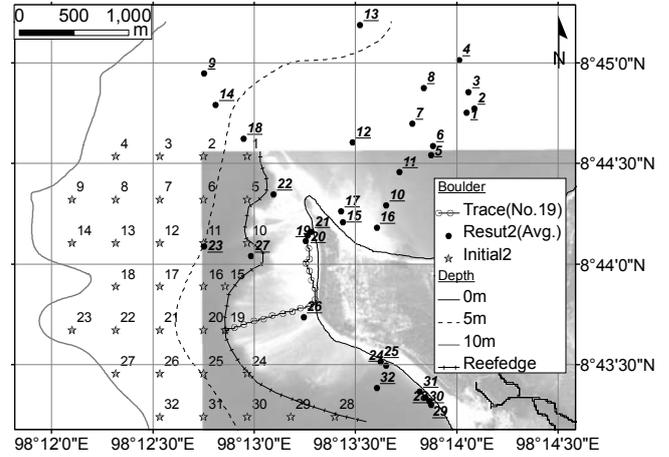


図-4 津波石の初期位置（星印）、数値モデルによる移動結果（丸印）、およびNo.19の津波石の移動軌跡（丸線）

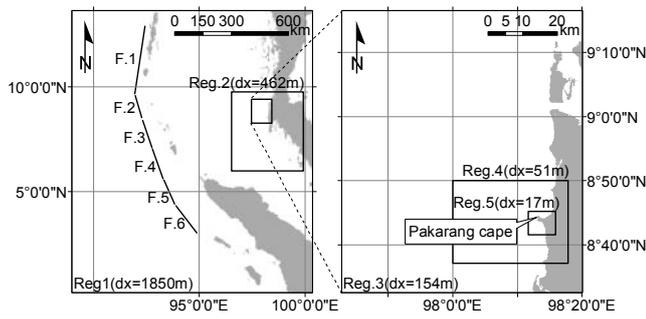


図-3 計算領域（Reg.1～5の領域を接続，dx：空間格子サイズ，F.1～F.6：断層）

し波によって、パカラン岬の北東（1～8,10～13,番）と岬の東岸（15～17番）、リーフフラット上（19～22,26番）、およびパカラン岬の南方（24,25,28～32番）まで移動し停止した。その後、南方から後続波が複数回来襲し、リーフフラット上と岬北東の津波石を、さらに北方へ運搬した。そして、最終的に全ての津波石が陸上まで打ち上げられることなく停止した。この原因の一つとして、第1波の押し波が汀線に到達した際に生じる沖側への反射波によって、汀線付近で流速が低下することが考えられる。以上から、現地の津波石の分布傾向を概ね良好に再現できたと考えられる。ただし、岬の北東と南方の津波石については、水深が深く現地調査が行えないため、計算結果を評価できなかった。

また、最も西方（水深10m付近）に初期位置を設定した津波石（9,14,23,27番）は、リーフエッジより沖合の礁斜面上で停止した。よって本計算によって、リーフフラット上に分布する津波石の初期位置が、水深10m以浅であることを説明することが可能であり、移動モデルによる津波石の移動現象の再現性は良好であると考えられる。

4. 結論

本研究では、インド洋大津波によって運搬されたタイ・パカラン岬の津波石に関する詳細な調査結果を用いて、津波石の挙動解析と移動モデルの現地適用性を検討した。その結果、パカラン岬における津波石の分布傾向を、数値モデルで概ね良好に再現計算可能であることが分かった。また、パカラン岬に打ち上げられた津波石の初期位置が水深10m以浅であることを、計算結果より再現することができた。よって、本計算で用いた津波石移動モデルの現地適用性は良好であると考えられる。

参考文献

- Goto, K. et al. (2007) : Distribution, origin and transport process of boulders transport by the 2004 Indian Ocean tsunami at Pakarang Cape, Thailand. *Sediment. Geol.*, Vol. 202, pp.821-837.
- Imamura, F. et al. (2008) : A numerical model for the transport of a boulder by tsunami. *J. Geophys. Res.* 113, C01008, doi:10.1029/2007JC004170.
- Manshinha, L. and D.E. Smylie. (1971) : The Displacement Fields of inclined Faults, *Bull. Seismol. Soc. Am.* 61-5, pp.1433-1440.
- Noomets, R. et al. (2004) : Sedimentology of rocky shorelines: 3. hydrodynamics of megaclast emplacement and transport on a shore platform, Oahu, Hawaii, *Sediment. Geol.*, Vol.172, pp.41-65.
- Anawat, S. et al. (2008) : Comparison Among the Proposed Models for the 2004 Indian Ocean Tsunami, 平成19年度東北支部技術研究発表会概要, II-53.
- 加藤祐三・木村正昭(1983): 沖縄県石垣島のいわゆる「津波石」の年代と起源, *地質学雑誌*, 第89巻, 第8号, pp.471-474.