

令和元年6月5日現在

機関番号：32675

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01223

研究課題名(和文) 南海トラフ沿岸に分布する津波巨礫の宇宙線照射年代測定による津波履歴の復元

研究課題名(英文) Cosmogenic nuclide dating to determine timings of huge tsunami using boulders derived from a dike of quartz porphyry in Hashigui-iwa facing the Nankai Trough, Pacific side of central Japan

研究代表者

前空 英明 (MAEMOKU, Hideaki)

法政大学・文学部・教授

研究者番号：50222287

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、南海トラフに面した和歌山県南部に分布する津波漂礫から直接採取し、宇宙線核種の生成量を測定することにより、津波発生年代を限定することを目的としていた。津波漂礫の6ヶ所から測定用の岩石サンプルを電動カッターで採取し、さらに年代測定の前処理として試料の岩石を1ミリ程度までに細粒化し、磁性鉱物の除去も行った。しかし、研究協力者が所属する東京大学大気海洋研究所の測定装置に致命的な不具合が生じ研究期間内での測定が不可能になった。このため、宇宙線照射年代の代替として、既存のボーリングコア中の津波堆積物の14C年代を使用して、アメリカ地球物理学会2018秋季大会で最終年度に研究発表を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

南海地震に伴う津波は、東日本大震災以来社会的に注目されており、被害想定など国をあげて取り組んでいる。本研究は南海地震が近海で頻発してきた紀伊半島南端部の串本町において、海岸の岩棚上に散らばっている巨礫に注目し、それらの巨礫を運搬した力は過去の大津波であると推定し、その発生年代について、宇宙線照射年代測定法を用いて求めようとした。結果的には機器のトラブルで研究期間内に結論は出なかったが、もし過去の大津波の発生年代や間隔がわかれば、津波災害の減災に役立ち、社会的意義は大きいと考えられる。また、津波堆積物を直接宇宙線照射年代測定した研究はまだほとんどなく、学術的にも挑戦的な研究だと考えている。

研究成果の概要(英文)：We carried out field surveys at Hashigui-iwa in October 2014 to take rock samples from the surface of the boulders for cosmogenic nuclide dating. We also took some samples from volcanic dike itself to compare ages with those of the boulders. We used electric disk grinder with diamond blade to take off rock surfaces thinly less than two centimeters in thickness. We took rock samples more than ten kilograms at each place because expected age must have been younger than a few thousand years BP. We finally took six samples for cosmogenic nuclide dating there. Cosmogenic nuclide dating can be used to determine timing of huge tsunamis. We supposed to use beryllium-10 which occur in minerals in rocks, such as quartz, however, could not determine the cosmogenic dates due to a serious dating machine trouble. The result of tsunami ages was reported using alternative dating method such as radio carbon dating at the AGU the Fall Meeting 2018.

研究分野：自然地理学

キーワード：南海トラフ 南海地震 巨大津波 宇宙線照射年代 津波漂礫

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

申請当時「メガ・ディザスター」などハルマゲドンの興味を喚起する一般向けの図書やテレビ番組などを目にするが多かった。しかし、それらは必ずしも科学的な成果に基づいて正確に伝えられているものばかりではなく、歴史史料の拡大解釈や推量で誇張的に伝えられている部分が多々みられた。この風潮は、こと地震や津波に関しては、過去にどのような地震が発生し、津波や強震動がどれくらいの規模だったのかなど、科学的根拠に基づく具体像がまだ明確にされていないことが原因の一つだと考えられる。

南海トラフで発生する海溝型大地震については、歴史史料や測地成果を利用できる時代における発生間隔や地震前後の地盤運動の様式は概ねわかっているものの、震源となるメガスラストのセグメントが、各地震においてどのように連動したのかについては、依然として議論が行われているのが現状である。さらに、先史時代の地震や津波についてはほとんど実態がわかっていないため、確かに我々が経験したことがない規模の大地震や大津波はありえないと言い切れない。高知大・岡村 眞教授(当時)は、高知県の蟹が池(潟湖)で採取されたコア試料の分析から、2000年前頃に南海トラフで、歴史時代にはない規模の巨大な津波が発生した可能性を発表した。地質学には「現在は過去の鍵」という有名なハuttonの言葉があるが、地球規模で起こる現象には、歴史時代を通じても人類が「現在」として経験していない未知の現象が存在することは、人類が拡大した第四紀という地質時代についてさまざまな学際的研究を行う第四紀学の進展にともなって次第に明らかになってきた。それは人類が記録を残している期間は、地球規模で起こる自然現象の発生サイクルにくらべきわめて短いからにはほかならない。変動帯で発生する地震や津波に関しては、数百年～数千年サイクルで発生している場合が多く、少なくとも完新世をカバーする活動履歴を解明しなければ、「過去を探る鍵」もしくは「未来を探る鍵」として十分に機能する根拠として意味をなさないと考えられる。

これまで我々は、海溝に沿う地域で発生する巨大地震にともなう地殻変動の様式や履歴を、旧汀線を示す海岸地形や固着生物の殻(隆起石灰岩)に記録された情報から読み解く研究を国内外で行ってきた(前空,1988,1999,2001; 宍倉・越後,2001; 宍倉ほか,2008a,b; Shishikura et al.,2009など)。このような研究を通して得られた結論は、地形・地質学的方法で読み取られた地殻変動と、歴史史料や測地成果から推定された地殻変動の様式は必ずしも一致しないということであった。そこから、地形・地質学的方法で読み取られた地殻変動は、メガスラストで発生する海溝型大地震より一桁長い間隔で発生する、歴史史料や測地成果のみではとらえきれない別のタイプの地震が隠されており、そのような地殻変動の累積の方が、沿岸の地形形成により大きく関与しているのではないかという仮説を提示した。近年我々は、紀伊半島においてかつて行なった隆起波食地形の研究(前空・坪野,1990)以後、新たな地殻変動や津波の存在を示す地形・地質学的証拠が報告され始めていることもあって、さらに現地を精査し、昭和南海地震のような通常のプレート境界型地震とは異なったタイプの地殻変動の有無、また歴史史料との対比によりそれらが連動している可能性について検討を行っている。その成果の一例として、紀伊半島南端部に近い串本町橋杭岩において、幅数百メートルの波食棚上に分布している長径0.5~7mの巨礫群があることを指摘し、その移動距離とおおよその質量から、台風などによる強い波浪では巨礫を運搬しうる流速と波高に達しないことを明らかにした。さらに近年発生した南海地震や東南海地震による津波でも移動していないことが過去の写真資料との比較からわかり、1707年に発生した宝永地震を含む、おおよそ500年の間隔で発生する巨大津波があり、それらが、巨礫群を移動させた可能性が高いことを主張した。そのような津波の波源モデルを解明する上で、歴史史料や測地成果ではとらえきれない別のタイプの地震の存在はきわめて重要な鍵を握っていると考えられ、これらの巨礫群は新たな連動地震モデル構築へとつながる「鍵」となる可能性を秘めている。このような背景により、我々は巨大津波についてさらに過去にさかのぼった詳細な解明が必要であるという着想に至った。

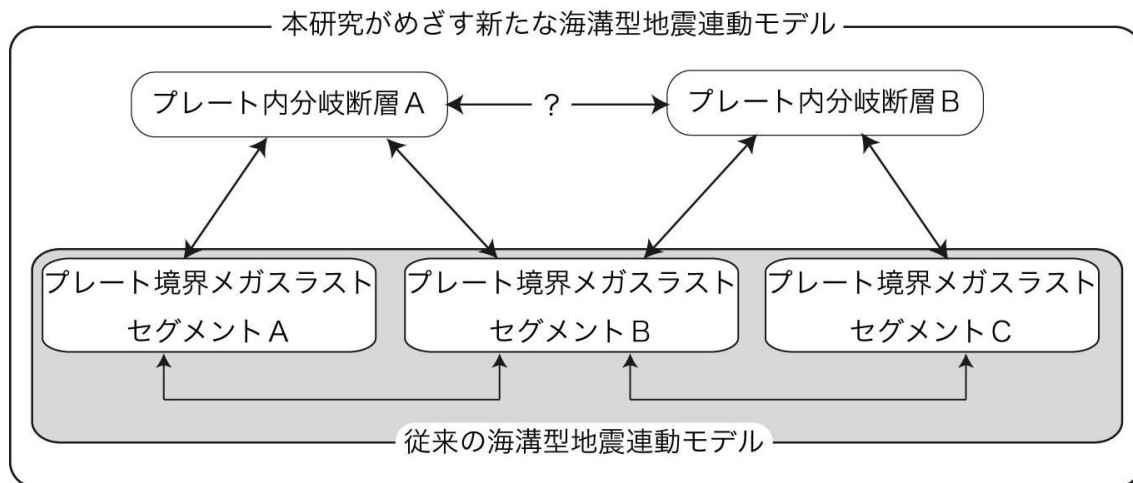
(参考文献)

- 前空英明(1988): 室戸半島の完新世地殻変動. 地理学評論(Ser.A), vol.61, 747-769.
前空英明・坪野賢一郎(1990): 紀伊半島南部の完新世地殻変動. 地学雑誌, vol.99, 349-369.
前空英明(1999): 室戸岬の最近数千年間の隆起様式から推定される新たな南海地震像. 月刊地球, 号外 no.24, 76-80.
前空英明(2001): 隆起付着生物の AMS-¹⁴C 年代からみた室戸岬の地震性隆起に関する再検討. 地学雑誌, vol.110, 479-490.
宍倉正展・越後智雄(2001): 1703年元禄関東地震に伴う三浦半島南部の地殻上下変動_離水波食棚_生物遺骸の高度分布からみた検討_. 歴史地震, 17巻, 32-38.
宍倉正展・越後智雄・前空英明・石山達也・永井亜沙香(2008a): 南海トラフ沿いに起きた歴史地震に伴う隆起を記録した紀伊半島南部沿岸の生物遺骸群集. 歴史地震, 23, 21-26.
宍倉正展・越後智雄・前空英明・石山達也(2008b): 紀伊半島南部沿岸に分布する隆起生物遺骸群集の高度と年代_南海トラフ沿いの連動型地震の履歴復元_. 活断層・古地震研究報告, No.8, 267-280, 産業技術総合研究所.
Shishikura, M., Echigo, T., Namegaya, Y. (2009): Evidence for coseismic and aseismic uplift in the last 1000 years in the focal area of a shallow thrust earthquake on the Noto Peninsula, west-central Japan. Geophysical Research Letters, 36, L02307, doi: 10.1029/2008GL036252.

2. 研究の目的

巨礫が移動した年代については、海面付近に生息していた生物の殻が固着しているものが、いくつかが存在しており、これらを採取して ^{14}C 年代測定を行うことにより、生物が死滅した年代から津波発生時期を特定することが可能となった。しかし、 ^{14}C 年代試料が得られない巨礫に関しては、現在、年代を測定する有効な手法がない。我々は、近年、氷河後退後の岩盤露出年代測定や、迷子石の年代測定など、氷床変動や環境変動の分野で注目されている、宇宙線照射年代測定法が利用できないかという着想にいたった。この年代測定法を応用できれば、有機物や炭酸塩堆積物がなくても、巨礫が岩脈から剥離して現位置に運搬されてきた時代を直接推定することができ、この分野の研究が画期的に進歩することは間違いない。さらに、巨礫側だけではなく、その供給源とされる岩脈そのものから試料を採取できれば、岩脈から巨礫が剥離された年代も推定することができ、巨礫の年代と比較することによって、年代の精度を高めることができるメリットがある。津波に運搬されたと考えられる巨礫は、紀伊半島以外にも、南海トラフ沿岸地域で何ヶ所か確認されており、それらも含めて、南海トラフ全域にわたって、宇宙線照射年代測定が可能な試料を採取し、南海トラフに沿う地域での津波発生年代の推定を試みる。それらを、沈降域での津波堆積物による津波発生履歴と対比することにより、より詳細な津波発生履歴を復元することが可能になる。

現地で得られたこれらの各種情報を総合して、津波の遡上高、浸水域、波源に関する地球物理学的モデリングを行い、巨大津波の実態を解明する。さらに、海岸隆起パターンや高度と震源メカニズムの比較から、低角沈み込み帯における、海溝に並行して発達するプレート内分岐断層とメガスラストとの連動などを考慮した新たな連動型地震発生モデルの再構築を試みることによって、将来の巨大津波の発生可能性について検討する。そして、できるだけ正確な過去の津波に関する情報を提供することにより、詳細なハザードマップの作成や、より有効な住民の避難計画の立案などに寄与することができ、防災・減災に関して自然地理学的手法が有効であることを示すことができれば、地理学の社会への貢献度が再評価されることになると考えている。



3. 研究の方法

本研究は、南海トラフ沿岸地域において、巨大津波の実態を解明する目的で、津波で運搬されたと考えられる巨礫の宇宙線照射年代の測定、そのための岩石試料の採取を、研究代表者、および研究者協力者らが共同で行なうものである。現地で得られたこれらの各種情報をもとに、津波の発生年代、津波の遡上高や波速等の推定を行う。最終的には、これまでの研究成果と合わせて、巨大津波の実態を明らかにするとともに、低角沈み込み帯における、海溝に並行して発達するプレート内地震とメガスラストの連動などを考慮した新たな海溝型連動地震モデルを再構築し、地理学の分野から地域防災計画に寄与することを目指している。

本研究は研究代表者と5名の研究者協力者によって行なう。以下に述べる現地調査では、GPS、トータルステーションなど各種計測機器を使用した地形計測、チェーンブロック・ばね秤等を使用した巨礫重量の測定、海岸生物、海岸地形調査、宇宙線照射年代測定用の岩石試料の採取、およびその年代測定などを計画していることから、それらの専門的知識をもった複数の研究者の協力が必要である。地殻変動の分析において、代表者に加えて、国内外のさまざまな条件の沈み込み帯における同様な研究実績がある宍倉氏や、地形測量についての専門的スキルも有している越後氏の研究協力者としての参加が必要である。宇宙線照射年代測定は現在開発と応用が進んでいる世界的に注目されている新しい年代測定法であり、巨礫の宇宙線照射年代を計測した例は管見の限りまだない。世界的に見ても測定機器や専門家を有する研究機関は数少ない中であ

って、東京大学の横山氏と宮入氏はこの分野の第一人者であり、本研究計画で研究協力者として協力を得ることが必須である。現地調査から明らかにされた巨礫の堆積年代や津波遡上高、津波の最大波速から、津波波源域や震源モデルを計算によってシミュレーションすることが本研究計画の最終目的の一つであるため、この分野の専門家である行谷氏の研究協力者としての参加は不可欠である。

4. 研究成果

本研究は、南海トラフに面した和歌山県南部に分布する津波漂礫、およびその供給源となった岩盤の岩石を直接採取し、津波によって破壊された後、宇宙線にさらされて岩石中の鉱物が崩壊して生成される、宇宙線核種の生成量を測定することにより、津波発生年代を限定することを目的とした研究である。初年度は、津波漂礫や津波によって破壊された岩盤の宇宙線照射年代測定を行うための試料を採取し、その化学処理の準備過程として、試料の岩石を1ミリ程度までに細粒化し、さらに磁性鉱物の除去を行った。しかし、研究に協力して頂いている東京大学大気海洋研究所の測定装置に不具合が生じ、年代測定を行うことができなかった。次年度は、以前の研究で採取していた、串本町のボーリングコアを利用して、コア中の珪藻化石の属種分析と、その上下に堆積している粗粒な津波堆積物の関係を知ることが重要と考え、珪藻分析の情報収集と、粗粒な津波堆積物が宇宙線照射年代測定に適合するかについて分析をすすめた。最終年度は年代測定装置の不調のため延期になっていた年代測定の実施を、9月下旬に測定装置が安定して稼働しはじめたため、11月下旬に測定装置の使用枠（マシンタイム）を確保してもらい、年代測定実験を実施する予定であった。そのため、12月中旬に開催されるアメリカ地球物理学学会秋季大会（ワシントン DC）での研究発表の申し込みを行った。しかし、予定日の3日前に、測定装置に主要部品の交換が必要なほどの深刻な故障が発生し、回復まで少なくとも数ヶ月かかるという報告を受けた。このため、本研究期間中に年代測定の実施はできなかった（新年度になってから現在計画中）。12月の学会発表では、肝心の年代測定の実測値については、その他周辺の堆積物から得られた他の方法による年代から推定した年代値を使う方法に切り替えて発表を行った。それでも、津波堆積物の研究を行っている世界の研究者から多くの質問を受け、貴重な議論を行うことができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

照井朱音・前李英明(2018): 韓国の「地震災害対策法」について。活断層研究, 第49号, 41-50。(査読有)

〔学会発表〕(計3件)

Maemoku, H., Shishikura, M., Echigo, T., Namegaya, Y., Yokoyama, Y. and Miyairi, Y.: Cosmogenic nuclide dating to determine timings of huge tsunami using tsunami boulders derived from a dike of quartz porphyry in Hashigui-iwa facing the Nankai Trough, Pacific side of central Japan. AGU Fall meeting, Washington D.C., Walter E. Washington Convention Center, 2018/12/13.

前李英明, 宍倉正展, 越後智雄, 行谷佑一, 横山祐典, 宮入陽介: 和歌山県南部, 橋杭岩に分布する津波石群から推定される津波の規模と年代, 東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会「地球環境と固体地球変動の関わり」, 東京大学大気海洋研究所, 2017年11月24日。

北川珠己, 前李英明, 宍倉正展, 越後智雄, 行谷佑一: 和歌山県串本町の陸繋砂洲コア試料から発見された天城カワゴ平(kg)テフラ, 日本地球惑星科学連合2017年大会, 千葉市幕張メッセ, 2017年5月25日。

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1)研究分担者

なし

(2)研究協力者

研究協力者氏名：宍倉 正展

ローマ字氏名：SHISHIKURA, Masanobu

研究協力者氏名：行谷 佑一

ローマ字氏名：NAMEGAYA, Yuichi

研究協力者氏名：越後 智雄

ローマ字氏名：ECHIGO, Tomoo

研究協力者氏名：横山 祐典

ローマ字氏名：YOKOYAMA, Yusuke

研究協力者氏名：宮入 陽介

ローマ字氏名：MIYAIRI, Yosuke

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。