

津波石を用いた古津波の規模評価

東北大学 工学部

東北大学 災害科学国際研究所

東北大学 災害科学国際研究所

琉球大学 理学部

学生会員 ○渡部真史

非会員 後藤和久

正会員 今村文彦

非会員 本郷宙軌

1. はじめに

過去にどの程度の再来間隔、規模の津波が襲来したのかを明らかにすることは、その地域の防災に極めて重要である。過去の津波の規模を評価するには津波堆積物や古文書が手がかりとなる。しかし、特に海外では古文書が残っているケースが少なく、砂質津波堆積物は礫浜や岩石海岸などの後背地にはあまり見られないため、こうした地域では津波の規模の推定を行うことができないという欠点がある。一方、岩石海岸やリーフでは、津波起源の巨礫群（津波石）が報告されている場合がある。津波石は津波流体力との関係を解析しやすく、例えば Imamura et al. (2008) のモデルを用いることで、津波石の現位置と初期位置、地形などの情報から津波の局所波高、周期を推定でき、津波リスク評価に用いることができる可能性がある。

そこで本研究では、1771 年に沖縄県の先島諸島に襲来した明和津波により打ち上げられた津波石をケーススタディとして、断面 1 次元計算による津波石を用いた沿岸波高、周期の推定法の検討を行った。

2. 計算に用いる津波石

本研究で計算に用いる津波石は巨礫 1（大きさは $9.0 \times 7.0 \times 3.9 \text{ m}$ 、推定重量は 216 トン）と巨礫 1 の近くに堆積している大きさ $2.9 \times 2.6 \times 2.6 \text{ m}$ 、推定重量は 42 トンの石（巨礫 2）である。2 つとも石垣島北東部の砂浜に堆積しており、明和津波によって流された津波石である (Goto et al., 2010b; Araoka et al., 2013)。

対象とする津波石はハマサング岩塊である。ハマサングはサング礁内に生息しており、離水すると死んでしまう。そのため、干潮時の水面までしか成長できない。石垣島では、干潮時に水面が約 1 m 低下することを考

慮すると、巨礫 1 の高さは 3.9 m なので、初期位置は水深 4.9 m 以深の地点に、一方巨礫 2 の高さは 2.6 m であるため、初期位置は水深 3.6 m 以深の地点のリーフ内とした。

3. 計算手法

津波の断面 1 次元の流れの計算には浅水理論を用いて、岸沖方向の連続の式と運動の式を Staggered Leap-Frog 法によって差分化した。格子空間間隔を 10 m、時間格子間隔を 0.05 s とし、石垣島南東方向に海岸線に直角に 50 km までの断面地形を計算地形として用いた。入射波条件は、石垣島南東方向 50 km 沖合（水深 1100 m の地点より sin 波を初期振幅は 1.5~10 m まで 0.1 m 刻み、初期周期を 1 分~30 分まで 1 分刻みで発生させた。また、明和津波は引き波から発生しているため、引き波から始まる sin 波を入射し、計算を行った。

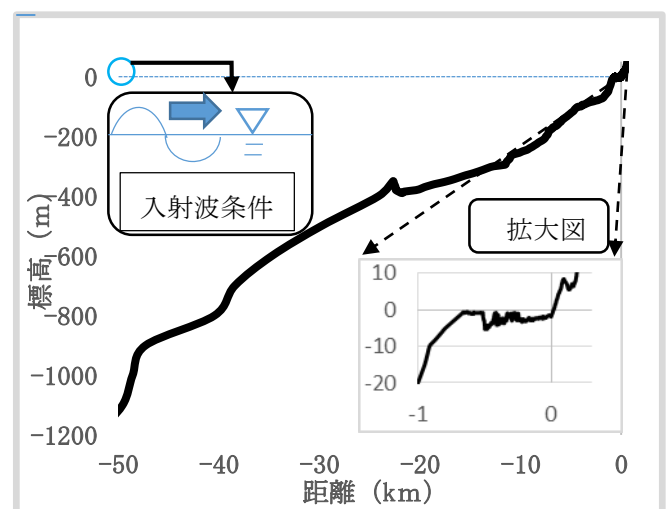


図 1. 計算に用いた断面地形。バリ石の現位置のおよび、海岸線の標高をそれぞれ原点とした。

キーワード 津波石、津波、数値計算、明和津波

仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-11-1106

TEL : 022-795-7515, FAX: 022-795-7514

4. 計算結果

計算後、巨礫 1、2 とともに現位置から±30 m の範囲内に止まる時の初期振幅と周期の組み合わせは、図-2 のようになった。×の点は巨礫 1 が範囲内に止まるときの初期振幅と周期の組み合わせ、○の点は巨礫 2 が範囲内に止まるときの初期振幅と周期の組み合わせである。●の点が○の点と×の点が重なった点である。つまり、●の点が巨礫 1 と巨礫 2 がともに範囲内に止まる周期と振幅の組み合わせであり、この点が石垣島北東部での明和津波の初期振幅と周期であると考えられ、周期は 4 分と推定される。また、そのときのバリ石付近の最大流速は 14.9~15.2 m/s、遡上高は 30.4~32.1 m、沿岸最大波高は 19.8~20.2 m という結果となった。

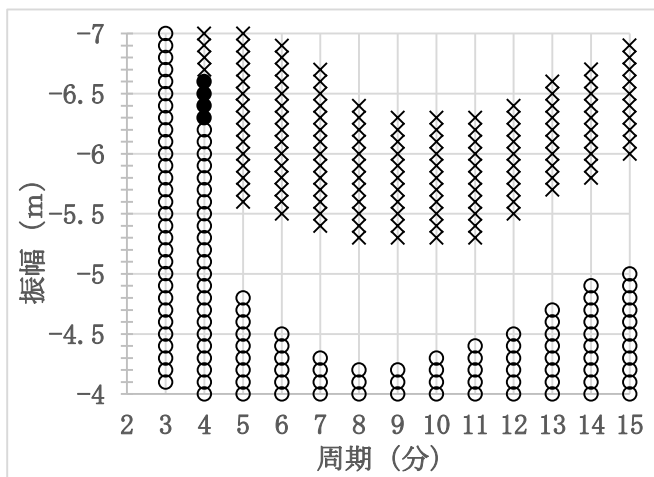


図-2. 巨礫 1 と巨礫 2 の石が現位置に止まるときの初期振幅と周期の組み合わせ (○ : 巨礫 1、× : 巨礫 2 ● : ○と×が重なる点)

5. 議論

今回の結果から石垣島北東部、50 km 沿岸の明和津波の周期は 4 分であると推定された。台風によって発生する高波の周期は長くても数十秒ほどであるため(Goto et al., 2010)、巨礫 1 は津波起源であるということが数値的に検証できた。

次に、推定された周期や遡上高の妥当性を検証する。明和津波の波源モデルである中村モデルと宮澤モデルの平面計算を行い、本研究の sin 波入射地点の波形を抽出した結果、宮沢モデルは周期が約 6 分、中村モデルは 9 分程度であった。よって、周期が 4 分というのは平面計算の結果と大きく乖離していない。また、石垣島北東部の遡上高は古文書には 32.7 m と記載されており、調

査の結果では 9.4 m 以上 29.3 m 以下とされている (後藤 et al., 2012b)。よって、本研究の計算で得た遡上高の値も妥当な値であることがわかる。

このように、本研究の手法を用いれば、古文書のない地点でも、巨礫が存在していれば最大遡上高等を推定できる可能性があるということがわかる。

6. 結論

断面 1 次元計算の結果からも、巨礫 1 は津波起源であるということが確認できた。また、2 つ以上の津波石を使えば、周期、最大遡上高等をかなり制約できることが判明した。また、本研究で扱った手法を用いれば、世界中の津波石を津波の各種パラメータ推定および、その水理学的特徴の把握に活用できる可能性がある。そして、津波の各種パラメータの推定ができれば、波源モデルの推定にも役立てることができると考えられる。

参考文献

- Imamura, F., Goto, K., Ohkubo, S., 2008. A numerical model for the transport of a boulder by tsunami. *Journal of geophysical research*, Vol. 113, C01008, doi:10.1029/2007JC004170.
- Goto, K., Miyagi, K., Kawamata, H., Imamura, F., 2010. Discrimination of boulders deposited by tsunami and storm waves at Ishigaki Island, Japan. *Marine Geology*, Vol. 269, pp. 34-45.
- Goto, K., Shinozaki, T., Minoura, K., Okada, K., Sugawara, D., Imamura, F., 2010. Distribution of boulders at Miyara Bay of Ishigaki Island, Japan: A flow characteristic indicator of the tsunamis and storm waves. *Island Arc*, Vol. 19, 412-426.
- 後藤和久, 宮澤啓太郎, 安谷屋昭, 垣花昇一, 久貝称嗣, 島袋綾野, 島袋永夫, 正木譲, 松島昭司, 宮城邦昌 (2012):再考・1771 年明和大津波の遡上高 II -先島諸島全体-, 津波工学研究室報告第 29 号, 129-146.
- D. Araoka., Y. Yokoyama., A. Suzuki., K. Goto., K. Miyago., K. Miyazawa., H. Matsuzaki., H. Kawahata., 2013. Tsunami recurrence revealed by Porites coral boulders in the southern Ryukyu Islands, Japan. *Geology*, Vol. 41, pp. 919-922