

## 2－2 2008年9月11日十勝沖の地震（M7.1）について

### The M7.1 Earthquake off Tokachi District on September 11, 2008

気象庁 地震予知情報課

気象庁 地震津波監視課

Earthquake Prediction Information Division, JMA

Earthquake and Tsunami Observation Division, JMA

#### 1. 地震の概要

2008年9月11日09時20分に十勝沖でM7.1（最大震度5弱）の地震が発生した（第1図）。この地震による被害はなかった（総務省消防庁調べ、9月11日確定報）。この地震は平成15年（2003年）十勝沖地震（M8.0）（以下、2003年十勝沖地震）の震源近傍で発生しており、発震機構（CMT解）も2003年十勝沖地震の本震の時とほぼ同じ西北西—東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型であった。2003年十勝沖地震の余震活動は、本震の北東側の領域で活発であったが、2003年十勝沖地震の本震付近でM6.0以上の地震が発生したのは今回の地震（M7.1）が初めてであった（第2図）。

第3図に使用する観測点を限定して、三次元速度構造<sup>1)</sup>を用いて震源再計算を行った結果を示す。その結果は、北西方向に傾き下がる震源の分布を示している。また、本震の深さは、一元化震源では31kmと求まったが、三次元速度構造を用いた再計算では深さは20km程度と浅く算出される。これはこの付近の構造探査から求められたプレート境界の深さ<sup>2)</sup>とほぼ一致する。これらのことと発震機構から、今回の地震が太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した地震であることが示唆される。

第4図にIRIS（米国地震学連合）のデータを用いて遠地実体波による震源過程解析を行った結果を示す。破壊開始点の震央位置は一元化震源、深さは過去の構造探査等<sup>2)</sup>の知見から20kmとし、プレート境界型の地震であることから、気象庁CMT解の低角側の節面を用いて解析した。推定された主なすべり領域は本震の北西側に位置しており、余震は主なすべり領域に発生していない。また、今回の本震により、北海道、青森県及び岩手県の太平洋沿岸で津波を観測した（第5図）。

#### 2. 余震の特徴

第6図に今回の地震の余震と2003年十勝沖地震の余震の震央分布図を示すが、今回の本震は2003年十勝沖地震の余震があまり発生していないかった場所で発生している。第7図は第3図と同様に、三次元速度構造<sup>1)</sup>を用いて震源再計算を行った結果を示すが、この結果でも今回の地震の本震及び3秒前に発生した地震（第8図）は、2003年十勝沖地震の余震があまり発生していない場所で発生している。また、今回の地震の余震は、今回の本震の南東側に多く発生しており、この領域は2003年十勝沖地震の際にも多くの余震が発生している（第6図）。

また、今回の地震の最大余震は9月11日09時32分のM5.7の地震（最大震度2）であり、余震活動が活発である本震の南東側の領域で発生している（第1図、第6図）。

#### 3. 平成15年（2003年）十勝沖地震との比較

海域で発生する地震は、S相は全般的に不明瞭な場合が多い。2003年十勝沖地震との相対的な位置を調べるために、P相時刻のみを用いて三次元速度構造<sup>1)</sup>で震源再計算を行った（第9図）。P

相のみ用いているので深さの精度はないが、震央の相対位置については精度が良いと思われる。今回の地震の本震は、2003年十勝沖地震の本震と比べ、東南東約10kmの位置にある。また、周辺の地震観測点における今回の地震の初動部分の比較図（第10図(a)）から、今回の本震は3秒前に発生した地震の北～北北西方向にあることが分かる。更に2003年十勝沖地震と今回の地震の初動部分を比較した図（第10図(b)）から、2003年十勝沖地震の方が今回の地震より陸側に位置していることが分かる。また、その距離は陸上観測点における時間差より、10km程度と推測される。これらの地震の相対位置関係は再計算した震央位置（第10図(a)上図）と矛盾はない。

第11図に各種データから推定された2003年十勝沖地震のすべり量分布と今回の本震及び余震の位置を一緒に示す。各種データから解析されたすべり量分布は細かい部分は違っているものの、本震から北西方向に主なすべり領域があることは一致しており、今回の本震はこの主なすべり領域（図中濃く表示している部分）の端付近に位置している。

第12図に2003年十勝沖地震（M8.0）とその最大余震（M7.1）及び今回の地震（M7.1）の浦河観測点における変位波形とフーリエスペクトルを示す。今回の地震と2003年十勝沖地震の最大余震と比較すると、同規模の地震にもかかわらず、今回の地震は短周期成分が小さくなってしまっており、周期2～3秒にピークを持つ特徴を持っている。また、今回の地震と2003年十勝沖地震の最大余震の震度分布と比較すると、マグニチュードが同じにもかかわらず、有感範囲が狭くなっている（第13図）。

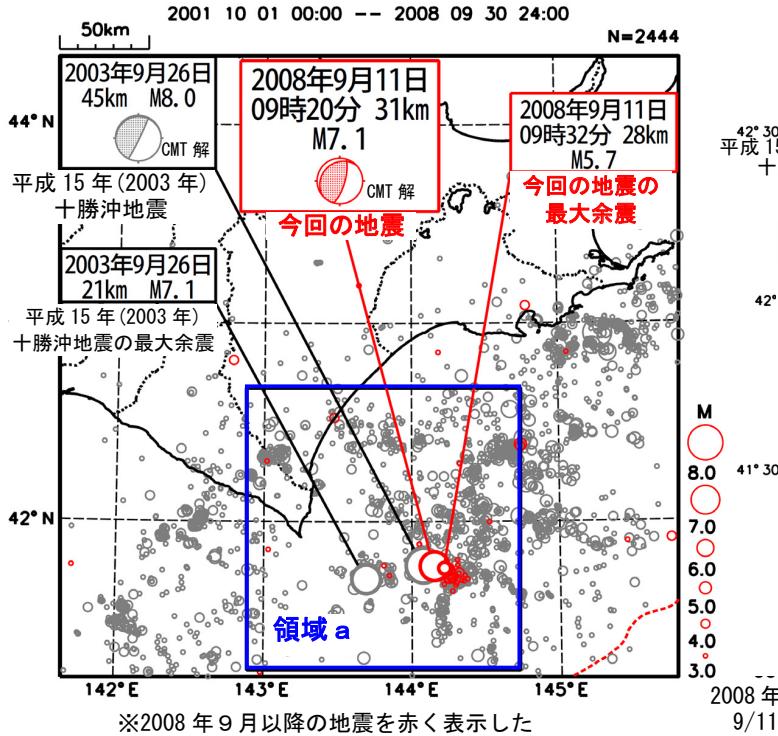
#### 参考文献

- 1) 勝間田明男：震源計算のための三次元速度構造、日本地震学会2006年秋季大会予稿集, C034, 2006.
- 2) Iwasaki, T., H. Shiobara, A. Nishizawa, T. Kanazawa, K. Suyehiro, N. Hirata, T. Urabe and H. Shimamura : A detailed subduction structure in the Kuril trench deduced from ocean bottom seismographic refraction studies, *Tectonophysics*, **165**, 315 – 336, 1989.
- 3) Kikuchi, M. and H. Kanamori : Note on Teleseismic Body-Wave Inversion Program, <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/ETAL/KIKUCHI/>
- 4) Yamanaka, Y. and M. Kikuchi : Source process of the recurrent Tokachi-oki earthquake on September 26, 2003, inferred from teleseismic body waves, *Earth Planets Space*, **55**, e21-e24, 2003.
- 5) 吉田康宏：平成15年(2003年)十勝沖地震調査報告、気象庁技術報告, **126**, 9-14, 2005.
- 6) Honda, R., S.Aoi, N. Morikawa, H. Sekiguchi, T. Kunugi and H. Fujiwara : Ground motion and rupture process of the 2003 Tokachi-oki earthquake obtained from strong motion data of K-NET and KiK-net, *Earth Planets Space*, **56**, 317-322, 2004.
- 7) Yagi, Y. : Source rupture process of the 2003 Tokachi-oki earthquake determined by joint inversion of teleseismic body wave and strong ground motion data, *Earth Planets Space*, **56**, 311-316, 2004.
- 8) Koketsu, K., K. Hikima, S. Miyazaki and S. Ide : Joint inversion of strong motion and geodetic data for the source process of the 2003 Tokachi-oki, Hokkaido, earthquake, *Earth Planets Space*, **56**, 329-334, 2004.

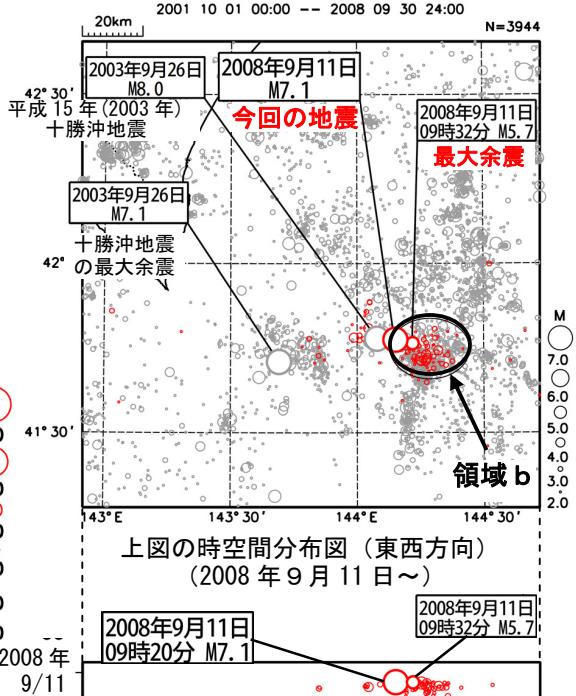
# 9月11日 十勝沖の地震

プレート境界, M7.1, 平成15年(2003年)十勝沖地震の震源近傍

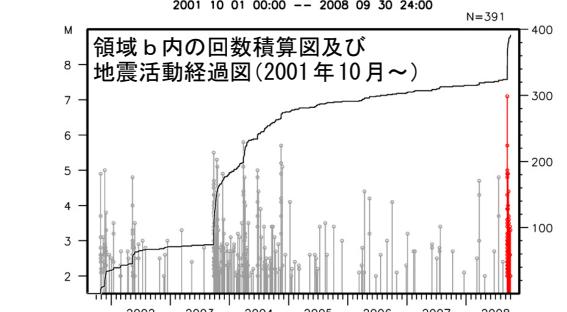
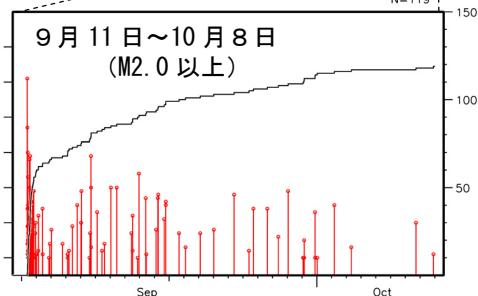
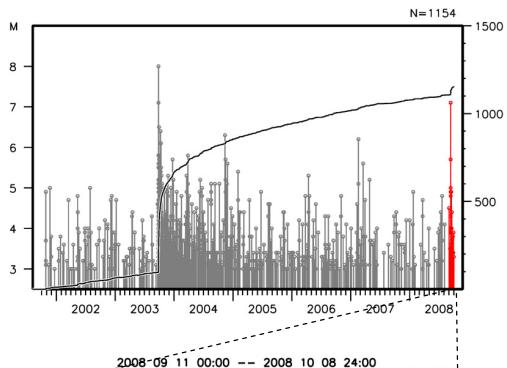
震央分布図 (2001年10月以降,  $M \geq 3.0$ , 深さ 90km 以浅)



領域aの拡大図 (2001年10月1日~2008年9月30日,  $M \geq 2.0$  以上)



領域a内の地震活動経過図、回数積算図



2008年9月11日09時20分に十勝沖でM7.1(深さ31km, 最大震度5弱)の地震が発生した。この地震の発震機構(CMT解)は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した地震である。今回の地震は、2003年9月26日のM8.0の地震(平成15年(2003年)十勝沖地震)の震源近傍で発生している。

今回の地震の最大余震は同日09時32分のM5.7の地震(最大震度2)で、活動は順調に減衰してきている。

第1図 2008年9月11日 十勝沖の地震

Fig.1 The M7.1 earthquake off Tokachi district on September 11, 2008

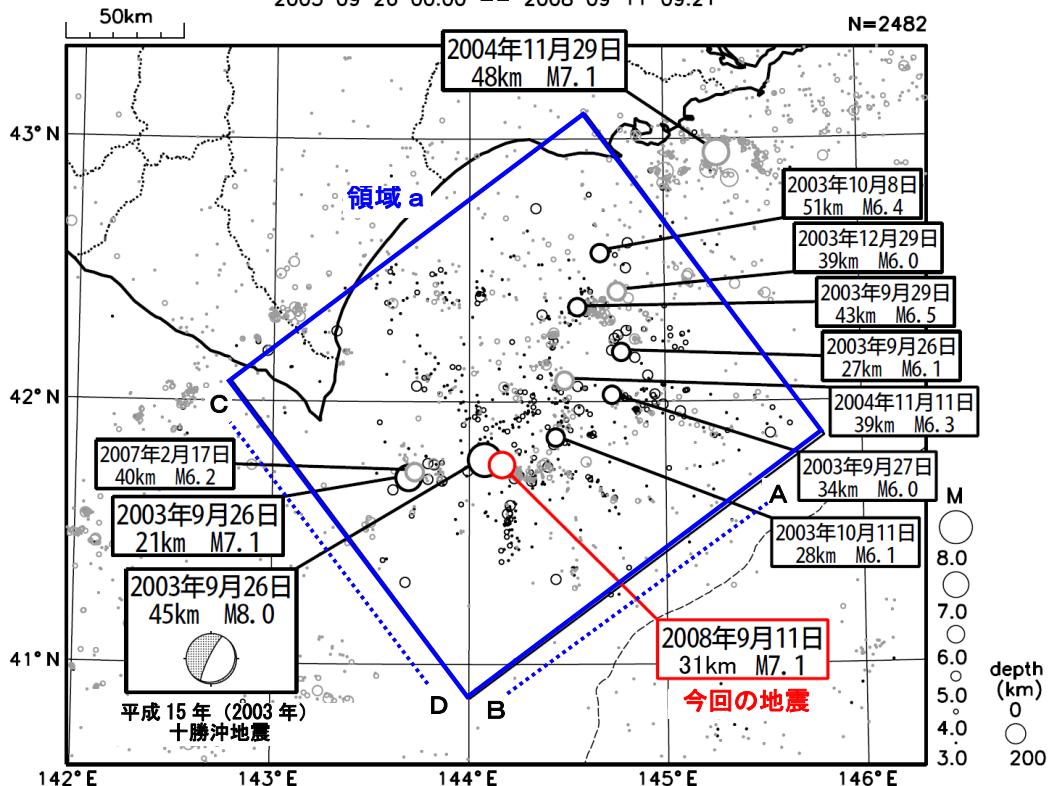
# 9月11日 十勝沖の地震（平成15年（2003年）十勝沖地震の余震活動）

2003年十勝沖地震の余震活動は本震の北東側で活発

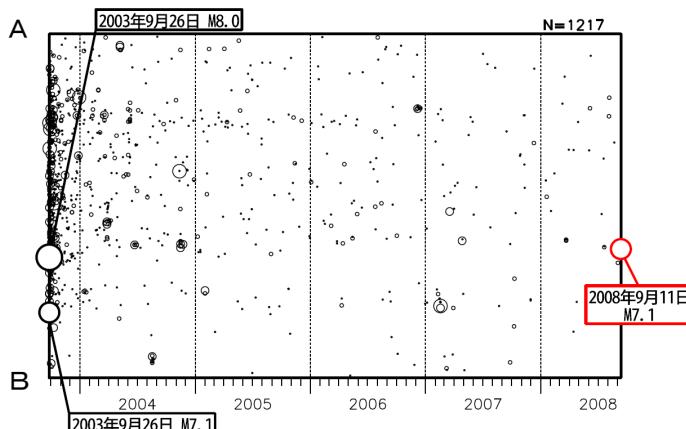
震央分布図（2003年9月26日以降、 $M \geq 3.0$ 、深さ200km以浅）

平成15年十勝沖地震発生から1ヶ月間の地震の震央を濃く表示

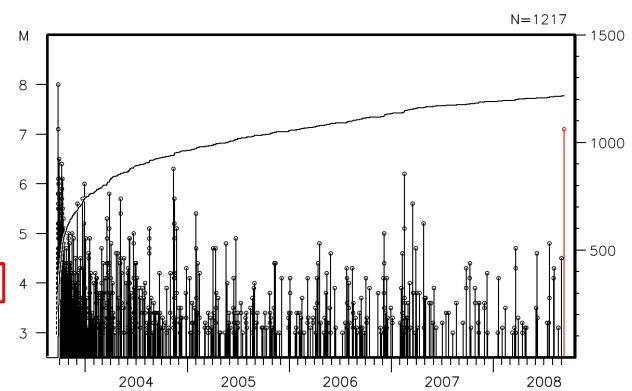
2003.09.26 00:00 -- 2008.09.11 09:21



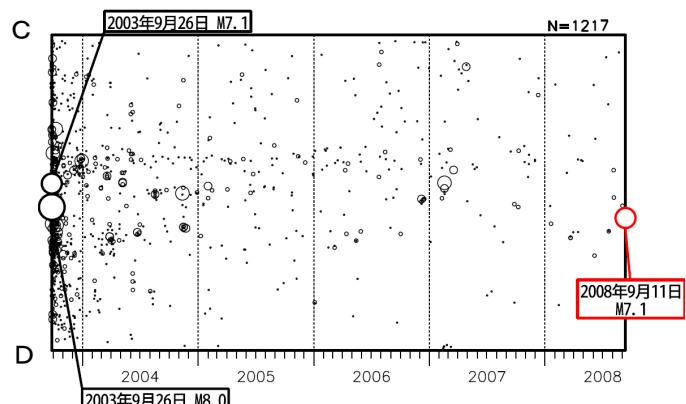
領域a内の時空間分布図（A-B投影）



領域a内の回数積算図および地震活動経過図



領域a内の時空間分布図（C-D投影）

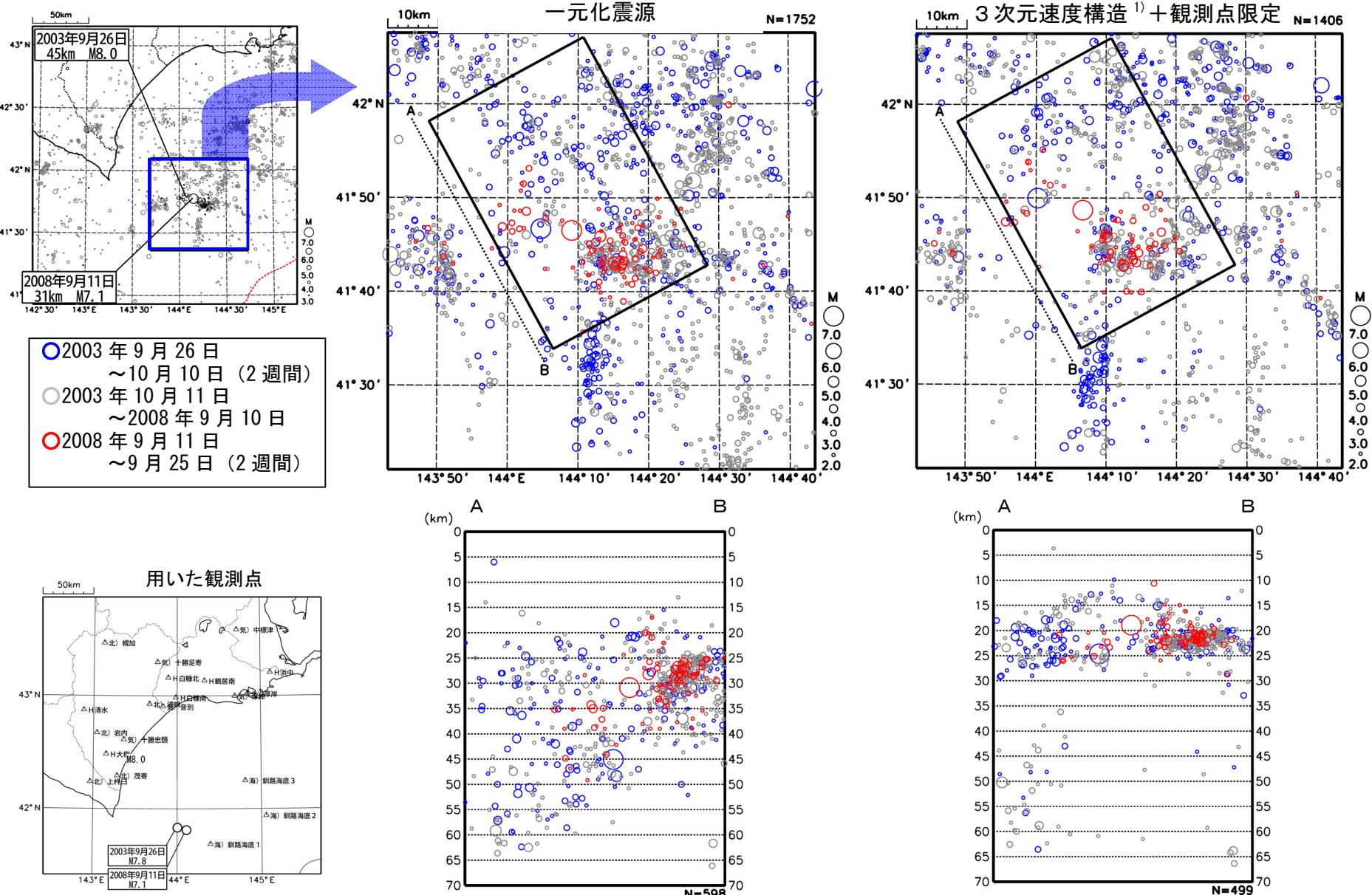


平成15年（2003年）十勝沖地震の余震活動は、M6.0以上の地震が7回発生するなど、本震の北東側の領域で活発であった。その後、2007年2月に最大余震付近でM6.2の地震が発生しているが、本震付近でM6.0以上の地震が発生したのは今回が初めてである。また、本震よりも海溝軸側の領域ではM6.0以上の地震は発生していない。

第2図 平成15年（2003年）十勝沖地震の余震活動  
Fig.2 Aftershock activity of the Tokachi-Oki Earthquake in 2003

# 十勝沖の地震の震源比較 (2003年9月1日～2008年9月25日) ①

震源再計算すると本震は2003年よりやや浅く求まる。今回の余震は南東のクラスターで活発



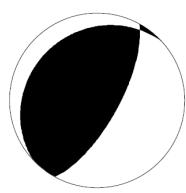
## 9月11日 十勝沖の地震 (M7.1) の遠地実体波による震源過程解析

2008年9月11日に発生した十勝沖の地震（深さ31km, M7.1）について、米国地震学連合（IRIS）のデータ管理センター（DMC）より広帯域地震波形記録を取得し、遠地実体波を利用した震源過程解析<sup>3)</sup>を行った。破壊開始点は気象庁一元化震源の震央位置とし、深さは過去の構造探査等の知見から20kmとした。断層面には気象庁CMT解の低角側の節面を用いた。

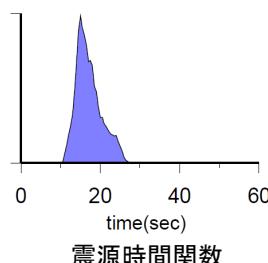
SE OFF TOKACHI      2008/09/11 09:20:51  $M_j=7.1$

Initial 41.776N 144.151E 20km  
 $M_0 = 0.220E+20\text{Nm}$   $M_w = 6.8$

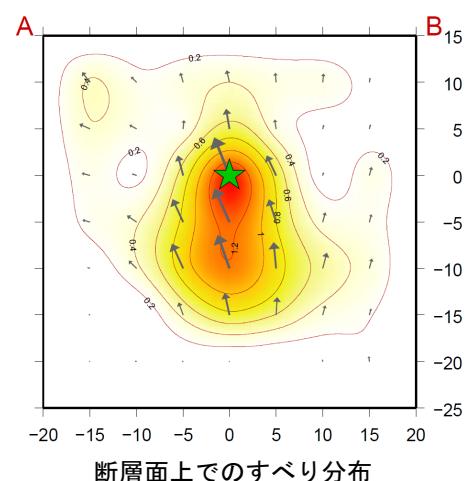
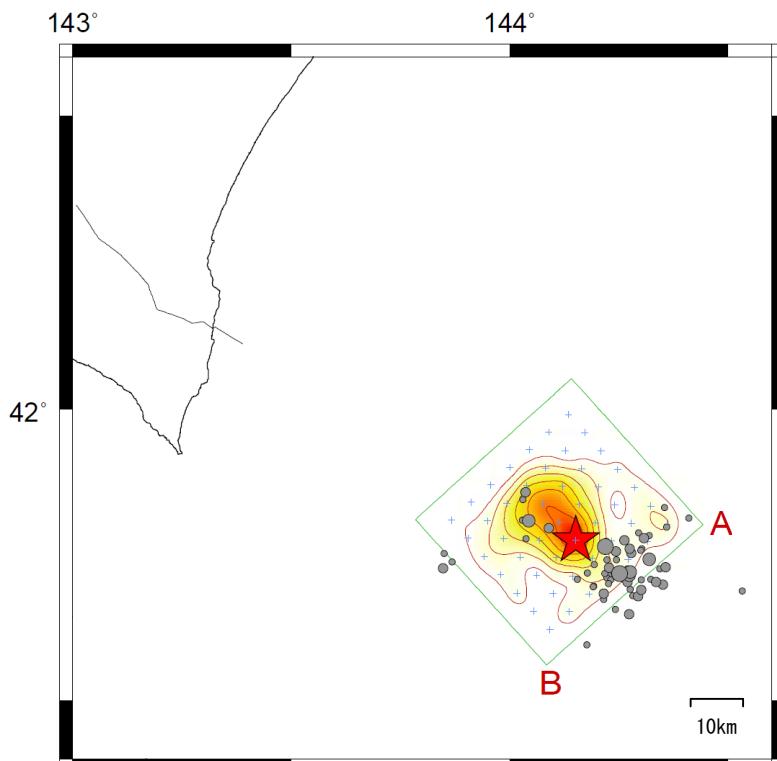
Var.= 0.2444



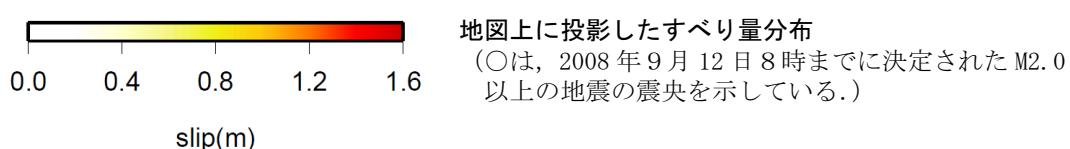
(228.,21.,108.)  
発震機構解



広域地図  
赤枠が左下図の地図範囲を示す。



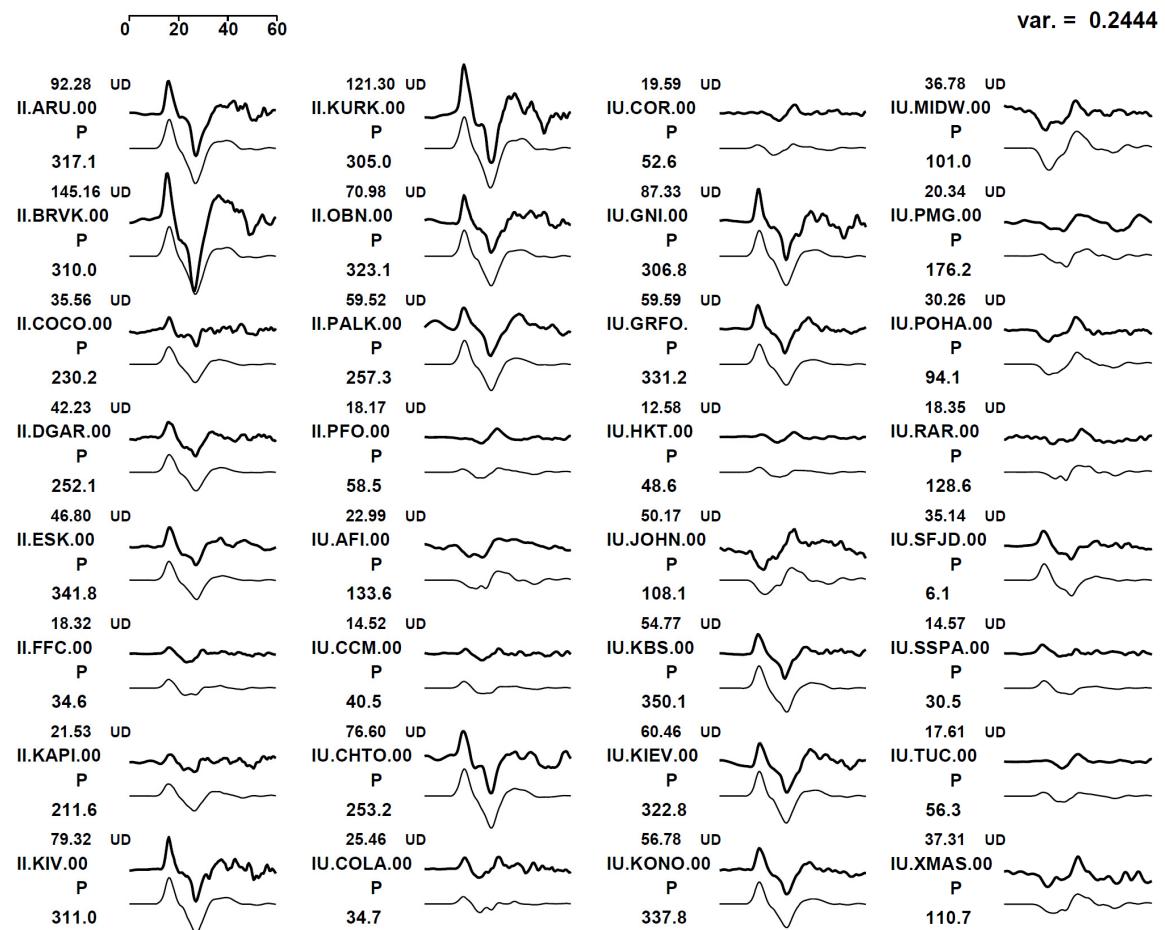
M	
6.0	●
5.0	○
4.0	○
3.0	○
2.0	○



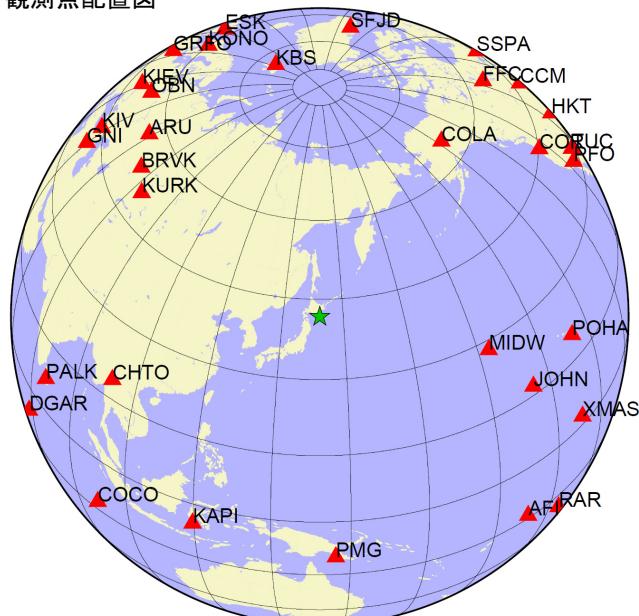
第4図(a) 遠地実体波による震源過程解析

Fig.4(a) Slip distribution estimated by teleseismic body wave

観測波形（上：太線）と理論波形（下：細線）の比較



観測点配置図



※IRIS-DMC より取得した広帯域地震波形記録を使用

第4図(b) 観測波形と合成波形の比較

Fig.4(b) Comparison of observed (upper thick line) and synthetic(lower thin line) waveforms

## 9月11日の十勝沖の地震による津波

2008年9月11日の十勝沖の地震(M7.1)により、北海道、青森県及び岩手県の太平洋沿岸で津波を観測した。

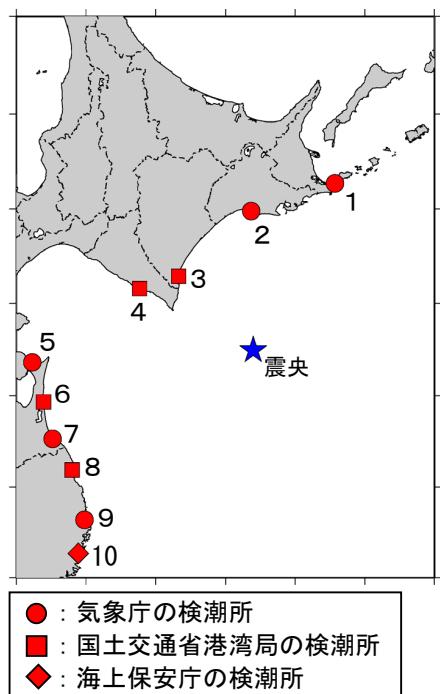
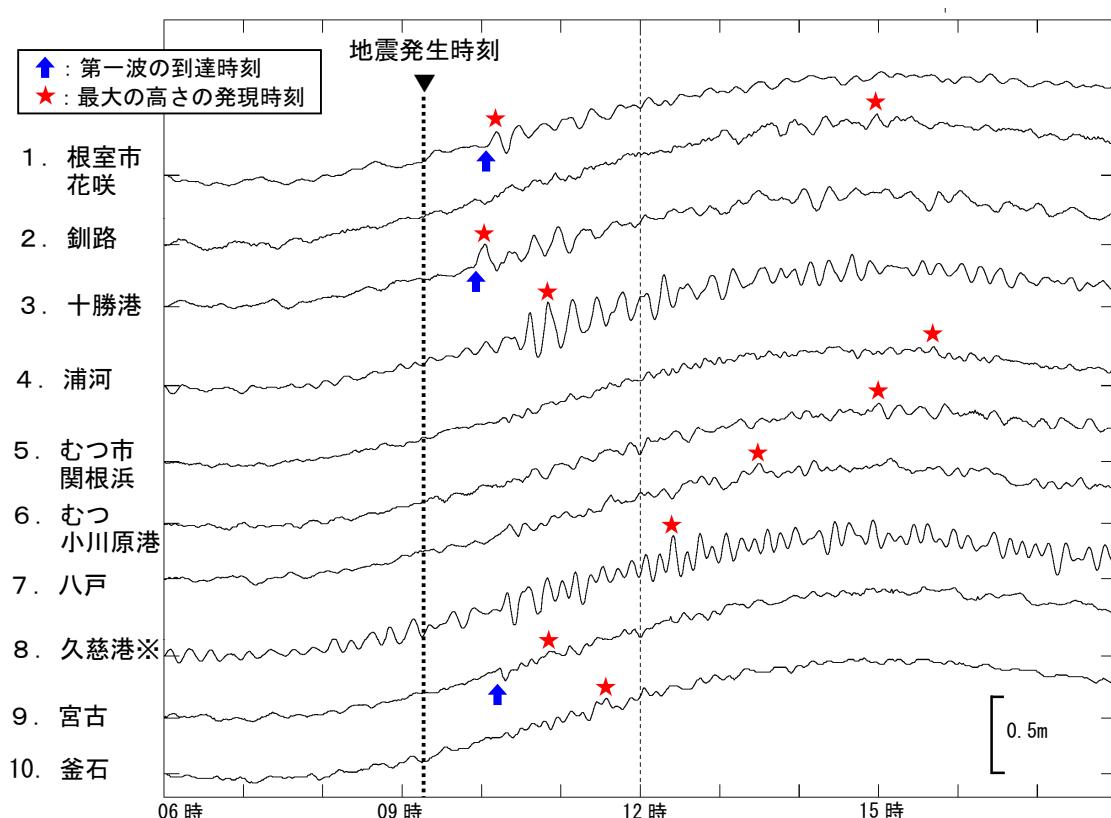
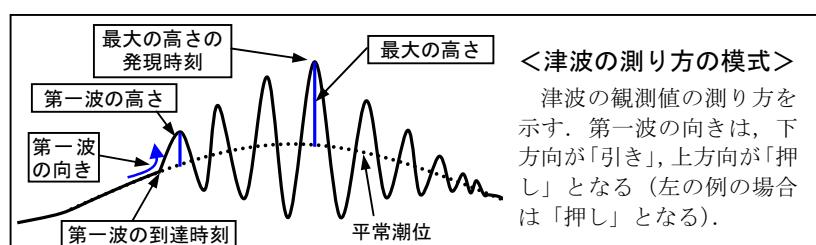


表1 検潮所で観測した津波の高さ※

番号	観測点名	所属	第一波			最大の高さ	
			到達時刻	向き	高さ(cm)	発現時刻	高さ(cm)
1	根室市花咲	気象庁	10時06分	押し	6	10時11分	6
2	釧路	気象庁	(第一波識別不能)			14時59分	6
3	十勝港	国土交通省港湾局	9時56分	押し	12	10時03分	12
4	浦河	国土交通省港湾局	(第一波識別不能)			10時50分	18
5	むつ市関根浜	気象庁	(第一波識別不能)			15時41分	5
6	むつ小川原港	国土交通省港湾局	(第一波識別不能)			14時57分	5
7	八戸	気象庁	(第一波識別不能)			13時30分	7
8	久慈港	国土交通省港湾局	(第一波識別不能)			12時22分	17
9	宮古	気象庁	10時15分	引き	6	10時52分	4
10	釜石	海上保安庁	(第一波識別不能)			11時33分	5

※ 値は速報値であり、後日変更される場合がある。



※ 久慈港の潮位記録については、津波以外の原因による海面変動が含まれている可能性がある。

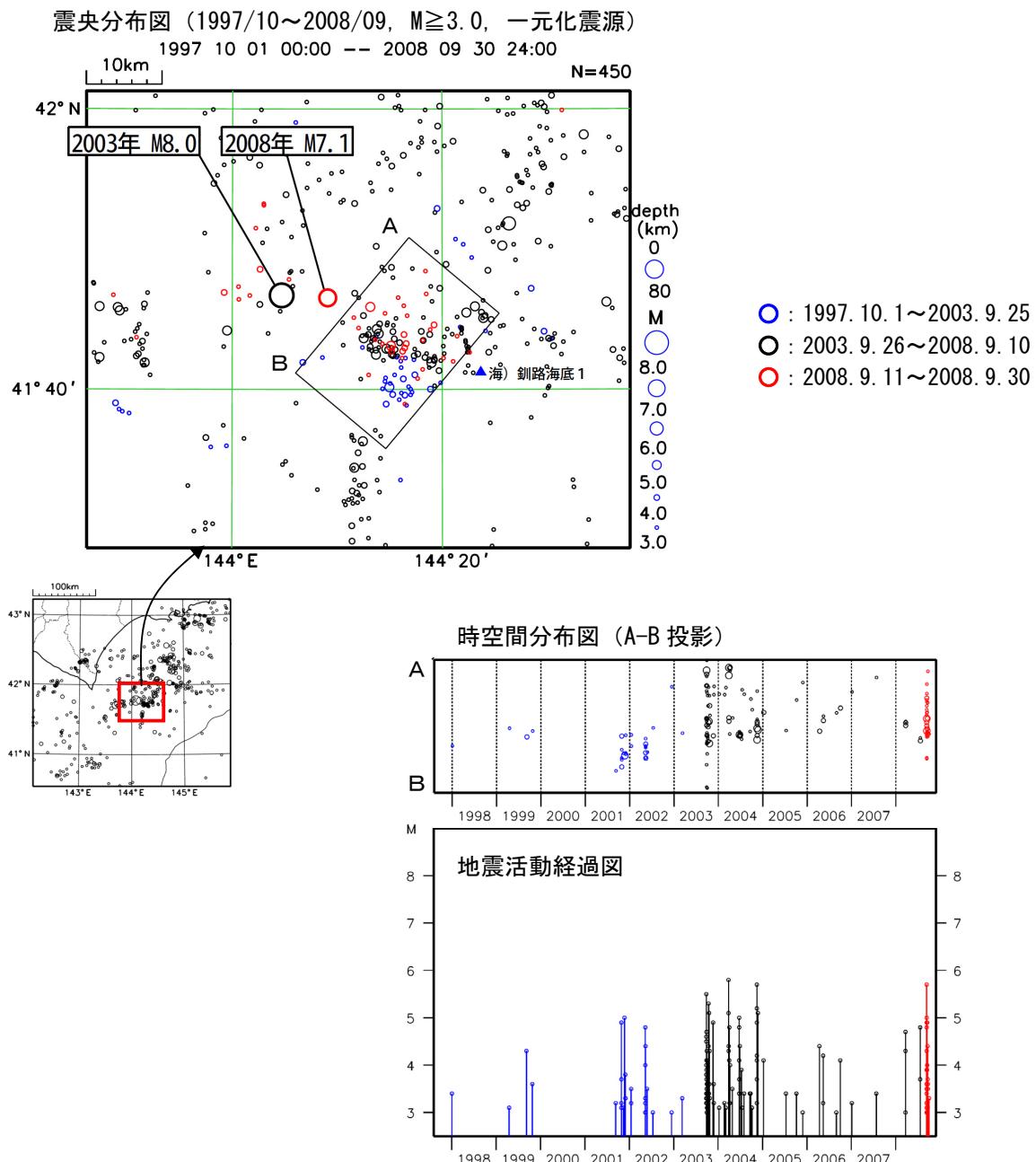
図2 津波を観測した観測点の潮位記録（平成20年9月11日06時～18時）

第5図 今回の地震による津波

Fig.5 Tsunamis from the M7.1 earthquake

## 今回の地震 (M7.1) の余震分布

2003年余震があまりないところで本震、南東クラスターで余震活動活発なのは2003年と同様



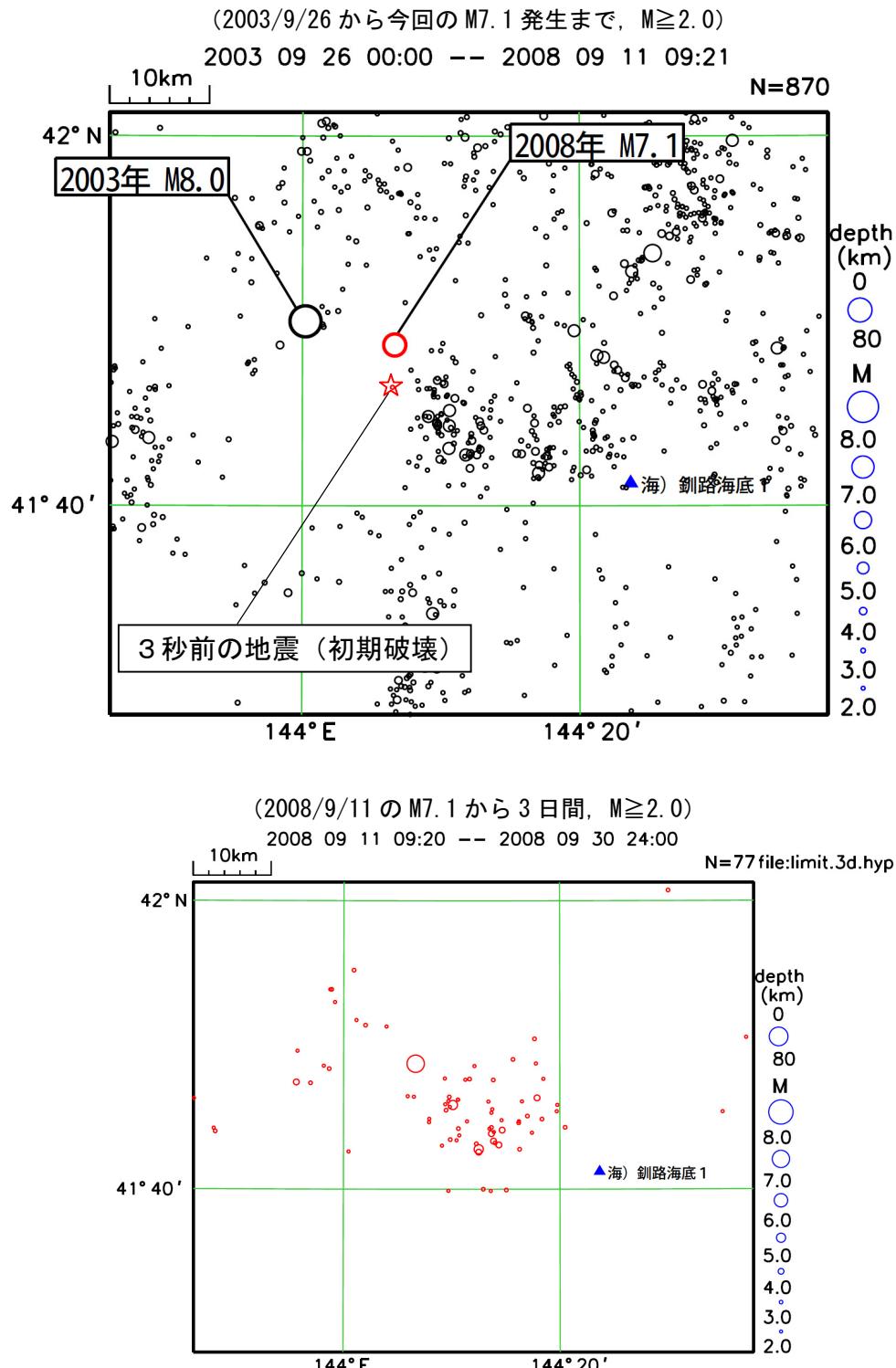
- ・2003年十勝沖地震 (M8.0) の余震があまり発生していない場所で今回の本震発生
- ・今回の余震は、本震 (M7.1) の南東側に数多く発生
- ・この領域では2003年十勝沖地震 (M8.0) の地震の際にも多くの余震が発生しており、今回の余震分布と重なる
- ・2001年、2002年にM5前後の地震を含む、ややまとまった地震活動があった。  
ただし震央は2003年や2008年の活動に比べ、やや南に寄っている。

第6図 今回の地震 (M7.1) と平成15年 (2003年) 十勝沖地震 (M8.0) の余震分布  
Fig.6 Locations of the main shock and aftershocks of the M7.1 earthquake and the Tokachi-Oki Earthquake in 2003

## 三次元速度構造（観測点限定）による震央分布図（本震と初期破壊開始点）

三次元+観測点限定、2003年余震があまりないところで本震&初期破壊

今回の地震の本震および3秒前の地震（初期破壊？）は、2003年の余震があまり分布していない場所で発生した。



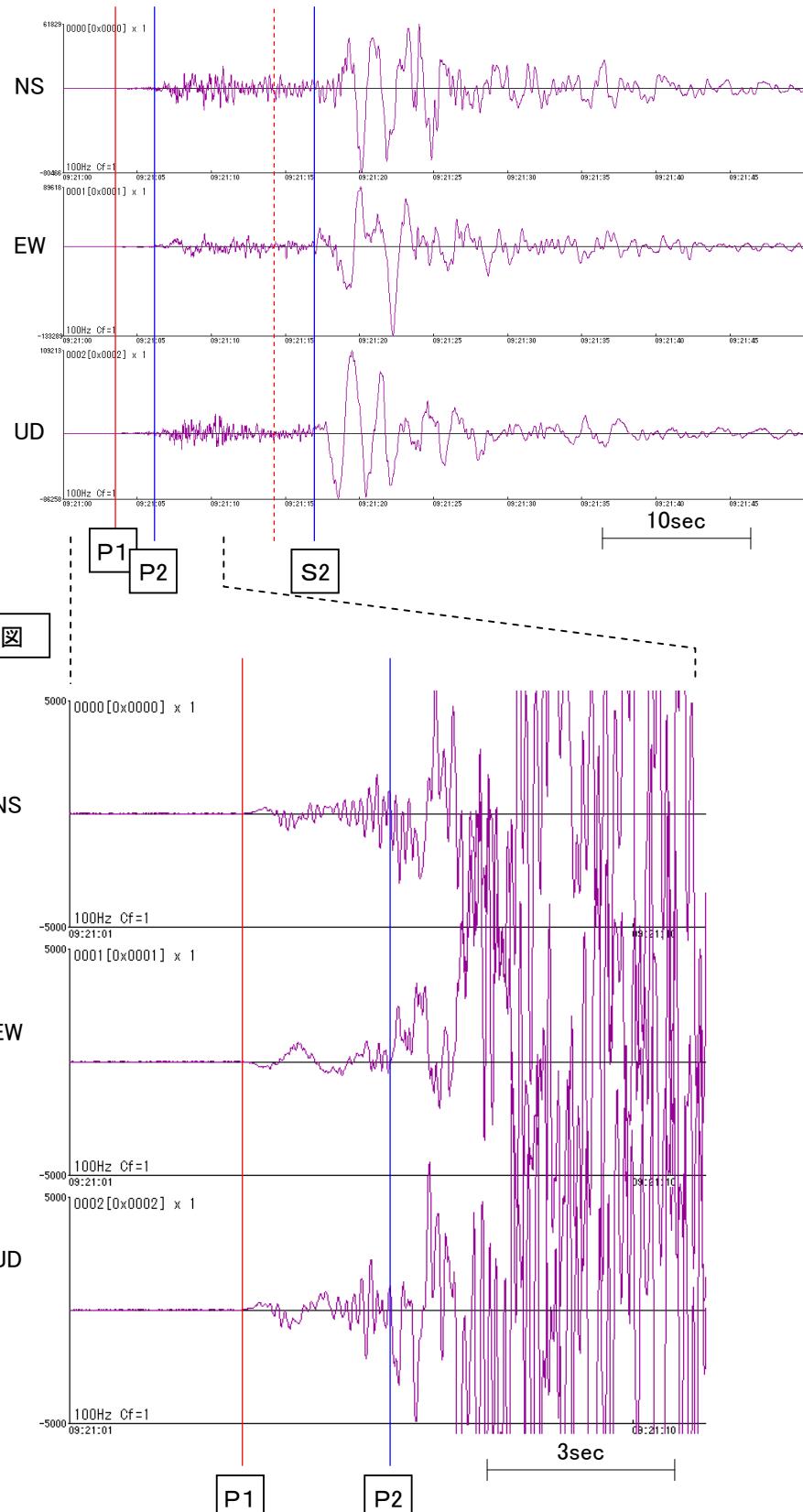
観測点を限定し、三次元速度構造<sup>1)</sup>を用いて再計算した

第7図 三次元速度構造による震央分布図

Fig.7 Epicentral distribution determined by using 3-D velocity structure

## 本震の地震波形（えりも観測点）

本震（M7.1）の直前に小さな地震（初期破壊？）が発生していた

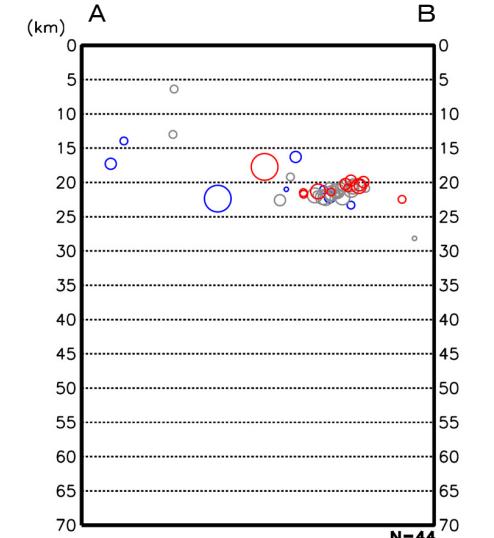
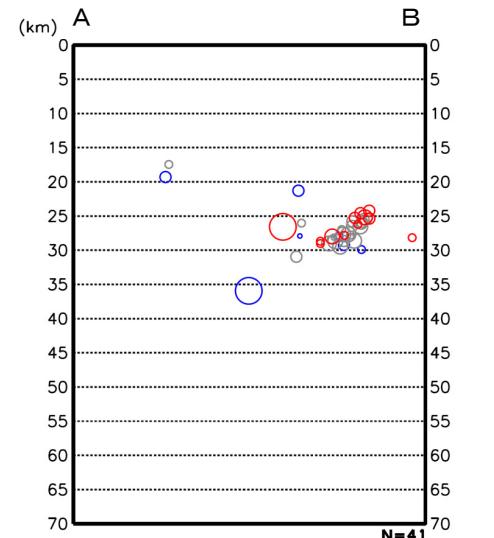
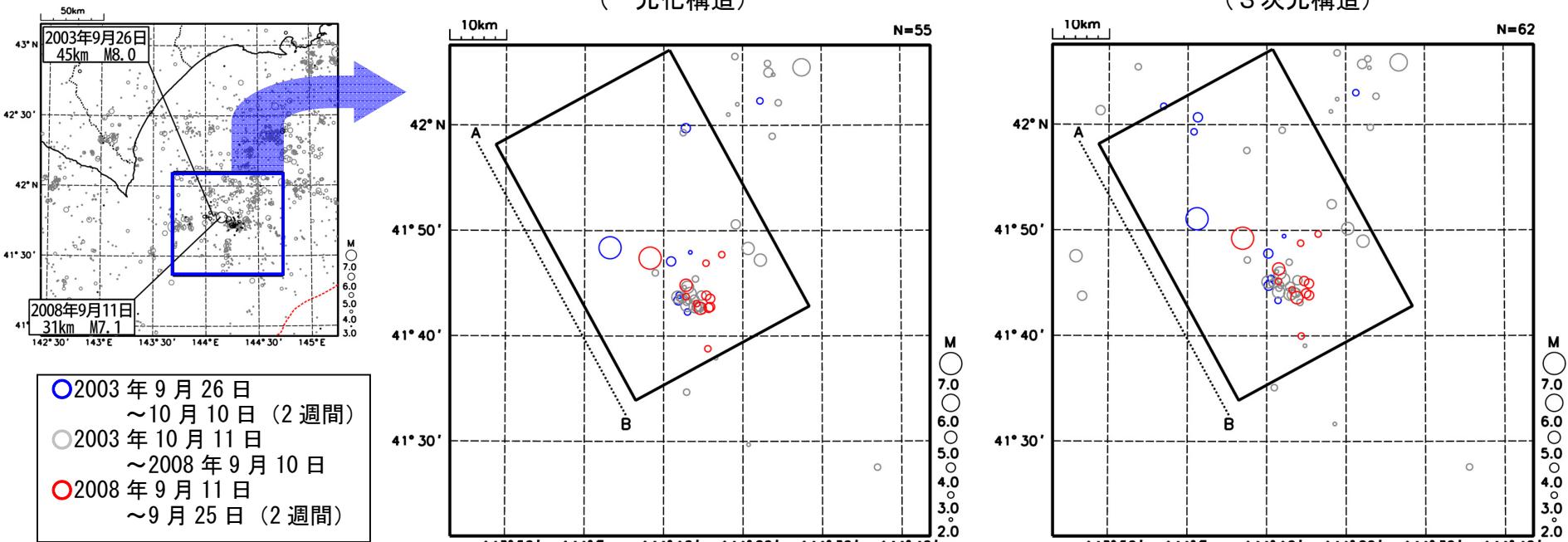


第8図　えりも観測点における今回の地震波形  
Fig.8 Velocity waveform at Erimo seismic station

## 十勝沖の地震の震源比較 (2003年9月1日～2008年9月26日) ②

観測点を限定し、P相のみで震源計算  
(一元化構造)

観測点を限定し、P相のみで震源計算  
(3次元構造)



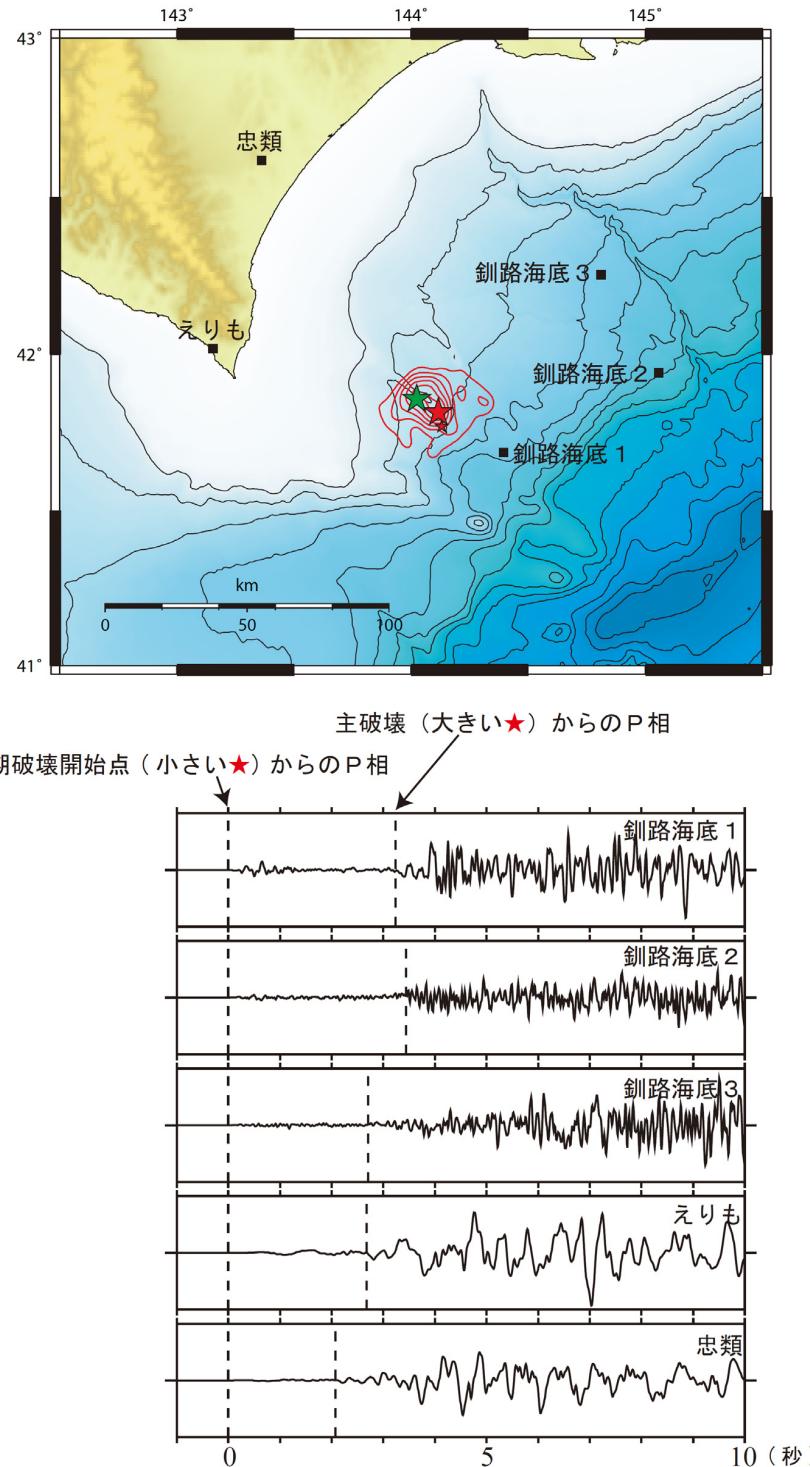
第9図 三次元速度構造を用いた震源再計算 (P相のみ使用)

Fig.9 Relocation of hypocenters using 3-D velocity structure and only P-phase data

## 9月11日 十勝沖の地震 (波形から見た位置関係)

初期破壊開始点の北～北北西に主破壊。2003年初期破壊と2008年主破壊の距離は10km程度

周辺の観測点波形を比較すると、2008年のM7.1の主破壊からのP波と初期破壊開始点からのP波との時間差は忠類で最も短くなっていることから、主破壊位置は初期破壊開始点から見て北～北北西方にあることが分かる。これは観測点を固定して計算した震央の位置関係と矛盾はない。



★は2003年十勝沖地震(M8.0)の震央、★は2008年の震央(小: 初期破壊開始、大: 主破壊)であり、同一観測点のP相のみを用いて、3次元速度構造で震源計算したもの。

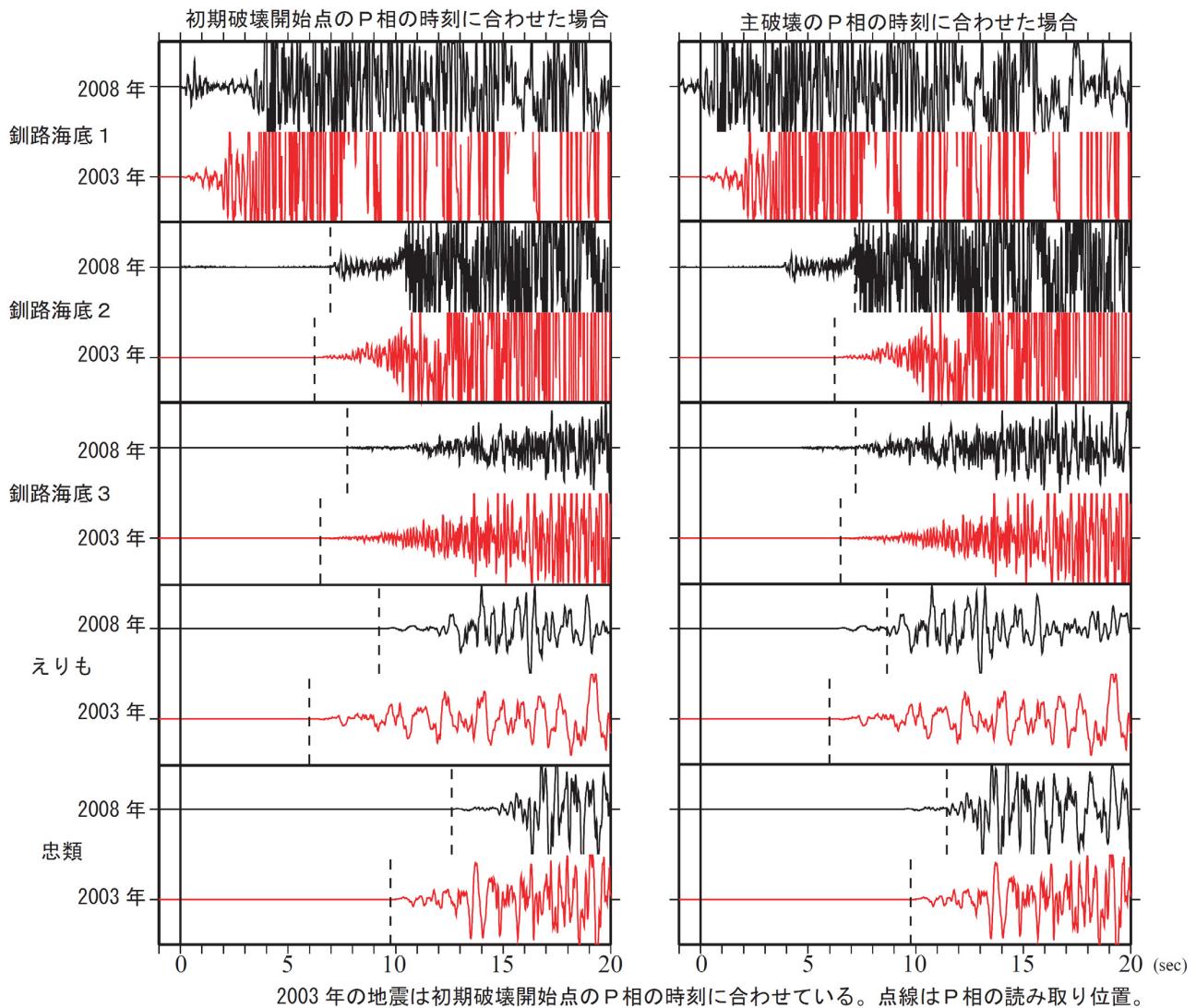
赤のコンターは、遠地実体波解析による2008年の地震(M7.1)のすべり領域(0.2m間隔)。

波形は上図中に示している観測点の上下動成分であり、それぞれの観測点で初期破壊開始点からのP相の時刻に合わせて表示している。釧路海底1, 2, 3は(独)海洋研究開発機構の海底地震計。

第10図(a) 周辺の観測点における今回の地震の波形(初動部分のみ)

Fig.10(a) Waveforms of the earthquake on September 11, 2008 at near seismic stations

2003年十勝沖地震（M8.0）と2008年の地震（M7.1）の初動部分の波形を比較する（左図）と、2003年十勝沖地震の初期破壊開始点は、2008年の地震より陸寄りに位置していることが分かる。また、右図より、2008年の初期破壊開始点より主破壊の位置の方が2003年十勝沖地震の初期破壊開始点に近いことが分かる。2008年の主破壊と2003年の初期破壊開始点の距離は、えりもや忠類における時間差より、10km程度と推測される。これらの位置関係は観測点を固定して計算した震央の位置関係（前頁）と矛盾しない。

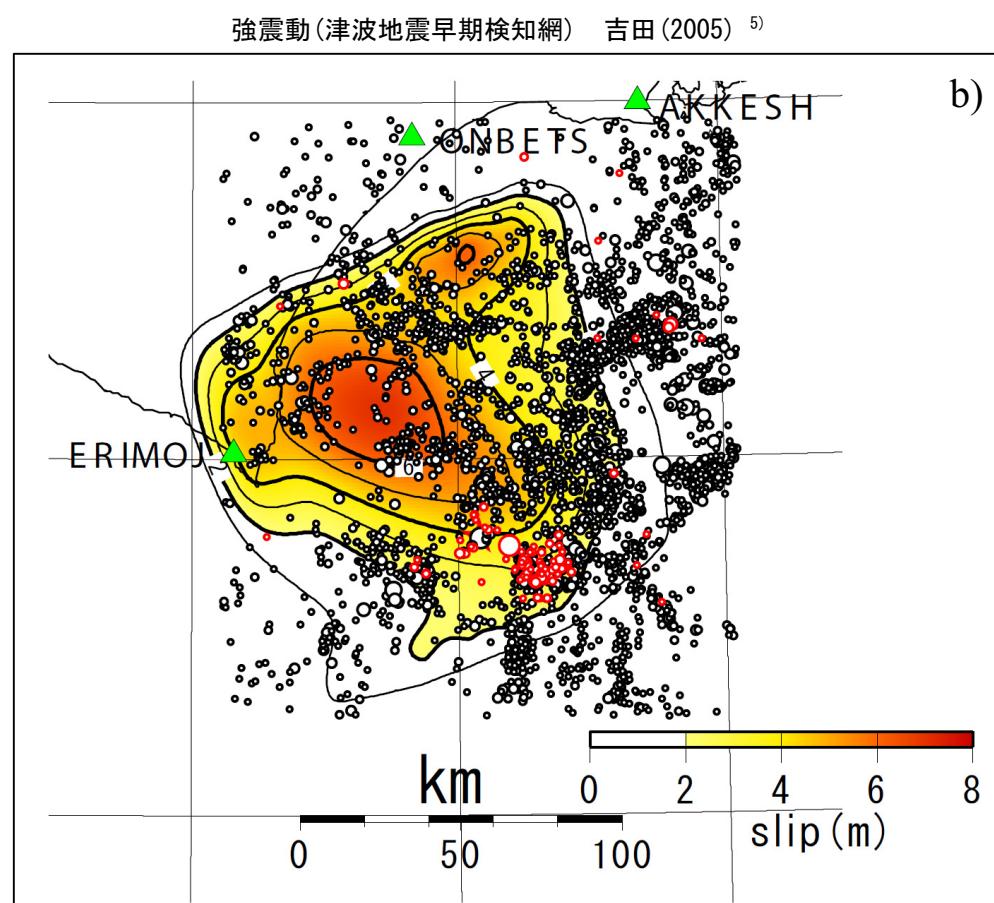
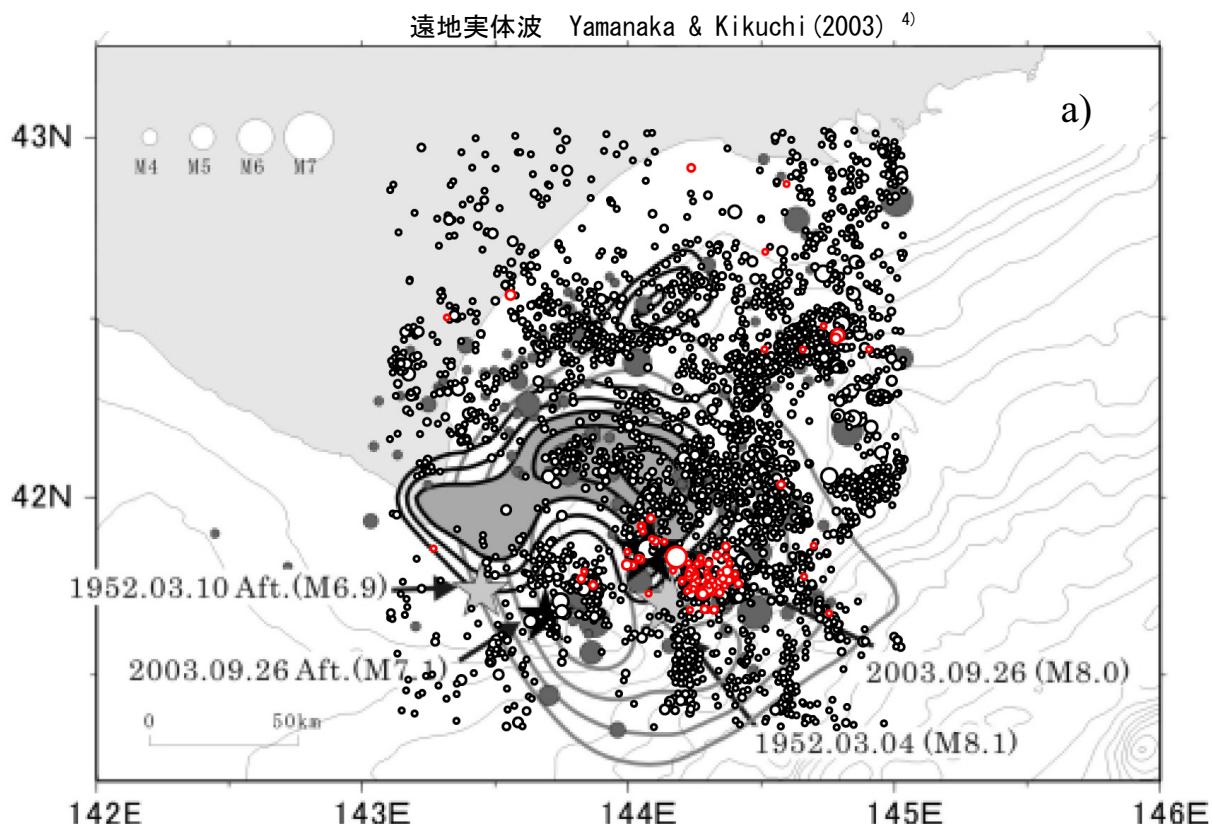


第10図(b) 周辺の観測点における今回の地震と平成15年（2003年）十勝沖地震の波形比較（初動部分のみ）

Fig.10(b) Comparison of waveforms from the Tokachi-Oki Earthquake in 2003 (M8.0) and those from the earthquake in 2008 (M7.1)

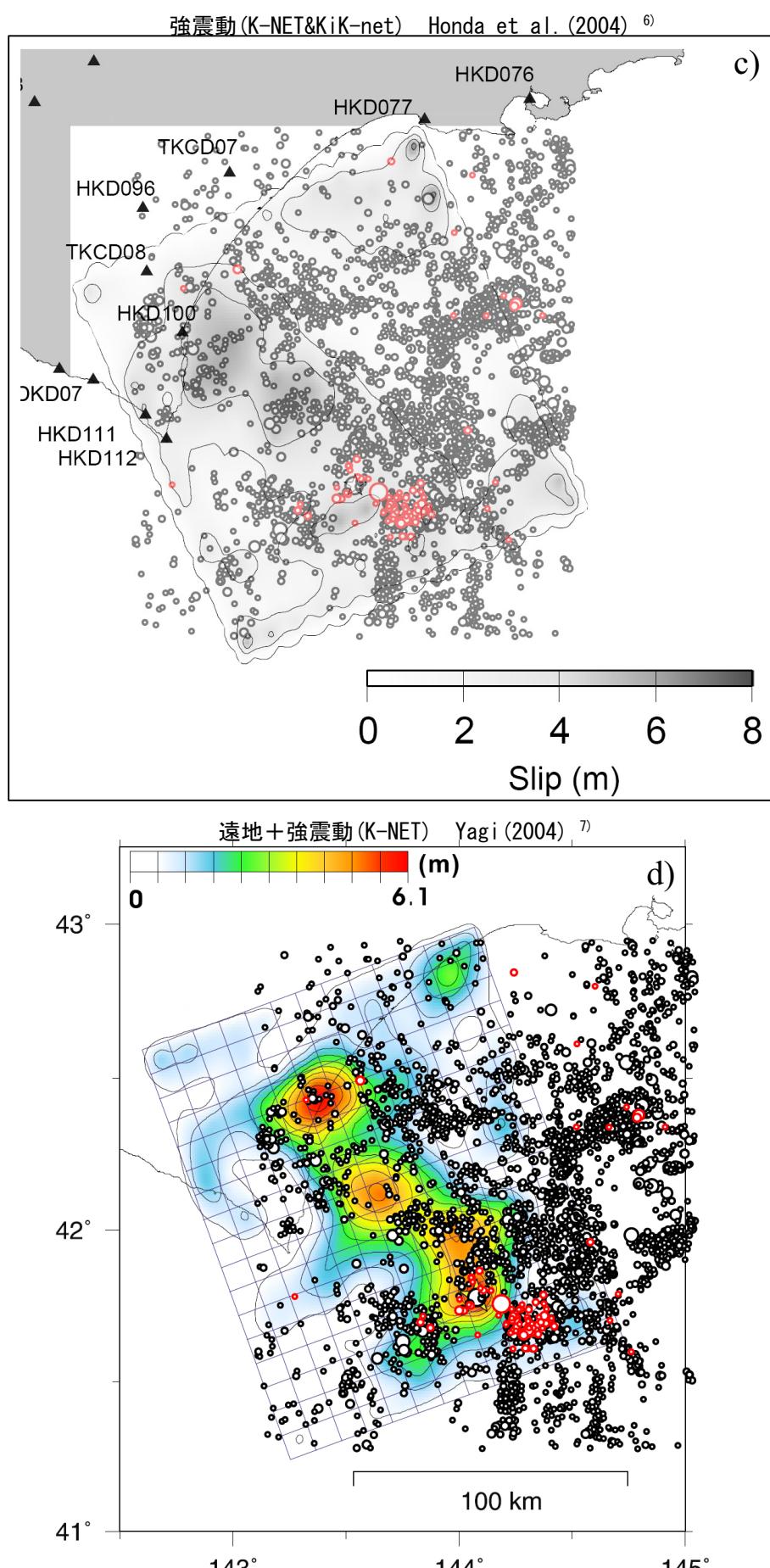
## 2003年十勝沖地震のすべり量分布と震央との位置関係（1）

2003年十勝沖地震のすべり領域の縁に今回の本震&余震が位置する



第11図 平成15年（2003年）十勝沖地震のすべり量分布と今回の地震の震央位置  
 Fig.11 Superposition of seismic activity and estimated slip area of the Tokachi-Oki Earthquake in 2003 (M8.0).  
 a): Teleseismic body wave, b): Strong ground motion data of JMA

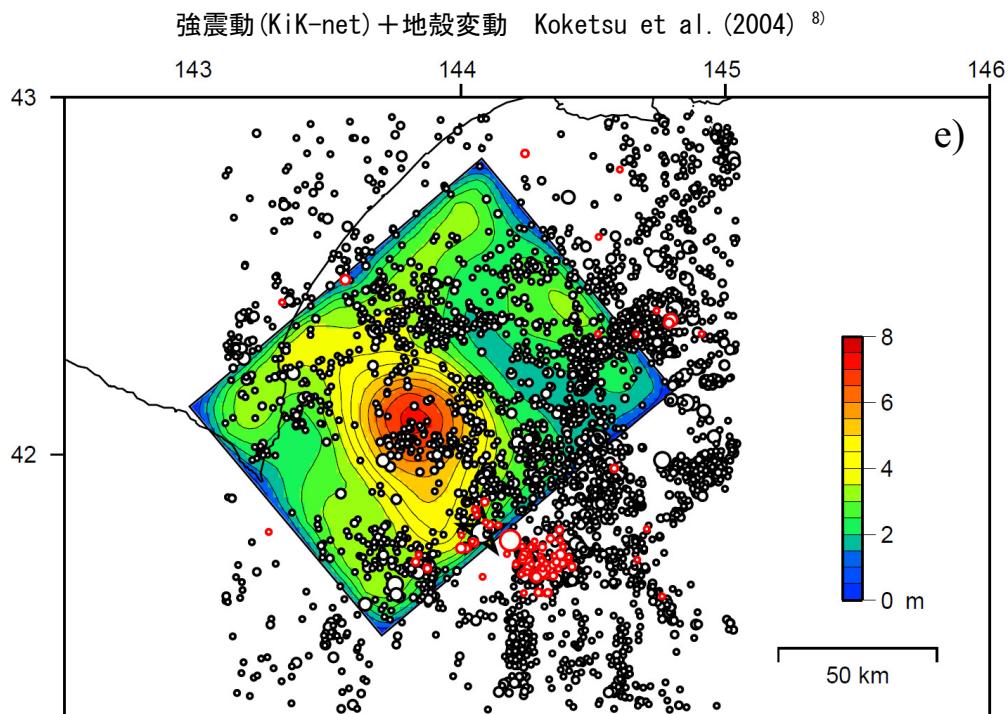
## 2003年十勝沖地震のすべり量分布と震央との位置関係（2）



第11図 平成15年（2003年）十勝沖地震のすべり量分布と今回の地震の震央位置  
Fig.11 Continued.

c): Strong motion data of K-net and KiK-net, d): Teleseismic body wave and strong ground motion data of K-net

## 2003年十勝沖地震のすべり量分布と震央との位置関係（3）



センターは、各々の解析による2003年十勝沖地震(M8.0)のすべり量分布。  
震央分布は三次元速度構造<sup>1)</sup>+観測点限定を行い再計算されたものであり、2003年9月26日以降  
のM2.0以上、深さ90km以浅のものを表示。ただし、2008年9月11日以降のものを赤で表示。  
各々の図のスケールはほぼ同じ。

第11図 平成15年（2003年）十勝沖地震のすべり量分布と今回の地震の震央位置

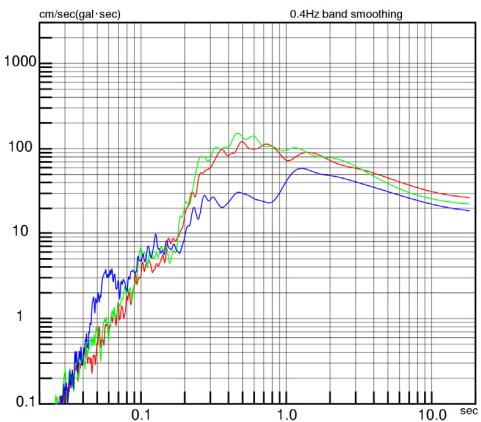
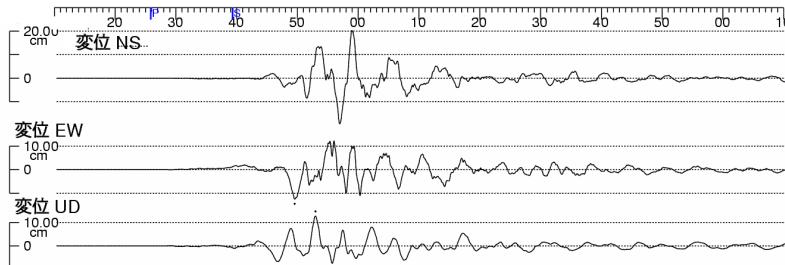
Fig.11 Continued.

e): Strong motion data of KiK-net and geodetic data

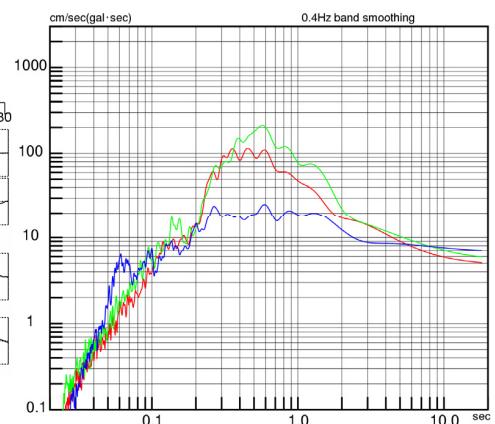
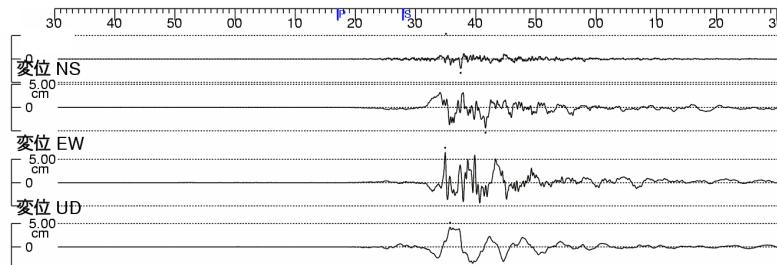
## 十勝沖の地震の変位波形（浦河）と加速度フーリエスペクトル

今回は短周期成分が小さい

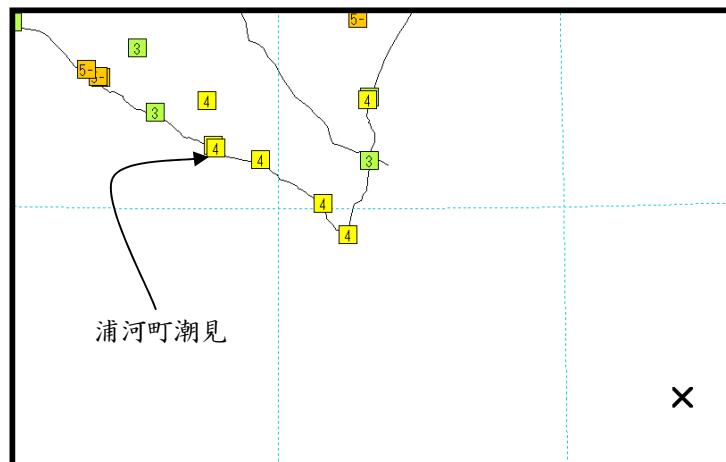
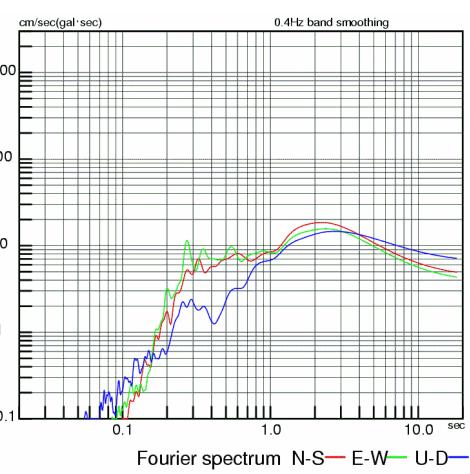
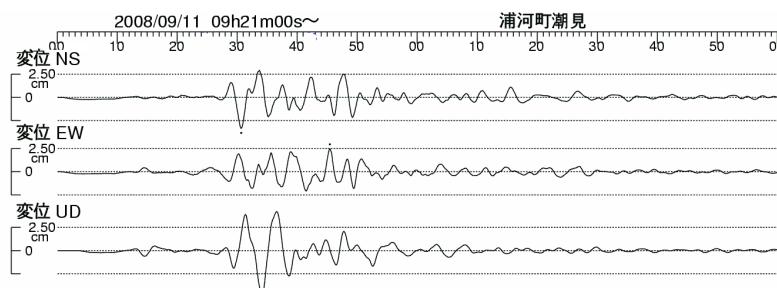
2003年十勝沖地震（本震：M8.0）



2003年十勝沖地震の最大余震（M7.1）



今回（2008/09/11：M7.1）の地震



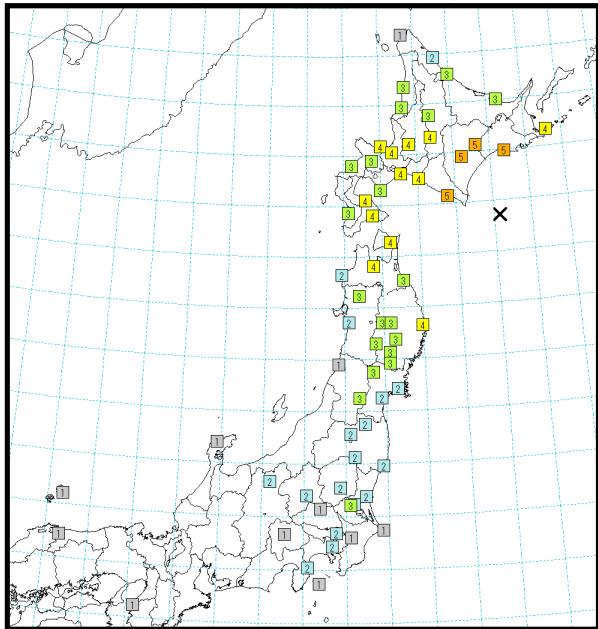
第12図 変位波形とスペクトル比較

Fig.12 Comparison of displacement waveforms and acceleration spectrum analysis at Urakawa seismic intensity station between the Tokachi-Oki Earthquake in 2003(M8.0), the largest aftershock in 2003 (M7.1) and the earthquake in 2008 (M7.1)

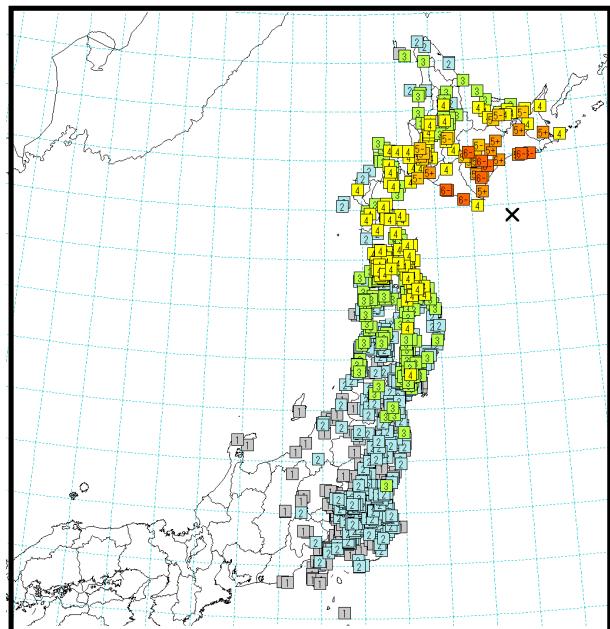
# 十勝沖の地震の震度分布

今回の地震は、同規模の 2003 年最大余震より揺れた範囲が狭い

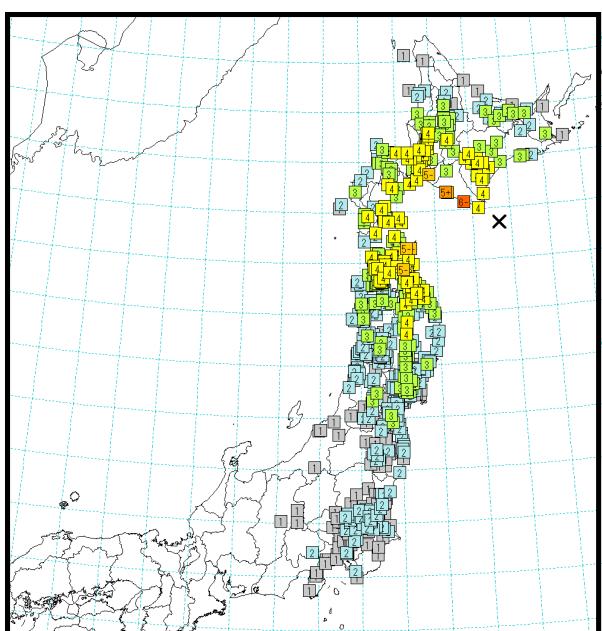
1952/3/4 M8.2 \*気象官署のみ



2003/9/26 M8.0 (本震)

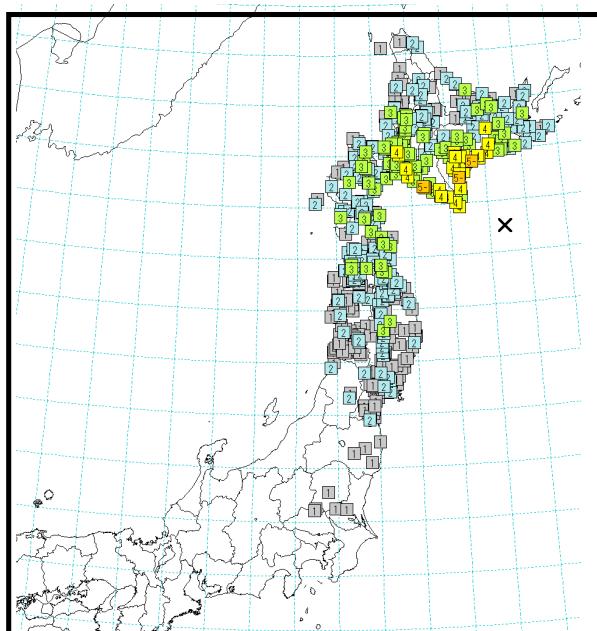


2003/9/26 M7.1 (最大余震)



今回の地震

2008/9/11 M7.1



第13図 震度分布図比較

Fig.13 Comparison of seismic intensity maps for earthquakes off Tokachi district