

論文 Original Paper

十勝沖地震（2003年9月26日）とその前震の解析

堀 直 人*

The Tokachi-Oki earthquake of 26 September 2003 and the foreshocks

Naoto HORI

Abstract: Using the CMT analysis for local events ($M > 3.5$) carried out regularly by National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED), the spatial variation of fault mechanism around the region Off-Tokachi, Japan are studied and for seeking the foreshocks relating to Tokachi-oki earthquake 23 September 2003, the local earthquakes within 1 month of the main shock are analyzed.

Over 600 numbers of CMT data for events around the Chishima-torough zone (longitude: 142E–146E, latitude: 41N–44N, depth: < 100 km, magnitude: > 3.5 , period: Jan. 1998–Dec. 2003, are selected. Depending the focal mechanism (strike, dip angle), depth and the distance from the main shock, 4 local earthquakes are selected within 1 month and 5 aftershocks. These correlation are analyzed using the broadband earthquake data given by NIED.

Keywords; CMT, source mechanism, earthquake, Tokachi-oki, foreshocks, Aftershock.

1. はじめに

2003年9月26日4時50分頃、北海道十勝沖北緯42.0度、東経143.9度、深さ25 kmにおいてマグニチュード8クラス(気象庁発表)の地震が発生した。マグニチュード8を越す海洋型地震としては、近年の主要な地震の1つである。この付近では過去に1952年3月4日10時23分頃、北緯41.80度、東経144.13度に、マグニチュード8.2の十勝沖地震が発生している。また、1968年5月16日8時48分頃、北緯40.41度、東経143.35度にマグニチュード7.9の十勝沖地震が発生している。後者は、根室の西よりで、地震名は同じだが、震源位置が今回の地震とは異なっている。しかし、1952年の十勝沖地震は、今回の地震位置とほぼ一致している。また、気象庁の計算によると、1952年の十勝沖地震のメカニズム解は、2003年のそれにはほぼ等しい。したがって、発生の深度は異なるが、1952年と2003年の十勝沖地震は、ほぼ同様な型の地震といえる。この地域では、北海道東方沖や、より東方のウルフ島沖の地震が頻繁に発生している。これらは、今回の地震発生位置の地震より、短期間にマグニチュード7以上の地震が多発していた。しかし、この地域では1952年以来大地震が発生していないため、大地震の危険性が喚起されていた(原田, 石橋2002年, 笠原2002年)。しかし、この地震発生に対して

予測は困難だった。一方、1952年の地震は、前震—本震—余震という特性がある地震としてあげられている。そこで、本論では本震前の地震—本震—余震がどのように今回の地震では現れたかを震源メカニズムとスペクトル解析から調べた。

はじめに、今回の本震前に、この領域でどのような地震があったかを震源メカニズムから検討した。データは、防災科学技術研究所で公開されている北海道十勝沖地域で発生した1998年1月1日から2003年12月1日までの地震データを用いた。これにより十勝沖の震源メカニズムの解析を行った。次に、これらから得られた領域の震源特性と、2003年の十勝沖地震の震源メカニズム、および1ヶ月前から本震までに発生した地震の震源メカニズムを比較し、主な1ヶ月の地震を決定した。これらを明らかな前震と呼ぶことはできないが、主要な1ヶ月前の地震としてあげることができる。本論では、それらと本震、余震との相関スペクトル解析など各種解析を行って、その特性と関係性について検討した。

2. 北海道十勝沖の地震活動

十勝沖のローカル地震の震源メカニズムを、防災科学技術研究所のF-netデータを用いて書き出し、その空間特性を求め、過去の震源域との関連を考慮しながら統計的な検討を行う。そこで、本論では、十勝沖地域を中心に、北緯41度から44度、東経142度から146度、深度100 km位浅の範囲で、マグニチュード3.5以上のデータを

* 工学部建築デザイン工学科教授

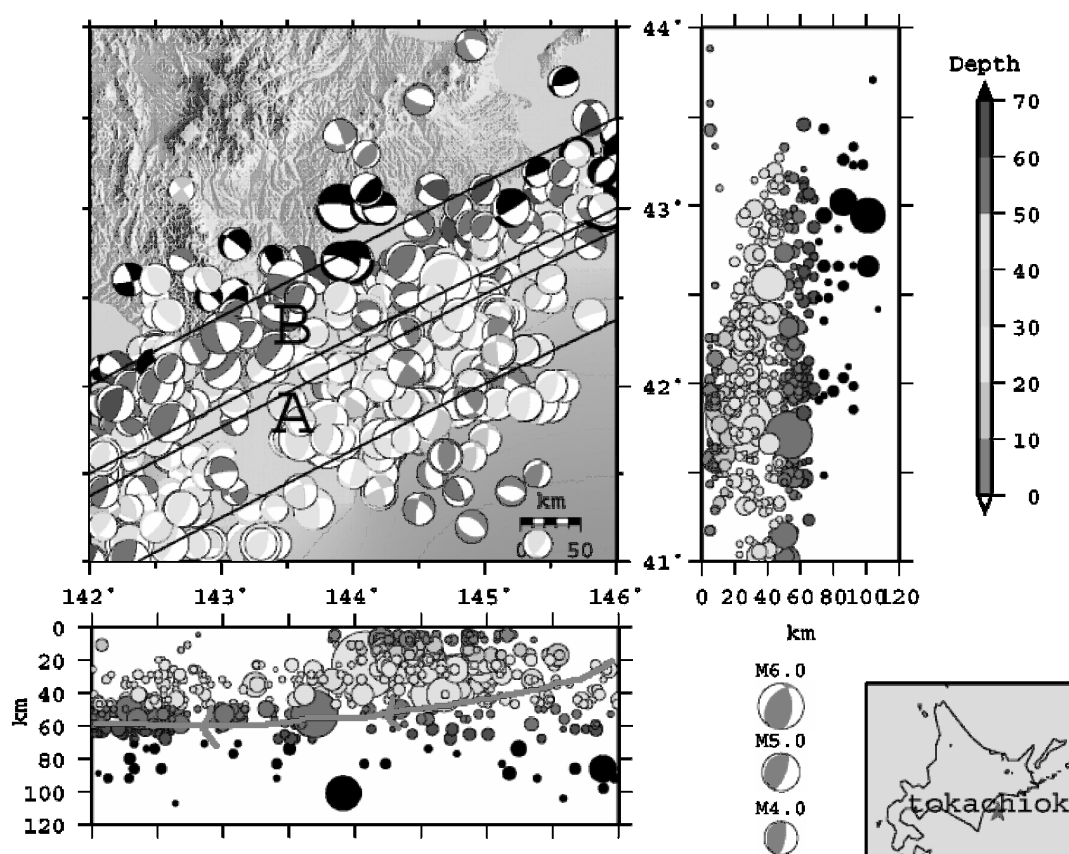


Fig. 1. Distribution of source mechanisms ($M > 3.5$) in off-Tokachi region and its vertical sections during Jan. 1998 to Dec. 2003.

収集した。期間は、1998年1月1日から2003年12月1日までである。

Fig. 1に、北海道十勝沖の震源メカニズムを示す。平面図にはメカニズムの南半球を投影したものを示す。十勝沖で1998年1月1日から2003年12月1日までの公開されているデータを調べた結果、 $M3.5$ 以上の地震データは623個得ることが出来た。北海道の南の沖には北東から南西にかけて千島海溝が存在する。この千島海溝は、北米プレートに太平洋プレートがもぐりこむことで形成され、北海道の南沖からカムチャッカまで海溝が2500 kmにわたって続いている。そこで本論では、この海溝に沿って、2つの平行な領域をA, Bとして示した。震源メカニズムの深さの変化を見ると、AからBに向けて断層が潜り込んでいることがわかる。Aの領域の震源は20から30 kmと比較的浅く明らかな逆断層型を示している。Bの領域の震源は40 km以上から60 kmが主となり、千島海溝に平行に地震が発生しているこの領域においても震源メカニズムの形は逆断層型であるが、しだいにより陸側では横ずれ型の成分が多くなり深度70 kmを超えるとその特徴が顕著になる。

Fig. 2に、十勝沖に発生した地震のマグニチュードを棒グラフで示した。さらに、規模の大きい地震の発生を

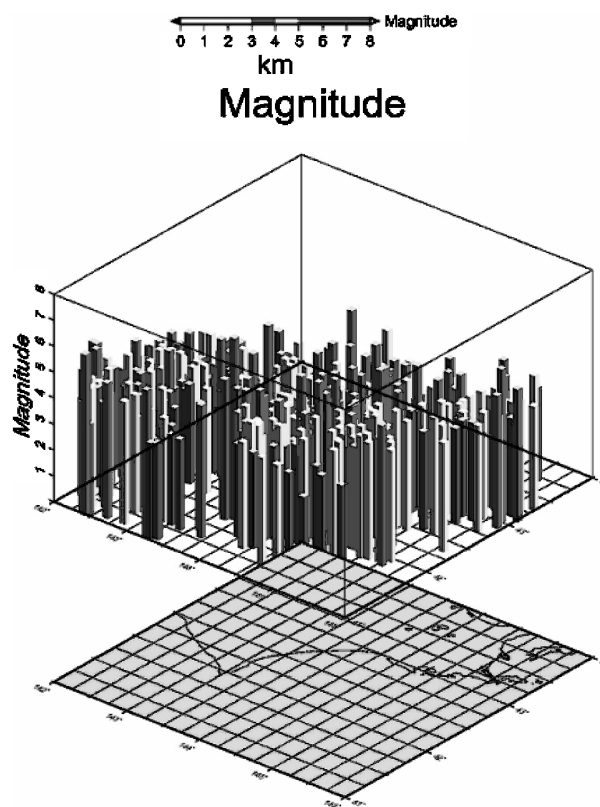


Fig. 2. Variation of magnitude for events occurred from Jan. 1998 to Dec. 2003 in off-Tokachi region.

調べるために、Fig. 3 に1998年1月から2003年12月までのマグニチュード5以上の震源メカニズムを示した。マグニチュード5以上の震源メカニズムは、76個得ることが出来た。東経142度から145度の方向へ、震

源深さが60 km から20 km と移動している（図矢印）。特に、A 領域の東経144度から145度、北緯41.5度から42.6度の間で、深さ40 km 以浅のマグニチュード5以上の地震が多発していることがわかる。また、B の領域に

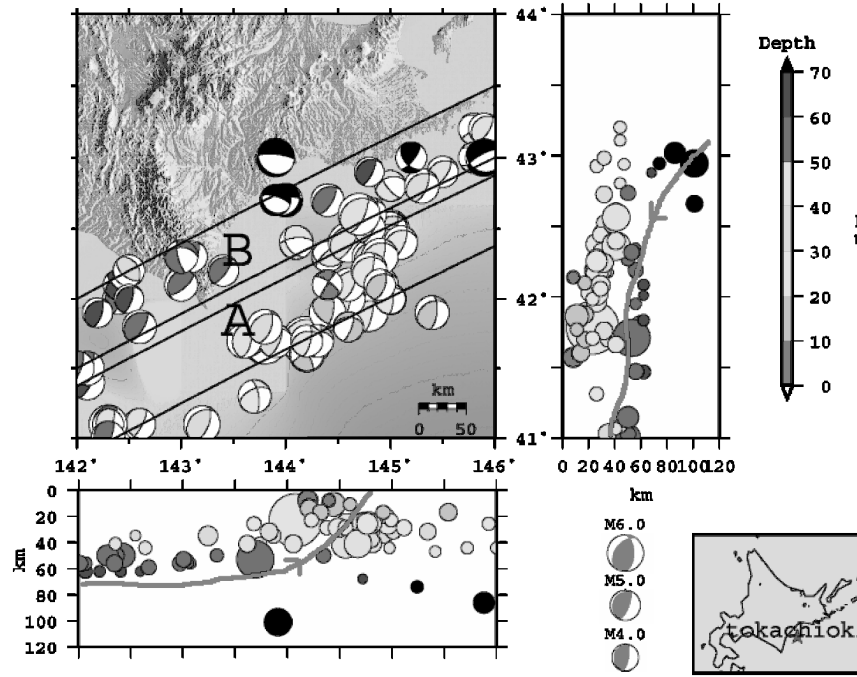


Fig. 3. Distribution of source mechanisms ($M > 5.0$) in off-Tokachi region and its vertical sections during Jan. 1998 to Dec. 2003.

Table 1 Off-Tokachi foreshocks and aftershocks analyzed in this study

Events	The Seismic Center	Date	Time (hr: min) (JST)	Latitude (N)	Longitudinal (E°)	Depth (km)	Magnitude (Mw)	Distance from Main shock (km)
1	OFF-NEMURO-PENINSULA	2003/9/3	2:27:04	42.6085	145.5293	35 (-12)	3.8	151
2	OFF-NEMURO-PENINSULA	2003/9/8	8:10:15	42.5665	144.7722	77 (-54)	3.4	105
3	SE-OFF-TOKACHI	2003/9/11	4:31:57	42.6737	143.8950	101 (-78)	5.0	100
4	OFF-NEMURO-PENINSULA	2003/9/23	22:41:10	41.9047	145.4708	17 (6)	4.8	116
main shock	SE-OFF-TOKACHI	2003/9/26	4:50:07	41.7797	144.0785	23	7.9	—
5	SE-OFF-TOKACHI	2003/9/26	11:35:13	41.9667	143.6953	26 (-3)	5.8	38
6	SE-OFF-TOKACHI	2003/9/26	12:29:07	41.6957	143.885	35 (-33)	5.4	20
7	SE-OFF-TOKACHI	2003/9/27	11:14:07	42.0355	144.2633	23 (0)	4.7	32
8	SE-OFF-TOKACHI	2003/9/27	12:56:40	41.7242	144.7242	17 (6)	4.5	16
9	SE-OFF-TOKACHI	2003/9/29	7:26:14	41.9423	144.2758	41 (-18)	4.2	24

() : Difference depth (km) between the main shock and event

太平洋プレートが潜り込み、A の領域でマグニチュードの大きい地震を多発することがわかる。

3. 本震前の地震と余震のデータ

多くの余震データに比較して、本震前の地震は極めて少なく不明確である。ここでは、以下のようにして解析する本震前の地震と余震とを決定した。本震前の地震は、1) 本震前の1ヶ月以内に発生していること。2) 主に震源メカニズムが逆断層型であること。3) A, B 領域に近い。以上を条件として本震前の地震を選択した。今回、本研究で決定し、使用したこのような地震は、Table 1. の地震1-4の4地震であった。Fig. 4に2003年9月1日から9月26日本震までの地震位置を示す。また、防災研究所でF-Net データにより震源メカニズムが求められている地震に対しては、そのメカニズムを示した。震源メカニズムからみると9月23日の地震4が最も近いが、距離が116 km と離れている。他の3地震も100 km 以上異なっている。9月11日の地震3は、正断層型であるが、1ヶ月前の主な地震であったので対象とした。また、余震の選択方法は、1) 本震の後、1週間以内

に発生したもの。2) 本震とはほぼ同じ位置で発生しているもの。3) 本震とメカニズム解が相似であること。以上のことを決定条件とし、余震を選択した。Table 1. 2. は、本震と本研究で前震として扱う4地震と選択した余震をまとめたものである。発生時刻と位置は気象庁の震源情報による。データは、F-NET 観測網の浦幌観測点 (URH: 緯度: 42.8089N 経度: 143.5242E) を用いた。成分はサンプリング間隔0.05 sec, 広帯域地震計, 上下動成分 (BHZ) を用いた。

4. 本震前の地震と余震との相関性

Table 1 の本震前の地震の時刻歴を Fig. 5 に示す。すべてのイベントは、地震発生時刻でオフセットしている。また0.05 Hz のハイパスフィルターを用いた。イベント3の十勝沖地震が明確な強震動特性を示している。Fig. 6にこれらの初動の立ち上がりを示す。1 Hz のハイパスフィルターを用いた。広帯域地震計のため、遠地記録であるが分解能は高いことがわかる。同様に、Fig. 7に余震のイベントの時刻歴を示す。P, S 成分は、イベント5~7の余震が他に比較してS/N 比のよい波形を示

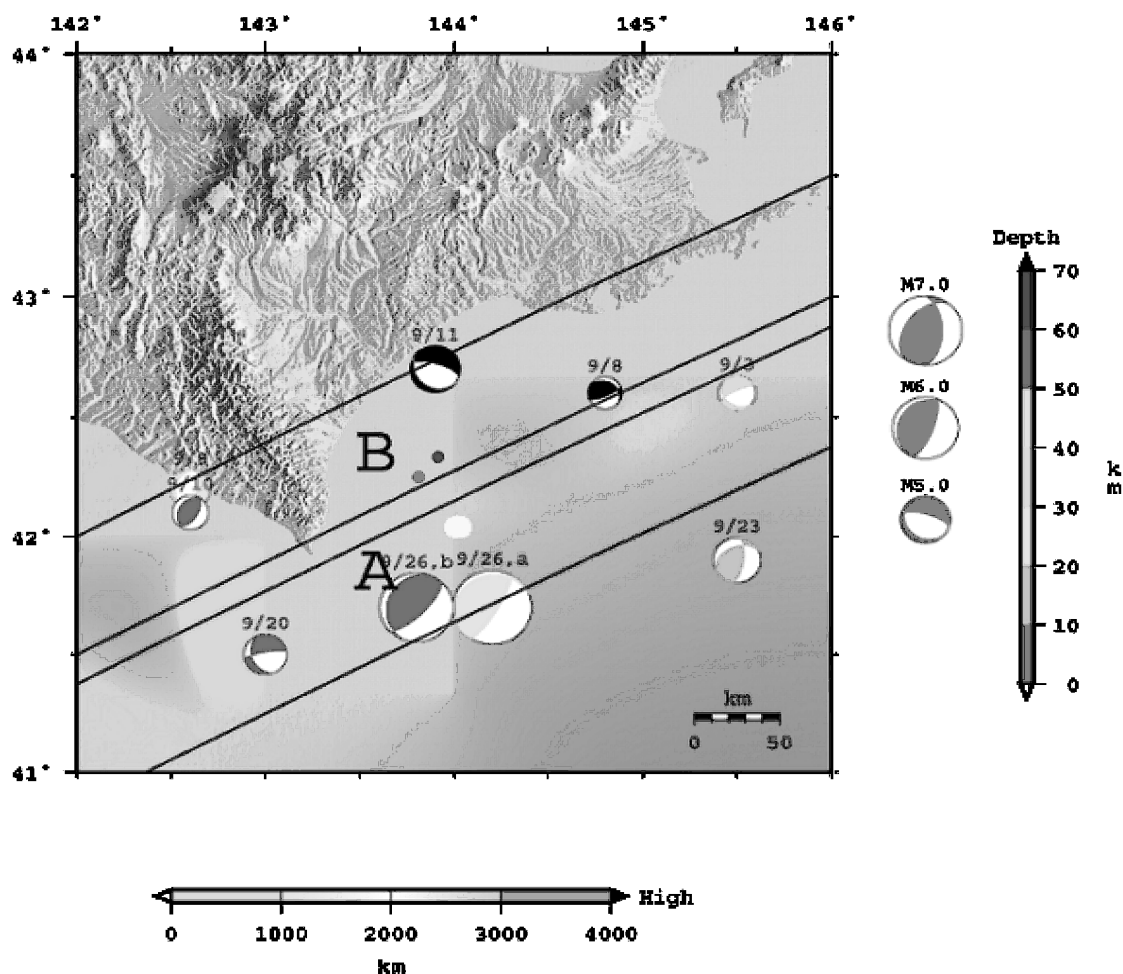
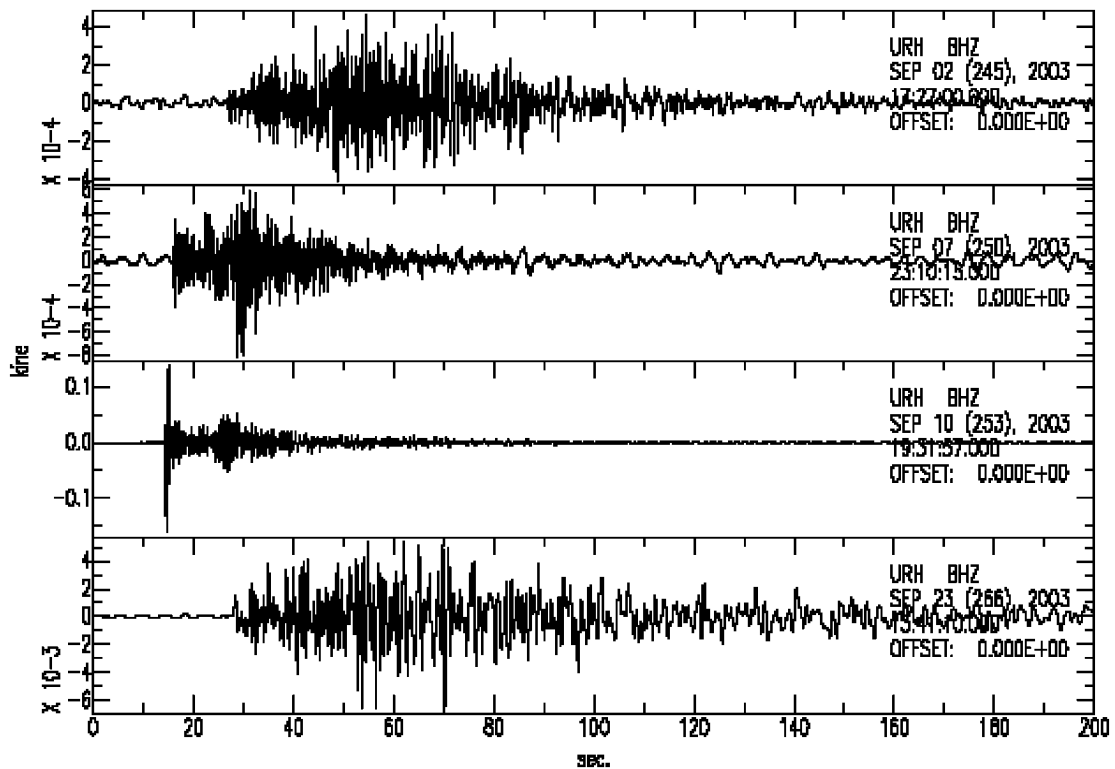


Fig. 4. Events from 1 Sep. 2003 to 26 Sep. 2003 mainshock

Table 2 Focal mechanisms of the events analyzed in this study

Events	Focal Mechanisms						Data Number	Score (%)
	NP1			NP2				
	Strike	Dip	Rake	Strilke	Dip	Rake		
1	244	76	− 118	131	31	− 27	3	87.55
2	67	74	65	306	29	146	2	57.40
3	286	70	− 99	131	22	146	3	93.08
4	7	67	56	247	40	143	3	84.17
main shock	31	78	81	249	15	127	3	87.14
5	16	71	63	254	32	143	3	77.56
6	22	63	69	249	29	133	2	71.74
7	17	75	60	263	33	152	3	88.62
8	33	60	75	240	33	114	3	79.52
9	33	55	82	233	35	101	3	76.02

**Fig. 5.** Time histories of event 1-4.

している。今回解析している本震前の地震は、本震に比較してマグニチュードが小さく、また発震機構や位置も異なる。そのため、直接本震との比較解析を行っても相関性を見つけるのは困難と考えられる。一方、余震は本震に比較してマグニチュードは小さいが、震源メカニズム、位置はほぼ等しい。そこで、本論では本震前の地震と余震との比較解析を行った。Fig. 8.1-8.4にイベント

1-4のフーリエスペクトルを示す。イベント2は長周期成分が卓越し、イベント3は短周期成分が卓越している。一方、余震のイベントのフーリエスペクトルはイベント5を除いてほぼ同様の特性を示した。ここではFig. 9に、イベント6のフーリエスペクトルを示した。これとFig. 8.1-8.4を比較し、イベント4とイベント6の特性が近いことがわかる。そこで、この地震波の到達

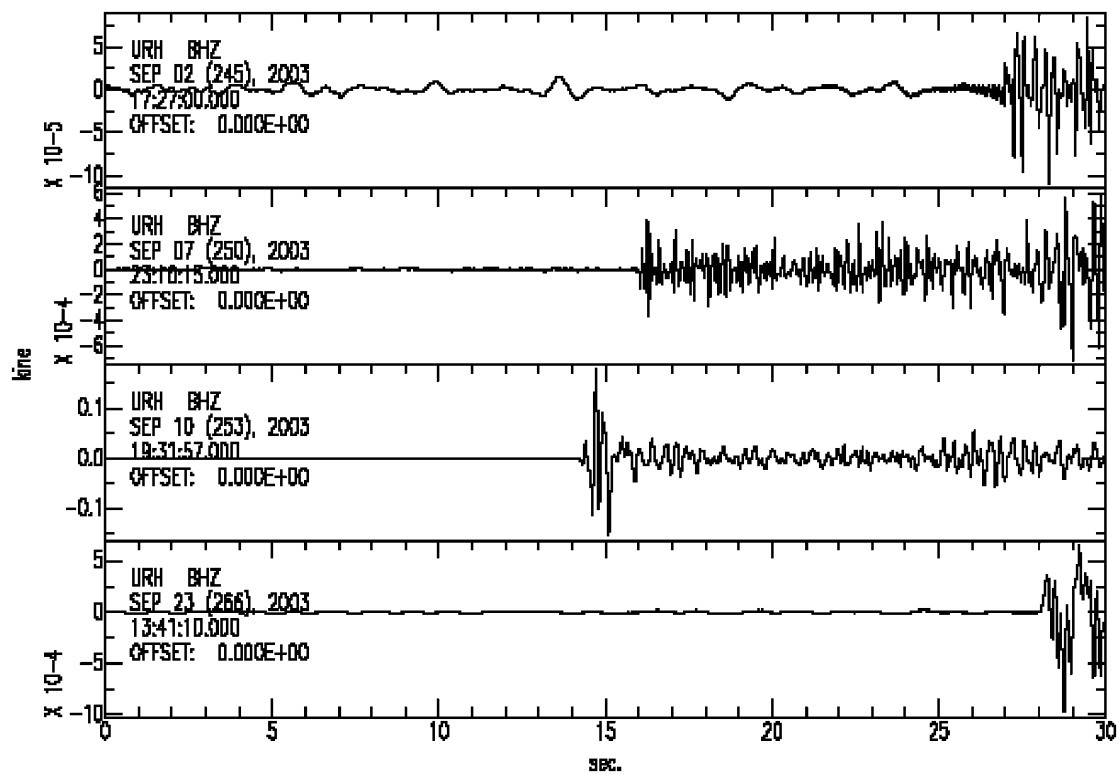


Fig. 6. Time histories of event 1-4 between the origin and 30 sec.

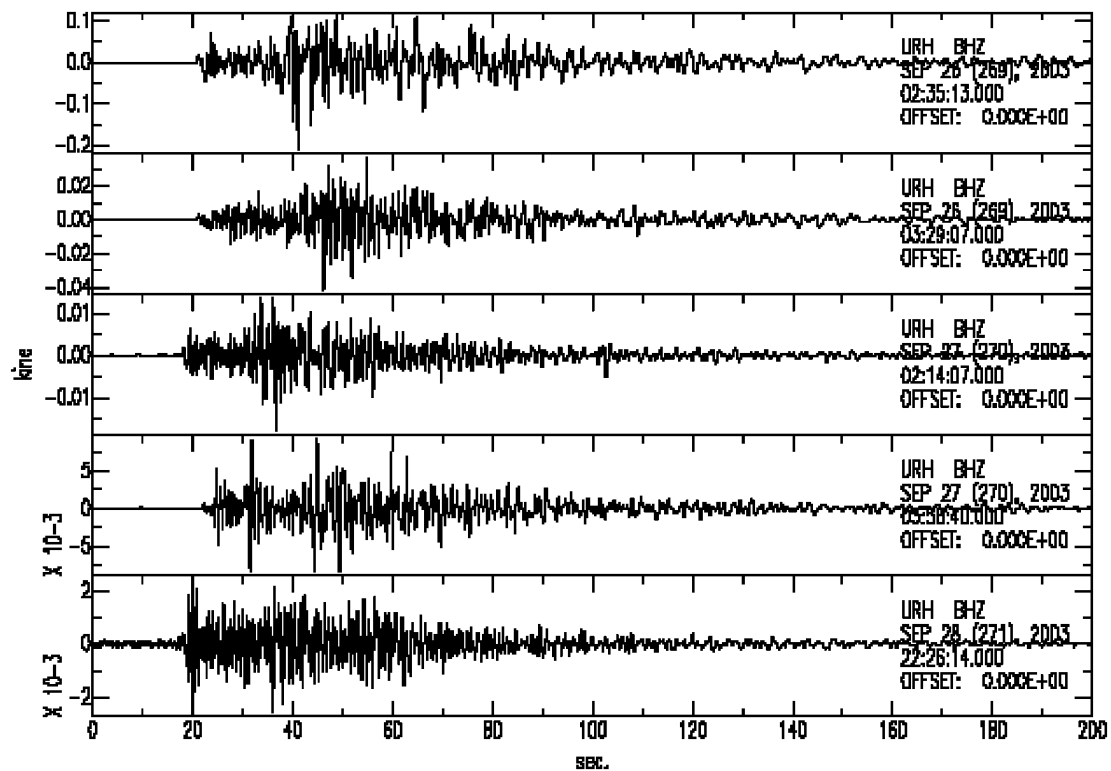


Fig. 7. Time histories of aftershocks (event 5-9).

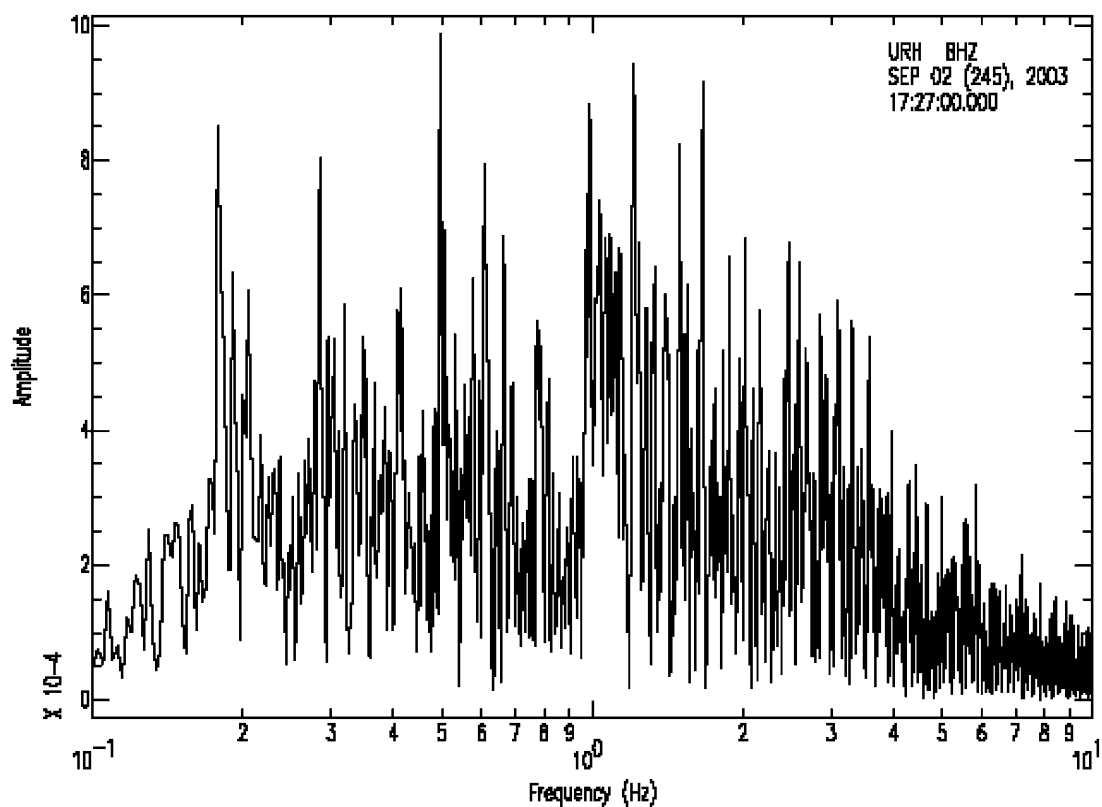


Fig. 8-1. Fourier spectrum of event 1.

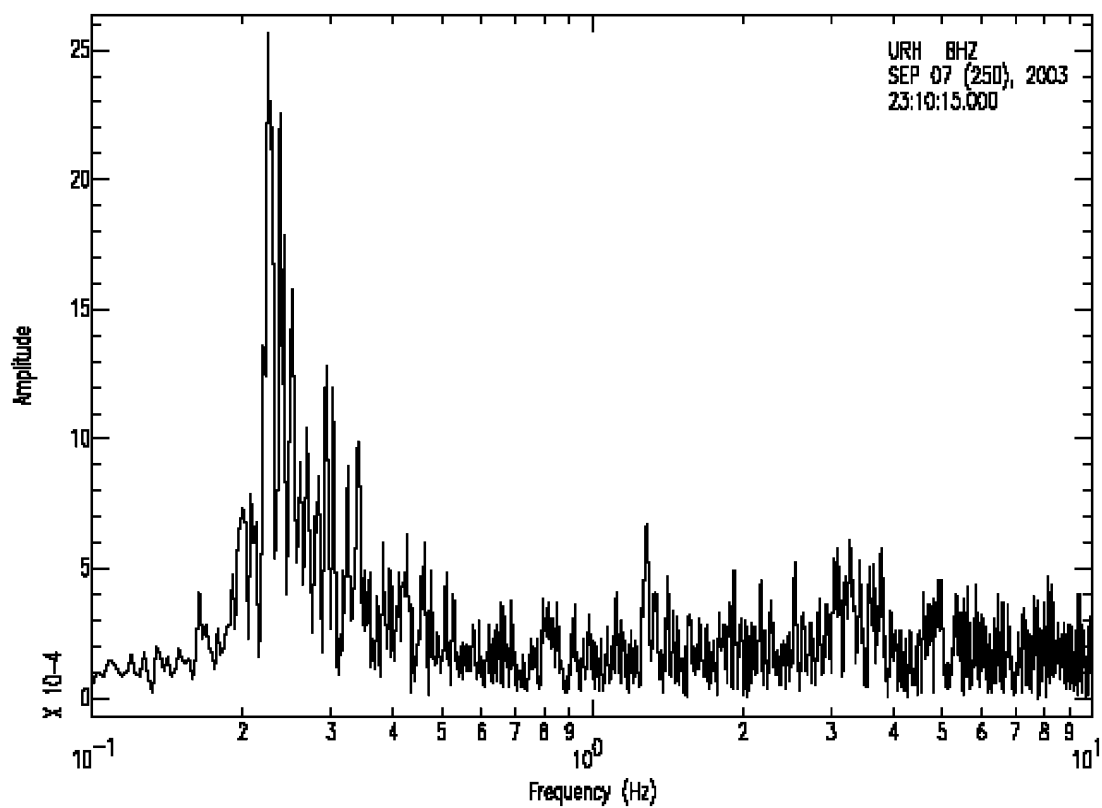


Fig. 8-2. Fourier spectrum of event 2.

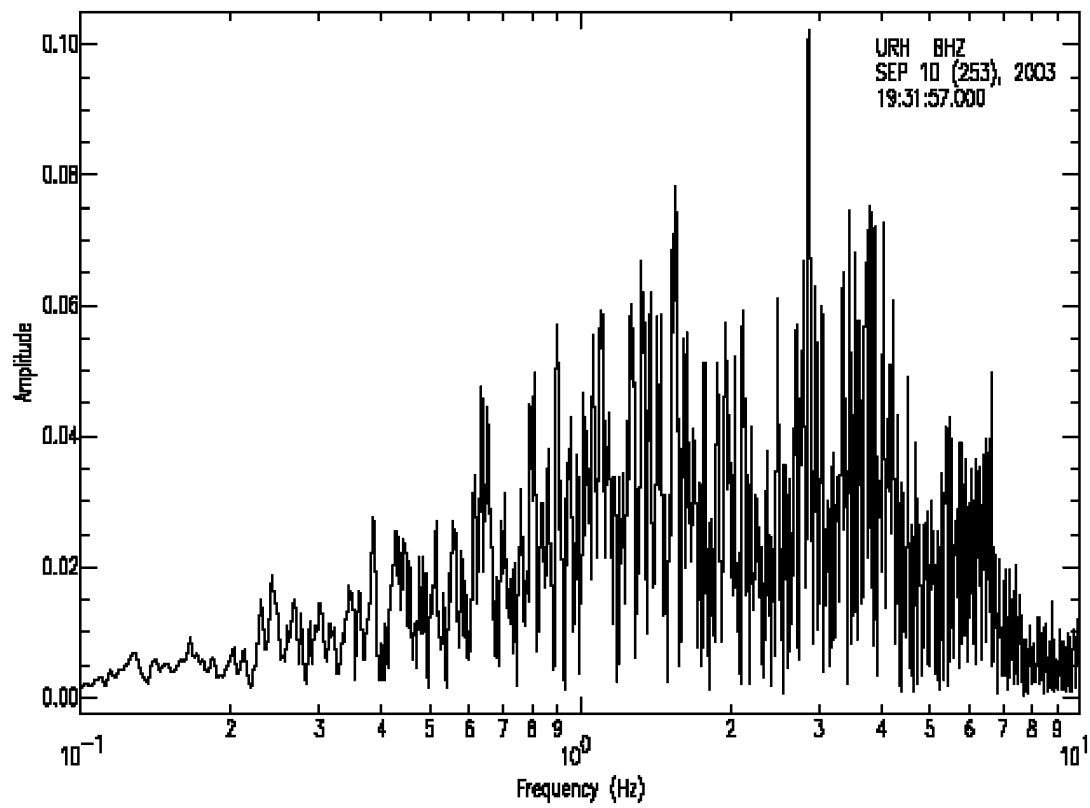


Fig. 8-3. Fourier spectrum of event 3.

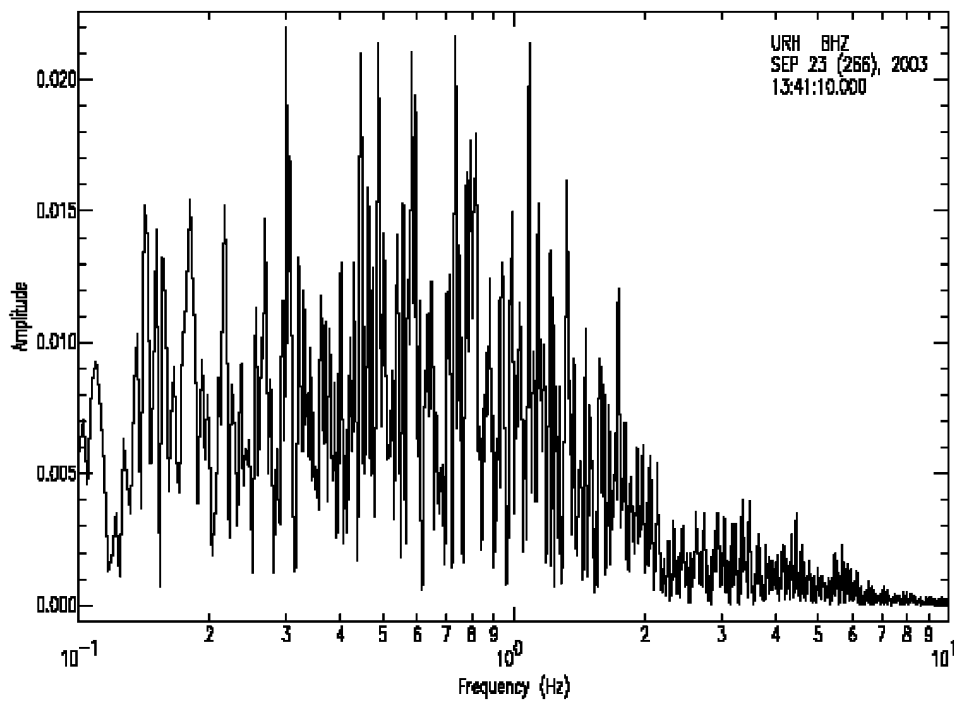


Fig. 8-4. Fourier spectrum of event 4.

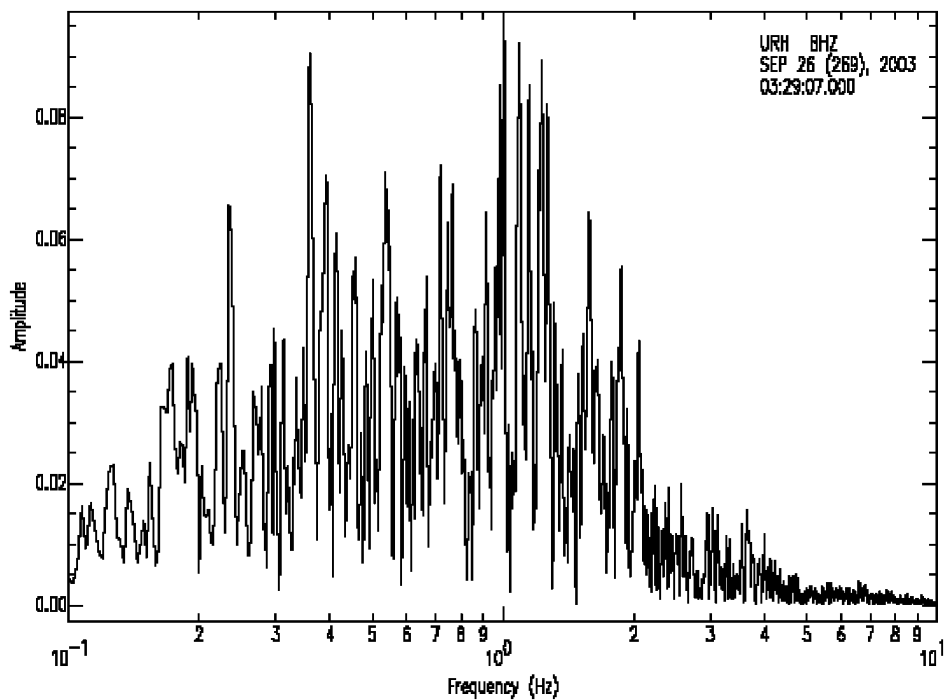


Fig. 9. Fourier spectrum of aftershock (event 6).

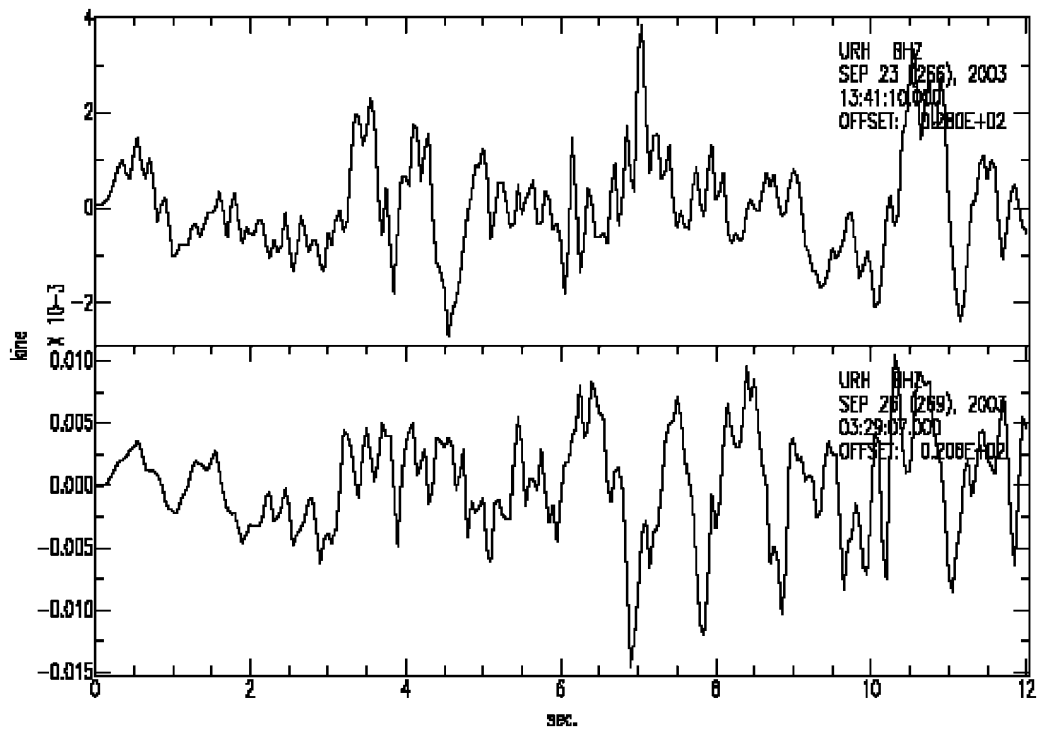


Fig. 10. Comparison event 4 with event 6.

時の立ち上がり波形の比較を、Fig. 10に示す。極めてよい一致を示している。これらの初動の相関関数をFig. 11に示す。上が、イベント4の初動の自己相関関数で、下が余震のイベント6との相互相関関数である。これによると、波形ほど明確な相互相関性は見られ

なかった。

5. ま と め

ここでは、1998年1月から2003年12月の防災科学技術研究所のF-netによる震源メカニズム解を用いて、北

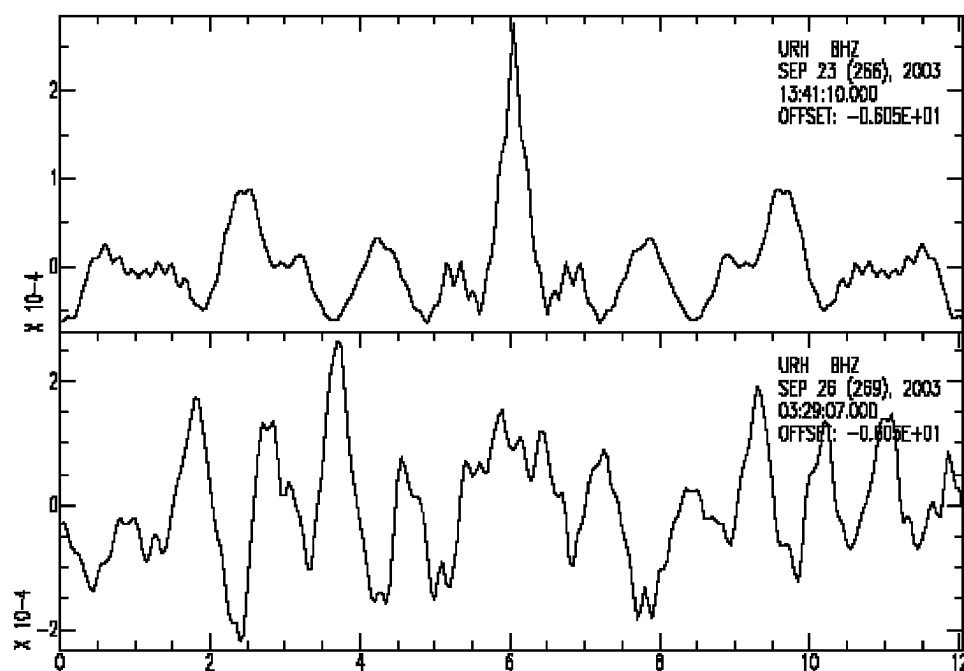


Fig. 11. Correlation between event 4 and aftershock event 6.

海道十勝沖地域のメカニズムの基本的な空間的特性を求め、2003年9月26日十勝沖地震の本震前の地震にたいして、本震前1ヶ月の地震の発生状況を調べた。それらについて、波形、スペクトル、相関関数から余震との関係性を調べた。その結果、震源メカニズムは相似しているが、相関関数は波形、スペクトルほどよい一致を示さなかった。これは、震源メカニズムが求まっている本震前の地震位置が、本震位置から100 km以上離れていたためと考えられる。しかし、スペクトルは、比較的よい一致を示した。今後、震源メカニズムは求まっているが、精度のよい強震計データが得られている他の本震前の地震についても解析を行うことで、前震と本震と余震との相関性が明らかになるとと思われる。

謝 辞

これらのデータ解析には前述のように防災技術研究所のF-netデータを用いた。又、本論の一部の図は、参考文献6)の著者、田中美奈さんによるところが大きい。ここに記して感謝します。

参 考 文 献

- 1) 原田智也, 石橋克彦 (2002), “千島海溝南部のプレート間巨大地震の繰り返しパターンの新たな見方”, 地球惑星科学関連学会2002年合同大会要旨集, T043-022.
- 2) 笠原 稔 (2002), “地震がわかる, 2. 超巨大津波を伴っても不思議でない十勝沖・根室沖”, AERA Mook, pp. 14-17.
- 3) Igaarashi, T., T. Matsuzawa, N. Umino and A. Hasegawa (2001), “Spatial distribution of focal mechanisms for interplate and intraplate earthquakes associated with the subducting Pacific plate beneath the northeastern Japan arc: A triple-planed deep seismic zone”, J. Geophys. Res., vol. 106, pp. 2177-2191.
- 4) 堀 直人, 山本俊六 (2004), “ローカル地震から推定した宮城県沖地域の震源メカニズム”, 国土館大学工学部紀要, 第37号, pp. 59-66.
- 5) Yamamoto, S., Hori, N. (2004), “Average and variation of focal mechanism around Tohoku subduction zone”, 13th WCEE, Paper No. 414, pp. 1-7.
- 6) 田中美奈 (2004), “2003年9月26日十勝沖地震とその前震の断層パラメータ解析に関する研究”, 国土館大学工学部建築デザイン工学科卒業研究, pp. 1-188.