

4-1 関東・中部地方とその周辺の地震活動（2016年5月～2016年10月） Seismic Activity in and around the Kanto and Chubu Districts (May2016 – October 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145回、M5.0以上の地震は24回発生した。このうち最大のものは、2016年9月23日に関東東方沖で発生したM6.7の地震である。

2016年5月～2016年10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) 茨城県南部の地震活動（最大M5.5，最大震度5弱，第2図(a)～(e)）

2016年5月16日21時23分に茨城県南部の深さ42kmでM5.5の地震（最大震度5弱）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。

また、2016年6月12日07時54分に茨城県南部の深さ40km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北北西－南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。

また、7月17日13時24分と20日07時25分に、いずれも茨城県南部の深さ42kmでM5.0の地震（最大震度4）が発生した。これらの地震は、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。

なお、波形相関解析から5月16日と7月17日の地震については相似地震が検出されている。

南関東を中心としたフィリピン海プレート全体について最近の地震活動を見ると、活発になっている様子は特に見られなかった。

(2) 新潟県上越地方（新潟・長野県境付近）の地震活動（最大M4.8，最大震度4，第3図(a), (b)）

2016年6月25日から新潟県上越地方（新潟・長野県境付近）で地震活動が活発となり、25日13時51分に新潟県上越地方のごく浅い場所で最大規模の地震であるM4.8の地震（最大震度4）が発生したのをはじめ、7月1日08時04分にも、ほぼ同じ場所でM4.6の地震（最大震度3）が発生した。これらの地震活動は地殻内で発生した。

(3) 伊豆大島近海の地震活動（最大M3.7，最大震度3，第4図）

2016年7月17日から伊豆大島近海で地震活動がやや活発になり、7月24日13時54分に最大規模のM3.7の地震（最大震度3）が発生するなど、7月25日にかけて震度1以上を観測する地震が18回発生した。

(4) 千葉県北東部の地震（M5.2，最大震度4，第5図）

2016年7月19日12時57分に千葉県北東部の深さ33kmでM5.2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－南東方向に張力軸を持つ横ずれ断層型で、フィリピン海プレート内

部で発生した。

(5) 茨城県北部の地震 (M5.4, 最大震度5弱, 第6図(a), (b))

2016年7月27日23時47分に茨城県北部の深さ57kmでM5.4の地震(最大震度5弱)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。なお、波形相関解析からこの地震については相似地震が検出されている。

(6) 茨城県沖の地震 (M5.4, 最大震度4, 第8図)

2016年8月19日21時07分に茨城県沖の深さ48km(太平洋プレートと陸のプレートの境界付近)でM5.4の地震(最大震度4)が発生した。この地震は、発震機構が北北西-南南東方向に圧力軸を持つ型である。

(7) 茨城県南部の地震 (M4.9, 最大震度4, 第10図(a), (b))

2016年9月7日13時28分に、茨城県南部の深さ50kmでM4.9の地震(最大震度4)が発生した。この地震は、発震機構が北西-南東方向に圧力軸を持つ逆断層型である。なお、波形相関解析からこの地震については相似地震が検出されている。

(8) 関東東方沖の地震 (M6.7, 最大震度1, 第14図(a)~(h))

2016年9月23日09時14分に関東東方沖(プレート三重会合点付近)の深さ15km(CMT解による)でM6.7の地震(最大震度1)が発生した。この地震は、発震機構(CMT解)が東西方向に圧力軸を持つ逆断層型である。この地震により、八丈島八重根の巨大津波観測計(観測単位は0.1m)で高さ0.2mの津波を観測した。今回の地震の震央周辺では、本年9月に入ってから地震活動が活発となり、9月2日にはM5.3の地震が発生するなど、10月31日までにM5.0以上の地震が10回発生した。

国立研究開発法人防災科学技術研究所の日本海溝海底地震津波観測網(S-net)のデータを用いて今回の活動の震源を再決定したところ、再決定後の震源分布は一元化処理によるものに比べてクラスタ状の分布が明瞭になるとともに、10月以降、活動域が北北西に延びる様子がみられた。

(9) 千葉県北東部の地震 (M5.3, 最大震度4, 第15図(a), (b))

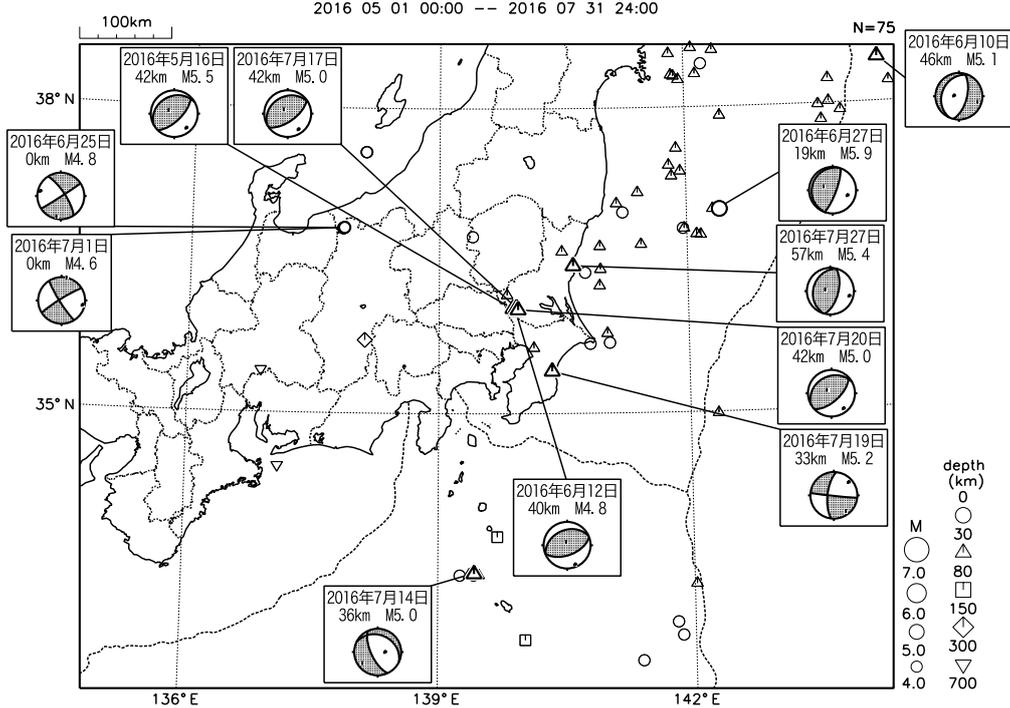
2016年10月20日11時49分に千葉県北東部の深さ37kmでM5.3の地震(最大震度4)が発生した。この地震は、発震機構(CMT解)が北北西-南南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、フィリピン海プレートと陸のプレートの境界で発生した。なお、波形相関解析からこの地震については相似地震が検出されている。

(10) 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	
2016年					
8月5日	硫黄島近海	6.4	534	2	(第7図)
8月26日	鳥島近海	6.1	498	2	(第9図)

9月9日	茨城県沖	5.4	47	3	(第11図)
9月13日	埼玉県南部	4.9	77	3	(第12図)
9月21日	鳥島近海	6.0	10 (CMT解による)	2	(第13図)

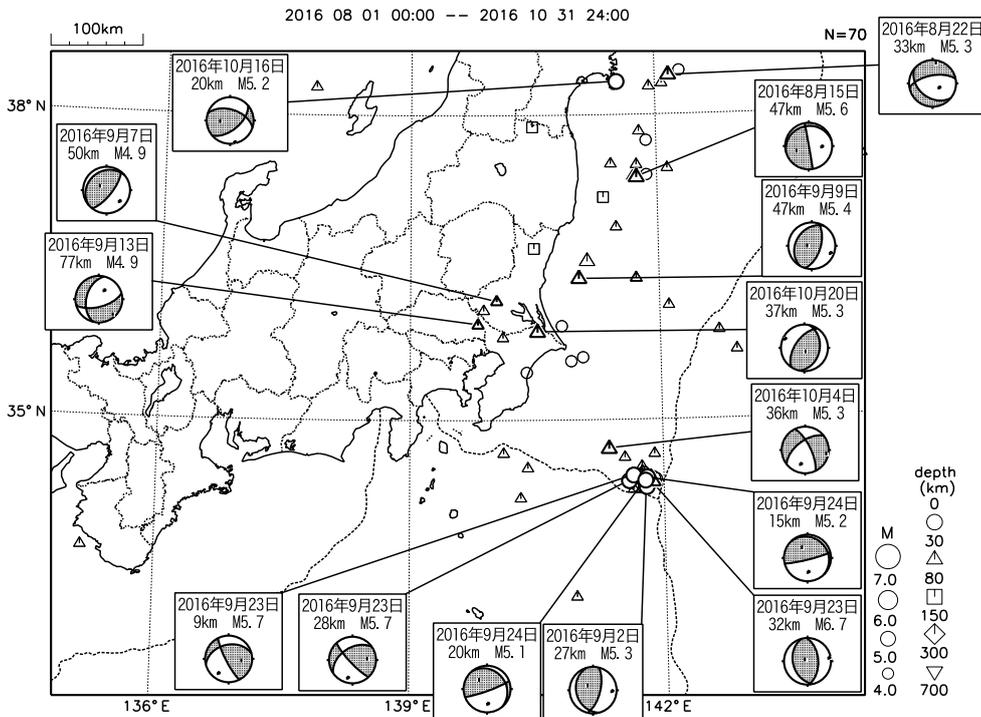
関東・中部地方とその周辺の地震活動 (2016年5月~7月、 $M \geq 4.0$)



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 (2016年5月~2016年7月, $M \geq 4.0$, 深さ ≤ 700 km)
 Fig.1(a) Seismic activity in and around the Kanto and Chubu districts (May – July 2016, $M \geq 4.0$, depth ≤ 700 km).

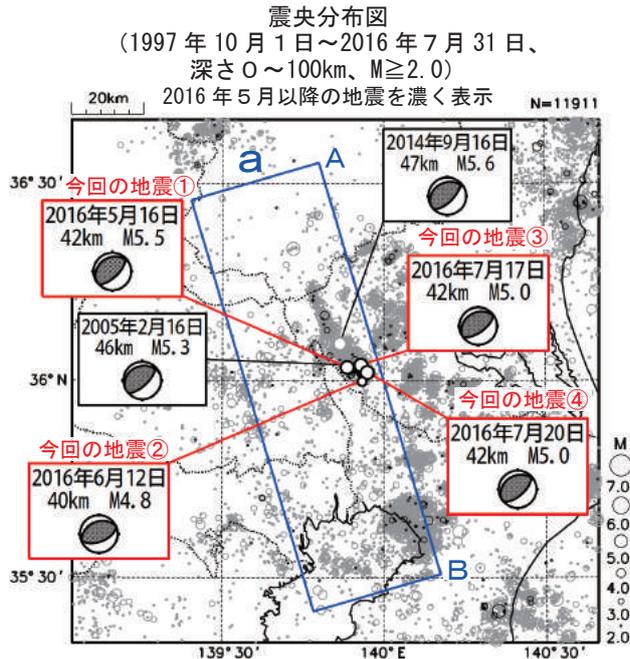
関東・中部地方とその周辺の地震活動 (2016年8月~10月、 $M \geq 4.0$)



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8月~10月, $M \geq 4.0$, 深さ ≤ 700 km)
 Fig.1(b) Continued (August – October 2016, $M \geq 4.0$, depth ≤ 700 km).

5月16日、6月12日、7月17日、7月20日 茨城県南部の地震

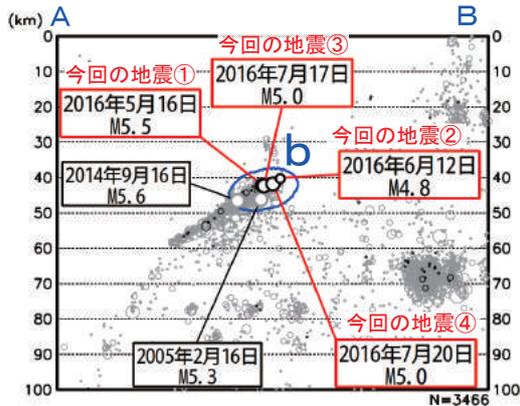


2016年5月16日21時23分に茨城県南部の深さ42kmでM5.5の地震(最大震度5弱、今回の地震①)が、6月12日07時54分に茨城県南部の深さ40kmでM4.8の地震(最大震度4、今回の地震②)が、7月17日13時24分(今回の地震③)と20日07時25分(今回の地震④)に、ともに茨城県南部の深さ42kmでM5.0の地震(最大震度4)が発生した。これらの地震は、発震機構が①、③、④の地震が北西-南東方向に、②の地震が北北西-南南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、いずれもフィリピン海プレートと陸のプレートの境界で発生した。①と④の地震の発生後にはややまとまった地震活動がみられた。

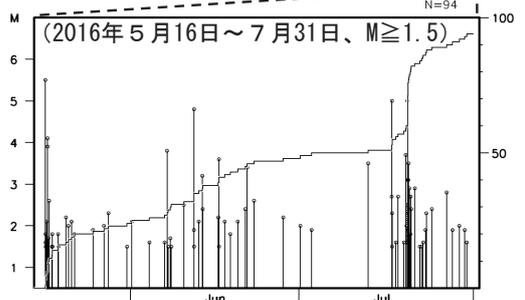
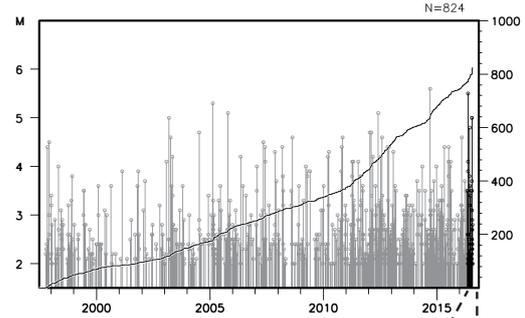
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近(領域b)は、活動が活発な領域で、M5程度の地震がしばしば発生している。

1923年1月以降の活動をみると、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。

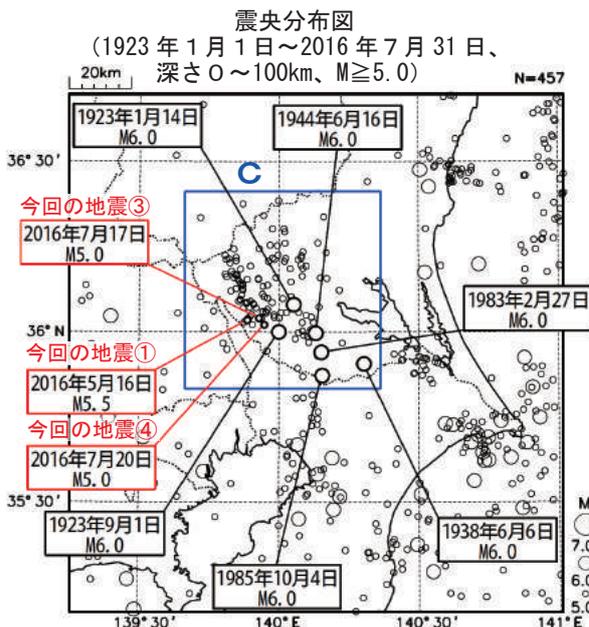
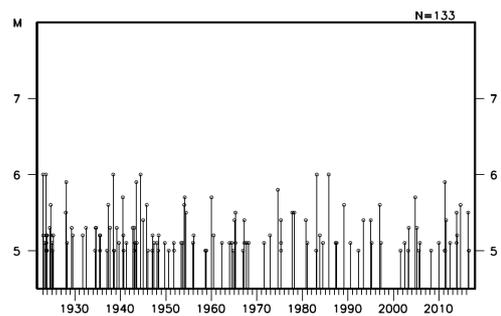
領域a内の断面図(A-B投影)



領域b内のM-T図及び回数積算図



領域c内のM-T図

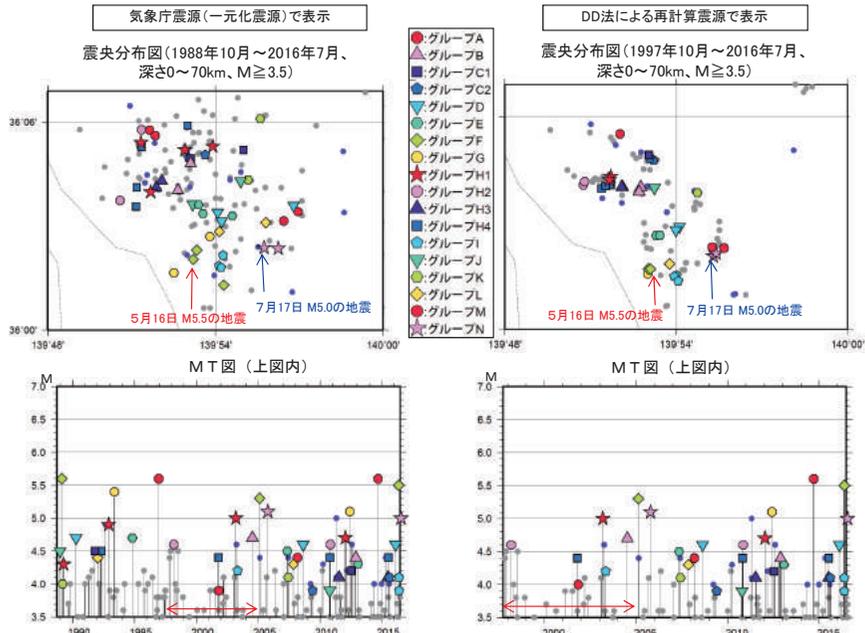


第2図(a) 2016年5月16日、6月12日、7月17日、7月20日 茨城県南部の地震

Fig.2(a) The earthquakes in the southern part of Ibaraki Prefecture on May 16, June 12, July 17 and July 20, 2016.

5月16日、7月17日茨城県南部の地震（相似地震）

(グループ分けにはワード法を使用)



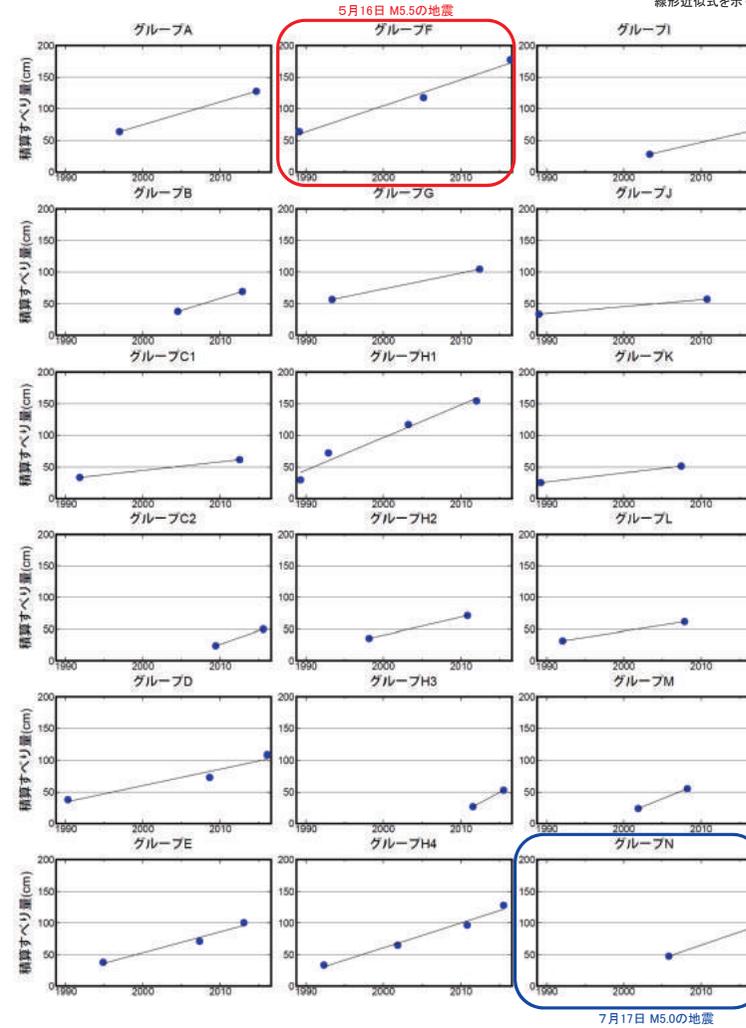
●グループ毎の推定年平均すべり量等

グループ	回数	平均M	震度		平均	発生間隔		年平均すべり量 (cm/年)
			最大震度	最小震度		最短	最長	
A	2	5.60	5-	5-	17.74			3.60
B	2	4.55	4	3	8.38			3.77
C1	2	4.35	4	3	20.73			1.35
C2	2	4.00	3	3	6.20			4.27
D	3	4.63	4	3	12.92	7.47	18.37	2.59
E	3	4.50	3	3	9.12	5.74	12.51	3.34
F	3	5.47	5-	4	13.62	11.24	15.99	4.12
G	2	5.25	4	4	19.03			2.50
H1	4	4.73	4	3	7.59	3.63	10.29	5.16
H2	2	4.60	4	4	12.66	12.66	12.66	2.80
H3	2	4.10	3	3	3.97			6.66
H4	4	4.43	4	3	7.74	4.71	9.49	3.93
I	3	4.07	3	3	6.52	0.00	13.03	2.82
J	2	4.20	3	3	21.79			1.08
K	2	4.05	3	2	18.23			1.45
L	2	4.35	3	3	15.82			1.88
M	2	4.15	3	3	6.35			4.97
N	2	5.05	4	4	10.75			4.17

すべり量推定には、モーメントマグニチュードと地震モーメントの関係式[Hanks and Kanamori (1979)]及び地震モーメントとすべり量の関係式[Nadeau and Johnson(1998)]を使用。得られた積算すべり量と経過時間から最小自乗法を用いてグループ毎の年平均すべり量を求めた。

●グループ毎の積算すべり量

直線は当該期間の積算すべり量変化の線形近似式を示す

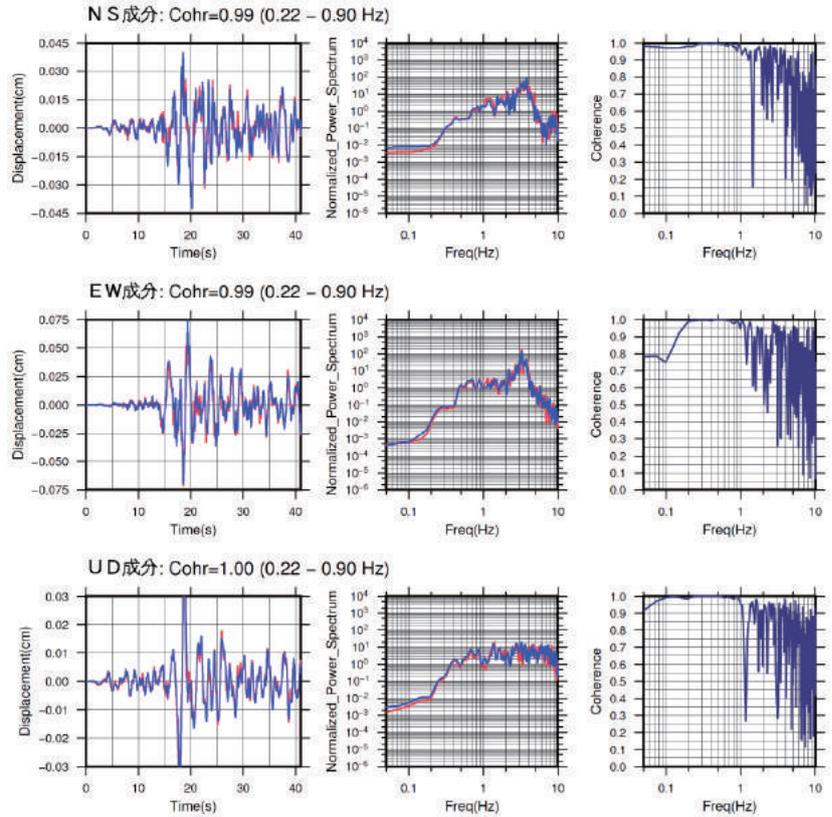
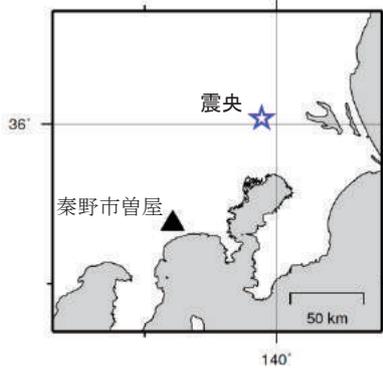


第2図(b) つづき
Fig.2(b) Continued.

●強震波形相関解析(波形例)

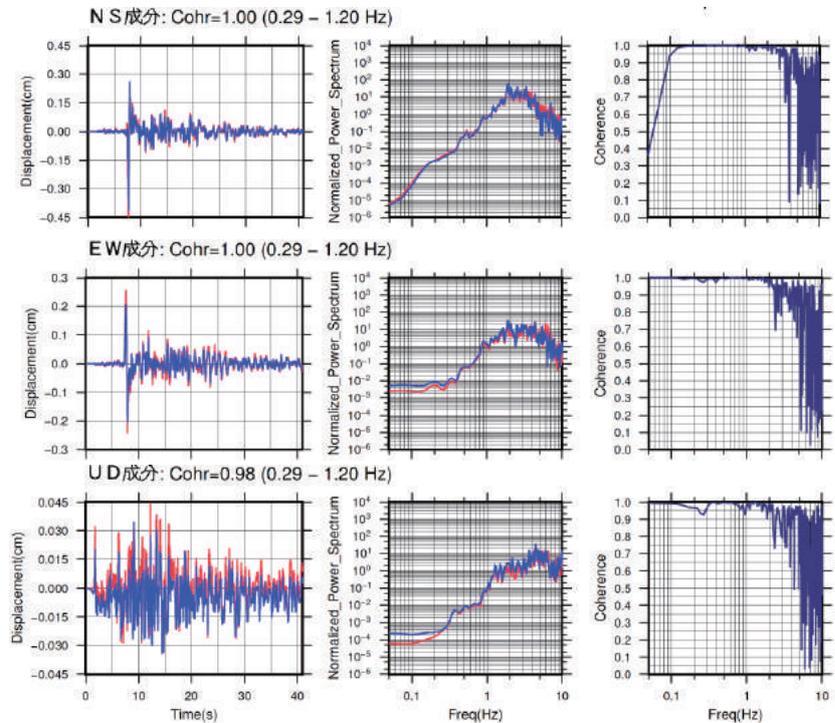
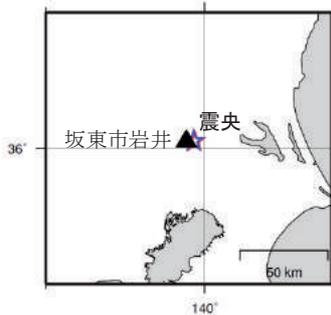
○5月16日M5.5の地震

観測点名:秦野市曾屋(52C)
 2005/02/16 04:46:36 M5.3
 2016/05/16 21:23:02 M5.5



○7月17日M5.0の地震

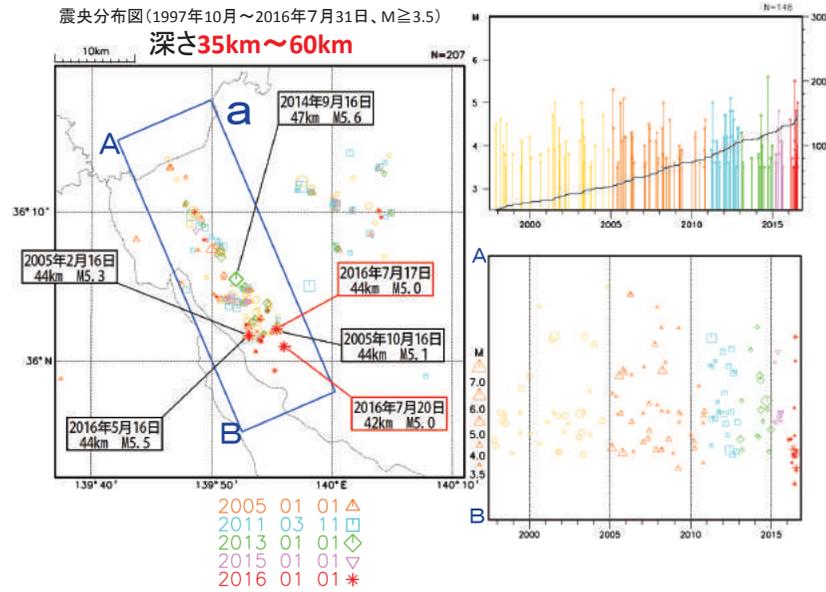
観測点名:坂東市岩井(515)
 2005/10/16 16:05:42 M5.1
 2016/07/17 13:24:02 M5.0



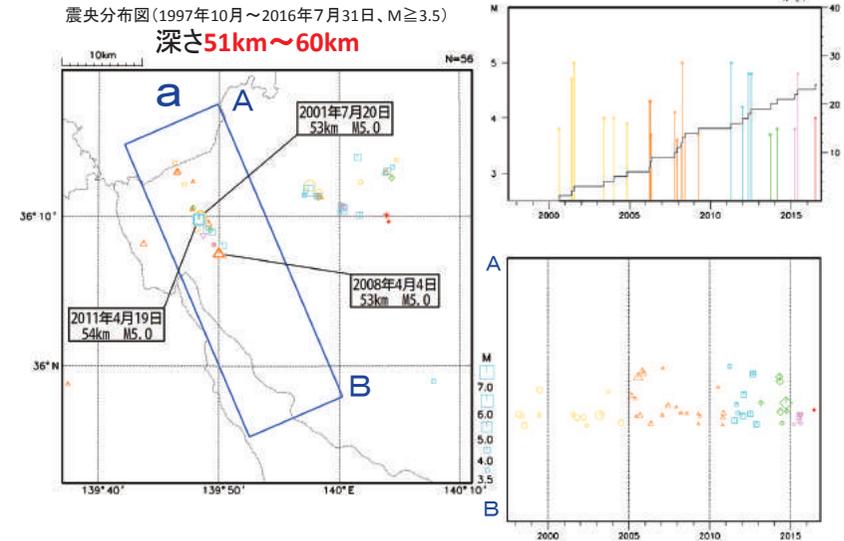
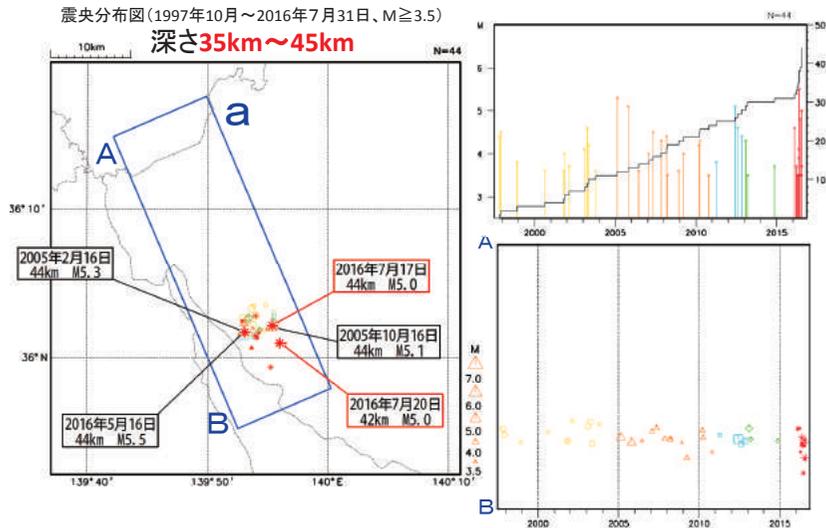
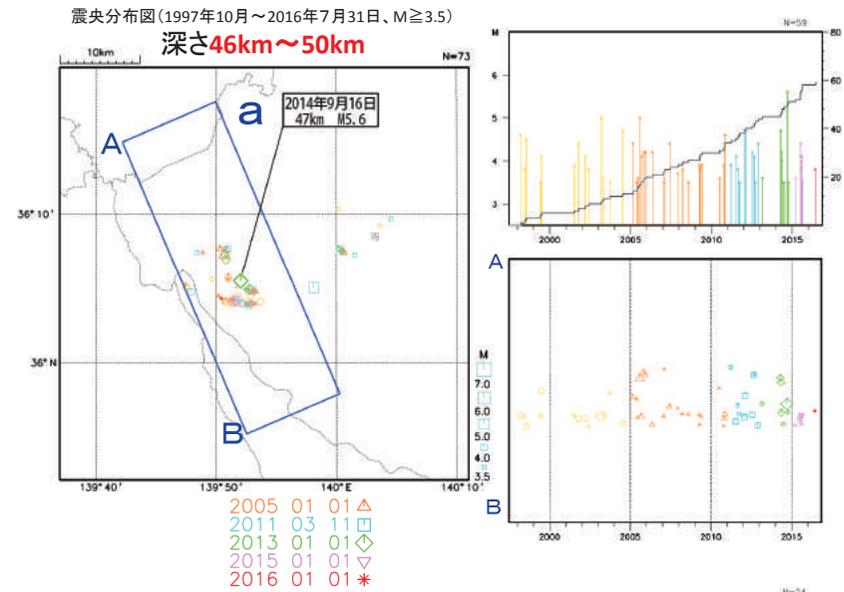
変位波形は加速度記録を気象庁59型地震計相当に変換して求めた

第2図(c) つづき
 Fig.2(c) Continued.

茨城県南部（狭域の深さごとの地震活動比較_dd法）



茨城県南部（狭域の深さごとの地震活動比較_dd法）



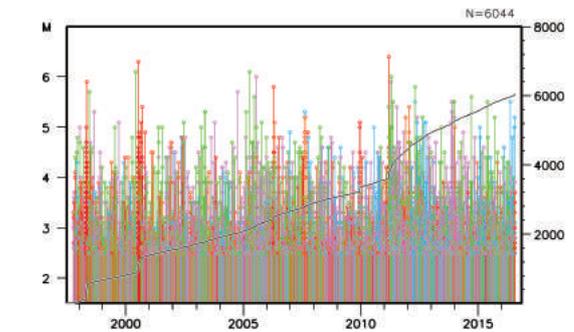
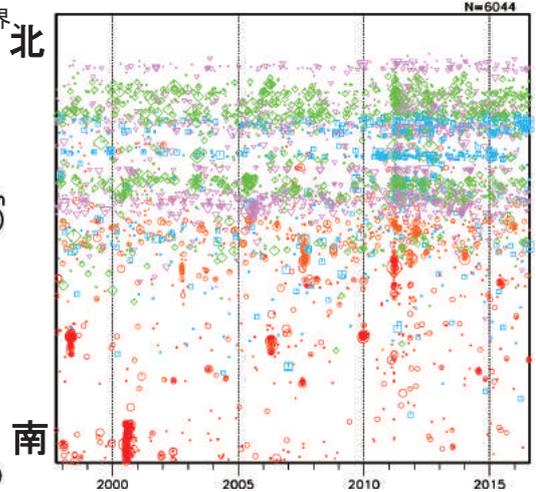
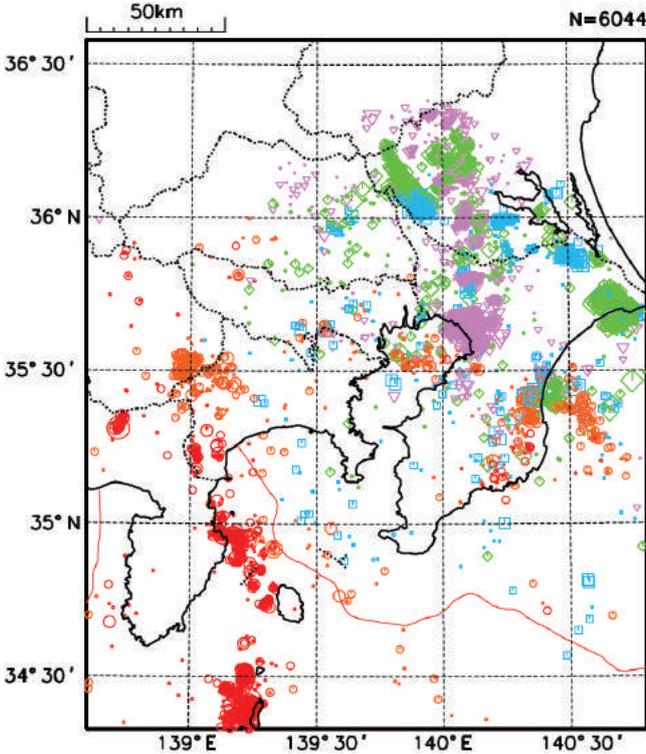
第2図(d) つづき
Fig.2(d) Continued.

フィリピン海プレート全体の地震活動

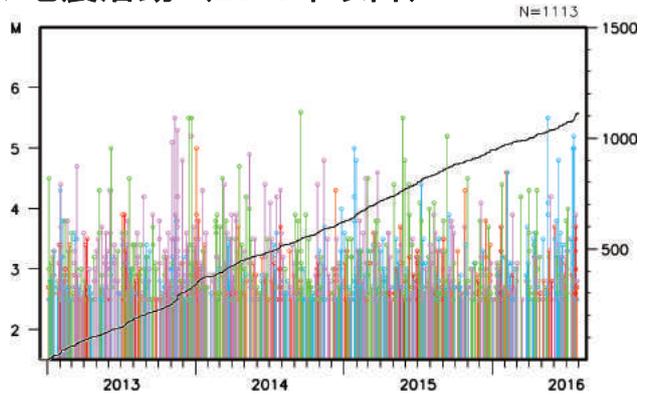
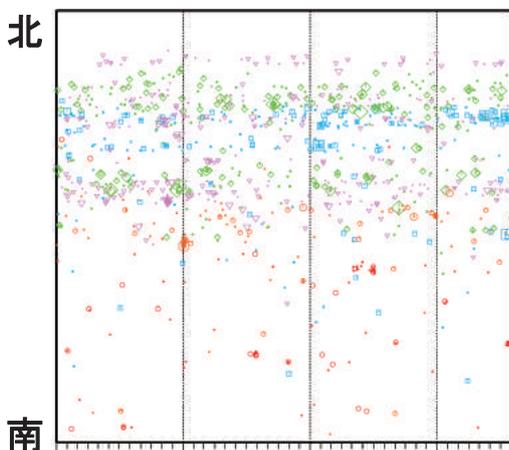
震央分布図

(1997年10月～2016年7月31日、M \geq 2.5)

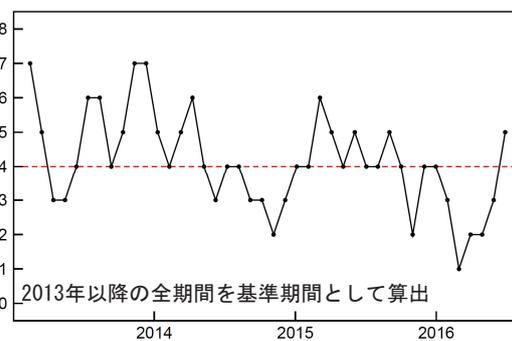
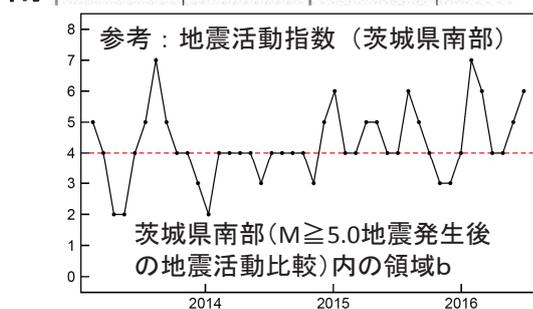
フィリピン海プレート内部、フィリピン海プレートと太平洋プレートの境界、
フィリピン海プレートと陸のプレートの境界の地震を含む



フィリピン海プレート全体の地震活動 (2013年以降)

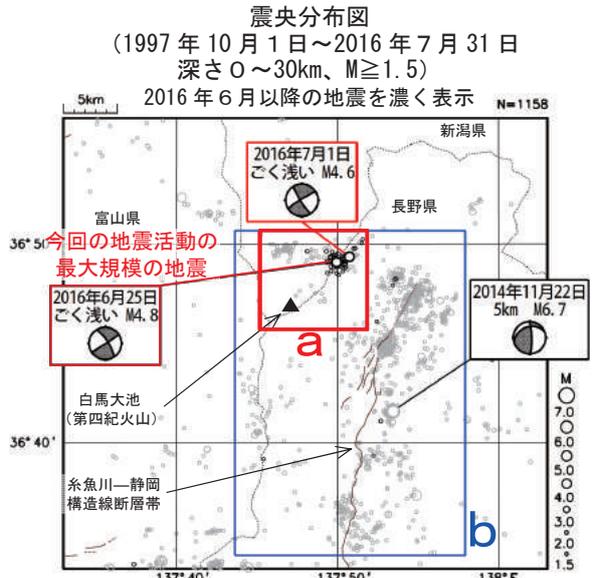


地震活動指数 (3km, 7日でデクラスタ)



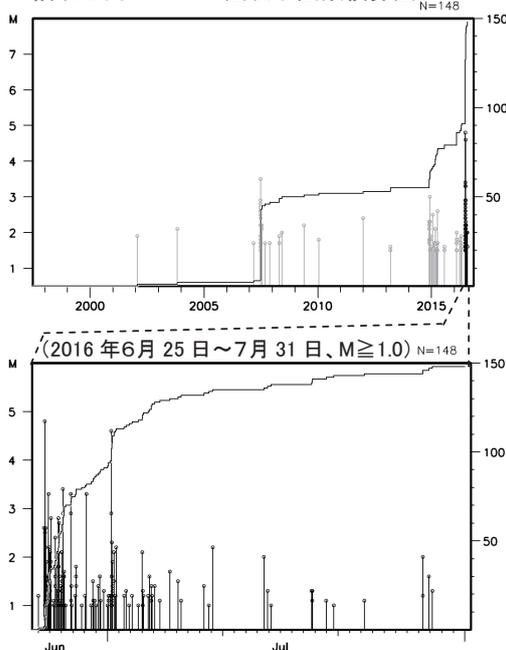
フィリピン海プレート全体では特に地震活動が活発になっていない

6月25日からの新潟県上越地方（新潟・長野県境付近）の地震活動

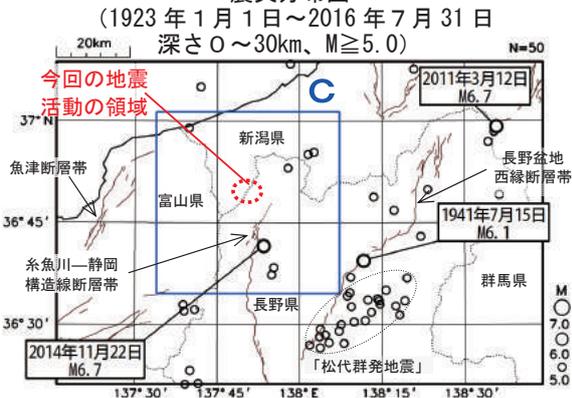


図中の細線は地震調査研究推進本部の長期評価による活断層を示す

領域 a 内の M-T 図及び回数積算図

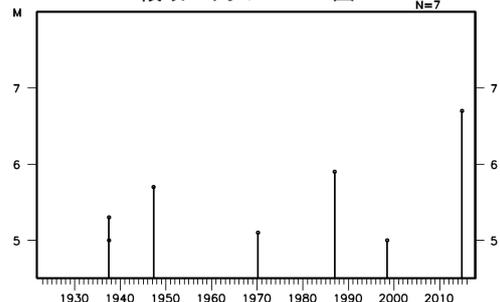


震央分布図



図中の細線は地震調査研究推進本部の長期評価による活断層を示す

領域 c 内の M-T 図

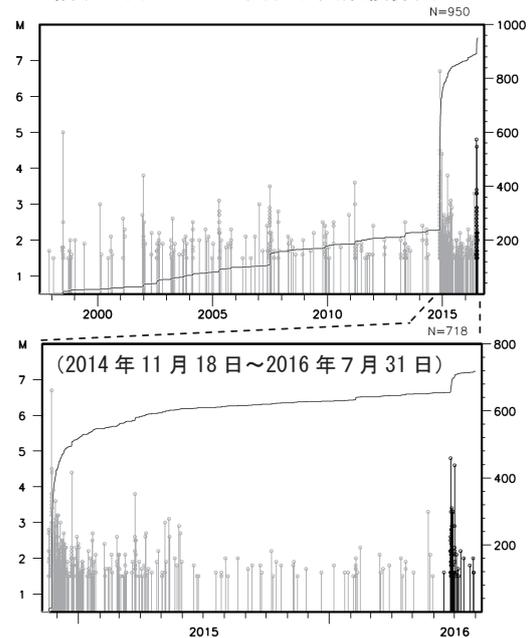


2016年6月25日から新潟県上越地方（新潟・長野県境付近）で地震活動が活発となり、25日13時51分に新潟県上越地方のごく浅い場所で最大規模の地震であるM4.8の地震（最大震度4）が発生したのをはじめ、7月1日08時04分には新潟県上越地方（情報発表に用いた震央地名は〔長野県北部〕）のごく浅い場所でM4.6の地震（最大震度3）が発生した。これらの地震は地殻内で発生しており、いずれも震源機構は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型である。7月1日までに領域a内で震度1以上を観測する地震が13回発生したが、7月2日以降は震度1以上を観測する地震は発生していない。

1997年10月以降の活動をみると、領域a内では、M4.0以上の地震は2016年6月25日の地震が初めてであった。領域b内では、今回の地震活動域から南南東に約15km離れた場所で2014年11月22日に発生した地震（M6.7、最大震度6弱）により、負傷者46人、住家全壊77棟などの被害が生じている（総務省消防庁による）。

1923年1月以降の活動をみると、領域c内では、2014年11月22日に発生したM6.7の地震が最大規模の地震である。

領域 b 内の M-T 図及び回数積算図



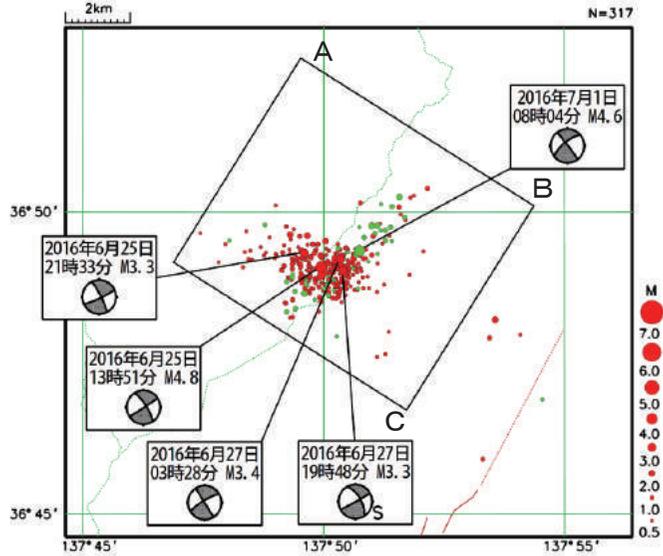
第3図(a) 新潟県上越地方（新潟・長野県境付近）の地震活動

Fig.3(a) Seismic activity in Niigata joetsu (Niigata Nagano border region).

6月25日 新潟県上越地方の地震 (DD法による震源再計算)

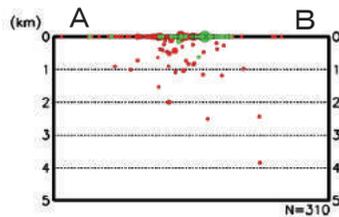
一元化震源(ルーチン)

震央分布図(2016年6月25日~7月3日、
深さ5km以浅、M≥0.5)

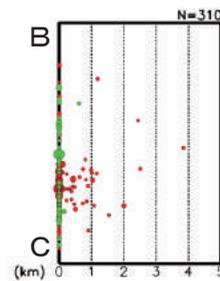


矩形領域内の断面図

(AB投影)



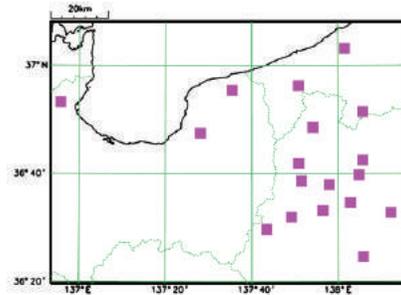
(BC投影)



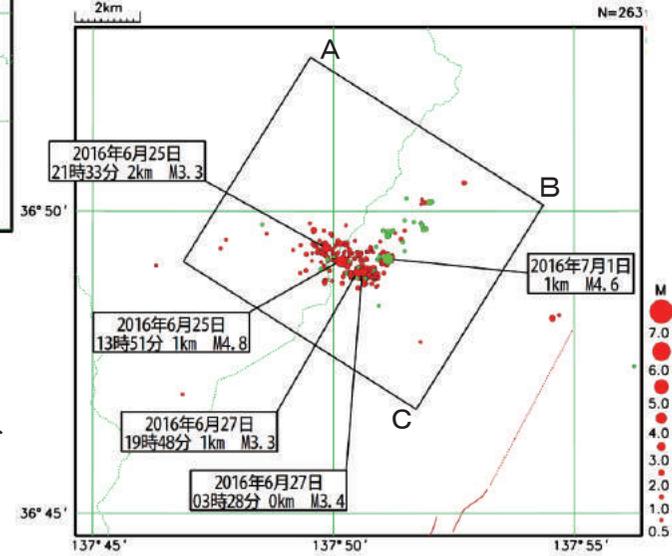
再計算震源(DD法)

震央分布図(2016年6月25日~7月3日、
深さ5km以浅、M≥0.5)

再計算に使用した観測点

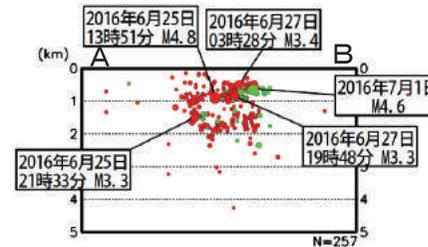


赤: 6月25日~7月1日08時03分
緑: 7月1日08時04分~

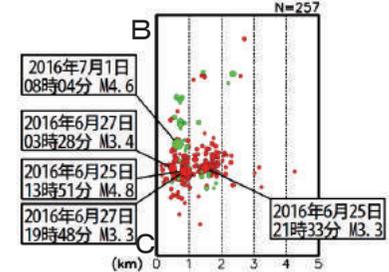


矩形領域内の断面図

(AB投影)



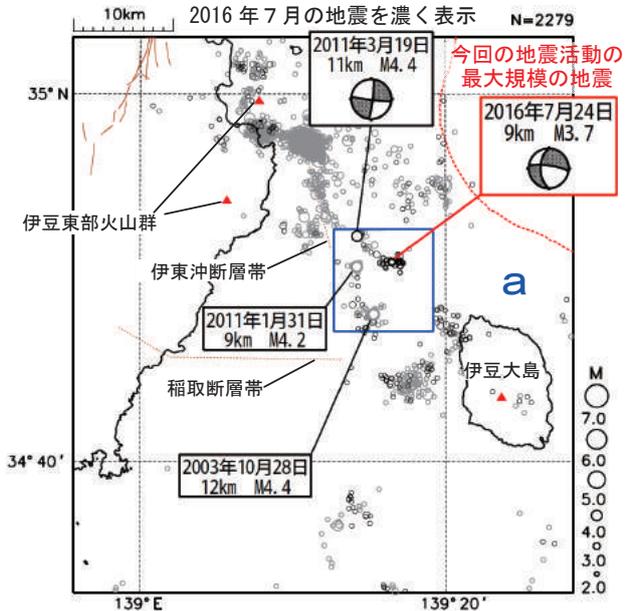
(BC投影)



第3図(b) つづき
Fig.3(b) Continued.

7月17日からの伊豆大島近海の地震活動

震央分布図（1997年10月1日～2016年7月31日、
深さ0～30km、 $M \geq 2.0$ ）

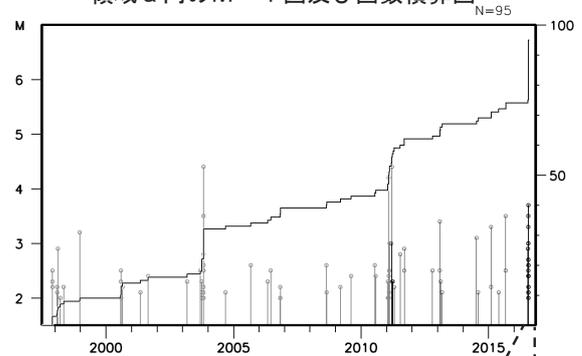


図中の細線は地震調査研究推進本部の長期評価による活断層を示す

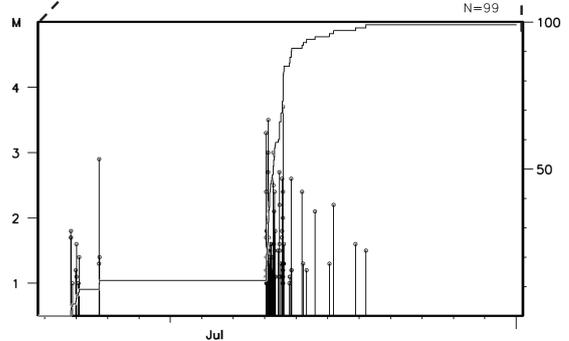
2016年7月17日から伊豆大島近海で地震活動がやや活発になり、7月24日13時54分に最大規模のM3.7の地震（最大震度3）が発生するなど、震度1以上を観測する地震が18回発生した。7月26日以降は震度1以上を観測する地震は発生しておらず、地震活動は低下している。

1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震央付近（領域a）では、2003年、2011年にもやや活発な地震活動がみられている。

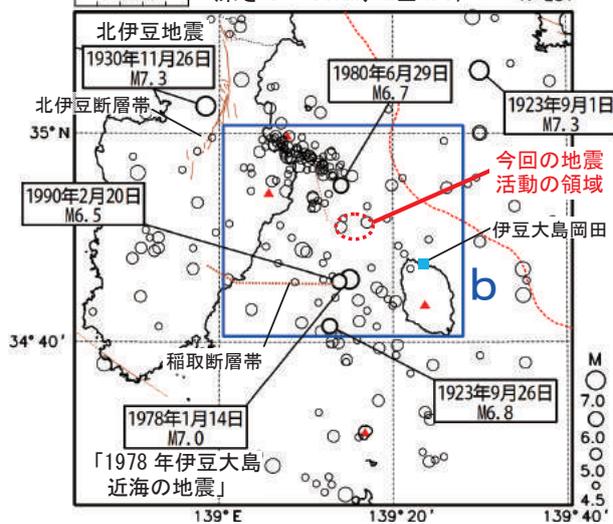
領域a内のM-T図及び回数積算図



(2016年7月17日～7月31日、 $M \geq 1.0$)

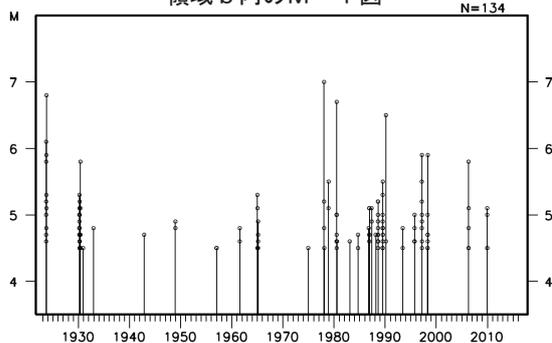


震央分布図（1923年1月1日～2016年7月31日、
深さ0～50km、 $M \geq 4.5$ ）



図中の細線は地震調査研究推進本部の長期評価による活断層を示す

領域b内のM-T図



1923年1月以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺（領域b）では、M6.5以上の地震が4回発生している。最大規模の地震は、稲取断層帯の最新の活動である「1978年伊豆大島近海の地震」のM7.0で、この地震により、伊豆半島で死者25人、負傷者211人、住家全壊96棟等の被害が生じた（「日本被害地震総覧」による）。また、伊豆大島岡田で70cm（最大全振幅）等の津波が観測された。

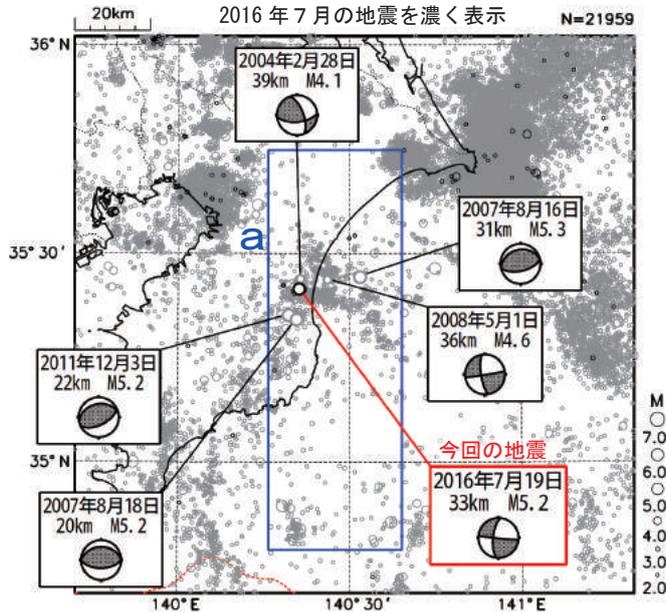
第4図 伊豆大島近海の地震活動

Fig.4 Seismic activity near Izu-Oshima Island.

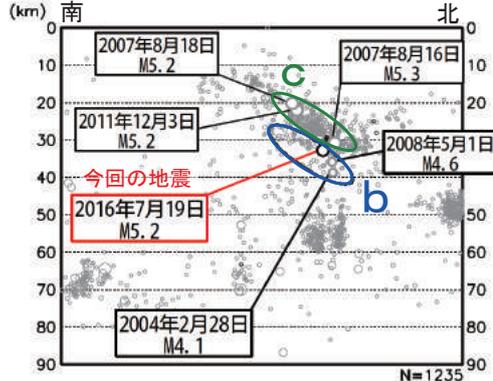
7月19日 千葉県北東部の地震

震央分布図

(1997年10月1日～2016年7月31日、
深さ0～60km、 $M \geq 2.0$)
2016年7月の地震を濃く表示

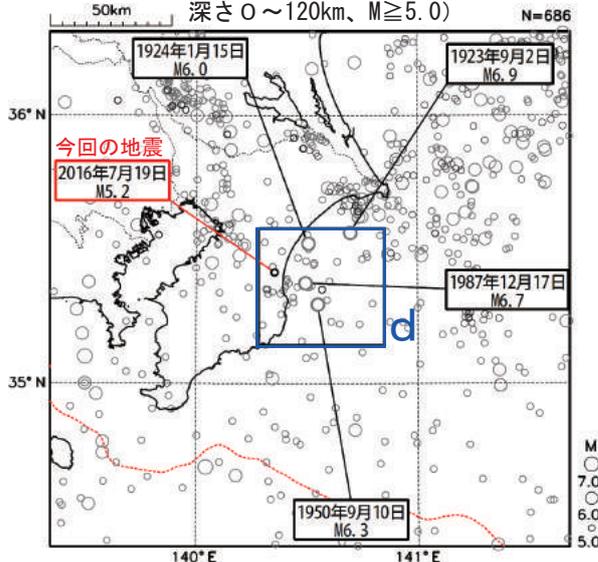


領域 a 内の断面図 (南北投影)



震央分布図

(1923年1月1日～2016年7月31日、
深さ0～120km、 $M \geq 5.0$)

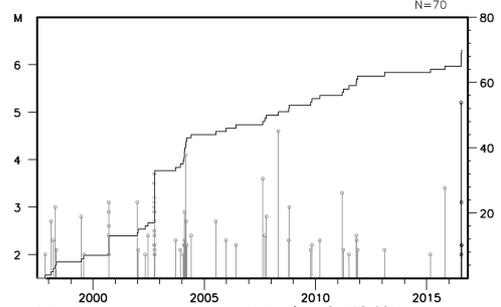


情報発表に用いた震央地名は〔千葉県東方沖〕である。

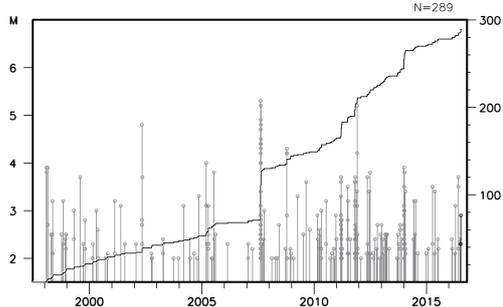
2016年7月19日12時57分に千葉県北東部の深さ33kmでM5.2の地震(最大震度4)が発生した。この地震は、発震機構が北西-南東方向に張力軸を持つ横ずれ断層型で、フィリピン海プレート内部で発生した。

1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近(領域b)では、M5.0以上の地震は初めてであった。なお、今回の地震の震源より10km程度浅いフィリピン海プレートと陸のプレートの境界(領域c)では、ゆっくりすべりに伴って発生したものと考えられる地震活動がみられる。

領域 b 内の M-T 図及び回数積算図

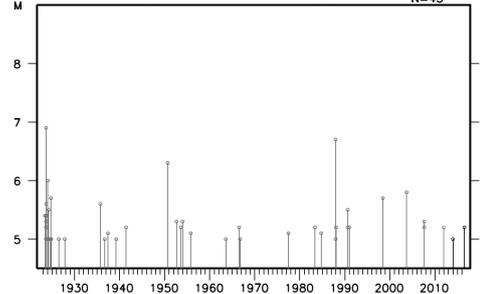


領域 c 内の M-T 図及び回数積算図



1923年以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺(領域d)では、M6.0以上の地震が4回発生しており、そのうち、1987年12月17日に深さ67kmで発生したM6.7の地震(最大震度5)では、死者2人、負傷者161人、住家全壊16棟、住家半壊102棟、住家一部破損72,580棟などの被害が生じた(被害は「日本被害地震総覧」による)。

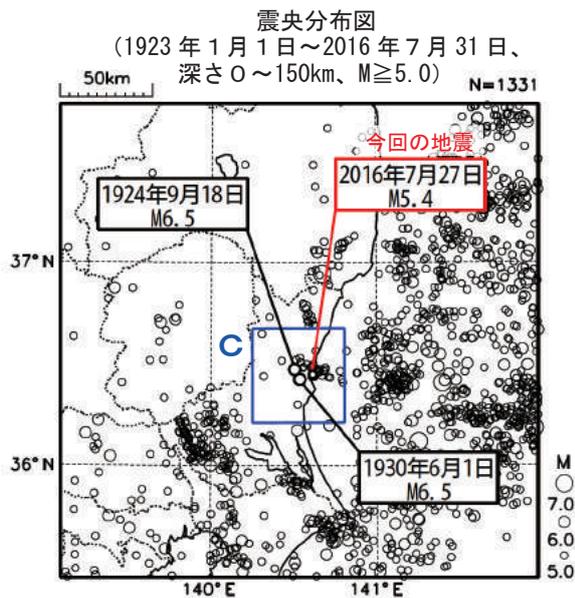
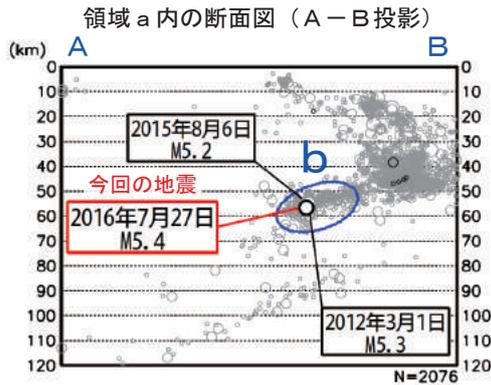
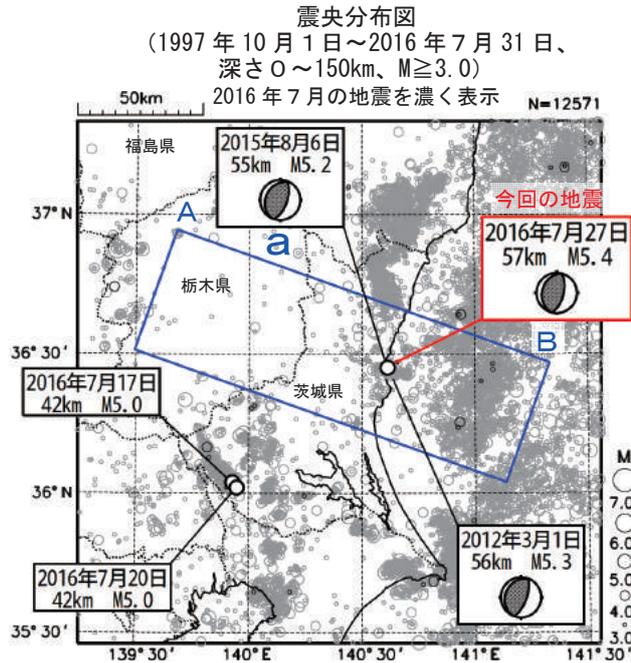
領域 d 内の M-T 図



第5図 2016年7月19日 千葉県北東部の地震

Fig.5 The earthquake in the northeast of Chiba Prefecture on July 19, 2016.

7月27日 茨城県北部の地震

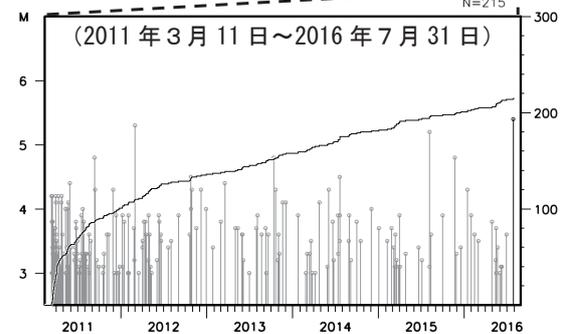
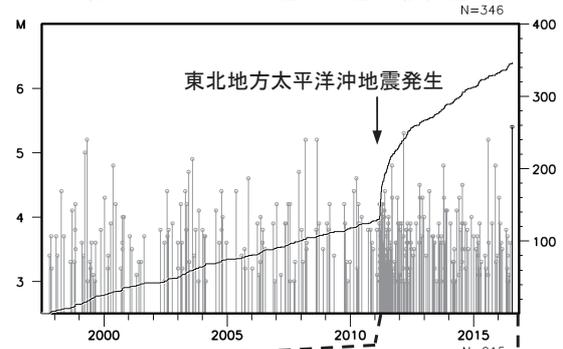


2016年7月27日23時47分に茨城県北部の深さ57kmで $M 5.4$ の地震(最大震度5弱)が発生した。この地震は、発震機構が西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した。

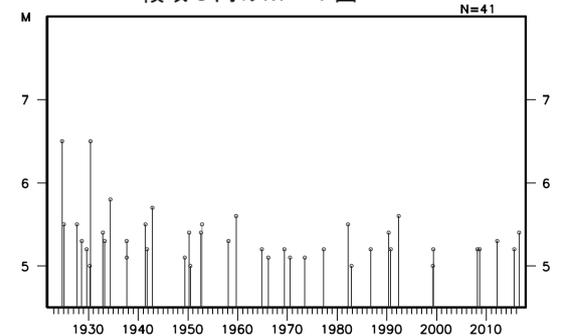
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近(領域b)は、 $M 5$ 程度の地震が時々発生している。「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の発生以降、活動がより活発になっており、2012年3月1日には $M 5.3$ の地震(最大震度5弱)が発生している。

1923年1月以降の活動をみると、今回の地震の震央付近(領域c)では、 $M 5.0$ 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 $M 6.5$ 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



領域 c 内の M-T 図

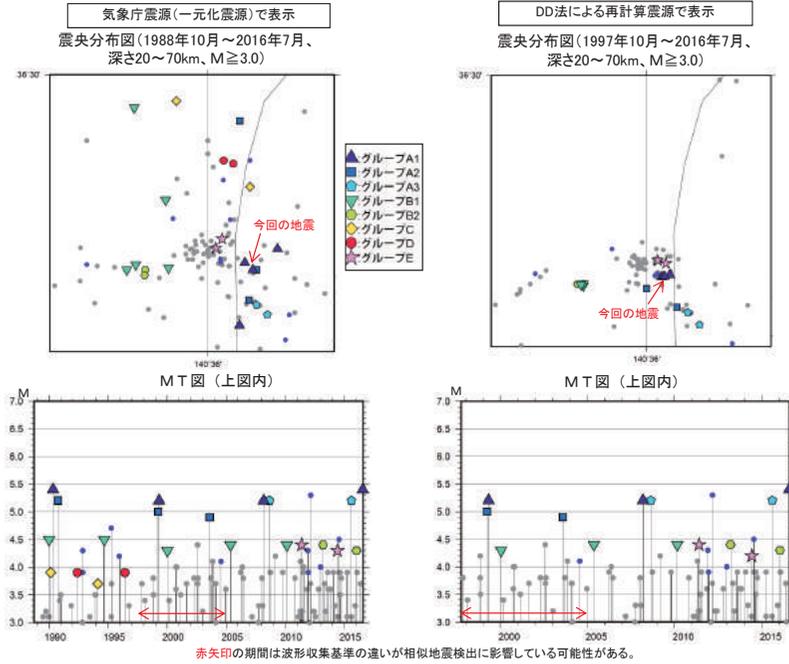


第6図(a) 2016年7月27日 茨城県北部の地震

Fig.6(a) The earthquake in the northern part of Ibaraki Prefecture on July 27, 2016.

7月27日茨城県北部の地震（相似地震）

（グループ分けにはウォード法を使用）



●グループ毎の推定年平均すべり量等

グループ	回数	平均M	震度		発生間隔			年平均すべり量 (cm/年)
			最大震度	最小震度	平均	最短	最長	
A1	4	5.30	A	4	8.74	8.39	8.98	5.97
A2	3	5.03	4	4	6.41	4.36	8.47	6.59
A3	2	5.20	4	4	6.95			7.26
B1	5	4.42	3	3	5.04	4.68	5.35	6.15
B2	2	4.35	4	3	2.83			10.51
C	2	3.80	3	2	3.98			5.25
D	2	3.90	3	2	4.03			5.84
E	2	4.35	3	3	3.02			9.85

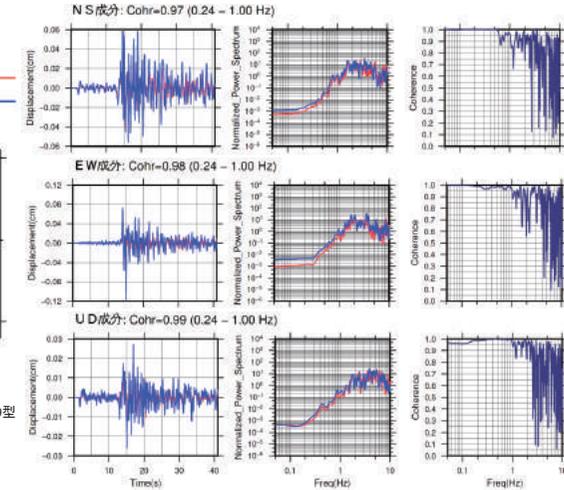
すべり量推定には、モーメントマグニチュードと地震モーメントの関係式[Hanks and Kanamori (1979)]及び地震モーメントとすべり量の関係式[Nadeau and Johnson(1998)]を使用。得られた積算すべり量と経過時間から最小自乗法を用いてグループ毎の年平均すべり量を求めた。

●波形例

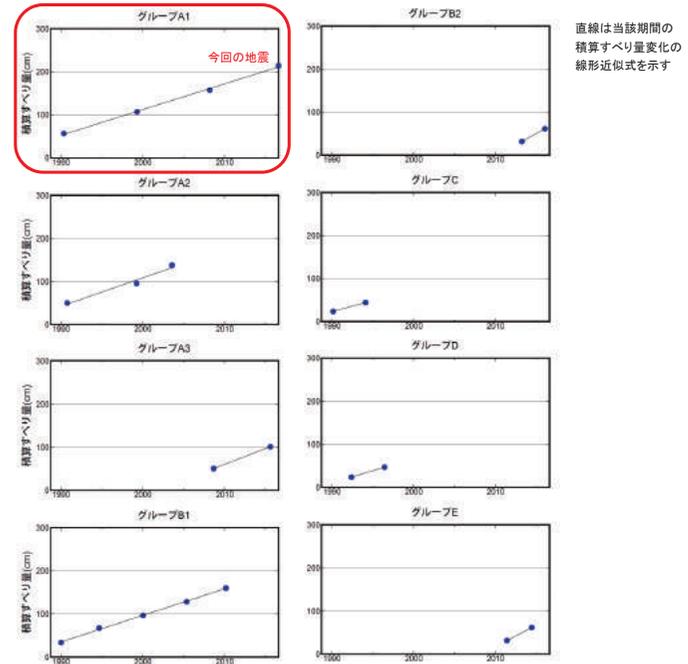
観測点名:郡山市朝日(4BF)
2008/03/08 01:54:57 M5.2
2016/07/27 23:47:17 M5.4



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て求めた



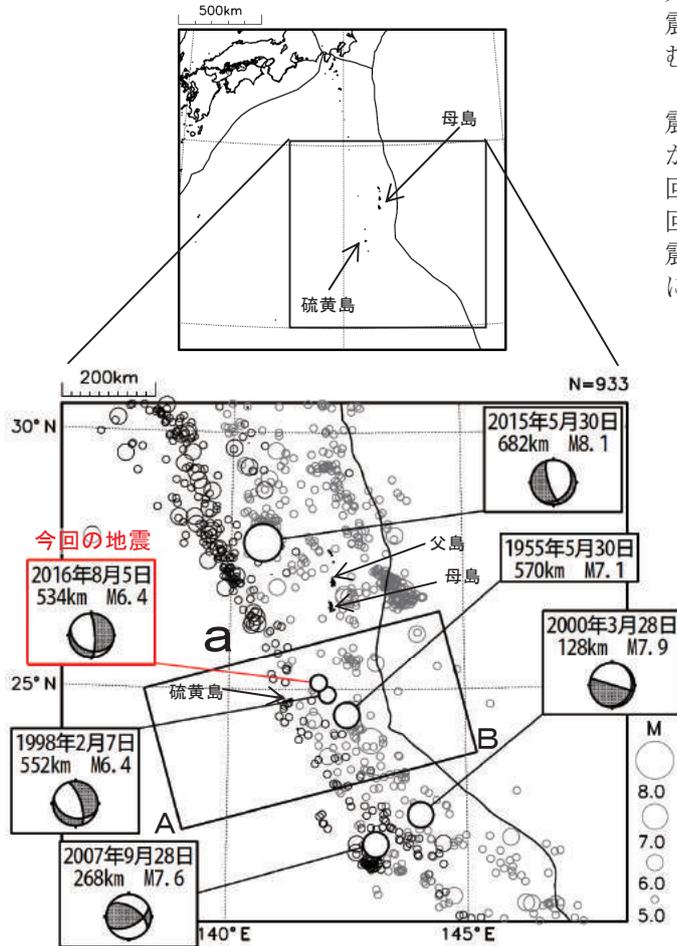
●グループ毎の積算すべり量



第6図(b) つづき
Fig.6(b) Continued.

8月5日 硫黄島近海の地震

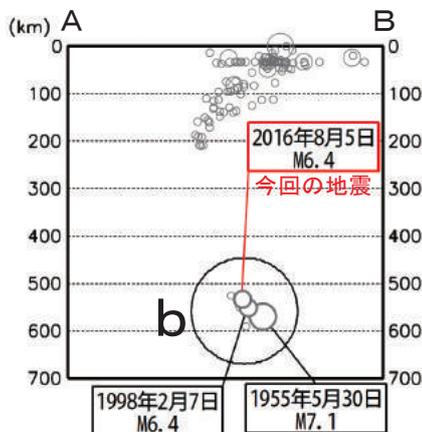
震央分布図
(1950年1月1日～2016年8月31日、
深さ0～700km、 $M \geq 5.0$)
100kmより深い地震を濃く表示
図中の発震機構はCMT解



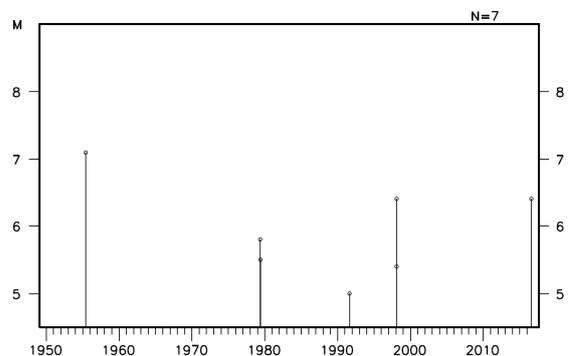
2016年8月5日01時24分に硫黄島近海の深さ534kmでM6.4の地震(東京都小笠原村で最大震度2を観測)が発生した。この地震は、太平洋プレート内部で発生した。この地震の発震機構(CMT解)は、太平洋プレートが沈み込む方向に圧力軸を持つ型である。

1950年1月以降の活動をみると、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する程度で、M6.0以上の地震は今回で3回目であった。1998年2月7日に、今回の地震とほぼ同じ場所でM6.4の地震(最大震度2)が発生した。また、1955年5月30日にはM7.1の地震が発生した。

領域a内の断面図(A-B投影)



領域b内のM-T図

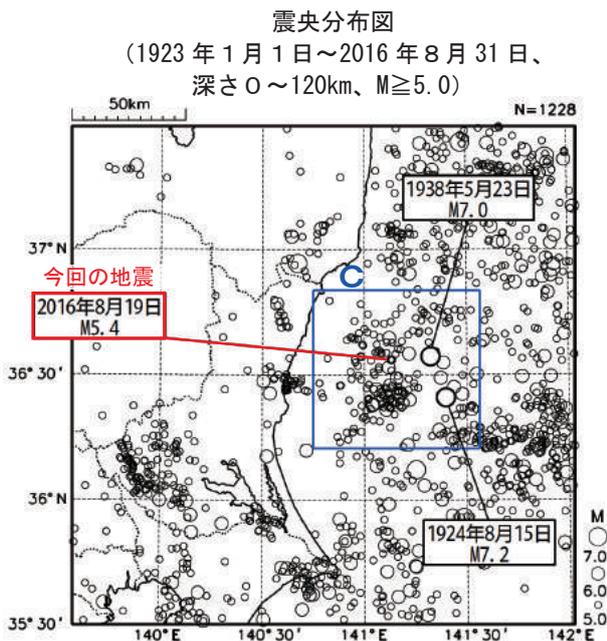
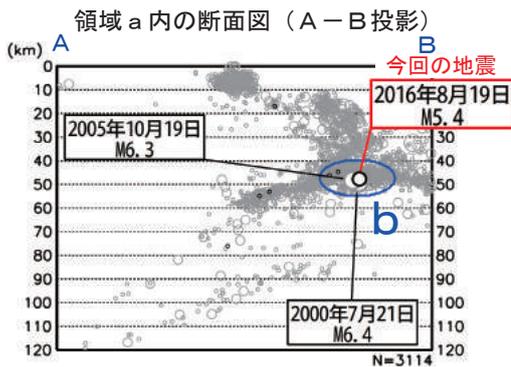
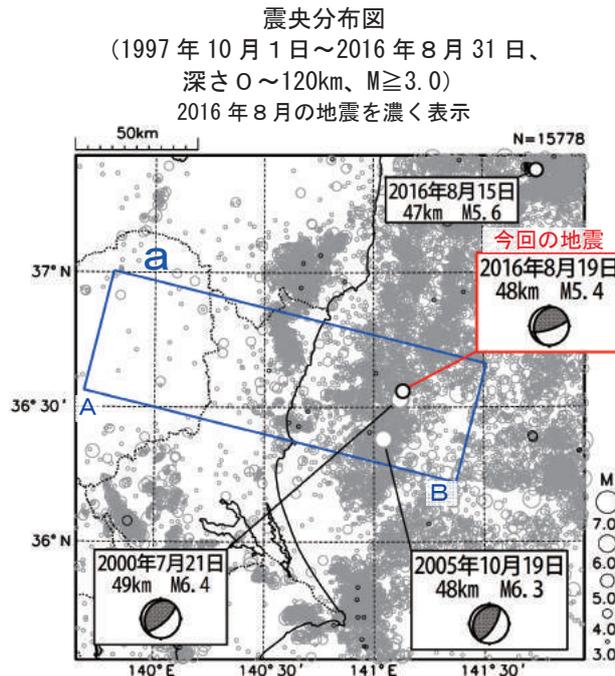


※震源要素は米国地質調査所による。ただし、1997年以降の地震で、震央分布図中に吹き出しを付した地震の震源要素、CMT解は気象庁による。

第7図 2016年8月5日 硫黄島近海の地震

Fig.7 The earthquake near Ioto Island on August 5, 2016.

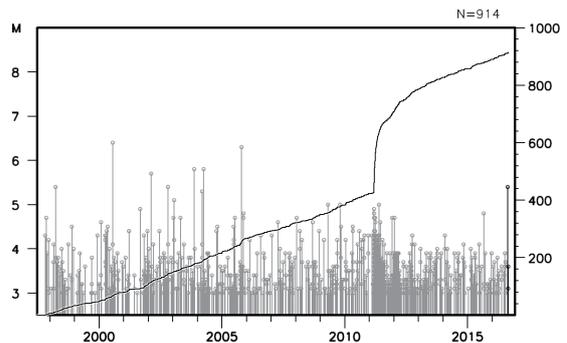
8月19日 茨城県沖の地震



2016年8月19日21時07分に茨城県沖の深さ48km(太平洋プレートと陸のプレートの境界付近)で $M 5.4$ の地震(最大震度4)が発生した。この地震は、発震機構が北北西-南南東方向に圧力軸を持つ型である。

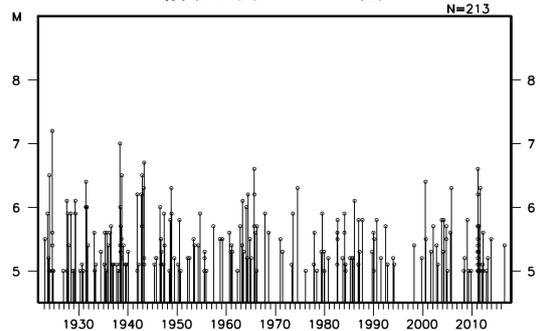
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近(領域b)では、2000年7月21日に今回の地震とほぼ同じ場所で $M 6.4$ の地震(最大震度5弱)が発生するなど、2005年までは $M 5.0$ 以上の地震がしばしば発生していた。2006年以降は、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の発生以降の地震活動が一時的に活発になった時期を含めても、今回の地震が発生するまで $M 5.0$ 以上の地震は発生していなかった。

領域b内のM-T図及び回数積算図



1923年1月以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺(領域c)では、 $M 7.0$ 以上の地震が2回発生している。このうち1938年5月23日に発生した $M 7.0$ の地震では、福島県小名浜で83cm(全振幅)の津波が観測された(「日本被害地震総覧」による)。

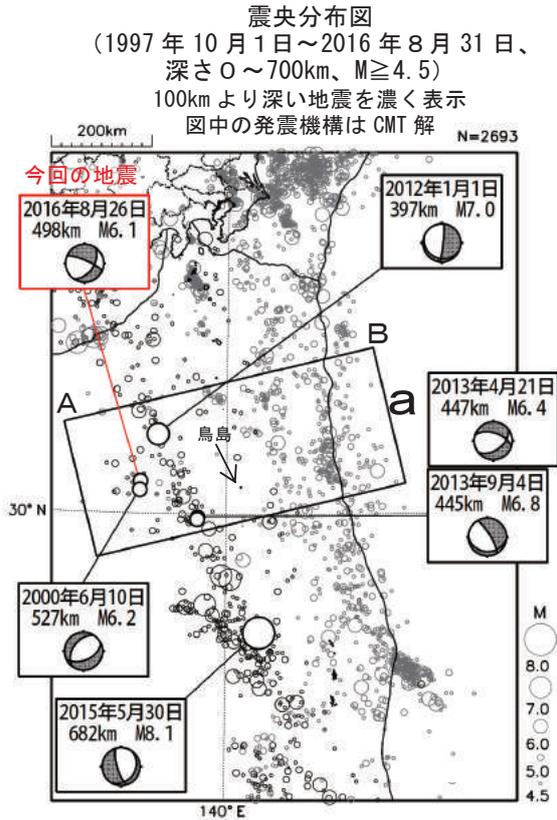
領域c内のM-T図



第8図 2016年8月19日 茨城県沖の地震

Fig.8 The earthquake off Ibaraki Prefecture on August 19, 2016.

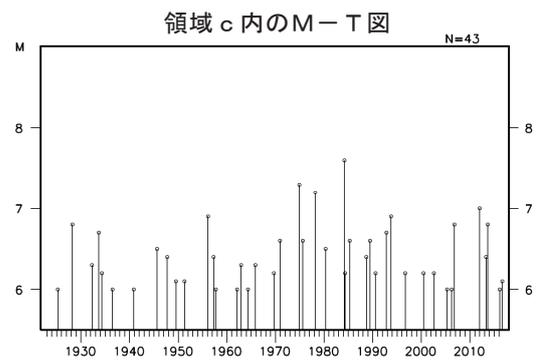
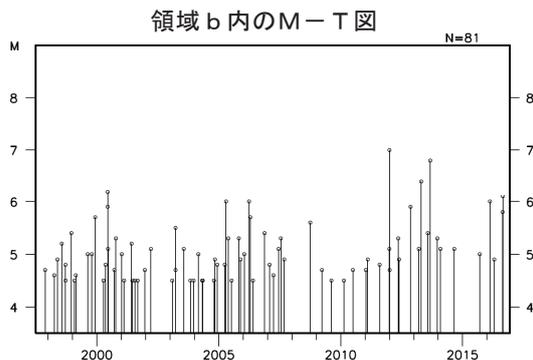
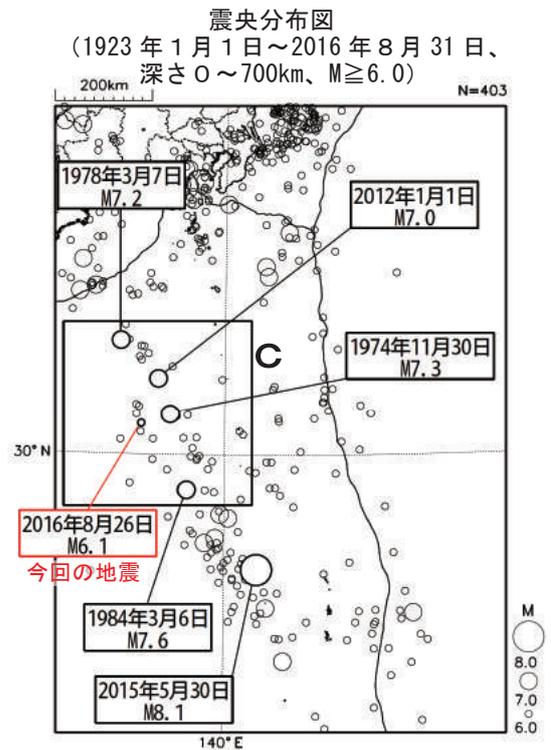
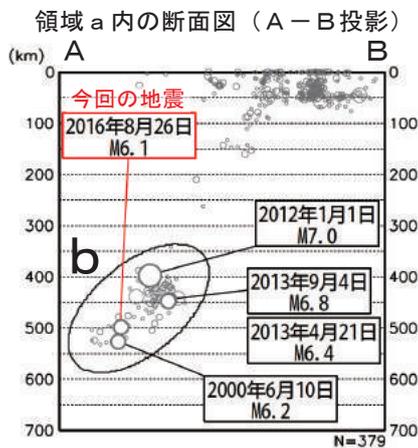
8月26日 鳥島近海の地震



2016年8月26日02時04分に鳥島近海の深さ498kmでM6.1の地震(最大震度2)が発生した。この地震により、神奈川県横浜市で震度2を観測したほか、東北地方から小笠原諸島にかけて震度1を観測した。この地震は、太平洋プレート内部で発生した。この地震の発震機構(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。

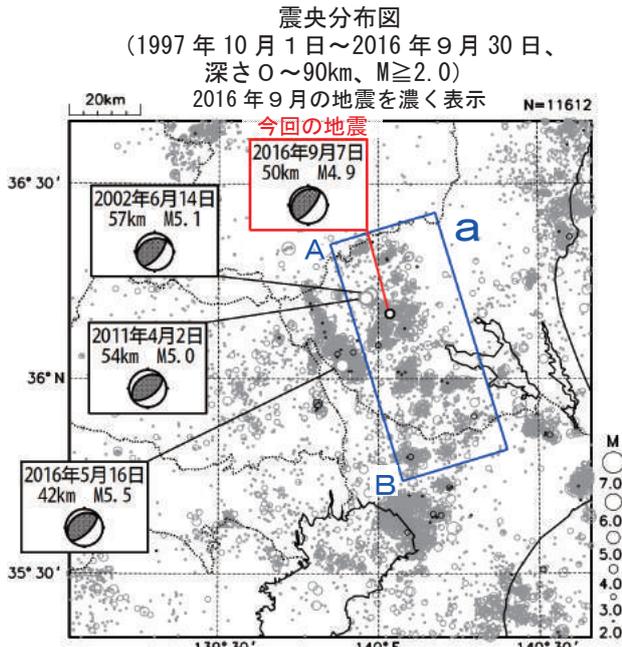
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近(領域b)では、M6.0以上の地震が時々発生しており、2012年1月1日にM7.0の地震(最大震度4)が発生した。

1923年1月以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺(領域c)では、M7.0以上の地震が時々発生している。1984年3月6日にM7.6の地震が発生し、死者1人、負傷者1人等の被害が生じた(被害は「日本被害地震総覧」による)。

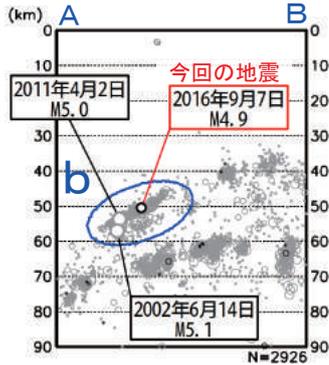


第9図 2016年8月26日 鳥島近海の地震
Fig.9 The earthquake near Torishima Island on August 26, 2016.

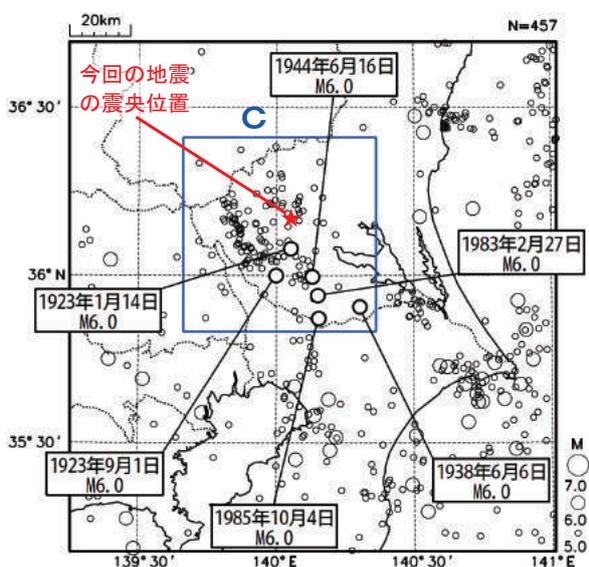
9月7日 茨城県南部の地震



領域 a 内の断面図 (A-B 投影)



震央分布図
(1923年1月1日～2016年9月30日、
深さ0～100km、 $M \geq 5.0$)
N=457

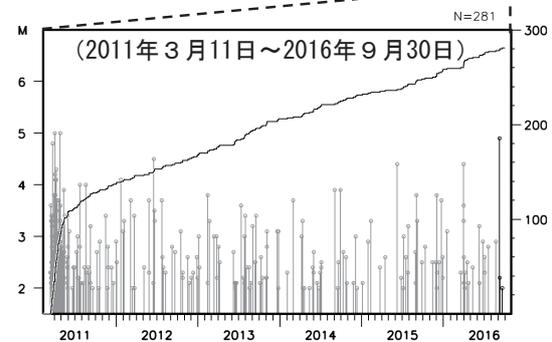
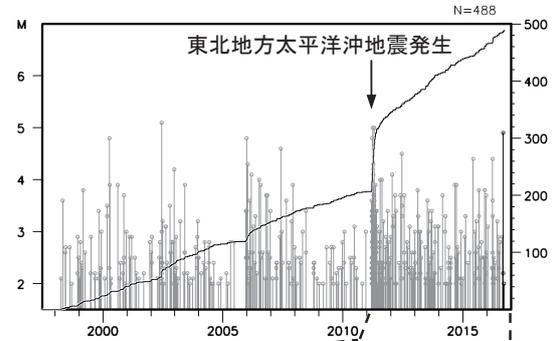


2016年9月7日13時28分に、茨城県南部の深さ50kmでM4.9の地震 (最大震度4) が発生した。この地震は、発震機構が北西-南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、フィリピン海プレートと陸のプレートとの境界で発生した。

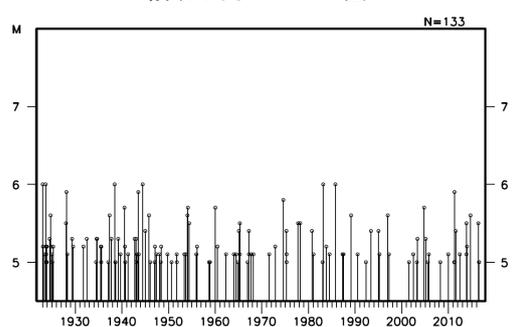
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近 (領域b) では、M5程度の地震が時々発生している。「平成23年 (2011年) 東北地方太平洋沖地震」発生以降、地震活動がより活発になっており、2011年4月2日にはM5.0の地震 (最大震度5弱) が発生している。

1923年1月以降の活動をみると、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



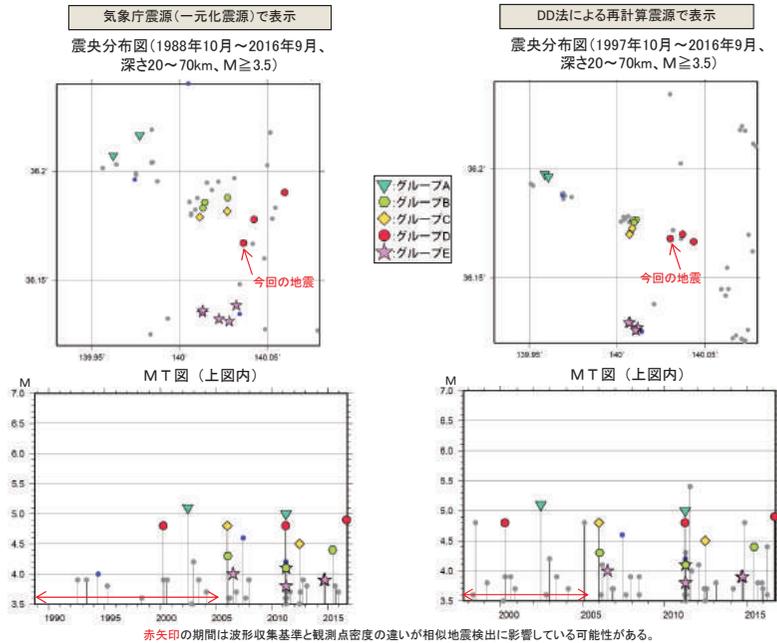
領域 c 内の M-T 図



第10図(a) 2016年9月7日 茨城県南部の地震

Fig.10(a) The earthquake in the southern part of Ibaraki Prefecture on September 7, 2016.

9月7日茨城県南部の地震（相似地震）



●グループ毎の推定年平均すべり量等

グループ	回数	平均M	震度		発生間隔			年平均すべり量 (cm/年)
			最大震度	最小震度	平均	最短	最長	
A	2	5.06	A	4	8.8			5.1
B	3	4.27	4	3	4.7	4.17	5.23	6.12
C	2	4.65	4	3	6.47			5.17
D	3	4.83	A	4	8.21	5.46	10.95	4.81
E	5	3.94	3	3	2.06		4.74	10.47

グループ	J2002061411424932	013	361298	031	1395863	044	569913251052V51142	3	885W	IBARAKI	PREF	39K
グループA	J201104021855385	012	361242	032	1395773	044	536309950047W511A	3 <td>885W <th>IBARAKI</th> <th>PREF</th> <th>38K</th> </td>	885W <th>IBARAKI</th> <th>PREF</th> <th>38K</th>	IBARAKI	PREF	38K
グループB	J2006011415300934	011	361127	030	1400164	041	524309643D46V5114	3 <td>885W <th>IBARAKI</th> <th>PREF</th> <th>38K</th> </td>	885W <th>IBARAKI</th> <th>PREF</th> <th>38K</th>	IBARAKI	PREF	38K
	J2011040903565662	011	361114	031	1400087	047	516009541D42V5113	3 <td>885W <th>IBARAKI</th> <th>PREF</th> <th>38K</th> </td>	885W <th>IBARAKI</th> <th>PREF</th> <th>38K</th>	IBARAKI	PREF	38K
	J2015060905440759	012	361098	032	1400080	048	509710044D43W5114	3 <td>885W <th>IBARAKI</th> <th>PREF</th> <th>34K</th> </td>	885W <th>IBARAKI</th> <th>PREF</th> <th>34K</th>	IBARAKI	PREF	34K
グループC	J2005122818460648	011	361090	032	1400163	043	530009948D49V5114	3 <td>885W <th>IBARAKI</th> <th>PREF</th> <th>39K</th> </td>	885W <th>IBARAKI</th> <th>PREF</th> <th>39K</th>	IBARAKI	PREF	39K
	J2012061716131619	011	361074	030	1400069	045	513709445D46W5113	3 <td>885W <th>IBARAKI</th> <th>PREF</th> <th>35K</th> </td>	885W <th>IBARAKI</th> <th>PREF</th> <th>35K</th>	IBARAKI	PREF	35K
グループD	J2000041006303883	020	361141	047	1400360	059	546219548D47V5114	3 <td>885W <th>IBARAKI</th> <th>PREF</th> <th>40K</th> </td>	885W <th>IBARAKI</th> <th>PREF</th> <th>40K</th>	IBARAKI	PREF	40K
	J2011032408564941	012	361067	033	1400255	052	516610248D48W511A	3 <td>885W <th>IBARAKI</th> <th>PREF</th> <th>35K</th> </td>	885W <th>IBARAKI</th> <th>PREF</th> <th>35K</th>	IBARAKI	PREF	35K
今回の地震	J2016090713285003	010	361002	029	1400219	042	504508449D48W5114	3 <td>885W <th>IBARAKI</th> <th>PREF</th> <th>39K</th> </td>	885W <th>IBARAKI</th> <th>PREF</th> <th>39K</th>	IBARAKI	PREF	39K
グループE	J2006070615172815	012	360831	034	1400194	049	503610640D43V5113	3 <td>885W <th>IBARAKI</th> <th>PREF</th> <th>40K</th> </td>	885W <th>IBARAKI</th> <th>PREF</th> <th>40K</th>	IBARAKI	PREF	40K
	J2011040420462491	012	360811	034	1400078	051	488110541D43V5113	3 <td>885W <th>IBARAKI</th> <th>PREF</th> <th>40K</th> </td>	885W <th>IBARAKI</th> <th>PREF</th> <th>40K</th>	IBARAKI	PREF	40K
	J201104051332932	012	360787	035	1400170	049	489810338D42V5113	3 <td>885W <th>IBARAKI</th> <th>PREF</th> <th>39K</th> </td>	885W <th>IBARAKI</th> <th>PREF</th> <th>39K</th>	IBARAKI	PREF	39K
	J2014090216324112	013	360816	035	1400079	052	486711839D40V5113	3 <td>885W <th>IBARAKI</th> <th>PREF</th> <th>33K</th> </td>	885W <th>IBARAKI</th> <th>PREF</th> <th>33K</th>	IBARAKI	PREF	33K
	J2014092815093213	012	360793	034	1400135	049	488310639D43V5113	3 <td>885W <th>IBARAKI</th> <th>PREF</th> <th>35K</th> </td>	885W <th>IBARAKI</th> <th>PREF</th> <th>35K</th>	IBARAKI	PREF	35K

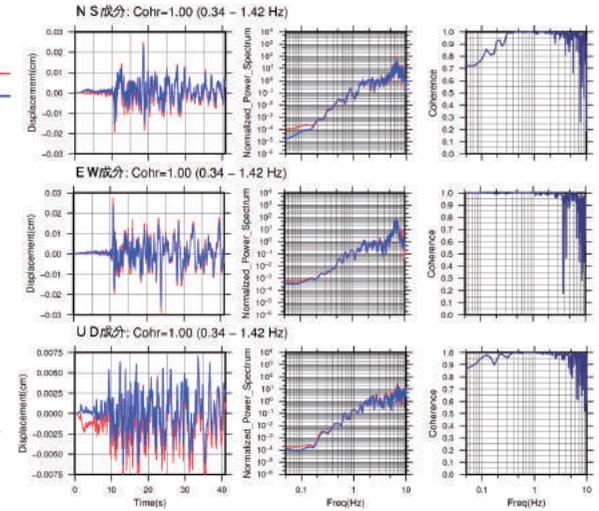
すべり量推定には、モーメントマグニチュードと地震モーメントの関係式[Hanks and Kanamori (1979)]及び地震モーメントとすべり量との関係式[Nadeau and Johnson(1998)]を使用。得られた積算すべり量と経過時間から最小自乗法を用いてグループ毎の年平均すべり量を求めた。

●波形例

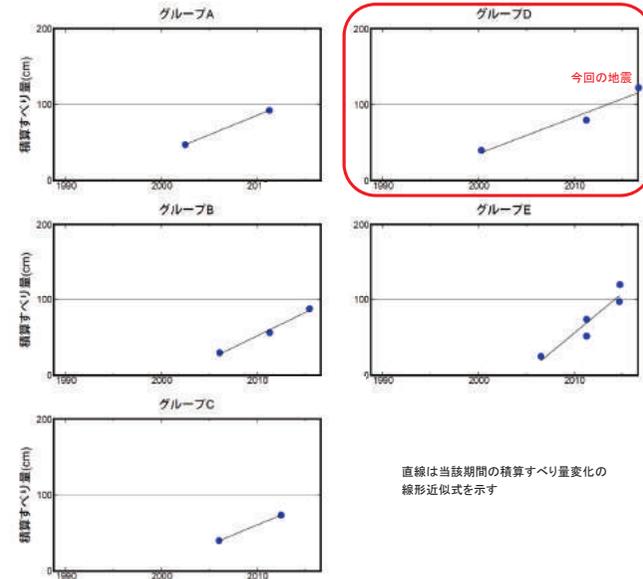
観測点名:川越市旭町
2011/03/24 08:56:49 M4.8
2016/09/07 13:28:50 M4.9



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て求めた



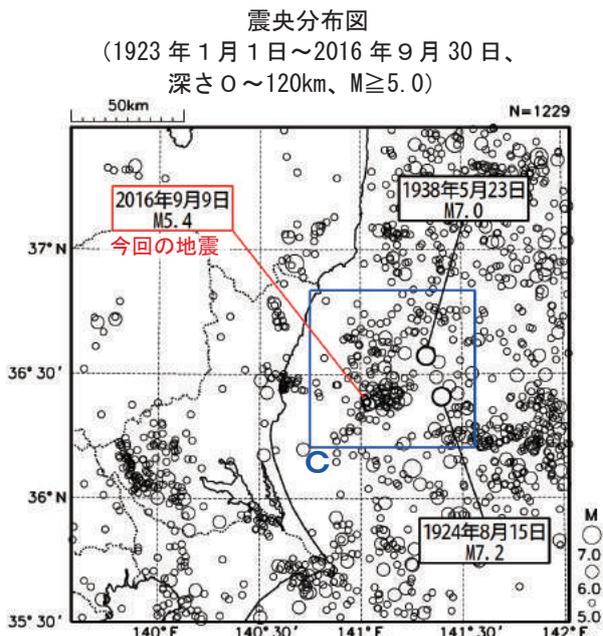
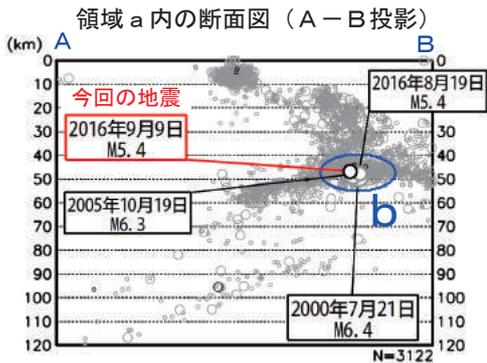
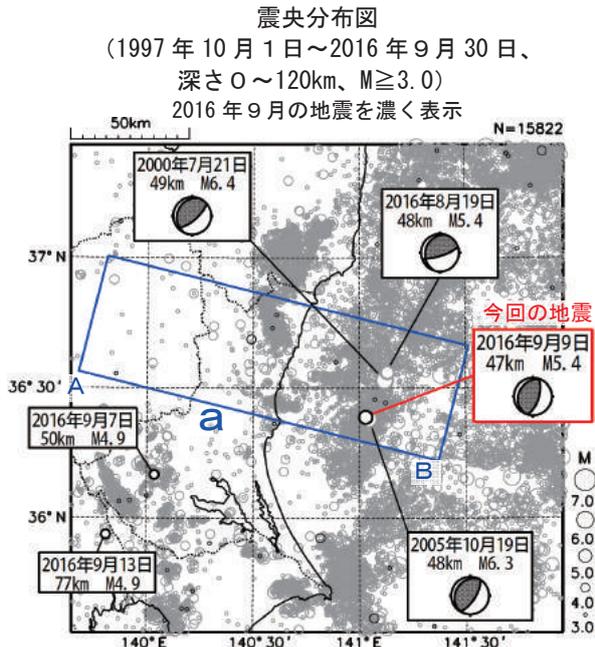
●グループ毎の積算すべり量



直線は当該期間の積算すべり量変化の線形近似式を示す

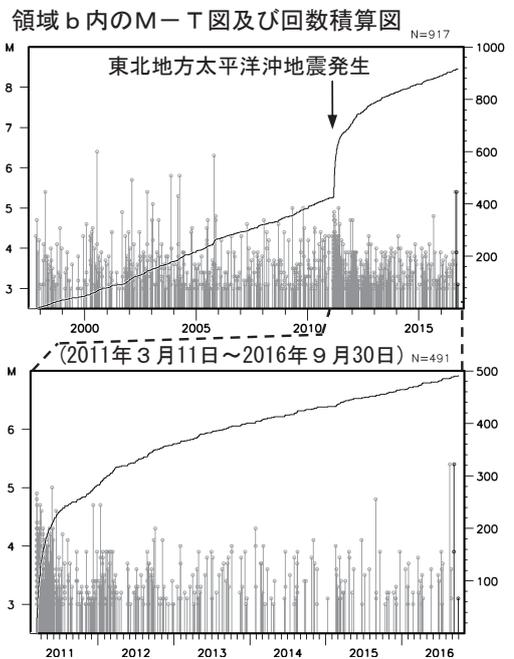
第10図(b) つづき
Fig.10(b) Continued.

9月9日 茨城県沖の地震

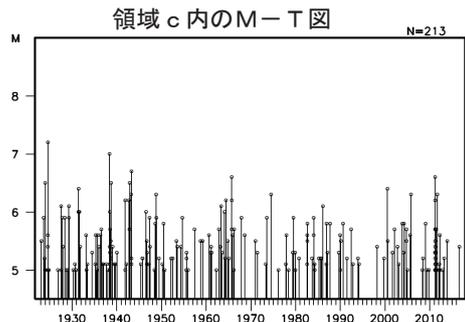


2016年9月9日20時53分に茨城県沖の深さ47kmでM5.4の地震(最大震度3)が発生した。この地震は、発震機構が西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した。

1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近(領域b)では、2005年10月19日に今回の地震とほぼ同じ場所でM6.3の地震(最大震度5弱)が発生するなど、2005年まではM5.5以上の地震が時々発生していた。2006年以降は、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の発生以降の地震活動が一時的に活発になった時期を含めても、M5.5以上の地震は発生していない。



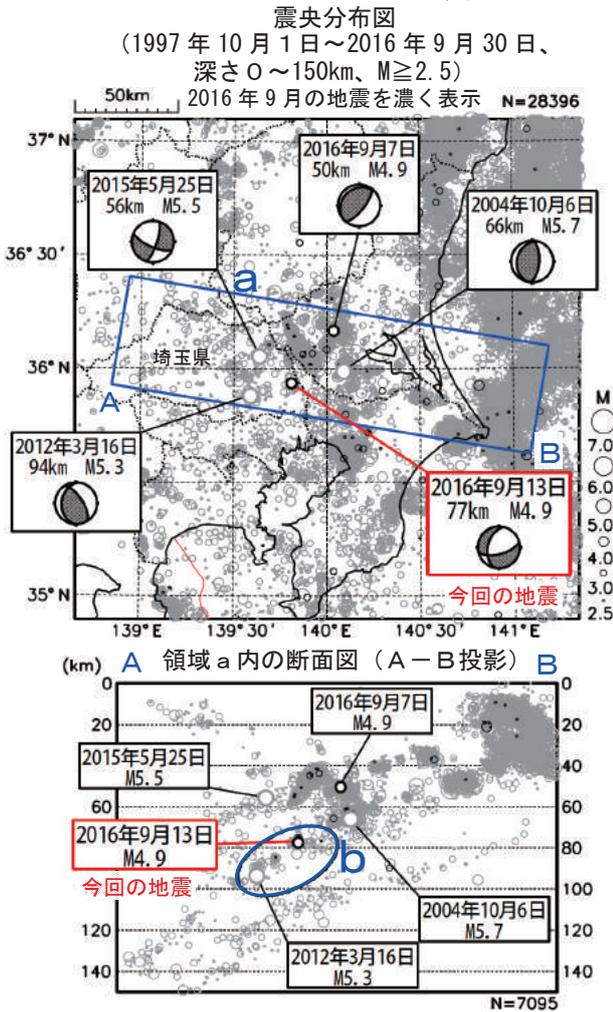
1923年1月以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺(領域c)では、M7.0以上の地震が2回発生している。このうち1938年5月23日に発生したM7.0の地震では、福島県小名浜で83cm(全振幅)の津波が観測された(「日本被害地震総覧」による)。



第11図 2016年9月9日 茨城県沖の地震

Fig.11 The earthquake off Ibaraki Prefecture on September 9, 2016.

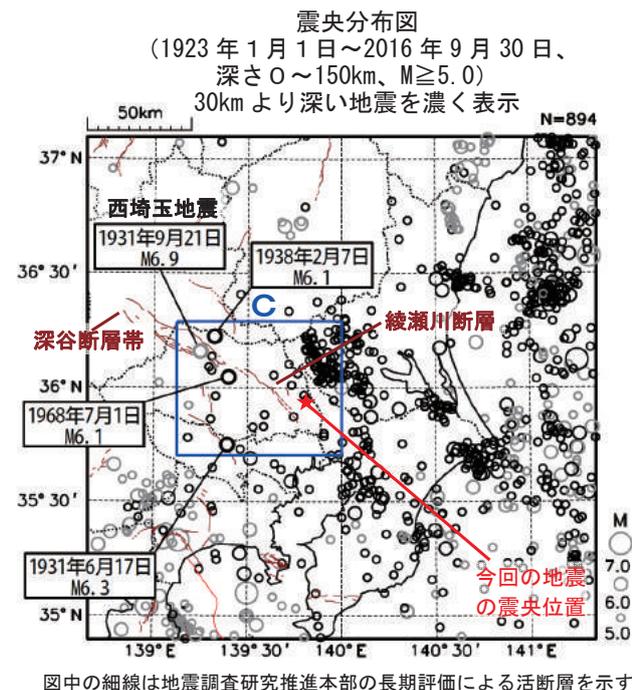
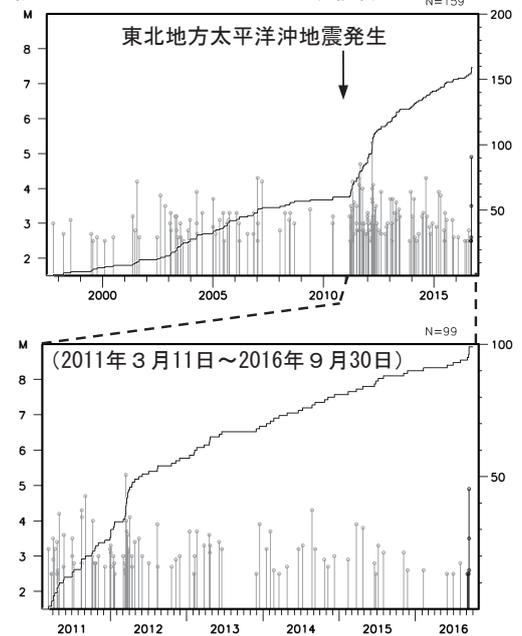
9月13日 埼玉県南部の地震



2016年9月13日19時12分に埼玉県南部の深さ77kmでM4.9の地震(最大震度3)が発生した。この地震は、発震機構が北西-南東方向に張力軸を持つ型であった。この地震の発生直後の同日19時19分にM3.5の地震(最大震度1)が発生したほかは、今回の地震発生後に震度1以上を観測した地震は発生していない。

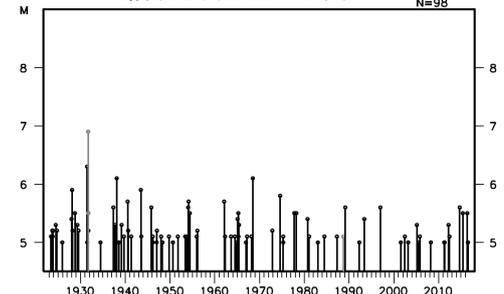
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近(領域b)では、M4程度の地震が時々発生している。「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」以降、地震活動がやや活発となっていて、2012年3月16日にはM5.3の地震(最大震度3)が発生している。

領域b内のM-T図及び回数積算図



1923年1月以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺(領域c)では、M6.0以上の地震が4回発生している。今回の地震の震央周辺で発生する地震は、深さが30kmより深いプレート境界やプレート内で発生する地震が多いが、浅い地殻内の地震も発生している。そのうち、1931年9月21日に深谷断層帯付近で発生したM6.9の地震(西埼玉地震)では、死者16人、家屋全壊207棟などの被害が生じた(被害は「日本被害地震総覧」による)。

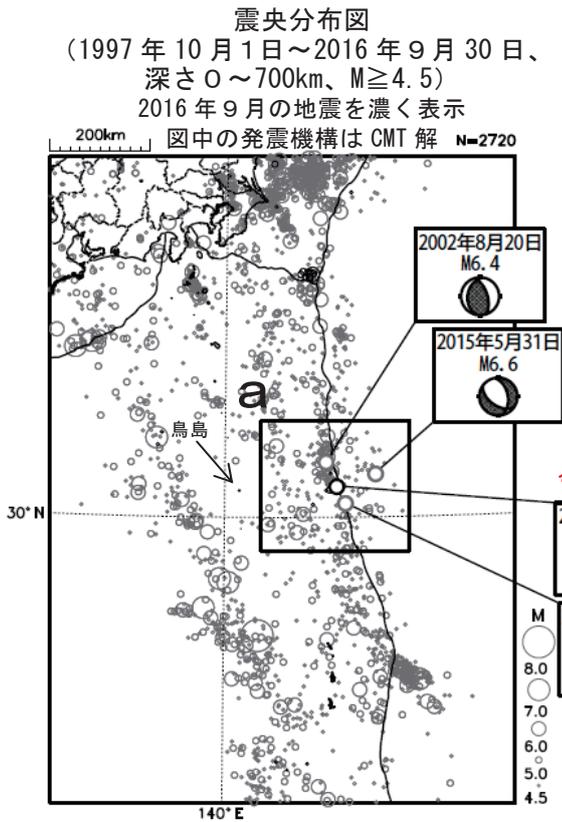
領域c内のM-T図



第12図 2016年9月13日 埼玉県南部の地震

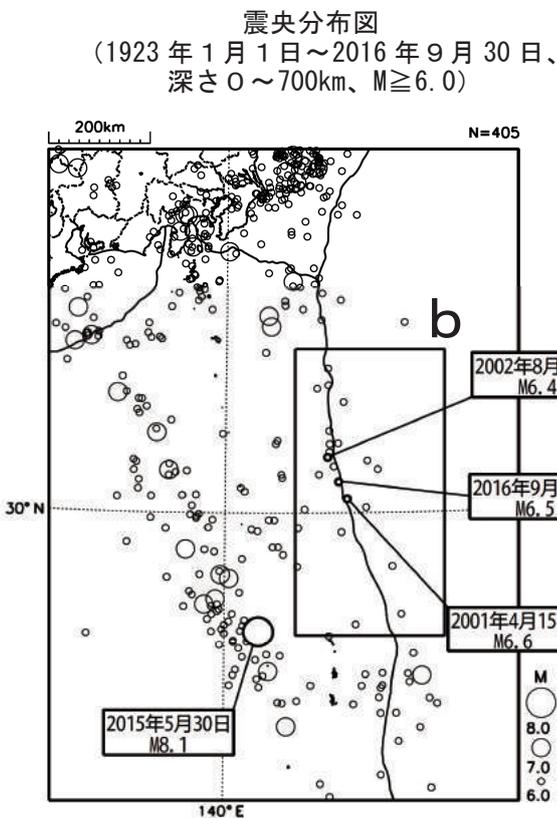
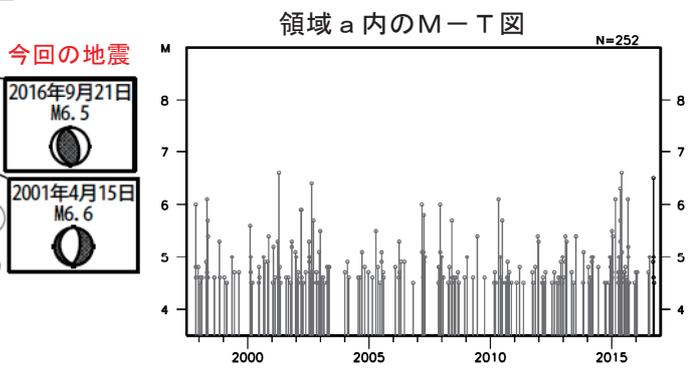
Fig.12 The earthquake in the southern part of Saitama Prefecture on September 13, 2016.

9月21日 鳥島近海の地震

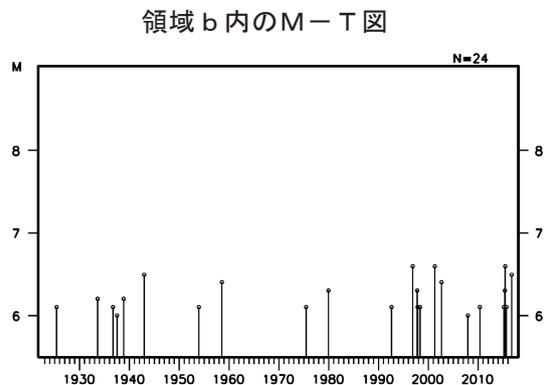


2016年9月21日01時21分に鳥島近海の深さ10km (CMT解による) でM6.5の地震 (最大震度1) が発生した。この地震の発震機構 (CMT解) は、東北東-西南西方向に圧力軸を持つ逆断層型であった。

1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震央付近 (領域a) では、M6.0以上の地震が時々発生しており、これらの地震により最大震度2～1を観測している。



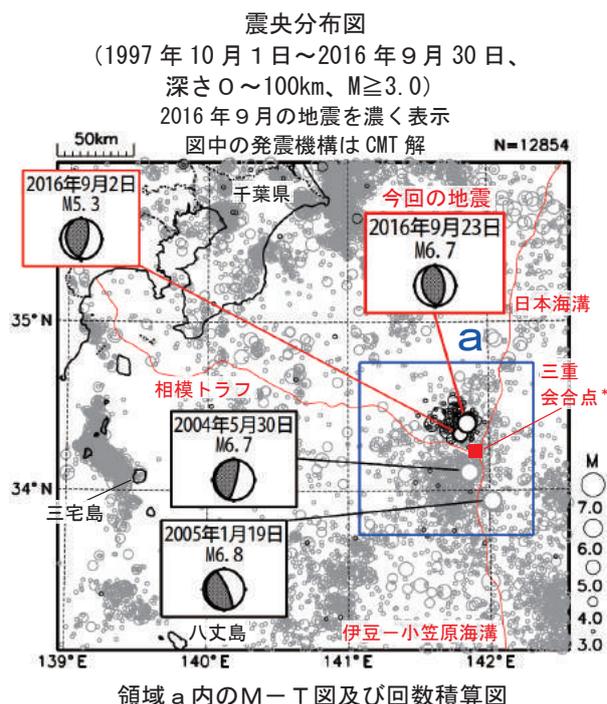
1923年1月以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺 (領域b) では、M6.0以上の地震が時々発生しているが、被害が生じた地震は発生していない。なお、2015年5月30日の深さ682kmで発生したM8.1の地震 (最大震度5強) では、東京都で地震関連負傷者8件、埼玉県で負傷者3人、神奈川県で負傷者2人等の被害が生じた (総務省消防庁による)。



第13図 2016年9月21日 鳥島近海の地震

Fig.13 The earthquake near Torishima Island on September 21, 2016.

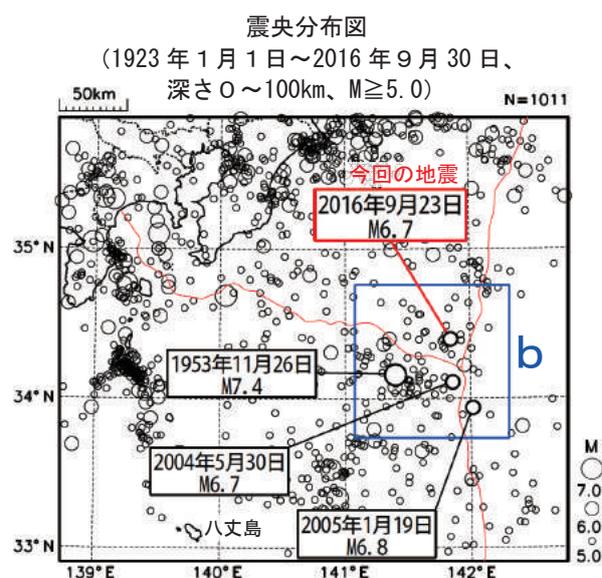
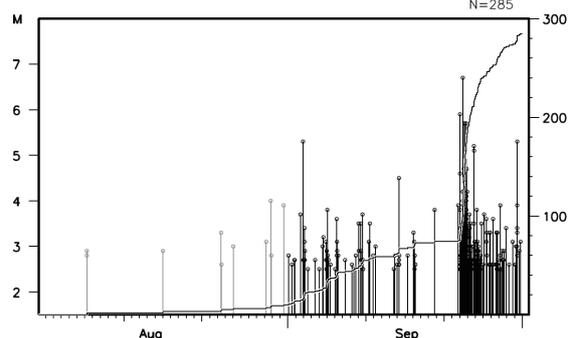
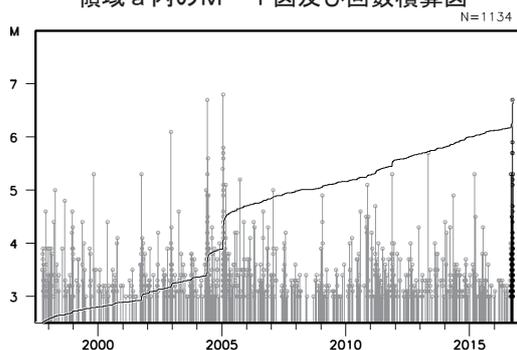
9月23日 関東東方沖の地震



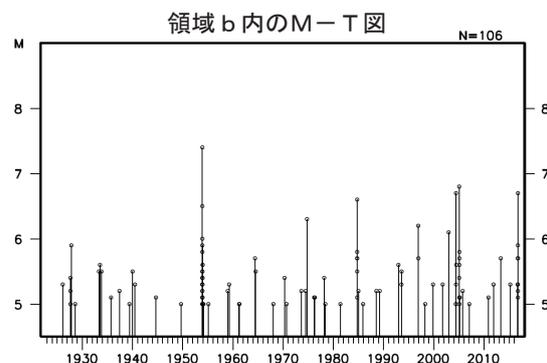
2016年9月23日09時14分に関東東方沖(プレート三重会合点*付近)の深さ15km(CMT解による)でM6.7の地震(最大震度1)が発生した。この地震は、発震機構(CMT解)が東西方向に圧力軸を持つ逆断層型であった。この地震により、八丈島八重根の巨大津波観測計(観測単位は0.1m)で高さ0.2mの津波を観測した。今回の地震の震央周辺(領域a)では、9月になってから地震活動が活発になっていて、9月2日にはM5.3の地震が発生している。この地震を含め、9月30日までにM5.0以上の地震が9回発生した。

1997年10月以降の活動をみると、領域a内では、M6.0以上の地震が時々発生している。このうち、2005年1月19日に発生したM6.8の地震(最大震度1)では、三宅島坪田で高さ39cmの津波を観測した。

領域 a 内のM-T図及び回数積算図
(2016年8月1日～9月30日、 $M \geq 2.5$)



1923年1月以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺(領域b)では、M6.0以上の地震が時々発生している。このうち1953年11月26日に発生したM7.4の地震(最大震度5)では、八丈島八重根で高さ150cmの津波が観測されたほか、北海道地方から四国地方にかけての太平洋沿岸で津波が観測された。



*三重会合点：三つのプレートが一点で接する場所。房総半島の南東約150km沖では、日本海溝、伊豆-小笠原海溝、相模トラフが交わる海溝-海溝-海溝型の三重点がある。

第14図(a) 2016年9月23日 関東東方沖の地震

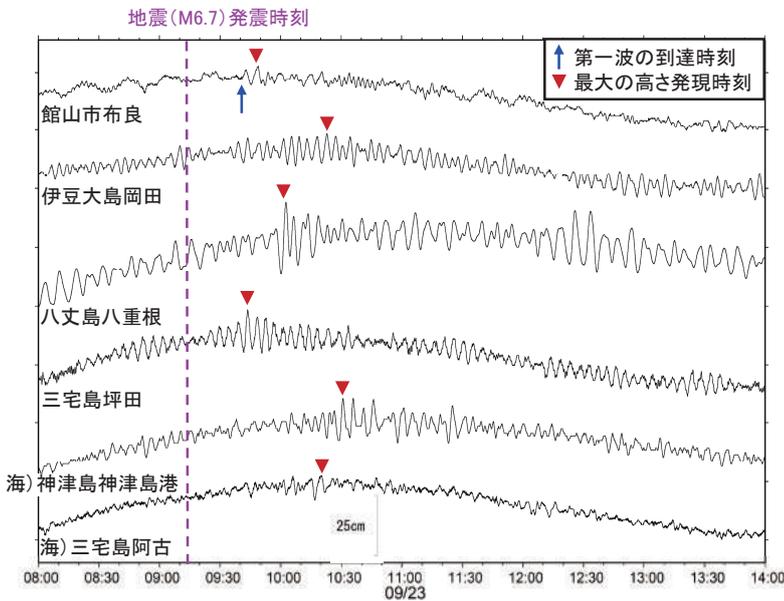
Fig.14(a) The earthquake off the eastern part of Kanto on September 23, 2016.

9月23日 関東東方沖の地震による津波

津波観測施設の津波観測値

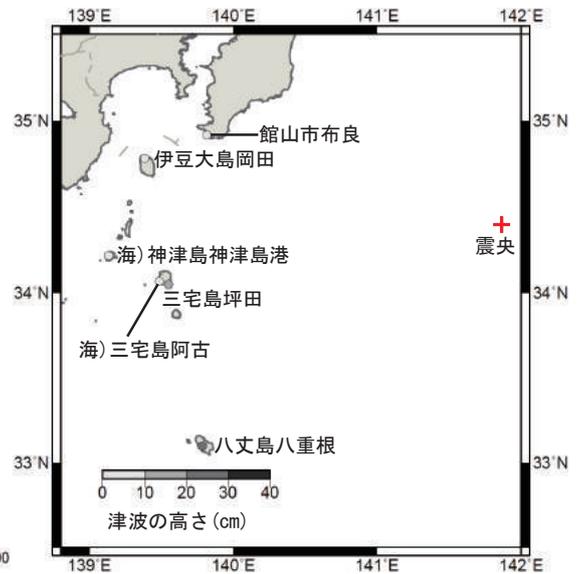
都道府県	観測地点	所属	第一波	最大の高さ	
			到達時刻	発現時刻	高さ(cm)
千葉県	館山市布良	気象庁	9時40分	9時48分	4
東京都	伊豆大島岡田	気象庁	—	10時23分	7
	三宅島坪田	気象庁	—	9時43分	10
	神津島神津島港	海上保安庁	—	10時31分	8
	三宅島阿古	海上保安庁	—	10時19分	5
	八丈島八重根*1	気象庁	—	10時02分	0.2m

※ 本資料では、津波情報で発表する観測点名称を用いている。
 ※ 値は後日変更される場合がある。
 ※ — は値が決定できないことを示す。
 *1 巨大津波観測計により観測されたことを示す（観測単位は0.1m）。



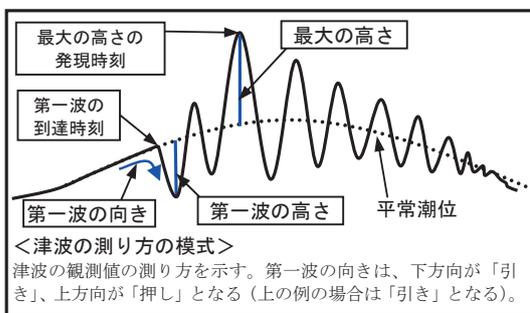
津波観測施設の津波波形

※ 海) は海上保安庁、無印は気象庁の観測点。



各津波観測施設で観測した津波の最大の高さ

※ 海) は海上保安庁、無印は気象庁の観測点。

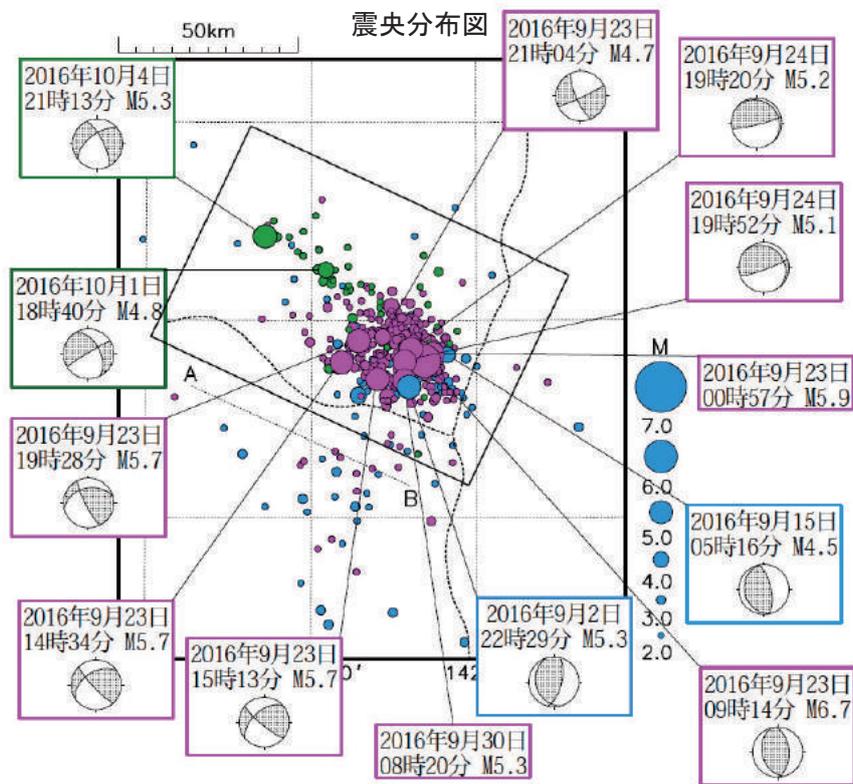


第14図(b) つづき
 Fig.14(b) Continued.

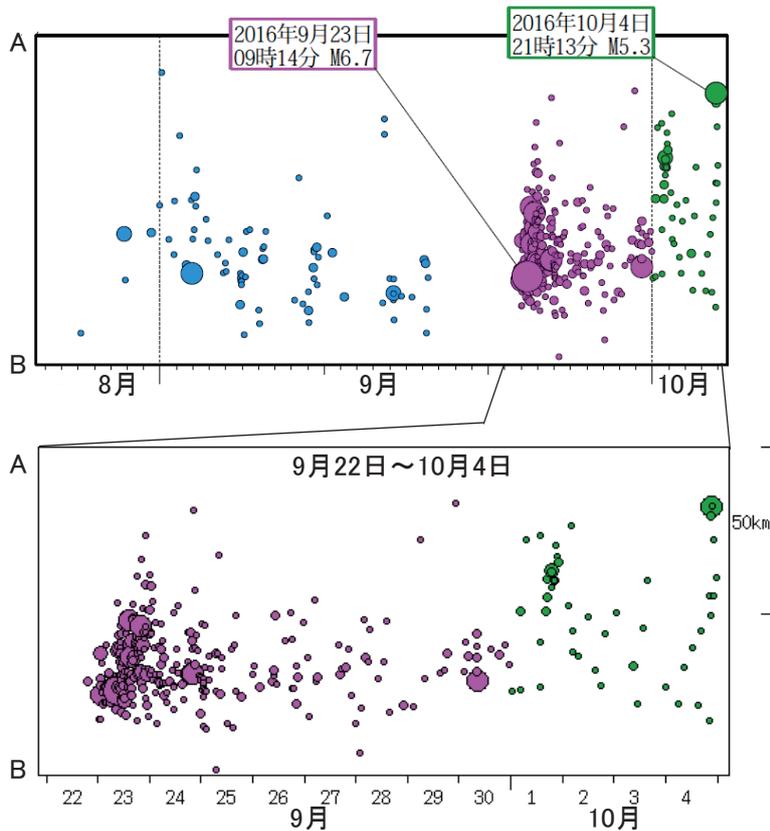
関東東方沖の地震活動の推移

2016年8月25日～10月4日、 $M \geq 2.0$

水: 8月25日～9月21日、桃: 9月22日～9月30日、緑: 10月1日～10月4日



矩形内の時空間分布図(A-B投影)

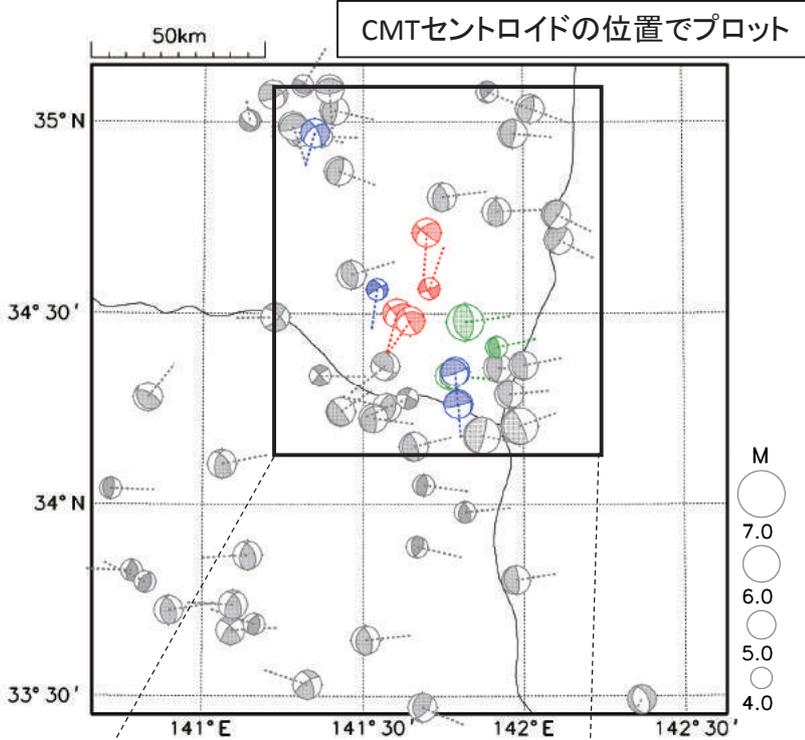


第14図(c) つづき
Fig.14(c) Continued.

関東東方沖の地震の発生場所(CMT解比較)

気象庁CMT解の分布図

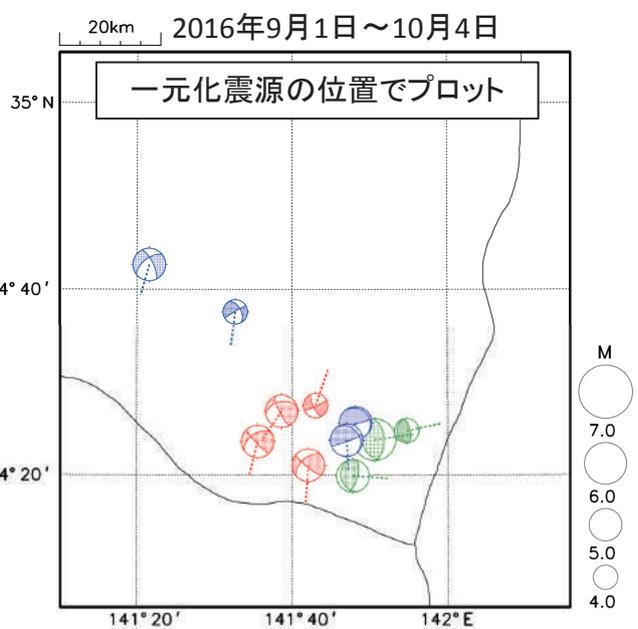
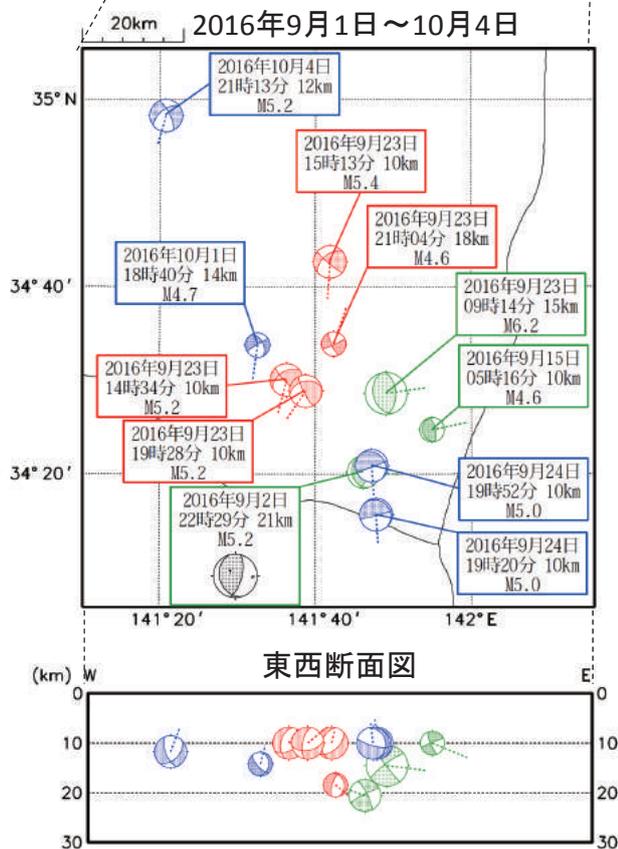
1997年10月1日～2016年10月4日、深さ0～90km、 $M \geq 4.0$
震源球から伸びる破線はP軸の方向を示す



グレー: 1997/10/1～2016/8/31
 緑: 2016/9/1～9/23 14時
 赤: 2016/9/23 14時～9/24 19時
 青: 2016/9/24 19時～10/4

- ・今回の活動以前の地震(グレー)は、逆断層・横ずれ問わず、概ね東西圧縮
- ・今回の最大規模の地震が発生するまで(緑)も東西圧縮
- ・その後の地震(赤、青)は南北圧縮で、これまでに周辺でほとんど見られていなかった

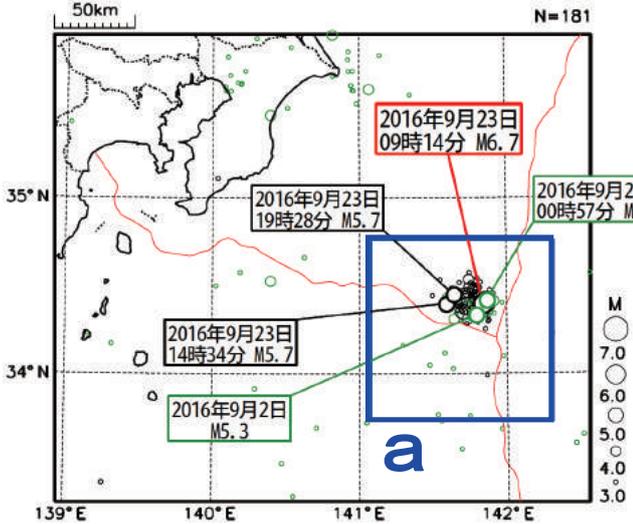
- ・セントロイド位置・一元化震源位置の両方でも、発生場所によりCMT解のタイプが異なっている



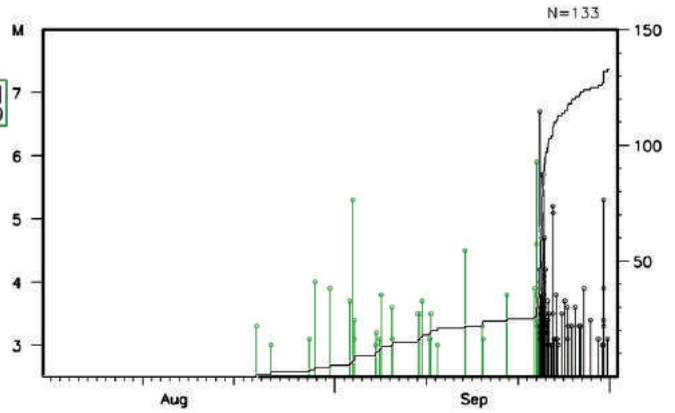
第14図(d) つづき
 Fig.14(d) Continued.

平成28年 9月23日 関東東方沖の地震 (過去の活動)

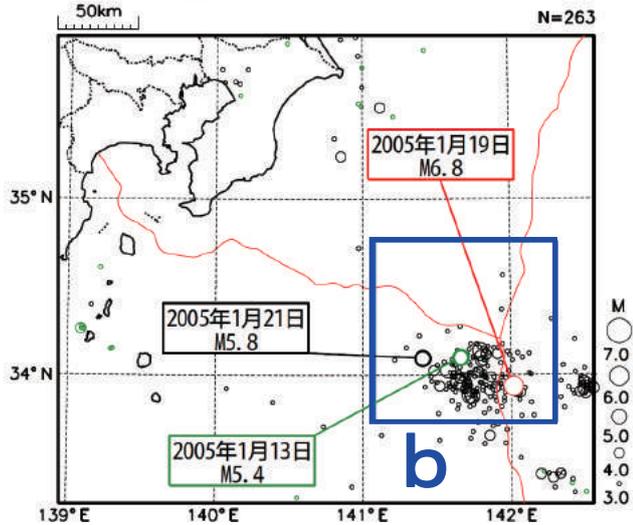
震央分布図(2016年8月1日～2016年9月30日、深さ0～100km、M3.0以上)



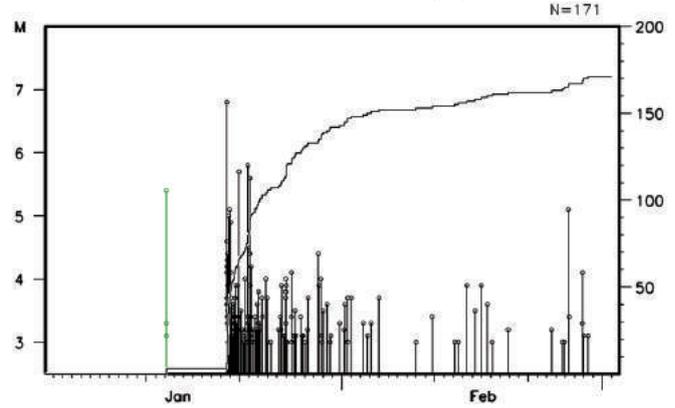
領域 a 内の M-T 図及び回数積算図



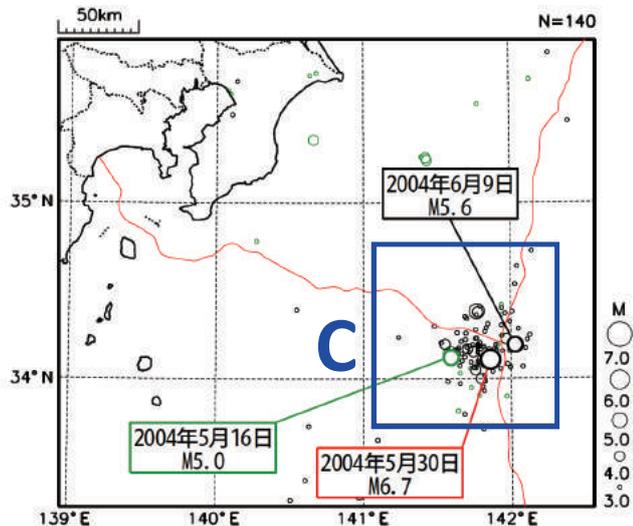
震央分布図(2005年1月1日～2005年2月28日、深さ0～100km、M3.0以上)



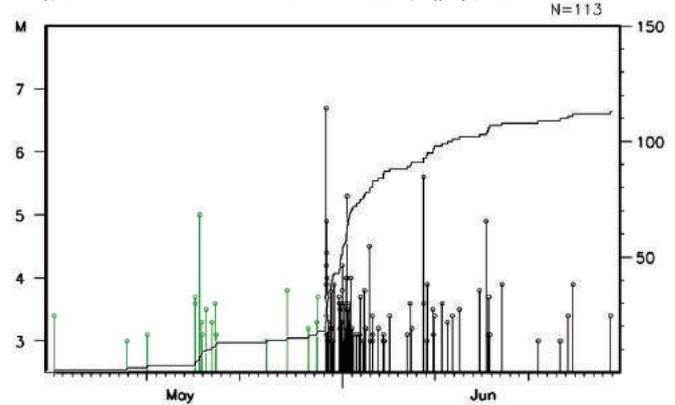
領域 b 内の M-T 図及び回数積算図



震央分布図(2004年5月1日～2004年6月30日、深さ0～100km、M3.0以上)

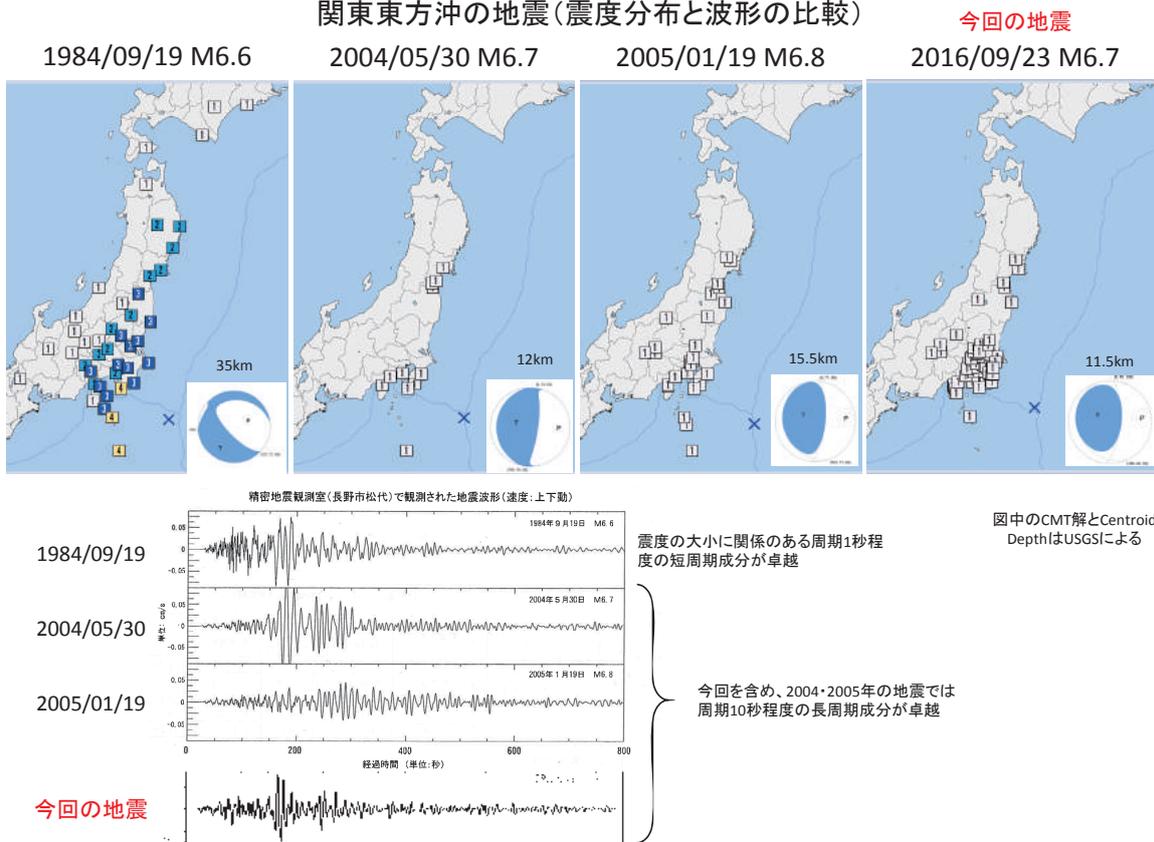


領域 c 内の M-T 図及び回数積算図

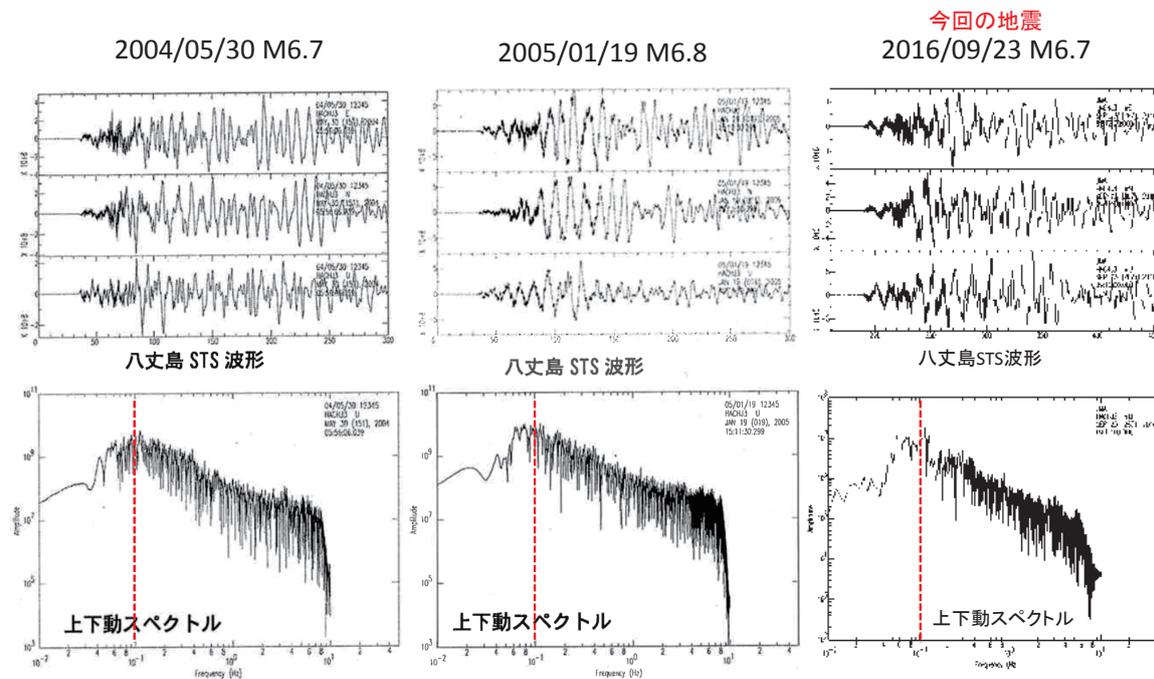


第14図(e) つづき
Fig.14(e) Continued.

関東東方沖の地震(震度分布と波形の比較)



関東東方沖の地震(波形とスペクトルの比較)



今回の地震は、2004・2005年の地震と同様に周期10秒程度の長周期成分が卓越

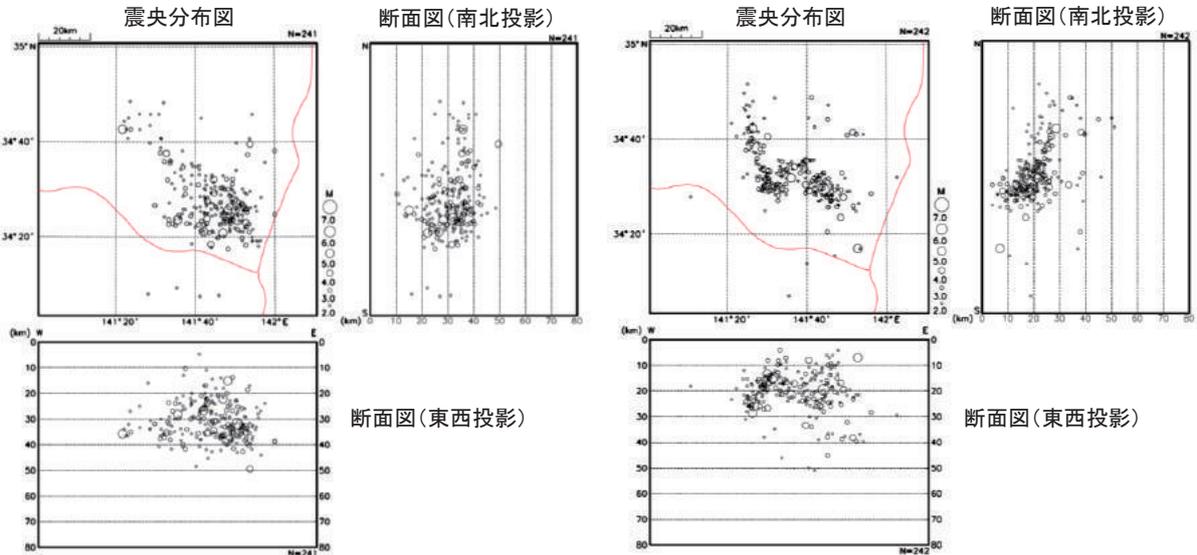
第14図(f) つづき
Fig.14(f) Continued.

関東東方沖の地震活動(S-netを用いた震源※)

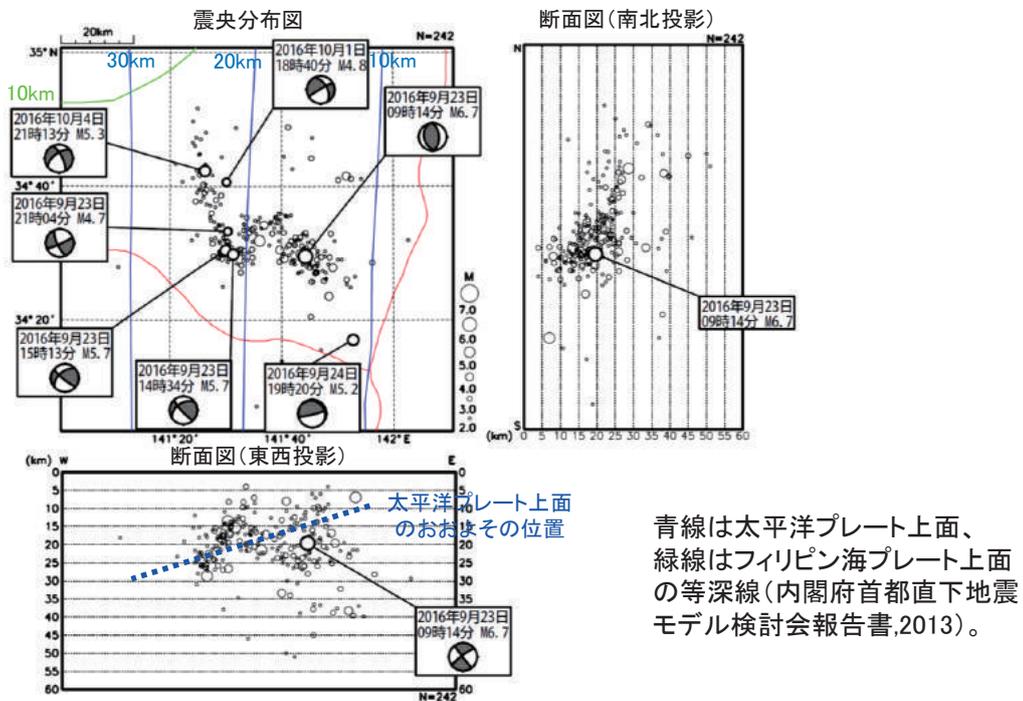
一元化震源、S-net震源 (S-netと陸上観測点を用いた自動震源、水平誤差 ≤ 2.5 分)の分布
2016年9月22日~10月13日、 $M \geq 2.0$

一元化震源

S-net震源



S-net震源(S-netと陸上観測点を用いた自動震源、水平誤差 ≤ 2.5 分)の分布
2016年9月22日~10月13日、 $M \geq 2.0$

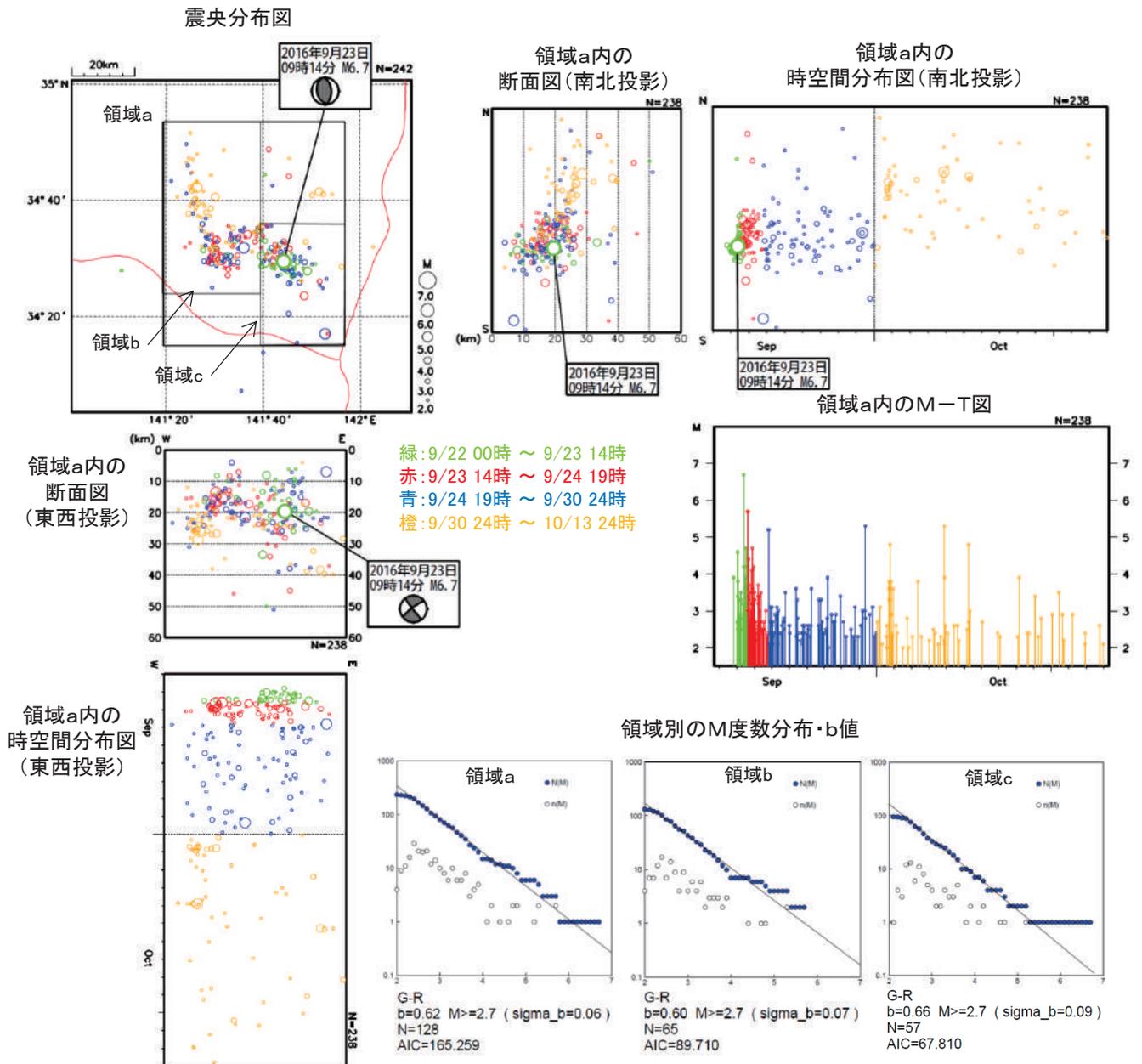


※) 国立研究開発法人防災科学技術研究所の日本海溝海底地震津波観測網(S-net)のデータを使用。今回の資料は、既存の手法・パラメータを用いてオフライン処理で臨時に調査した結果である。

第14図(g) つづき
Fig.14(g) Continued.

関東東方沖の地震活動(S-netを用いた震源※)

S-net震源(S-netと陸上観測点を用いた自動震源、水平誤差 ≤ 2.5 分)の分布
2016年9月22日~10月13日、 $M \geq 2.0$

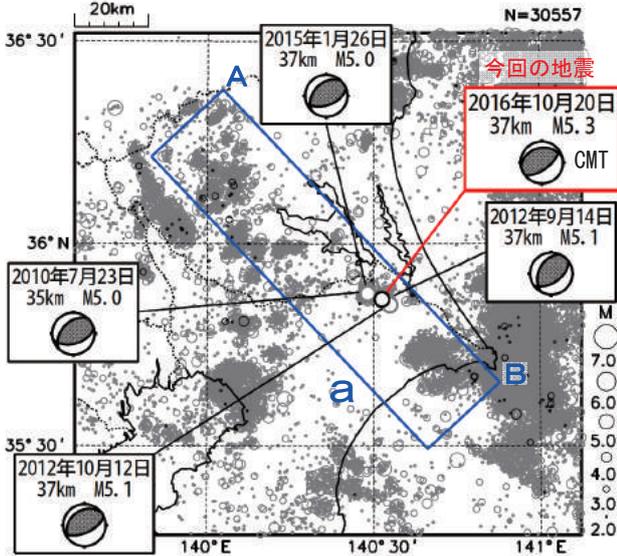


※) 国立研究開発法人防災科学技術研究所の日本海溝海底地震津波観測網(S-net)のデータを使用。今回の資料は、既存の手法・パラメータを用いてオフライン処理で臨時に調査した結果である。

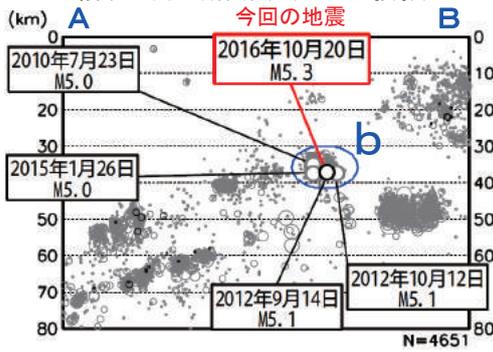
10月20日 千葉県北東部の地震

震央分布図

(1997年10月1日～2016年10月31日、
深さ0～80km、 $M \geq 2.0$)
2016年10月の地震を濃く表示

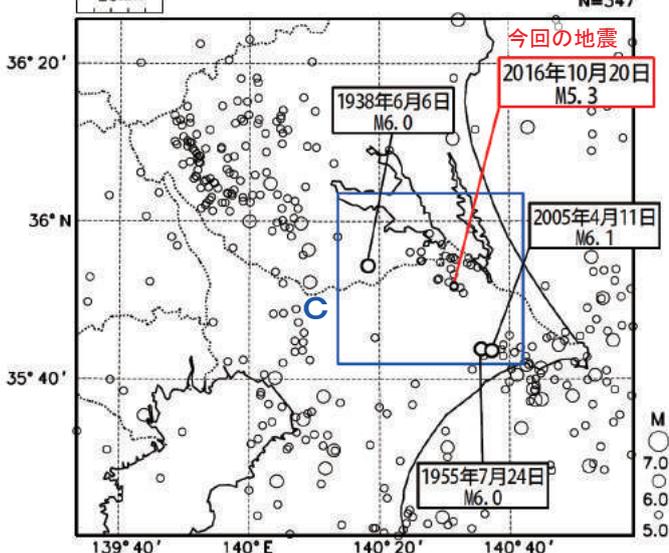


領域a内の断面図 (A-B投影)



震央分布図

(1923年1月1日～2016年10月31日、
深さ0～100km、 $M \geq 5.0$)

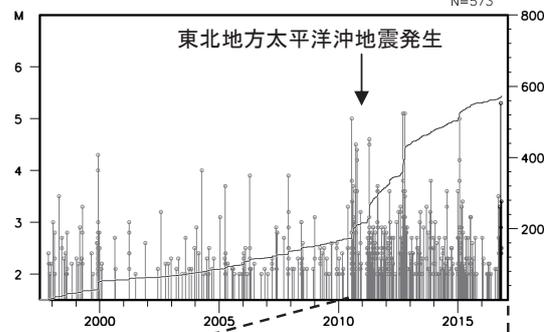


2016年10月20日11時49分に千葉県北東部の深さ37kmでM5.3の地震(最大震度4)が発生した。この地震は、発震機構(CMT解)が北北西-南南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、フィリピン海プレートと陸のプレートの境界で発生した。

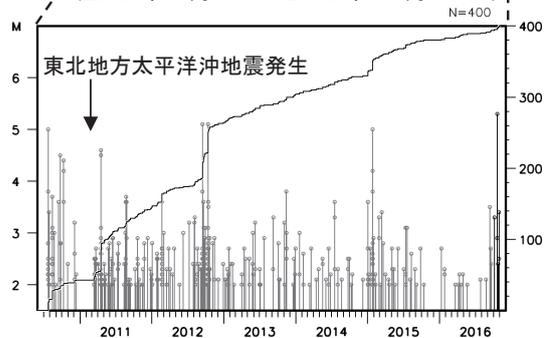
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近(領域b)では、M4.0程度の地震が時々発生している。そのうち、2010年7月23日に発生したM5.0の地震(最大震度5弱)では、同年12月頃まで地震活動がみられた。また、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」発生以降、地震活動が以前より活発になっており、2012年9月14日、10月12日にはM5.1の地震(いずれも最大震度4)が発生している。

1923年1月以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺(領域c)では、M6.0程度の地震が時々発生している。

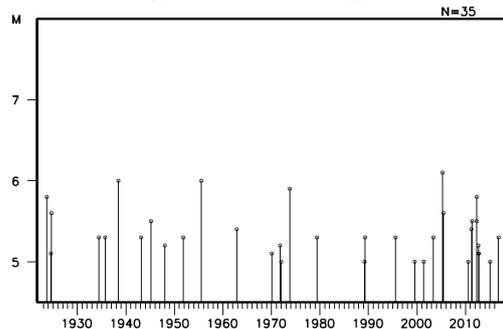
領域b内のM-T図及び回数積算図



(2010年7月1日～2016年10月31日)



領域c内のM-T図

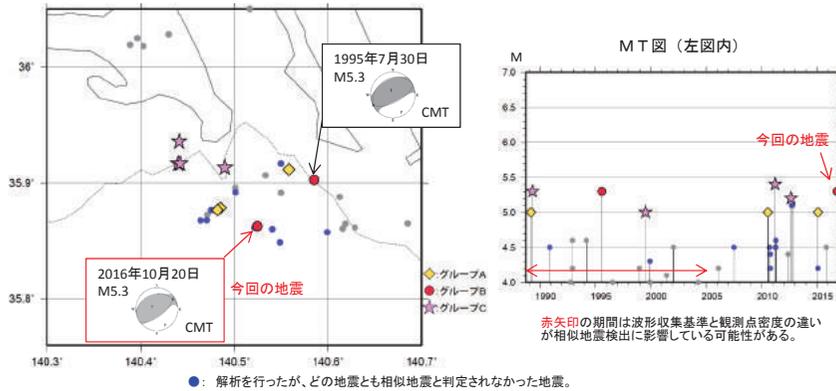


第15図(a) 2016年10月20日 千葉県北東部の地震

Fig.15(a) The earthquake in the northeast of Chiba Prefecture on October 20, 2016.

10月20日 千葉県北東部の地震（相似地震）

震央分布図(1988年10月～2016年10月、深さ20～70km、M \geq 4.0)



2016年10月20日の千葉県北東部の地震（M5.3、最大震度4）について強震波形による相関解析を行った結果、1995年7月30日の地震（M5.3）が相似地震グループ（上図のグループB）として検出された^{※1}。これらの地震のMと発生間隔から推定される年平均すべり量は、約2.5cm/年である^{※2}。この付近では、他にも2グループの相似地震が検出されている^{※3}。

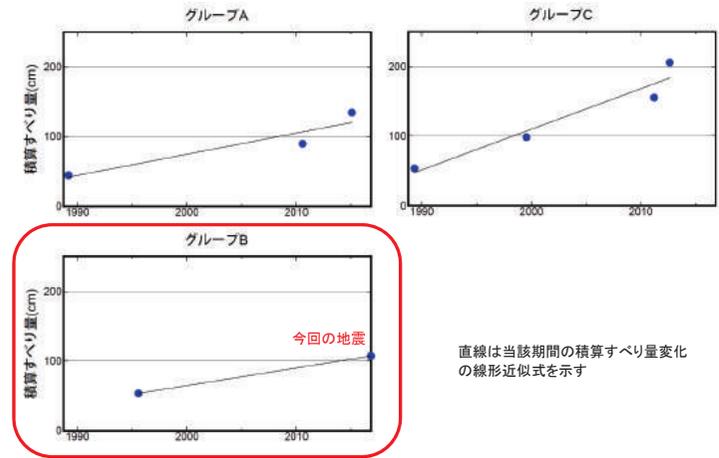
※1 各観測点の波形の比較で得られたコヒーレンスの中央値が0.95以上の場合、相似地震として検出している。
 ※2 すべり量推定には、モーメントマグニチュードと地震モーメントの関係式 [Hanks and Kanamori (1979)] 及び地震モーメントとすべり量の関係式 [Nadeau and Johnson(1998)] を使用。得られた積算すべり量と経過時間から最小乗法を用いてグループ毎の年平均すべり量を求めた。
 ※3 溜瀧功史、中村雅基、山田安之 (2014)：全国を対象とした客観的な相似地震の抽出，気象研究所技術報告，72，5-16

●グループ毎の地震発生状況、推定年平均すべり量

グループ	回数	平均M	震度		発生間隔			年平均すべり量 (cm/年)
			最大震度	最小震度	平均	最短	最長	
A	3	5.00	A	3	12.94	4.51	21.37	3.04
B	2	5.30	4	3	21.23			2.52
C	4	5.23	4	3	7.77	1.43	11.67	5.82

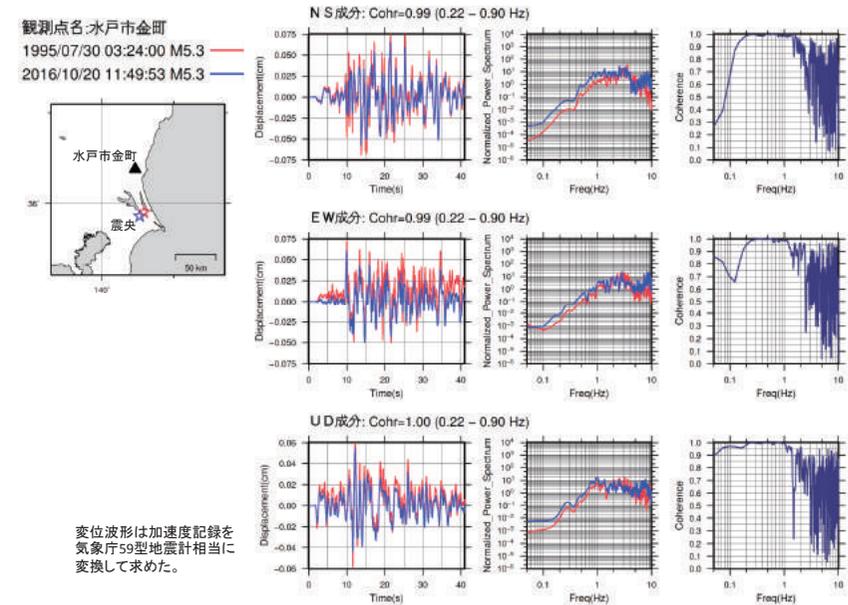
グループ	観測点ID	回数	平均M	最大震度	最小震度	平均発生間隔	最短発生間隔	最長発生間隔	年平均すべり量 (cm/年)
グループA	J198903111612172	01	3.5547	05	140335	08	445	23	50.51
	J2010072306063149	009	3.55272	024	1402913	029	350208850049V511A	3	92
	J2015012607200168	012	3.55260	031	1402893	042	374711350050W5114	3	92
グループB	J1995073003240014	022	3.55417	071	1403512	148	425637453054V1113	3	87
	J2016102011495369	012	3.55176	032	1403148	042	370911553053W5114	3	87
グループC	J198904260218377	02	3.5548	05	140294	09	648	28	53.05
	J1999071507562189	020	3.55614	051	1402646	072	496420450047V5113	3	87
	J2011031622390259	018	3.55500	049	1402640	064	534116754052W5114	3	87
	J2011031622390259	018	3.55500	049	1402640	064	534116754052W5114	3	87
	J2012082020424610	016	3.55501	043	1402654	056	572013952050W5113	3	87

●グループ毎の積算すべり量



直線は当該期間の積算すべり量変化の線形近似式を示す

●波形例(グループB)



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て求めた。

第15図(b) つづき
Fig.15(b) Continued.