

令和元年6月10日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2015～2018

課題番号：15H05133

研究課題名(和文) 日本海での巨大地震による津波イベントの解明と津波予測

研究課題名(英文) Understanding of tsunami events due to great earthquakes occurred in Japan Sea and their tsunami forecast

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) 12,200,000円

研究成果の概要(和文)：沿海州の様々な場所にて津波堆積物調査を実施し津波イベントを認定し、さらにイベントの年代を推定した。12世紀ごろの津波について、北海道沿岸の津波堆積物を説明できる断層モデルを津波数値計算により推定した。トータルの断層長さは109kmで北側の50kmの断層で18mのすべり量が必要であることを明らかにした。これまでの仮定(6m)を大きく超えることが明らかになった。12世紀の断層モデルは、1993年北海道南西沖地震の断層モデルと1983年日本海中部地震の断層モデルにちょうど挟まれる形となっていることが明らかになった。また、1741年渡島大島の火山噴火に伴う山体崩壊による津波を数値計算により再現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究ではロシア沿海州沿岸にて津波堆積物調査を実施し、日本海で発生した津波イベントを認定し、日本海で発生した大津波の発生履歴を明らかにしたことの学術的意義は大きい。また、12世紀にイベントが1983年と1993年の地震震源域の間で発生していたことを突き止めた成果は将来の地震調査推進本部での地震長期予測に資する。さらに、本研究による日本海側で発生してきた巨大地震・津波に関する研究成果が、本地域での将来の最大津波想定やハザードマップ策定に反映されることが期待される。

研究成果の概要(英文)：We conducted tsunami deposit surveys at various locations in Primorsky, identified tsunami events, and estimated the age of the events. For tsunamis around the 12th century, a fault model that can explain tsunami deposits on the coast of Hokkaido was estimated by using the tsunami numerical simulation. The total fault length was estimated to be 109 km, and a large slip of 18m was estimated at a 50 km fault on the north side. This estimate is much larger than the previous estimate of 6m. It has become clear that the fault model of the 12-century earthquake is located just between the fault model of the 1993 Hokkaido Nansei-oki earthquake and the fault model of the 1983 Japan Sea earthquake. In addition, the tsunami caused by the volcanic sector collapse due to the eruption of the Oshima-Oshima volcano in 1741 is reproduced by the numerical simulation.

研究分野：地震学

キーワード：日本海の巨大津波 ロシア沿海州での津波堆積物 津波予測 津波数値計算

## 1. 研究開始当初の背景

日本海東縁部では20世紀に連続して大きな津波を伴う巨大地震(1940年積丹沖地震, 1964年新潟地震, 1983年日本海中部地震, 1993年北海道南西沖地震)が発生し, その都度, 日本海沿岸は大きな津波被害に見舞われてきた。しかし, 日本海東縁部でのプレート相対運動は約1cm程度と小さく, プレートの沈み込みは発達していないため, 広い幅を持った帯状の断層群にそのひずみを貯めており「ひずみ集中帯」を形成していると考えられている。そのため, 日本海溝や千島開講沿いで発生する巨大地震に比べると日本海東縁部で発生する巨大地震の発生頻度は一桁以上小さいと考えられている。そのような状況の中で, 平成26年9月に国土交通省「日本海における大規模地震に関する調査検討会」は日本海における想定断層を決定した。これら想定断層の位置については現在までに蓄積された海底構造調査結果にもとづき推定されている。すべり量については内陸地震等の経験式から最大6mで頭打ちする条件をつけている。発生頻度の低い日本海東縁部の巨大地震のすべり量がどこまで大きくなるのか見積もることは困難だ。さらに文部科学省は「日本海地震・津波調査プロジェクト」を平成25年度より7年計画で実施中であり, 日本海東縁部での詳細な海底構造調査等により想定断層モデルの構築を目指している。このプロジェクトにより詳細な断層モデルは構築されると思われる。しかし, それら地震断層のすべり量が最大どの程度まで達するかを見積もることはやはり難しい。このような状況の中で, 我々は日本海東縁部の過去の巨大地震による津波がいつもロシア沿海州沿岸に被害を与えてきたことに着目する。1983年日本海中部地震による津波は沿海州に押し寄せ沿岸に大きな被害が生じたと報告されている。同じく1993年北海道南西沖地震による津波も沿海州沿岸で5mに達し大きな被害をもたらした。つまり, 日本海東縁部で発生する巨大地震による津波は, いつも沿海州沿岸に被害を及ぼしていることが分かる。日本海東縁部に分布する各断層の個々の発生頻度は極めて低くその履歴を個々に調査することは難しい。しかしそれら全ての地震により発生した大津波は全て沿海州沿岸で大きくなっていると仮定すれば, 沿海州沿岸で津波調査を実施することが過去に日本海で発生した最大の津波を捕まえる近道であると考えに至った。

## 2. 研究の目的

本研究ではロシア沿海州沿岸にて津波堆積物調査を実施し, 日本海で発生した大津波の発生履歴を明らかにする。また, 海岸から陸に向けた側線に沿った詳細な津波堆積物調査を実施し, 堆積物の粒度分析や組成分析により同一イベントを認定し, 各調査地点での津波遡上高を見積もる。さらに上記解析結果をもとに日本の日本海沿岸の津波堆積物調査のデータ収集および再調査・解析を実施する。全ての津波堆積物解析結果をもとに, 国土交通省等により推定された日本海東縁部の想定断層群を用いて津波シミュレーションを実施し, 調査結果を説明可能な断層とそのすべり量を推定する。また, 日本海で発生した津波の一つ1741渡島大島山体崩壊による津波についても違いを明らかにしておく。

本研究の最大の特色は日本海東縁部(ひずみ集中帯)で発生してきたと考えられている発生頻度の低い個々の断層運動による津波について, ロシア沿海州沿岸で津波を調査することによって日本海東縁部全体の津波発生頻度として捉えることができる点にある。これらの成果は, 東日本大震災を踏まえて国や日本海沿岸の自治体を実施する地震・津波の想定見直しや津波ハザードマップの作成に利用されることが期待される。

## 3. 研究の方法

(1) 沿海州沿岸で津波堆積物調査の実施。津波堆積物調査側線に沿ってジオスラサーによる掘削調査を実施し, 津波堆積イベント候補の試料を全て収集する。年代測定のための試料も収集する。

(2) 顕微鏡による珪藻分析, 粒子画像分析装置による粒度分析を実施する。

(3) 同一津波イベントを認定するとともに各津波イベントの堆積物存在限界を推定する。年代測定試料を解析し、津波イベントの年代を推定する。現在までに日本海東縁沿岸で調査された津波堆積物解析結果を整理する。

(4) 津波シミュレーション実施のため、国土交通省「日本海における大規模地震に関する調査検討会」によって日本海東縁部に想定された想定断層モデルから、津波堆積物調査結果を説明可能な想定断層を抽出し、津波シミュレーションを実施し、日本での津波堆積物調査結果も利用して、想定断層とすべり量の推定を行う。渡島大島山体崩壊津波についてもシミュレーションを実施し違いを明らかにする。

#### 4. 研究成果

沿海州の様々な場所(図1)にて津波堆積物調査を実施し、粒度分析・珪藻分析等により津波イベントを認定した。さらにイベントの年代を推定するため、重要なイベント周辺で年代測定試料をサンプルしイベントの年代を推定し、それらの研究成果をGanzey et al.(2015)およびGanzey et al. (2017)としてまとめた。過去3000年程度の間には様々な津波イベントの認定に成功した。特に最近の1993年北海道南西沖地震による津波と1983年日本海中部地震による津波については浸水範囲も含めて推定された。また、それ以前には17世紀ごろや12世紀ごろに発生したと考えられる津波イベント津波堆積物も確認することができた。

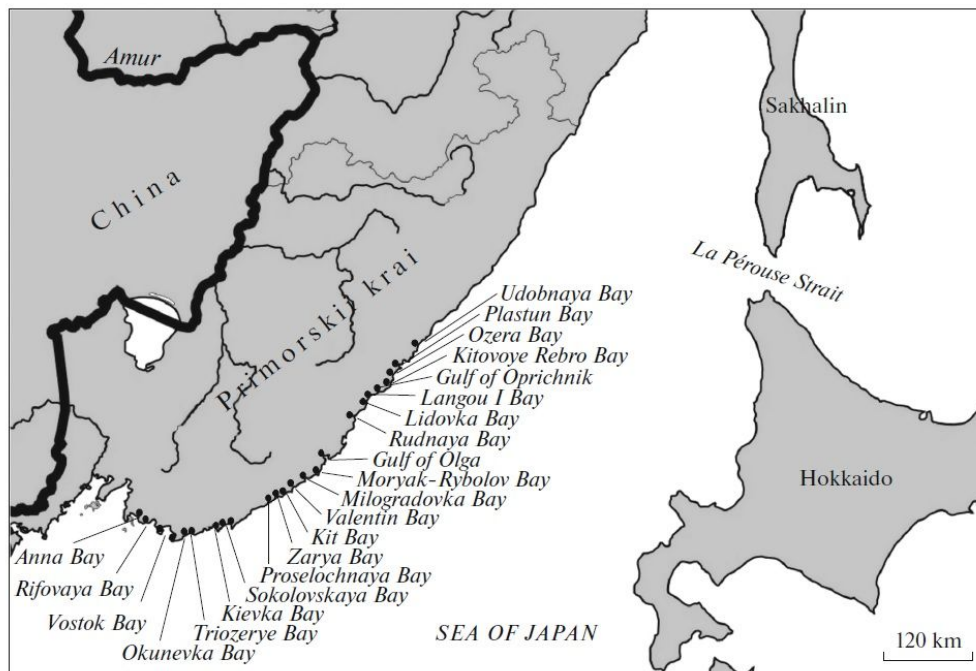


図1 沿海州での津波堆積物調査地点、Ganzey et al. (2017)より抜粋

さらに、1地点ではあるが1741年渡島大島山体崩壊による津波と考えるもおかしくない津波堆積物も確認された。

沿海州で発見された12世紀ごろの津波について、北海道沿岸でも最近になり津波堆積物調査が実施された。その調査結果を説明できる断層モデルを津波数値計算(シミュレーション)により推定した(図2)。研究成果はIoki et al. (in press)としてEPS(国際論文)にまとめた。国土交通省「日本海における大規模地震に関する調査検討会」によって日本海東縁部に想定された想定断層モデルから、津波堆積物を説明可能と考えられるF17断層モデルを抽出し、その断層モデルの改良を行い、トータルの断層長さは109kmで北側の50kmの断層で18mのすべり量が必要であることを明らかにした。国土交通省「日本海における大規模地震に関する調査検討会」では最大すべりが6m程度であると仮定しているがそれを大きく超えることが明らかになった。将来、日本海の巨大地震を見直す上で非常に重要な成果である。また、12世紀の断層モデルは、1993

年北海道南西沖地震の断層モデルと1983年日本海中部地震の断層モデルにちょうど挟まれる形となり、日本海東縁部に蓄積したひずみは一連の地震で解放されていることも明らかになった。

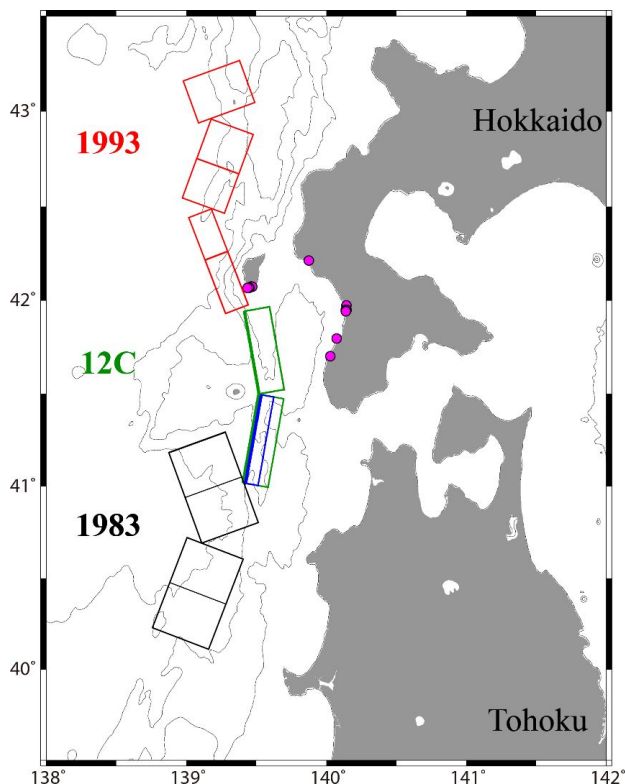


図2 12世紀に発生した津波による津波堆積物調査地点(ピンクの点)での調査結果を説明することで推定された断層モデル(緑と青の矩形断層)。北側の緑の断層ですべり量18mが推定された。南側は国土交通省「日本海における大規模地震に関する調査検討会」と同じとする。赤の矩形断層モデルは1993年北海道南西沖地震の断層モデル、黒の矩形断層モデルは1983年日本海中部地震の断層モデルを示す。  
( loki et al., (in press) より)

また、1741年渡島大島の火山噴火に伴う山体崩壊による津波を数値計算により再現した (Yamanaka and Tanioka, 2017 ; loki et al., 2019)。山体崩壊の前後の地形を地形判読により再現し、津波堆積物調査結果と歴史史料による津波到達点をデータとして、山体崩壊とそれにより発生する津波を2層流モデルにより数値計算(シミュレーション)を行った。その結果、最適な摩擦特性を得ることで全てが上手く再現できることを明らかにした。日本海側での巨大地震による津波堆積物を渡島大島噴火に起因する津波から分別する上で重要な成果を得ることができた。

本研究による日本海側で発生した巨大地震に関する研究成果が、本地域での将来の最大津波想定に大きく反映されることが期待される。

## 5 . 主な発表論文等 〔雑誌論文〕(計5件)

- ( 1 ) loki, K., Y. Tanioka, G. Kawakami, Y. Kase, K. Nishina, W. Hirose, K. Hayashi and R. Takahashi, Fault model of the 12th century southwestern Hokkaido earthquake estimated from tsunami deposit distributions, *Earth Planet Space*, **71**:54, <https://doi.org/10.1186/s40623-019-1034-6>, 2019 ( 査読有 )
- ( 2 ) loki, K., Y. Tanioka, H. Yanagisawa, and G. Kawakami, 2019, Numerical simulation of the landslide and tsunami due to the 1741 Oshima-Oshima eruption in Hokkaido, Japan, *J. Geophys. Res.*, SE, 1991-2002, doi:10.1029/2018JB016166, 2019 ( 査読有 )
- ( 3 ) Yamanaka, Y., and Y. Tanioka, Estimating the Topography Before Volcanic Sector Collapses Using Tsunami Survey Data and Numerical Simulations, *Pure Appl. Geophys.*, Vol.174, No 8, 3275-3291, doi:10.1007/s00024-017-1589-8, 2017 ( 査読有 )
- ( 4 ) Ganzey, L.A., N.G. Razjigaeva, Y. Nishimura, T.A. Grebennikova, A.O. Gorbunov, V.M. Kaistrenko, Y.A. Naumov, and I.I. Lebedev, Deposits of the 1983 and 1993 Tsunamis on the Coast of Primorye, *Oceanology* Vol. 57, No 4, 568-579,

doi:10.1134/S0001437017040075, 2017 ( 査読有 )

- ( 5 ) Ganzey, L.A., N.G. Razjigaeva, Y. Nishimura, T.A. Grebennikova, V.M. Kaistrenko, A.O. Gorbunov, K.A. Arslanov, S.B. Chernov, and Y.A. Naumov, Deposits of Historical and Paleotsunamis on the Coast of Eastern Primorye, Russian Journal of Pacific Geology, Vol. 9, No 1, 64-79, 2015 ( 査読有 )

**〔学会発表〕(計 12 件)**

- ( 1 ) 谷岡勇市郎, 歴史記録や津波堆積物から探る超巨大地震の発生様式, 応用地質学会 ( 招待講演 ), 札幌, 2018
- ( 2 ) Ioki K., Y. Tanioka, G. Kawakami, Y. Kase, K. Nishina, and W. Hirose, Fault Model Estimation of the 12th Century Southwestern Hokkaido Earthquake Using Tsunami Deposits Data, AOGS, Hawaii, USA, 2018
- ( 3 ) Ioki, K., H. Yanagisawa, Y. Tanioka, G. Kawakami, Y. Kase, K. Nishina, W. Hirose and S. Ishimaru, Simulation of landslide and tsunami of the 1741 Oshima-Oshima eruption in Hokkaido, Japan, 2017 AGU fall meeting, USA, 2017
- ( 4 ) 伊尾木 圭衣・谷岡 勇市郎・川上 源太郎・加瀬 善洋・仁科 健二・廣瀬 亘, 津波堆積物を用いた12世紀北海道南西沖地震の断層モデル構築, 日本地震学会秋季大会, 鹿児島市, 2017
- ( 5 ) Yamanaka, Y., and Y. Tanioka, Numerical simulations of the historical tsunamis generated by large sector collapses in Japan, ITS 2017, Indonesia, 2017
- ( 6 ) 西村 裕一・Nadezhda Razjigaeva・Larisa Ganzey・菅原 大助・高清水 康博・Ilya Lebedev・Ruslan Borisov, ロシア沿海州における1993年北海道南西沖地震津波の面的分布, JpGU-AGU 連合大会, 幕張市, 2017
- ( 7 ) 菅原 大助・西村 裕一・高清水 康博・Nadezhda Razjigaeva・Larisa Ganzey・Ilya Lebedev・Ruslan Borisov ロシア沿海州における津波の挙動と堆積物形成の数値計算, JpGU-AGU連合大会, 幕張市, 2017
- ( 8 ) 伊尾木 圭衣・柳澤 英明・谷岡 勇市郎・川上 源太郎・加瀬 善洋・仁科 健二・廣瀬 亘・石丸 聡, 1741年渡島大島での山体崩壊と津波遡上域の数値シミュレーションによる再現, JpGU-AGU連合大会, 幕張市, 2017
- ( 9 ) 山中悠資・谷岡勇市郎, Estimating topography before the volcanic sector collapses using tsunami survey data with numerical simulations, JpGU-AGU 連合大会 ( 招待講演 ), 幕張市, 2017
- ( 10 ) 伊尾木圭衣・谷岡勇市郎・川上源太郎・仁科健二・廣瀬亘・石丸聡・柳澤英明, 1741年渡島大島山体崩壊に伴う津波, 日本地震学会秋季大会, 名古屋市, 2016
- ( 11 ) Nishimura Y., Ganzey L.A., Razjigaeva N.G., Kaistrenko V.M., Grebennikova T.A., Gorbunov A.O., Geological records of tsunami on the eastern Primorye coast, All-Russian Conference "Geodynamic processes and natural hazards. Experience of Neftegorsk", Yuzhno-Sakhalinsk (ロシア) 2015
- ( 12 ) 西村裕一・Razhigaeva, N.G., Ganzey, L.A., Grebennikova T.A., Kaistrenko V.M., Arslanov, K.A., ロシア沿海州に残された古津波の痕跡, 日本地震学会秋季大会, 神戸市, 2015

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕(計0件)  
〔その他〕ホームページ等 無

## 5. 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名：西村 裕一  
ローマ字氏名：Nishimura Yuichi  
所属研究機関名：北海道大学  
部局名：大学院理学研究院  
職名：准教授  
研究者番号(8桁)：20208226

研究分担者氏名：高清水 康博  
ローマ字氏名：Takashimizu Yasuhiro  
所属研究機関名：新潟大学  
部局名：人文社会科学系  
職名：准教授  
研究者番号(8桁)：10446370

研究分担者氏名：菅原 大助  
ローマ字氏名：Sugawara Daisuke  
所属研究機関名：ふじのくに地球環境史ミュージアム  
部局名：学芸課  
職名：准教授  
研究者番号(8桁)：50436078

### (2)研究協力者

研究協力者氏名：伊尾木 圭衣  
ローマ字氏名：Ioki Kei

研究協力者氏名：山中 悠資  
ローマ字氏名：Yamanaka Yusuke

研究協力者氏名：Nadezhda Razjigaeva  
ローマ字氏名：Nadezhda Razjigaeva

研究協力者氏名：Larisa Ganzey  
ローマ字氏名：Larisa Ganzey

研究協力者氏名：Victor Kaistrenko  
ローマ字氏名：Victor Kaistrenko

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、研究者個人に帰属されます。