

学位論文題名

Source process of great earthquakes along the Kurile trench
estimated from tsunami waveforms and tsunami deposit data
(津波波形と津波堆積物から求めた千島海溝沿いに発生した巨大地震の震源過程)

学位論文内容の要旨

太平洋プレートは千島列島の下に年間約 8 cm の割合で沈み込んでおり、そのプレート境界で多くの巨大地震を発生させてきた。津波を発生させた最近の巨大地震は 1952 年、2003 年十勝沖地震、1973 年根室沖地震、1969 年、1994 年千島沖地震、1958 年択捉島沖地震、1963 年千島沖地震、2006 年、2007 年千島沖地震などがある。十勝沖や根室沖の地震に関しては地震波や津波波形などを用いて研究がされている。しかし 1969 年、1958 年、1963 年地震に関しては津波波形解析がなされていない。津波波形を用いて巨大地震の発生過程の全体像をつかむことは重要である。これらの地震に関して津波波形解析よりすべり量分布を求め、千島沈み込み帯で発生した多くの巨大地震の破壊域の関連性について研究する。

1963 年千島沖巨大地震が択捉島沖で発生し津波をともなった。また 7 日後には津波地震となった最大余震も発生した。太平洋やオホーツク海沿岸の検潮所で観測された津波波形を用いて 1963 年千島沖地震と最大余震のすべり量分布を求めた。本震の場合地震モーメントは 2.4×10^{21} Nm (M_w 8.2) と求められた。2006 年千島沖地震は 1963 年千島沖地震の北東で発生した。2006 年千島沖地震と 1963 年千島沖地震は千島海溝に沿って互いにすきまなく破壊され、また重複もしていないことがわかった。1963 年千島沖地震の最大余震は海溝付近の浅い場所で発生し、津波地震であることがわかった。また地震モーメントは 0.9×10^{21} Nm (M_w 7.9) と求められた。

1969 年千島沖地震は 1963 年千島沖地震の南西で発生した。この地震は 1963 年千島沖地震と同じ逆断層型のプレート境界地震である。津波波形インバージョンによってすべり量分布が求められ、地震モーメントは 1.1×10^{21} Nm (M_w 8.0) となった。すべりが大きい場所は震源付近にみられた。1973 年根室沖地震は 1969 年千島沖地震の西側で発生した。これらの地震の破壊域は重複することなく、またすきまなく破壊された。1975 年色丹島沖

地震は 1969 年千島沖地震では破壊されなかったプレート境界浅部を破壊し、津波地震となった。

1958 年択捉島沖地震は 1963 年千島沖地震の南西で発生した。この地震がプレート境界型地震かスラブ内地震かを調べるために様々な断層モデルを仮定し津波波形解析をおこなった。その結果 1958 年択捉島沖地震はスラブ内地震であることがわかった。求められた断層モデルパラメーター、断層最浅端の深さ = 38 km, dip = 40°, 長さ = 150 km, 幅 = 80 km, を用いて津波波形インバージョンをおこないすべり量分布を求め、地震モーメントは 1.7×10^{21} Nm (M_w 8.1) と求められた。

有史以前の津波による津波堆積物が北海道太平洋沿岸東部でみついている。これらの津波堆積物は上記の有史地震による津波堆積物よりはるかに内陸で発見された。また津波堆積物より推定された津波の高さは、上記の歴史津波の高さよりはるかに高い。この巨大津波の再来間隔は約 400 ~ 600 年、最も新しいイベントは 17 世紀初頭であることが津波堆積物や火山灰によってわかっている。巨大津波は、十勝沖と根室沖で発生した巨大地震によって発生した津波である。内陸低地での津波堆積物データと、沿岸高地での津波堆積物より推定された津波の高さを用いて、17 世紀巨大地震の断層モデルを求めた。その結果、地震モーメントは 2.3×10^{22} Nm (M_w 8.8) と求められた。内陸低地における津波堆積物データはプレート境界の深い場所の大きなすべりによって説明することができ、沿岸高地における津波堆積物より推定された津波の高さは、プレート境界の浅い場所の非常に大きなすべりによって説明することができた。2011 年東北地方太平洋沖地震は、日本海溝に沿って大きな領域を破壊し、特にプレート境界付近の浅い場所で非常に大きなすべりが起きた地震である。17 世紀巨大地震も 2011 年東北地方太平洋沖地震と同じタイプの地震であっただろう。

1973 年根室沖地震, 1975 年色丹島沖地震, 1969 年千島沖地震, 1963 年千島沖地震と最大余震, 2006 年千島沖地震の津波波形インバージョンより求められたすべり量分布の関係を調べた。これらの地震はお互い重複することなく、また千島海溝に沿ってすきまなく破壊されたことがわかった。また、千島沈み込み帯における太平洋プレートの沈み込み速度と、これら巨大地震のすべり量について比較した。千島海溝に沿って発生する各領域の巨大地震の再来間隔は約 80 年。太平洋プレートが千島列島や北海道に沈み込む速度は 1 年間で約 8 cm。上記で求められた巨大地震の最大すべり量は約 3 m。これは千島沈み込み帯において、これらの巨大地震によってひずみが完全に解消されていないことを意味する。よって 17 世紀巨大地震や 2011 年東北地方太平洋沖地震のような巨大地震が、千島海溝に沿って発生する可能性を示唆している。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 谷 岡 勇市郎
副 査 教 授 村 上 亮
副 査 教 授 小 山 順 二

学位論文題名

Source process of great earthquakes along the Kurile trench
estimated from tsunami waveforms and tsunami deposit data
(津波波形と津波堆積物から求めた千島海溝沿いに発生した巨大地震の震源過程)

博士学位論文審査等の結果について（報告）

千島列島沿いの沈み込み帯では過去に多くの巨大地震を発生させてきた。これまで、それらの巨大地震の震源過程の研究はほとんどが遠地地震波形解析によりなされてきた。しかし、地震波解析だけでは、特にゆっくりした破壊が進行した場合、巨大地震の震源像の全体像を捕らえられないことも分かっていた。さらに 2011 年東北地方太平洋沖超巨大地震の発生により、それ以前は固着が小さいとされてきた海溝沿いのプレート境界で 40m を超えるすべりがあったことも明らかになってきた。

そこで、本論文は、まず、津波波形の観測されている千島海溝沿いの巨大地震（1963 年千島沖巨大地震、1963 年千島沖巨大地震の最大余震、1958 年択捉沖巨大地震、1969 年色丹沖巨大地震）について津波波形インバージョン手法を用いてその震源過程を推定し、遠地地震波解析では明らかにならない、ゆっくりした破壊過程を含む、震源過程の全体像をつかむことを目的とする。さらに津波堆積物データから、17 世紀に北海道太平洋沖で発生したとされる超巨大地震の震源過程を 2011 年東北地方太平洋沖巨大地震の震源過程を参考に全てのデータを説明できる震源モデルを構築する。最後に上記の結果を総合し、千島海溝沿い巨大地震の発生様式を理解することを目的とする。

結果として、1963 年千島巨大地震の地震モーメントは 2.4×10^{21} Nm (M_w 8.2) と推定され、その北東側で発生した 2006 年中千島巨大地震の破壊域とは重ならないことを明らかにした。1963 年千島沖巨大地震の最大余震については海溝側に大きなすべりを持つ津波地震であることを明らかにした。1958 年択捉沖巨大地震についてはスラブ内地震であったことを明らかにした。1969 年色丹沖巨大地震の地震モーメントは 1.1×10^{21} Nm (M_w 8.0) と推定され、その南西側で発生した 1973 年根室半島沖巨大地震の破壊域とは重ならないことを明らかにした。さらに、1975 年津波地震の余震域とも重ならないことを明らかにした。これらの結果を総合すると、2006 年中千島沖巨大地震の破壊域から 1975 年根室半島沖巨大地震の破壊域までのプレート境界は隙間なくこれらの地震で破壊されていることが明らかになった。さらに北海道太平洋沖で発生した 17 世紀の超巨大地震の津波堆積物調査結果を全て説明し、かつ東北地方で歴史記録に残らないような津波を発生させるためには、今まで考えられていた断層モデルに加えて海溝近傍の幅 30 km のプレート境界が 25m 程度すべる必要があることを明らかにした。地震モーメントは 1.7×10^{22} Nm (M_w 8.8) と推定された。この結果は、津波堆積物調査結果から、すべりの深さ方向の違いを明らかにした世界最初の研究成果と言える。また、この結果は、17 世紀の超巨大地震が 2011 年東北地方太平洋沖巨大地震と同じタイプの地震であることを示す画期的な成果である。

これを要するに、著者は、千島海溝沿いに発生する巨大地震の発生様式について新知見を得たものであり、この地域での将来の巨大地震の発生に対する知見を与えるだけでなく、M9クラスの超巨大地震の発生を理解する上でも貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。