

1 1 - 1 2006年11月15日千島列島の地震について

The earthquake that occurred in Kuril Islands on November 15, 2006

気象庁 地震予知情報課

気象庁 札幌管区气象台

Earthquake Prediction Information Division, JMA

Sapporo District Meteorological Observatory, JMA

1. 地震の概要

2006年11月15日20時14分（日本時間）千島列島の東方でM7.9（気象庁M）の地震が発生した。発震機構（ハーバード大学によるCMT解）は、北西—南東方向に圧力軸を持つ逆断層型であった（第1図）。

この地震により北海道の太平洋沿岸、オホーツク海沿岸、本州（東北～伊豆半島）の太平洋沿岸、伊豆諸島、小笠原諸島、四国、九州の太平洋沿岸で高さ0.8～0.1mの津波を観測した（第2図）。

第3図は気象庁のSTS地震計で観測された地震波形である。左上図を見ると、各観測点においてP波到着直後から長周期の波が観測されていることがわかる。また、右上図より表面波が卓越している地震であることから、破壊が比較的浅いところで起こったと考えられる。

今回の地震の震源過程について、IRIS-DMCより取得した広帯域地震波形記録（遠地実体波）を用いて解析した結果を第4図に示す。解析には、Kikuchi and Kanamoriのプログラム¹⁾を用いた。大きく滑った領域は海溝軸沿いに2つ現れた。まず震源に近い北海道寄りの領域が滑り、その後北東に滑りが進行していったと考えられる。

地震波形は、気象庁が東海地域に設置している体積歪計でも観測された。第5図は、観測された波形の振幅を用いてMwを推定したものである。解析の結果、Mwは8.2程度と見積もられた。

なお、気象庁では東経148.5度以東の地震については、地震波形から震源が深くはないと判断される場合、震源深さ30kmに固定して震源決定を行っている。

2. 前震活動が見られる地域

今回の地震の発生前、2006年9月下旬から10月にかけて、本震（2006年11月15日M7.9）の西の海域で地震活動がやや活発となり、最大M6.8（2006年10月1日）の地震をはじめM6以上の地震が4回発生した。これらの地震では長周期の波が卓越する地震が多くみられた。第6図は、これらの前震的な地震のうち、ほぼ同じ海域で約1年前の2005年10月15日に発生したM6.4の地震と同程度の規模の地震（2006年10月13日M6.3）について波形を示したものである。前震的な地震の波形は表面波が卓越しており、浅い地震であったと考えられる。また、初動直後から長周期の波が見られることから、破壊そのものがゆっくりであった可能性があると考えられる。これに比べて1年前の地震は、短周期が卓越しており表面波がほとんど見られないことから、相対的に深い地震であったと考えられる。今回の前震的な活動と1年前の地震活動については様式も異なっており、今回はM6以上の地震が多発したが、1年前の地震はM6以上の地震は1回だけで、単発的であった。

千島列島（国後島～シムシル島）沖では、これまでも、M7～8の地震がたびたび発生している

が、これらの地震活動では、いくつか前震的な活動がみられる（1978年3月25日 M7.3 択捉島沖，1991年12月22日 M6.8 ウルップ島沖，1995年12月4日 M7.3 択捉島沖の地震の活動状況を第7図に示す）。

3. 千島海溝沿いの地震活動

千島海溝沿いでは、M8 前後のプレート境界地震が発生しており、地震調査委員会によって評価が行われている。第8図を見ると、各 M8 前後の地震後1ヶ月間の余震活動領域（USGS 震源）および地震調査委員会の評価領域と対応するように、海底にくぼみ（谷地形）が発達しているように見える。

北海道沖からロシア連邦のカムチャッカ半島沖にかけての、千島海溝沿いの M5 以上の地震活動（USGS による震源）を見たのが第9図である。北海道寄りでは、1963年に M8.2 の地震が発生して以降、西へ向かって順次 M8 前後の地震が発生した。今回の地震は、1963年の地震の東側で発生したが、これら両者の震源域の間にはあまり地震が発生していない領域が存在している。また、今回の地震からカムチャッカ半島にかけては、M8 前後の地震が発生していない。さらに時間を遡るため、宇津の「世界の被害地震の表」²⁾による震源を用いて1900年からの地震活動を示したのが第10図である。今回の地震と1952年に発生したカムチャッカの地震との間には空白域があるように見えるが、1952年の地震の震源域が今回の地震付近まで広がっていた可能性もある。

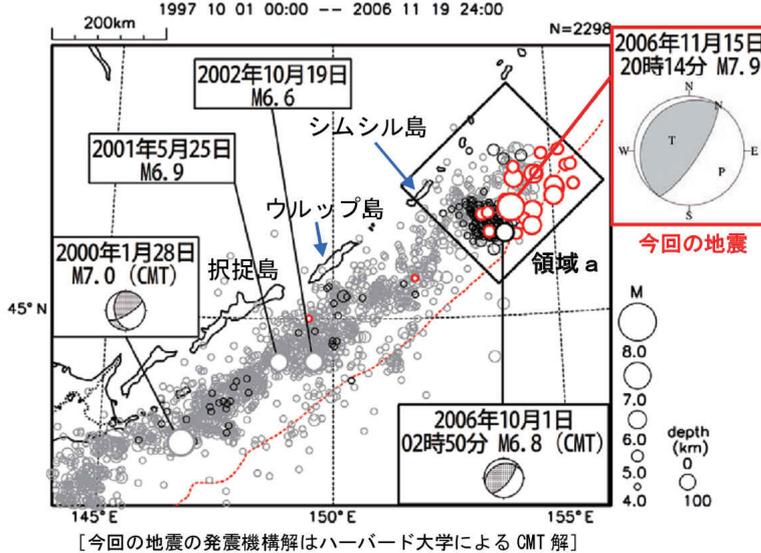
参 考 文 献

- 1) M.Kikuchi and H.Kanamori: Note on Teleseismic Body Wave Inversion Program,
<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/ETAL/KIKUCHI/>
- 2) 宇津徳治：「世界の被害地震の表」，<http://iisee.kenken.go.jp/utsu/index>

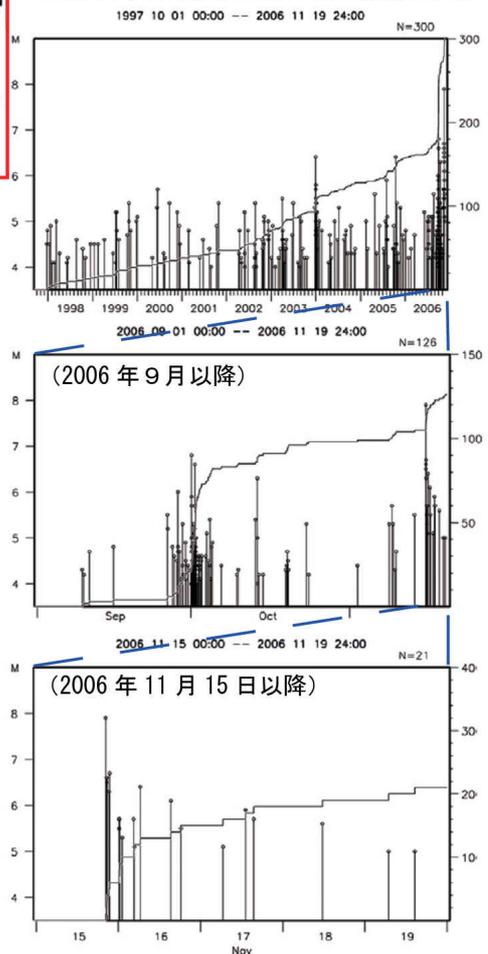
11月15日 千島列島の地震

A 震央分布図 (1997年10月以降、 $M \geq 4.0$)

2006年9月以降の地震を○、2006年11月15日以降の地震を○で表示している。



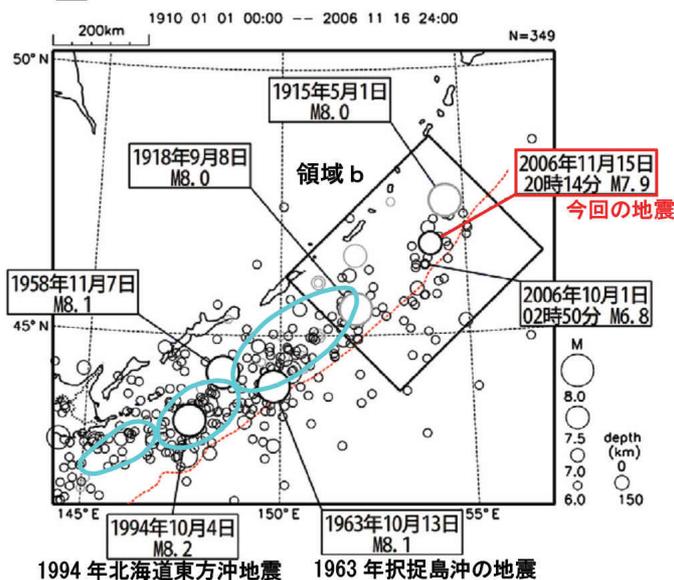
領域 a 内の地震活動経過図、回数積算図



2006年11月15日20時14分に千島列島でM7.9(最大震度2)の地震が発生した。発震機構(ハーバード大学によるCMT解)は北西-南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、北米プレートと太平洋プレートの境界付近で発生した地震と考えられる。この地震に伴い、三宅島坪田で0.8mなど、オホーツク海と太平洋沿岸及び伊豆諸島の広い範囲で津波を観測した。

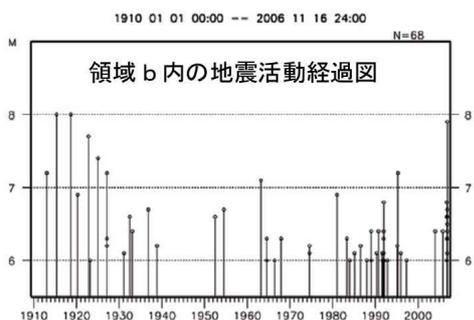
今回の地震の震源付近では、9月下旬から10月初旬にかけて地震活動が一時活発であった(最大の地震は10月1日02時50分のM6.8(震度1以上を観測した地点なし))。(A)

B 震央分布図 (1910年以降、 $M \geq 6.0$)



楕円状の領域は地震調査委員会による千島海溝沿いの想定震源域の大きな位置を示す(南西側から根室沖、色丹島沖、択捉島沖) 1923年7月以前の地震の震央は歴史記録などからの推定位置であり、灰色の○で示している。

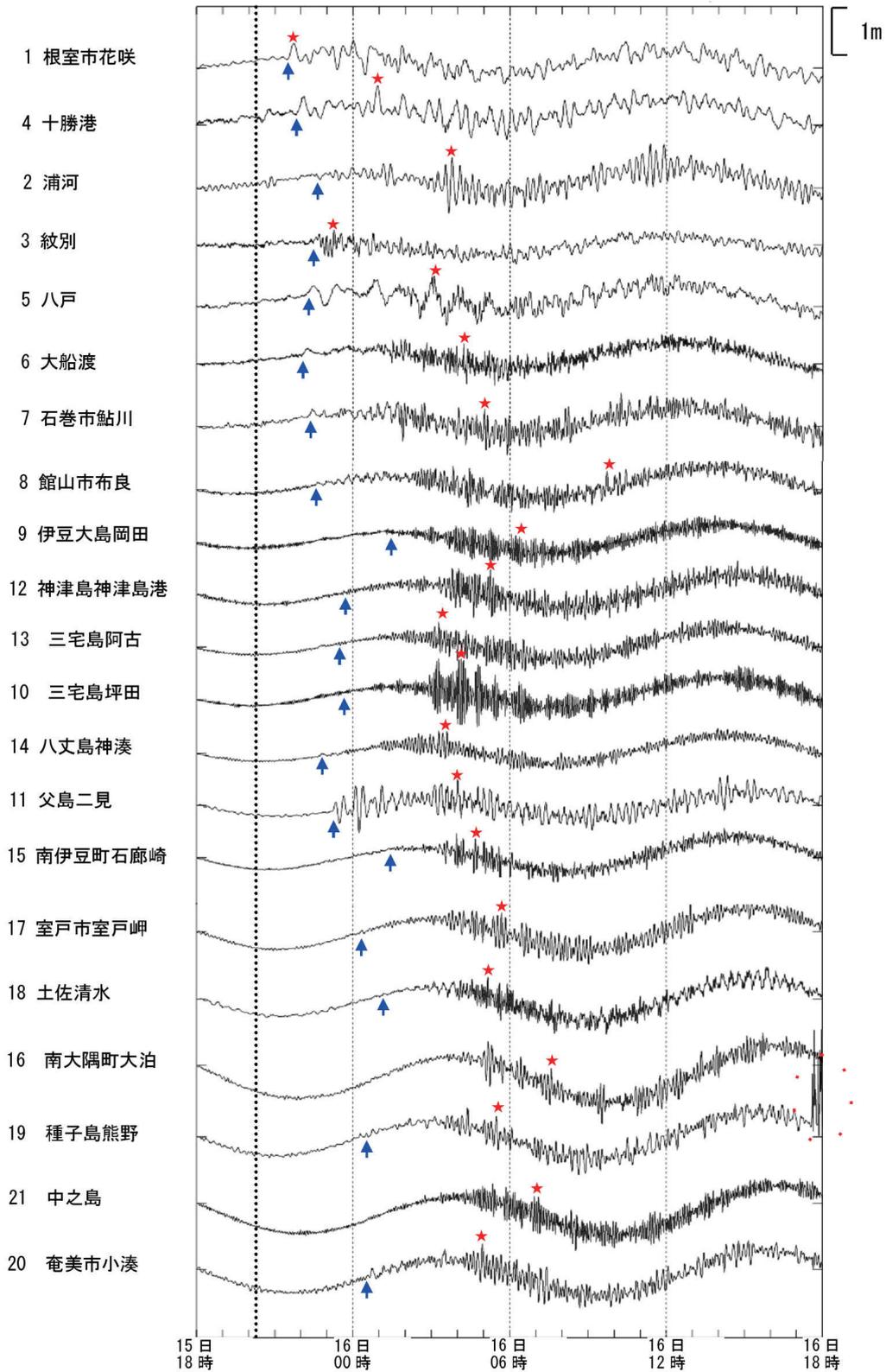
今回の震源域の周辺(領域b)は、1915年5月1日にM8.0、1918年9月8日にM8.0の地震が発生するなど、過去にも津波を伴うような規模の地震が発生している領域である。(B)



第1図 2006年11月15日千島列島の地震

Fig.1 The earthquake that occurred in Kuril Islands on November 15, 2006.

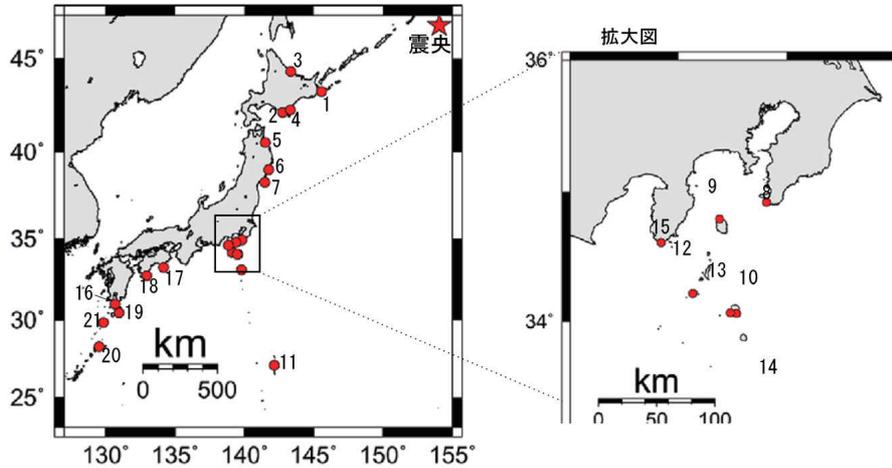
検潮所で観測した津波の波形



点線は本震の発生時刻、矢印は第一波の到達時刻、★は最大の高さの発現時刻を示す。なお、南大隈町大泊と中之島の第1波到達時刻は不明である。16日17時30分頃から種子島熊野の検潮データにはノイズが含まれている。

第2図(a) 検潮所で観測した津波の波形

Fig.2(a) Observed Tsunamis.



検潮所の位置
 図中の番号は下表の観測点と対応している。

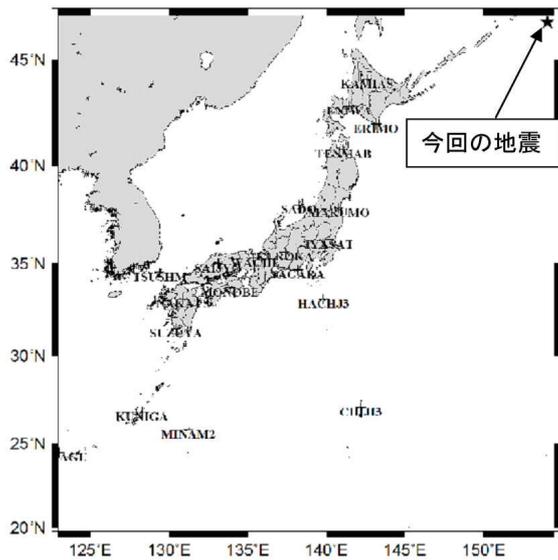
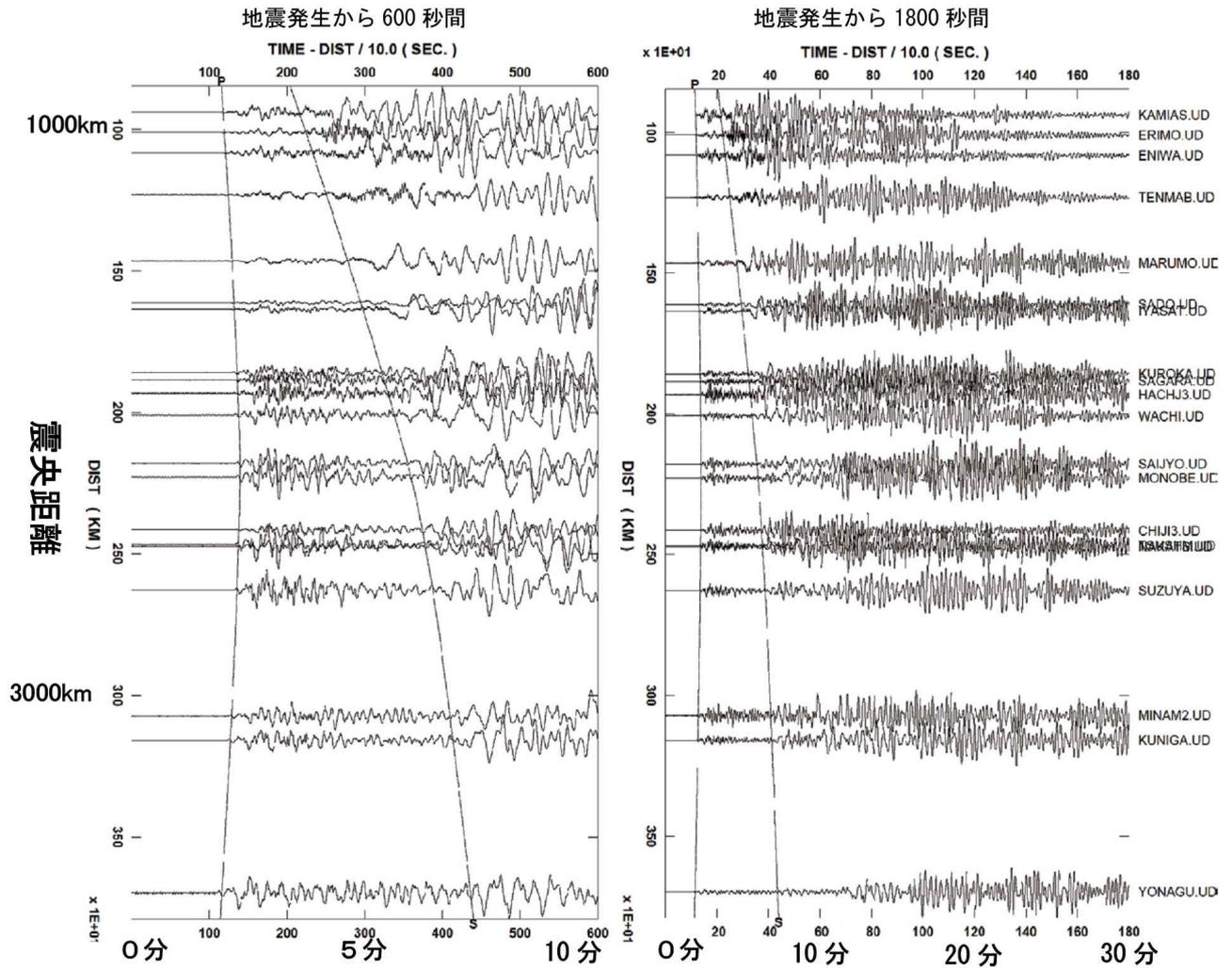
今回の地震に伴って観測した津波の観測値

観測点名	第一波		最大の高さ		観測点名	第一波		最大の高さ	
	到達時刻	高さ(m)	発現時刻	高さ(m)		到達時刻	高さ(m)	発現時刻	高さ(m)
稚内	15日23:33	微弱	16日08:58	0.1m	15 南伊豆町石廊崎	16日01:20	微弱	16日04:41	0.4m
網走	15日22:04	0.1m	15日23:06	0.2m	御前崎	16日00:05	微弱	16日04:41	0.2m
1 根室市花咲	15日21:29	0.4m	15日21:43	0.4m	鳥羽	15日23:40	微弱	16日07:28	0.2m
釧路	15日21:43	0.2m	16日05:56	0.3m	尾鷲	15日23:40	微弱	16日06:27	0.2m
2 浦河 *2	15日22:37	微弱	16日03:47	0.6m	日向市細島 *3	不明	不明	16日04:39	0.1m
函館	15日22:16	0.1m	16日07:33	0.2m	日南市油津	不明	不明	16日08:22	0.3m
3 紋別 *1	15日22:17	0.1m	15日23:15	0.4m	16 南大隈町大泊 *1	不明	不明	16日07:35	0.5m
4 十勝港 *2	15日21:49	0.4m	16日00:55	0.6m	枕崎	不明	不明	16日05:58	0.2m
むつ市根根浜	不明	不明	16日04:16	0.2m	熊野市遊木	16日01:16	微弱	16日06:45	0.2m
いわき市小名浜	不明	不明	16日05:41	0.2m	御坊	16日02:11	微弱	16日06:09	0.3m
5 八戸	15日22:11	0.2m	16日03:07	0.6m	串本町袋港	15日23:25	微弱	16日04:10	0.2m
宮古	15日21:58	0.2m	16日01:29	0.3m	白浜町細野	15日23:43	微弱	16日04:31	0.1m
6 大船渡	15日22:05	0.1m	16日04:14	0.4m	17 室戸市室戸岬	16日00:14	微弱	16日05:41	0.5m
7 石巻市鮎川	15日22:17	0.1m	16日05:02	0.6m	18 土佐清水	16日01:06	微弱	16日05:10	0.5m
釜石 *1	15日21:57	0.1m	16日02:02	0.3m	徳島由岐	15日23:49	0.1m	16日06:02	0.3m
銚子	15日22:30	0.1m	15日22:41	0.1m	那智勝浦町浦神	15日23:19	0.1m	16日06:18	0.2m
8 館山市布良	15日22:36	0.1m	16日09:44	0.6m	高知	16日00:13	微弱	16日09:37	0.2m
9 伊豆大島岡田	16日01:22	微弱	16日06:22	0.4m	19 種子島熊野	16日00:30	微弱	16日05:30	0.4m
10 三宅島坪田	15日23:36	微弱	16日04:09	0.8m	20 奄美市小湊	16日00:30	微弱	16日04:58	0.4m
11 父島二見	15日23:14	0.2m	16日04:01	0.5m	奄美市名瀬 *1	16日00:40	微弱	16日10:02	0.2m
12 神津島神津島港 *1	15日23:38	微弱	16日05:16	0.6m	21 中之島 *1	不明	不明	16日06:57	0.5m
13 三宅島阿古 *1	15日23:23	微弱	16日03:18	0.4m	那覇	16日01:57	0.1m	16日04:53	0.1m
14 八丈島神湊 *1	15日22:44	微弱	16日03:36	0.4m					

観測点名欄の*1は海上保安庁、*2は国土交通省北海道開発局、*3は宮崎県の所属であることを示す。
 表中の値は暫定値であり、後日変更される場合がある。

第2図(b) 検潮所の位置および津波の観測値
 Fig.2(b) Station map and observed Tsunami data.

STS 地震計で観測された 11 月 15 日 千島列島の地震波形



気象庁の STS 地震計の配置図

2006 年 11 月 15 日 20 時 14 分に千島列島の深さ 30km で M7.9 (日本国内の最大震度 2) の地震が発生し、この地震の波が日本全国で観測された。

波形記録は震央距離順に並べ、10km/s で reduce している。また、波形記録中の P と S の線は、理論走時を示す。

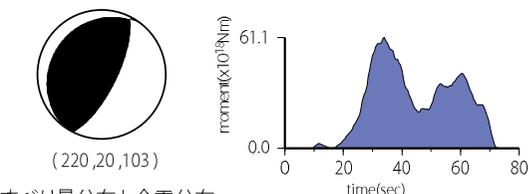
長周期成分の表面波が卓越していることがわかる。

第 3 図 STS 地震計で観測された地震波形

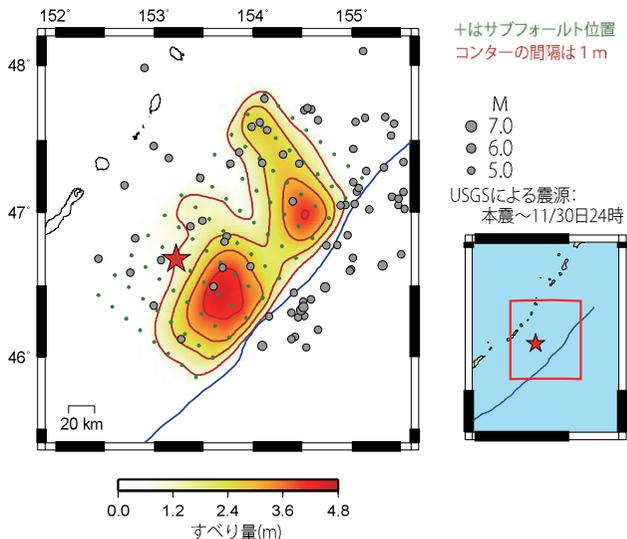
Fig.3 Waveforms observed by STS seismometers.

千島列島の地震の震源過程

破壊開始点 46.683N 153.224E 30km
 $M_0 = 1.23 \times 10^{21} \text{Nm}$ $M_w = 8.0$
 破壊継続時間 65秒
 最大すべり量 4.6m (剛性率 30.0GPa)
 メカニズム 震源時間関数

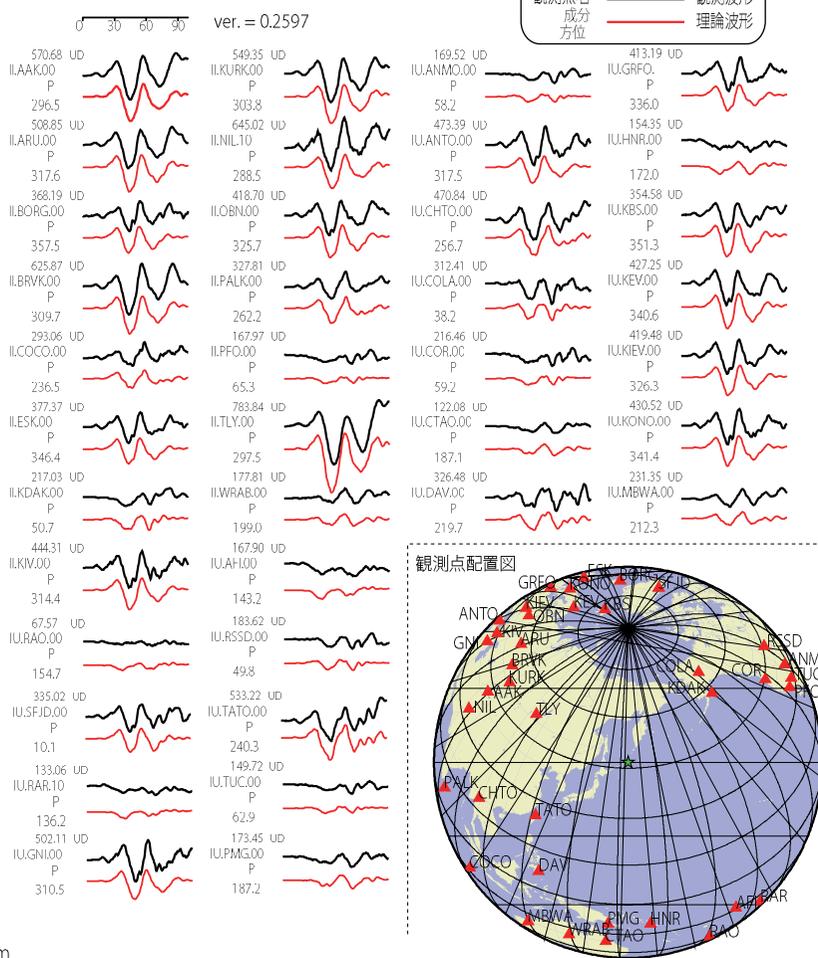


すべり量分布と余震分布



※ 解析に使用したプログラム
 M.Kikuchi and H.Kanamori, Note on Teleseismic Body-Wave Inversion Program
<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/ETAL/KIKUCHI/>

観測波形と理論波形の比較

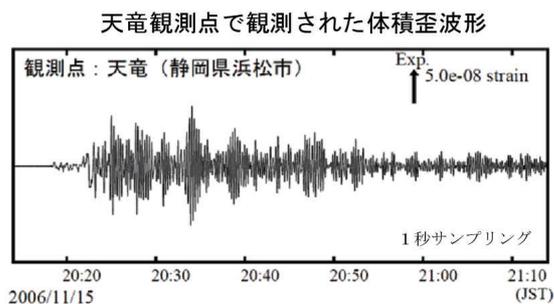


気象庁作成

第4図 左図は、遠地実体波解析による地震のすべり分布と余震分布。プラス印は震源過程解析に用いたサブフォールトの中心位置を示す。右図は、遠地実体波解析による観測波形（黒）と理論波形（赤）の比較（変位波形）。各波形の左上に示した数値は最大振幅（ μm ）。解析に使用した観測点の配置図も示す。

Fig.4 Left figure shows slip distribution of this earthquake estimated by teleseismic body-wave inversion. Plus symbols denote the centers of the subfaults. Right figure shows comparison of observed and synthetic displacement waveforms. Black and red traces represent observed and synthetic waveforms, respectively. The maximum amplitudes of each component are indicated in the left of each trace in micro meter. Station map is also shown.

千島列島の地震 体積歪計の記録から推定される Mw

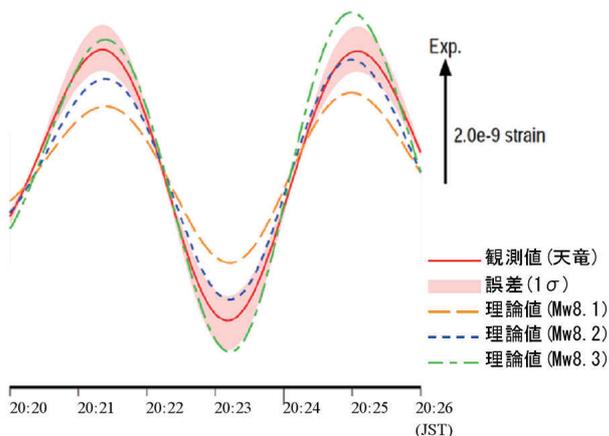


気象庁が東海地域に設置している埋込式体積歪計の今回の地震による波形記録と理論波形の振幅比較により、地震のモーメントマグニチュード (Mw) の推定を行った。

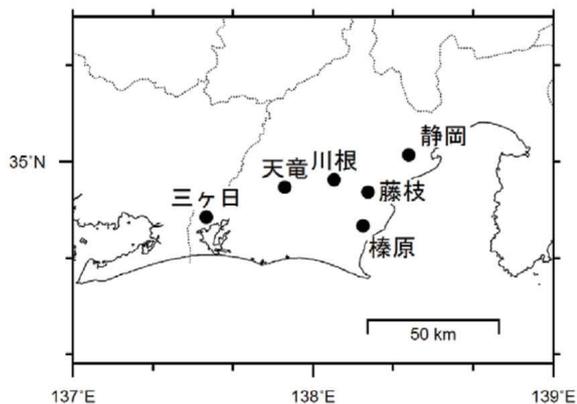
理論体積歪はハーバード大学により決定された CMT 解を用い、一次元地球構造モデル PREM の固有モード周期 45 秒～3300 秒の重ね合わせにより計算した。その際に、スカラーモーメント量を Mw8.1 相当から 8.3 相当まで 0.1 刻みで変化させて、それぞれについて観測波形と比較した。

体積歪計の観測波形と理論波形の振幅が最もよく整合するのは、Mw8.2 相当の場合であった。

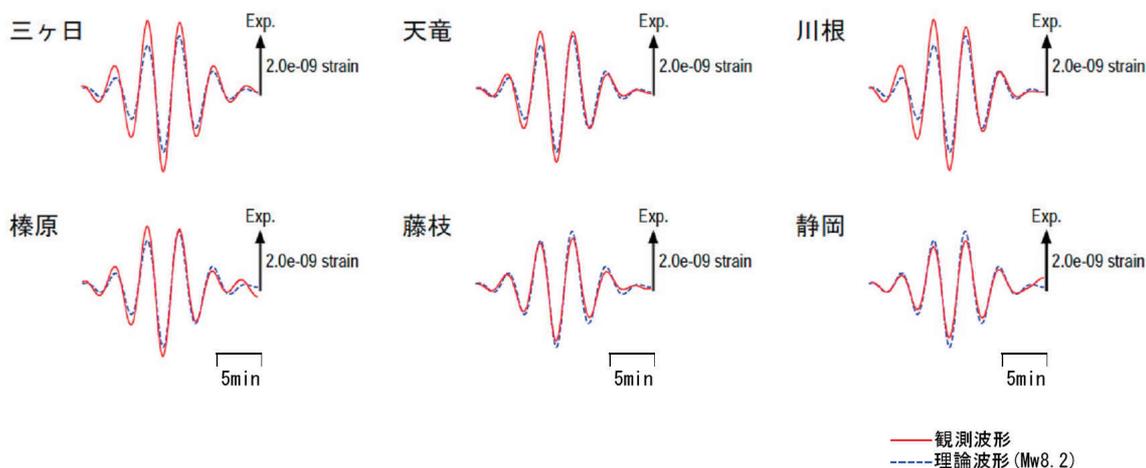
天竜観測点の観測波形と理論波形の振幅比較
データには周期 200～333 秒のバンドパスフィルタを時間軸の正逆両方向にかけている。網掛けは誤差 (1σ) の範囲を示す。



体積歪計の配置図



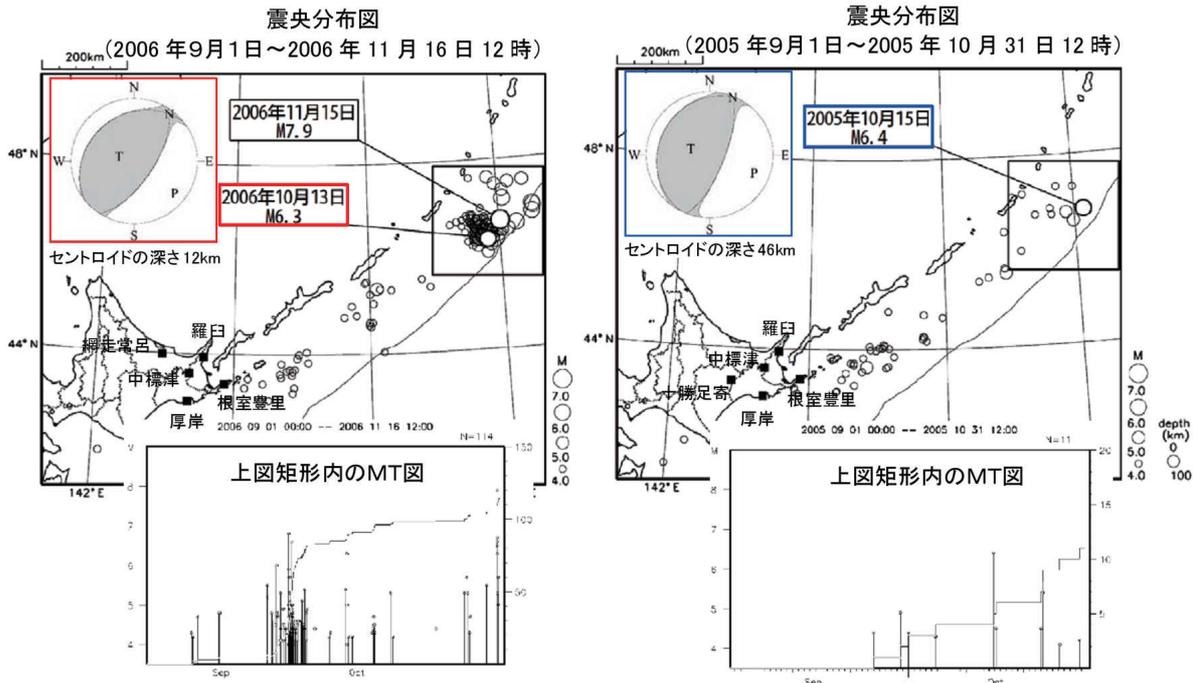
理論波形と体積歪観測点 6 カ所の観測波形との比較
データには周期 200～333 秒のバンドパスフィルタを時間軸の正逆両方向にかけている。



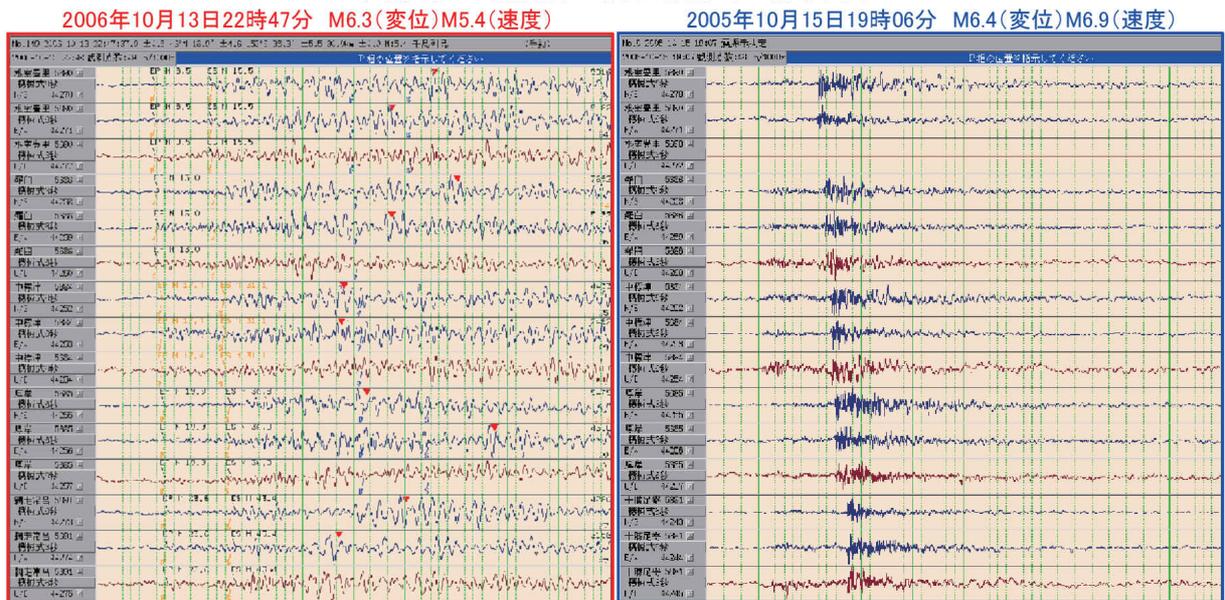
第 5 図 体積歪計の記録から推定される Mw

Fig.5 Estimation of Mw by data of volume strain meters.

千島列島の地震活動 (2006年9~11月および2005年9~10月の活動推移と波形の違い)



気象庁の地震計の変位波形(10分表示)



1分間

今回の地震(2006年11月15日M7.9)のすぐ東で、約1年前(2005年10月15日)にM6.4の地震が発生している。

これらの地震活動には違いがあり、今回は地震前に活発な活動があったが、すぐ東の2005年の地震では活発ではなかった。

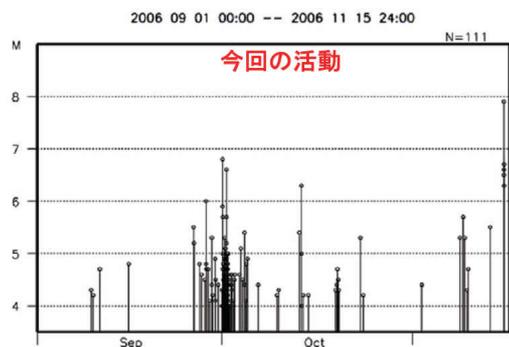
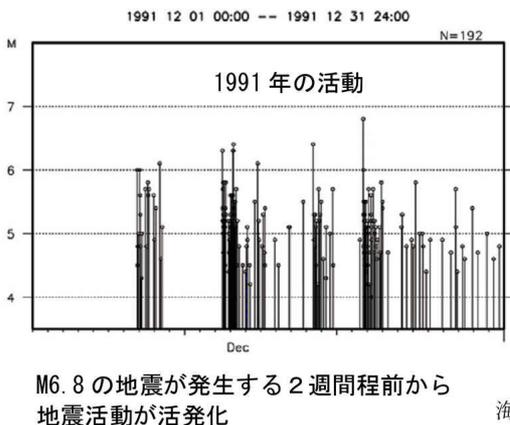
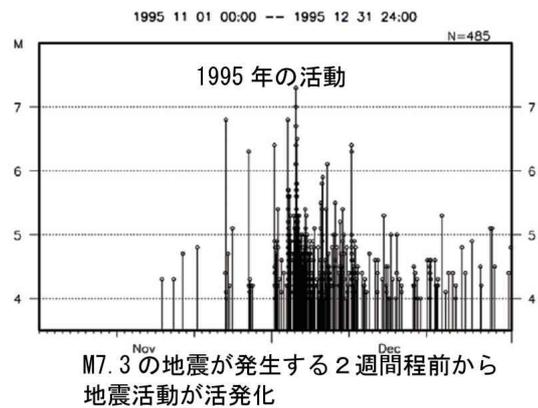
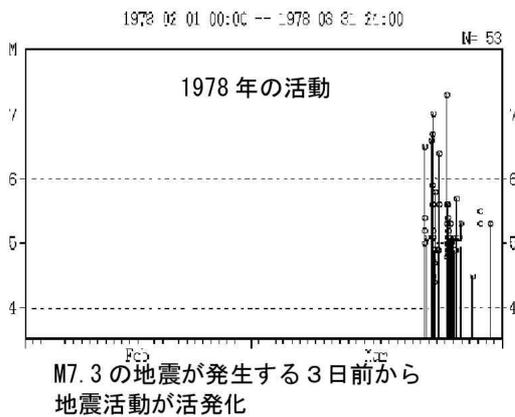
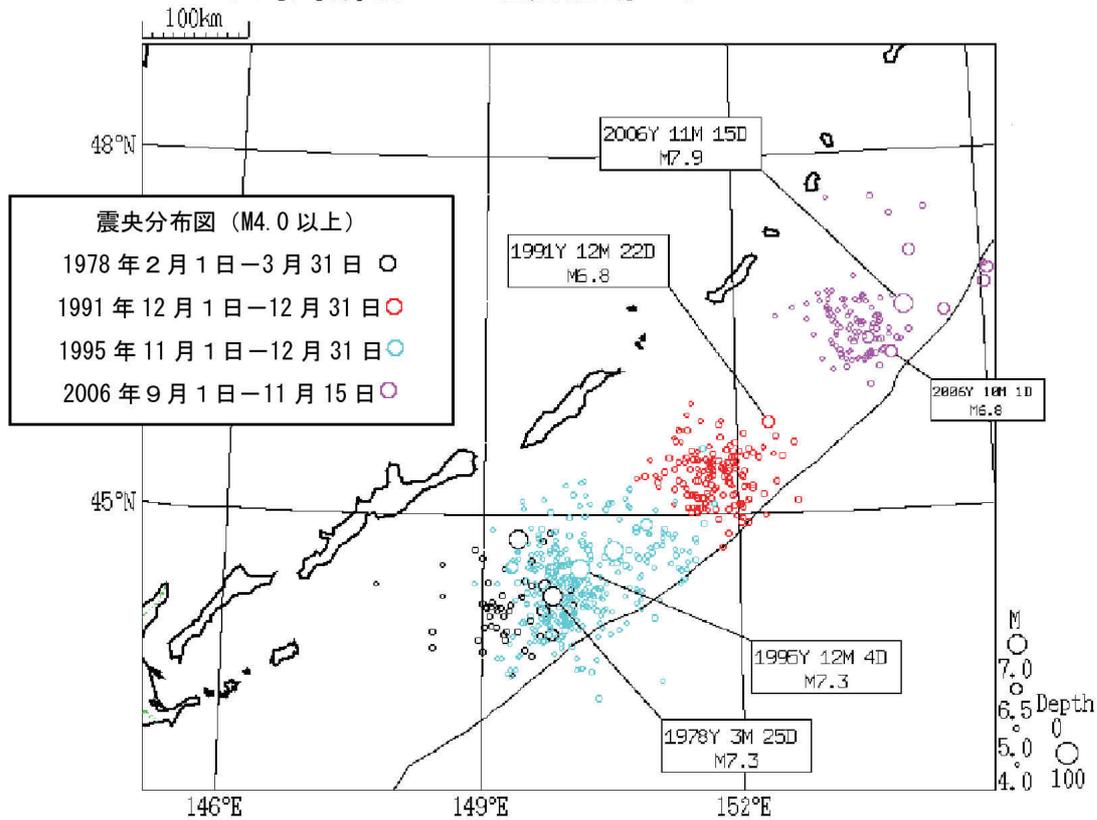
また、今回の地震活動では長周期の波が卓越する地震が多い。

(上図のメカニズムはそれぞれの波形の地震のハーバード解)

第6図 今回および1年前の地震活動推移と地震波形の違い

Fig.6 Comparison of activity changes and waveforms between this earthquake and one-year ago earthquake.

千島海溝沿いの地震活動パターンについて



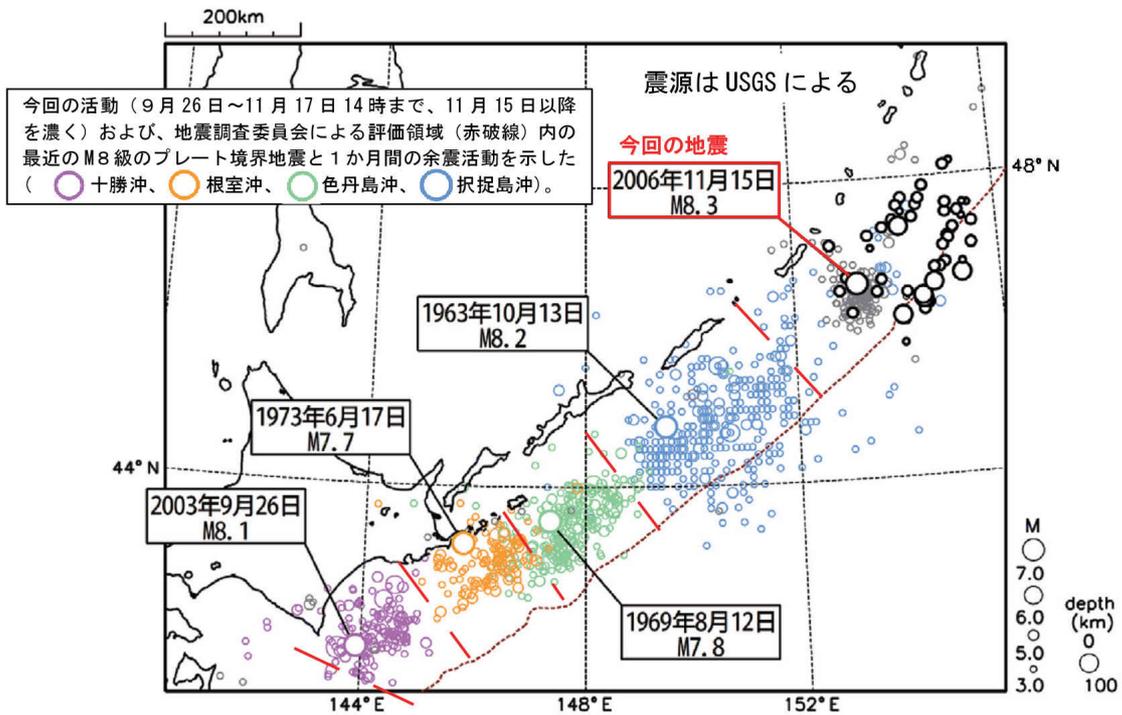
11月15日のM7.9の地震の前に9月下旬から活発な活動があった。千島海溝沿いでは単純な本震-余震型ではなく、今回のように前震的な活動を伴う例がよく見られる。前震的な活動を伴った例として1978年、1991年、1995年の例を示す。

第7図 千島海溝沿いの地震活動パターン。前震的な活動を伴う例がよく見られる。

Fig.7 Pattern of seismic activities in Kuril Islands. In this area, foreshocks have been observed frequently.

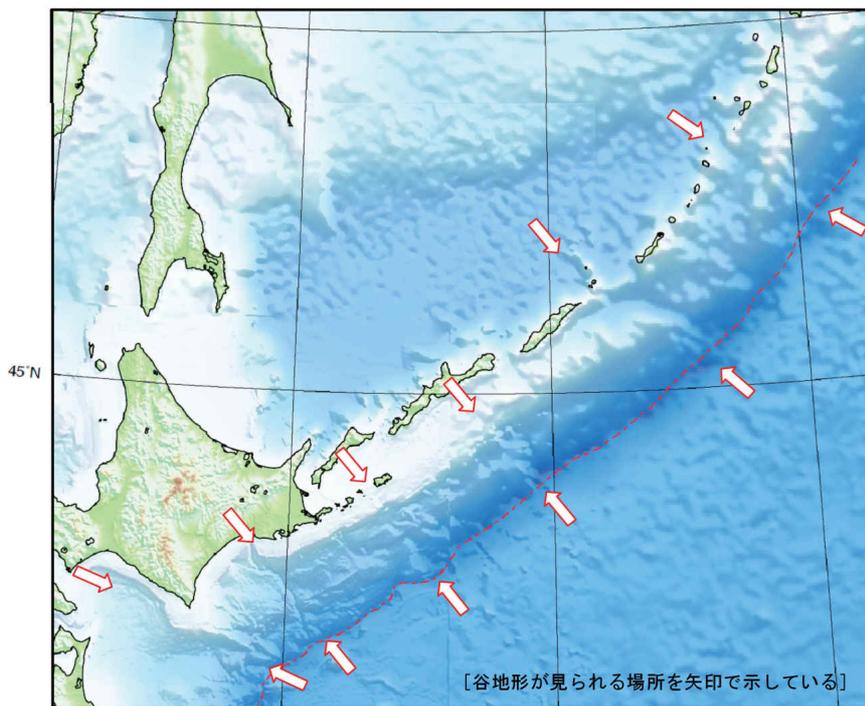
千島海溝沿いの地震活動（その1. 海底地形の比較）

地震調査委員会による千島海溝沿いの評価領域の活動



今回の地震は択捉島沖の評価領域のほぼ北東隣に位置するが、活動域の間には多少ギャップがあるようにも見える。

北海道から千島列島にかけての地形図



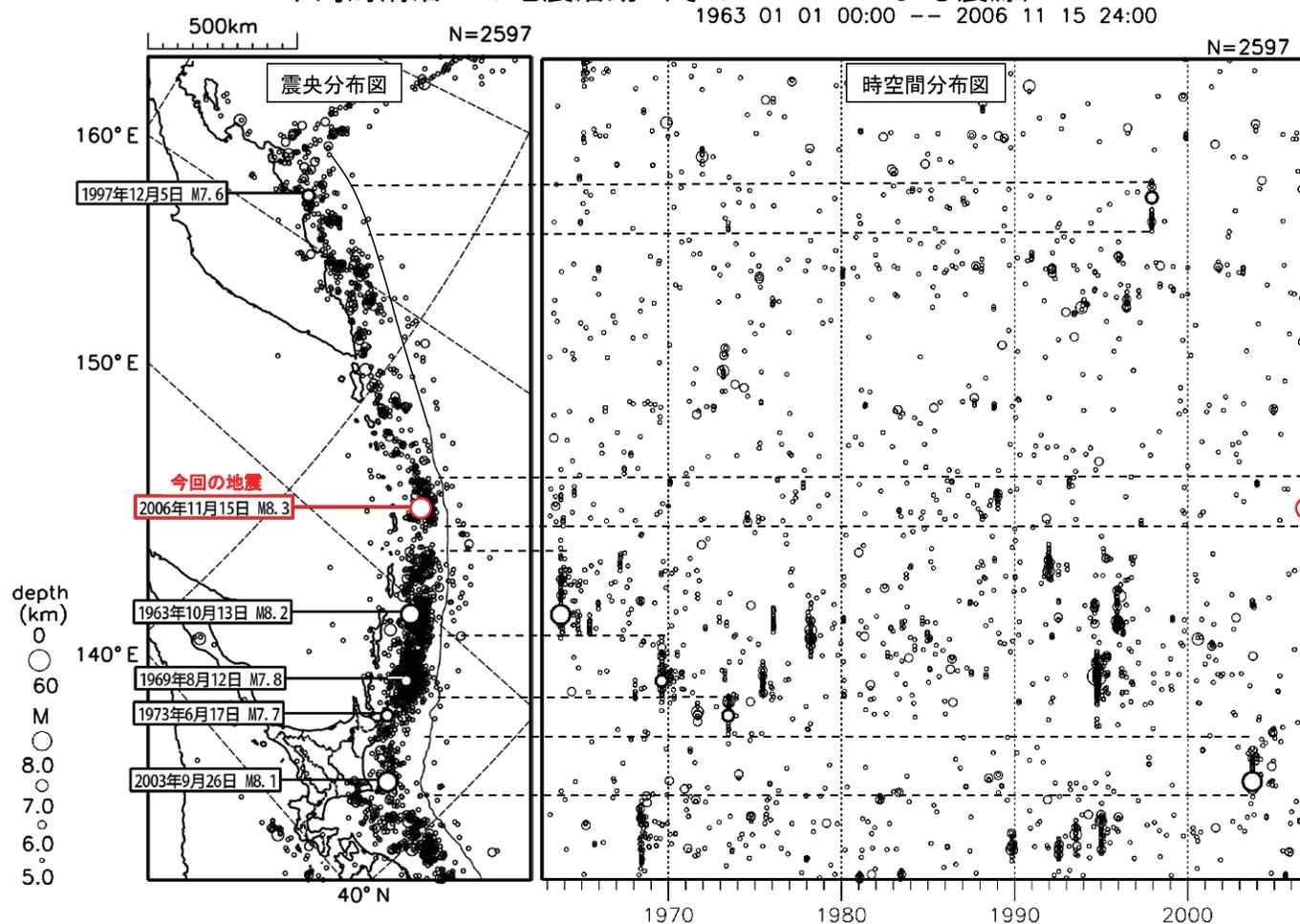
それぞれの活動域を区切るように、海底に谷地形が存在しているように見える。

地形データは日本海洋データセンターのJ-EGG500、米国地質調査所のGTOP030、及び米国国立地球物理データセンターのETOP02を使用

第8図 千島海溝沿いの地震活動と海底地形の比較

Fig.8 Comparison of aftershock areas and ocean floor topography.

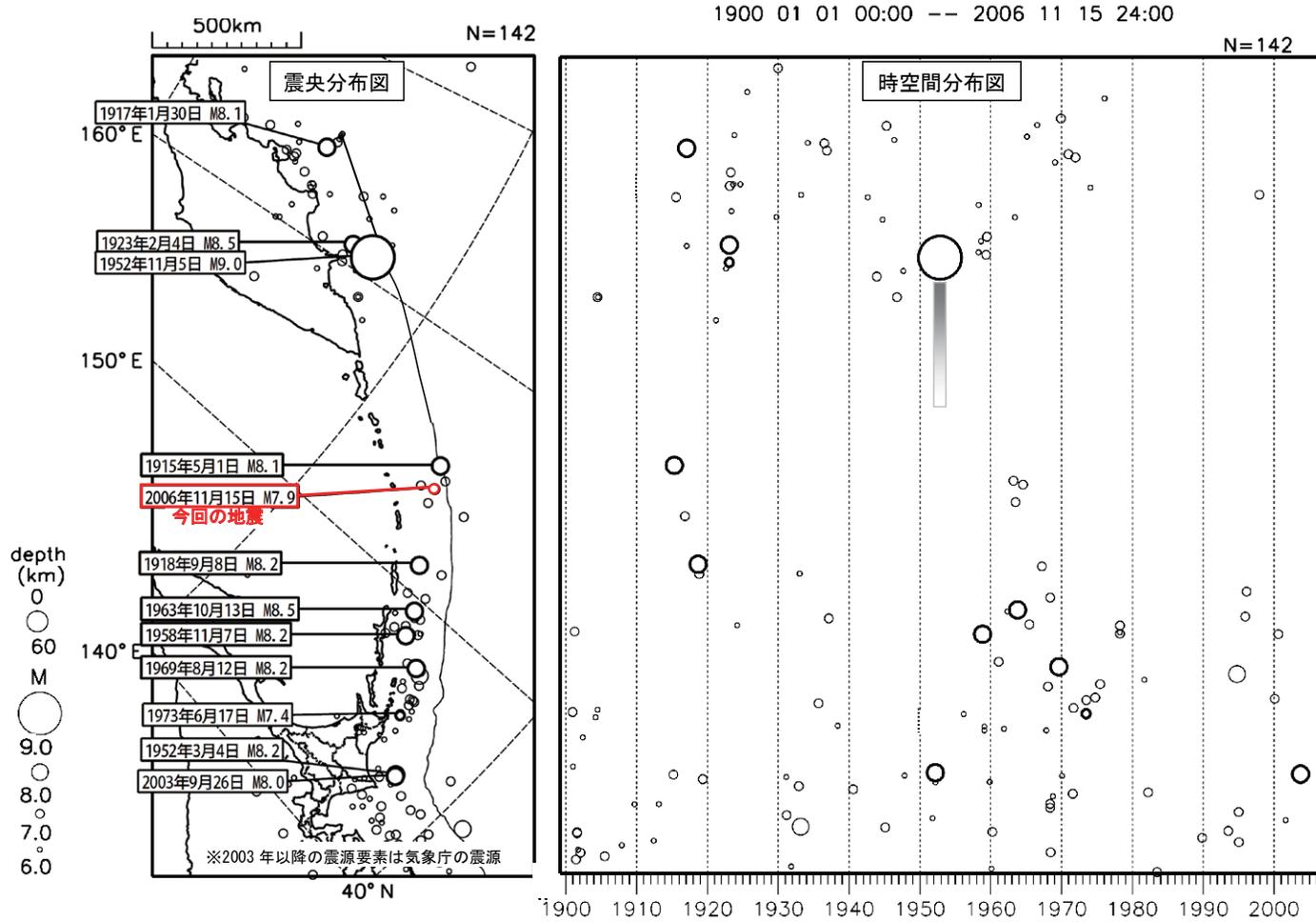
千島海溝沿いの地震活動（その2. USGS による震源）



千島海溝沿いでは1963年にM8.2の地震が発生し、その後西側に向かって1969年、1973年、2003年と順次地震が発生した。今回の地震は、1963年のM8.2の地震の震源域東側で発生した。

第9図 北海道からカムチャッカ半島に至る千島海溝沿いの地震活動（USGSによる震源）
 Fig.9 Seismic Activity in Kuril Islands from Hokkaido to Kamchatka Peninsula (USGS hypocenters).

千島海溝沿いの地震活動（その3. 「世界の被害地震の表」による震源）



今回の地震と1952年に発生したカムチャッカのM9.0の地震との間には空白域があるように見えるが、震源域の長さは600km程度と推定されており、1952年の地震の震源域が今回の地震の付近まで及んでいた可能性もある。

第10図 北海道からカムチャッカ半島に至る千島海溝沿いの地震活動（宇津による震源）

Fig.10 Seismic Activity in Kuril Islands from Hokkaido to Kamchatka Peninsula (Utsu's hypocenters).