

機関番号：32503

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20740292

研究課題名（和文） 津波石を用いた古津波規模の地質・水理学的推定方法の確立

研究課題名（英文） Estimation of the paleo-tsunami scale using tsunami boulders

研究代表者

後藤 和久 (GOTO KAZUHISA)

千葉工業大学・惑星探査研究センター・上席研究員

研究者番号：10376543

研究成果の概要（和文）：本研究では、琉球列島の礁原上に分布する巨礫群のサイズ・空間分布の調査を行ない、津波・台風の高波起源の巨礫群の識別方法と、津波起源の巨礫を用いた古津波規模の推定方法を検討した。その結果、津波・台風の高波起源の巨礫群は、サイズ・空間分布が明瞭に異なり両者を識別可能であること、津波石移動モデルを用いて数値検討を行なうことで、古津波の規模を推定できる可能性があることがわかった。

研究成果の概要（英文）：In this study, I investigated the size and spatial distributions of boulders deposited on the reef flat at the Ryukyu Islands, Japan in order to establish the identification criteria of boulders deposited by the tsunami and storm waves and to estimate the flow characteristics of the tsunami using boulders. As a result, tsunami and storm wave boulders are clearly distinguishable based on their size and spatial distributions. Moreover, paleo-tsunami flow characteristics can be estimated from boulders using the numerical model for the boulder transport.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地質学

キーワード：第四紀学，津波，地質学，津波工学，津波石，琉球列島

1. 研究開始当初の背景

将来の津波に備えるには、まず過去に遡ってどのような再来周期・規模の津波が発生していたかを定量的に知る必要がある。過去の津波の規模を知る研究対象として、沿岸域に存在する数メートル大の巨礫群が近年世界的に注目を集めている。しかし、過去の津波の痕跡として巨礫群を利用する前に、まずこれらが台風やハリケーンに伴う高波によって運ばれた可能性を排除する必要がある（津

波石の識別基準の確立）。そして、地質学的・水理学的に津波によってしか運搬し得ないと判断される巨礫（津波石）を識別できた場合、これらを用いて過去の津波の規模を推定する方法を新たに考案する必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、沿岸域の巨礫から津波によって運ばれたものを抽出する手法を確立し、さらにそれらの巨礫を用いて古津波の規模の推

定を行うことを主目的とする。そのために、以下の研究項目を実施する。(1) 台風の高波によって運ばれた巨礫群が分布する島々(琉球列島など)と、1771年明和津波によって運搬されたと考えられる巨礫群が分布する島々(石垣島・宮古島など)を対象に現地調査と数値解析を行い、津波と台風の高波による巨礫の運搬形態や運搬距離の違いを地質学的・水理学的に明らかにする。こうした情報をもとに、津波石の認定基準を確立する。(2) 津波石と認定できる巨礫を対象として、巨礫群から過去の津波の規模を定量的に評価する手法を考案する。(3) 津波石から引き出した 1771 年明和津波の水理量を浸水計算の制約条件とし、これを満たす波源モデルを調べる。

3. 研究の方法

本研究では、琉球列島の各島の礁原上に分布する巨礫(サンゴ岩塊)を対象とする。現地調査では、GPS を用いて巨礫の分布を正確に記録し、サンゴの種類や形状、サイズ、密度、長軸の方向の計測、内陸からの転石でないことの確認を行う。さらに、数値計算の地形データを高精度にするため、礁原上の地形の測量を行う。また、各島に襲来する台風の高波のうち、想定しうる最大規模の波(観測史上最大有義波高 12m, 100 年確率の沖波波高 16m)で、礁縁から何 m 巨礫を運搬しうるかを数値計算により調べる。また、巨礫のサイズや移動距離のみから、津波のどのような水理量が推定できるのか調べる。

4. 研究成果

<現地調査結果>

後藤(2009)で述べているように、津波と台風やハリケーンの高波の違いは周期にある。高波の周期はせいぜい数十秒であるのに対し、津波の周期は、ときに1時間を超える。そのため、波力の巨礫への作用時間に大きな違いが生じる。また、高波の礁原上の波高は、内陸に向けて指数関数的に急減するため、高波による礁原上の巨礫分布は、波力の減衰に伴い指数関数的に減衰すると予想される。つまり、高波による巨礫の移動限界が地域ごとに存在し、その限界線は内陸に向けて指数関数的な曲線を描くはずである。そして、高波による巨礫移動限界線を決めることができれば、それよりはるか内陸に存在する巨礫は、その地域を襲いうる高波では説明できず、より周期の長い津波起源だと認定できると考えられる(図1)。

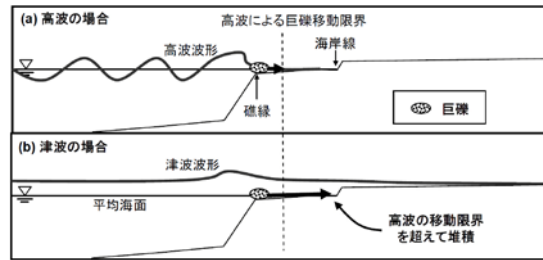


図1 津波と高波で運ばれる巨礫の識別基準の概念図(後藤, 2009より引用)。

このような予測のもと、沖縄県久高島などにおいて、台風の高波により打ち上げられたとされる巨礫群の現地調査を行った。その結果、空中写真の比較から、多くの巨礫が高波により再移動を繰り返していること、巨礫群のサイズが内陸方向に向けて指数関数的に減少すること、礁縁から 275 m 以上内陸には、測定サイズ(長軸 1 m 以上)の巨礫が一つも存在しないことを明らかにした(Goto et al., 2009)。琉球列島の島々においては、いずれも同様の指数関数的な分布形態にあり、礁縁から最大 300 m を限界として、これより内陸にはこの分布に乗る巨礫が存在しないことが明らかになった(Goto et al., 2010)。

これに対し、石垣島の東海岸などの海岸線沿いに存在する、従来から「津波石」と呼ばれていた巨礫群は、礁縁からの距離にして最大 1300 m も内陸にあり、上記のような台風の高波に伴う巨礫群とは明らかに異なる分布形態を示す(図2)。さらに、200 トンを超える巨礫も存在し、礁池内起源のハマサンゴが多いなど、高波起源の巨礫とはサイズ・種類とも明瞭に異なることが明らかになった。こうした分布は、久高島などで観察される台風起源の巨礫群のサイズ・空間分布とはまったく異なる(図3)。

石垣島の海岸付近の巨礫群は、年代測定結果から 1771 年明和津波起源と考えられているが、本研究により堆積学・水理学的にも津波でしか説明し得ないことがわかった(後藤, 2009; Goto et al., 2010)。

本研究により、台風・津波起源の巨礫を識別できることが明らかになったことで、琉球列島において、どこに津波起源の巨礫が分布するかを明らかにすることができた。具体的には、石垣島では東海岸に限られる一方、多良間島や水納島では海岸線全域に津波起源の巨礫が分布する(図4)。このような偏った分布は、古文書記録に残る津波被害が大きかった場所と良く一致する。

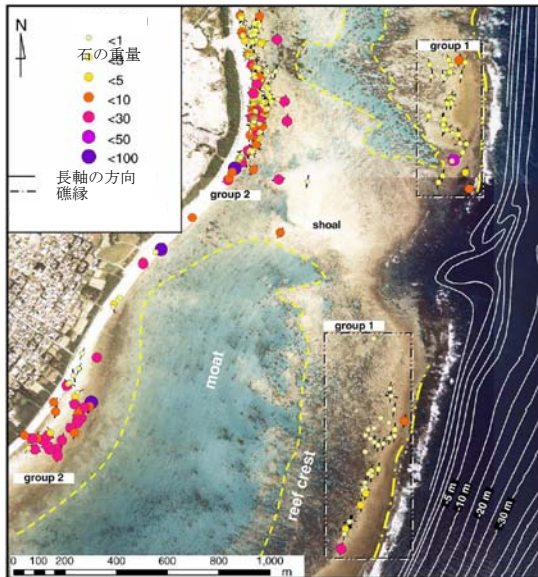


図2 沖縄県石垣島白保地域における巨礫のサイズ・空間分布の調査結果. Group1としている巨礫は台風起源のもの. Group2としている巨礫は津波起源と考えられる (Goto et al., 2010 より引用)

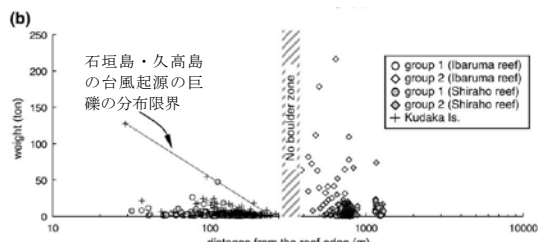


図3 礁縁からの距離 (m) と巨礫重量 (トン) の関係. 縦軸は片対数で, 久高島および石垣島の台風・津波起源の巨礫をプロットしている (Goto et al., 2010 より引用).

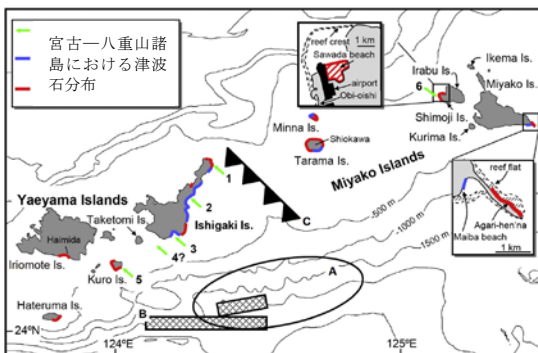


図4 宮古一八重山諸島における津波石の分布範囲 (青線または赤線の領域). Goto et al. (2010) より引用.

<数値計算結果>

本研究では, リーフ上の台風の高波の減衰過程を明らかにするため, 海岸工学で用いられている経験則や数値計算モデル

(CADMAS-SURF) を用いて検討を行なった. その結果, いずれの場合にも, 台風の高波の波高は礁原上で指数関数的に急速に衰えることがわかった. 台風の高波の減衰過程は, 巨礫の指数関数的分布と良く一致しており, 高波の波力が指数関数的に弱まることで巨礫分布が決定されていることがわかった.

次に, 1771年明和津波を対象として, 津波の遡上計算および巨礫移動計算を実施した. 津波の遡上計算には, Imamura et al. (2008) により提案されている, 海底断層と海底地すべりが複合的に津波を起こしたとするモデルを用いた (図5).

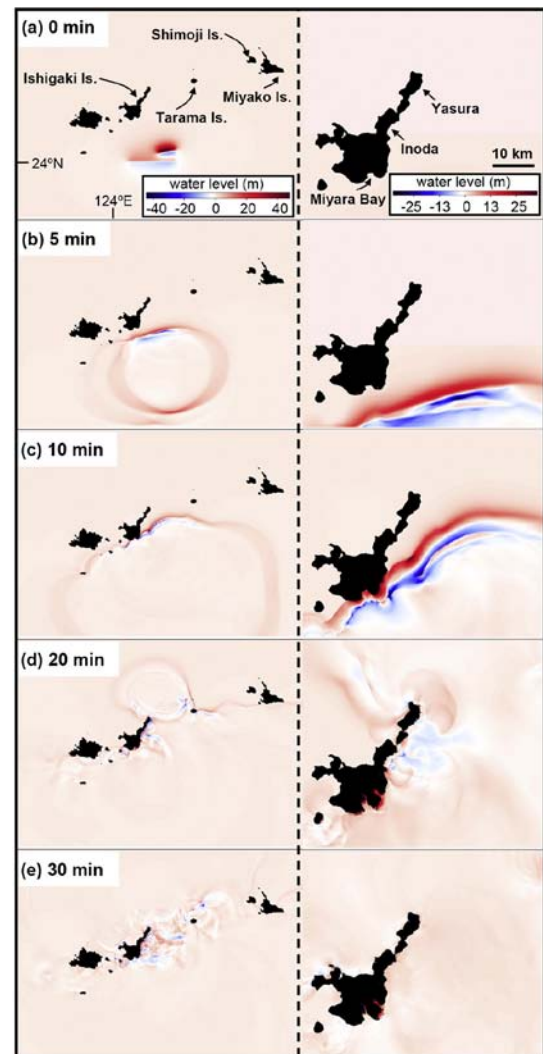


図5 数値計算結果に基づく, 宮古一八重山諸島に伝播する1771年明和津波 (Goto et al., 2010) より引用.

巨礫移動モデルでは, 古文書記録に1771年明和津波で移動したとの記述が残されている石垣島の石を特定し, 初期位置からの移動経路と到達地点の検討を行なった. その結果, Imamura et al. (2008) の断層モデルを

用いた場合のこの石の最終到達地点は、現在堆積している位置に極めて近くなることが明らかになった(図6)。この結果は、従来の津波遡上計算に巨礫移動モデルを組み込み計算を行なうことで、波源モデルをより精度良く決定できる可能性があることを示していると考えられる。

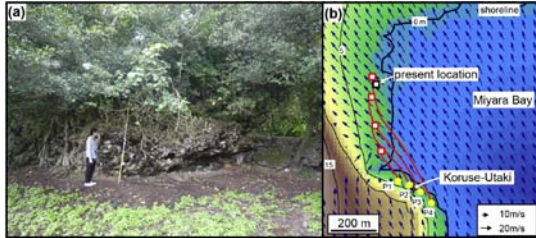


図6 (a) 石垣島大浜の陸上に堆積している津波石。1771年明和津波により打ち上げたとの古文書記録が残されている。(b) 巨礫移動計算の結果。最終到達地点が現在の巨礫堆積位置と良く一致する。Goto et al. (2010) より引用。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計7件)

- ① Goto, K., Okada, K., Imamura, F., Numerical analysis of boulder transport by the 2004 Indian Ocean tsunami at Pakarang Cape, Thailand. *Marine Geology*, 査読有, 268巻, 2010, 97-105
- ② Goto, K., Miyagi, K., Kawamata, H., Imamura, F., Discrimination of boulders deposited by tsunamis and storm waves at Ishigaki Island, Japan. *Marine Geology*, 査読有, 269巻, 2010, 34-45.
- ③ Goto, K., Kawana, T., Imamura, F., Historical and geological evidences of boulders deposited by tsunamis, southern Ryukyu Islands, Japan. *Earth-Science Reviews*, 査読有, 102巻, 2010, 77-99
- ④ Goto, K., Shinozaki, T., Minoura, K., Okada, K., Sugawara, D., Imamura, F., 2010h, Distribution of boulders at Miyara Bay of Ishigaki Island, Japan: A flow characteristic indicator of the tsunamis and storm waves. *Island Arc*, 査読有, 19巻, 2010, 412-426
- ⑤ Goto, K., Okada, K., Imamura, F.,

Characteristics and hydrodynamics of boulders transported by storm waves at Kudaka Island, Japan, *Marine Geology*, 査読有, 262巻, 2009, 14-24

- ⑥ Goto, K., Okada, K., Imamura, F., Importance of the initial waveform and coastal profile for the tsunami transport of boulders. *Polish Journal of Environmental Studies*, 査読有, 18巻, 2009, 53-61
- ⑦ 後藤和久, 津波石研究の課題と展望—防災に活用できるレベルまで研究を進展させるために—。堆積学研究, 査読有, 68巻, 2009, 3-11

[学会発表] (計3件)

- ① Goto, K., Identification of tsunami boulders at Ryukyu Islands, Japan, 3rd Bi-Annual Symposium Future Ocean, 2010年9月16日, キール(ドイツ)(招待講演)
- ② 後藤和久, 現地調査と数値計算にもとづく津波石の移動解析と防災への応用, 日本チリ学会2009年秋季大会, 2009年10月24日, 那覇(招待講演)
- ③ 後藤和久, 高橋潤, 大家隆行, 今村文彦, 波による浅海域での土砂移動現象—スリランカ・キリンダ漁港の例—日本堆積学会, 2009年3月28日, 大阪(大阪工業大学)

[図書] (計1件)

後藤和久, Google Earthでみる地球の歴史。岩波科学ライブラリー149巻, 2008, 岩波書店, 144p.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

後藤 和久 (GOTO KAZUHISA)
千葉工業大学・惑星探査研究センター・上席研究員
研究者番号: 10376543