

機関番号：15401

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20500895

研究課題名 (和文) 海溝型地震とプレート内地震の連動履歴に関する地形・地質学的研究

研究課題名 (英文) Geomorphological and geological study on the history of interrelation between inter-plate and intra-plate earthquake

研究代表者

前杵 英明 (MAEMOKU HIDEAKI)

広島大学・大学院教育学研究科・教授

研究者番号：50222287

研究成果の概要 (和文)：

本研究は、海溝型巨大地震の発生モデルに関して、陸上の地形・地質学的データから新たな検討を加えることを目的としたものである。紀伊半島南部を中心に、隆起地形や津波漂礫の分布調査を行い、津波のモデリングや ^{14}C 年代測定などの分析を通して、南海トラフ・メガスラストの各セグメント間の連動型地震ではなく、海溝陸側斜面に発達する海底活断層と海溝型巨大地震との連動型が発生した可能性を指摘することができた。

研究成果の概要 (英文)：

This study aims to reconstruct a new model on inter-plate earthquakes from geomorphological and geological evidences observed in coastal area. We executed geomorphological and geological fieldwork on raised coastal landforms and tsunami boulder in the southern part of Kii peninsula, Pacific coast of Japan. We could suggest that focal area in inter-plate and intra-plate should have been interrelated in the late Holocene through modeling on tsunami wave and radio carbon dating.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：自然地理学

科研費の分科・細目：地理学・地理学

キーワード：海溝型地震、プレート、地形学、連動型、南海トラフ、地質学

1. 研究開始当初の背景

1995年に発生した兵庫県南部地震（阪神淡路大震災）以来、地震と防災に対する関心が世間で高まる中、2001年芸予地震、2004年新潟県中越地震や2007年新潟県中越沖地震など、経済的にも社会的にも負のインパクトが大きい内陸直下型地震が我が国において近年多発している。同時に、いつ発生してもおかしくないと言われ集中的な観測が実施

されている東海地震などのような、南海トラフ沿いに発生する海溝型巨大地震についても、一旦発生すると被害が広域に及ぶ可能性が高いことから、強震動予測マップや津波浸水被害マップなどが、被災が予想される地域を中心に精力的に作成されている。

このような状況にあつて、地震予知に関する研究はここ10年間で格段の進歩をとげ、断層面の詳しい構造やスリップの様式など

様々な新しい知見がもたらされ、地震発生の短期予知はまだ難しいものの、海溝型巨大地震に関しては中期予知の実用化は道筋が見えてきたと言えよう。内陸活断層による直下型地震については、中期予知はまだ難しいものの、断層発掘調査による成果から長期間の発生確率が公表されるなど、長期予知についても一定の成果をあげている。

これらに関連して、研究代表者らはこれまで、海岸の地形や固着生物の殻（隆起石灰岩）に記録された、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を読み解く研究を国内外で行なってきた。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、歴史記録や測地記録から提示された地殻変動の様式には有意に大きな相違があるということであった。すなわち、歴史記録や測地記録では地震時の隆起・沈降は地震間の逆向きの変動により相殺され、約20%程度が隆起地形を作る変動量として累積していくというものである。これに対して地形・地質学的方法で読み取られた地殻変動は、海溝型巨大地震より一桁長い間隔で発生する地殻変動が累積していることを示していた。一般に歴史記録や測地記録によるデータのほうが信頼度や解像度が高いとされていることから、地形・地質学的方法による分析が間違っているのではないかと問われたこともあったが、分析誤差を差し引いても余りある違いがあることが次第にわかってきて、それならば歴史記録ではとらえきれない別のタイプの地震があり、それが主に隆起地形を作っているのではないかという仮説を持つに至った。このような背景により、本研究は、紀伊半島においてかつて代表者らが行った隆起波食地形の研究以後、新たな地殻変動や津波の存在を示す地形・地質学的証拠が少しずつ報告され始めていることもあって、既存の論文・報告をふまえて、さらに現地を詳細に踏査し、新たなデータを加えながら海溝型巨大地震と異なったタイプの地殻変動の有無、また歴史記録との対比によりそれらが連動している可能性はないかについて検討することを目指していた。

2. 研究の目的

本研究計画は、発生が差し迫っている海溝型巨大地震の発生モデルに関して、陸上の地形・地質学的データから新たな検討を加えることを目的としたものである。

南海トラフで発生する海溝型巨大地震に関しては、歴史記録である程度の発生間隔がわかっているが、セグメントの特定などに関しては陸上や海底の地形・地質調査による確認がまだ十分行われているとは言えず、またセグメントをまたがって一度に発生する連動型地震に関する過去の発生履歴に関しては、

歴史記録だけでは限界があり、いまだ解明されていない。また、過去の地震をさぐる大きなメリットの一つとして、歴史時代では経験していない未知のタイプの地震をとらえることができることであり、実際に室戸岬における前奎（1988,1999,2001 など）の研究によってそのような地震の存在が指摘されている。最近では東海地震の震源域でもラグーン堆積物を使った調査により、歴史記録でわかっている地震だけでは到底説明できない地殻変動の存在を指摘した研究も見られる（産業技術総合研究所・藤原治氏の研究、マスコミ発表）。このような地震の震源断層についてはいまだ推定の域をでていないが、一つには海溝陸側斜面に分布するプレート境界断層から派生したスラストが1000年～2000年くらいの周期で活動しているのではないかとされている。このような断層が存在するとしたら、どのような活動をしているのかを十分調査研究する必要がある。

本研究は、主に東南海セグメントである紀伊半島南部を中心とした地域において、陸上に分布する完新世隆起石灰岩、津波石、津波堆積物、隆起波食地形などを対象にした調査を行ない、歴史記録にみられる東南海・南海地震とは異なったタイプの地震性地殻変動を経験した可能性について検討し、特に南海トラフ・メガスラストの各セグメント間の連動型地震だけではなく、上述したような海溝陸側斜面に発達する海底活断層と海溝型巨大地震との連動型地震についてシミュレーションなどを通してその可能性を探っていくことを目的としていた。

3. 研究の方法

本研究は、GPSやトータルステーションを使った隆起波食地形の分布高度調査、岩礁に固着したまま隆起した主として潮間帯に棲息する生物の石灰質殻（隆起石灰岩）の分布調査と採取、橋杭岩西側に分布する津波漂礫の堆積学的調査などを行なう。現地で得られたこれらの各種資料をもとに、AMSによる放射性炭素年代測定、津波の遡上高や波源域に関する地球物理学的モデリング、隆起パターンや高度から震源モデルの計算などを行い、最終的には紀伊半島南部地域の隆起過程から、海溝に並行して発達するプレート内地震との連動などを考慮した海溝型巨大地震発生モデルを再構築する。

具体的には、紀伊半島南部に分布する隆起波食棚および隆起石灰岩の分布調査を行い、海面からの正確な高度や分布位置を求める。このために、RTK-GPS測量やトータルステーション測量、レーザー測距器測量を行う。比較的小規模な石灰岩試料の採取は、ハンマーと平たがねを使って、岩礁からはがす方法をとるが、隆起石灰岩が密に分布している場所で

は、より詳細な地殻変動史を復元するため、付着している石灰質殻を最低地点から最高地点まで全高度をカバーするようにコアラーで連続サンプリングし、石灰岩をつくるコロニー全体がどのような成長してきたのかを明らかにする。

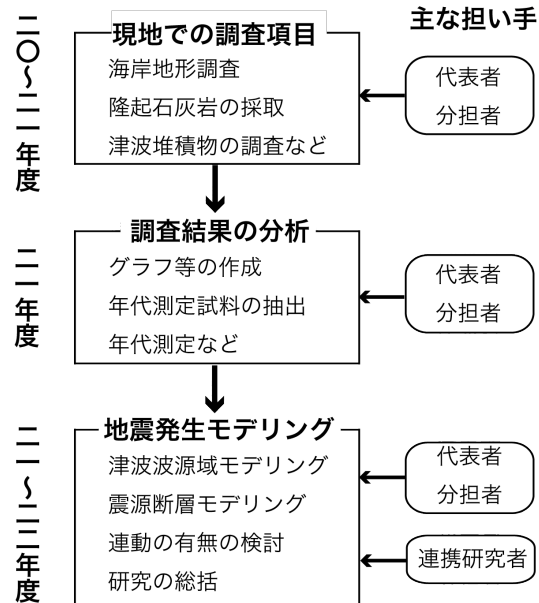
隆起石灰岩中に見られる生物が、現在紀伊半島南部においてどのような水深環境のところに生息しているのかを調査し、コアから推定した古水深の精度を確認する必要がある。生物の生息深度については、一般論としておおよその資料は既存の研究から得ることができるが、生息地域の違いによる差異がある程度あるため、古水深推定の精度を上げるためには、まさにその地域での現生生物のデータが必要になる。この調査は、浅海域での付着生物の分布を、クォードラッドを用いた記載調査によって明らかにする。水中での位置確認のため、水深計、GPS、水中での写真撮影のための防水カメラを利用する。現生種の試料の採取を行い属種の同定を行う必要がある。

地形学的な隆起の証拠である隆起波食地形の高度により、海溝軸に平行な方向に横軸をとった高度分布図を作成する。その図に付着生物の石灰質殻の高度と年代を重ねる。その際生物の種類によって付着高度が異なるため、生物の種類ごとに区分して記載する。また、石灰質殻が密に分布する地点でとられた連続サンプルの年代値と採取高度を、年代を横軸に高度を縦軸にとったグラフを作成し、生物コロニーの成長過程をプロキシーにして詳細な隆起様式を読み取る。

石英斑岩の岩脈が、周囲の新第三系熊野層群（砂岩・泥岩）との差別侵食により削り出されてきた名勝地・橋杭岩には、孤立する岩脈から崩れ落ちてきた巨礫が熊野層群を侵食して形成されたベンチ上に点在している。この巨礫下のベンチ高度は、のっている巨礫によって風化や波食を免れてきたため周囲のベンチ高度より数10センチ高く、台座状になっていることが指摘されている（豊島, 1968）。これらの巨礫は長径が6メートルを超える大きなものがあるが、現在は岩脈から数10メートル西側まで運搬されている。この巨礫を運搬した営力は津波以外に考えられないが、いつ、どれくらいの津波によって運搬されたのかはまったくわかっていない。これらの津波によって運ばれたと考えられる巨礫の分布をGPS、トータルステーションなどを使って精密に測量する。また同時に、津波の波源域や波高などを推定するため、長径や長軸方向の計測も行なう予定である。巨礫に付着した石灰質殻からは巨礫が現位置に運搬されてきた年代も推定できる。橋杭岩における巨礫の分布状況や大きさから津波のシミュレーションを行なう。どれく

らいの大きさの巨礫がどれくらいの範囲に、どの方向に、いつ運搬されたのかについて検討を行なう。最終的にはこれらの情報からコンピューターによるシミュレーションによって津波の波源域に関する推定を行なう。以上の情報を総合し、紀伊半島南部が完新世後期にどのような地殻変動を経験してきたのかについて検討する。特に歴史学的・測地学的に得られている地殻変動様式と整合性があるのか、または歴史学的・測地学的に得られている地殻変動様式では説明できない変動が検出されるのか、それは海溝型地震と連動していたのかどうかなどについては、津波のシミュレーションを通して得られる波源モデルなどと比較検討しながら明らかにする。

調査・研究の流れ



4. 研究成果

本研究計画は、発生が差し迫っている海溝型巨大地震の発生モデルに関して、陸上の地形・地質学的データから新たな検討を加えることを目的としたもので、特に歴史記録にみられる東南海・南海地震とは異なったタイプの地震性地殻変動を経験した可能性について検討し、特に南海トラフ・メガスラストの各セグメント間の連動型地震だけではなく、海溝陸側斜面に発達する海底活断層と海溝型巨大地震との連動型地震についてシミュレーションなどを通してその可能性を探っていくことを主眼においている。東南海セグメントである紀伊半島南部を中心とした地域において、陸上に分布する完新世隆起石灰岩、津波石、津波堆積物、隆起波食地形などを対象にした調査を行った。その結果、これまで測地学的データや地震学的データからは全く未知であった、紀伊半島南部を沈降さ

せるような地殻変動を伴ったプレート内地震が、数千年の発生間隔で起こり、それが巨大津波を発生させているのではないかと、いう新たな仮説を提示することができた。

次に巨大津波の結果、陸上に打ち上がったと推定される橋杭岩の巨礫群について、それらの位置、大きさ、向き、摩擦係数などの測定を行った。これらの基礎データをもとに、巨礫を移動させる津波の流速をモデル計算し、これまで知られている大型台風や 1945 年の昭和南海地震程度の津波では、長径 5m を越えるような巨大礫は動かすことができないという結果を得ることができた。

本研究では、巨大津波の年代、プレート間地震の連動、およびプレート間地震とプレート内地震との連動について具体的なモデルの提示には至らなかったが、さらなる研究目標を明確にすることができたことは有意義であったと考えている。

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 3 件)

1. 山田泰広・日野亮太・小林励司・宍倉正展・川村喜一郎・坂口有人, ジオハザードの科学的な理解—人類の脅威となる巨大地震の探査に向けて—, 月刊地球, 査読無, 32, 2010, 77-85.
2. IRYU, Y., MAEMOKU, H., YAMADA, T. and MAEDA, Y., Limestones as a paleobathymeter for reconstructing past seismic activities: Muroto -misaki, Shikoku, southwestern Japan, Global and Planetary Change, 査読有, 66, 2009, 52-64.
3. 宍倉正展・越後智雄・前李英明・石山達也, 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, 査読無, No. 8, 2008, 267-280.

[学会発表] (計 8 件)

1. Hideaki Maemoku, Asaka Nagai, Masanobu Shishikura, Tomoo Echigo and Yuichi Namegaya, Water velocity inferred from tsunami boulders around Hashigui-iwa, pacific side of central Japan, 2010 American Geophysical Union Fall Meeting, 13 Dec. 2010, San Francisco, USA.
2. 平井 彰・前李英明・井龍 康文, 完新世隆起石灰岩によるプレート境界型地震履歴の復元、日本地球惑星科学連合 2010 年大会, 2010 年 5 月 26 日, 千葉市.
3. 前李英明・永井亜沙香・宍倉 正展・越後智雄・行谷佑二, 和歌山県串本町橋杭岩に分布する巨礫と巨大津波、日本地球惑星科学連

合 2010 年大会, 2010 年 5 月 24 日, 千葉市.

4. Hideaki Maemoku, Asaka Nagai, Masanobu Shishikura, Tomoo Echigo and Yuichi Namegaya, Were boulders around Hashigui-iwa, pacific side of central Japan, transported by tsunamis? 3rd International Tsunami Field Symposium, 10 Apr. 2010, 仙台市.
5. 宍倉正展, 相模トラフ沿いにおける古地震の履歴と断層モデル—レビューと KAP における海域掘削による展望—, 日本地球惑星科学連合 2009 年大会, 2009 年 5 月 19 日, 千葉市.
6. Masanobu Shishikura, Tomoo Echigo, Hideaki Maemoku, Tatsuya Ishiyama, Evidence of past multi-segment earthquakes along the Nankai Trough, detected from emerged sessile assemblages in the Kii Peninsula, south-central Japan, Asian Seismological Commission, 25 Nov. 2008, つくば市.
7. 宍倉正展・越後智雄・前李英明・石山達也・永井亜沙香, 紀伊半島南部の隆起生物遺骸群集に記録された南海トラフの連動型? 地震履歴, 日本地球惑星科学連合 2008 年大会, 2008 年 5 月 29 日, 千葉市.
8. 永井亜沙香・前李英明・宍倉正展・越後智雄・石山達也・岩崎正吾, 紀伊半島南部・橋杭岩付近の波食棚と津波漂礫から推定される巨大地震, 日本地球惑星科学連合 2008 年大会, 2008 年 5 月 29 日, 千葉市.

[図書] (計 1 件)

1. 宍倉正展 (加藤碩一ほか編), 朝倉書店, 房総半島—大地震で形成された海岸段丘 (宇宙から見た地形), 2010 年, 56-59 (総ページ 144)
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
前李 英明 (MAEMOKU HIDEAKI)
広島大学・大学院教育学研究科・教授
研究者番号: 5 0 2 2 2 2 8 7
 - (2) 研究分担者
越後 智雄 (ECHIGO TOMOO)
(財) 地域地盤環境研究所・地球科学研究部門・研究員
研究者番号: 6 0 4 5 0 9 0 4
 - (3) 連携研究者
宍倉 正展 (SHISHIKURA MASANOBU)
独立行政法人産業技術総合研究所・活断層・地震研究センター・海溝型地震履歴研究チームリーダー
研究者番号: 0 0 3 5 7 1 8 8
(H20: 研究分担者)

(4)連携研究者

行谷 佑一 (NAMEGAYA YUICH)

独立行政法人産業技術総合研究所・活断層・地震研究センター・海溝型地震履歴研究チーム員

研究者番号：90466235