

4 - 1 関東・中部地方とその周辺の地震活動 (2015 年 11 月～2016 年 4 月) **Seismic Activity in and around the Kanto and Chubu Districts (November 2015 - April 2016)**

気象庁
Japan Meteorological Agency

今期間、関東・中部地方とその周辺で M4.0 以上の地震は 86 回、M5.0 以上の地震は 7 回発生した。このうち最大のものは、2016 年 4 月 1 日に三重県南東沖で発生した M6.5 の地震である。

2015 年 11 月～2016 年 4 月の M4.0 以上の地震の震央分布を第 1 図 (a) 及び (b) に示す。

主な地震活動は以下のとおりである。

(1) 茨城県南部の地震 (M4.9, 最大震度 4, 第 2 図)

2015 年 11 月 7 日 22 時 44 分に茨城県南部の深さ 101 km で M4.9 の地震(最大震度 4)が発生した。この地震は発震機構が西北西-東南東方向に張力軸を持つ型で、太平洋プレート内部(二重地震面の下面)で発生した。

(2) 茨城県沖の地震 (M4.8, 最大震度 4, 第 4 図(a), (b))

2015 年 11 月 22 日 08 時 20 分に茨城県沖の深さ 52 km で M4.8 の地震(最大震度 4)が発生した。この地震は、発震機構が西北西-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。今回の地震の震源付近では、「東北地方太平洋沖地震」の発生以降、地震活動がより活発になっている。この地震は相似地震と考えられる。

(3) 伊豆半島東方沖の地震活動 (最大 M3.7, 最大震度 3, 第 6 図)

2016 年 1 月 23 日に伊豆半島東方沖で地震活動がやや活発となり、01 時 33 分に静岡県伊豆地方の深さ 5 km で M3.7 の地震(最大震度 3)、05 時 34 分に伊豆半島東方沖の深さ 4 km で M3.3 の地震(最大震度 3)が発生するなど最大震度 1 以上を観測する地震が 5 回発生した。これらの地震活動は地殻内で発生した。

(4) 神奈川県東部の地震 (M4.6, 最大震度 4, 第 7 図)

2016 年 2 月 5 日 07 時 41 分に神奈川県東部の深さ 26 km で M4.6 の地震(最大震度 4)が発生した。この地震は発震機構が北西-南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、フィリピン海プレートと陸のプレートとの境界付近で発生した。

(5) 茨城県北部の地震 (最大 M4.7, 最大震度 4, 第 8 図)

2016 年 2 月 7 日 10 時 09 分に茨城県北部の深さ 10 km で M4.4 の地震(最大震度 4)が発生した。また、2016 年 3 月 22 日 14 時 34 分に茨城県北部の深さ 7 km で M4.7 の地震(最大震度 4)が発生した。これらの地震は地殻内で発生した。発震機構は、2 月 7 日の地震が北西-南東方向に、3 月 22 日の地震が北東-南西方向に張力軸を持つ正断層型であった。今回の地震の震源付近では、「東北地方太平洋沖地震」の発生以降、地震活動が活発になっている。

(6) 茨城県南部の地震 (M4.6, 最大震度 4, 第 9 図(a), (b))

2016年2月7日19時26分に茨城県南部の深さ43kmでM4.6の地震(最大震度4)が発生した。この地震は発震機構が北西-南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、フィリピン海プレートと陸のプレートの境界で発生した。今回の地震は、1990年4月9日(M4.7)及び2008年8月20日(M4.6)と同じ相似地震グループに属するものと考えられる。

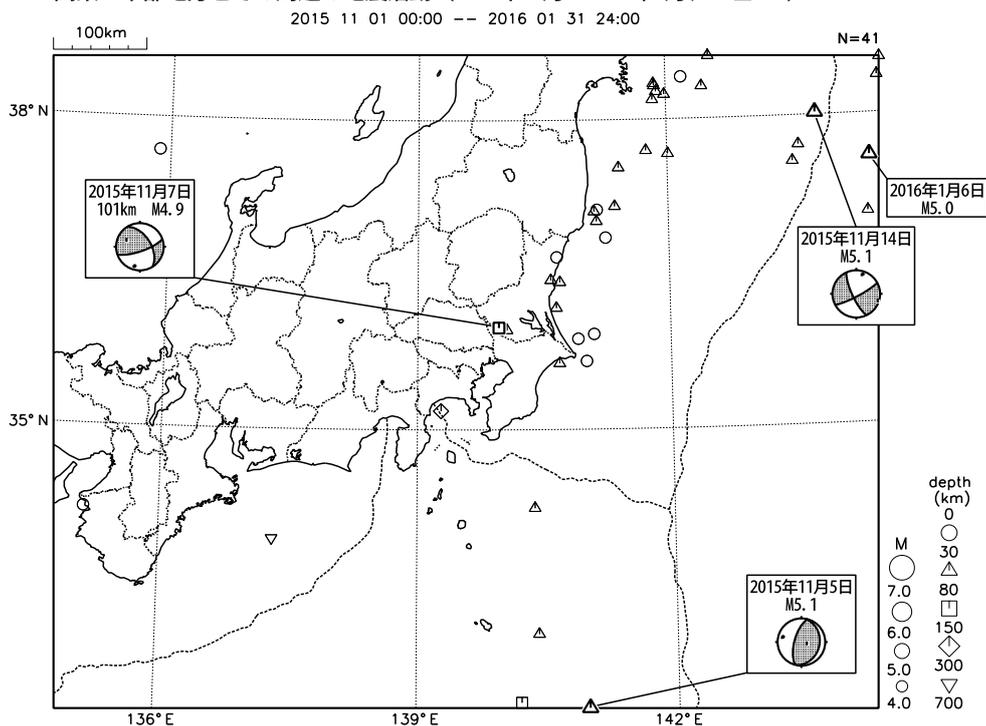
(7) 三重県南東沖の地震 (M6.5, 最大震度 4, 第 11 図(a)~(p))

2016年4月1日11時39分に三重県南東沖でM6.5の地震(最大震度4)が発生した。この地震は、発震機構(CMT解)が北西-南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、フィリピン海プレートと陸のプレートの境界で発生した。本震からやや離れた場所で余震が発生した。震度1以上を観測する余震は発生していない。海溝軸付近では、この地震のあとの4月3日から低周波イベントのまとまった活動があった。

(8) その他の主な地震活動

発生年月日	震央地名	地震の規模 (M)	震源の深さ (km)	最大震度	
2015年					
11月20日	父島近海	6.3	—	2	(第3図)
2016年					
1月6日	硫黄島近海	6.0	185	1	(第5図)
2月15日	鳥島近海	6.0	438	2	(第10図)

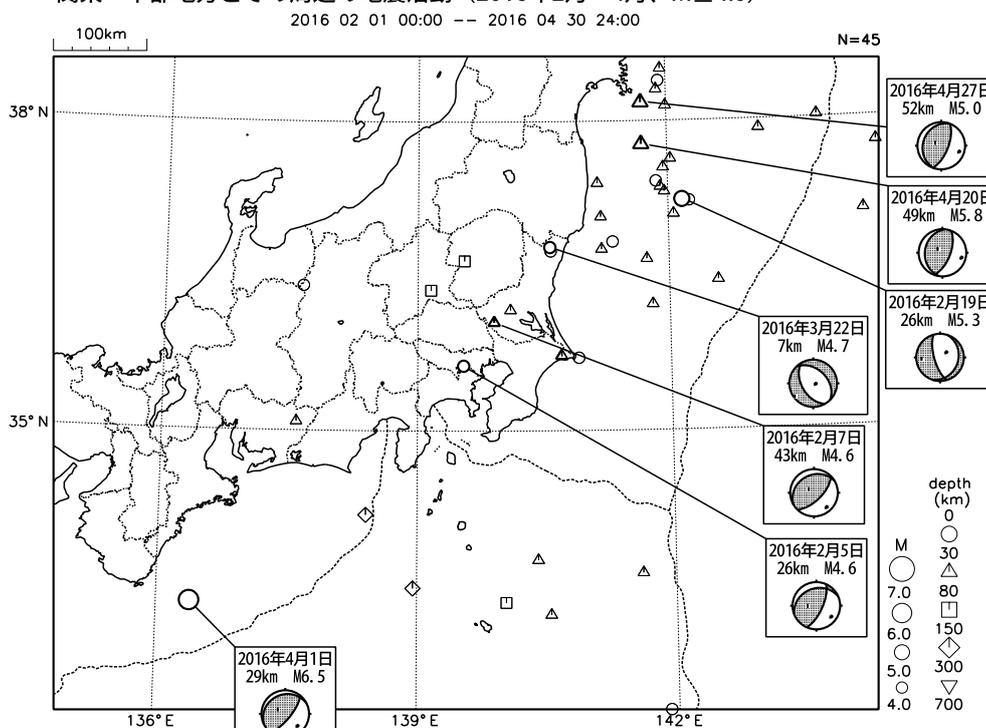
関東・中部地方とその周辺の地震活動 (2015年11月~2016年1月、 $M \geq 4.0$)



図中の吹き出しは、陸域M4.5以上・海域M5.0以上
 発震機構は、陸域は気象庁の初動解、海域は気象庁のCMT解

第1図(a) 関東・中部地方とその周辺の地震活動 (2015年11月~2016年1月, $M \geq 4.0$, 深さ ≤ 700 km)
 Fig.1(a) Seismic activity in and around the Kanto and Chubu districts (November 2015 – January 2016, $M \geq 4.0$, depth ≤ 700 km).

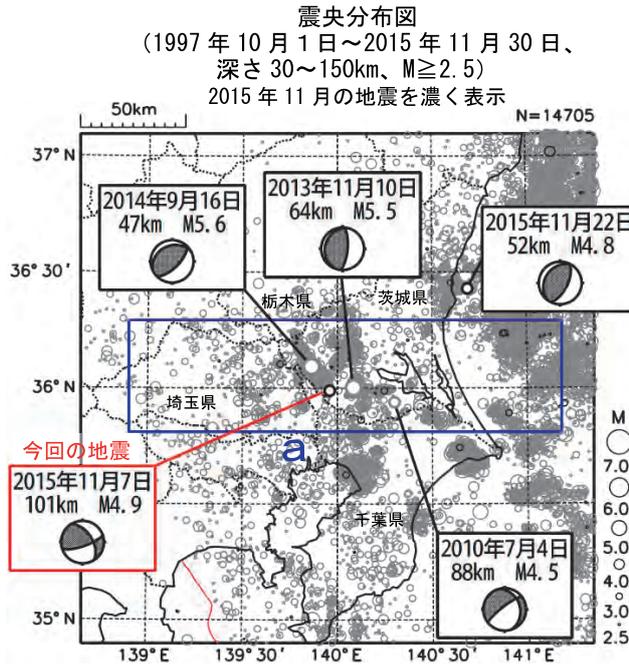
関東・中部地方とその周辺の地震活動 (2016年2月~4月、 $M \geq 4.0$)



図中の吹き出しは、陸域M4.5以上・海域M5.0以上
 発震機構は、陸域は気象庁の初動解、海域は気象庁のCMT解

第1図(b) つづき (2016年2月~4月, $M \geq 4.0$, 深さ ≤ 700 km)
 Fig.1(b) Continued (February – April 2016, $M \geq 4.0$, depth ≤ 700 km).

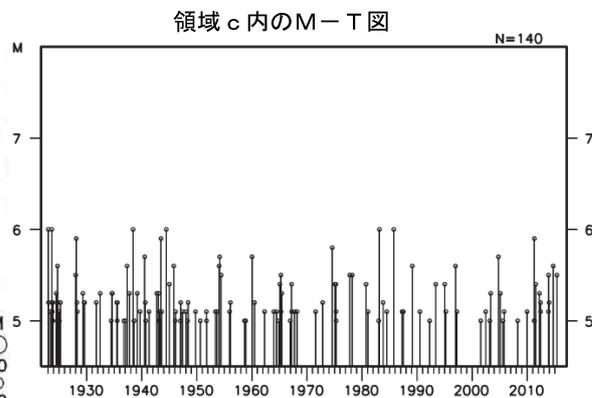
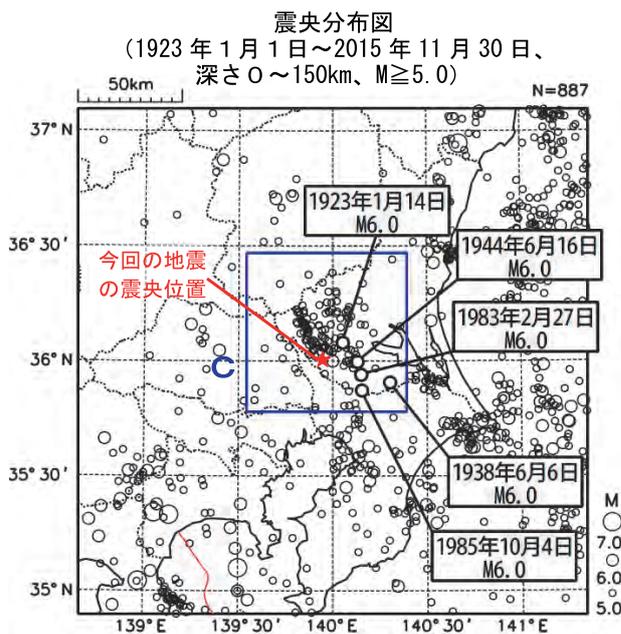
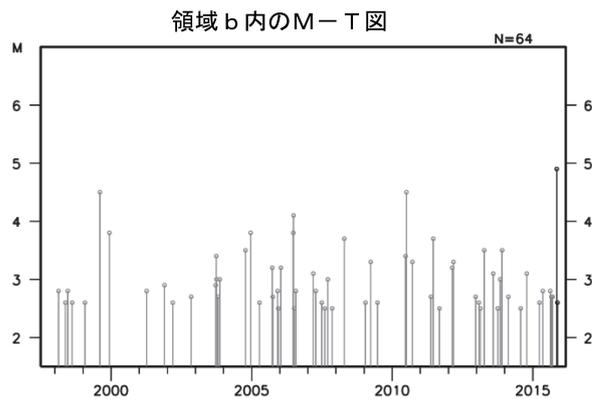
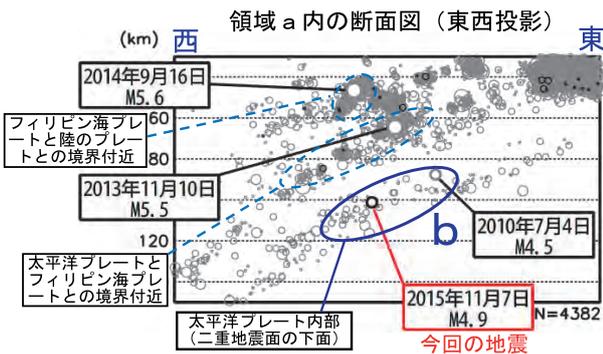
11月7日 茨城県南部の地震



2015年11月7日22時44分に茨城県南部の深さ101kmでM4.9の地震(最大震度4)が発生した。この地震は発震機構が西北西-東南東方向に張力軸を持つ型で、太平洋プレート内部(二重地震面の下面)で発生した。

1997年10月以降の活動を見ると、今回の地震の震源より50km程度浅い領域(フィリピン海プレートと陸のプレートとの境界付近)、及び35km程度浅い領域(太平洋プレートとフィリピン海プレートとの境界付近)では、それぞれ2014年9月16日にM5.6の地震、2013年11月10日にM5.5の地震(共に最大震度5弱)が発生しているが、今回の地震の震源付近(領域b)では、M5.0以上の地震は発生していない。

1923年1月以降の活動を見ると、今回の地震の震央周辺(領域c)では、M6程度の地震が時々発生している。1983年2月27日に発生したM6.0の地震(最大震度4)では、負傷者11人などの被害が生じた(被害は「日本被害地震総覧」による)。

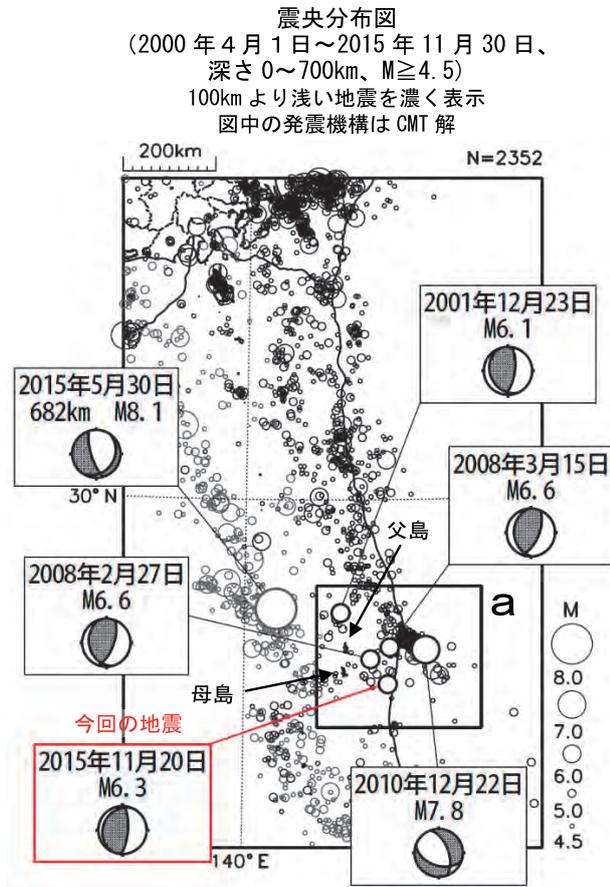


第2図 2015年11月7日 茨城県南部の地震

Fig.2 The earthquake in the southern part of Ibaraki Prefecture on November 7, 2015.

11月20日 父島近海の地震

情報発表に用いた震央地名は〔硫黄島近海〕である。



2015年11月20日14時31分に父島近海でM6.3の地震(最大震度2)が発生した。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ある。

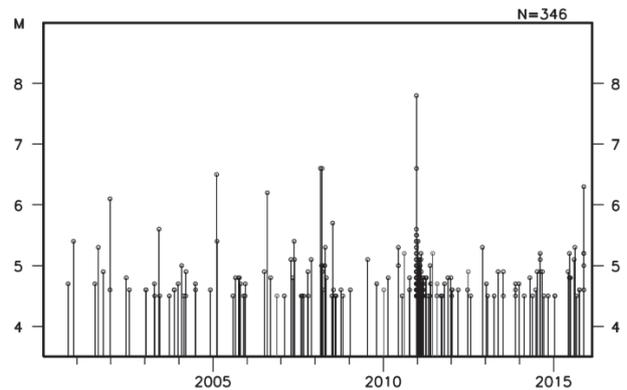
ほぼ同じ場所で、震度1以上を観測した地震が今回の地震を含めて5回発生した。

2000年4月以降の活動を見ると、今回の地震の震央周辺(領域a)では、M6.0以上の地震が時々発生している。

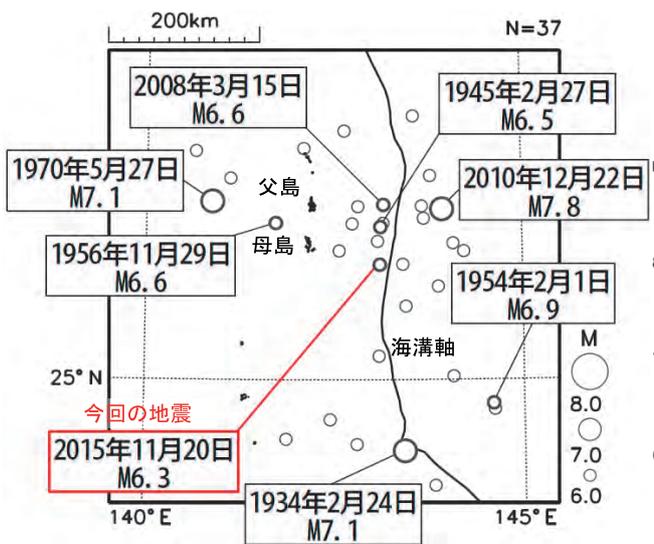
今回の地震の震央から約100km北東側に離れた場所では、2010年12月22日にM7.8(最大震度4)の地震が発生し、八丈島八重根で0.5m、父島二見で22cmなどの津波を観測した。

1923年1月以降の活動を見ると、今回の地震の震央周辺(左下の震央分布図の範囲)では、M6.5以上の地震が時々発生している。

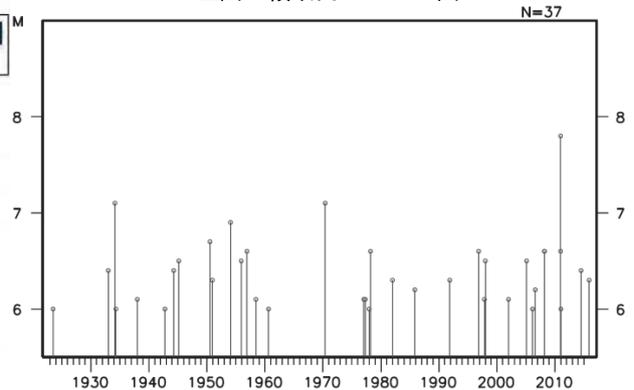
領域a内のM-T図



震央分布図
(1923年1月1日～2015年11月30日、
深さ0～400km、 $M \geq 6.0$)

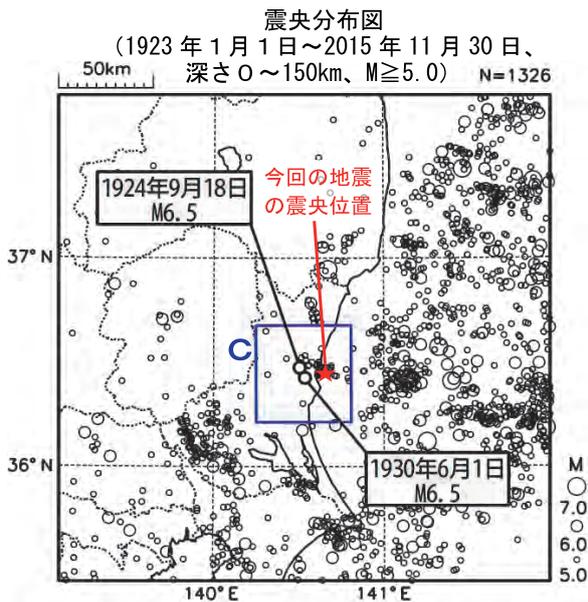
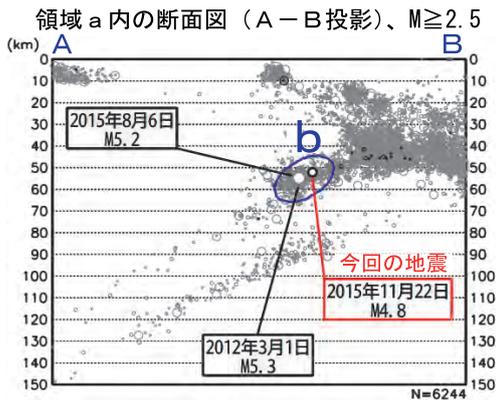
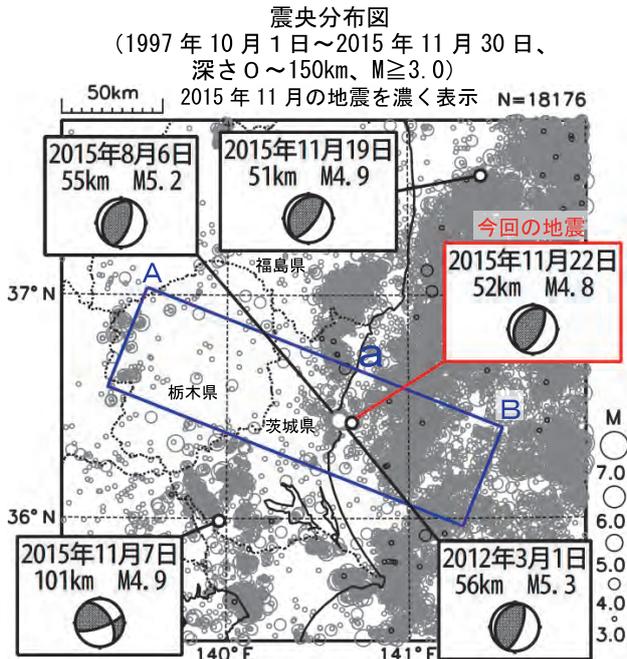


左図の領域内のM-T図



第3図 2015年11月20日 父島近海の地震
Fig.3 The earthquake near Chichijima Island on November 20, 2015.

11月22日 茨城県沖の地震

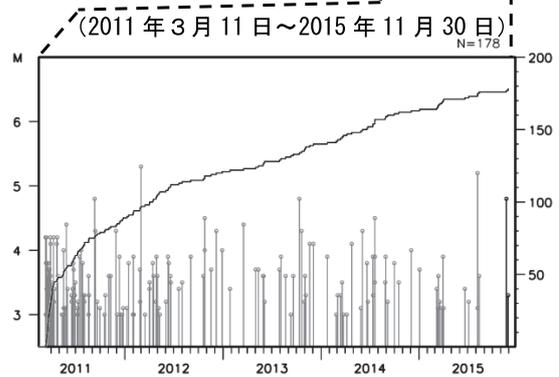
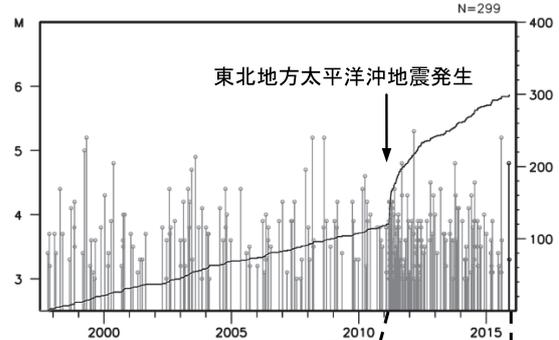


2015年11月22日08時20分に茨城県沖の深さ52kmでM4.8の地震(最大震度4)が発生した。この地震は、発震機構が西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した。

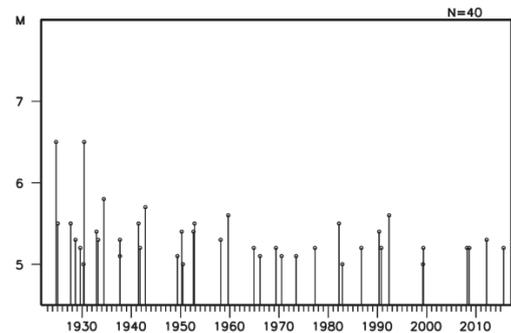
1997年10月以降の活動を見ると、今回の地震の震源付近(領域b)は、M5.0以上の地震が時々発生している。「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の発生以降、活動がより活発になっており、2012年3月1日にはM5.3の地震(最大震度5弱)が発生している。

1923年1月以降の活動を見ると、今回の地震の震央付近(領域c)では、M5.0以上の地震が度々発生しており、このうち、1930年6月1日に発生したM6.5の地震(最大震度5)では、がけ崩れ、煙突倒壊などの被害が生じた(「日本被害地震総覧」による)。

領域 b 内のM-T 図及び回数積算図、 $M \geq 3.0$



領域 c 内のM-T 図



第4図(a) 2015年11月22日 茨城県沖の地震

Fig.4(a) The earthquake off Ibaraki Prefecture on November 22, 2015.

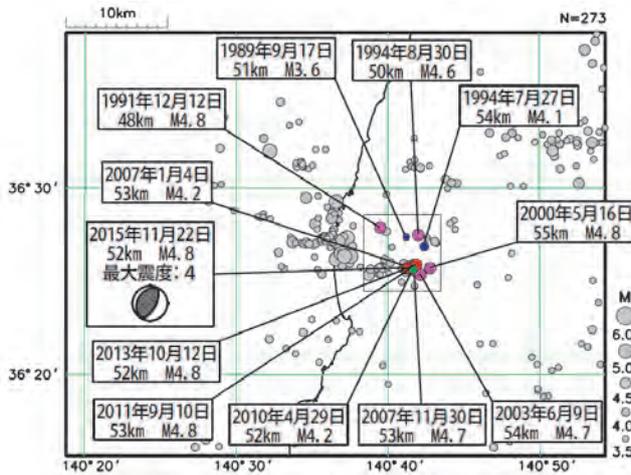
11月22日 茨城県沖の地震の相似地震

グレー以外の地震は、2015年11月22日の茨城県沖の地震 (M4.8) の相似地震。

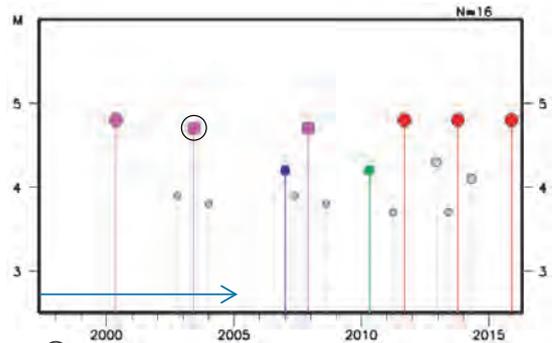
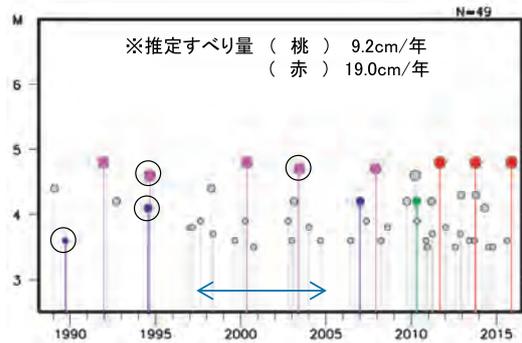
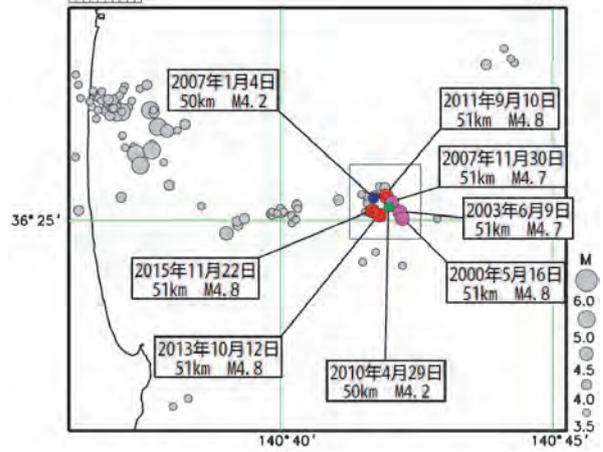
相似地震の色分けは、クラスター分析 (ウォード法) によるグループを示す。

(参考) 溜渕功史、中村雅基、山田安之 (2014) : 全国を対象とした客観的な相似地震の抽出, 気象研究所技術報告, 72, 5-16

(上) 震央分布図・(下) 矩形内のMT図
(1988年10月~2015年11月、M \geq 3.5、30~70km)



(上) 震央分布図・(下) 矩形内のMT図
(1997年10月~2015年11月、M \geq 3.5、30~70km)
DD法による再決定震源を使用



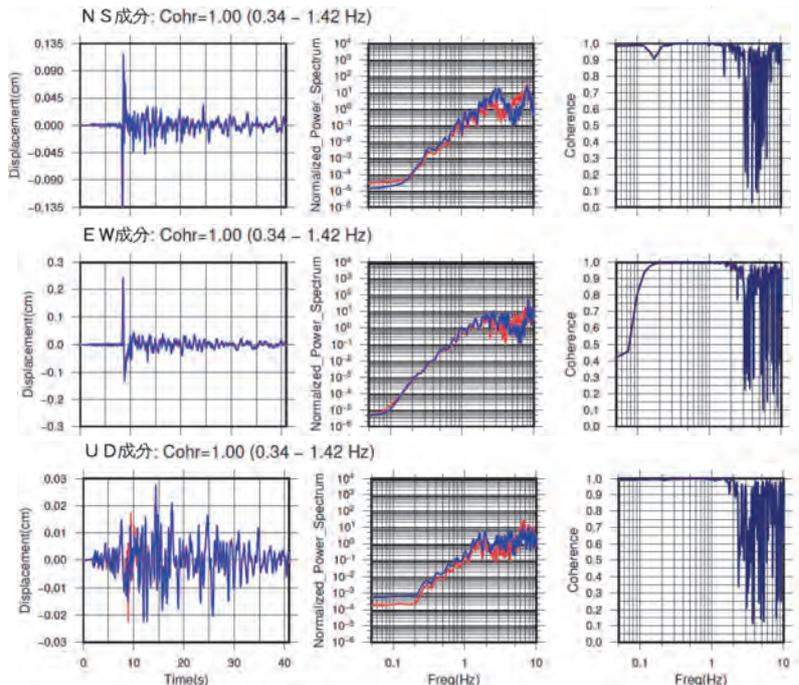
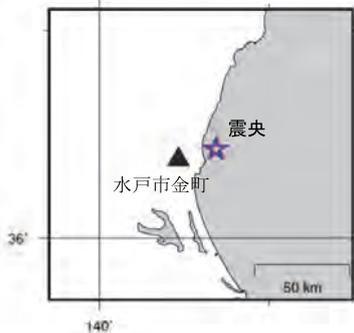
矢印は震度2~3の波形収集基準が現在と異なる期間

○ = 1観測点の比較による相似地震

※MwとMoの関係式 [Hanks and Kanamori(1979)]、Moとすべり量の関係式 [Nadeau and Johnson(1998)] を使用した。

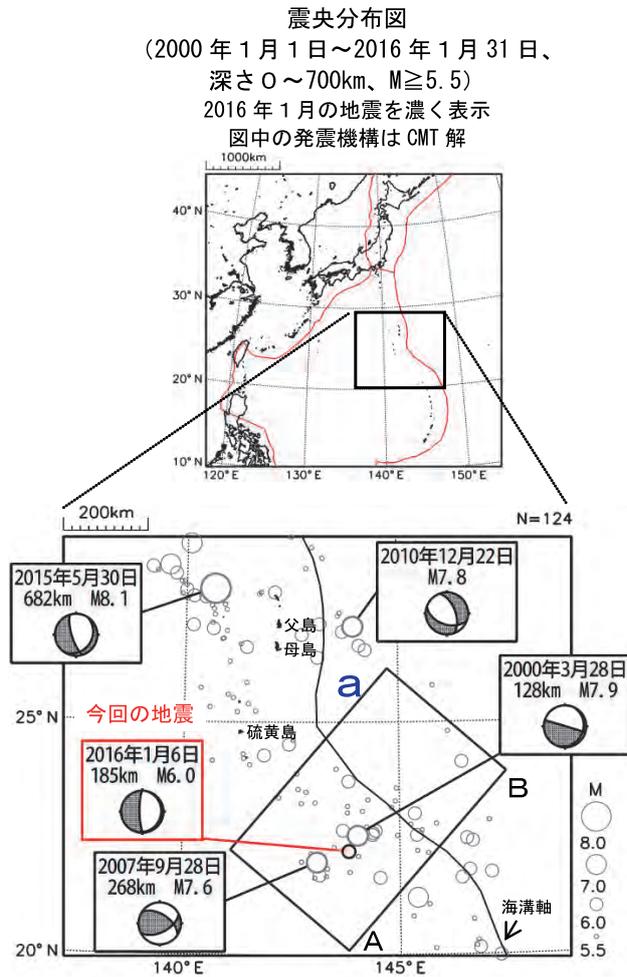
強震波形相関解析 (波形例)

観測点名: 水戸市金町 (旧) (E2D)
2013/10/12 02:43:12 M4.8 — 赤線
2015/11/22 08:20:26 M4.8 — 青線



第4図 (b) つづき
Fig.4(b) Continued.

1月6日 硫黄島近海の地震

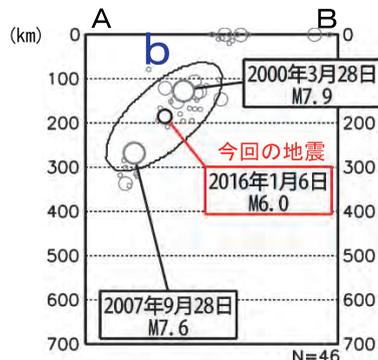


2016年1月6日06時59分に硫黄島近海の深さ185kmでM6.0の地震(最大震度1)が発生した。この地震は太平洋プレート内部で発生した。発震機構は東西方向に張力軸を持つ型である。

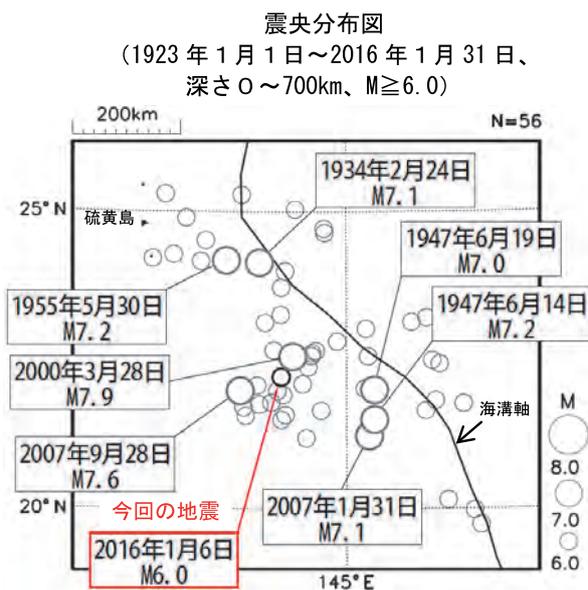
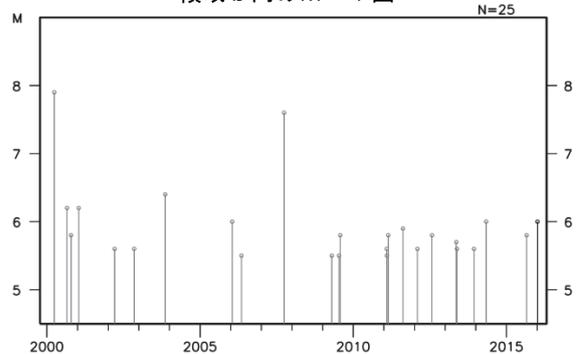
2000年1月以降の活動を見ると、今回の地震の震源周辺(領域b)では、M7.0を超える地震が2000年3月28日(M7.9、最大震度3)、及び2007年9月28日(M7.6、最大震度2)に2回発生している。

1923年1月以降の活動を見ると、今回の地震の震央周辺では、M7.0以上の地震が時々発生している。

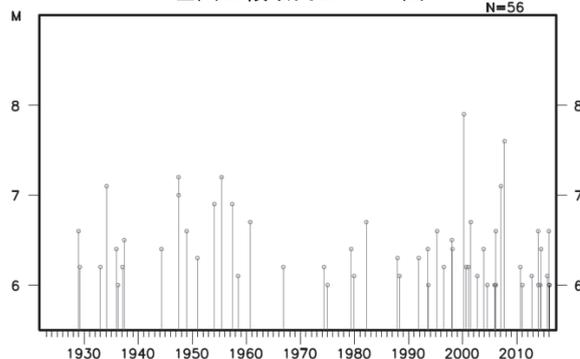
領域a内の断面図(A-B投影)



領域b内のM-T図

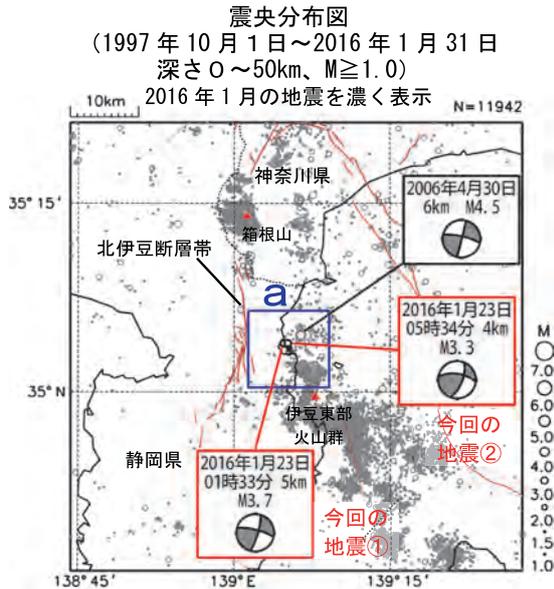


左図の領域内のM-T図



第5図 2016年1月6日 硫黄島近海の地震
Fig.5 The earthquake near Ioto Islands on January 6, 2016.

1月23日 伊豆半島東方沖（熱海市付近）の地震活動

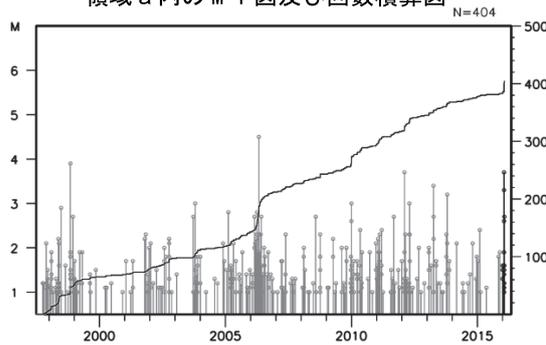


2016年1月23日に伊豆半島東方沖（熱海市付近）で地震活動がやや活発となり、01時33分に静岡県伊豆地方^{*}の深さ5kmでM3.7の地震（最大震度3、今回の地震①）、05時34分に伊豆半島東方沖の深さ4kmでM3.3の地震（最大震度3、今回の地震②）が発生するなど最大震度1以上を観測する地震が5回発生した。これらの地震活動は地殻内で発生した。今回の地震①、②の発震機構はともに北北西-南南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型であった。地震活動はその後低下しており、28日以降は震度1以上を観測する地震は発生していない。

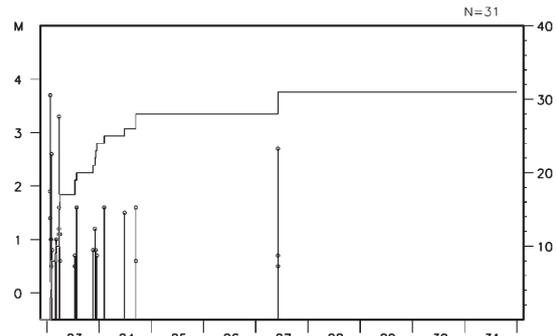
1997年10月以降の活動を見ると、今回の地震の震央付近（領域a）では、M4程度の地震が時々発生している。2006年4月30日にはM4.5の地震（最大震度5弱）が発生している。

^{*} 今回の地震①の情報発表に用いた震央地名は〔相模湾〕である。

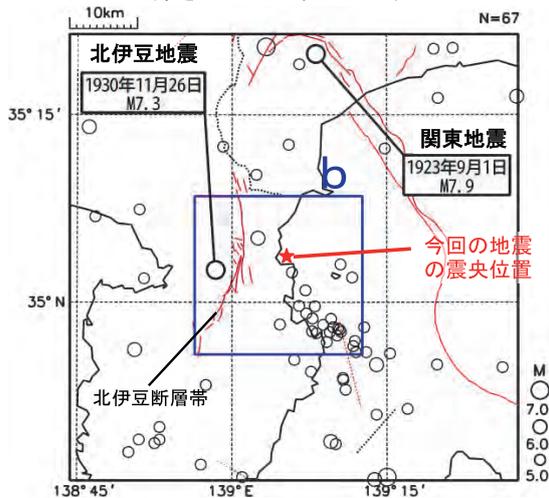
領域a内のM-T図及び回数積算図



領域a内のM-T図及び回数積算図
(2016年1月23日～1月31日、M \geq 0.5)

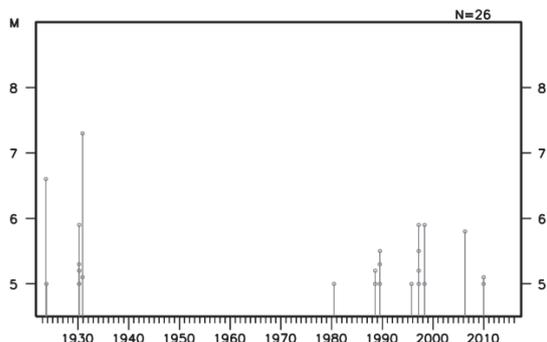


震央分布図
(1923年1月1日～2016年1月25日06時、
深さ0～50km、M \geq 5.0)



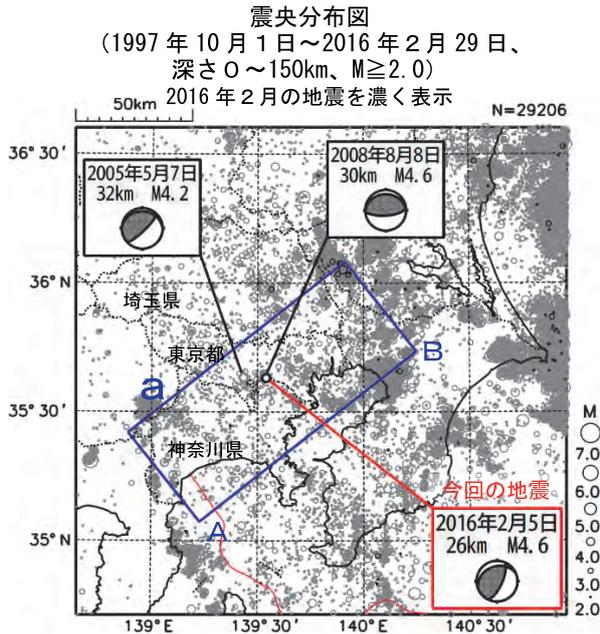
1923年1月以降の活動を見ると、今回の地震の震央周辺（領域b）では、M6.0以上の地震が2回発生している。1930年11月26日に発生したM7.3の地震（北伊豆地震）では死者272名、住家全潰2165棟等の被害が生じた。

領域b内のM-T図



第6図 2016年1月23日からの伊豆半島東方沖の地震活動
Fig.6 Seismic activity east of the Izu Peninsula from January 23, 2016.

2月5日 神奈川県東部の地震

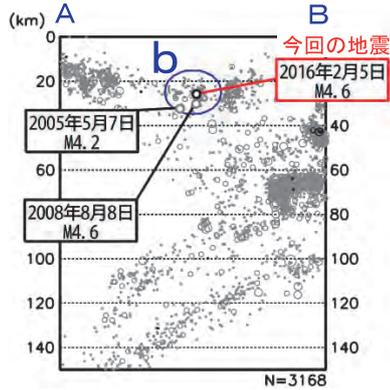


2016年2月5日07時41分に神奈川県東部の深さ26kmでM4.6の地震(最大震度4)が発生した。この地震は発震機構が北西-南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、フィリピン海プレートと陸のプレートとの境界付近で発生した。

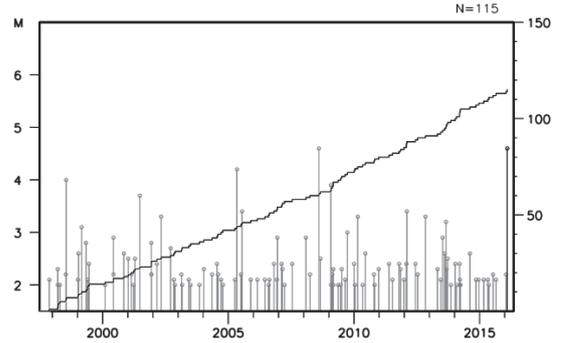
1997年10月以降の活動を見ると、今回の地震の震源付近(領域b)では、M4.0以上の地震が時々発生している。2008年8月8日には、今回の地震とほぼ同じ震央位置の深さ30kmでM4.6の地震(最大震度4)が発生している。

1923年1月以降の活動を見ると、今回の地震の震央周辺(領域c)では、1923年9月1日にM7.9の地震(関東地震)が発生している。この地震により、死者・行方不明者10万5千人余、住家全潰10万9千余、住家焼失21万2千余等の被害が生じた(被害は理科年表による)。その後、1930年代前半にかけて、M6.0以上の地震が発生していたが、それ以降はM6.0以上の地震は発生していない。

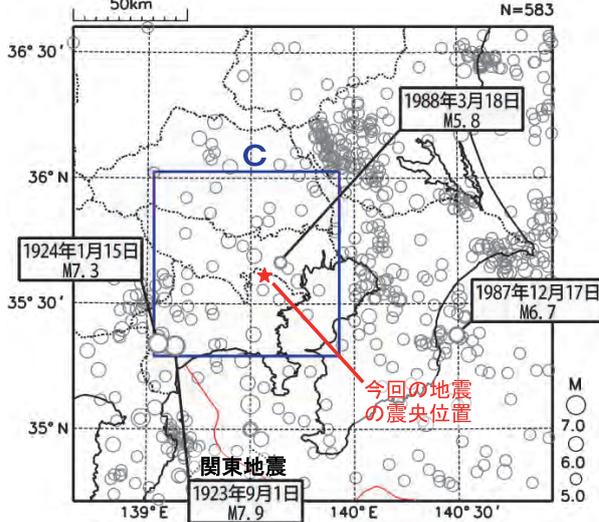
領域a内の断面図(A-B投影)



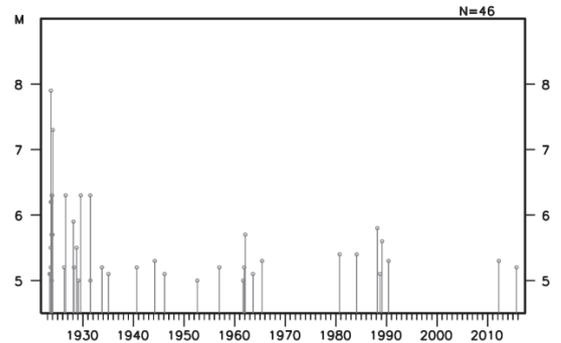
領域b内のM-T図及び回数積算図



震央分布図
(1923年1月1日～2016年2月29日、
深さ0～150km、 $M \geq 5.0$)
N=583



領域c内のM-T図



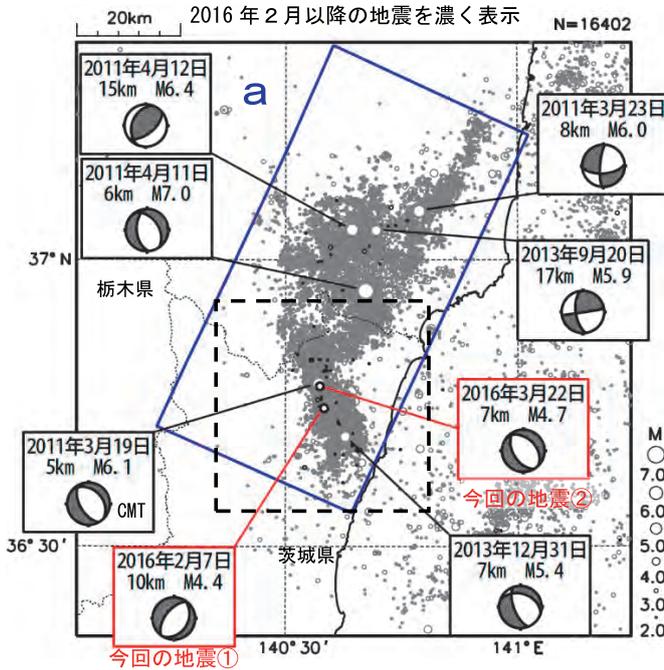
第7図 2016年2月5日 神奈川県東部の地震

Fig.7 The earthquake in the eastern part of Kanagawa Prefecture on February 5, 2016.

2月7日、3月22日 茨城県北部の地震

震央分布図

(1997年10月1日～2016年3月31日、
深さ0～30km、M≥2.0)

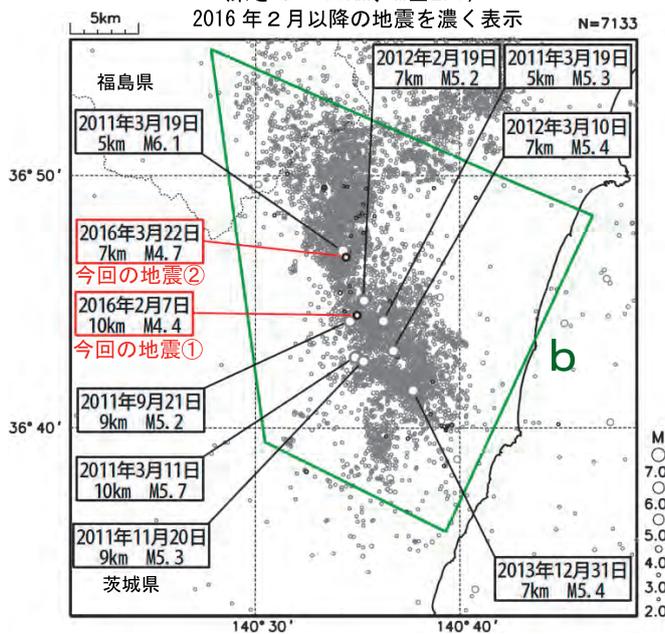


2016年2月7日10時09分に茨城県北部の深さ10kmでM4.4の地震(最大震度4、今回の地震①)が発生した。また、2016年3月22日14時34分に茨城県北部の深さ7kmでM4.7の地震(最大震度4、今回の地震②)が発生した。これらの地震は地殻内で発生した。発震機構は、今回の地震①が北西-南東方向に、今回の地震②が北東-南西方向に張力軸を持つ正断層型であった。

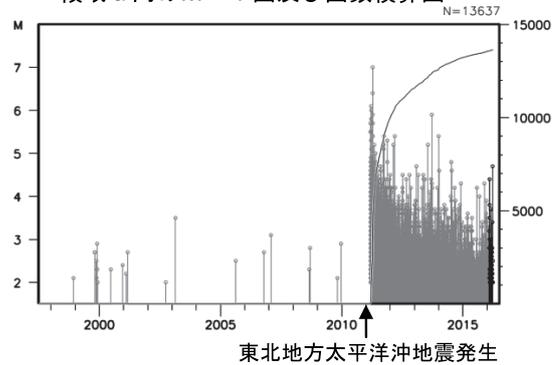
福島県浜通りから茨城県北部にかけての地殻内(領域a)では、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の発生後に地震活動が活発化し、2011年4月11日に発生したM7.0の地震では、死者4人等の被害が生じた(被害は総務省消防庁による)。その活動は、全体として低下しているものの、2011年以前に比べて活発な状況が継続している。

今回の地震の震央付近(領域b)では、東北地方太平洋沖地震の発生以降、M4.0以上の地震がしばしば発生しており、2011年3月19日には、M6.1の地震(最大震度5強)が発生している。

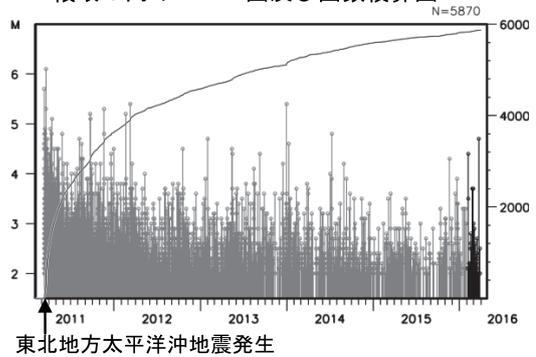
上図の破線矩形内の震央分布図
(2011年3月1日～2016年3月31日、
深さ0～30km、M≥2.0)



領域a内のM-T図及び回数積算図



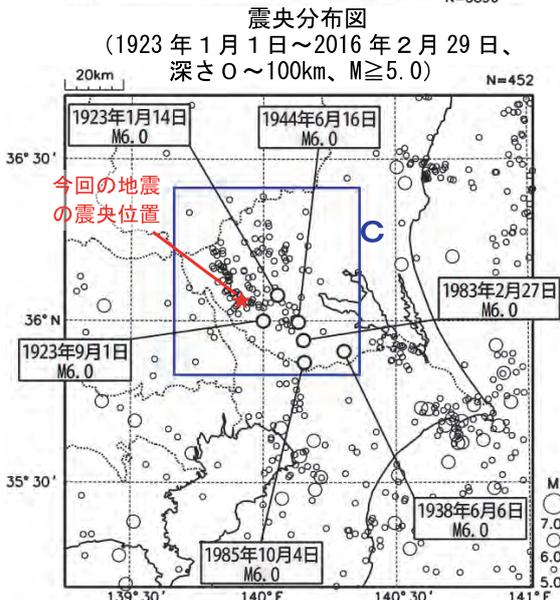
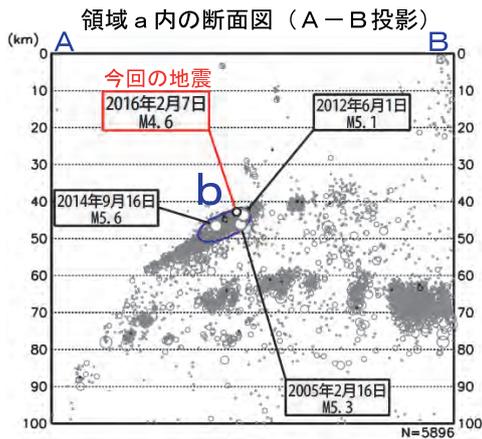
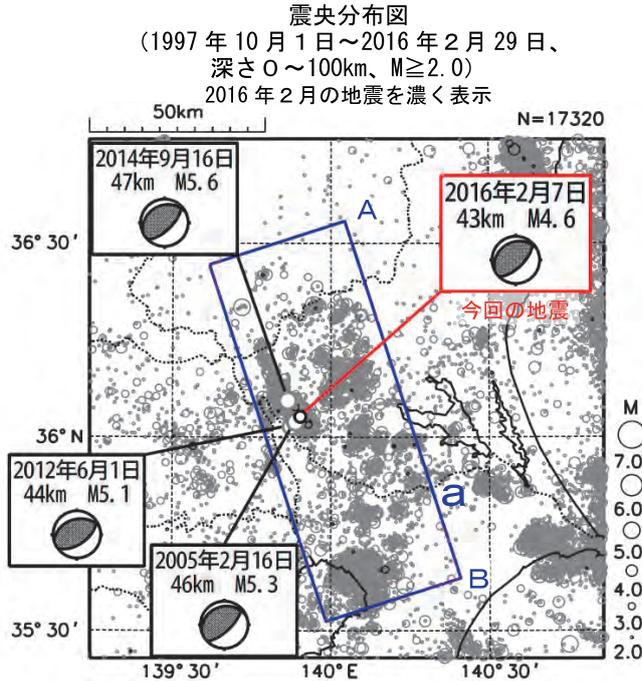
領域b内のM-T図及び回数積算図



第8図 2016年2月7日、2016年3月22日 茨城県北部の地震

Fig.8 The earthquakes in the northern part of Ibaraki Prefecture on February 7 and March 22, 2016.

2月7日 茨城県南部の地震

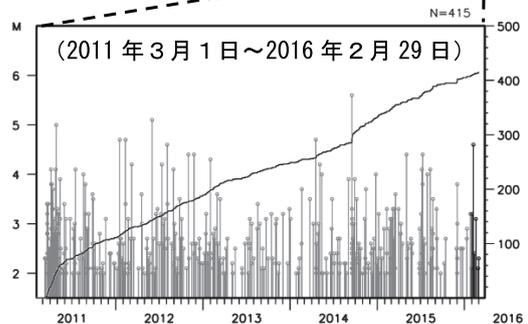
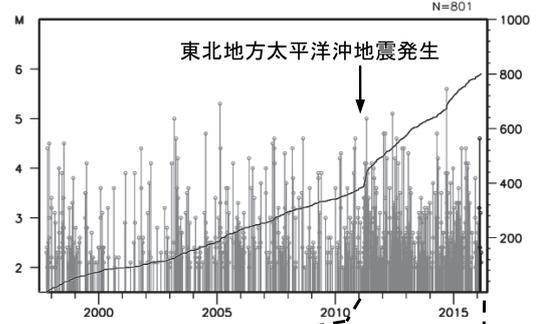


2016年2月7日19時26分に茨城県南部の深さ43kmでM4.6の地震(最大震度4)が発生した。この地震は発震機構が北西-南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、フィリピン海プレートと陸のプレートの境界で発生した。

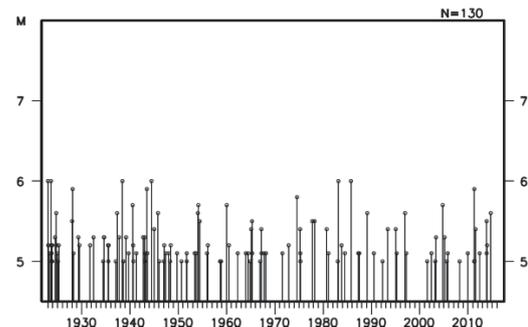
1997年10月以降の活動を見ると、今回の地震の震源付近(領域b)は、活動が活発な領域で、M5程度の地震がしばしば発生している。「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の発生以降、活動がより活発になっており、最近では2014年9月16日にM5.6の地震(最大震度5弱)が発生している。

1923年1月以降の活動を見ると、今回の地震の震央周辺(領域c)では、M6程度の地震が時々発生している。

領域b内のM-T図及び回数積算図



領域c内のM-T図



第9図(a) 2016年2月7日 茨城県南部の地震

Fig.9(a) The earthquake in the southern part of Ibaraki Prefecture on February 7, 2016.

2月7日 茨城県南部の地震の相似地震

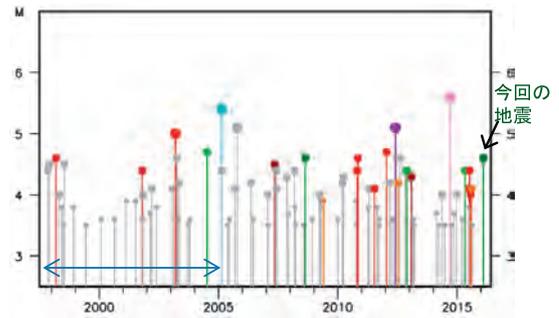
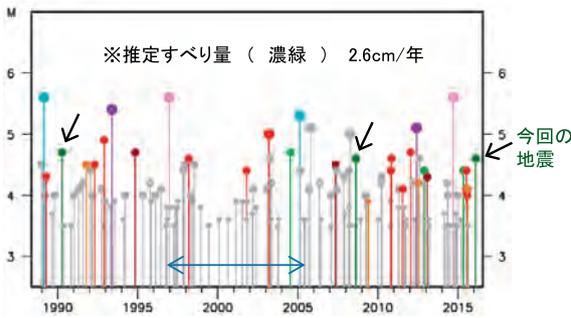
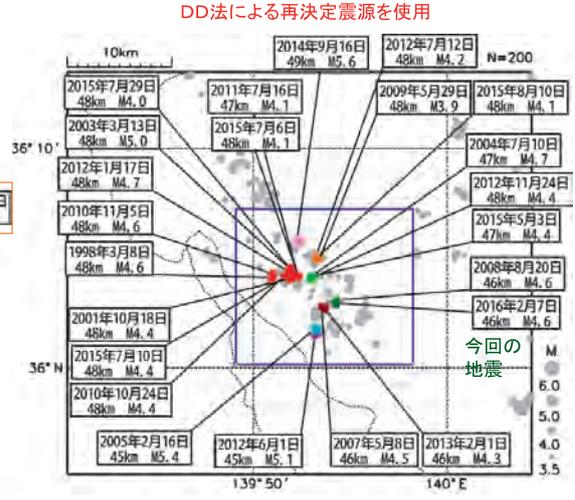
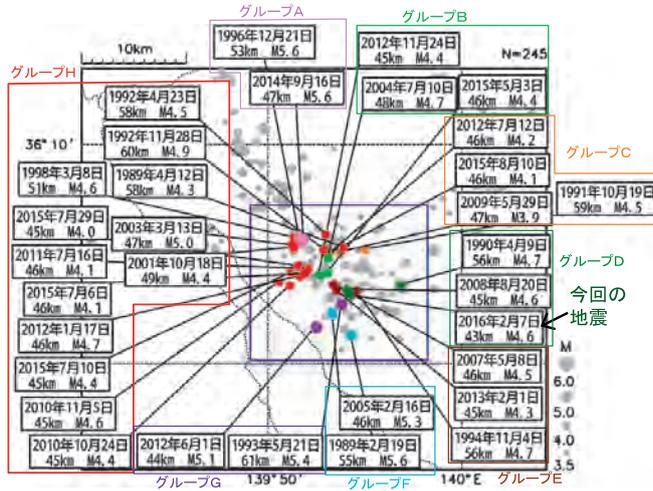
濃緑の地震は、2016年2月7日の茨城県南部の地震 (M4.6) とその相似地震。

グレー以外の地震は付近で検出されている他の相似地震グループを示す。

(参考) 溜淵功史、中村雅基、山田安之 (2014): 全国を対象とした客観的な相似地震の抽出, 気象研究所技術報告, 72, 5-16

(上) 震央分布図・(下) 矩形内のMT図
(1988年10月~2016年2月、 $M \geq 3.5$ 、40~70km)

(上) 震央分布図・(下) 矩形内のMT図
(1997年10月~2016年2月、 $M \geq 3.5$ 、40~70km)

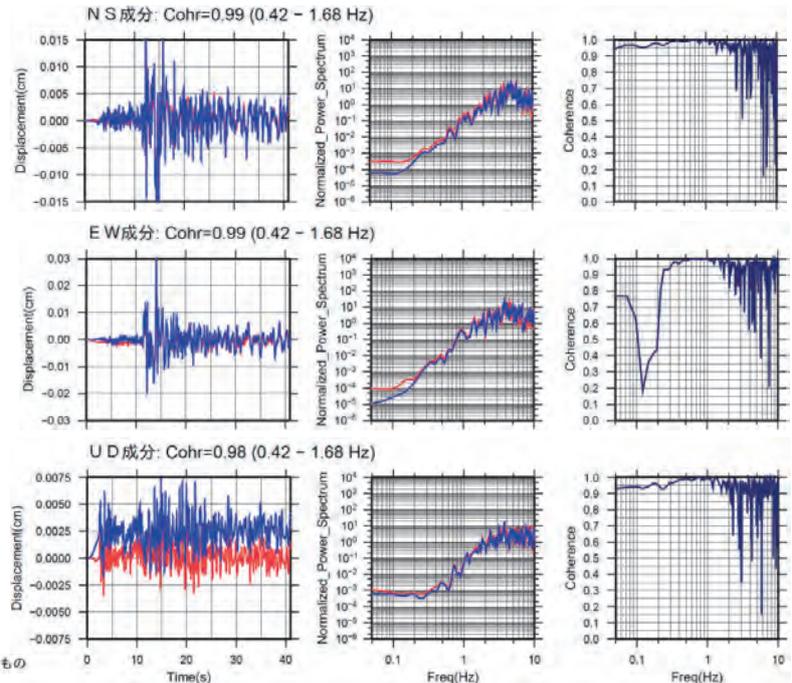


矢印の期間は波形収集基準の違いから震度2~3の波形が収集されていない可能性がある

※MwとMoの関係式 (Hanks and Kanamori (1979))、Moとすべり量の関係式 (Nadeau and Johnson (1998)) を使用した。

強震波形相関解析 (波形例)

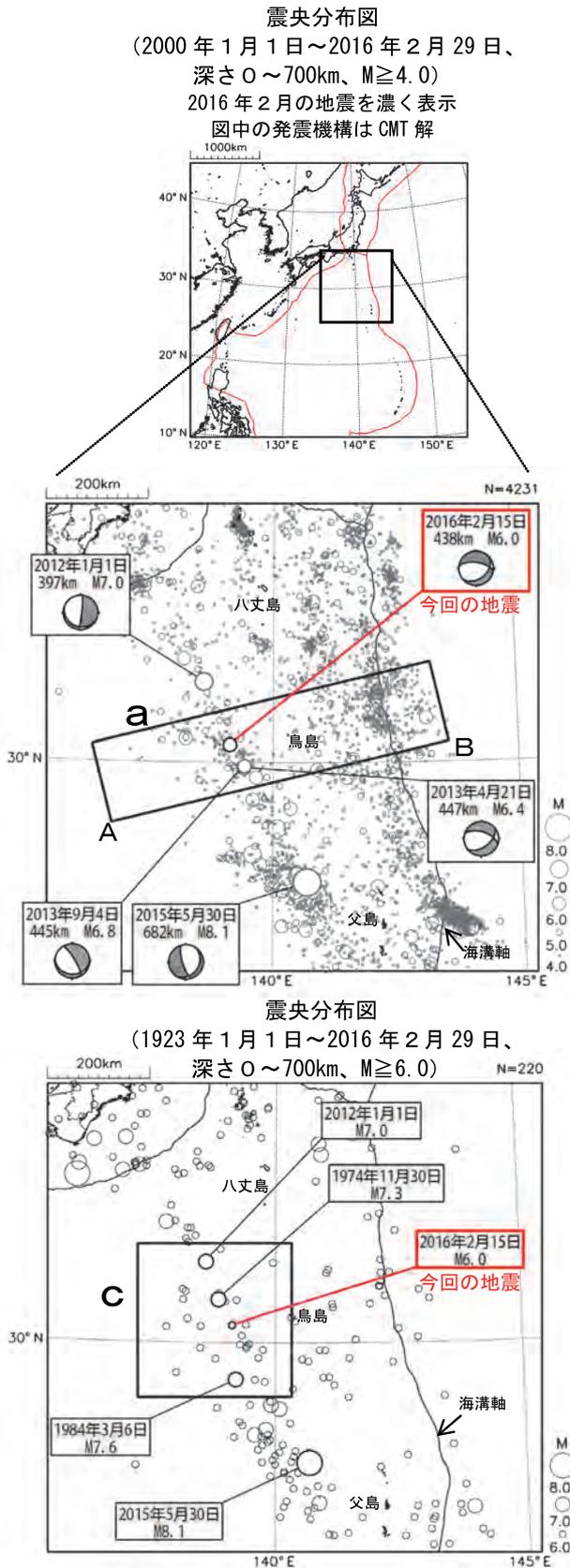
観測点名: 川崎中原区小杉陣屋町 (52A)
2008/08/20 15:13:29 M4.6 (赤線)
2016/02/07 19:26:57 M4.6 (青線)



※変位波形は加速度記録を気象庁59型地震計相当に変換したものの

第9図 (b) つづき
Fig.9(b) Continued.

2月15日 鳥島近海の地震



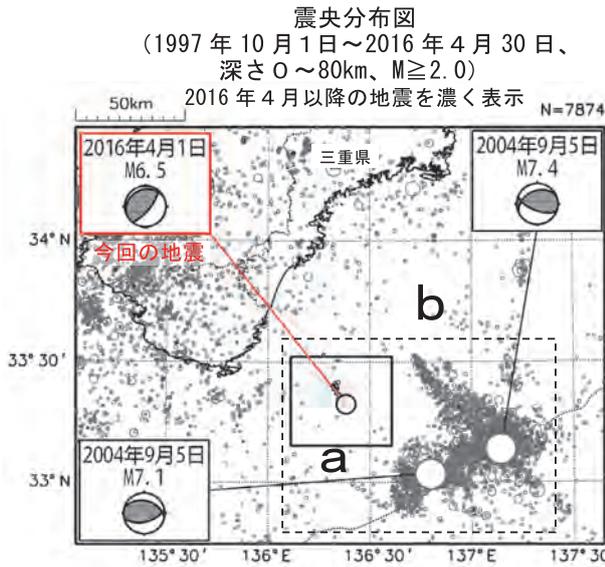
2016年2月15日03時09分に鳥島近海の深さ438kmでM6.0の地震(最大震度2)が発生した。この地震は太平洋プレート内部で発生した。発震機構(CMT解)は太平洋プレートが沈み込む方向に圧力軸を持つ型である。

2000年1月以降の活動を見ると、今回の地震の震源周辺(領域b)では、M6.0以上の地震が時々発生している。2013年9月4日にM6.8の地震(最大震度4)が発生した。

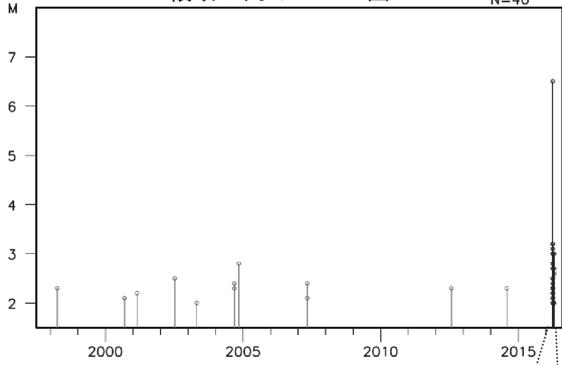
1923年1月以降の活動を見ると、今回の地震の震央周辺(領域c)では、1984年3月6日にM7.6の地震が発生した。この地震により、死者1人、負傷者1人等の被害が生じた(「日本被害地震総覧」による)。

第10図 2016年2月15日 鳥島近海の地震
Fig.10 The earthquake near Torishima Island on February 15, 2016.

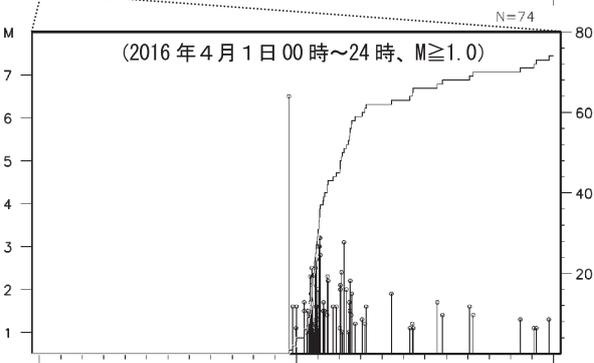
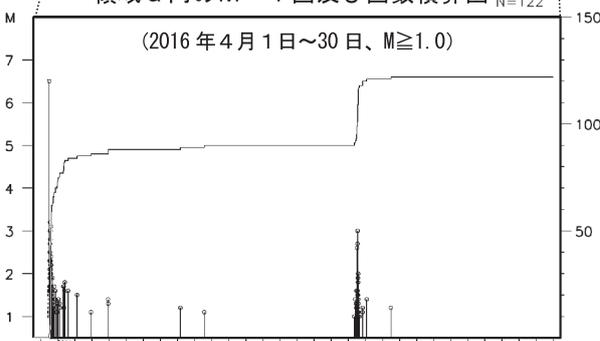
4月1日 三重県南東沖の地震



領域 a 内の M-T 図 N=40



領域 a 内の M-T 図及び回数積算図 N=122



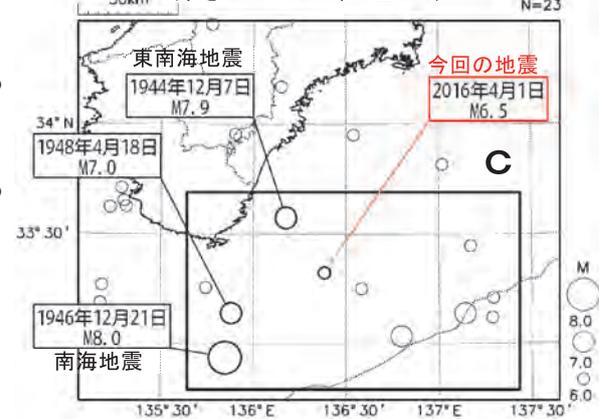
2016年4月1日11時39分に三重県南東沖でM6.5の地震(最大震度4)が発生した。この地震は、発震機構(CMT解)が北西-南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、フィリピン海プレートと陸のプレートの境界で発生した。震度1以上を観測する余震は発生していない。今回の地震発生直後は、規模の小さな余震がまとまって発生したが、次第に減衰した。4月19日に一時的にややまとまった活動が見られたが、その後まとまった活動にはなっていない。

1997年10月以降の活動を見ると、今回の地震の震央付近(領域a)の地震活動は低調であり、M6.0以上の地震は初めてであった。今回の地震の震央周辺(領域b)では、2004年9月5日23時57分にM7.4の地震(最大震度5弱)が発生した。この地震により、神津島神津島港で101cmの津波を観測するなど、東北地方から九州地方にかけて津波を観測した。また、同日19時07分にはM7.1の地震(最大震度5弱)が発生し、関東地方から四国地方にかけて津波を観測した。これらの地震により、負傷者42人などの被害が生じた(「日本被害地震総覧」による)。

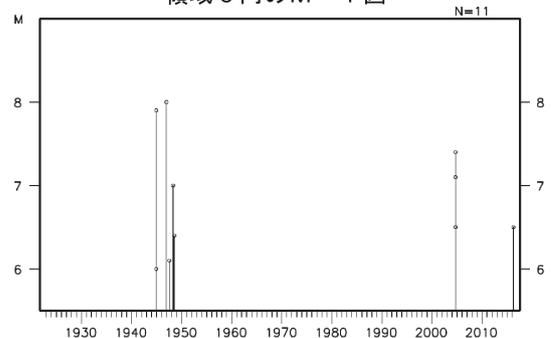
1923年1月以降の活動を見ると、今回の地震の震央周辺では、1944年12月7日にM7.9の地震(南海地震)、1946年12月21日にM8.0の地震(南海地震)が発生している。

震央分布図

(1923年1月1日～2016年4月30日、
深さ0～100km、 $M \geq 6.0$) N=23



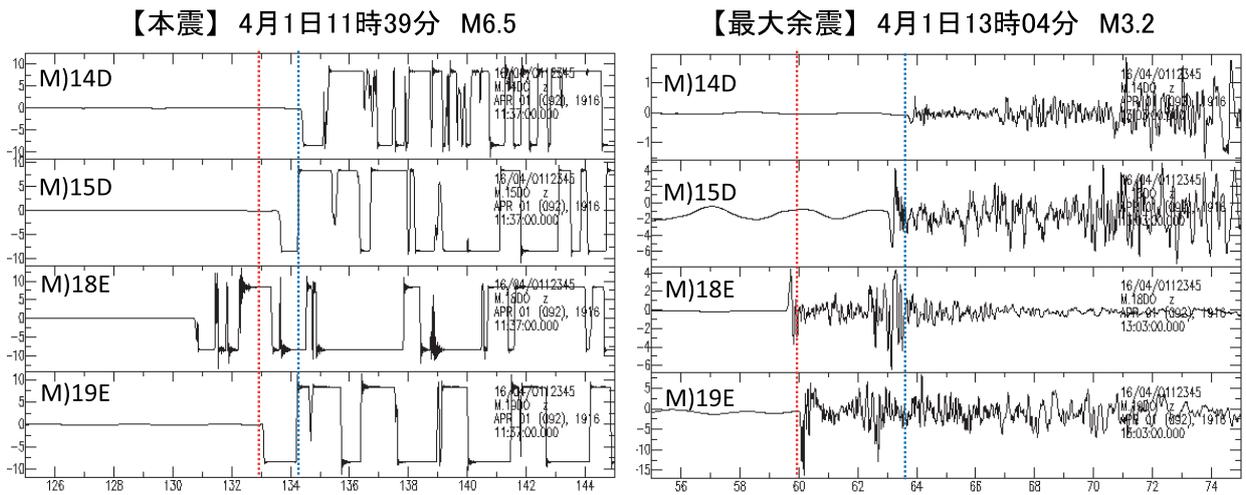
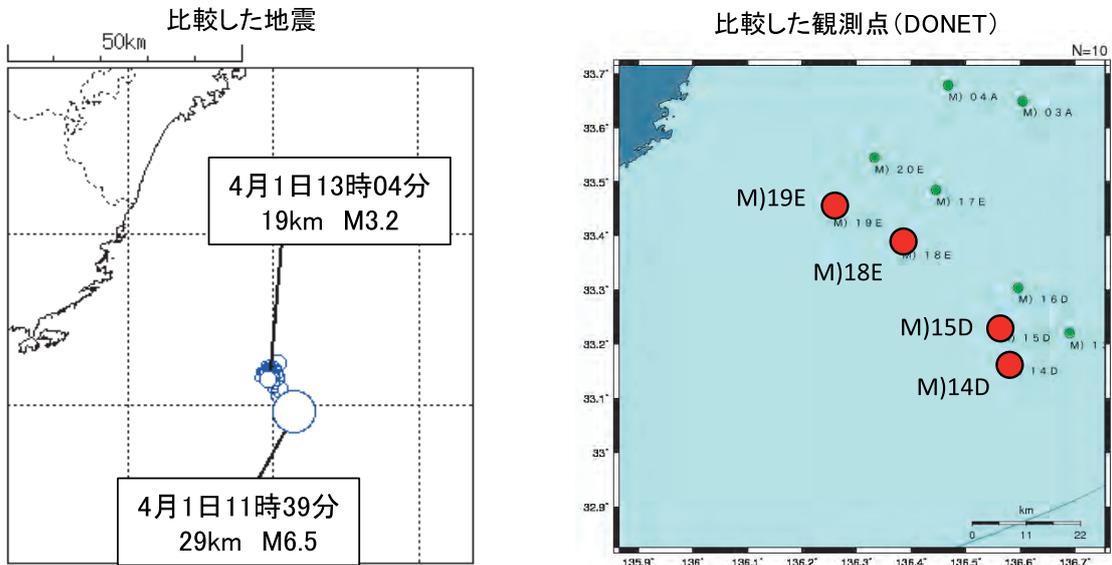
領域 c 内の M-T 図 N=11



第11図(a) 2016年4月1日 三重県南東沖の地震

Fig.11(a) The earthquake southern east off Mie Prefecture on April 1, 2016.

三重県南東沖の地震 本震と余震の震央位置と観測点のP波初動時刻の比較



赤線: M)19EのP波初動の到達時刻 青線: M)14DのP波初動の到達時刻

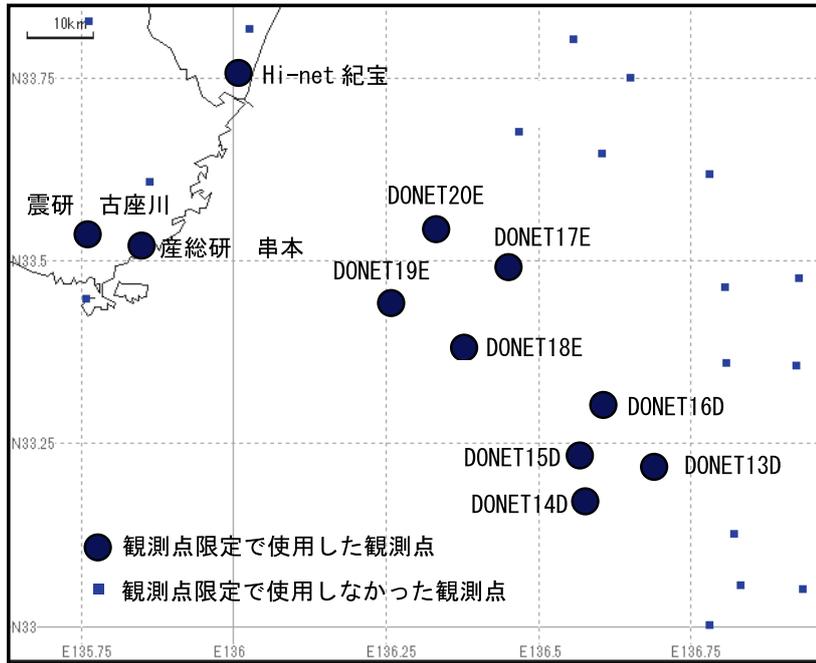
- ・4月1日11時39分のM6.5の地震(本震)は、M)19EとM)14DのP波初動の到達時刻の差が1秒程度である。
- ・4月1日13時04分のM3.2の地震(最大余震)は、M)19EとM)14DのP波初動の到達時刻の差3秒～4秒程度である。

→P波初動の到達時刻の差が明らかに異なるので、震源の位置も異なる。

第11図(b) つづき
Fig.11(b) Continued.

観測点限定による震源分布

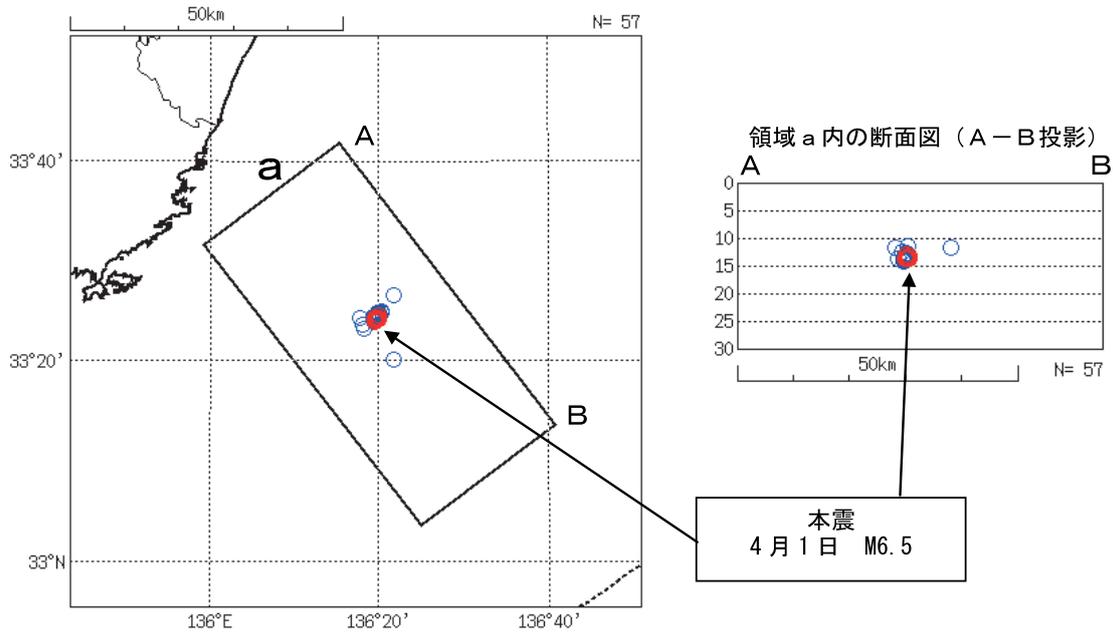
観測点配置図と使用観測点



観測点限定による震央分布図

(本震から4月26日までで、上記11点全て読み取りできたイベントで計算した。読み取りはP相のみである。)

青：4月1日～6日地震 赤：4月19日の地震

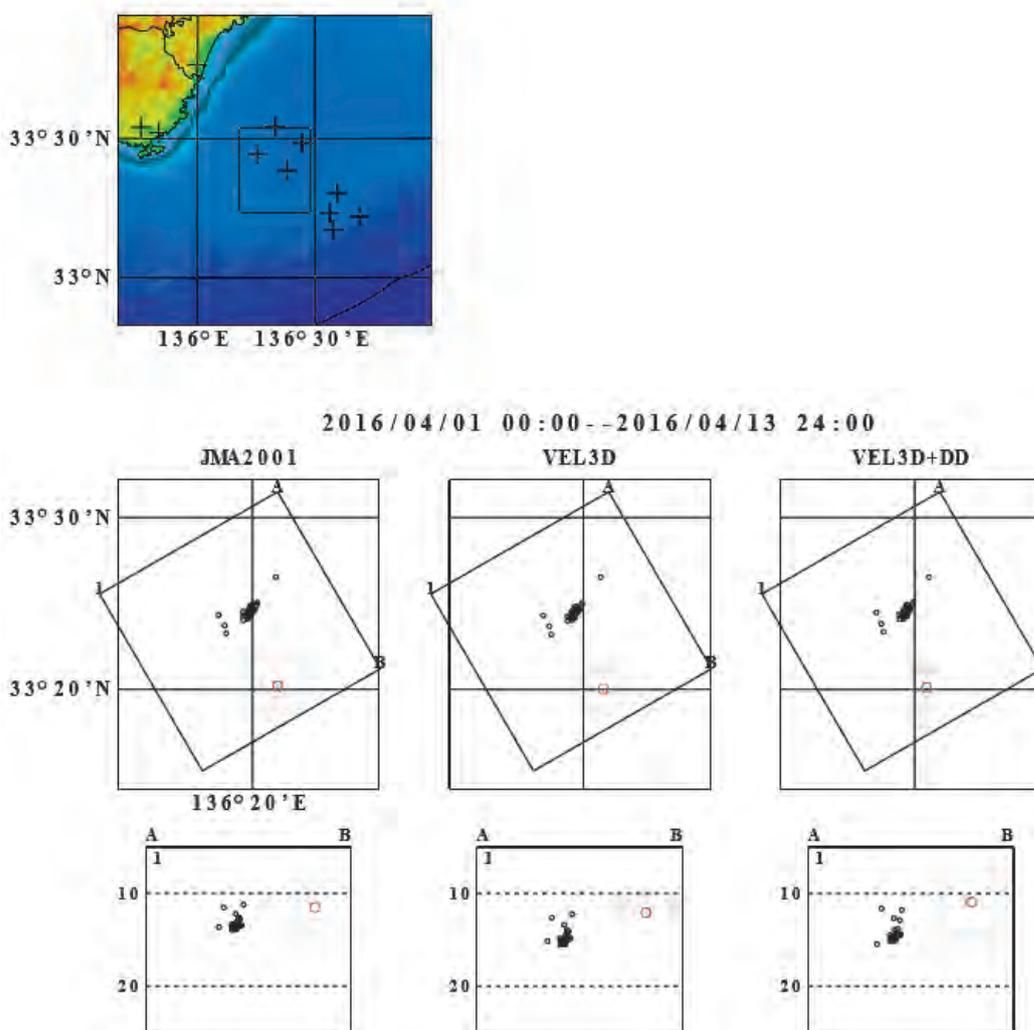


震央近傍観測点のP相検測値に限定して得られた震源分布は、本震一余震の深さ方向の差はほとんどないか、あるいは若干余震側が深くなっており、発震機構解の低角な面と調和的な結果である。

第11図(c) つづき
Fig.11(c) Continued.

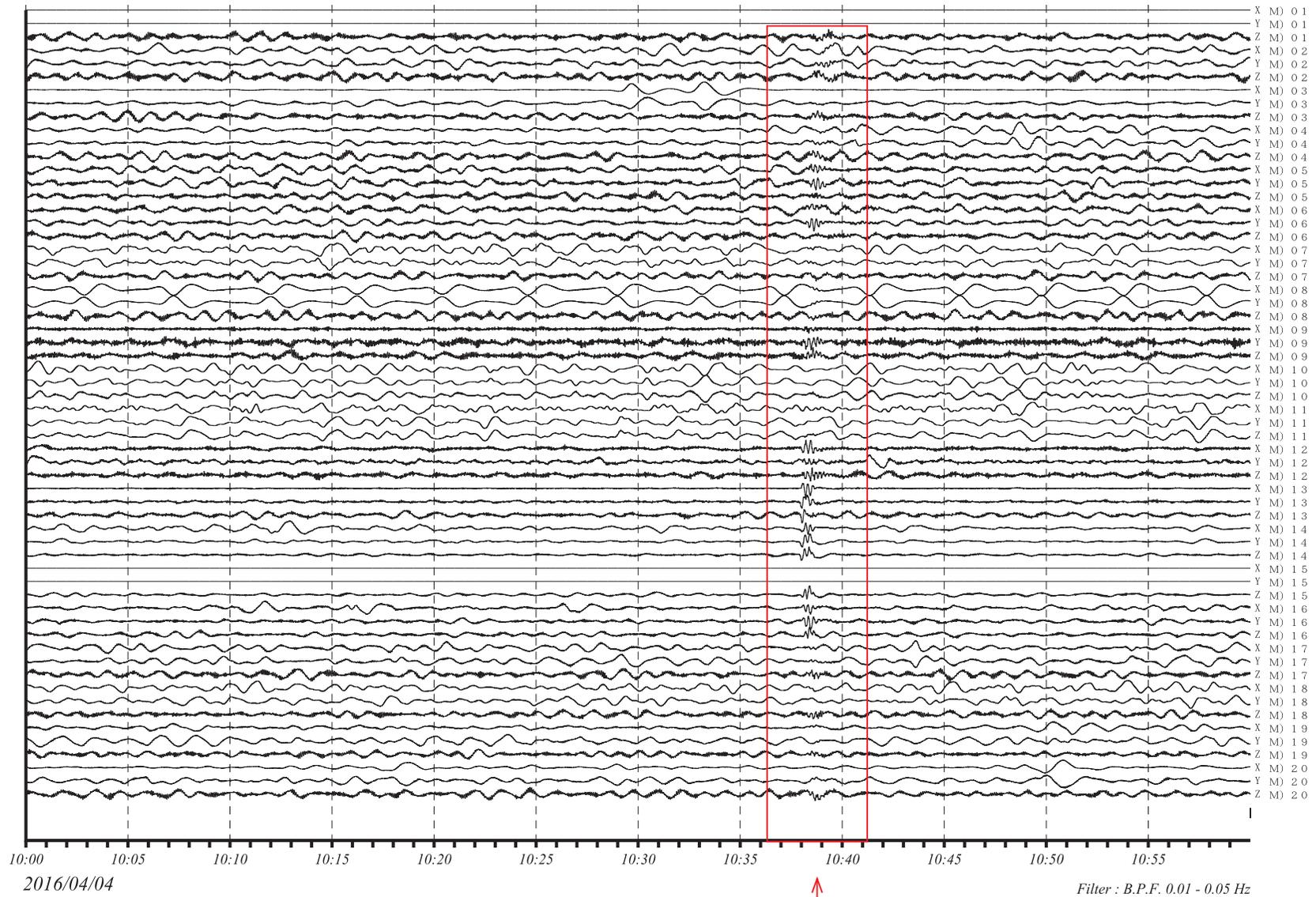
構造及び手法の違いによる震源位置の差

DONETを中心とした限られた観測点のP波データを用いた震源計算を図に示す。JMA2001(上野・他, 2002)、三次元速度構造(Katsumata, 2010 を元に改変したもの)の震源計算結果、三次元速度構造を用いて hypoDD(Waldhauser and Ellsworth, 2000)法により計算した結果を示している。海底地震計の設置深度については、計算に取り入れている。本震(○)と余震群(○)の相対的深さの差に若干の差が認められる。余震群の明確な配列方向は認められない。



第11図(d) つづき
Fig.11(d) Continued.

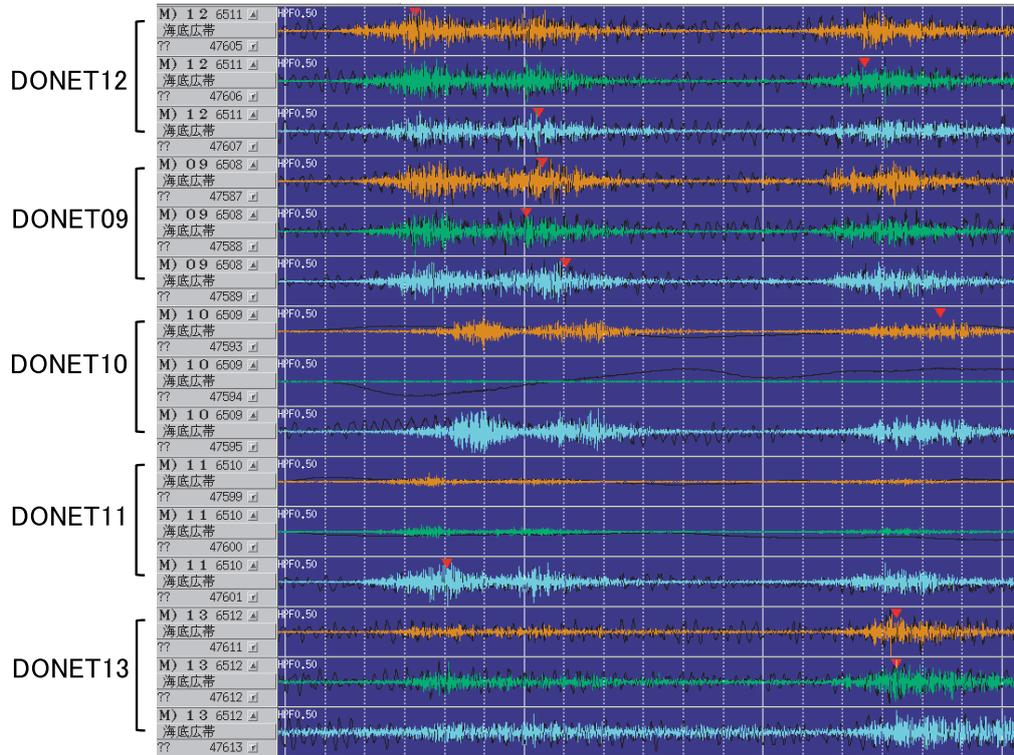
今回の地震発生直後から見られる低周波イベントの波形 (DONET B. P. F. 0.01-0.05Hz)



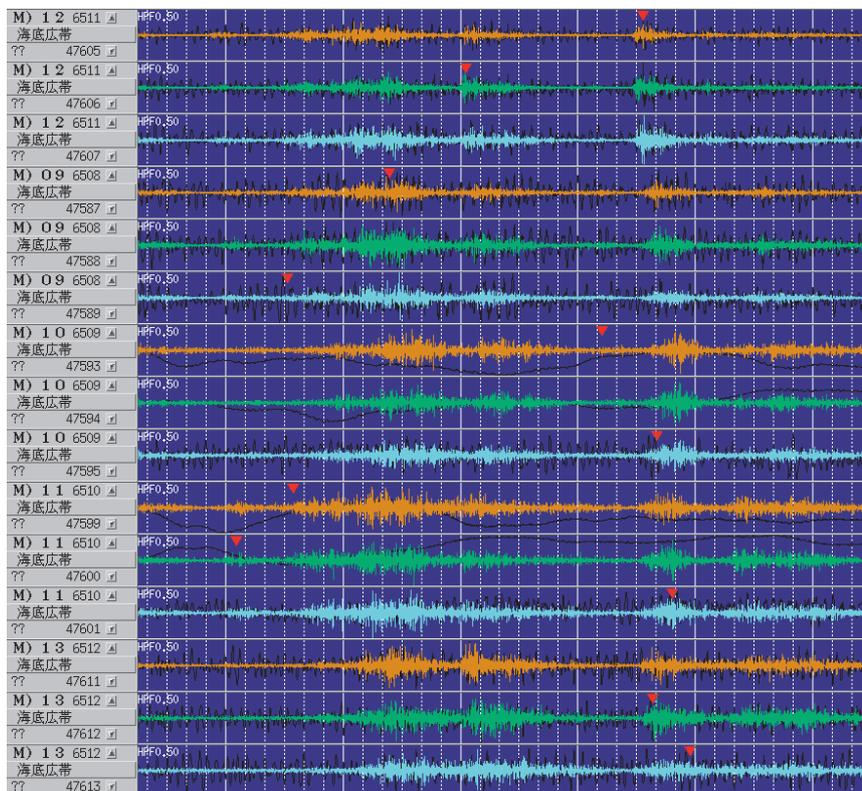
第11図(e) つづき
Fig.11(e) Continued.

今回の地震発生直後から見られる海溝軸付近の低周波イベントの波形

4月7日09時09分頃の低周波微動の波形 (0.5sのHPFを適用)



4月8日06時32分頃の低周波微動の波形 (0.5sのHPFを適用)

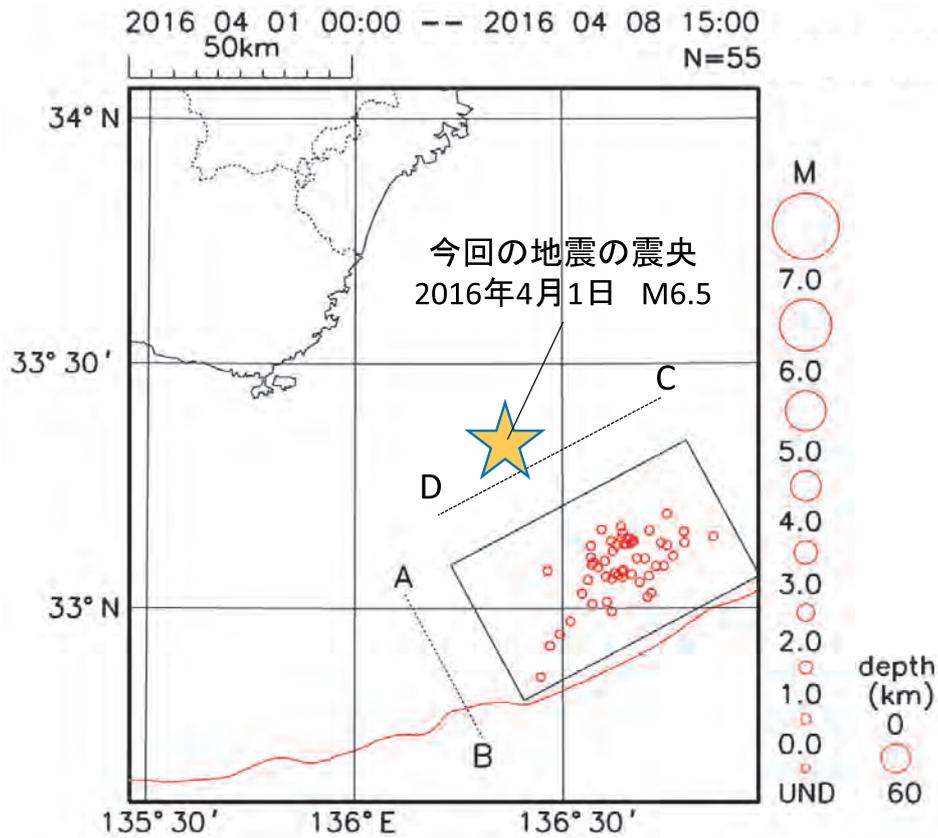


第11図(f) つづき
Fig.11(f) Continued.

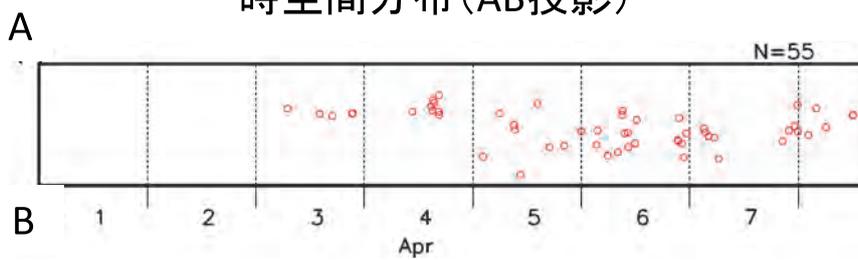
海溝軸付近の低周波イベントの時空間分布

低周波イベント波形の先頭をs相として震源決定したもの

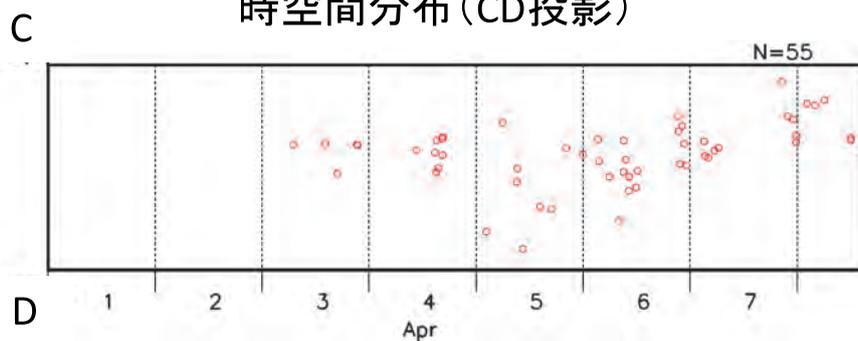
低周波イベントの震央分布



時空間分布 (AB投影)



時空間分布 (CD投影)



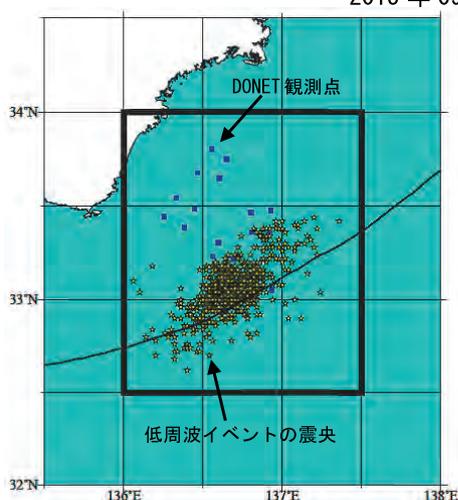
第11図 (g) つづき
Fig.11(g) Continued.

三重県南東沖の低周波イベントについて

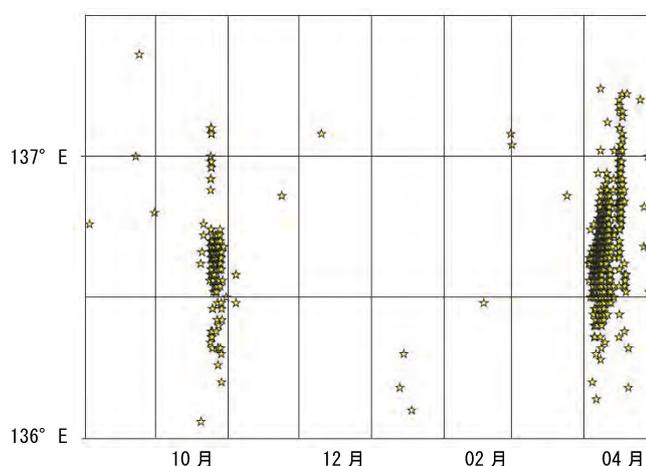
2015年9月1日から2016年4月30日の期間にDONETで観測された地震波形（バンドパス帯域 2-10 Hz）に対してエンベロープ相関法 [Obara, 2002; Annoura et al., 2016] を用いて解析を行い、低周波イベントの発生状況について調べた。*1

- ・低周波イベントの震央は海溝軸付近に集中している
- ・2016年4月1日の三重県南東沖の地震(M6.5)の2日後からまとまった活動（4月3日～4月18日）が発生した
- ・同様の活動は2015年10月24日～10月28日にもみられた
- ・2016年4月の活動では震央が東方向に移動するマイグレーションがみられた
- ・2016年4月14日の熊本地震の前震(M6.5)ではイベントはトリガーされなかったが、4月16日の本震(M7.3)直後からそれまでの活動域より東側を中心とした活動が活発化した

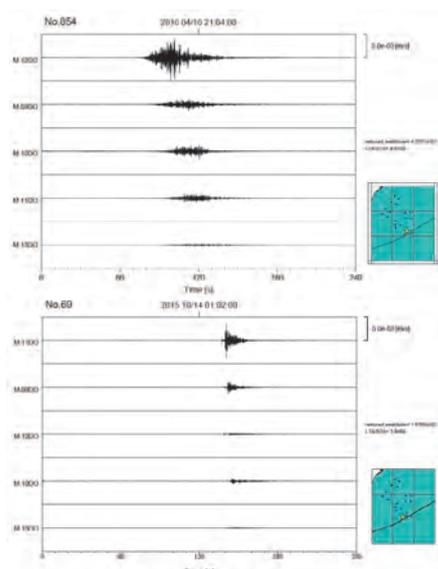
2015年09月01日～2016年04月30日



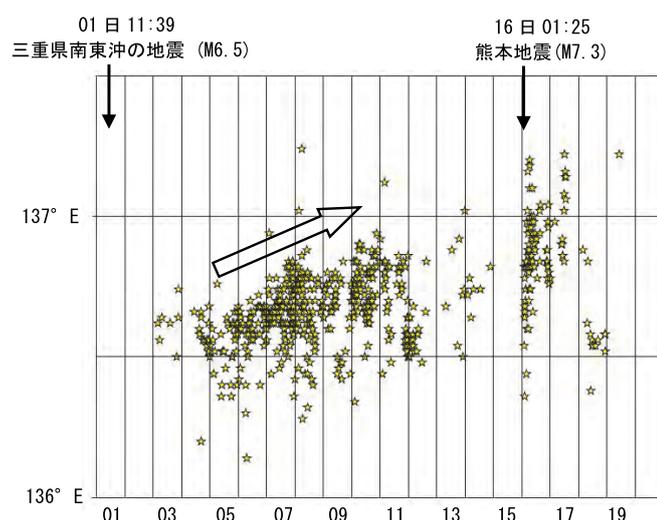
震央分布図



時空間分布



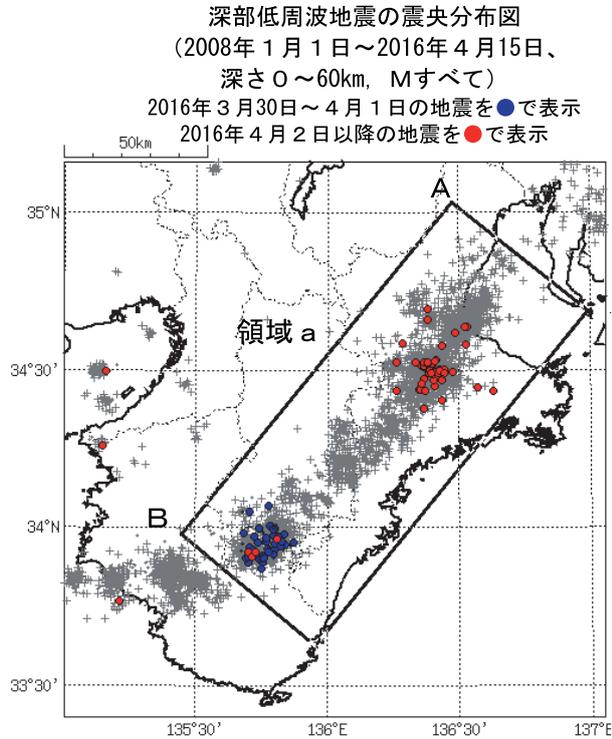
(上) 低周波イベントの波形の例
(下) 通常の地震の波形の例



時空間分布 (2016年4月の活動)

*1 期間中、エンベロープ相関法で決まった震源が 34407 個あった。震源距離によらない振幅値である reduced amplitude が一定値を越えた規模の大きなイベントだけを対象として (1374 個)、目視で通常の地震を取り除く選別を行った (選別後 757 個)。

3月30日から4月6日にかけての 奈良県から三重県の深部低周波地震活動

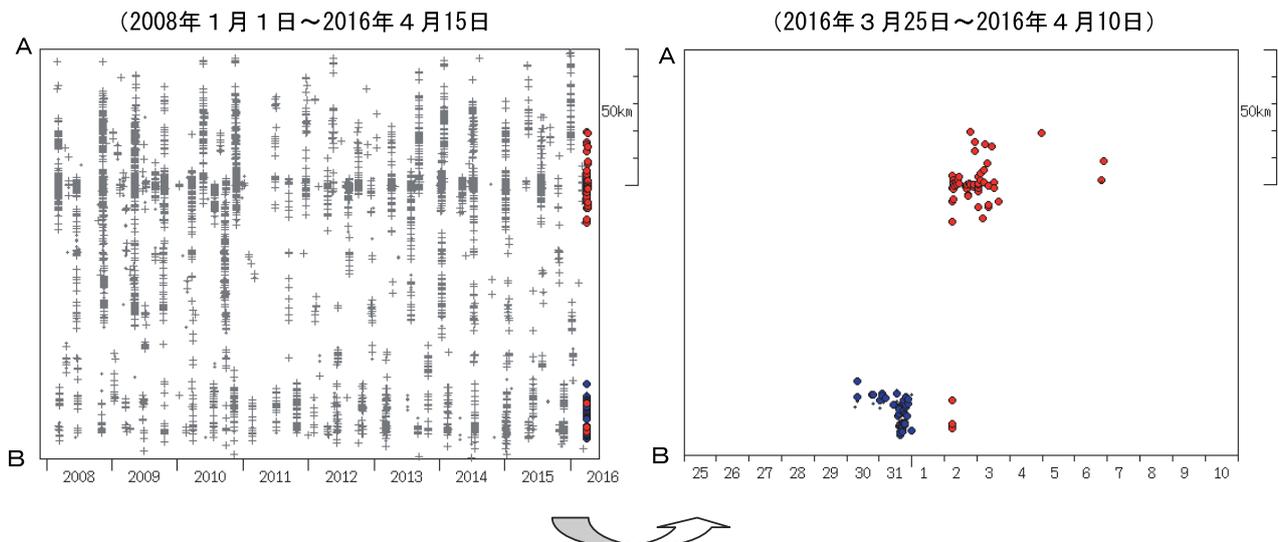


2016年3月30日から4月2日にかけて、奈良県を震央とする深部低周波地震を観測した（青丸で表示）。

また、4月2日から6日にかけて、三重県を震央とする深部低周波地震を観測した（赤丸で表示）。

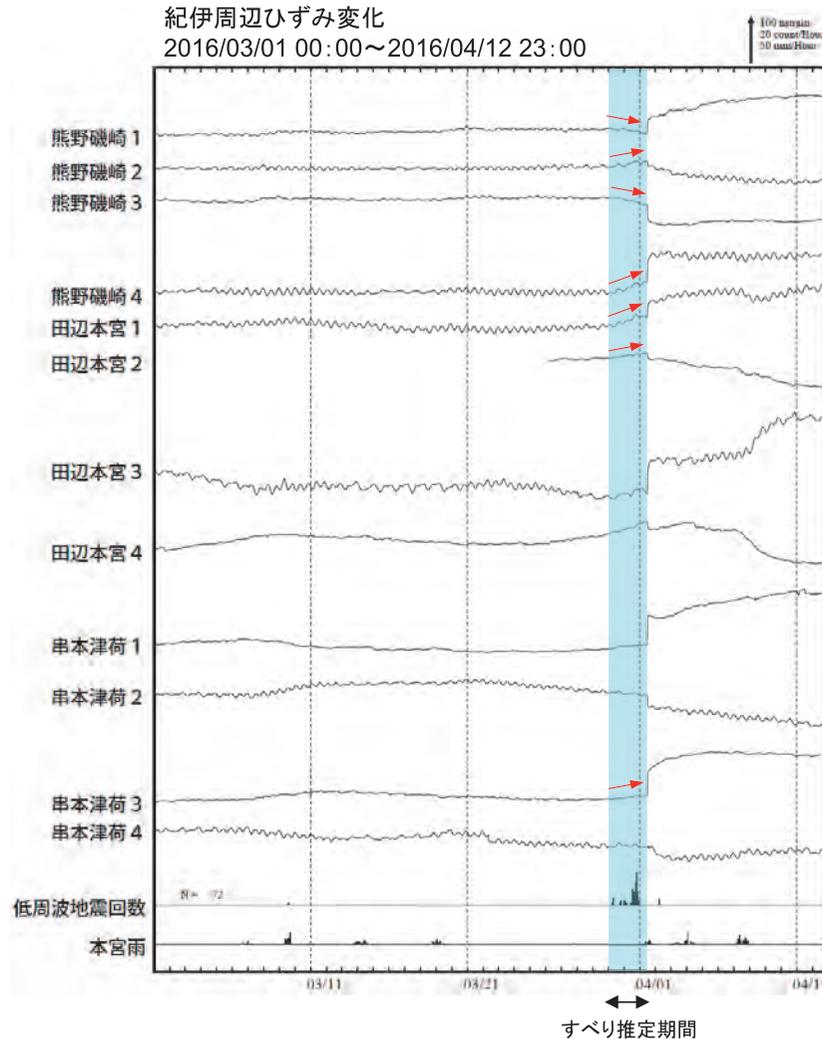
2008年以降の活動を見ると、今回の活動領域での周辺では、半年に1回程度、まとまった深部低周波地震活動が発生している。

領域 a 内の時空間分布図（A－B 投影）



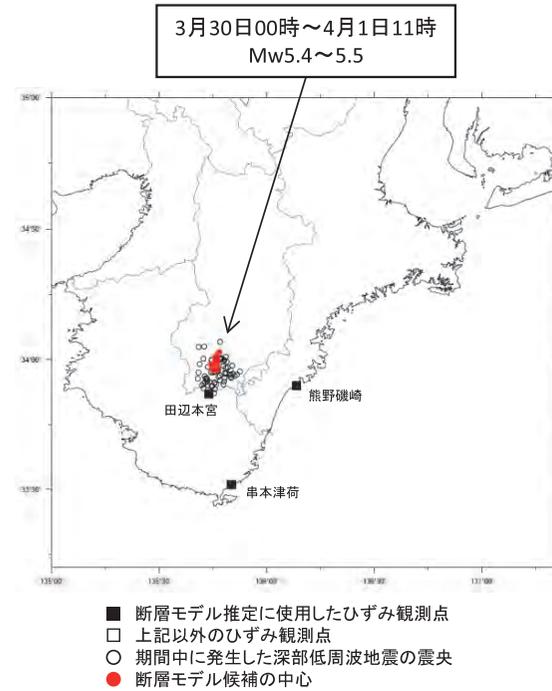
第11図(i) つづき
Fig.11(i) Continued.

ひずみ変化を説明する断層モデル候補



熊野磯崎、田辺本宮及び串本津荷は産業技術総合研究所のひずみ計である。

ひずみ変化から推定されるすべり領域



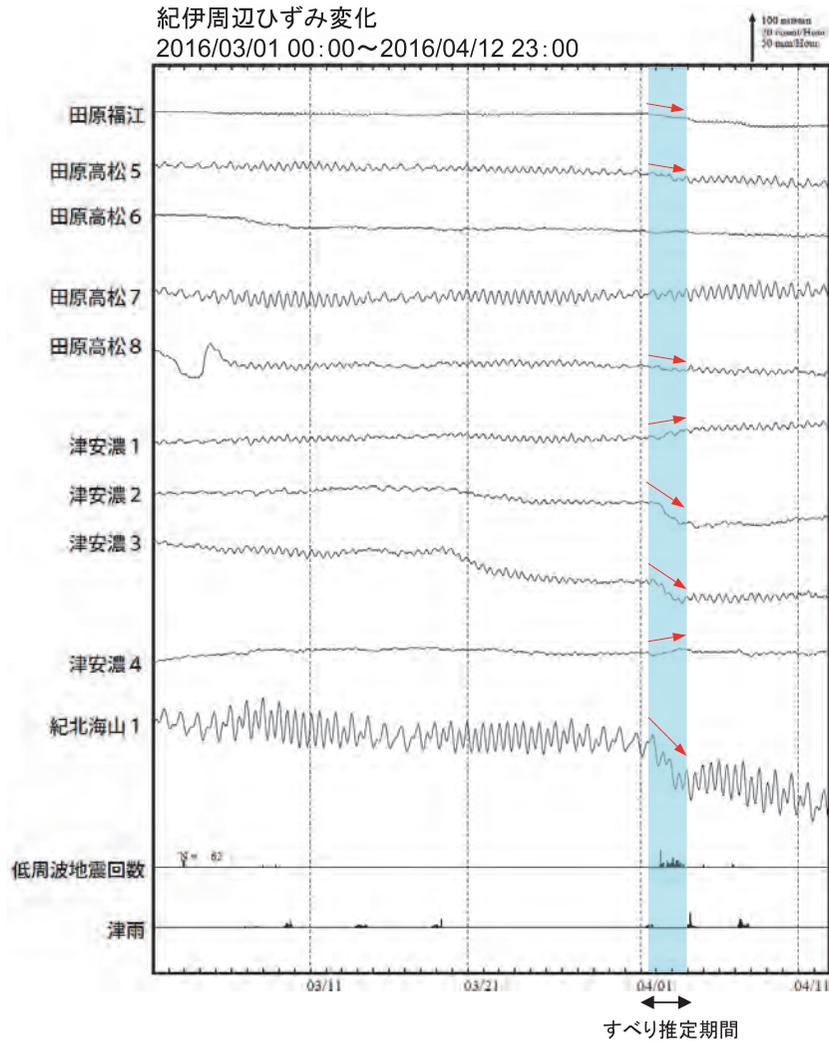
すべり候補領域は、中村・竹中(2004)¹⁾によるグリッドサーチの手法※により求めた。プレート境界と断層面の形状はHirose et al. (2008)²⁾による。

※ すべり候補領域の位置とその規模(Mw)を、すべりがプレート境界面上でプレートの沈み込み方向と反対に発生したと仮定し、考え得る全ての解を前提として得られる理論値と観測値を比較し、合致するものを抽出する手法

1) 中村浩二・竹中潤, 東海地方のプレート間すべり推定ツールの開発, 験震時報, 68, 25-35, 2004
2) Hirose F., J. Nakajima, A. Hasegawa, Three-dimensional seismic velocity structure and configuration of the Philippine Sea slab in southwestern Japan estimated by double-difference tomography, J. Geophys. Res., 113, B09315, doi:10.1029/2007JB005274, 2008

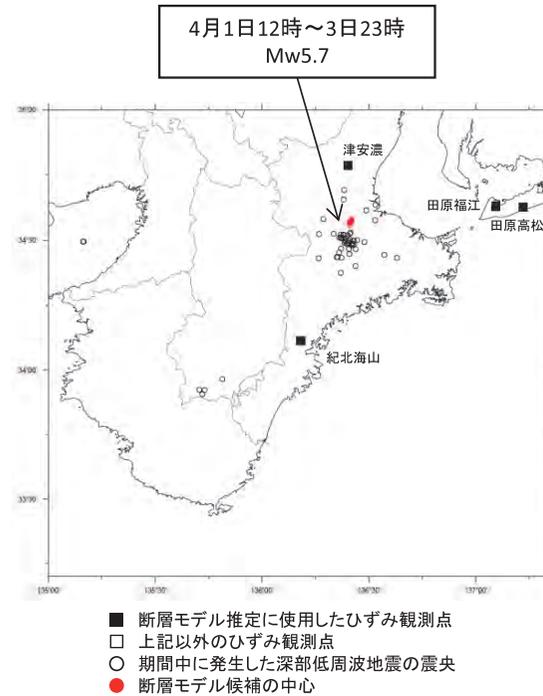
第11図(j) つづき
Fig.11(j) Continued.

ひずみ変化を説明する断層モデル候補



津安濃、紀北海山は産業技術総合研究所のひずみ計である。

ひずみ変化から推定されるすべり領域



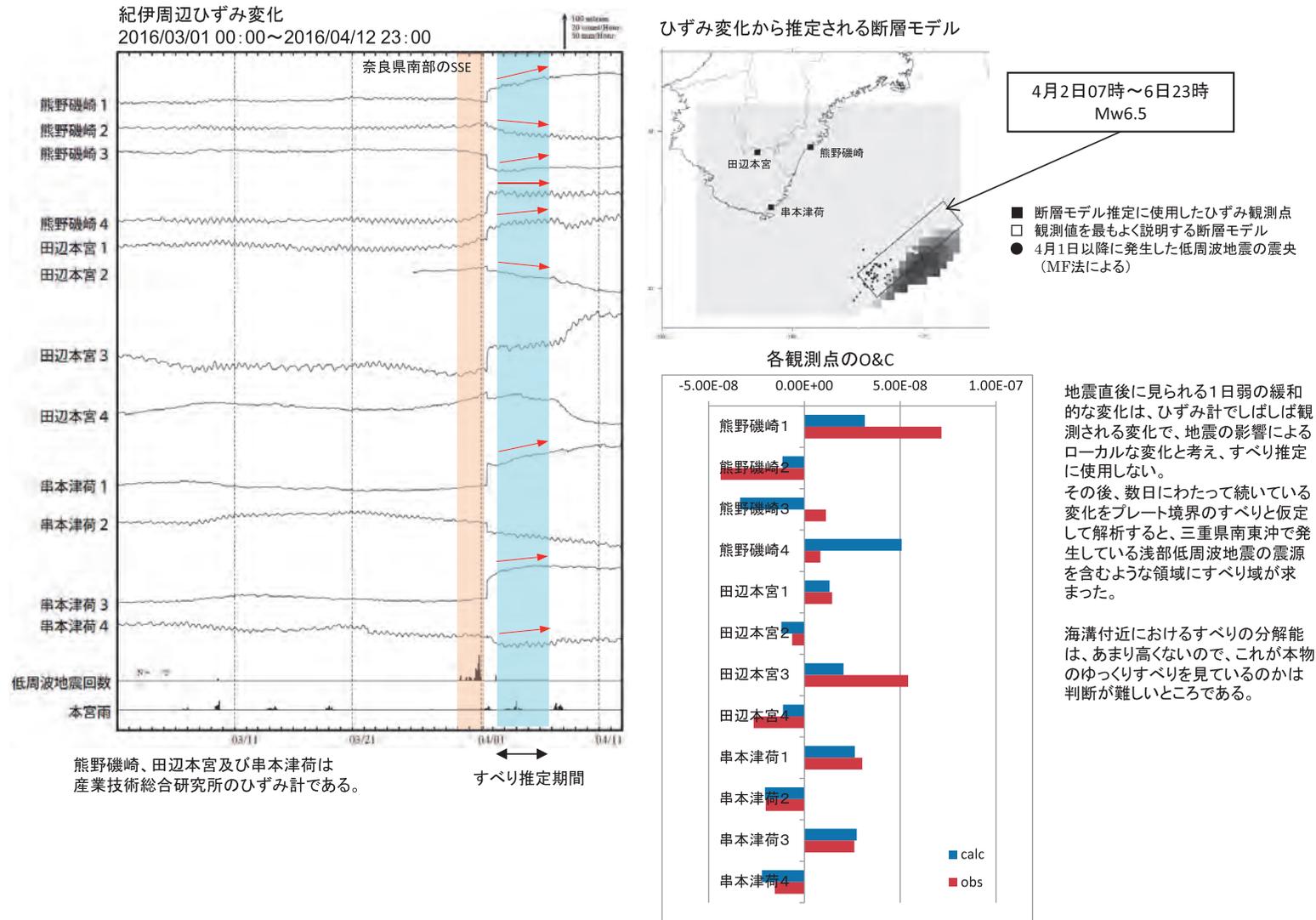
すべり候補領域は、中村・竹中(2004)¹⁾によるグリッドサーチの手法※により求めた。プレート境界と断面面の形状はHirose et al.(2008)²⁾による。

※ すべり候補領域の位置とその規模(Mw)を、すべりがプレート境界面上でプレートの沈み込み方向と反対に発生したと仮定し、考え得る全ての解を前提として得られる理論値と観測値を比較し、合致するものを抽出する手法

1) 中村浩二・竹中潤, 東海地方のプレート間すべり推定ツールの開発, 験震時報, 68, 25-35, 2004
2) Hirose F., J. Nakajima, A. Hasegawa, Three-dimensional seismic velocity structure and configuration of the Philippine Sea slab in southwestern Japan estimated by double-difference tomography, J. Geophys. Res., 113, B09315, doi:10.1029/2007JB005274, 2008

第 11 図 (k) つづき
Fig.11(k) Continued.

4月1日の三重県南東沖の地震後に見られた緩和的变化について



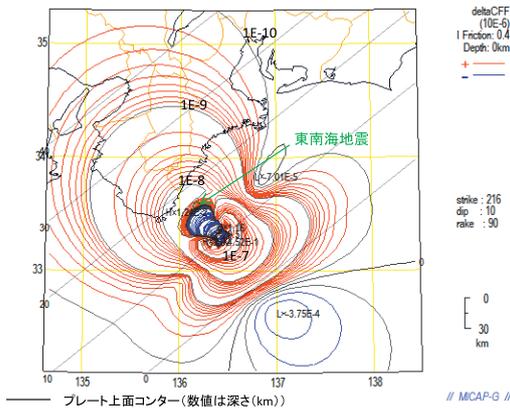
第11図(l) つづき
Fig.11(l) Continued.

三重県南東沖の地震の東南海地震に対する ΔCFF の試算

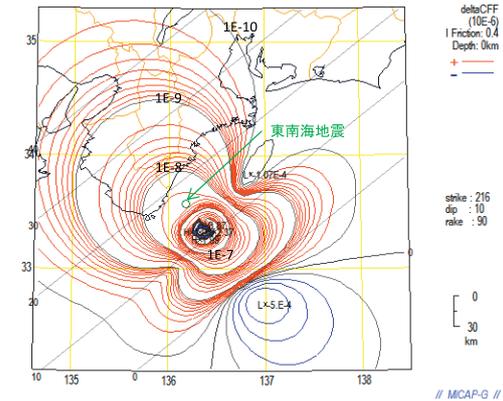
- ・4/1三重県南東沖の地震の断層は、気象庁CMT解より、 $M_0=6.2E+17$ 、 $\text{Log}S=M-3.9$ 、 $M_0=\mu dS$ から断層幅6.3km、断層長さ12.6km、すべり量0.19mと仮定(断層上端中央は一元化震源の震央とし、上端深さはCMTセントロイド12kmを使用)。
- ・東南海地震の断層は、走向: 216° 傾斜 10° すべり角 90° (Kanamori(1972), PEPI, 5, 129-139.)を使用。
- ・剛性率は41GPa、内部摩擦係数は0.4と仮定。

概ねフィリピン海プレート上面での計算

断層面解1 (39, 72, 82)による ΔCFF



断層面解2 (244, 19, 113)による ΔCFF



東南海地震の震央: 促進域と抑制域の境界付近 東南海地震の震央: $\Delta CFF \approx 3E-8$ で促進域

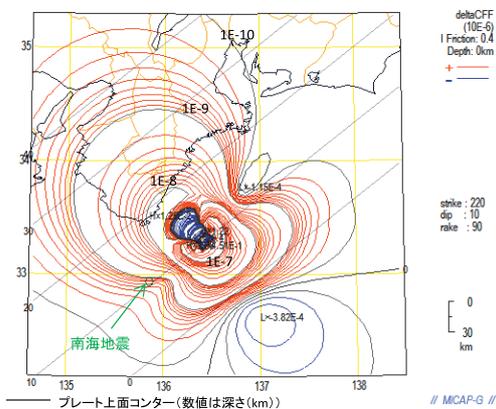
潮汐歪 $\approx 1E-7$ と考えると、潮汐応答以下のレベルと考えられる

三重県南東沖の地震の南海地震に対する ΔCFF の試算

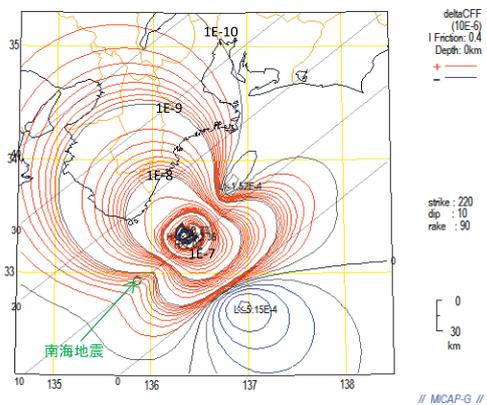
- ・4/1三重県南東沖の地震の断層は、気象庁CMT解より、 $M_0=6.2E+17$ 、 $\text{Log}S=M-3.9$ 、 $M_0=\mu dS$ から断層幅6.3km、断層長さ12.6km、すべり量0.19mと仮定(断層上端中央は一元化震源の震央とし、上端深さはCMTセントロイド12kmを使用)。
- ・南海地震の断層は、走向: 220° 傾斜 10° すべり角 90° (Kanamori(1972), PEPI, 5, 129-139.)を使用。
- ・剛性率は41GPa、内部摩擦係数は0.4と仮定。

概ねフィリピン海プレート上面での計算

断層面解1 (39, 72, 82)による ΔCFF



断層面解2 (244, 19, 113)による ΔCFF



南海地震の震央: $\Delta CFF \approx 7E-10$ で促進域

南海地震の震央: $\Delta CFF \approx 5E-10$ で促進域

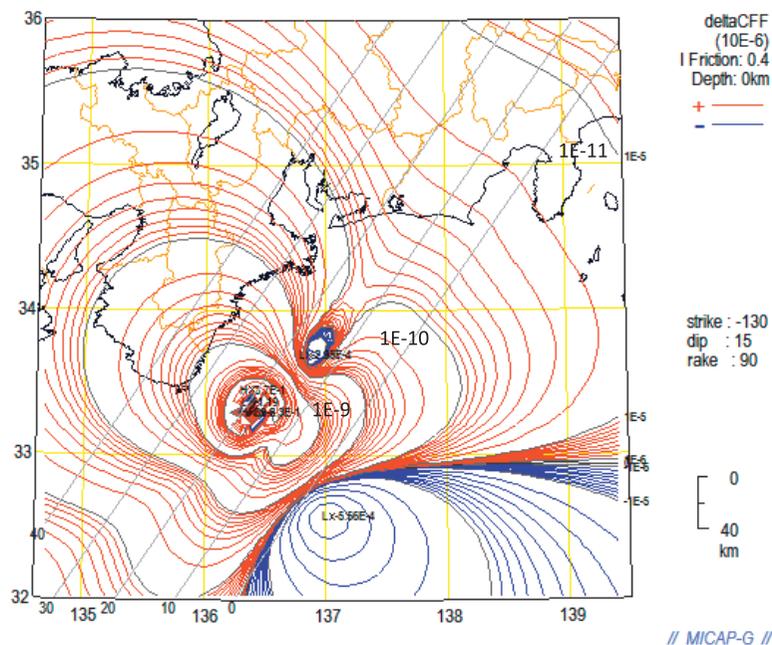
潮汐歪 $\approx 1E-7$ と考えると、潮汐応答以下のレベルと考えられる

三重県南東沖の地震の東海地震に対する ΔCFF の試算

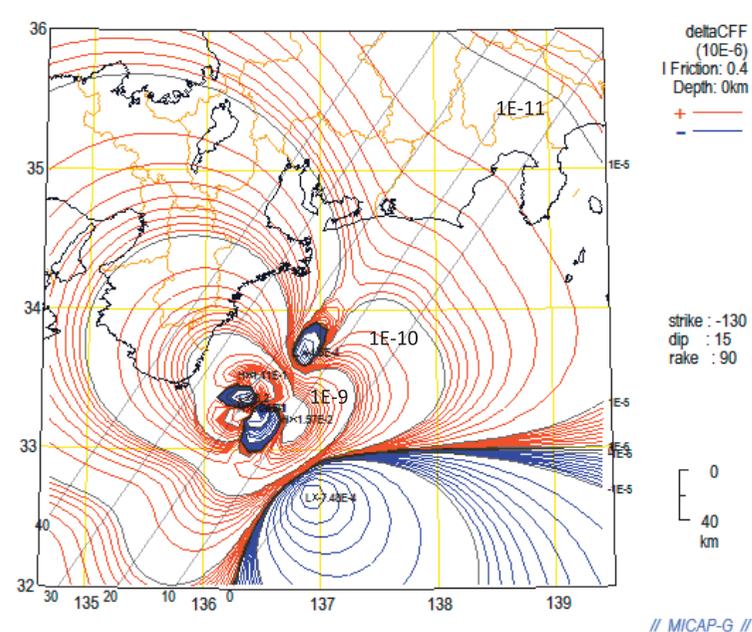
- ・4/1三重県南東沖の地震の断層は、気象庁CMT解より、 $M_0=6.2E+17$ 、 $\text{Log}S=M-3.9$ 、 $M_0=\mu dS$ から断層幅6.3km、断層長さ12.6km、すべり量0.19mと仮定。
- ・東海地震の断層は、走向： -130° 傾斜 15° すべり角 90° を使用。
- ・剛性率は41GPa、内部摩擦係数は0.4と仮定。

概ねフィリピン海プレート上面での計算

断層面解1 (39, 72, 82)による ΔCFF



断層面解2 (244, 19, 113)による ΔCFF



東海地震の想定震源域： $\Delta CFF = \text{約} 1E-11 \sim 1E-10$ で促進域

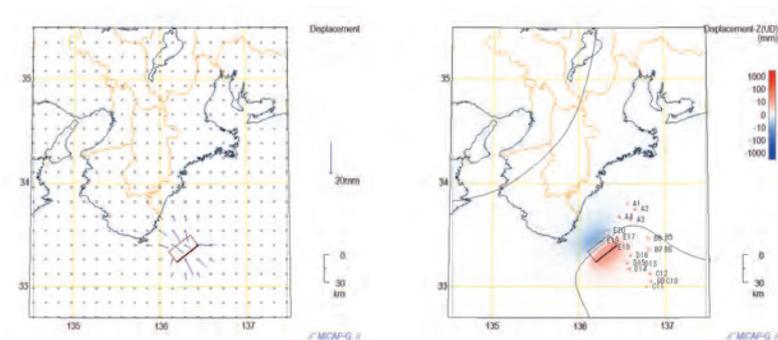
潮汐 $\approx 1E-7$ と考えると、潮汐応答以下のレベルと考えられる

2016年4月1日三重県南東沖の地震(M6.5)による理論変位とGNSS座標値

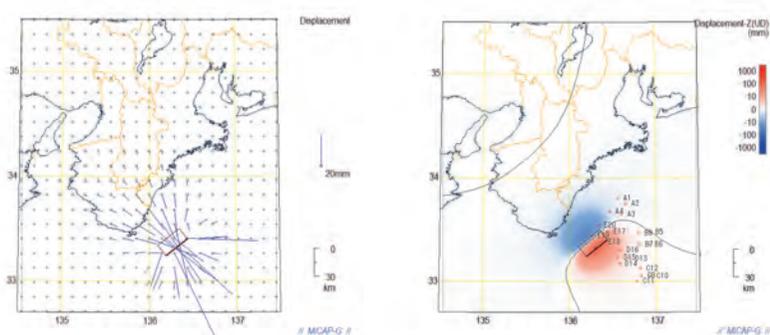
一枚の矩形断層を仮定。変動源の中心、深さ、走向、傾斜、すべり角は気象研の遠地震源過程解析結果に合わせた。長さ、幅は「地震の事典」のスケリング則を使用。すべり量は $M_0 = \mu DS$ と $\log M_0 = 1.5 M_w + 9.1$ から求め、剛性率 $\mu = 4 \times 10^{10}$ Pa を使用した。

(低角) 長さ: 28km、幅: 14.3km、走向: 232° 、傾斜: 12° 、すべり角: 93°
断層上端の深さ: 10km、断層の位置: 北緯 33.4032° 東経 136.441°

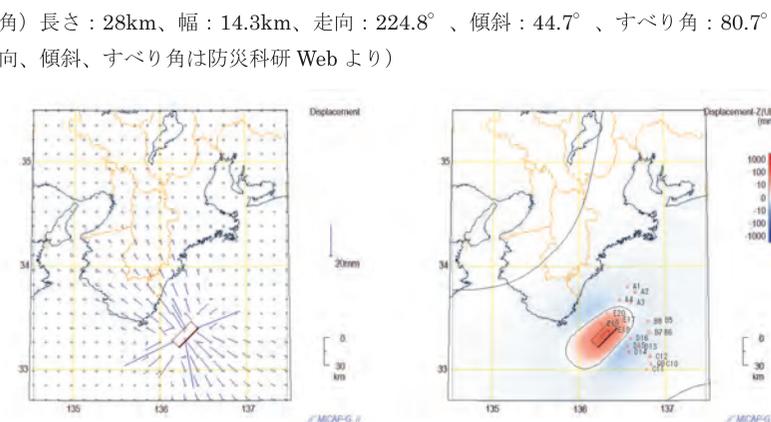
Mw=6.5 の場合、 $M_0 = 7.08 \times 10^{18}$ 、すべり量 $S = M_0 / \mu / D = 7.08 \times 10^{18} / (4 \times 10^{10} / (28 \times 14.3 \times 10^6)) = 0.44$ m
Mw=6.0 の場合、 $M_0 = 1.26 \times 10^{18}$ 、すべり量 $S = M_0 / \mu / D = 1.26 \times 10^{18} / (4 \times 10^{10} / (28 \times 14.3 \times 10^6)) = 0.079$ m



低角 Mw=6.0 水平変位は沿岸部で 3mm ほど。上下変位は沿岸部で 1mm ほど沈降、最大隆起は 2cm 弱。



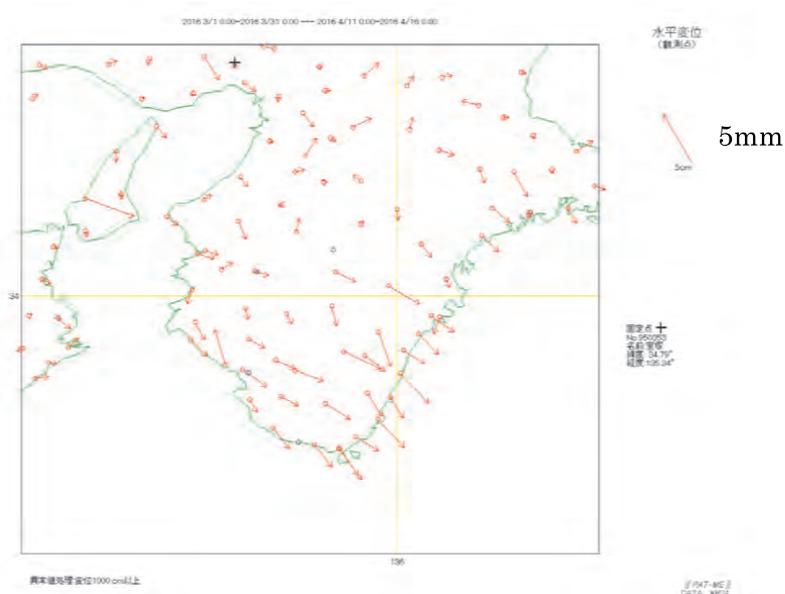
低角 Mw=6.5 水平変位は沿岸部で 15mm ほど。上下変位は沿岸部で 5mm ほど沈降、最大隆起は 10cm ほど。



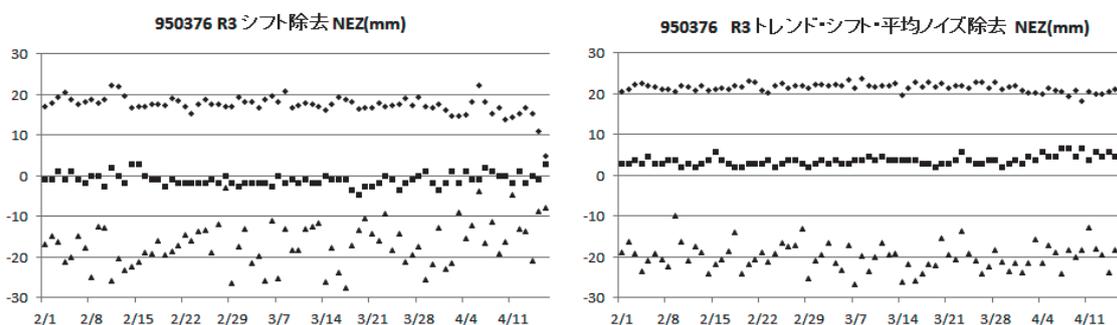
高角 Mw=6.5 水平変位は沿岸部で 10mm 強。上下変位は沿岸部で 2~3mm ほど沈降、最大隆起は 10cm 強。

第 11 図 (o) つづき
Fig.11(o) Continued.

GEONET R3 解



2016/3/1-3/31 の平均と 4/11-16 の平均との差 (シフト除去)
 紀伊半島南部の観測点に 3mm ほどの南東向きベクトルが見られる。



シフト除去(左)とトレンド・シフト・平均ノイズ除去(右)の R3 解座標値 (950376) (2016/2/1 ~2016/4/16)

950376 の座標を見ると、4/1 の地震後に 3mm ほどの南東向き変位があるように見える。

陸上の GNSS 座標値変位からは、Mw6.5 相当の変位は見られず、余効変動合わせて Mw6.0 相当の変位が見えるかどうかというあたり。

第 11 図 (p) つづき
 Fig.11(p) Continued.