

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 5 月 29 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H01977

研究課題名（和文）海溝沿い巨大地震に伴い発生した海底地すべりによる津波の評価手法確立

研究課題名（英文）Research on evaluation methods for tsunamis due to ocean bottom landslides caused by great underthrust earthquakes

研究代表者

谷岡 勇市郎（Tanioka, Yuichiro）

北海道大学・理学研究院・教授

研究者番号：40354526

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,300,000円

研究成果の概要（和文）：海底地すべりと津波を同時に計算するために、津波数値計算手法を開発した。1928年グランドバンクスの海底地すべり津波の再現実験を行った。海底地すべりによる海底ケーブル切断や観測された津波波形を良く説明できた。次に1946年アリューシャン津波地震について、津波の再現実験を実施した。海底地すべりと断層モデルで、津波遡上高を説明できることが分かった。南海トラフ沿いの海底地すべり津波の評価手法開発のため、有意な津波高さとなり得る海底地すべり痕37カ所、崩落崖50カ所を同定した。1944年昭和東南海地震時の三重県新鹿町での異常に高い津波は、沖合で地すべりが発生したと仮定すると、上手く説明できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

深海での海底地すべりによる津波励起が最も明らかな1928年グランドバンクスの津波の再現実験に成功したことは、深海での海底地すべりによる津波の数値計算モデルが開発できたことを示し、学術的意義が高い。さらに、世界最大の津波地震と言われる1946年アリューシャン津波地震の津波遡上高を再現できたことも学術的意義が高い。南海トラフ沿いの海底地すべり痕を評価することで海底地すべりの津波が評価できることを示した事は、今まで事前評価が出来ていなかった海底地すべり津波の評価手法を示したもので社会的意義が非常に高い。

研究成果の概要（英文）：The tsunami numerical calculation method was developed to calculate both submarine landslides and tsunamis. Numerical experiments were conducted to reproduce the 1928 Grand Banks submarine landslide and its tsunami. The submarine cable disconnection due to the submarine landslide and the observed tsunami waveform due were well explained by computed ones. Next, we conducted a tsunami simulation for the 1946 Aleutian Tsunami Earthquake. It was found that the computed tsunami from the submarine landslide and fault model explained the tsunami observed run-up height near the source area. In order to develop an evaluation method for submarine landslide tsunamis along the Nankai Trough, we identified 37 submarine landslide scars and 50 cliff collapses that could produce significant tsunami heights. The abnormally high tsunami at Atashika-cho, Mie Prefecture during the 1944 Showa Tonankai Earthquake was well explained by assuming that an offshore landslide occurred.

研究分野：地震学

キーワード：海底地すべり津波 数値計算手法開発 海底地すべり津波評価手法 1928年グレートバンクス津波 104
6年アリューシャン津波

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

2011年東北地方太平洋沖地震の震源モデルは地震発生当初から、様々なデータを使用して明らかにされてきた。津波波形を用いた震源過程の推定もされてきた。その中で海溝近くでは海底地すべりによる津波も励起されていたのではとの議論が行われるようになった。深海での海底地すべりが原因で発生した津波としては1928年グレートバンクス津波が有名で、地震が非常に少ないアメリカ東海岸で発生した津波であり、巨大地震による津波でない事は明らかである。この津波はアメリカの東海岸に大きな被害を及ぼした。また、1946年アリューシャン津波地震では、地震による津波と海底地すべりによる津波が重なることにより沿岸域でより大きな津波となったと言われている。このような現象は、南海トラフや日本海溝・千島海溝沿いで発生する巨大地震による津波でも予想されるが、現状ではそれらは評価されていない。また、津波予報にもそれらの現象は取り入れられていない。そこで、まず深海での海底地すべりによる津波励起を再現する津波数値計算手法を開発し、さらに南海トラフ等での海底地すべり津波を評価する手法を開発することが急務である。

2. 研究の目的

海溝沿いで巨大地震が発生した場合、地震による地殻変動で励起される大津波だけでなく、海溝近傍の斜面で発生する地すべりにより津波が励起される場合がある。例えば1946年アリューシャン津波地震では、海底地すべりにより励起された津波により震源域近傍の沿岸で大災害となった。日本周辺の海溝沿いでも同様の津波が励起される可能性があるにもかかわらず、それらの津波は評価されていない。そこで、本研究では海溝沿い巨大地震に伴い発生する海底地すべりによる津波の評価手法を確立する。そのため、深海での海底地すべりから津波を計算するための津波・地すべり数値計算手法を開発する。さらに南海トラフや日本海溝・千島海溝沿いの海底地すべり地形を判別し、その形状と規模を推定する。想定巨大地震の断層運動による津波とその地すべりによる津波を開発した津波・地すべり数値計算手法を用いて計算し、沿岸での津波評価手法を検討する。

3. 研究の方法

まず、海底地すべりによる津波を数値計算により再現する手法の開発に取り組む。以前より我々の研究グループでは、山体崩壊による津波の再現に取り組んでおり、1741年渡島大島の山体崩壊による津波の再現等に成功してきた。それら計算手法を改良する事で深海での海底地すべりによる津波の数値計算手法の開発を実施する。

開発された数値計算手法を1928年グランドバンクスで発生した海底地すべり津波に適用し、海底地すべりとそれによる津波を同時に再現することを試みる。それにより、数値計算手法の改良や摩擦等のパラメーターの推定を行う。

改良された海底地すべり津波の数値計算手法を1946年アリューシャン津波地震に適用する。遠地津波解析からすでに得られている地震モデルと開発された海底地すべり津波モデルを用いて海底地すべり痕跡や沿岸での津波高の再現を試みる。

南海トラフ沿い等の海底地すべり痕跡を海底地形により調査・判読し、それらの地すべり痕跡から津波を再現することで海底地すべり津波の評価を実施するための手法を検討する。

4. 研究成果

海底地すべり数値計算手法としては、まず、海底地すべりが発生している地域で海底地すべりと津波を同時に計算するために、沿岸での地すべりと津波数値計算のために開発されたTsunami Squareの計算手法を改良し、深海での海底地すべり津波数値計算を可能とした。海底地すべり終了後はその計算結果を初期値として非線形長波式を解くことで沿岸での津波を計算する手法を開発した。

上記手法を用いて1928年グランドバンクスの海底地すべり津波の再現実験を行った。このイベントでは海底地すべりにより海底ケーブルが次々に切断された事が明らかになっており、その切断箇所やおおよその切断時間も明らかになっている。また、カナダの東海岸ハリファックス検潮所での津波記録も存在する。海底地すべりが大陸棚から海底が急峻になる場所で発生したと考え、場所・層厚・摩擦パラメーター等を海底ケーブル切断データと海底地すべり計算結果と整合させ、津波観測記録と計算津波波形を整合させるように推定した(図1)。海底地すべりのモデルは地すべりによる地震波形の先行研究とも一致するモデルとなった。また観測された津波波形も良く説明できた。開発した海底地すべりによる津波の数値計算手法は妥当であることも確認された。

次に1946年アリューシャン津波地震について、津波の再現実験を実施した。この地震は津波が地震に比べて異常に大きく励起された世界で最も異常な津波地震とされている。この地震の遠地津波は地震の断層モデルにより説明できる事が先行研究で明らかになっている。しかし、震

源域近傍の津波はそれでは説明できず、海底地すべりによる津波が加わる必要とされてきた。また、先行研究により震源近傍で海底地すべり地形も確認されている。それらのデータから上記で開発された数値計算手法を用いて地すべり地形及び震源近傍での津波遡上再現実験を実施した(図2)。その際、地震断層モデルは先行研究で得られた断層モデルを用いる事とした。その結果、摩擦パラメーターや地すべりの層厚を変化させる事で、津波遡上高を説明できることが分かった。この結果も開発された海底地すべりによる津波の数値計算手法が妥当であることを示す。

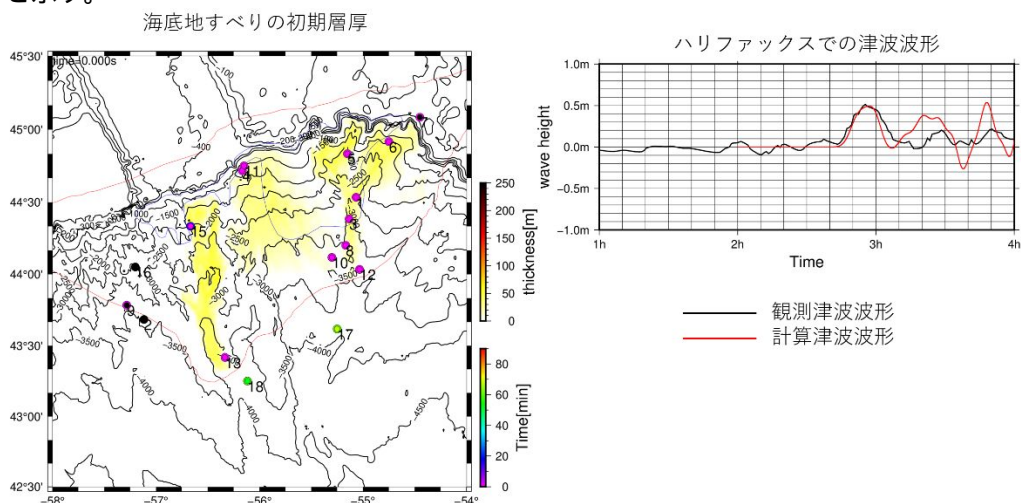


図1 1928年グランドバンクス津波の海底地すべり津波の数値計算結果

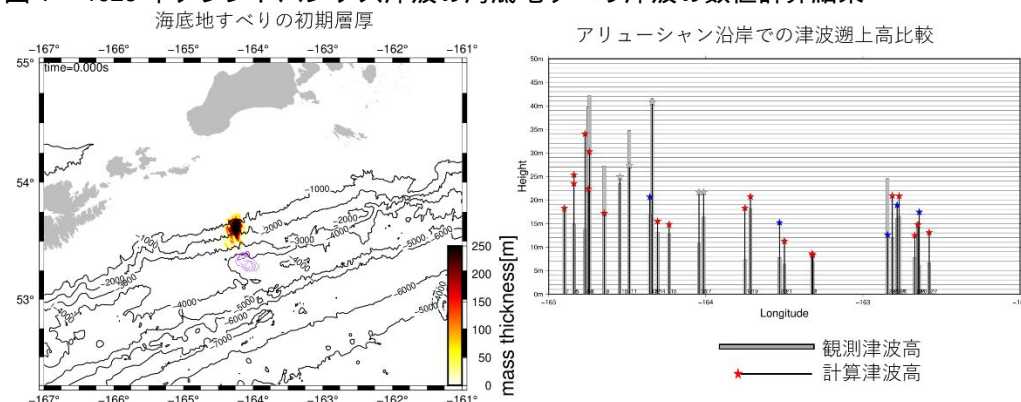


図2 1946年アリューシャン津波地震の津波数値計算結果

南海トラフ沿いの海底地すべり津波の評価手法開発のため、遠州灘から紀伊水道沖において、海底地形を調査し、Watts et al. (2005)のか簡易評価手法により、有意な津波高さとなり得る海底地すべり痕 37カ所、崩落崖 50カ所を同定することができた。さらに 1944年昭和東南海地震の際、三重県新鹿町で断層モデルによる津波では説明できない異常に高い津波が調査されている事をつきとめ、新鹿町の沖合に存在する海底地すべり痕で地すべりが発生したと仮定して数値計算を実施した所、新鹿での津波が上手く説明できることが分かった(図3)。本結果は南海トラフ沿いでの海底地すべり痕の調査による海底地すべりによる津波の評価が手法として適切に機能することを示す。

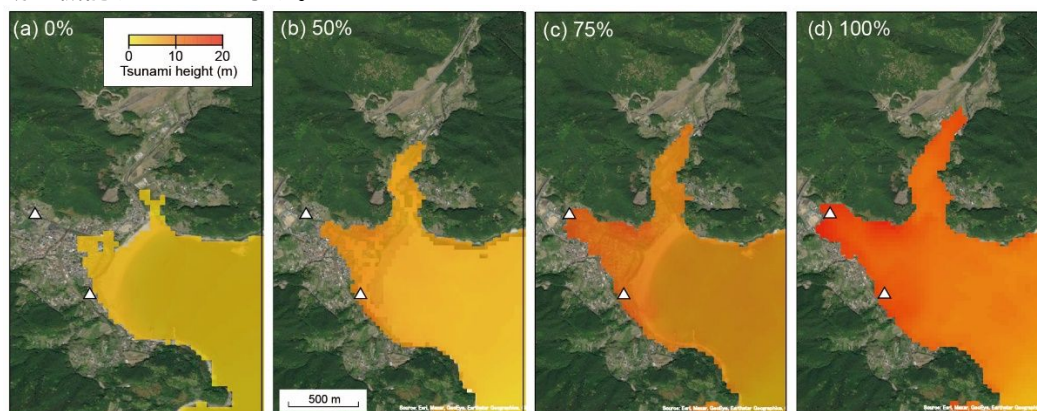


図3 三重県新鹿町での断層モデルと海底地すべり津波の津波遡上計算結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kakinuma T, Yanagihara M, Iribe T, Nagai K, Hara C, Hamada N, Nakagaki T, Sujatmiko K A, Magdalena I, Nagai K, Kannonji R, Chen S, Shirai T, Arikawa T,	4. 巻 16
2. 論文標題 Numerical Simulations Using Various Models for Tsunamis Due to a Fluid or Rigid Bodies Falling Down a Uniform Slope	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Disaster Research	6. 最初と最後の頁 994 ~ 1004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jdr.2021.p0994	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Baba Toshitaka, Gon Yodai, Imai Kentaro, Yamashita Kei, Matsuno Tetsuo, Hayashi Mitsuru, Ichihara Hiroshi	4. 巻 768
2. 論文標題 Modeling of a dispersive tsunami caused by a submarine landslide based on detailed bathymetry of the continental slope in the Nankai trough, southwest Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Tectonophysics	6. 最初と最後の頁 228182 ~ 228182
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tecto.2019.228182	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計14件（うち招待講演 2件/うち国際学会 10件）

1. 発表者名 Rinda Nita Ratnasari, Yuichiro Tanioka, Yusuke Yamanaka
2. 発表標題 Development of Real-time Estimation Method for Anak Krakatau Volcanic-induced Tsunamis, Indonesia
3. 学会等名 AOGS 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Pandadaran, S.H, H.Yanagisawa, B.Shibazaki, Y.Fujii, T.Miyagi
2. 発表標題 Did a submarine landslide contribute to the 1996 Biak, Indonesia tsunami?
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 今井 健太郎・大林 涼子・中村 恭之・富士原 敏也・柳澤 英明・谷岡 勇市郎
2. 発表標題 南海トラフ沖の海底地すべりによる津波の影響に関する検討
3. 学会等名 第69回土木学会海岸工学講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 今井健太郎・大林涼子・中村恭之・谷岡勇市郎
2. 発表標題 昭和東南海地震における新鹿の津波痕跡高の励起源について
3. 学会等名 2022年度地震学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中垣達也・谷岡勇市郎
2. 発表標題 1929年Grand Banks海底地すべり津波の波源解析
3. 学会等名 歴史地震研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中垣達也・谷岡勇市郎
2. 発表標題 1929年Grandbanks海底地すべり津波の波形解析
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tanioka, Y.
2. 発表標題 Tsunami modeling by marine landslides and reduction of disasters
3. 学会等名 Geohazard Symposium, Science Council of Japan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nakagaki, T, and Y. Tanioka
2. 発表標題 Numerical Simulation of the 1929 Grand Banks Submarine Landslide Tsunami
3. 学会等名 30th International Tsunami Symposium (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今井 健太郎、中村 恭之、富士原 敏也、谷岡 勇市郎
2. 発表標題 南海トラフ沿いで発生する海底地すべりによる津波励起の特徴に関する予察
3. 学会等名 日本地震学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tanioka, Y., H. Yanagisawa, K. Ioki, T. Nakagaki
2. 発表標題 Tsunami modeling by marine landslides and reduction of disasters
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1 . 発表者名 Nakagaki, T., Y. Tanioka
2 . 発表標題 Numerical Simulation of Submarine Landslide Tsunami due to the 1929 Grand Banks Earthquake
3 . 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Tanioka, Y, R. Ratnasari
2 . 発表標題 Numerical Simulation of Submarine Landslide Tsunami due to the 1929 Grand Banks Earthquake
3 . 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Fujiwara, T., S. Kodaira, G. Fujie, Y. Kaiho, T. Kanamatsu, T. Kasaya, Y. Nakamura, T. No, T. Sato, T. Takahashi, N. Takahashi, Y. Kaneda, A.K. Bachmann, C. dos Santos Ferreira, G. Wefer, M. Strasser, T. Sun
2 . 発表標題 Seafloor Displacement along the Japan Trench Caused by the 2011 Tohoku-Oki Earthquake Examined by Repeated Bathymetric Surveys
3 . 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Yanagisawa, H., T. Yatimantoro
2 . 発表標題 Numerical simulation of debris avalanche and tsunami caused by the 2018 sector collapse of Anak Krakatau
3 . 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4 . 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	今井 健太郎 (Imai Kentaro) (20554497)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・海域地震火山部門(地震津波予測研究開発センター)・グループリーダー代理 (82706)	
研究分担者	富士原 敏也 (Fujiwara Toshiya) (30359129)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・海域地震火山部門(地震発生帯研究センター)・主任研究員 (82706)	
研究分担者	中村 恭之 (Nakamura Yasuyuki) (60345056)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・海域地震火山部門(地震発生帯研究センター)・グループリーダー代理 (82706)	
研究分担者	柳澤 英明 (Yanagisawa Hideaki) (70635995)	東北学院大学・教養学部・准教授 (31302)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------