

3-1 東北地方とその周辺の地震活動（2016年5月～10月）

Seismic Activity in and around the Tohoku District (May – October 2016)

気象庁 仙台管区気象台
Sendai Regional Headquarters, JMA

今期間、東北地方とその周辺でM4.0以上の地震は119回、M5.0以上は17回、M6.0以上は2回発生した。このうち最大のものは、2016年8月20日に三陸沖で発生したM6.4の地震であった。

2016年5月～10月のM4.0以上の震央分布を第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) 「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震」の余震活動（第2図）

2016年5月から10月の間に、2011年3月11日に発生した「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震」（M9.0, 最大震度7, 以下「東北地方太平洋沖地震」と呼ぶ）の余震域（図中の領域 a）では、M5.0以上の地震は17回、M5.5以上の地震は5回発生した。また、最大震度4以上を観測する地震は7回発生した。なお、(2)～(8)で記述している地震のうち、2016年7月16日に発生した秋田県内陸北部の地震を除き全て図中の領域 a 内で発生した。

余震は次第に少なくなってきたものの、領域 a 内の沿岸に近い領域を中心に、本震発生以前に比べて活発な地震活動が継続している。

(2) 岩手県沖の地震（M4.4, 最大震度4, 第3図(a), (b)）

2016年5月24日18時48分に岩手県沖の深さ48kmでM4.4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。こ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、地震活動が活発化している。

波形相関解析から相似地震が検出されており、東北地方太平洋沖地震以降、その発生率が高くなっていると考えられる。

(3) 福島県沖の地震（M5.9, 最大震度3, 第4図）

2016年6月27日07時57分に福島県沖でM5.9の地震（最大震度3）が発生した。この地震は、発震機構（CMT解）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付近で発生した。この地震の震央周辺では、東北地方太平洋沖地震の発生以降、地震活動が活発化している。

(4) 福島県沖の地震（M5.6, 最大震度4, 第6図(a), (b)）

2016年8月15日16時04分に福島県沖でM5.6の地震（最大震度4）が発生した。この地震は、発震機構（CMT解）が東西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では、M5.0以上の地震がしばしば発生しており、東北地方太平洋沖地震の発生以降は地震活動が活発化した。

(5) 三陸沖の地震（最大M6.4，最大震度3，第7図(a)～(e)）

2016年8月20日18時01分に三陸沖の深さ10km（CMT解による）でM6.4の地震（最大震度3）が発生した。また，この地震とほぼ同じ場所で，8月21日00時58分にM6.2（最大震度3）の地震が発生した。これらの地震は，発震機構（CMT解）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。

当該地域は続発領域と知られており，2011年以降，M6以上の地震が繰り返し発生する続発的傾向を示している。今回の活動のうち，北側の活動のb値は0.5程度と小さくなっており，その続発的傾向と整合する。

(6) 宮城県沖の地震（M5.3，最大震度3，第8図）

2016年8月22日15時11分に宮城県沖の深さ33kmでM5.3の地震（最大震度3）が発生した。この地震は，発震機構（CMT解）が南北方向に張力軸を持つ正断層型である。1997年10月以降の活動をみると，こ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に地震活動が活発化しているが，それ以前にもM5.0以上の地震が5回発生している。

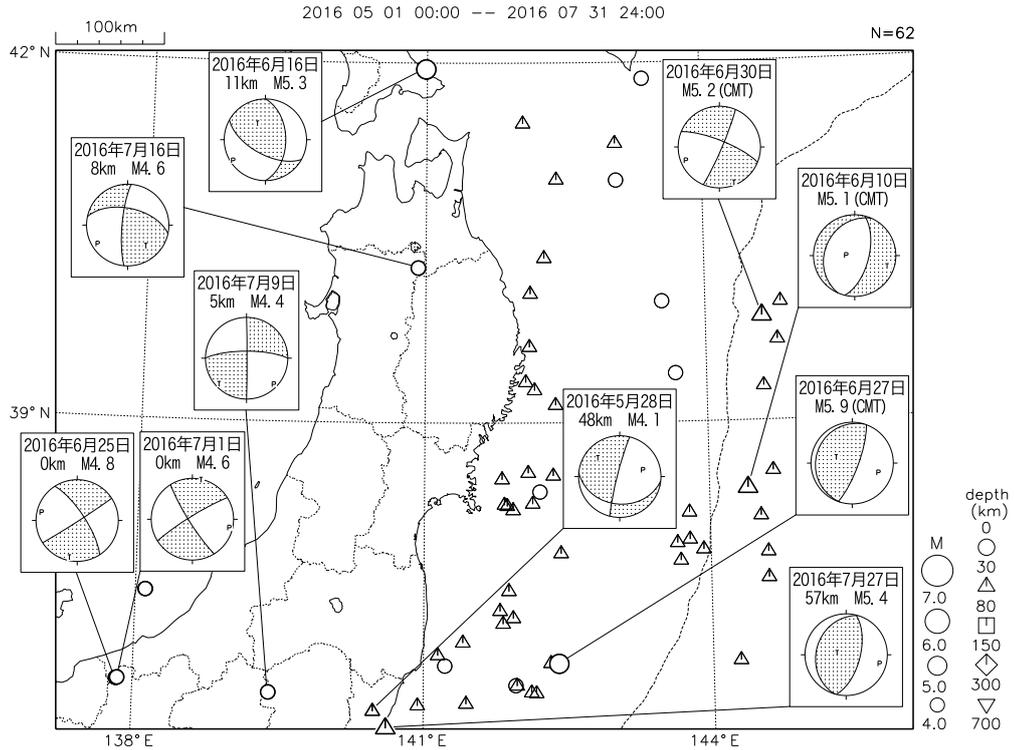
(7) 宮城県中部の地震（M5.2，最大震度4，第9図）

2016年10月16日16時37分に宮城県中部の深さ20kmでM5.2の地震（最大震度4）が発生した。この地震は地殻内で発生した。発震機構（CMT解）は，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では，東北地方太平洋沖地震発生以降に地震活動が活発化した。

(8) その他の地震活動

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					
7月16日	秋田県内陸北部	4.6	8	3	(第5図)

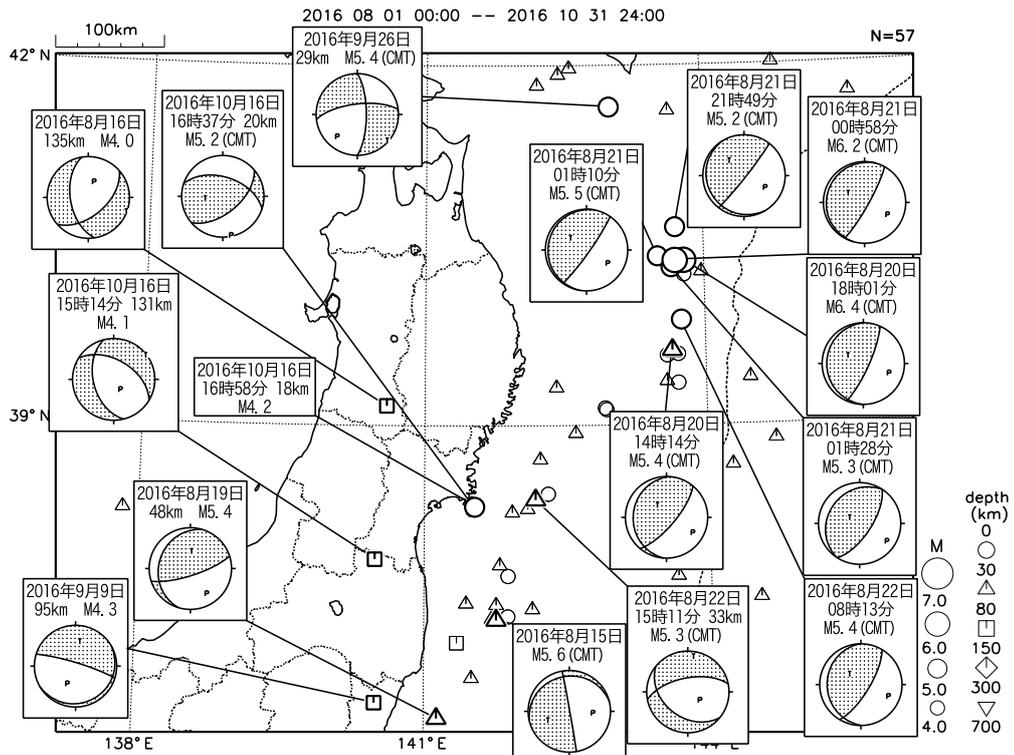
東北地方とその周辺の地震活動 (2016年5月~7月、 $M \geq 4.0$)



図中の吹き出しは、陸域 $M4.0$ 以上および海域 $M5.0$ 以上

第1図 (a) 東北地方とその周辺の地震活動 (2016年5月~7月 $M \geq 4.0$, 深さ ≤ 700 km)
 Fig.1(a) Seismic activity in and around the Tohoku district (May – July 2016, $M \geq 4.0$, depth ≤ 700 km).

東北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 $M4.0$ 以上および海域 $M5.0$ 以上

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).

平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震の余震活動

2016 年 5 月から 10 月の間に、領域 a（「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」の余震域）で M5.0 以上の地震は 17 回発生した。また、最大震度 4 以上を観測する地震は 7 回発生した。

2011 年 3 月 11 日に発生した「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」の余震活動は次第に少なくなってきたものの、余震域の沿岸に近い領域を中心に、本震発生以前に比べ活発な地震活動が継続している。

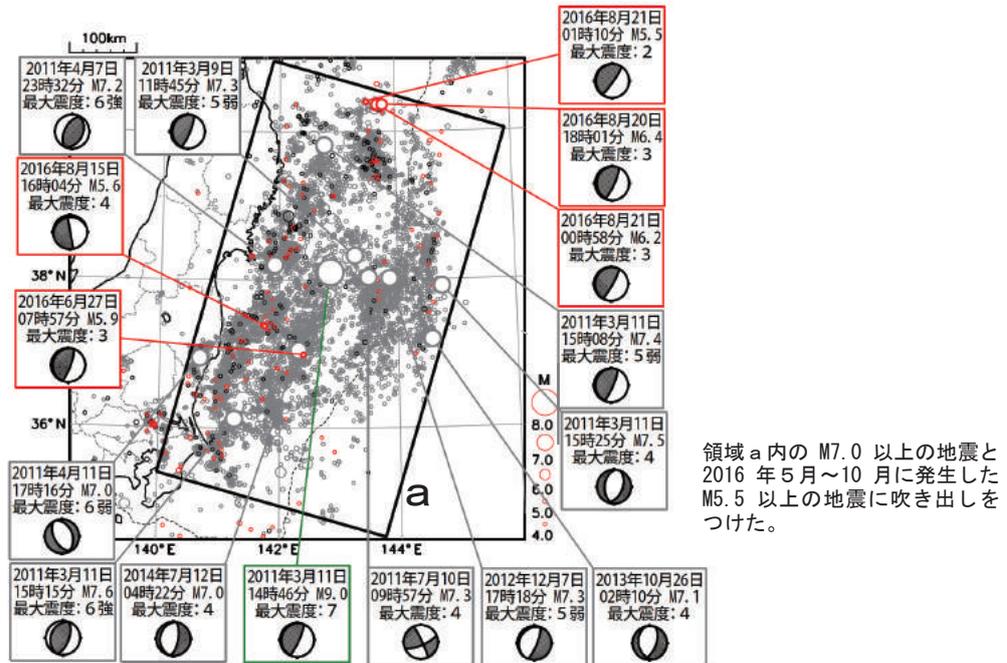
領域 a で 2016 年 5 月から 10 月の間に発生した M5.5 以上の地震は以下のとおり。

2016 年 5 月から 10 月の間に領域 a 内で発生した M5.5 以上の地震					
発生日時	震央地名	M	M _w	最大震度	発震機構（CMT 解）
06月27日 7時57分	福島県沖	5.9	5.7	3	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型
08月15日 16時04分	福島県沖	5.6	5.5	4	東西方向に圧力軸を持つ層
08月20日 18時01分	三陸沖	6.4	6.0	3	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型
08月21日 0時58分	三陸沖	6.2	5.9	3	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型
08月21日 1時10分	三陸沖	5.5	5.3	2	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型

震央分布図

（2011 年 3 月 1 日～2016 年 10 月 31 日、深さすべて、M \geq 4.0）

2011 年 3 月からの地震を薄く、2015 年 5 月から 2016 年 4 月の地震を濃く、2016 年 5 月以降の地震を赤く表示。発震機構は CMT 解。



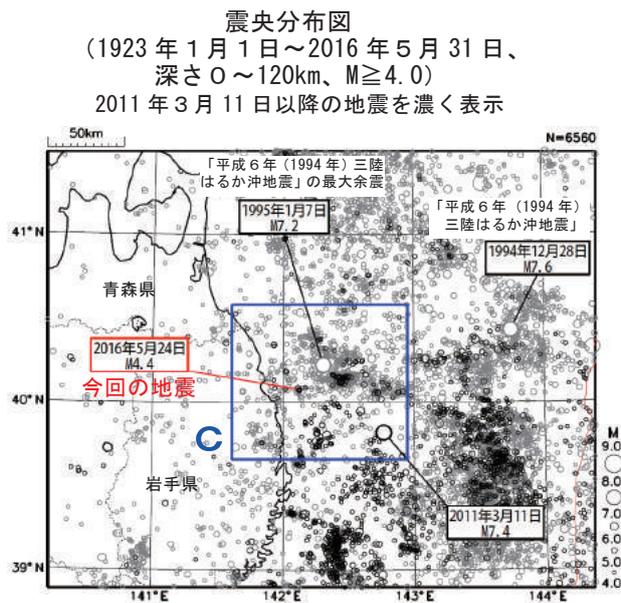
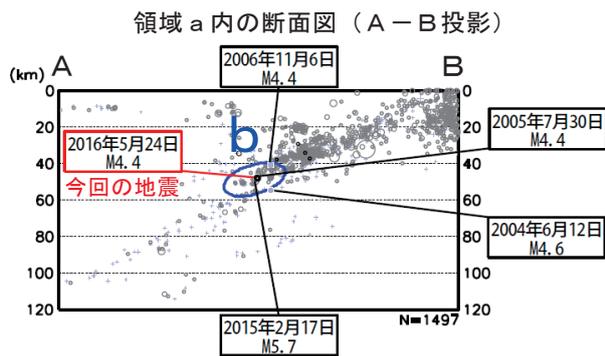
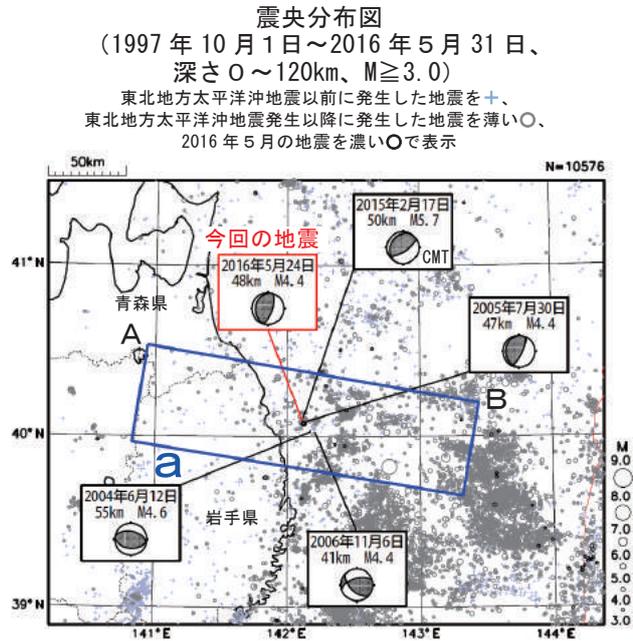
領域 a 内の M7.0 以上の地震と 2016 年 5 月～10 月に発生した M5.5 以上の地震に吹き出しをつけた。



第2図 「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震」の余震活動（2016年5月～10月）

Fig.2 Seismic activity of aftershocks of The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (May – October 2016).

5月24日 岩手県沖の地震

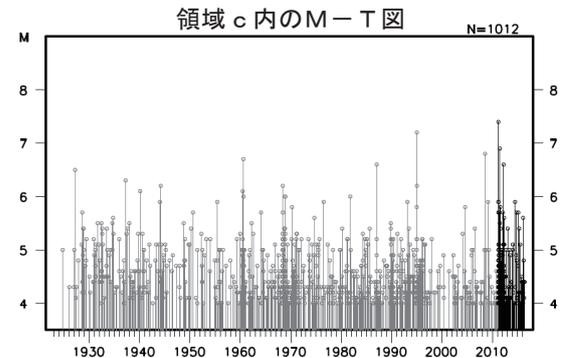
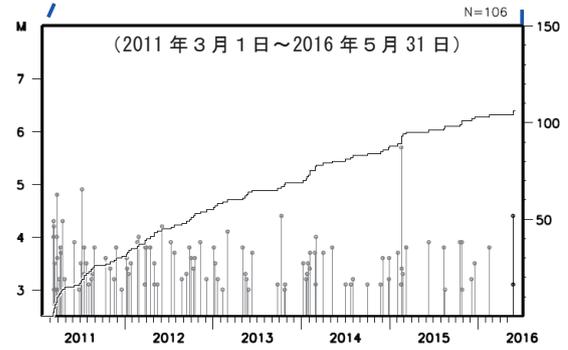
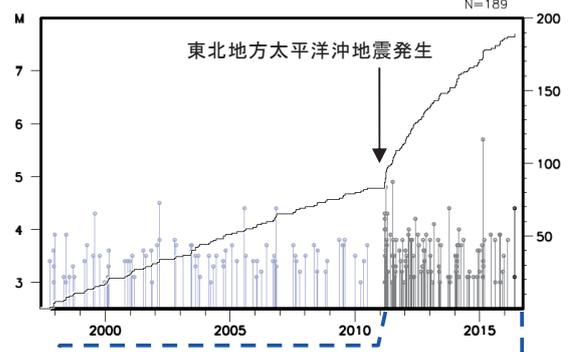


2016年5月24日18時48分に岩手県沖の深さ48kmでM4.4の地震(最大震度4)が発生した。この地震は発震機構が西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した。

1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近(領域b)では、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」発生以降に地震活動が活発化している。

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、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」発生以前からM6.0以上の地震が時々発生しており、1995年1月7日には「平成6年(1994年)三陸はるか沖地震」の最大余震であるM7.2の地震が発生した。

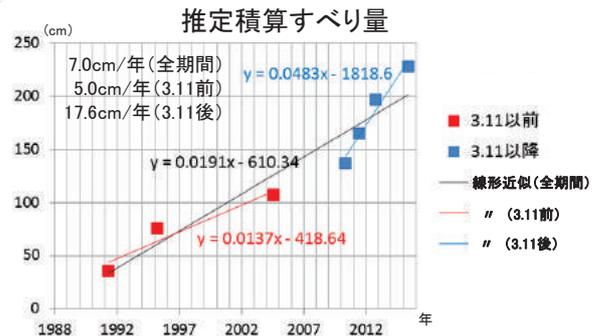
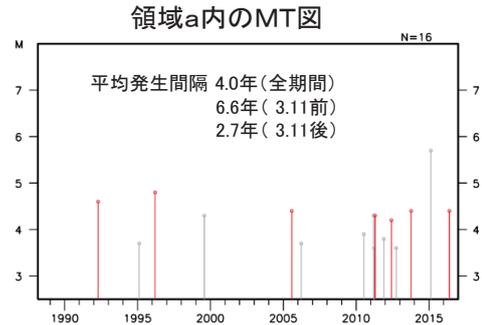
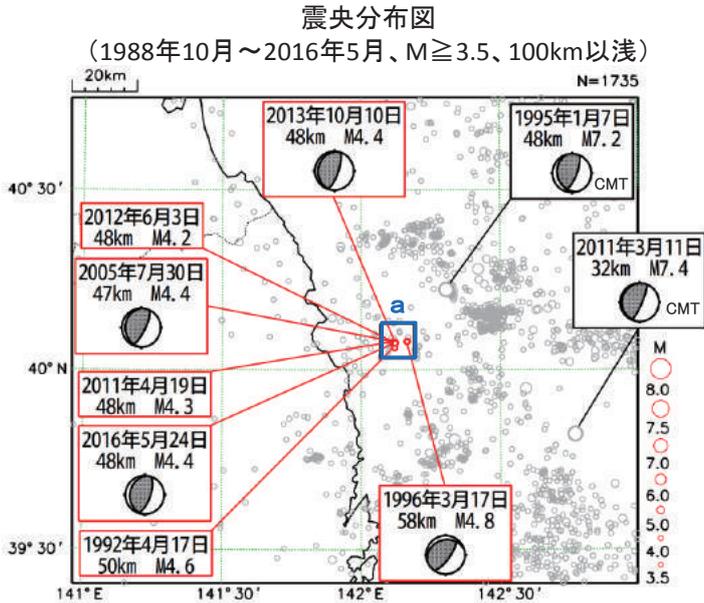
領域b内のM-T図及び回数積算数図



第3図 (a) 2016年5月24日 岩手県沖の地震

Fig.3(a) The earthquake off Iwate Prefecture on May 24, 2016.

5月24日 岩手県沖の地震の相似地震

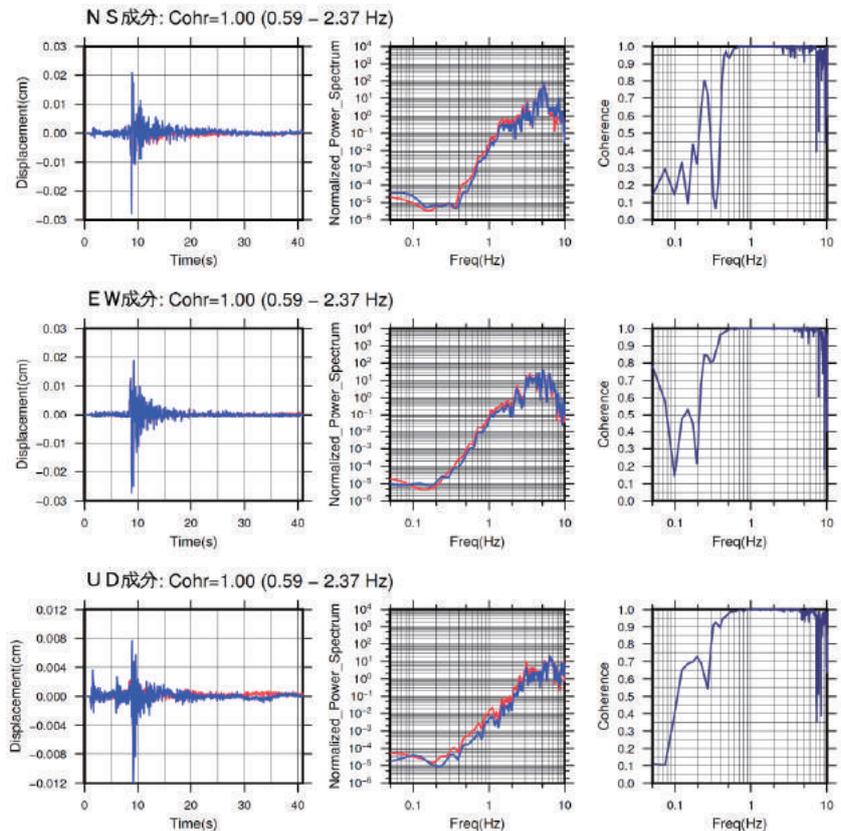


すべり量推定にはMwとMoの関係式 [Hanks and Kanamori (1979)]
Moとすべり量の関係式 [Nadeau and Johnson (1998)] を使用した。

2016年5月24日の岩手県沖の地震 (M4.4、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、M4.2~4.8の7地震 (上図の赤) が相似地震として検出された^{※1}。これらの一部の地震は、既に相似地震として報告されていたものである^{※2}。

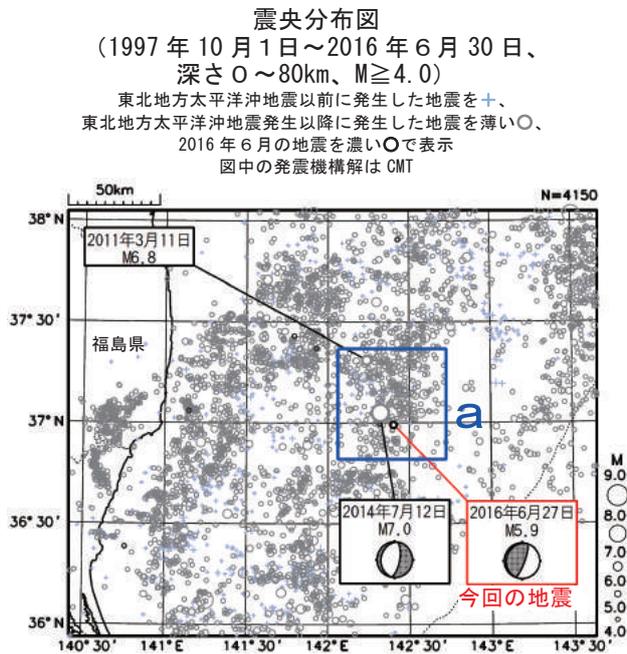
※1 各観測点の波形の比較で得られたコヒーレンスの中央値が0.95以上の場合、相似地震として検出している。
※2 溜瀧功史、中村雅基、山田安之 (2014) : 全国を対象とした客観的な相似地震の抽出, 気象研究所技術報告, 72, 5-16

強震波形相関解析 (波形例)



第3図 (b) つづき
Fig.3(b) Continued

6月27日 福島県沖の地震

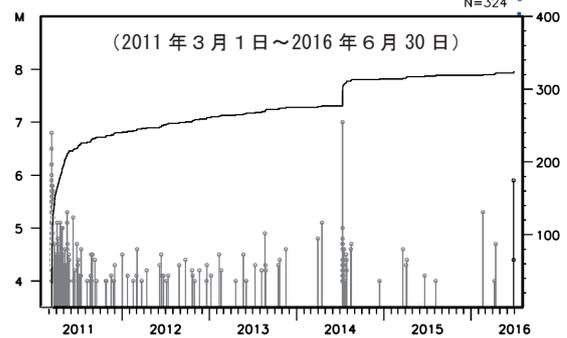
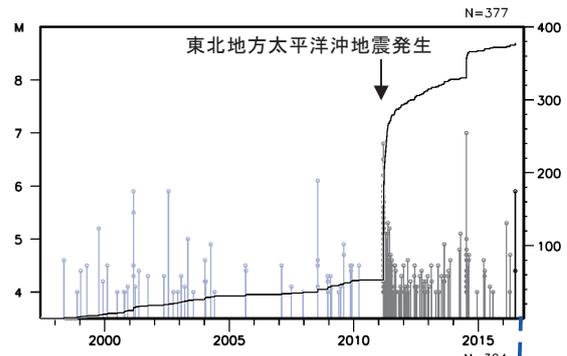


2016年6月27日07時57分に福島県沖でM5.9の地震(最大震度3)が発生した。この地震は発震機構が西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートと陸のプレートの境界付近で発生した。

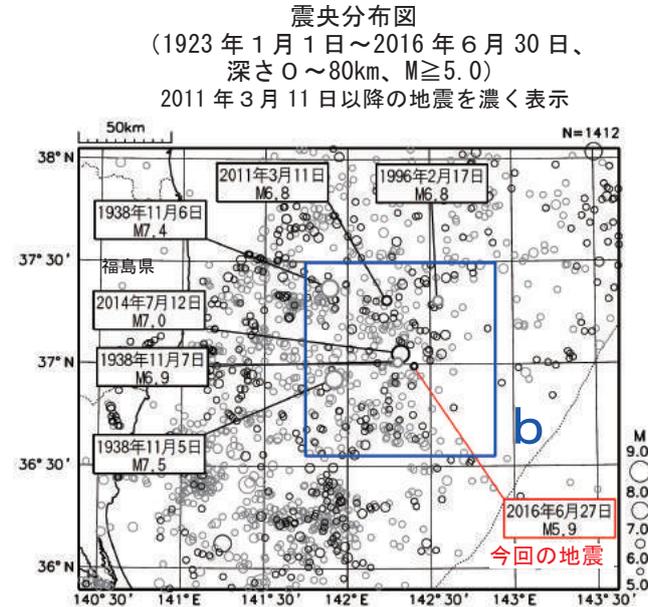
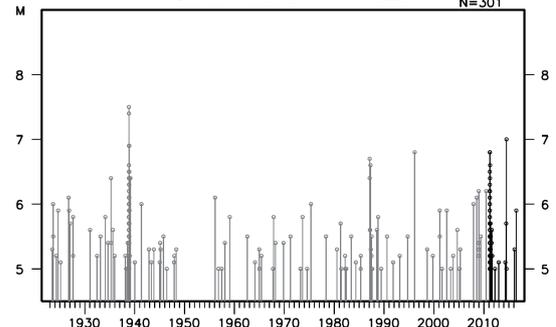
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺(領域a)では、東北地方太平洋沖地震の発生以降、地震活動が活発化している。2014年7月12日にはM7.0の地震が発生し、負傷者1人の被害が生じた(総務省消防庁による)。

1923年以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺(領域b)では、1938年11月5日にM7.5の地震が発生し、死者1人、負傷者9人、住家全壊4棟、半壊29棟などの被害が生じた。また、この地震により、宮城県花淵で113cm(最大全振幅)の津波が観測された(「日本被害地震総覧」による)。

領域 a 内のM-T図及び回数積算数図



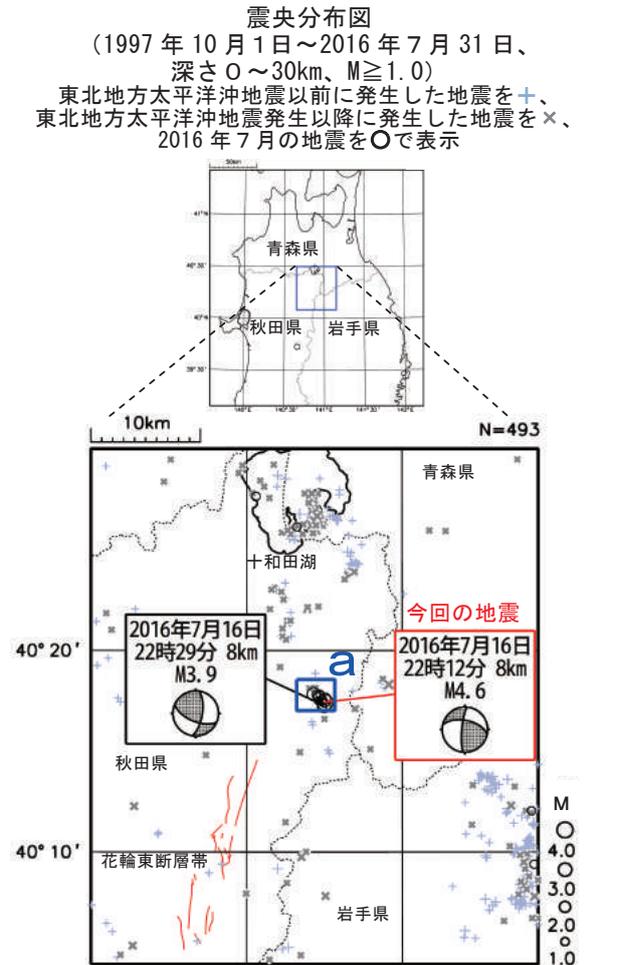
領域 b 内のM-T図



第4図 2016年6月27日 福島県沖の地震

Fig.4 The earthquake off Fukushima Prefecture on June 27, 2016.

7月16日 秋田県内陸北部の地震



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

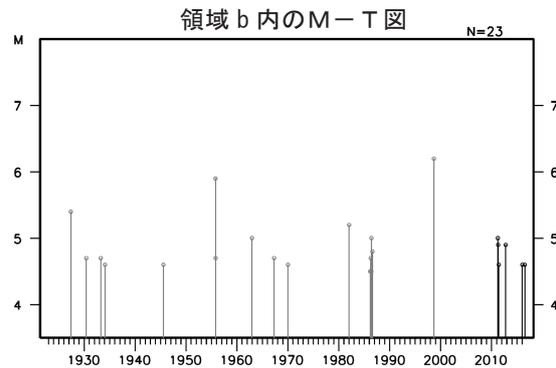
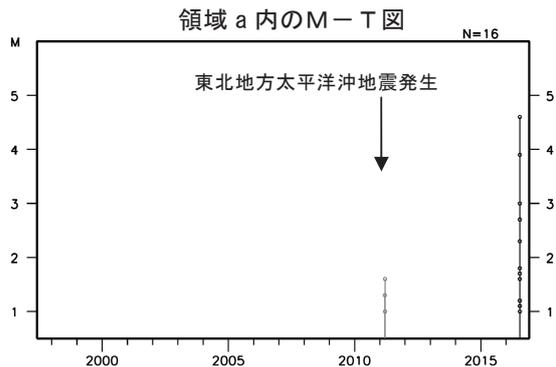


図中の細線は地震調査研究推進本部の長期評価による活断層を示す

2016年7月16日22時12分に秋田県内陸北部の深さ8kmでM4.6の地震(最大震度3)が発生した。この地震は、地殻内で発生した。発震機構は北西-南東方向に張力軸を持つ横ずれ断層型である。

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、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」発生直後と今回の地震の発生後に地震活動がみられる。

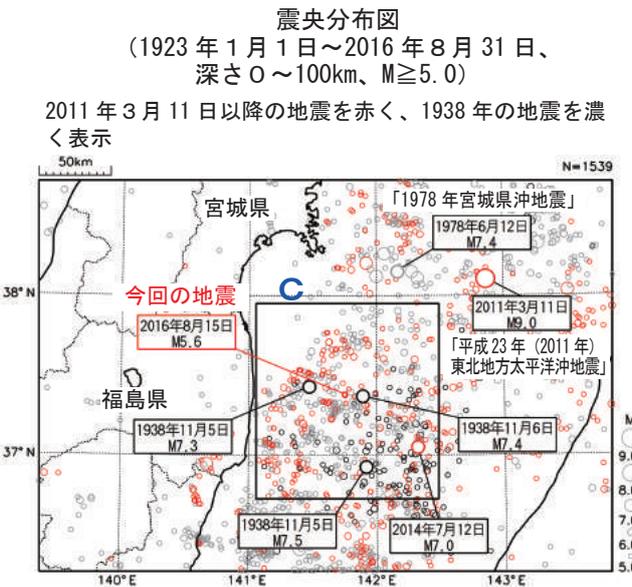
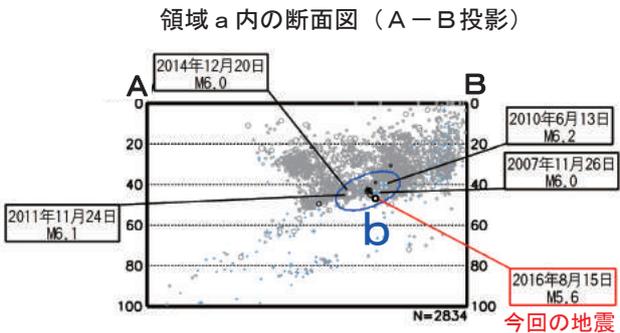
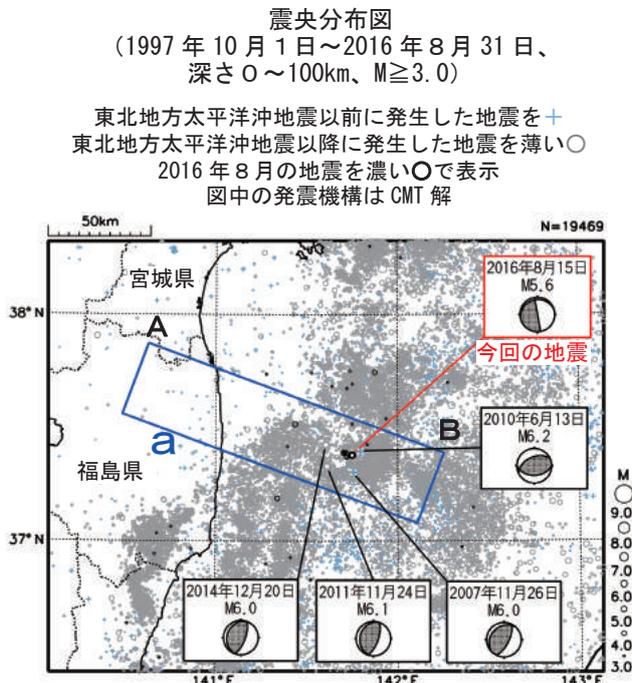
1923年1月以降の活動をみると、今回の地震の震央付近では、M4.5以上の地震はほとんど発生していない。一方、周辺(領域b)では、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」発生以前からM4.5以上の地震が時々発生しており、1998年9月3日にM6.2(最大震度6弱)の地震が発生し、負傷者9名などの被害が生じた(総務省消防庁による)。



第5図 2016年7月16日 秋田県内陸北部の地震

Fig.5 The earthquake in the northern part of Akita Prefecture on July 16, 2016.

8月15日 福島県沖の地震

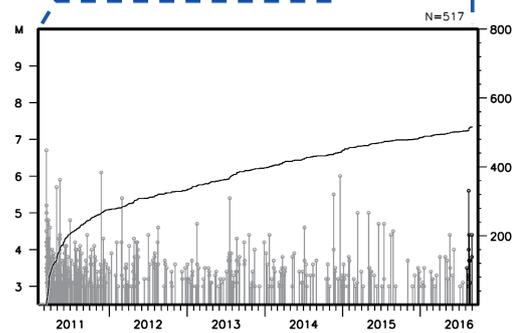
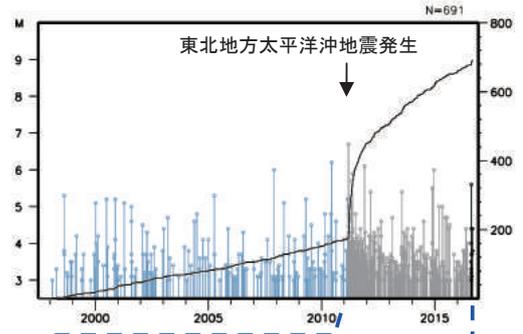


2016年8月15日16時04分に福島県沖でM5.6の地震(最大震度4)が発生した。この地震の発震機構(CMT解)は、東西方向に圧力軸を持つ型である。

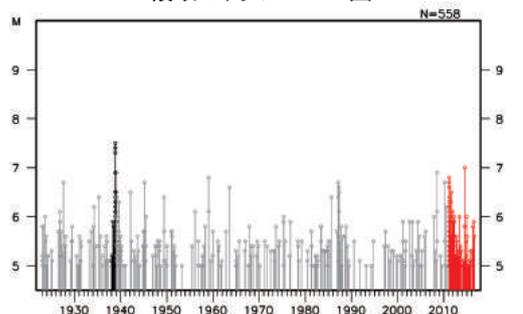
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近(領域b)では、M5.0以上の地震がしばしば発生しており、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」発生以降は地震活動が活発化した。その後は次第に地震活動が低下したものの、この地震の発生後、ややまとまった活動があった。

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、1938年11月5日にM7.5の地震が発生し、死者1人、負傷者9人などの被害が生じた。また、この地震により、宮城県花洲で113cm(最大全振幅)の津波が観測された(「日本被害地震総覧」による)。この地震の発生以降、広い範囲でM7程度の地震が数回発生するなど、地震活動が活発になった。

領域b内のM-T図及び回数積算図



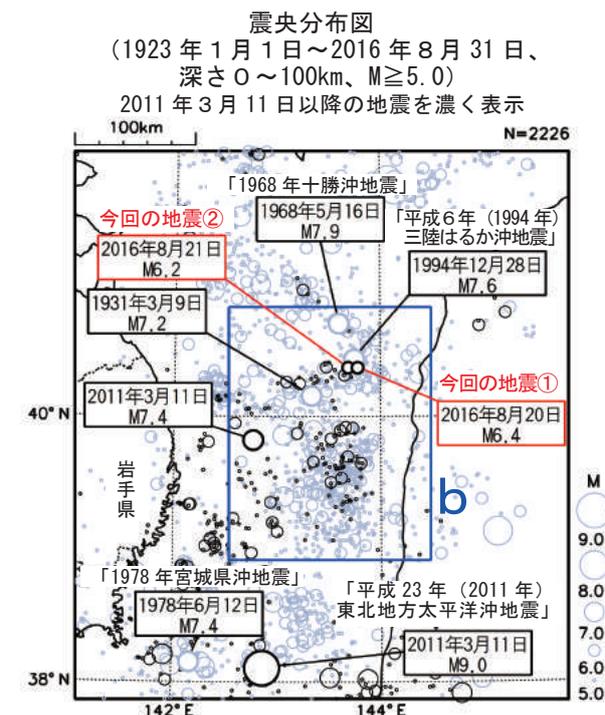
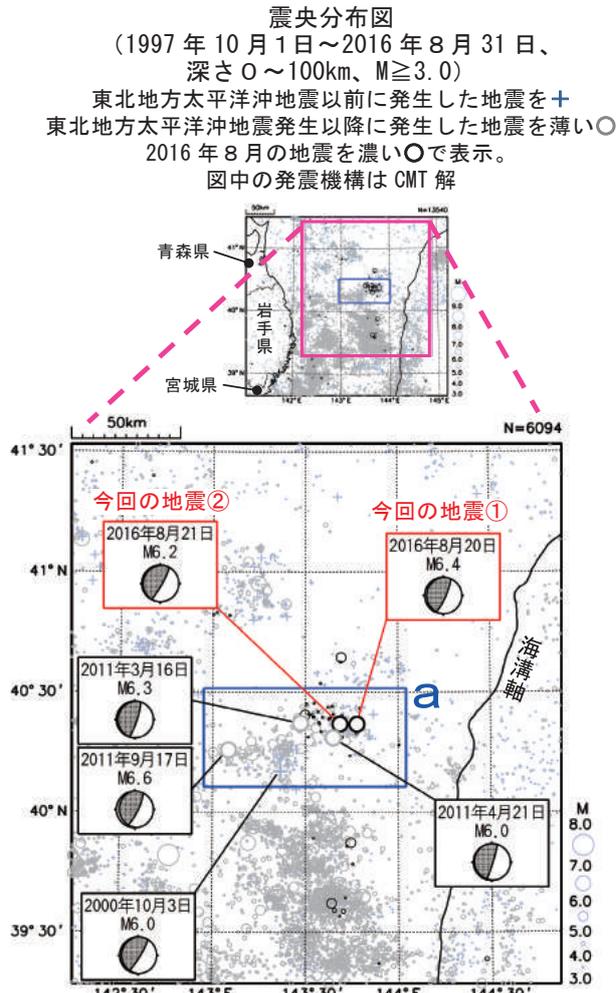
領域c内のM-T図



第6図 (a) 2016年8月15日 福島県沖の地震

Fig.6(a) The earthquake off Fukushima Prefecture on August 15, 2016.

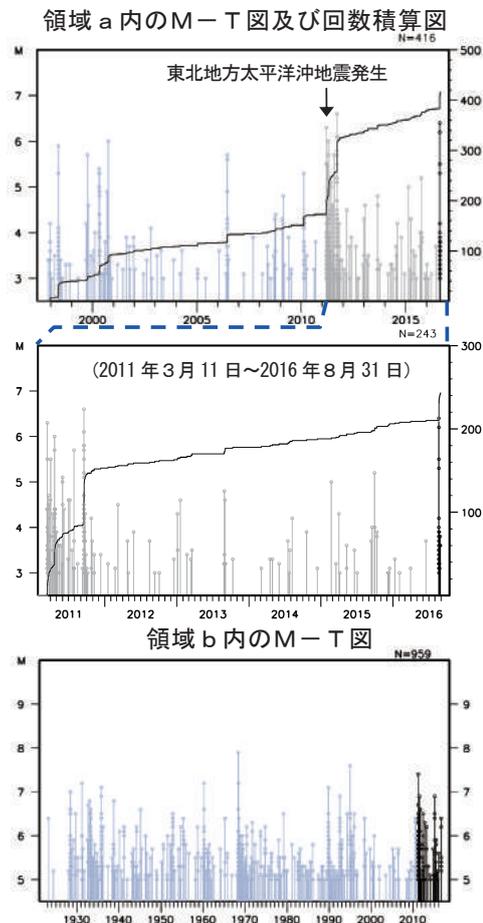
8月20日、21日 三陸沖の地震



2016年8月20日18時01分に三陸沖の深さ10km (CMT解による) でM6.4の地震① (最大震度3) が発生した。また、この地震とほぼ同じ場所で、21日00時58分にM6.2の地震② (最大震度3) が発生した。これらの地震は発震機構 (CMT解) 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。また、これらの地震の発生以降、領域a内では、震度2～1を観測する地震が2回発生している。

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a) では、「平成23年 (2011年) 東北地方太平洋沖地震」発生後、2011年中にM6.0以上の地震が4回発生したが、それ以降、今回の地震までの間にM6.0以上の地震は発生していなかった。

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b) では、「1968年十勝沖地震」や「平成6年 (1994年) 三陸はるか沖地震」が発生するなど、M7.0以上の地震が9回発生している。



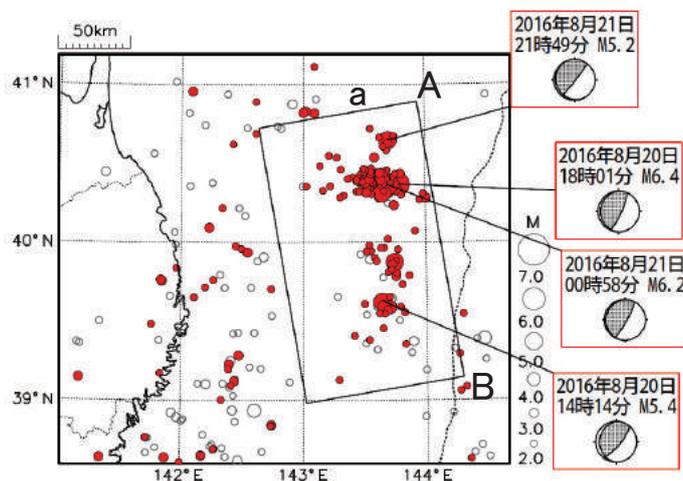
第7図 (a) 2016年8月20日、8月21日 三陸沖の地震
Fig.7(a) The earthquake off Sanriku on August 20,21, 2016.

8月20日からの三陸沖の活動

2016年8月1日～2016年8月31日、 $M \geq 2.0$

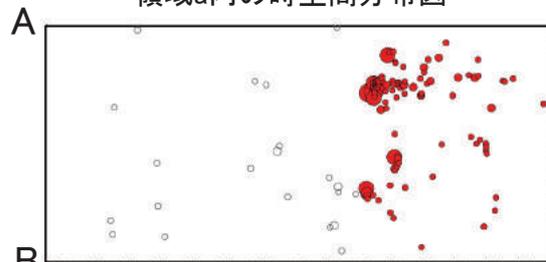
赤：2016年8月20日以降

震央分布図

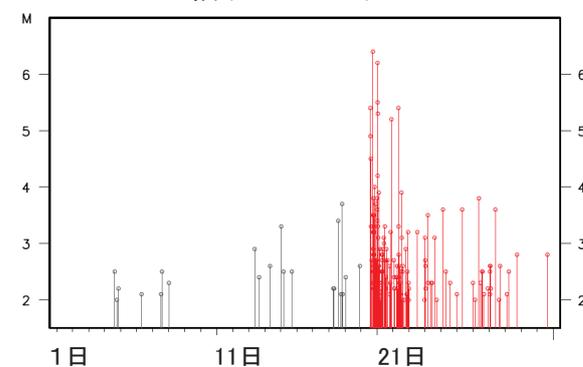


8月20日から22日にかけて、領域a内で $M5.0$ 以上の地震が7回発生した。

領域a内の時空間分布図



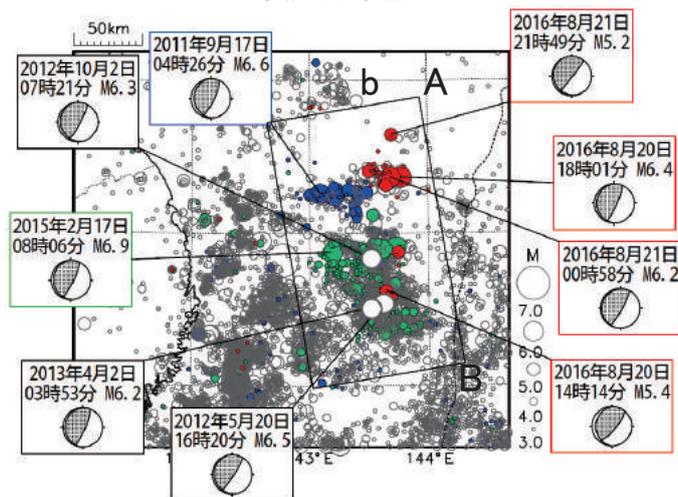
領域a内のMT図



2011年1月1日～2016年8月31日、 $M \geq 3.0$

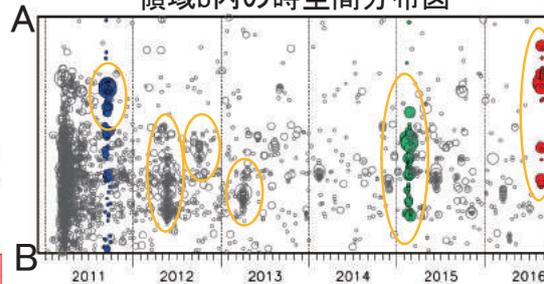
青：2011年9月、緑：2015年2月、赤：2016年8月20日以降

震央分布図

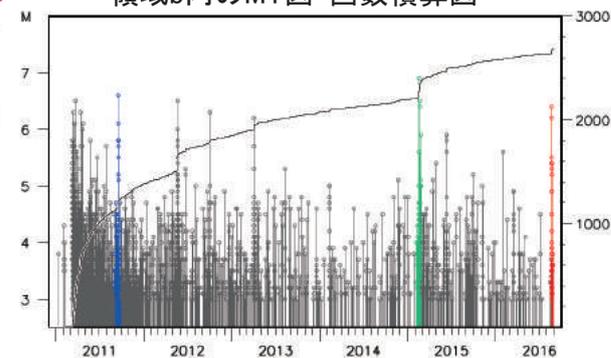


「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」以降に見られたまとまった活動について、時空間分布図で黄色の楕円で示した。

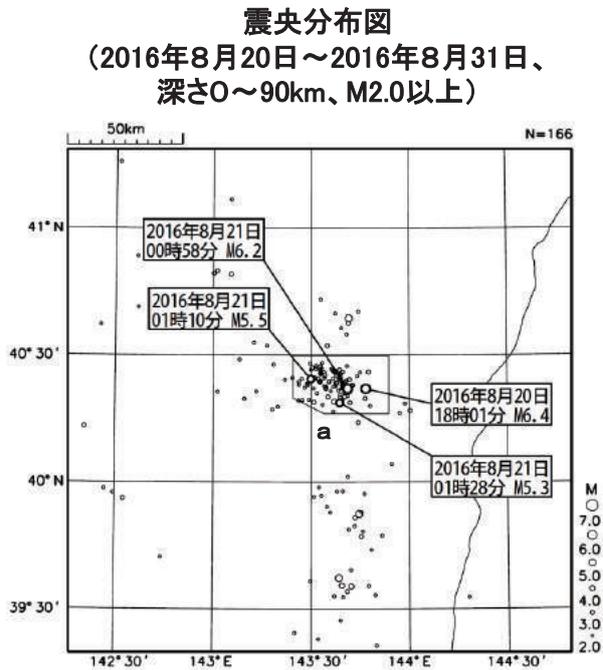
領域b内の時空間分布図



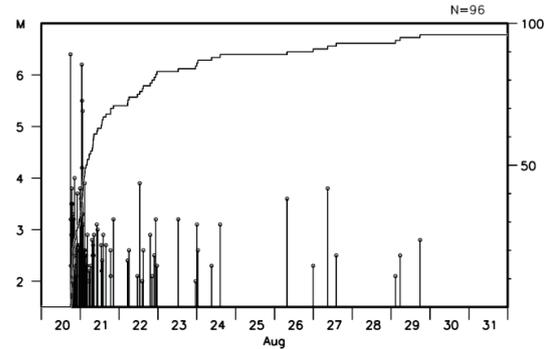
領域b内のMT図・回数積算図



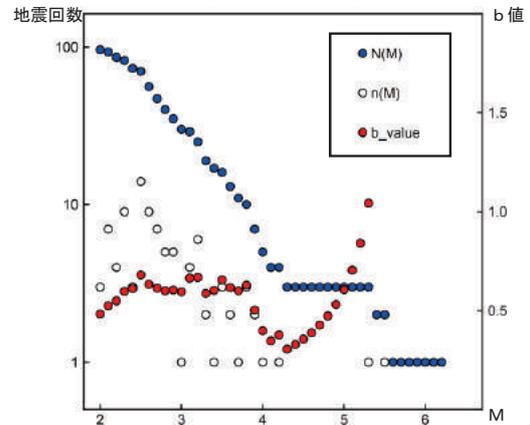
8月20日からの三陸沖の地震活動(b値)



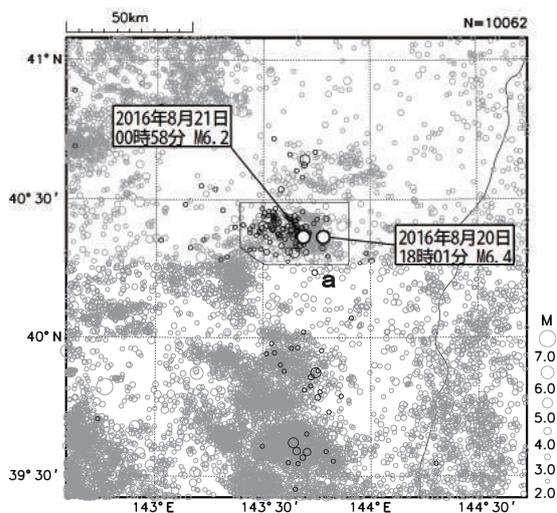
左図領域a内M-T図・回数積算図



M下限を変化させた場合のb値

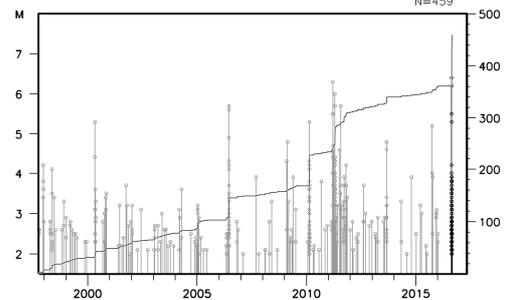


震央分布図
(1997年10月1日～2016年8月31日、
深さ0～90km、M2.0以上)

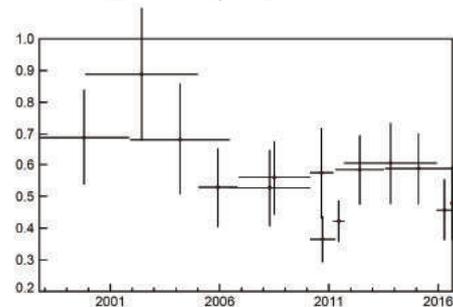


今回の活動以前をグレーで表示

左図領域a内M-T図・回数積算図



b値の時間変化(M3.0以上)

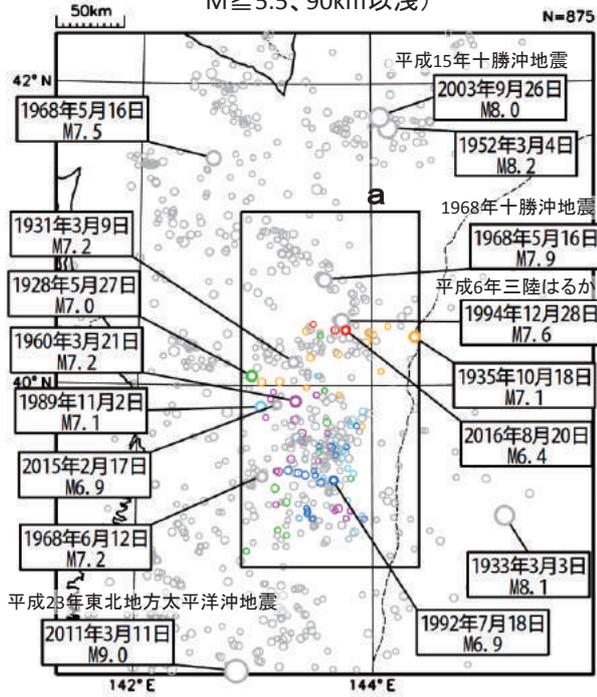


算出60イベント、プロットは30イベント毎

第7図 (c) つづき
Fig7(c) Continued

三陸沖周辺の地震活動（1923年以降）

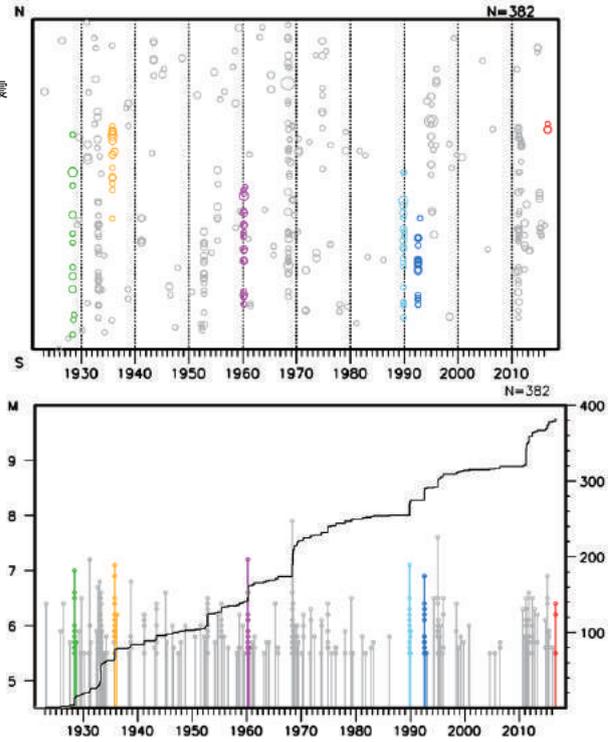
震央分布図（1923年1月1日～2016年8月31日、 $M \geq 5.5$ 、90km以浅）



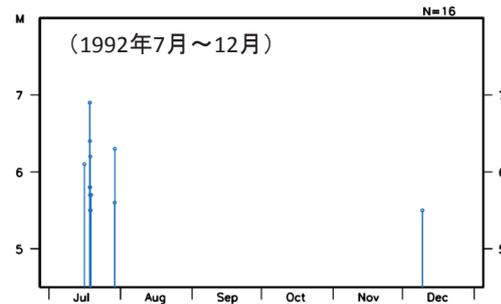
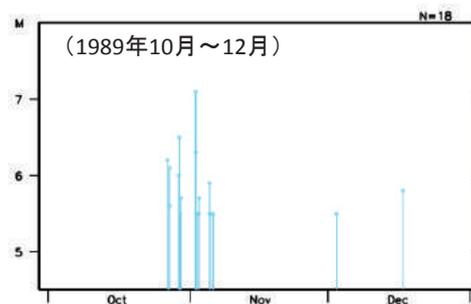
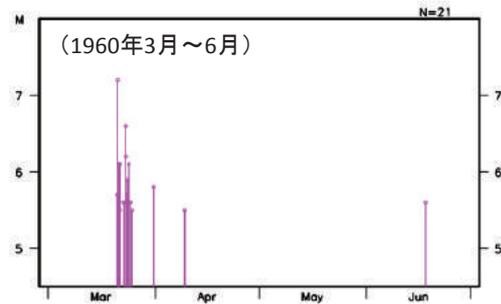
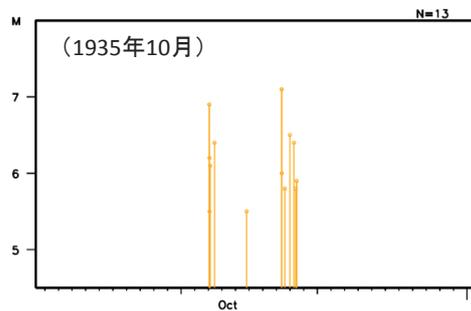
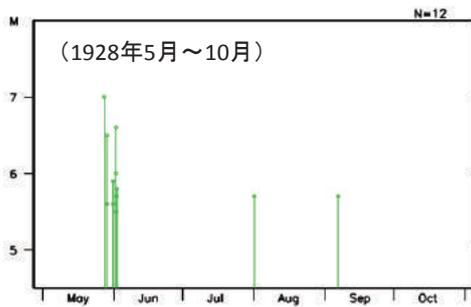
2016年8月を赤、領域a内で発生したM7.0前後のまとまった地震活動について下記の色別で、それ以外をグレーで表示。

緑色：1928年5月～10月、橙色：1935年10月、桃色：1960年3月～6月、水色：1989年10月～12月、青色：1992年7月～12月
領域a内は、2016年と $M \geq 6.9$ の地震、領域a外は $M \geq 7.5$ の地震にフキダシ。

領域aの時空間分布図（南北投影）及びMT・回数積算図

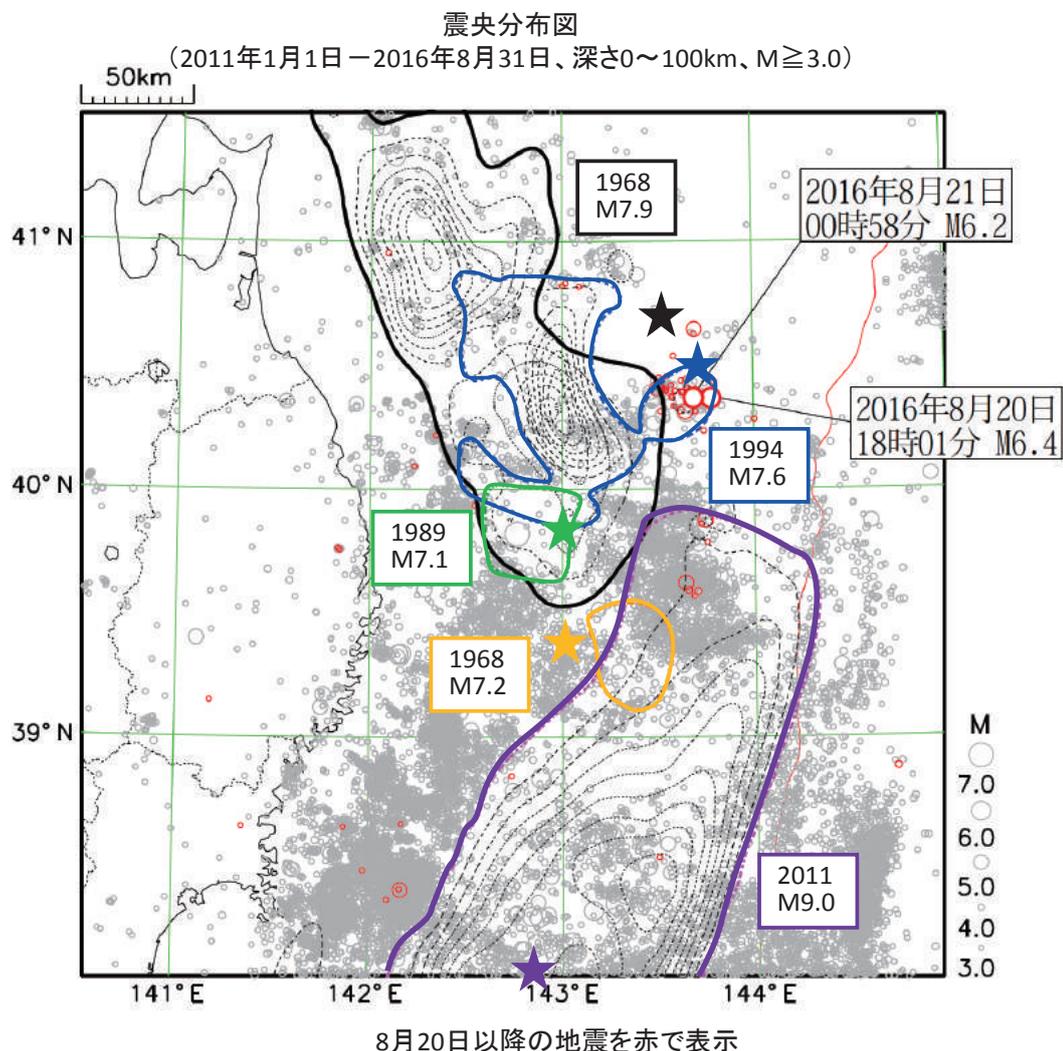


領域a内の事例別MT図



第7図 (d) つづき
Fig7(d) Continued

2016年8月20日以降の三陸沖の活動と周辺の地震のすべり分布との位置関係



各コンター

- 紫: 2011年東北地方太平洋沖地震 [Yoshida et al. (2011)]
- 黒と橙: 1968年十勝沖地震 [永井・他 (2001)]とその余震 [Yamanaka and Kikuchi (2004)]
- 緑: 1989年三陸沖の地震 [Yamanaka and Kikuchi (2004)]
- 青: 1994年三陸はるか沖地震 [永井・他 (2001)]

※星印は、各コンターの地震に対応する震央を示す。

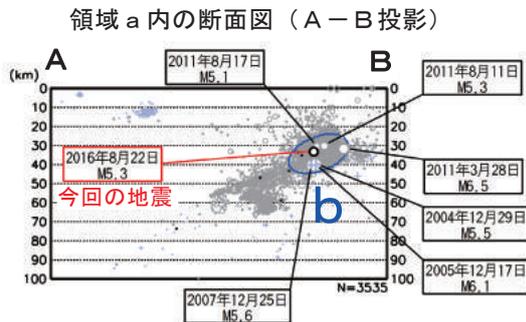
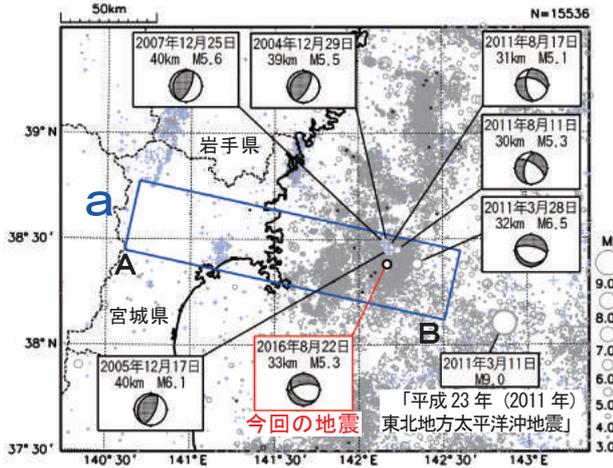
<参考文献>

- ・永井 理子, 菊地 正幸, 山中 佳子 (2001), 三陸沖における再来大地震の震源過程の比較研究 -1968年十勝沖地震と1994年三陸はるか沖地震の比較-, 地震2, **54**, 267-280.
- ・Yamanaka, Y., and M. Kikuchi (2004), Asperity map along the subduction zone in northeastern Japan inferred from regional seismic data, *J. Geophys. Res.*, **109**, B07307, doi:10.1029/2003JB002683.
- ・Yoshida, Y., H. Ueno, D. Muto, and S. Aoki (2011), Source process of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake with the combination of teleseismic and strong motion data, *Earth Planets Space*, **63**, 565-569.

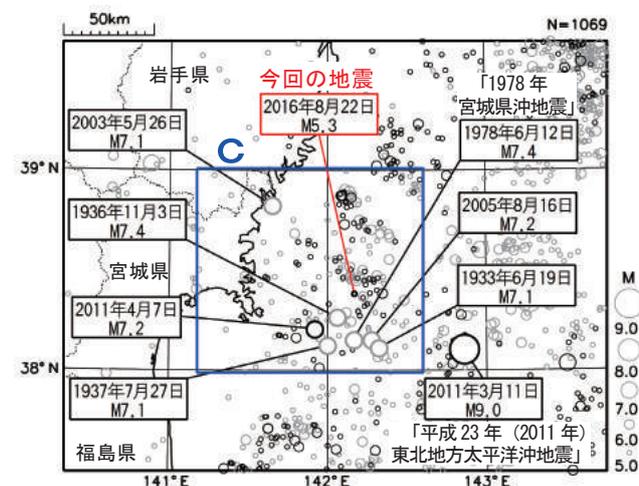
第7図 (e) つづき
Fig7(e) Continued

8月22日 宮城県沖の地震

震央分布図
 (1997年10月1日～2016年8月31日、
 深さ0～100km、 $M \geq 3.0$)
 東北地方太平洋沖地震以前に発生した地震を+、
 東北地方太平洋沖地震発生以降に発生した地震を薄い○、
 2016年8月の地震を濃い○で表示。
 図中の発震機構はCMT解



震央分布図
 (1923年1月1日～2016年8月31日、
 深さ0～100km、 $M \geq 5.0$)
 2011年3月11日以降の地震を濃く表示

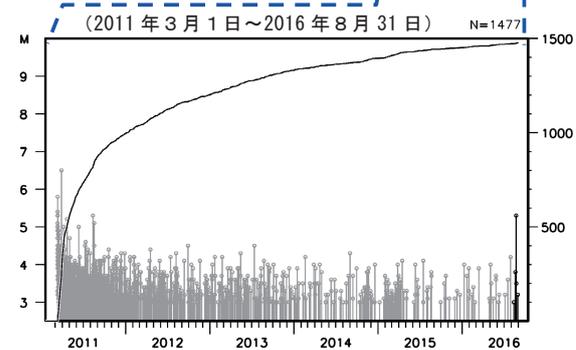
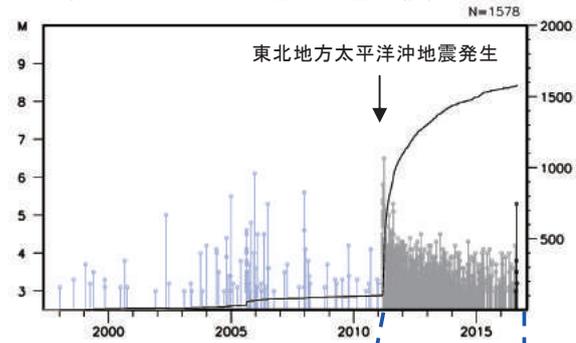


2016年8月22日15時11分に宮城県沖の深さ33kmでM5.3の地震(最大震度3)が発生した。この地震の発震機構(CMT解)は南北方向に張力軸を持つ正断層型である。

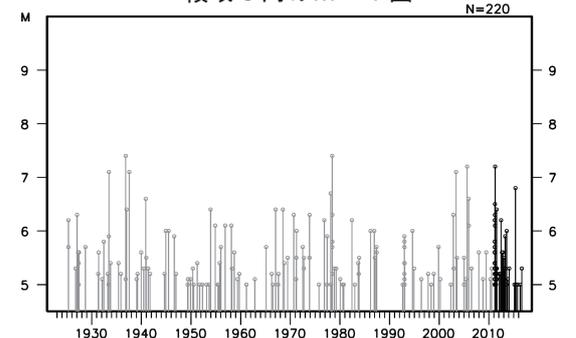
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近(領域b)では、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」発生以降に地震活動が活発化した。それ以前にも、M5.0以上の地震が5回発生している。

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、1978年6月12日に「1978年宮城県沖地震」(M7.4、最大震度5)が発生するなどM7.0以上の地震が時々発生している。

領域b内のM-T図及び回数積算数図



領域c内のM-T図



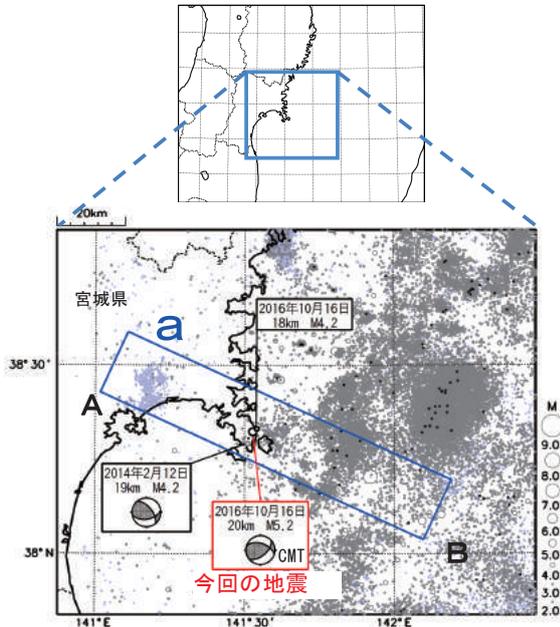
第8図 2016年8月22日 宮城県沖の地震

Fig.8 The earthquake off Miyagi Prefecture on August 22, 2016.

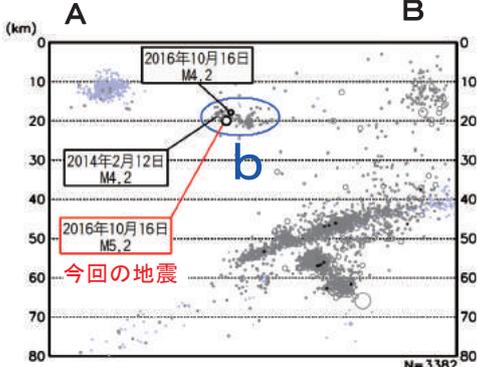
10月16日 宮城県中部の地震

震央分布図
(1997年10月1日～2016年10月31日、
深さ0～80km、 $M \geq 2.0$)

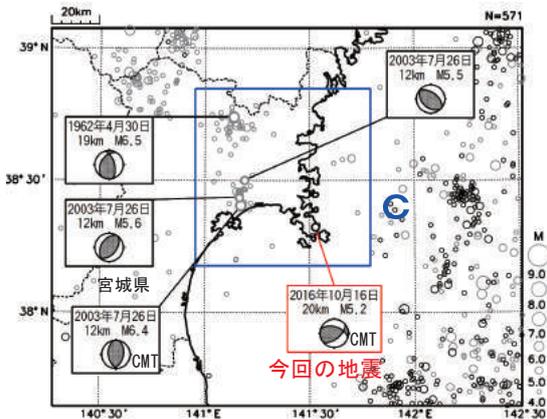
東北地方太平洋沖地震前に発生した地震を+、
東北地方太平洋沖地震発生以降に発生した地震を薄い○、
2016年10月の地震を濃い○で表示



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0～30km、 $M \geq 4.0$)
2011年3月11日以降の地震を濃く表示



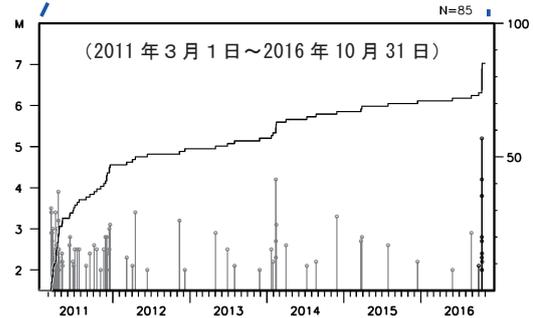
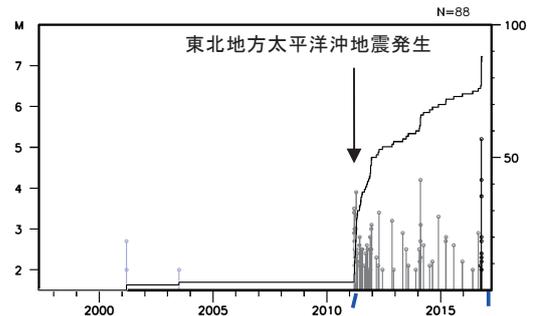
情報発表に用いた震央地名は「宮城県沖」である。

2016年10月16日16時37分に宮城県中部の深さ20kmでM5.2の地震 (最大震度4) が発生した。この地震は地殻内の地震で、発震機構 (CMT解) は北北西-南南東方向に圧力軸を持つ型であった。また、この地震の震源付近では、この地震の他に、16日に震度1以上を観測する地震が2回発生している。

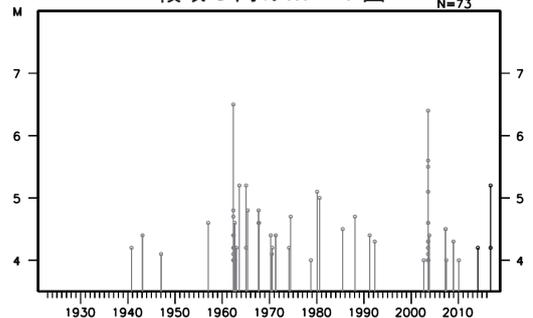
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近 (領域b) は、「平成23年 (2011年) 東北地方太平洋沖地震」発生以降に地震活動が活発化した。

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、2003年7月26日07時13分にM6.4の地震 (最大震度6強) が発生するなど、26日に最大震度6弱以上の地震が3回発生し、負傷者677名などの被害が生じた (総務省消防庁による)。

領域b内のM-T図及び回数積算数図



領域c内のM-T図



第9図 2016年10月16日 宮城県中部の地震

Fig.9 The earthquake in the center part of Miyagi Prefecture on October 16, 2016.