

4－3 2008年12月20日関東東方沖の地震（M6.6）について

The earthquake east off Kanto district (M6.6) on December 20 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12月20日19時29分に関東東方沖でM6.6の地震（最大震度3）が発生した（第1図）。この地震は太平洋プレートと陸のプレートの境界付近で発生した地震であり、発震機構（CMT解）は東西方向に圧力軸を持つ逆断層型であった。この地震に伴い、岩手県と宮城県の沿岸で小さな津波を観測した（第2図）。また、翌21日18時16分に、福島県沖（M6.6の地震から西北西に約20km離れた場所）でM6.2の地震（最大震度3）が発生した。この地震の発震機構（CMT解）は東西方向に張力軸を持つ正断層型であった。24日にM5.5、20日、21日、25日にはM5.4の余震が発生するなど、余震活動は活発であった。

今回の地震(M6.6)が発生した場所の周辺（第3図中の領域a）では、2007年の中頃から微小地震活動が活発化していた。また、微小地震があまり発生していなかった場所で、今回の地震活動が発生している（第3図中の上図と右下図）。

福島県沖から茨城県沖にかけては、2008年7月19日には、今回の地震から北に約110km離れた場所でM6.9の地震（最大震度4）が、2008年5月8日には、今回の地震から南西に約100km離れた場所でM7.0の地震（最大震度5弱）が発生している（第1図、第4図）。また、2008年前半には2008年7月19日の福島県沖の地震の南側でゆっくり滑りが起因と思われる地殻変動も観測されている¹⁾（第4図）。今回の地震は、1938年11月5日に発生したM7.5の破壊領域²⁾の南東端付近で発生している。

2. 震源の深さについての考察

今回の地震が、どのようなテクトニクスの場で発生したかを類推するためには、震源の深さについての情報が欠かせない。しかし、震源は陸から100km以上離れているので、陸の地震観測点のデータのみを用いた通常の震源計算の方法では震源の深さを正確に求めることは出来ない。そこで、波形の特徴から深さについての考察を行った。

第5図は気象庁が震度情報として発表している震度観測点における最大合成加速度発現時刻と震央距離との関係を示したものである。今回の地震（第5図の①、②）の最大合成加速度発現時刻は表面波であるLg相付近に集中していることが分かる。この傾向は2008年5月8日にプレート境界で発生した茨城県沖の地震（第5図の③）でも同様な傾向が見られる。一方、陸域に近く深さの精度があると思われる地域に発生した2008年7月5日のM5.2の地震（第5図の④）では、Lg相よりもS相付近で最大加速度を観測していることが分かる。これは深さ50kmと比較的深いために表面波が比較的卓越しなかったためと思われる。これらのことから、今回の地震(M6.6,M6.2)は、共に浅い地震であることが推測される。

第6図(a)及び第6図(b)は本震及び余震で観測された短周期速度波形を距離順に、P波のおおよその

速度に合わせて並べたものである。深さの推定にはdepth phaseが決め手となることが多いが、今回の本震及び最大余震については、depth phaseを見つけることが困難であった。しかし、余震の波形の中にはdepth phaseらしき相が見られることがあり、P相との時刻差は約7~8秒であった(第6図(c))。詳しい解析は行っていないが、このdepth phaseがsP相と仮定し、Shantha et al.(2008)⁵⁾を参照すると、深さは10~15kmと考えられる。

以上のことから本震及び最大余震が浅い地震であると仮定し、本震が最大余震の領域に与えた影響を計算した(第7図)。南北走向、東傾斜の正断層の地震を促進させる領域は、本震の断層の東側と西側であり、最大余震の深さを5kmと仮定した場合のクーロン破壊応力の大きさは潮汐の10~100倍程度であった。

参考文献

- 1) 国土地理院：東北地方の地殻変動、連絡会報、**81**, 208-263, 2009.
- 2) 室谷智子・菊地正幸・山中佳子・島崎邦彦：1938年に起きた複数の福島県東方沖地震の破壊過程(2), 日本地震学会講演予稿集秋季大会, 2004.
- 3) 名古屋大学：2008年5月8日 茨城県沖(Mj6.4,7.0)の震源過程、連絡会報、**80**, 108-110, 2008.
- 4) 室谷智子・菊地正幸・山中佳子：近地強震計記録を用いた1982年茨城県沖地震の震源過程、日本地震学会講演予稿集秋季大会, 2003.
- 5) Shantha S. N. Gamage, N. Umino, A. Hasegawa and S. Kirby: Offshore double-planed shallow seismic zone in the NE Japan forearc region revealed by sP depth phases recorded by regional networks, *Gophys. J. Int.*, 2009, in press.
- 6) Mochizuki, K., T. Yamada, M. Shinohara, Y. Yamanaka and T. Kanazawa: Weak Interplate Coupling by Seamounts and Repeating $M_{\text{w}} 7$ Earthquakes, *Science*, **321**, 5893, 1194-1197, 2008.

12月20日 関東東方沖の地震

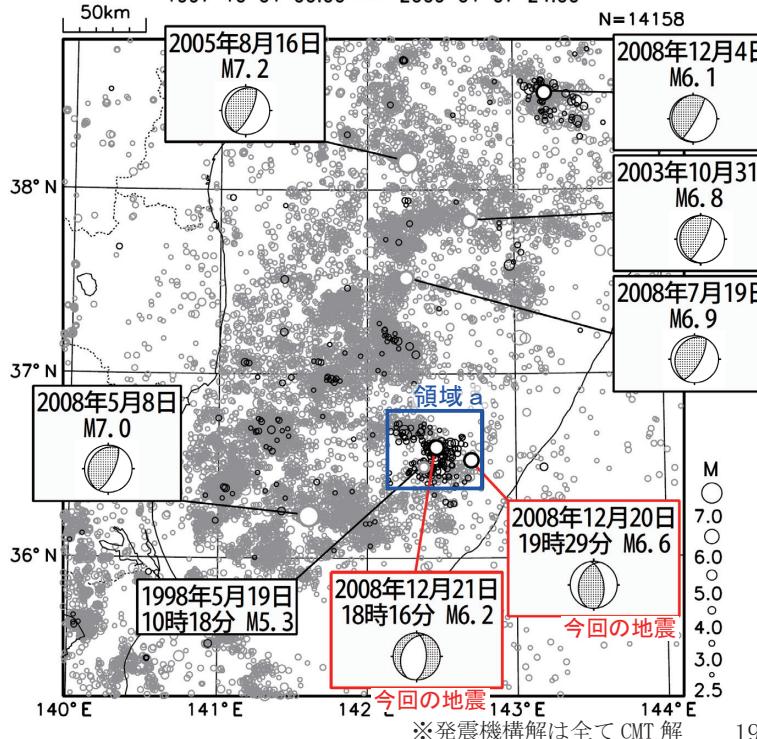
M6.6 の逆断層、津波あり、1日後にM6.2 の正断層、1年半前から周辺で微小地震活動発化

2008年12月20日19時29分に関東東方沖でM6.6の地震（最大震度3）が発生した。この地震は太平洋プレートと陸のプレートの境界付近で発生した地震であり、発震機構（CMT解）は東西方向に圧力軸を持つ逆断層型であった。この地震に伴い、岩手県と宮城県の沿岸で小さな津波を観測した。また、翌21日18時16分に、福島県沖（M6.6の地震から西北西に約20km離れた場所）でM6.2の地震（最大震度3）が発生した。この地震の発震機構（CMT解）は東西方向に張力軸を持つ正断層型であった。24日にM5.5、20日、21日、25日にはM5.4の余震が発生するなど、余震活動は活発であった。

福島県沖から茨城県沖にかけては、2008年7月19日には、今回の地震から北に約110km離れた場所でM6.9の地震（最大震度4）が、また2008年5月8日には、今回の地震から南西に約100km離れた場所でM7.0の地震（最大震度5弱）が発生している。

震央分布図（1997年10月以降、M≥2.5、深さ90km以浅）

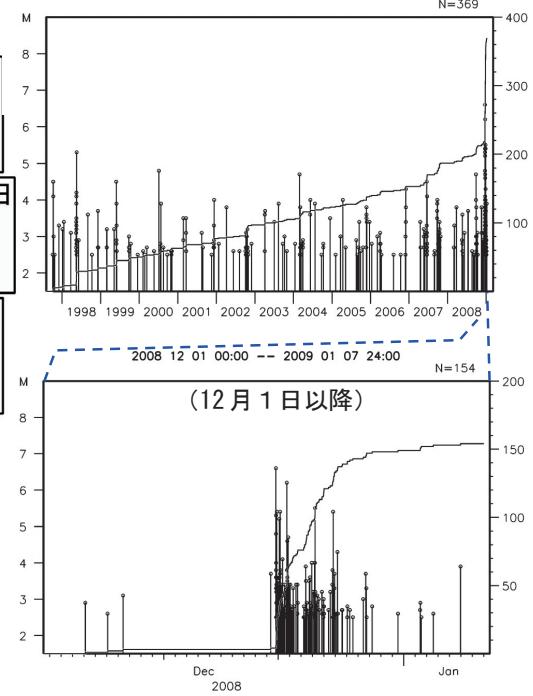
2008年12月1日以降の地震を濃く表示
1997.10.01 00:00 -- 2009.01.07 24:00



領域a内の地震活動経過図、回数積算図

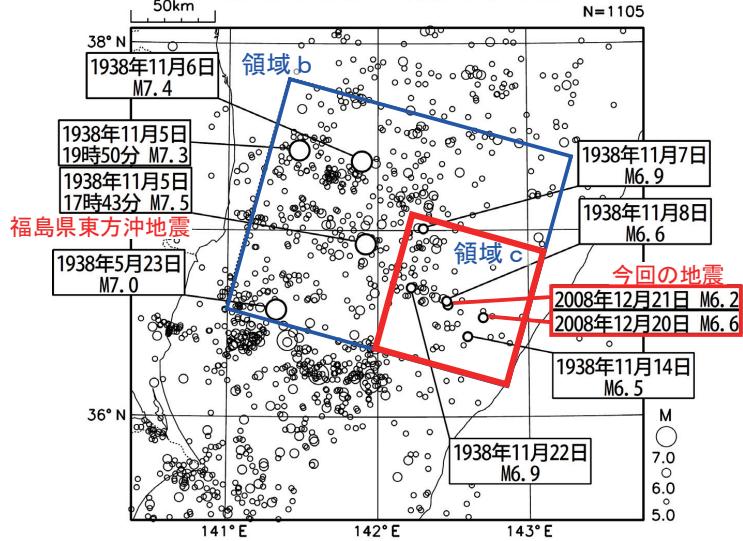
1997.10.01 00:00 -- 2009.01.07 24:00

N=369



震央分布図（1923年8月以降、M≥5.0、深さ90km以浅）

1923.08.01 00:00 -- 2008.12.31 24:00

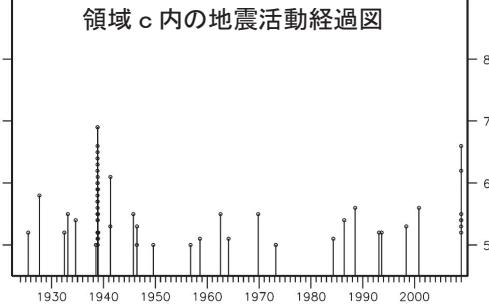


1923年8月以降の地震活動を見ると、福島県沖（領域b）では、1938年に11月5日の福島県東方沖地震（M7.5）を含むM7.0を超える地震が4回発生するなど地震活動が活発な時期があった。今回の地震の周辺（領域c）でも、1938年に地震活動が一時活発になったが、それ以外の期間ではM5クラスの地震が時々発生していた程度であった。

領域c内の地震活動経過図

1923.08.01 00:00 -- 2008.12.31 24:00

N=81

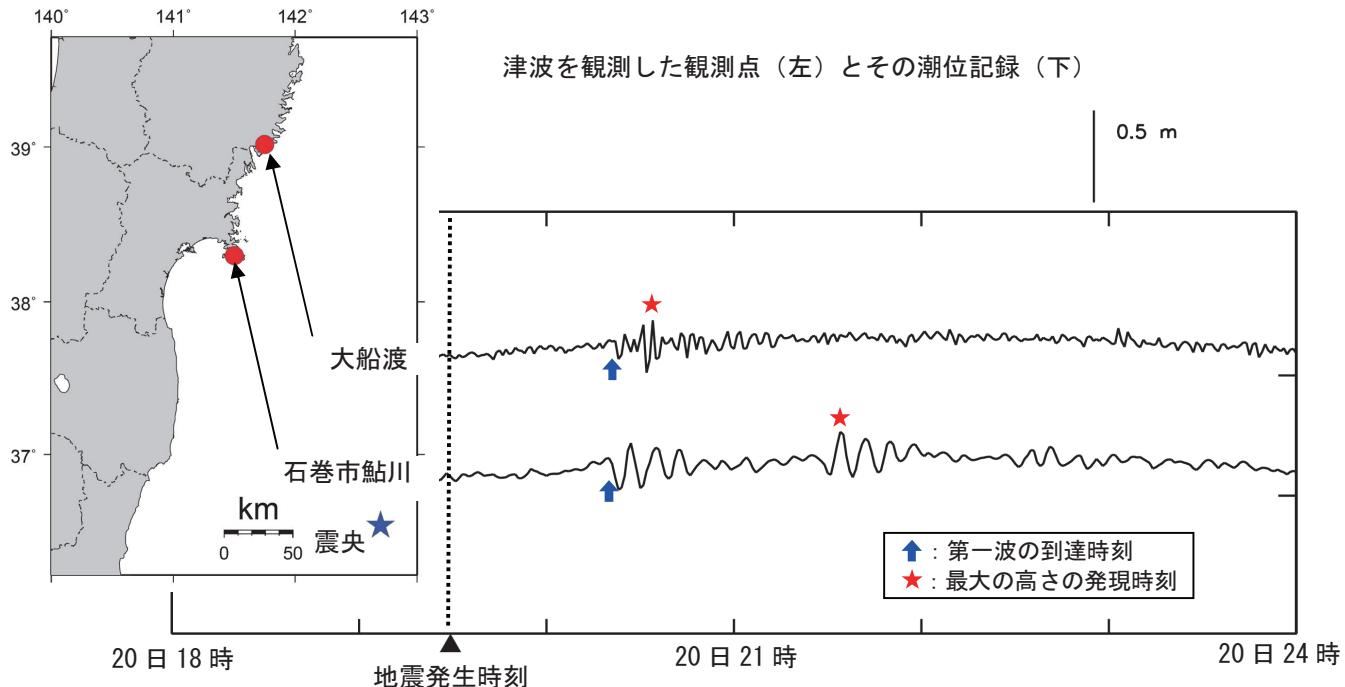


第1図 2008年12月20日 関東東方沖の地震

Fig.1 The earthquake east off Kanto district (M6.6) on December 20 2008.

12月20日 関東東方沖の地震の津波

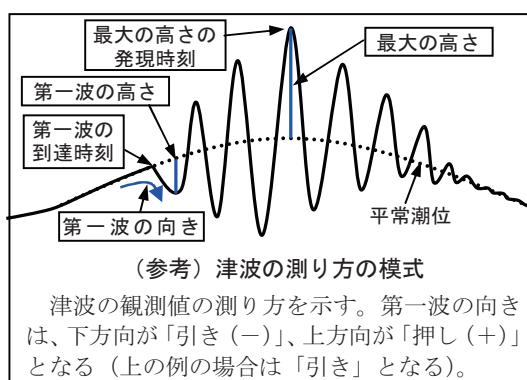
12月20日の関東東方沖の地震（M6.6）により、岩手県の大船渡と宮城県の石巻市鮎川で津波を観測した。以下に観測点の場所、潮位記録及び観測した津波の高さを示す。



観測した津波の高さ※

観測点名	所属	第一波			最大波	
		到達時刻	向き	高さ(cm)	発現時刻	高さ(cm)
大船渡	気象庁	20時22分	引き	8	20時34分	12
石巻市鮎川	気象庁	20時21分	引き	13	21時34分	15

※ 値は速報値であり、後日変更される場合がある。

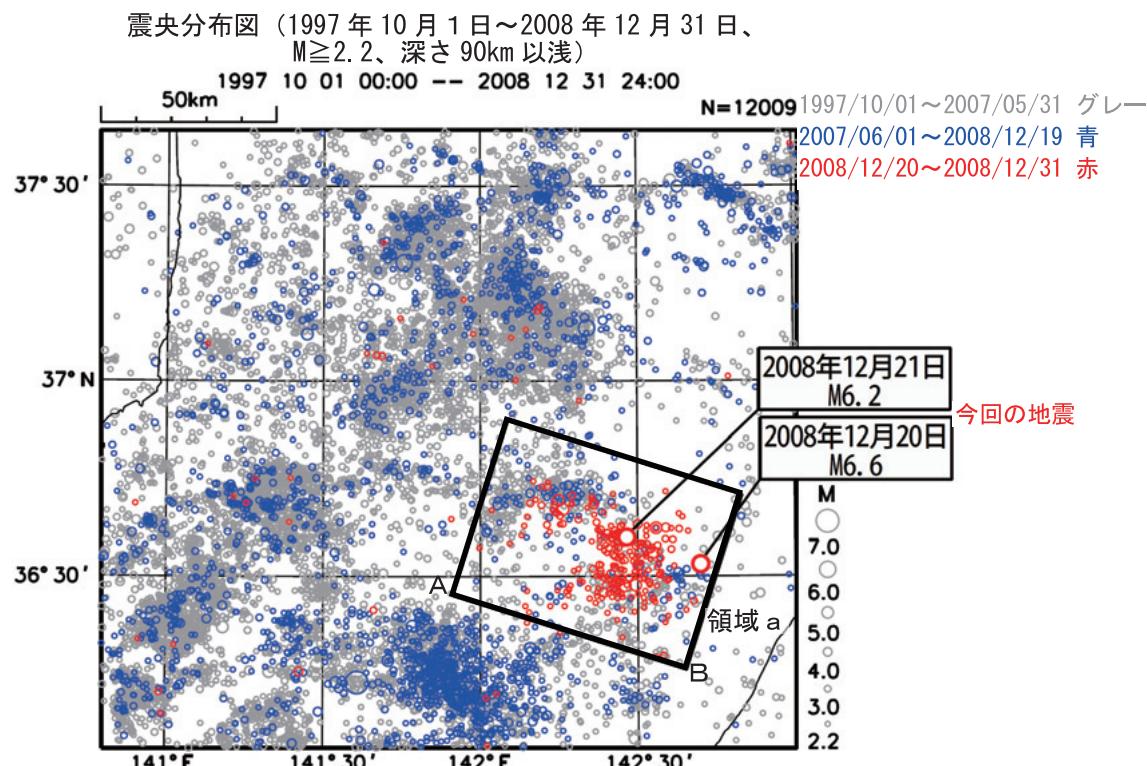


第2図 今回の地震による津波

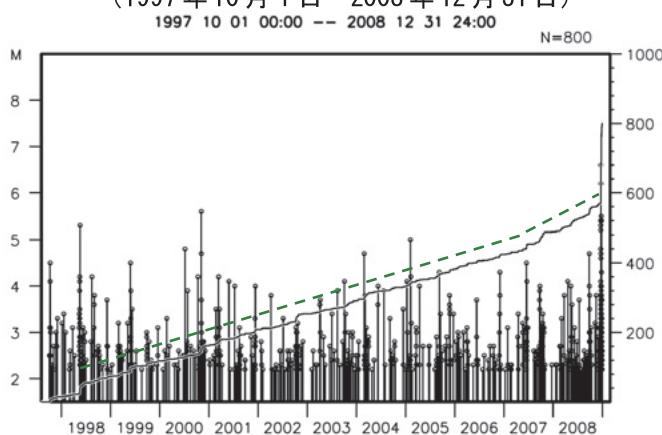
Fig.2 Tsunamis caused by the earthquake east off Kanto district on December 20 2008.

12月20日 関東東方沖の地震（最近までの微小地震活動の様子）

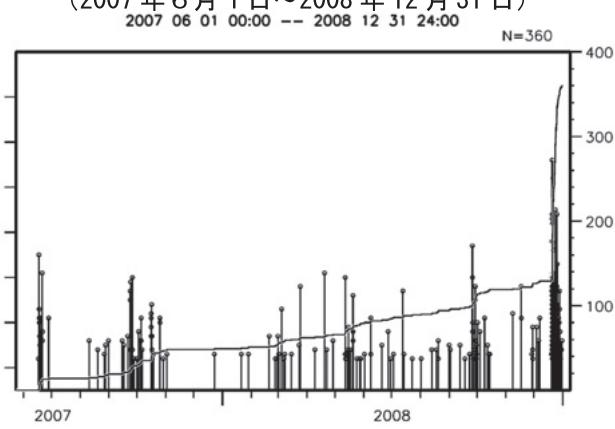
今回の地震(M6.6)が発生した場所の周辺（領域a）では、2007年の中頃から微小地震活動が活発化していた。また、微小地震があまり発生していなかった場所で、今回の地震活動が発生している。



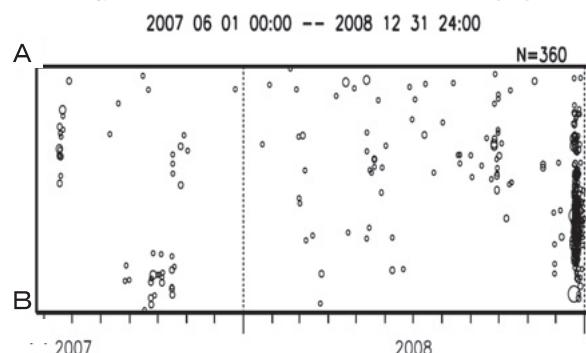
領域a内の地震活動経過図、回数積算図
 (1997年10月1日～2008年12月31日)



領域a内の地震活動経過図、回数積算図
 (2007年6月1日～2008年12月31日)



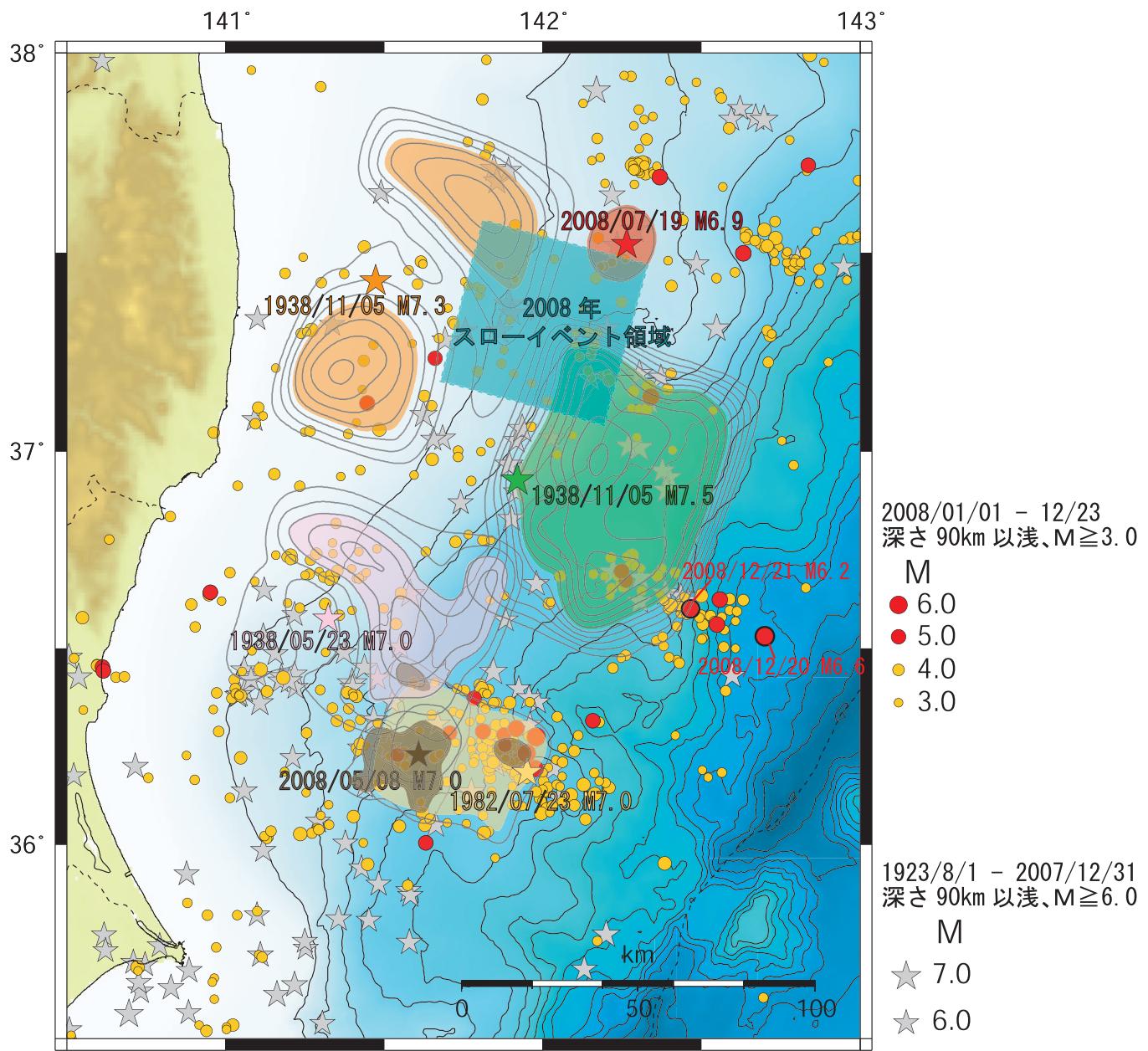
領域a内の時空間分布図 (A-B投影)



第3図 今回の地震周辺における、最近までの微小地震活動

Fig.3 Seismic activity around the epicenter of the M6.6 earthquake.

福島県沖及び茨城県沖の過去及び最近の地震のアスペリティと 今回及び過去の地震の位置関係



福島県沖：1938年5月23日（M7.0）、11月5日（M7.5, M7.3）の地震のすべり分布は、室谷ほか（2004）²⁾による。
2008年7月19日（M6.9）の地震のすべり分布は気象庁による。

すべり分布のセンターは、1m 間隔である。

スローイベント領域は国土地理院（2009）¹⁾による。

茨城県沖：2008年5月8日の地震（M6.3, M7.0）のすべり分布は名古屋大学（2008）³⁾による。
1982年7月23日（M7.0）の地震のすべり量分布は室谷ほか（2003）⁴⁾による。

すべり分布のセンターは、0.5m 間隔である。

すべり量分布については、最大すべり量の半値以上すべった領域を塗りつぶしている。
海底地形データは日本海洋データセンターの J-EGG500 を使用。

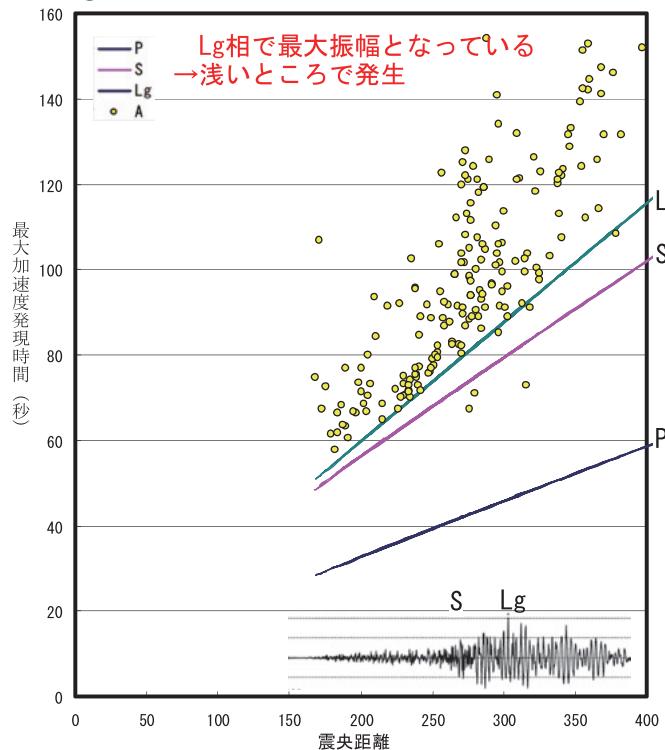
第4図 今回の地震周辺の過去及び最近の地震のすべり量分布と今回の地震の震央位置

Fig.4 Seismic activity and slip distributions of the major earthquakes and the slow slip off Ibaraki and Fukushima Prefecture.

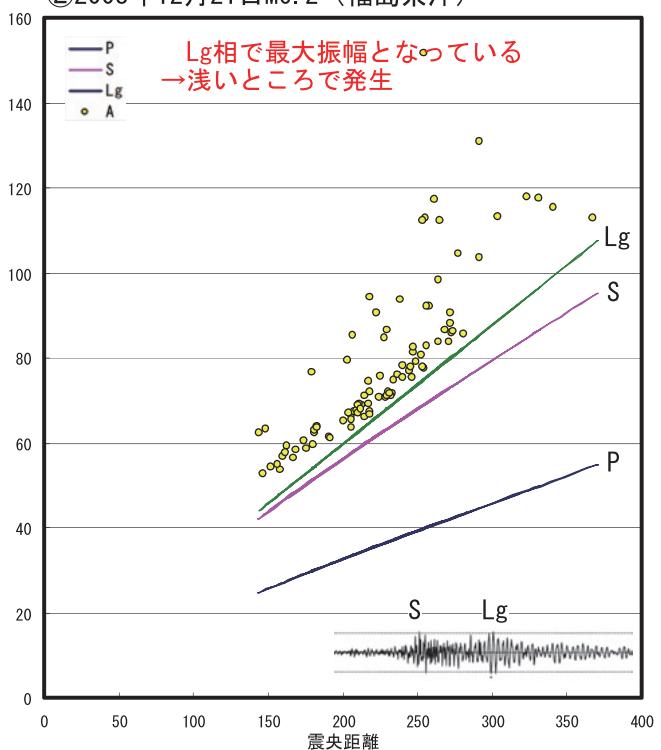
関東東方沖の地震 最大加速度発現時間と震央距離

とともに Lg 波（地殻内を約 3.5km/s で伝わる表面波）が卓越 →浅いところで発生した地震

①2008年12月20日M6.6（関東東方沖）

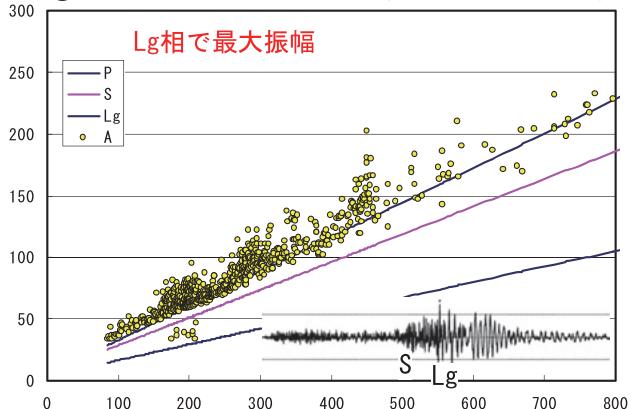


②2008年12月21日M6.2（福島県沖）

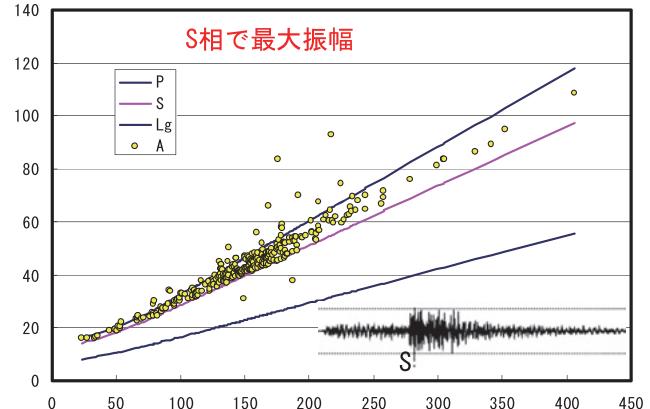


(参考)

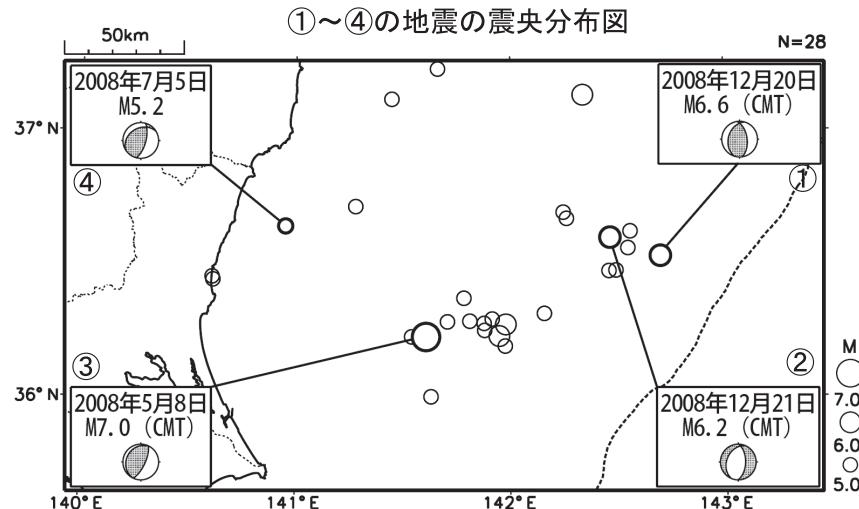
③2008年5月8日M7.0（茨城県沖）深さ25km程度*



④2008年7月5日5.2（茨城県沖）深さ50km



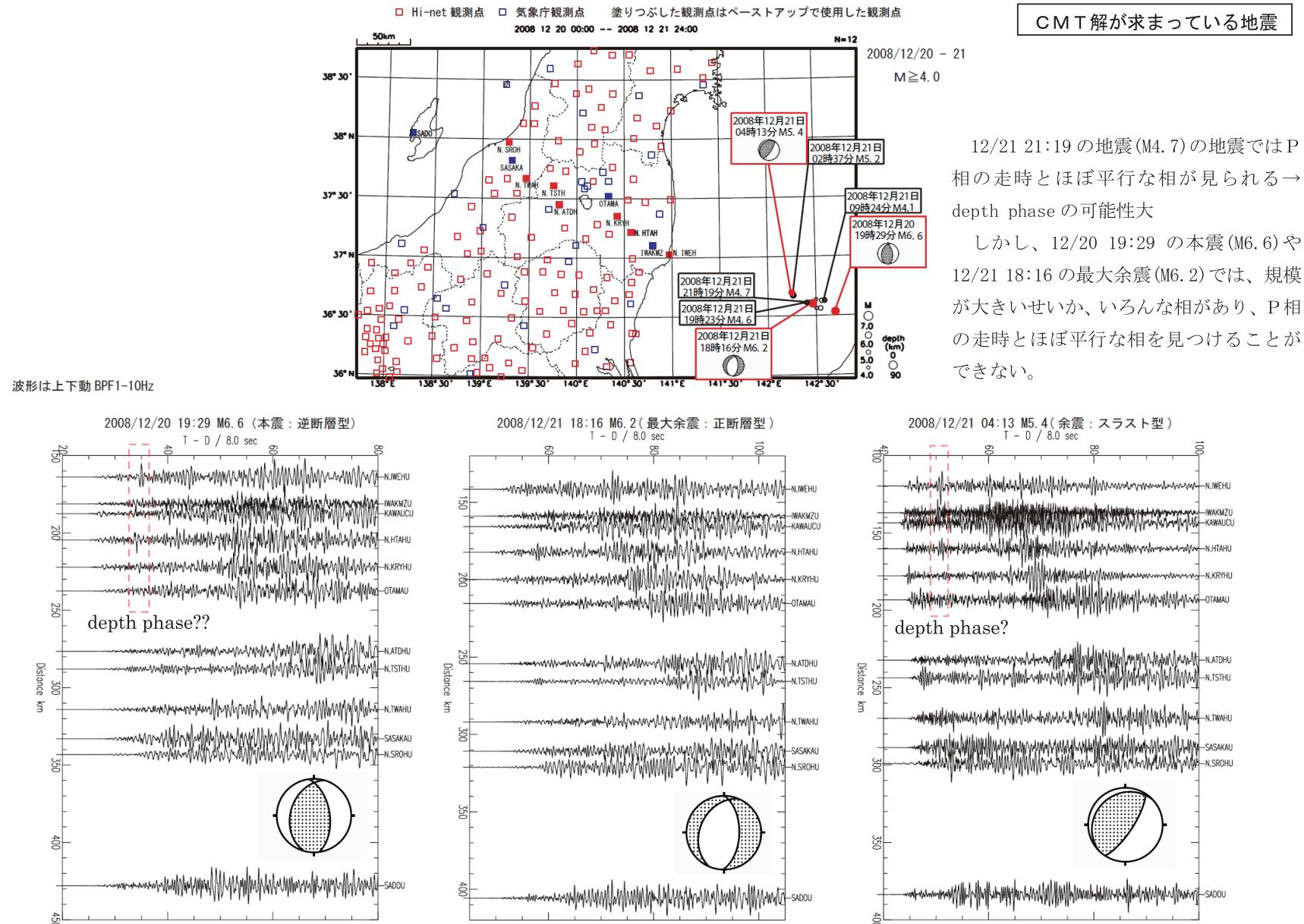
*東京大学地震研究所資料(第179回地震予知連絡会)から読み取り。



第5図 最大合成加速度発現時刻と震央距離との関係比較図

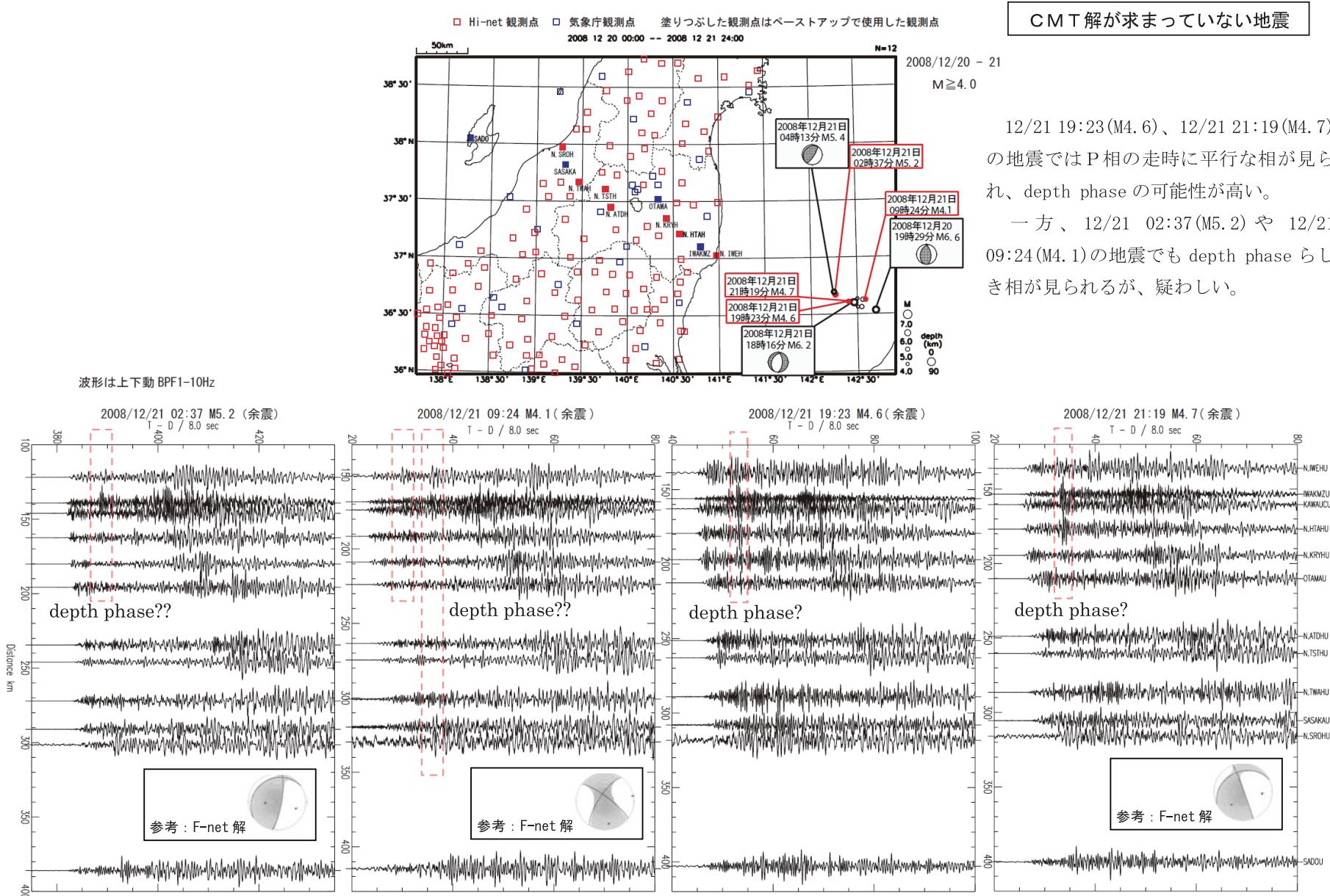
Fig.5 Relationships between epicentral distances and observed times of maximum acceleration amplitudes.

12月20日 関東東方沖の地震(M6.6)及び余震のdepth phaseについて(1)



第6図(a) 本震及び余震で観測された速度波形のペーストアップ図
Fig.6(a) Waveforms of the M6.6 mainshock and the aftershocks.

12月20日 関東東方沖の地震(M6.6)及び余震のdepth phaseについて(2)

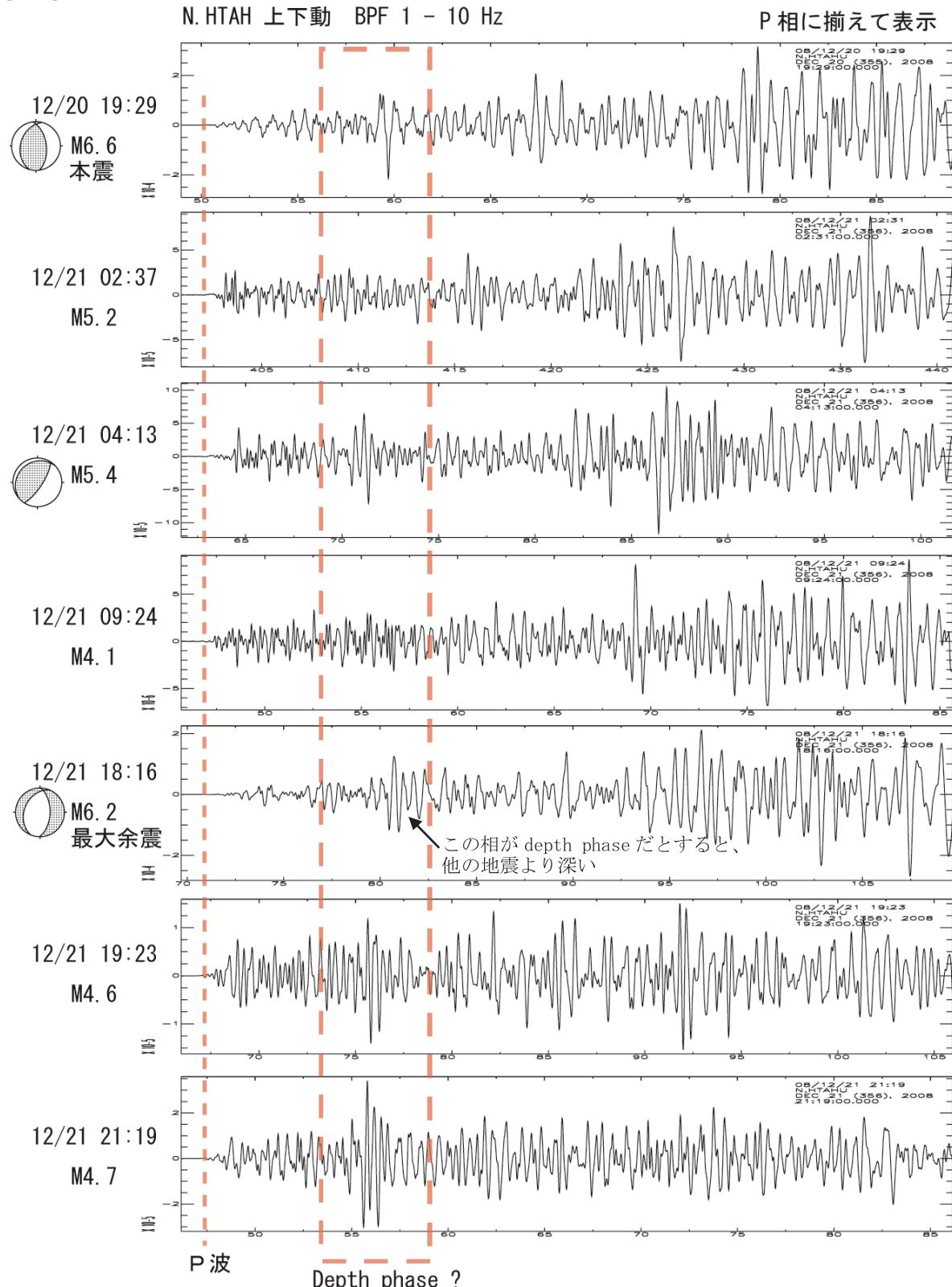


第6図(b) つづき Fig.6(b) Continued.

12月20日 関東東方沖の地震(M6.6)及び余震のdepth phaseについて(3)

Depth phaseが現れている可能性が高い12/21 02:37(M5.2), 12/21 19:23(M4.6), 12/21 21:19(M4.7)の地震については、depth phaseとP波との時間差が約7~8秒である。詳細な深さは波線追跡法などで走時差を計算しないと分からぬが、この相をsP相と仮定し、Shantha et al. (2009)⁵⁾と参照すると、深さは10~15kmと考えられる。

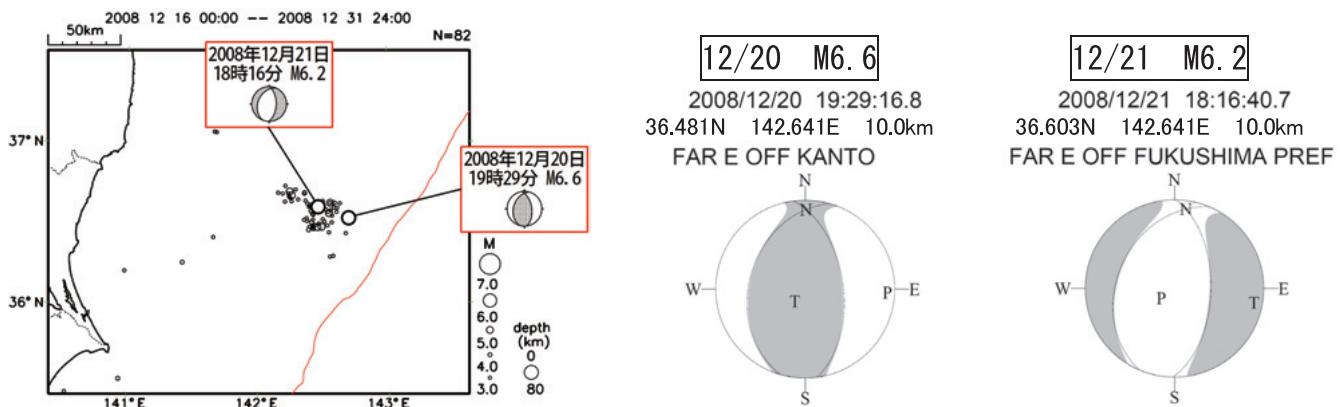
一方、最大余震(12/21 18:16, M6.2)ではDepth phaseを確認することは難しいが、下図矢印の部分がdepth phase(sP)だとすると、他の地震より深い可能性がある。



第6図(c) Hi-net平田観測点(N.HTAH)における波形比較

Fig.6(c) Comparison of waveforms which observed at the Hirata Hi-net seismic station.

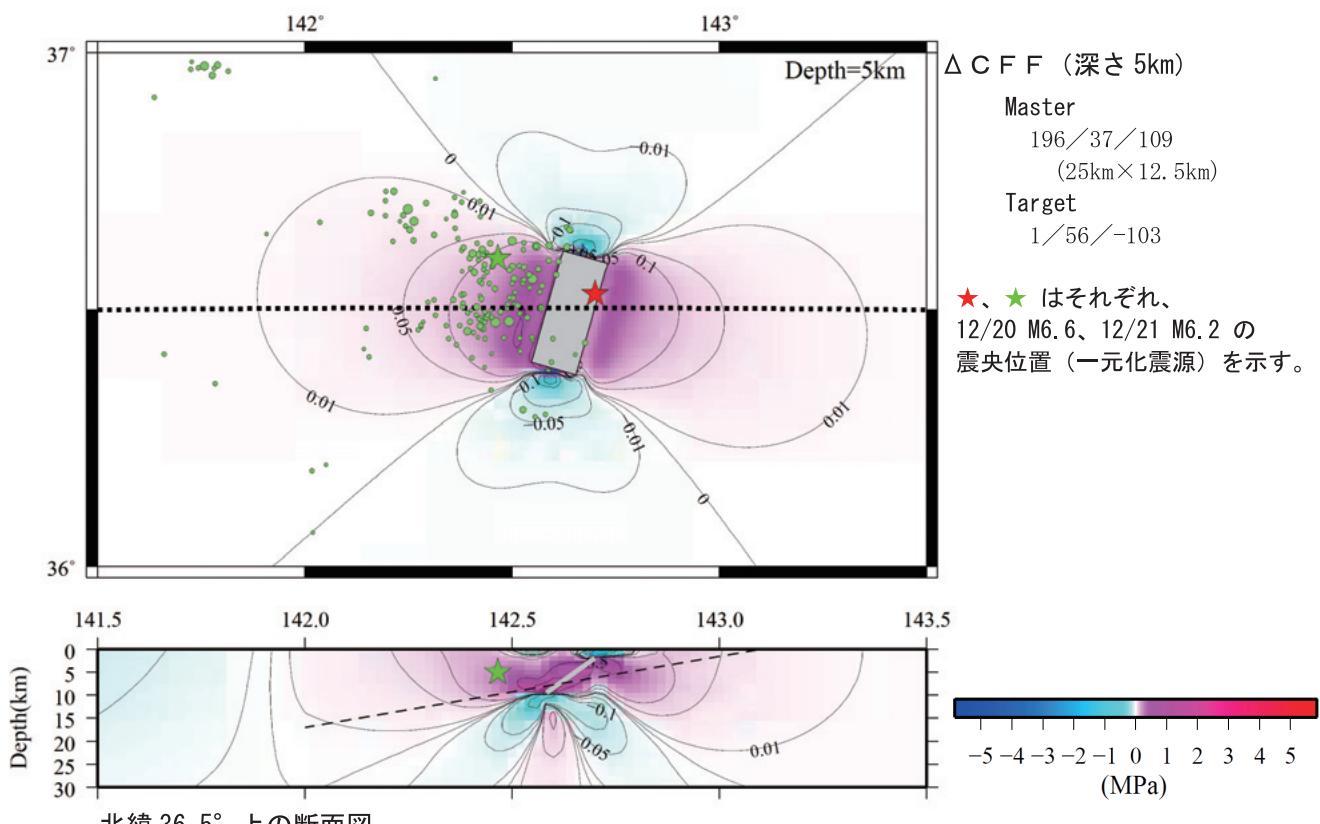
関東東方沖の地震 (M6.6) による Δ CFF



12/20 M6.6 の地震（逆断層）による 12/21 M6.2（正断層）への影響を調べた。

気象庁 CMT 解析では、セントロイドの深さが 10km と求められているが、これはプログラムの仕様上 10km より浅くならないことによるもので、実際はもっと深い可能性があると考えられる。

なお、ここでは Master 断層をセントロイドに合わせた（ただし深さは 6km）。



南北走向、東傾斜の正断層の地震を促進させる領域は、Master の断層の東側と西側で、Target (★) 付近でのクーロン破壊応力の大きさは潮汐の 10~100 倍程度

第7図 今回の地震による Δ CFF
Fig.7 Distribution of Δ CFF by the M6.6 mainshock.