

3-1 東北地方とその周辺の地震活動（2023 年 5 月～10 月）

Seismic Activity in and around the Tohoku District (May – October 2023)

気象庁 仙台管区气象台
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 110 回、M5.0 以上の地震は 17 回発生した。このうち最大は、2023 年 5 月 5 日に石川県能登地方で発生した M6.5 の地震（詳細は関東・中部地方とその周辺の地震活動（2023 年 5 月～10 月）を参照）であった。また、石川県能登地方の地震活動を除く最大の地震は、2023 年 8 月 11 日に青森県東方沖で発生した M6.2 の地震であった。

2023 年 5 月～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) 青森県東方沖の地震（M5.7, 最大震度 4, 第 2 図）

2023 年 5 月 6 日 02 時 47 分に青森県東方沖の深さ 56km で M5.7 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。

(2) 青森県東方沖の地震（M5.7, 最大震度 3, 第 3 図 (a)～(c)）

2023 年 6 月 17 日 09 時 26 分に青森県東方沖の深さ 30km で M5.7 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で発生した。

(3) 青森県東方沖の地震（M6.2, 最大震度 4, 第 5 図 (a), (b)）

2023 年 8 月 11 日 09 時 14 分に青森県東方沖の深さ 28km で M6.2 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、2023 年 6 月 17 日にも M5.7 の地震（最大震度 3）が発生した（第 3 図 (a)～(c)）。

(4) 三陸沖の地震（M6.0, 最大震度 3, 第 6 図 (a)～(e)）

2023 年 8 月 25 日 07 時 48 分に三陸沖の深さ 15km で M6.0 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で発生した。この地震は新たな相似地震グループの最新の地震として検出された。

(5) 宮城県沖の地震（M5.4, 最大震度 4, 第 7 図 (a)～(c)）

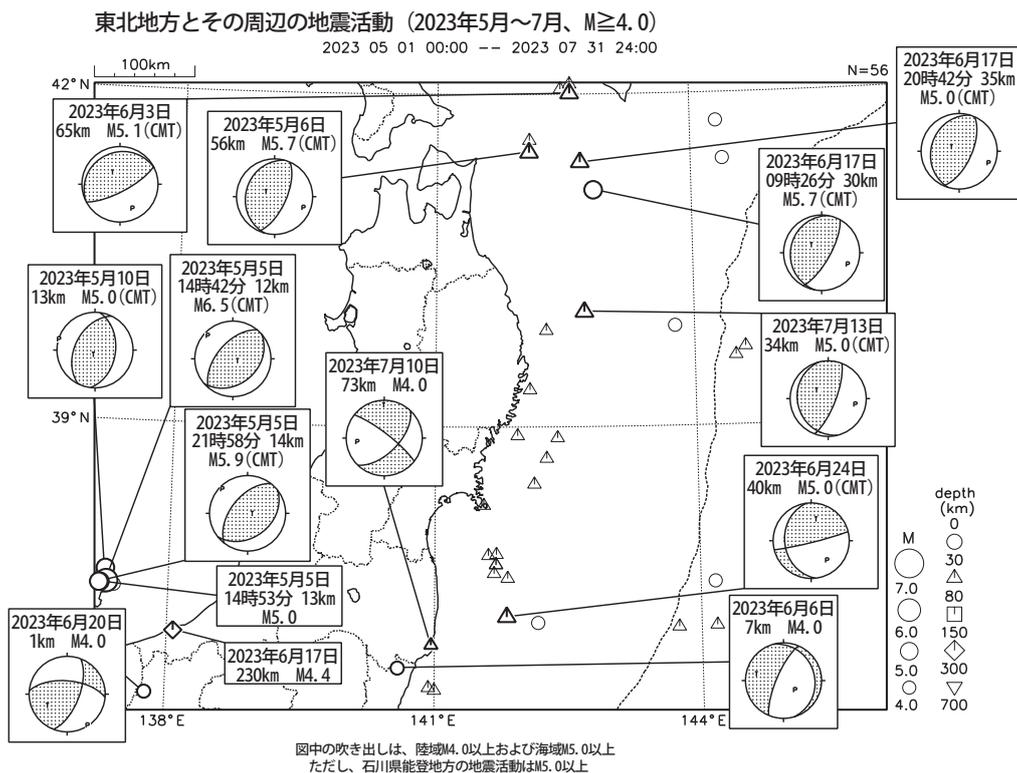
2023 年 9 月 8 日 18 時 28 分に宮城県沖の深さ 46km で M5.4 の地震（最大震度 4）が発生した。この地震は、発震機構（CMT 解）が西北西－東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した。この地震は既往の相似地震グループの最新の地震として検出された。

(6) 宮城県沖の地震 (M5.6, 最大震度 4, 第 8 図 (a) ~ (e))

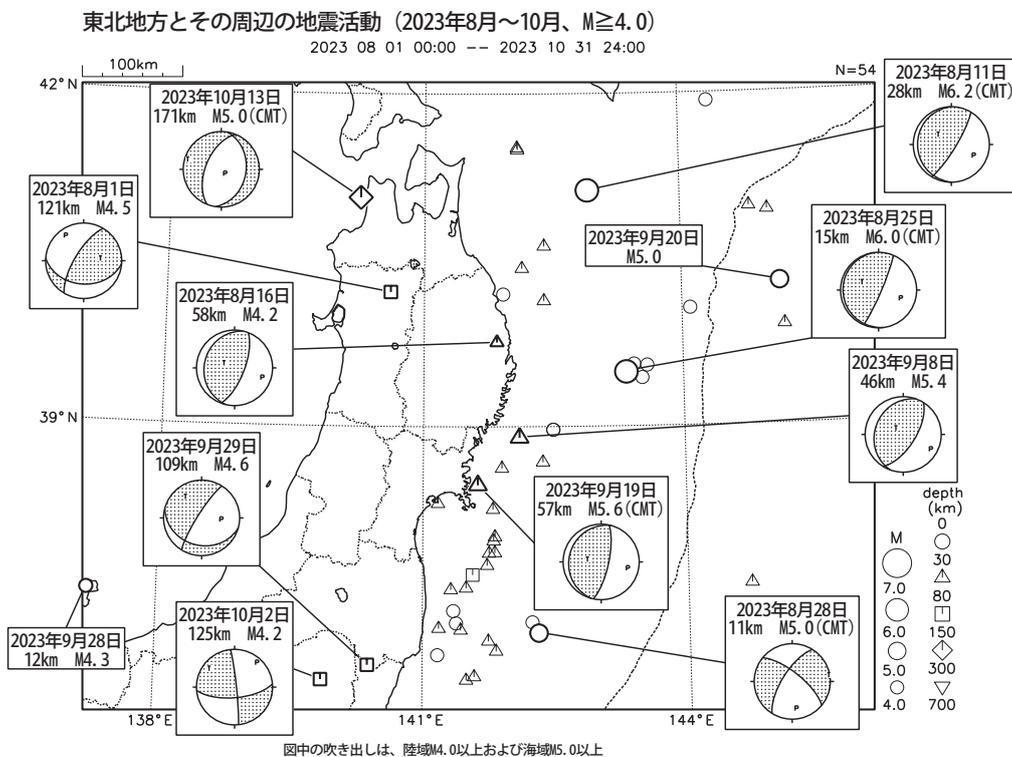
2023 年 9 月 19 日 04 時 33 分に宮城県沖の深さ 57km で M5.6 の地震 (最大震度 4) が発生した。この地震は、西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した。この地震は新たな相似地震グループの最新の地震として検出された。

(7) その他の地震活動

発生年月日	時分	震央地名	規模 (M)	深さ (km)	最大震度
2023 年	6 月 24 日 09 時 58 分	福島県沖	5.0	40	3 (第 4 図)

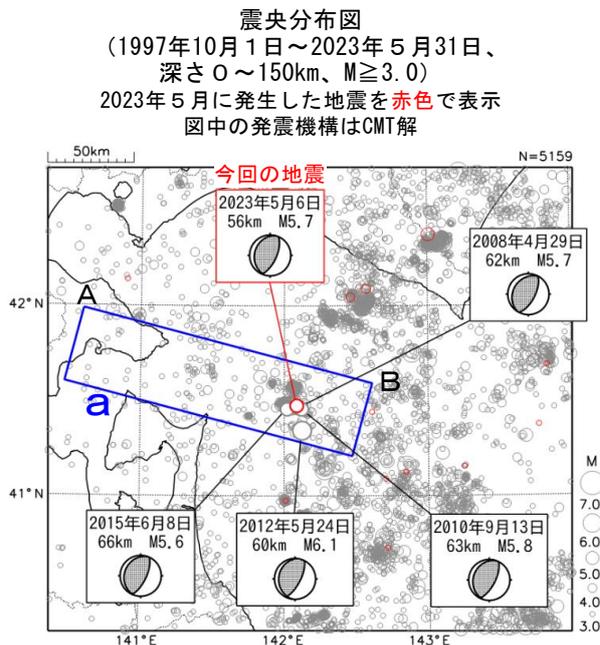


第 1 図 (a) 東北地方とその周辺の地震活動 (2023 年 5 月 ~ 7 月, $M \geq 4.0$, 深さ ≤ 700 km)
Fig. 1(a) Seismic activity in and around the Tohoku district (May – July 2023, $M \geq 4.0$, depth ≤ 700 km).



第 1 図 (b) つづき (2023 年 8 月 ~ 10 月, $M \geq 4.0$, 深さ ≤ 700 km)
Fig. 1(b) Continued (August – October 2023, $M \geq 4.0$, depth ≤ 700 km).

5月6日 青森県東方沖の地震

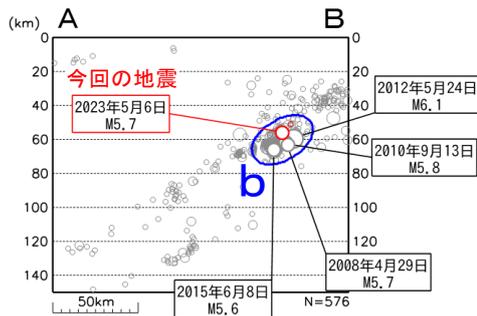


2023年5月6日02時47分に青森県東方沖の深さ56kmでM5.7の地震(最大震度4)が発生した。この地震は発震機構(CMT解)が西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した。

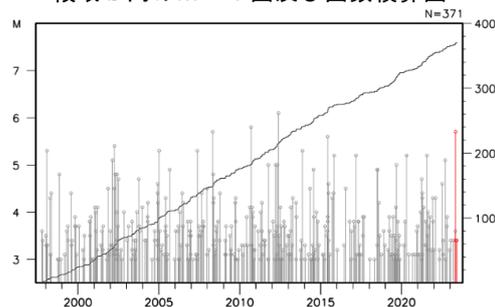
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近(領域b)では、M5.0以上の地震がしばしば発生している。このうち、2012年5月24日に発生したM6.1の地震(最大震度5強)では、青森県で文教施設の一部破損(ガラス破損など)10箇所などの被害が生じた(被害は総務省消防庁による)。

1919年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以上の地震が時々発生している。この中には、「昭和57年(1982年)浦河沖地震」(M7.1、最大震度6)や「1968年十勝沖地震」の最大余震(M7.5、最大震度5)も含まれている。

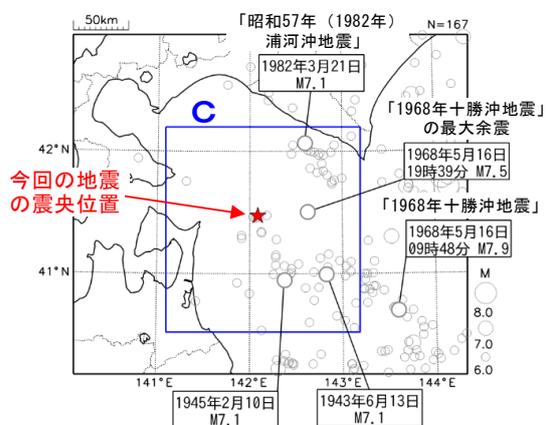
領域 a 内の断面図 (A-B 投影)



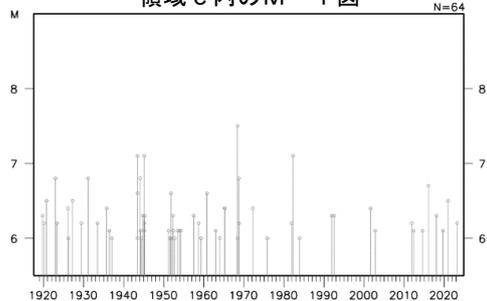
領域 b 内の M-T 図及び回数積算図



震央分布図
(1919年1月1日～2023年5月31日、
深さ0～150km、 $M \geq 6.0$)

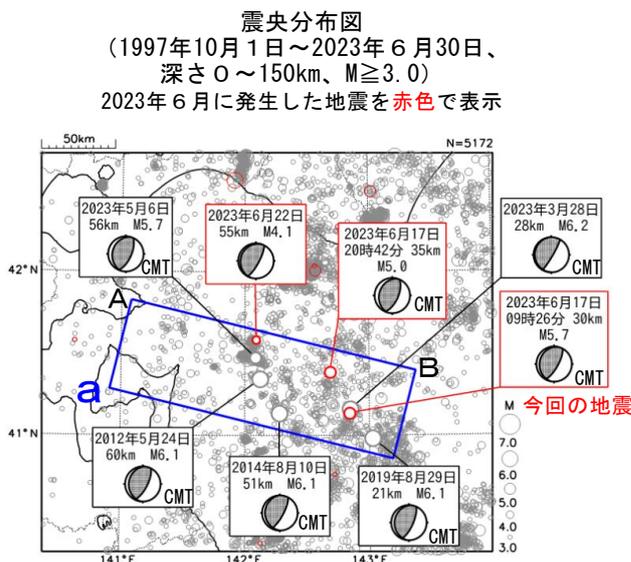


領域 c 内の M-T 図



第 2 図 2023 年 5 月 6 日 青森県東方沖の地震
Fig. 2 The earthquake east off Aomori Prefecture on May 6, 2023.

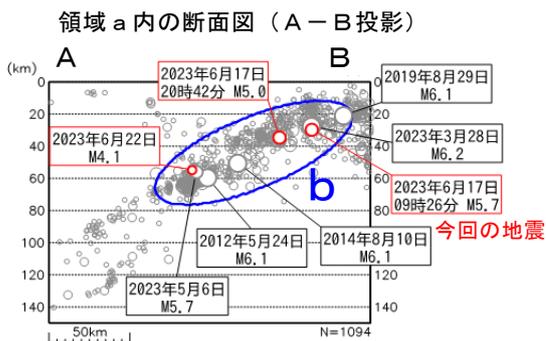
6 月 17 日 青森県東方沖の地震



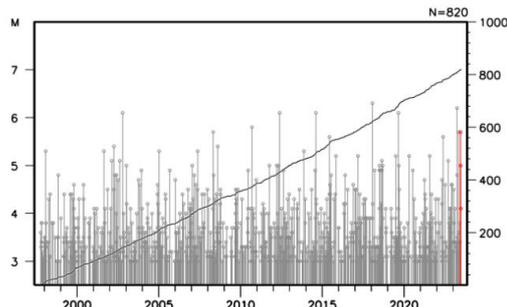
2023年6月17日09時26分に青森県東方沖の深さ30kmでM5.7の地震(最大震度3)が発生した。この地震は発震機構(CMT解)が西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した。

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以上の地震がしばしば発生している。このうち、2012年5月24日に発生したM6.1の地震(最大震度5強)では、青森県で文教施設の一部破損(ガラス破損など)10箇所などの被害が生じた(被害は総務省消防庁による)。

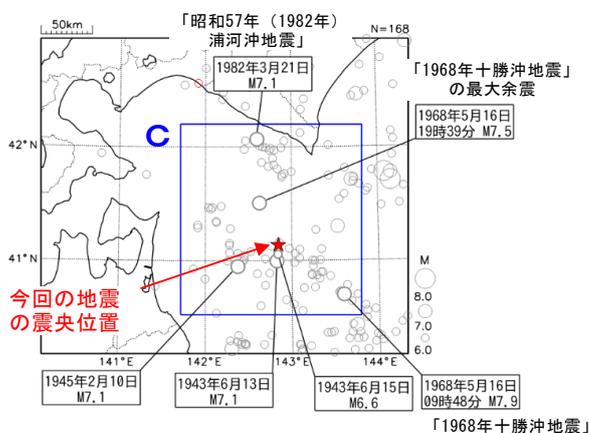
1919年以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺(領域c)では、M6.0以上の地震が時々発生している。この中には、「昭和57年(1982年)浦河沖地震」(M7.1、最大震度6)や「1968年十勝沖地震」(M7.9、最大震度5)も含まれている。



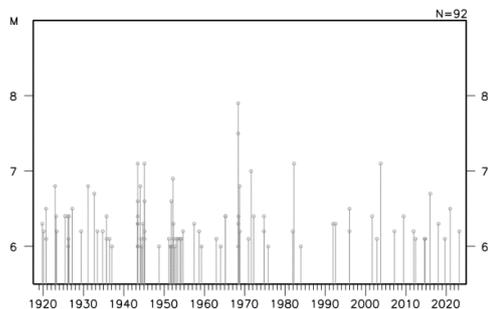
領域 b 内の M-T 図及び回数積算図



震央分布図
(1919年1月1日～2023年6月30日、
深さ0～150km、 $M \geq 6.0$)



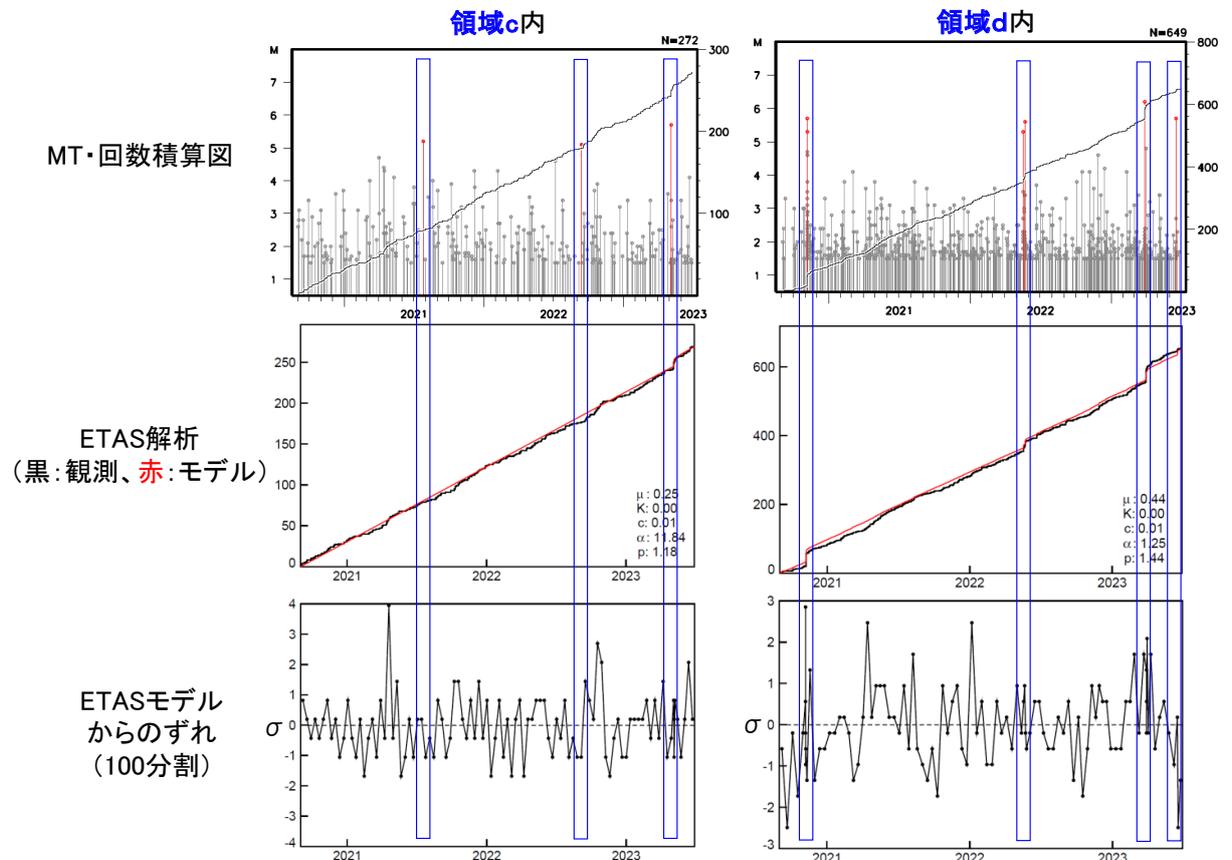
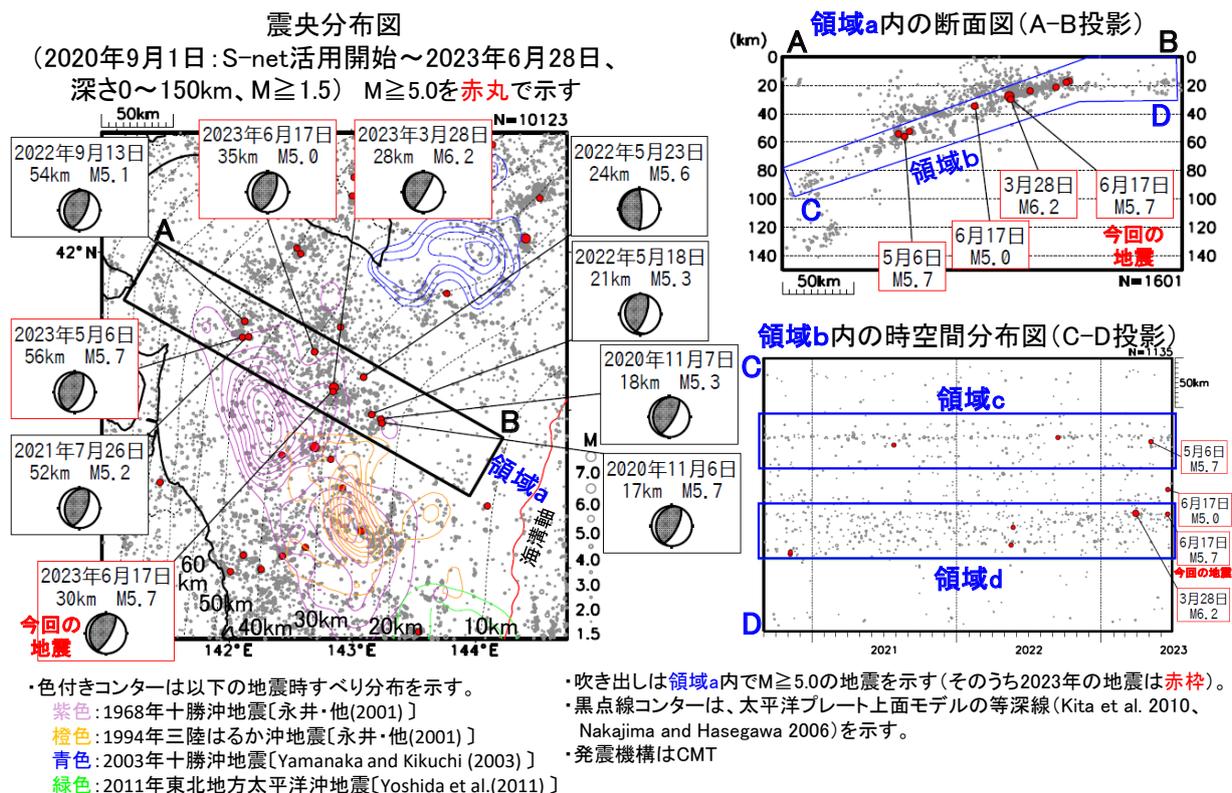
領域 c 内の M-T 図



第 3 図 (a) 2023 年 6 月 17 日 青森県東方沖の地震

Fig. 3(a) The earthquake east off Aomori Prefecture on June 17, 2023.

6月17日青森県東方沖の地震(過去の地震時すべり分布との比較、ETAS解析)

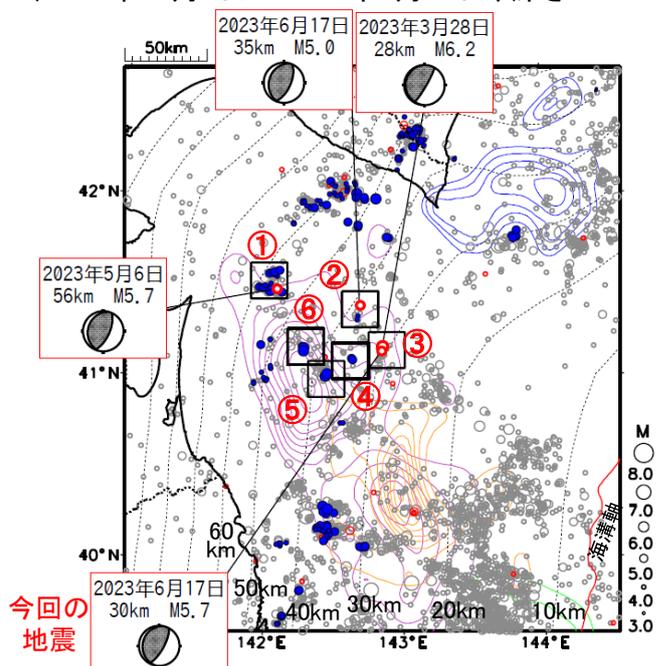


第 3 図 (b) つづき
Fig. 3(b) Continued.

6月17日青森県東方沖の地震(周辺の相似地震との位置関係)

震央分布図

(1988年10月1日～2023年6月30日、深さ0～150km)

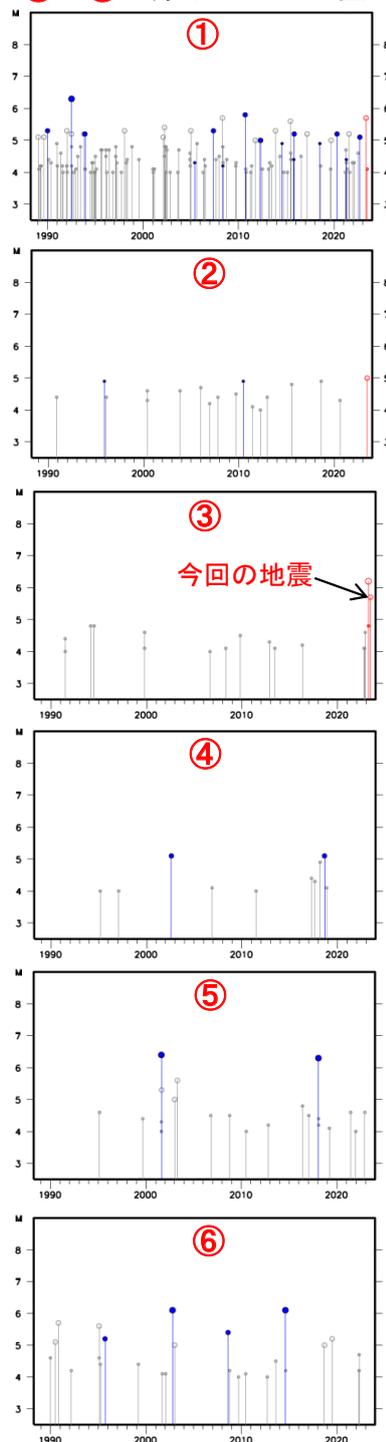


- ・吹き出しは、矩形内で2023年に発生したM \geq 5.0の地震を示す。発震機構はCMT。
- ・黒点線コンターは、太平洋プレート上面モデルの等深線(Kita et al. 2010, Nakajima and Hasegawa 2006)を示す。
- ・色付きコンターは、以下の地震時すべり分布を示す。
 紫色: 1968年十勝沖地震[永井・他(2001)]
 橙色: 1994年三陸はるか沖地震[永井・他(2001)]
 青色: 2003年十勝沖地震[Yamanaka and Kikuchi (2003)]
 緑色: 2011年東北地方太平洋沖地震[Yoshida et al.(2011)]

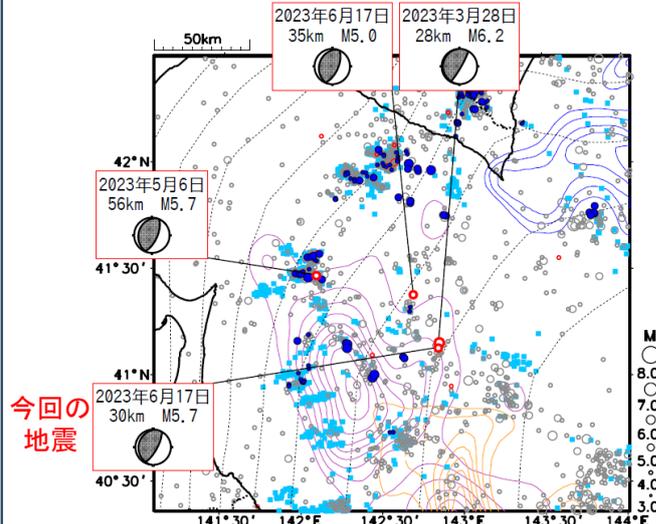
<震源の凡例>

- : 相似地震(気象庁による解析。1988年10月以降、M全て)
- : 2023年1月1日以降の地震(M \geq 4.0)
- : 上記以外の地震(M \geq 4.0)

①～⑥の矩形内のM-T図



震央分布図(1984年1月1日～2023年6月30日、深さ0～150km)



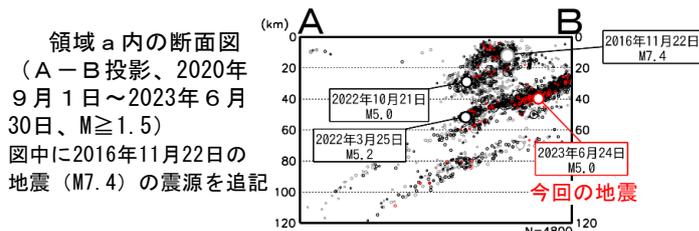
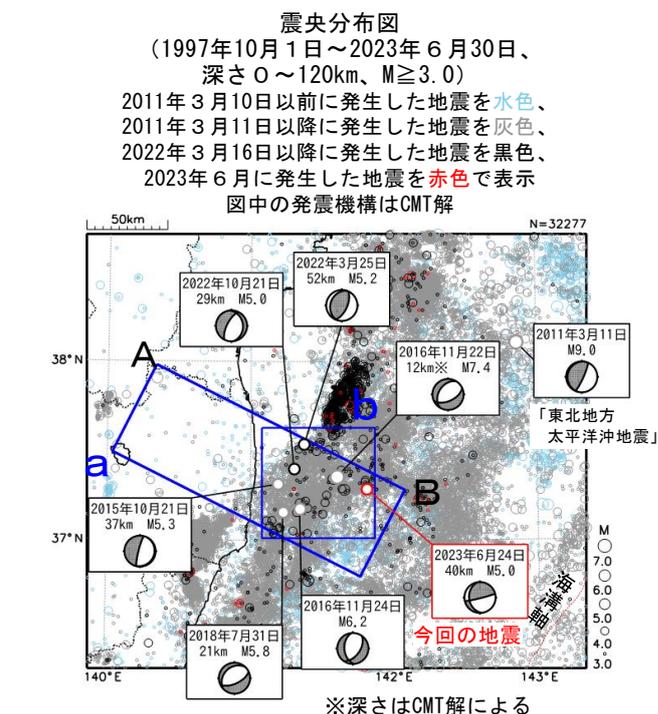
<震源の凡例>

- : 相似地震(気象庁による解析。1988年10月以降、M全て)
 - : 2023年1月1日以降の地震(M \geq 4.0)
 - : 上記以外の地震(M \geq 4.0)
 - : Uchida and Matsuzawa(2013)による1984～2011年の繰り返し地震カタログ※1(シンボルの大きさはMによらず一定で描画)
- ※1) https://www.aob.gp.tohoku.ac.jp/~uchida/page_3.html(閲覧日2023/7/4)

第 3 図 (c) つづき

Fig. 3(c) Continued.

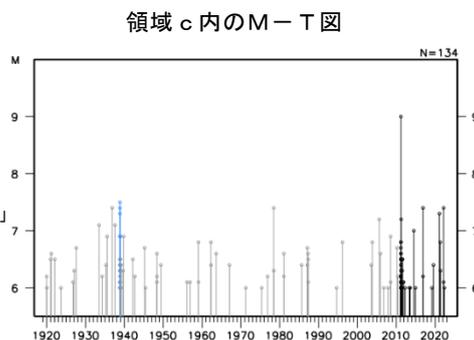
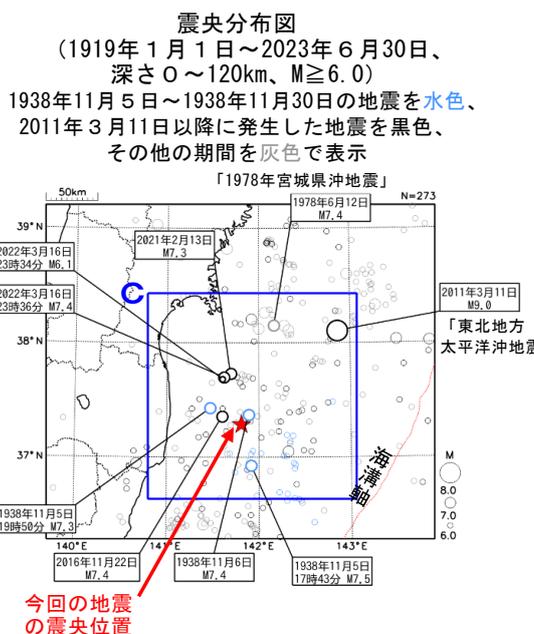
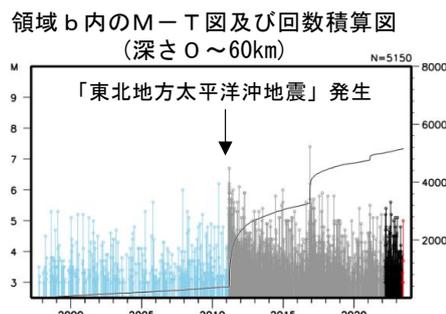
6 月 24 日 福島県沖の地震



2023年6月24日09時58分に福島県沖の深さ40kmでM5.0の地震(最大震度3)が発生した。この地震は、発震機構(CMT解)が北西-南東方向に圧力軸を持つ型である。

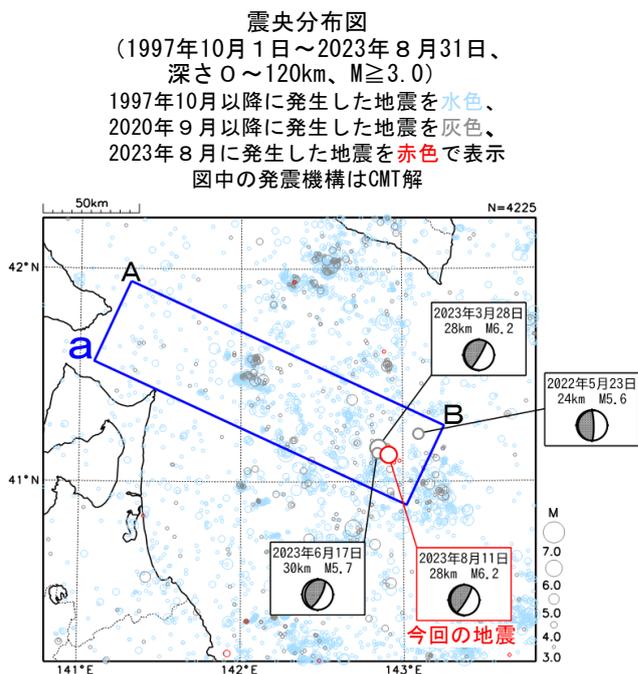
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近(領域b)では、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」(以下、「東北地方太平洋沖地震」)の発生前はM5.0以上の地震がしばしば発生していた。「東北地方太平洋沖地震」の発生以降は地震の発生数が増加し、M5.0以上の地震が度々発生している。

1919年以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺(領域c)では、「東北地方太平洋沖地震」の発生前からM7.0以上の地震が時々発生しており、1938年11月5日17時43分にはM7.5の地震(最大震度5)が発生し、宮城県花淵で113cm(全振幅)の津波を観測した。



第 4 図 2023 年 6 月 24 日 福島県沖の地震
Fig. 4 The earthquake off Fukushima Prefecture on June 24, 2023.

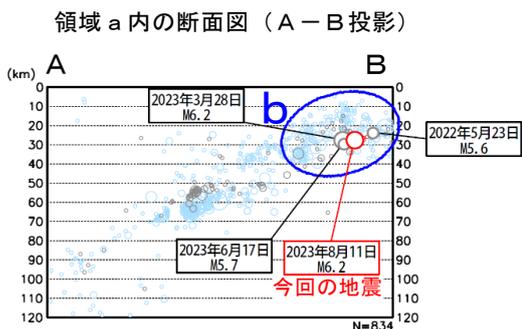
8 月 11 日 青森県東方沖の地震



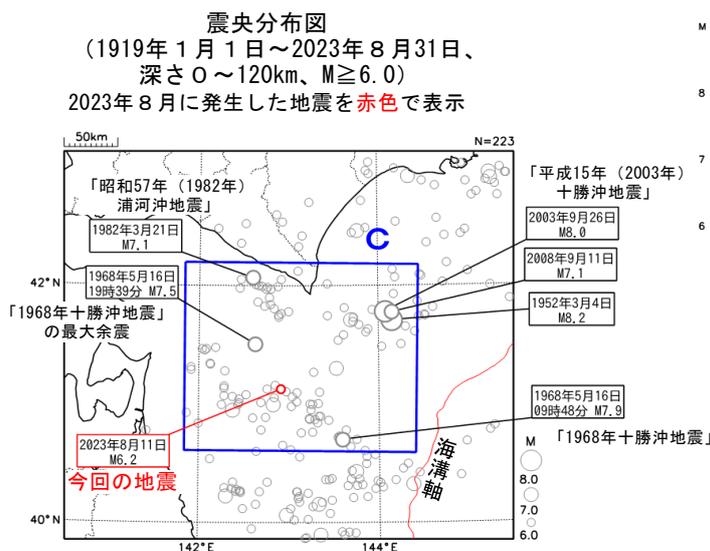
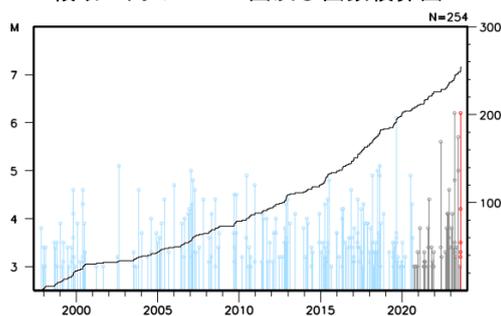
2023年8月11日09時14分に青森県東方沖の深さ28kmでM6.2の地震（最大震度4）が発生した。この地震は発震機構（CMT解）が西北西－東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した。

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、M5.0以上の地震が時々発生している。

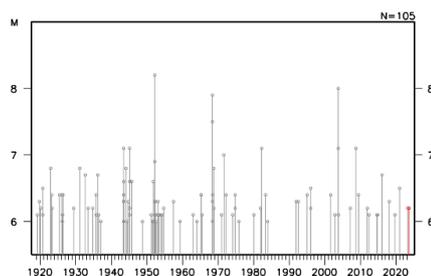
1919年以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺（領域c）では、M6.0以上の地震がしばしば発生している。この中には、「平成15年（2003年）十勝沖地震」（M8.0、最大震度6弱）や「昭和57年（1982年）浦河沖地震」（M7.1、最大震度6）、「1968年十勝沖地震」（M7.9、最大震度5）も含まれている。



領域 b 内の M-T 図及び回数積算図



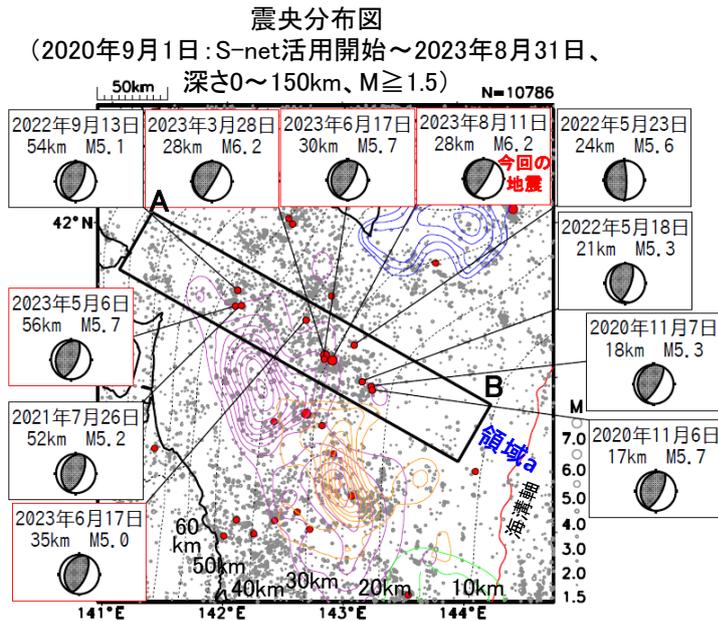
領域 c 内の M-T 図



第 5 図 (a) 2023 年 8 月 11 日 青森県東方沖の地震

Fig. 5(a) The earthquake east off Aomori Prefecture on August 11, 2023.

8月11日青森県東方沖の地震(最近の周辺の地震活動)

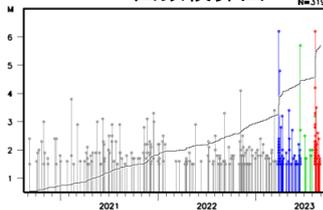


- 赤丸はM \geq 5.0の地震を示す
- 吹き出しは領域a内でM \geq 5.0の地震を示す(そのうち2023年の地震は赤枠)
- 黒点線コンターは、太平洋プレート上面モデルの等深線(Kita et al. 2010、Nakajima and Hasegawa 2006)を示す。・発震機構はCMT
- 色付きコンターは以下の地震時すべり分布を示す。
 紫色: 1968年十勝沖地震[永井・他(2001)]
 橙色: 1994年三陸はるか沖地震[永井・他(2001)]
 青色: 2003年十勝沖地震[Yamanaka and Kikuchi (2003)]
 緑色: 2011年東北地方太平洋沖地震[Yoshida et al.(2011)]

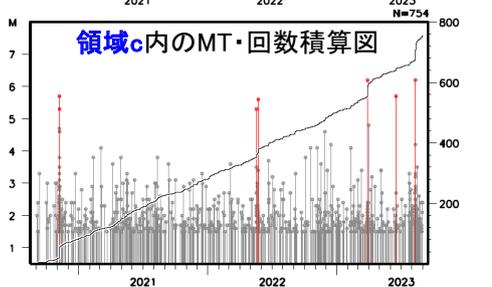
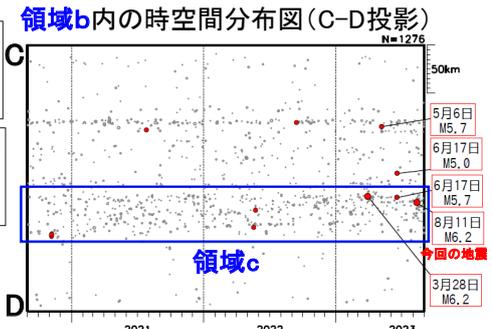
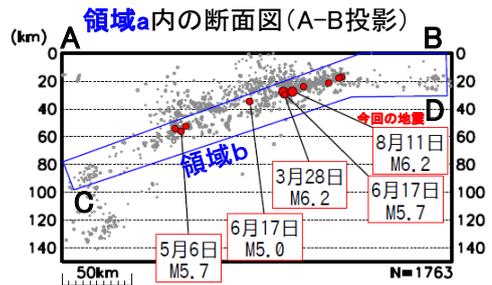
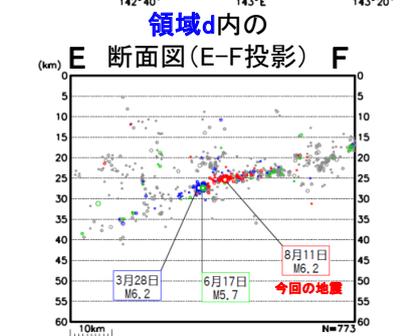
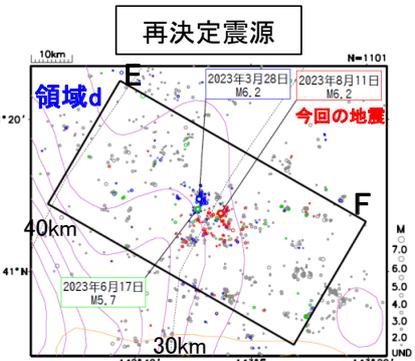
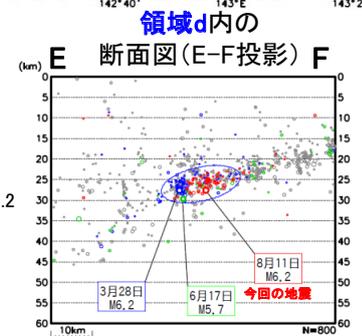
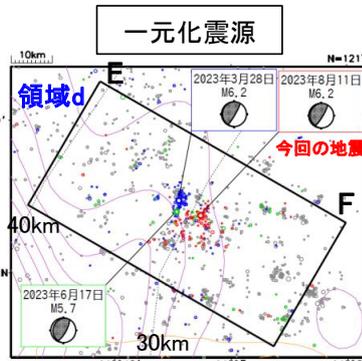
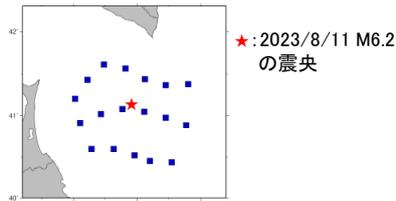
カタログDD法による今回の地震付近の震源再決定



再計算前の断面図楕円内の MT・回数積算図

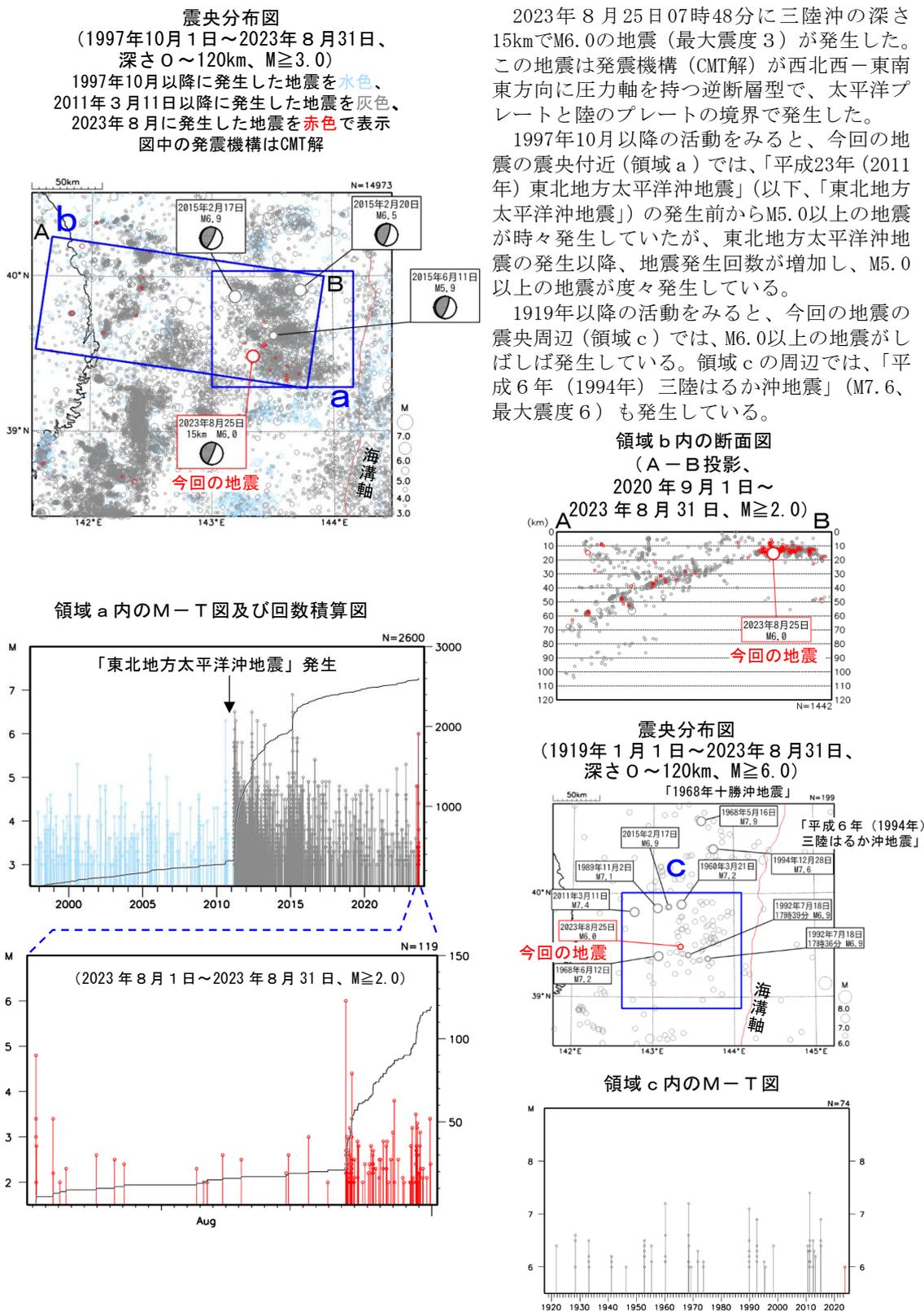


再計算に用いた観測点分布図



第 5 図 (b) つづき
Fig. 5(b) Continued.

8 月 25 日 三陸沖の地震



第 6 図 (a) 2023 年 8 月 25 日 三陸沖の地震
 Fig. 6(a) The earthquake off Sanriku on August 25, 2023.

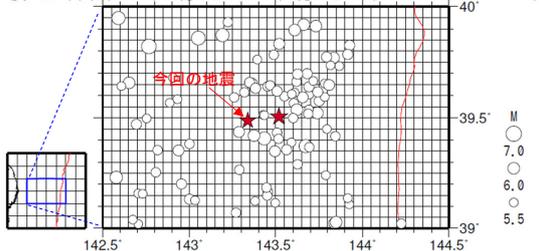
8月25日 三陸沖の地震（相似地震）

2023年8月25日の三陸沖の地震（M6.0、最大震度3）について強震波形による相関解析を行った結果、新たな相似地震グループの最新の地震として検出された（グループA: 今回の地震を含め2地震）※1。

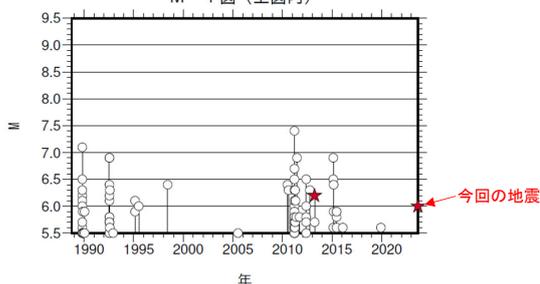
発生間隔と推定年平均すべり量※2

グループ	回数	平均M	震度		発生間隔		平均すべり量 (cm/年)	
			最大	最小	平均	最短		最大
★ A	2	6.10	3	3	10.40	10.40	10.40	7.76

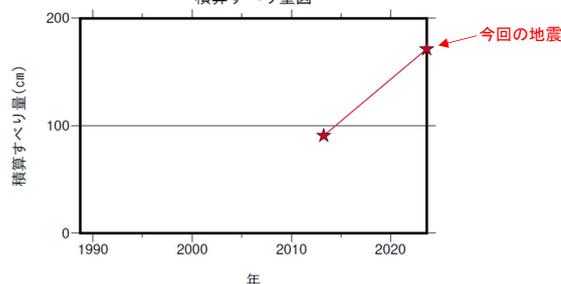
震央分布図 (1988年10月1日～2023年8月25日、深さ0～60km、M≥5.5)



M-T 図 (上図内)



積算すべり量図※2

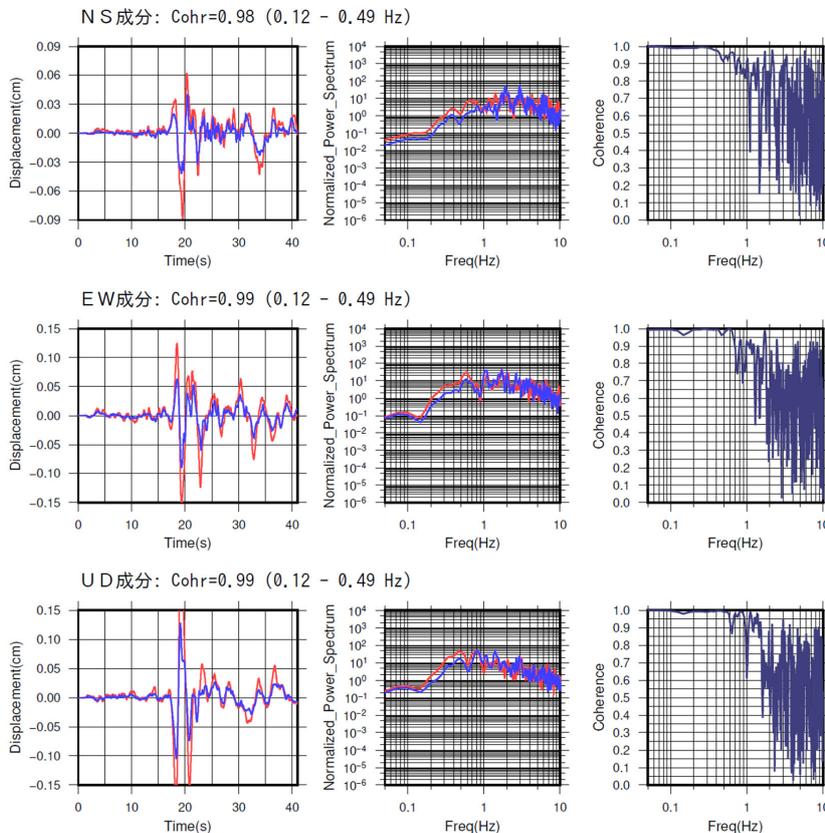
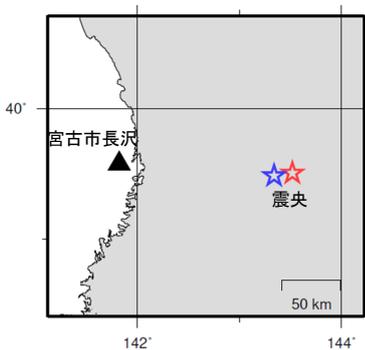


※1 各観測点の波形の比較で得られたコヒーレンスの中央値が0.95以上の場合に相似地震として検出し、相似地震のグループ分けはコヒーレンスを用いて機械的に行っている [溜瀧ほか、2014]。
 ※2 すべり量推定には、モーメントマグニチュードと地震モーメントの関係式 [Hanks and Kanamori(1979)] 及び 地震モーメントとすべり量の関係式 [Nadeau and Johnson(1998)] を使用。得られた積算すべり量と経過時間から最小自乗法を用いてグループ毎の年平均すべり量を求めた。

● 波形例

強震波形 相関解析

観測点名: 宮古市長沢 (D30)
 2013/04/02 03:53:15 M6.2 (赤)
 2023/08/25 07:48:24 M6.0 (青)

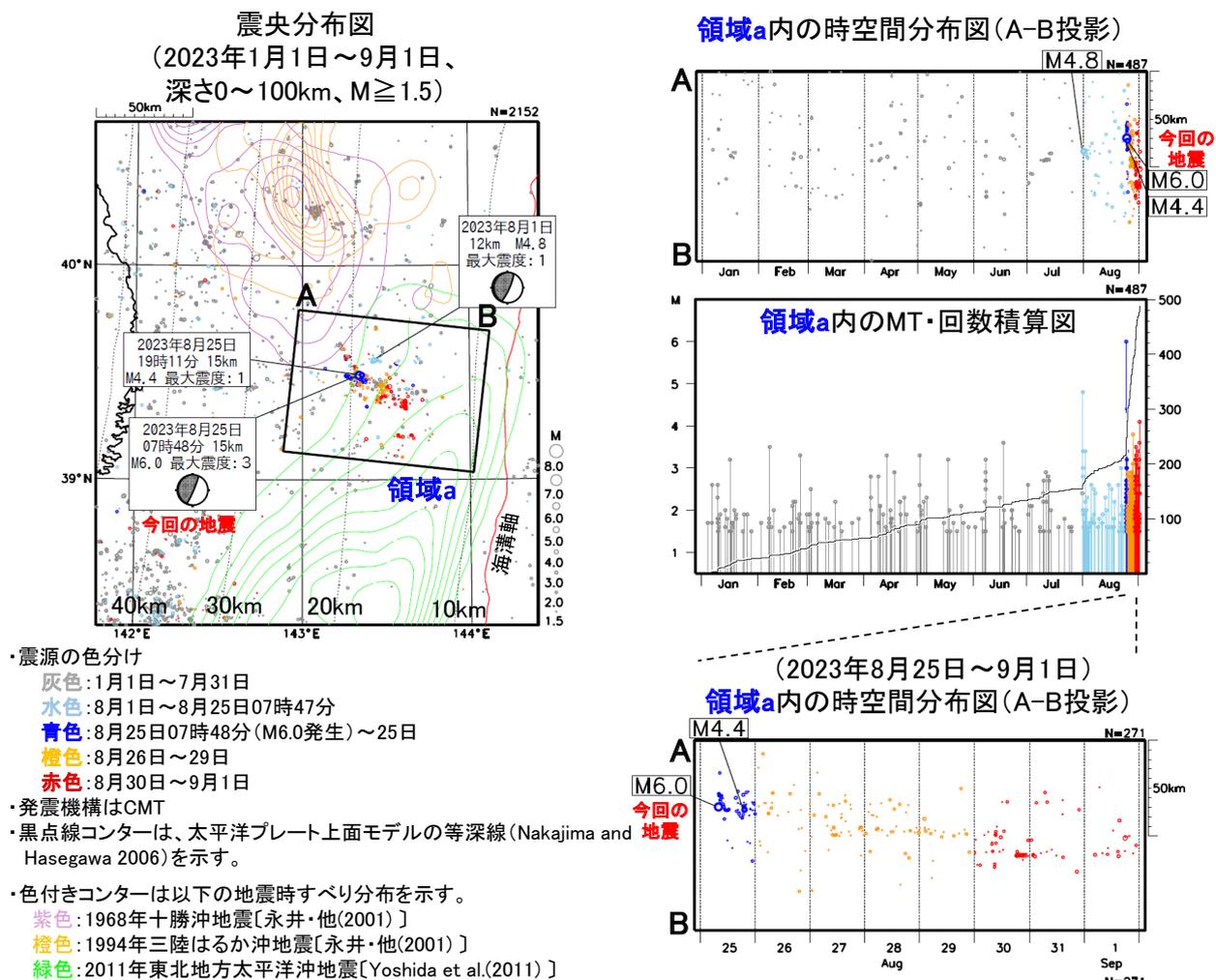


※変位波形は加速度記録を気象庁59型地震計相当に変換したものの

第 6 図 (b) つづき

Fig. 6(b) Continued.

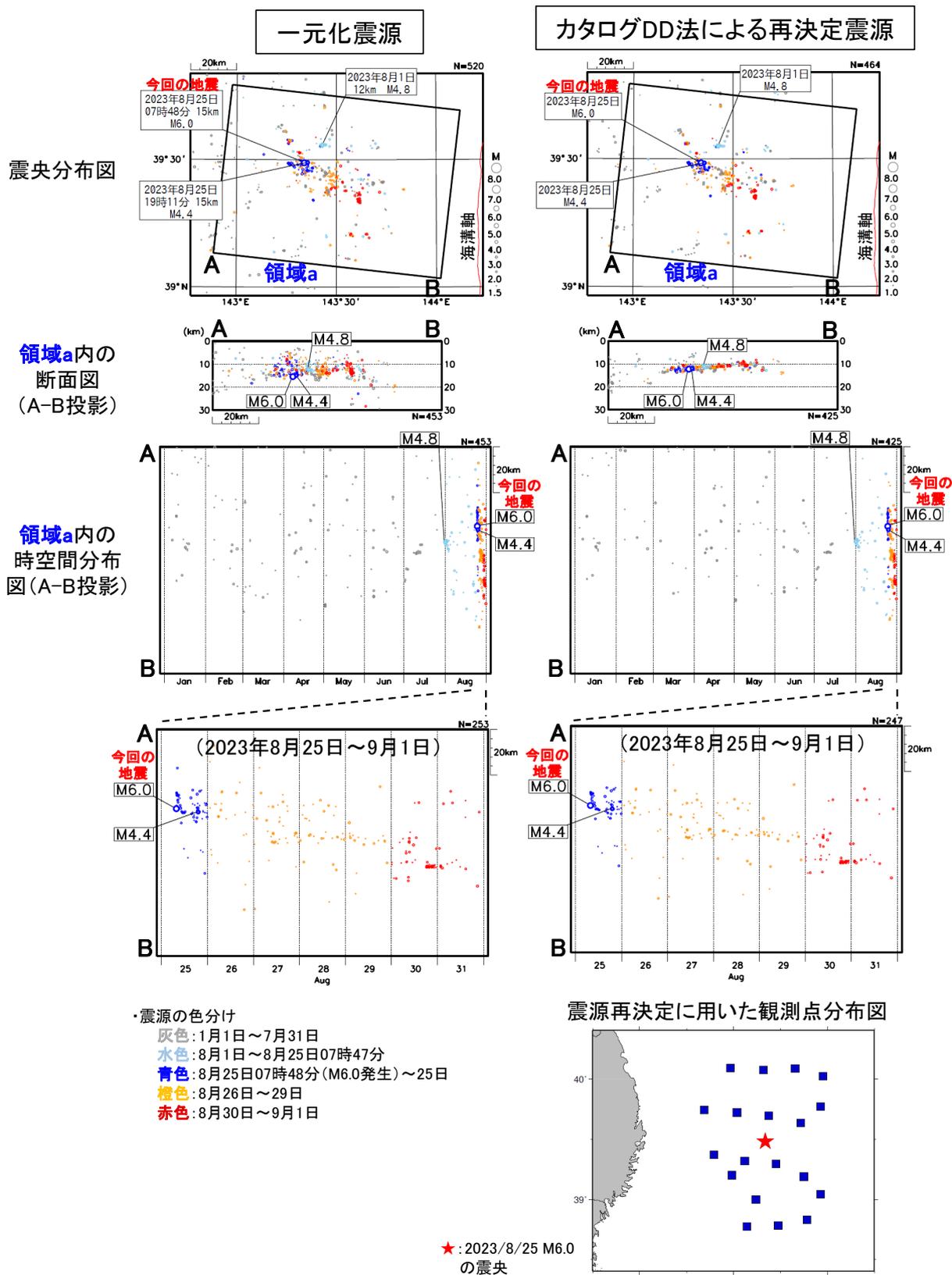
8月25日三陸沖の地震(地震活動)



第 6 図 (c) つづき
Fig. 6(c) Continued.

8月25日三陸沖の地震(カタログDD法による再決定震源の分布)

(2023年1月1日~8月31日、深さ0~30km、 $M \geq 1.5$)

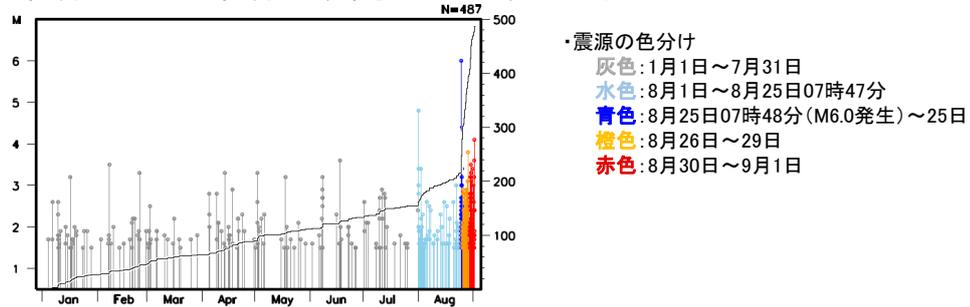


第 6 図 (c) つづき
Fig. 6(c) Continued.

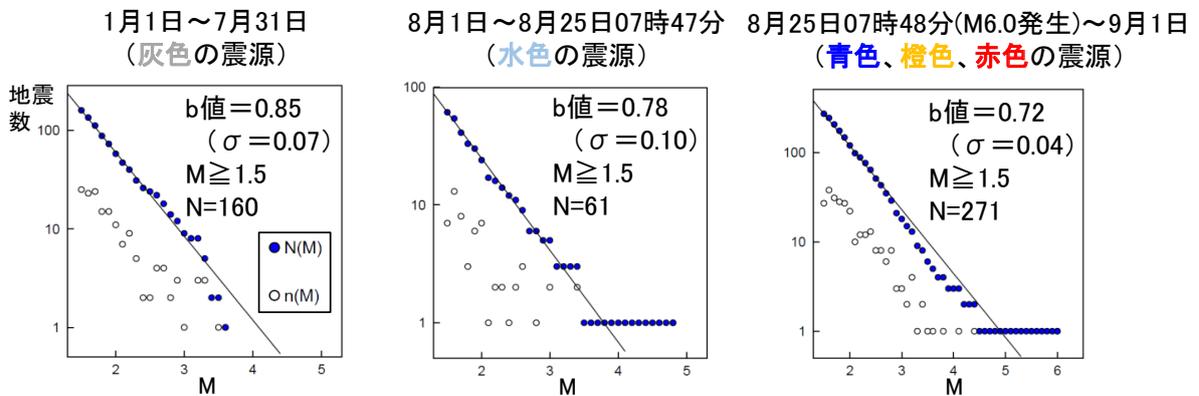
8月25日三陸沖の地震(b値、大森・宇津公式、ETAS)

領域a内のMT・回数積算図

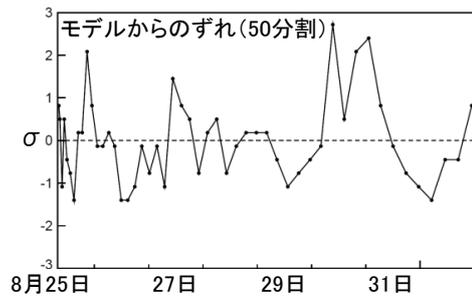
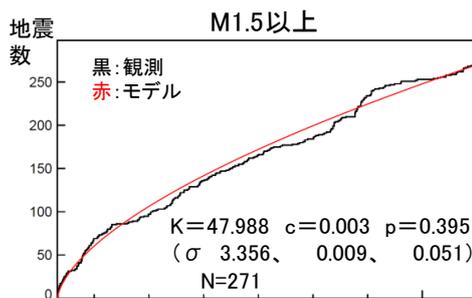
(2023年1月1日～2023年9月1日、深さ0～100km、 $M \geq 1.5$)



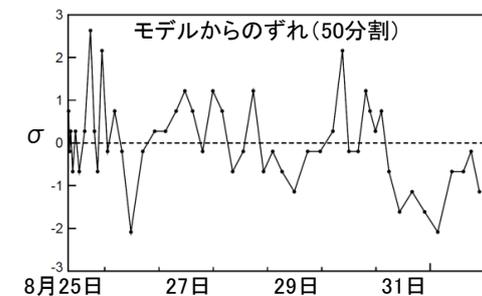
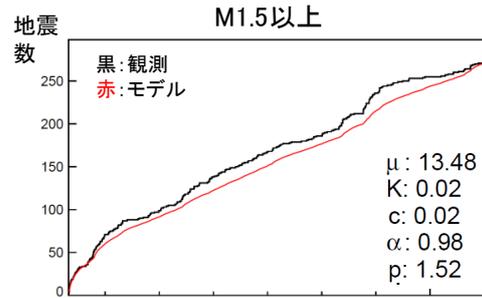
領域a内のM別度数分布、b値



領域a内の大森・宇津公式フィッティング (8月25日M6.0発生～9月1日)



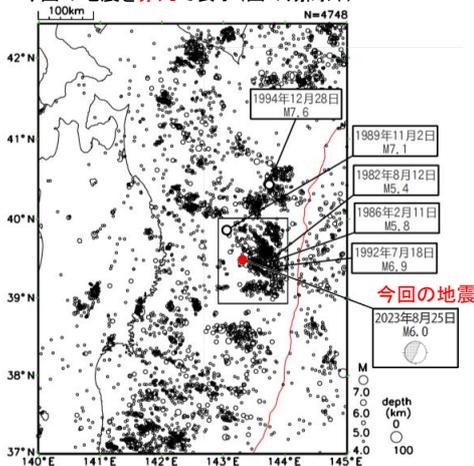
領域a内のETASフィッティング (8月25日M6.0発生～9月1日)



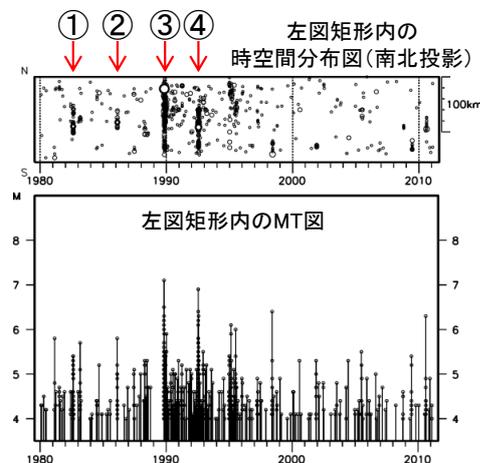
第 6 図 (c) つづき
 Fig. 6(c) Continued.

8月25日三陸沖の地震(過去の主な地震の活動経過)

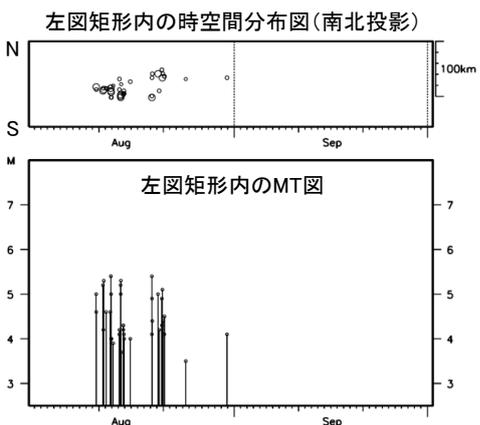
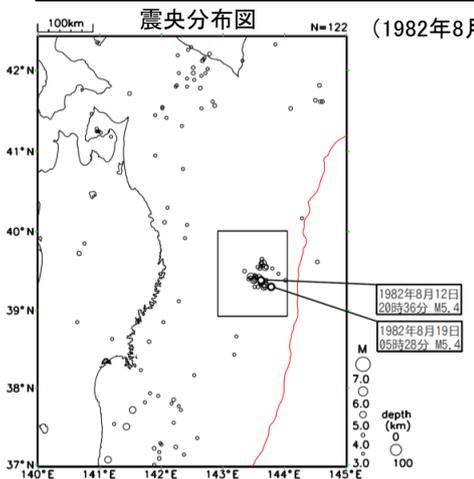
震央分布図
(1980年1月～2011年2月、M \geq 4.0、深さ0～100km)
今回の地震を赤丸で表示(図の期間外)



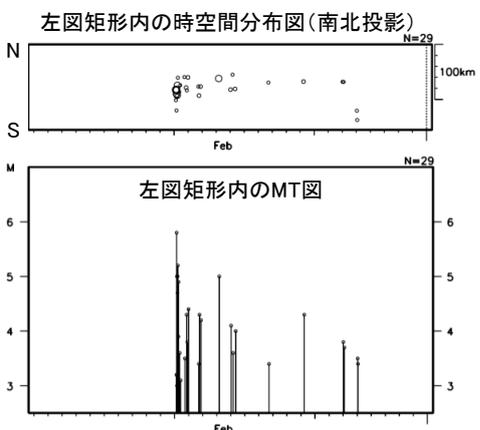
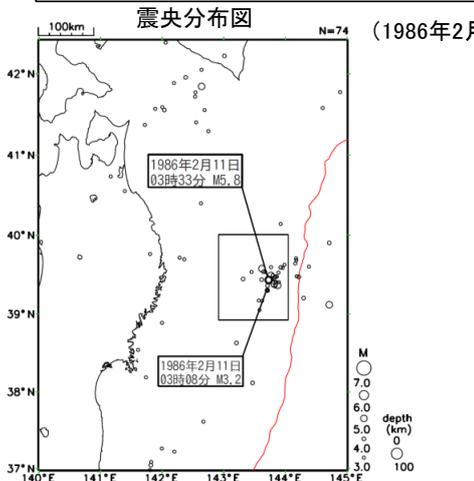
1980～1990年代にまとまった地震活動が見られた



① 1982年8月 10日間程度の期間にM5クラスが多発



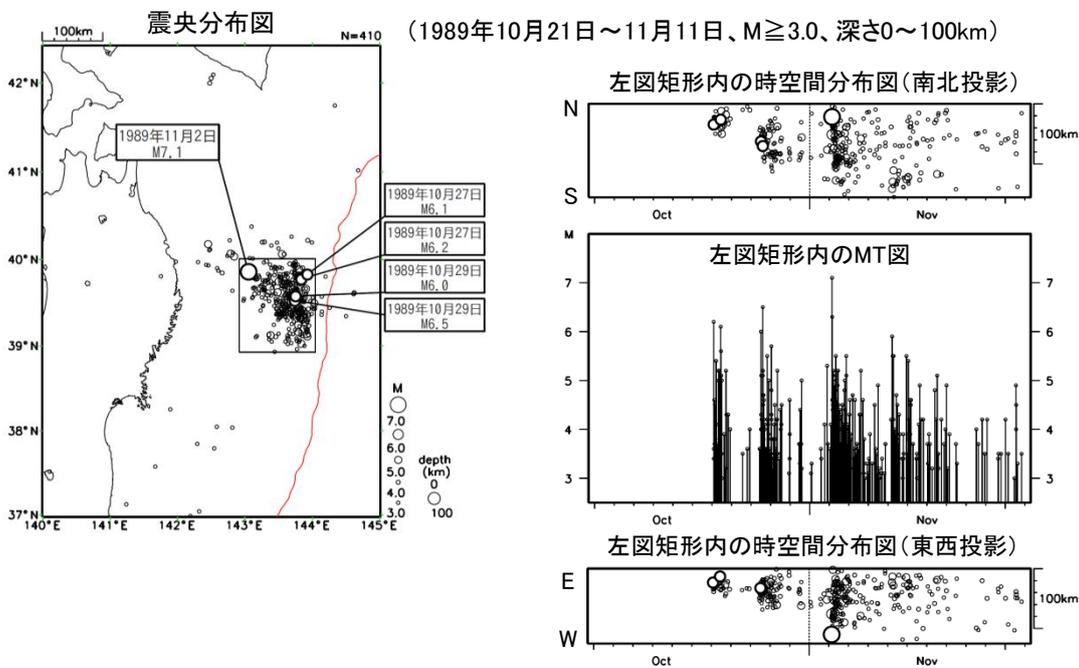
② 1986年2月 M5.8の後に活動。M5.8の直前にM3.2



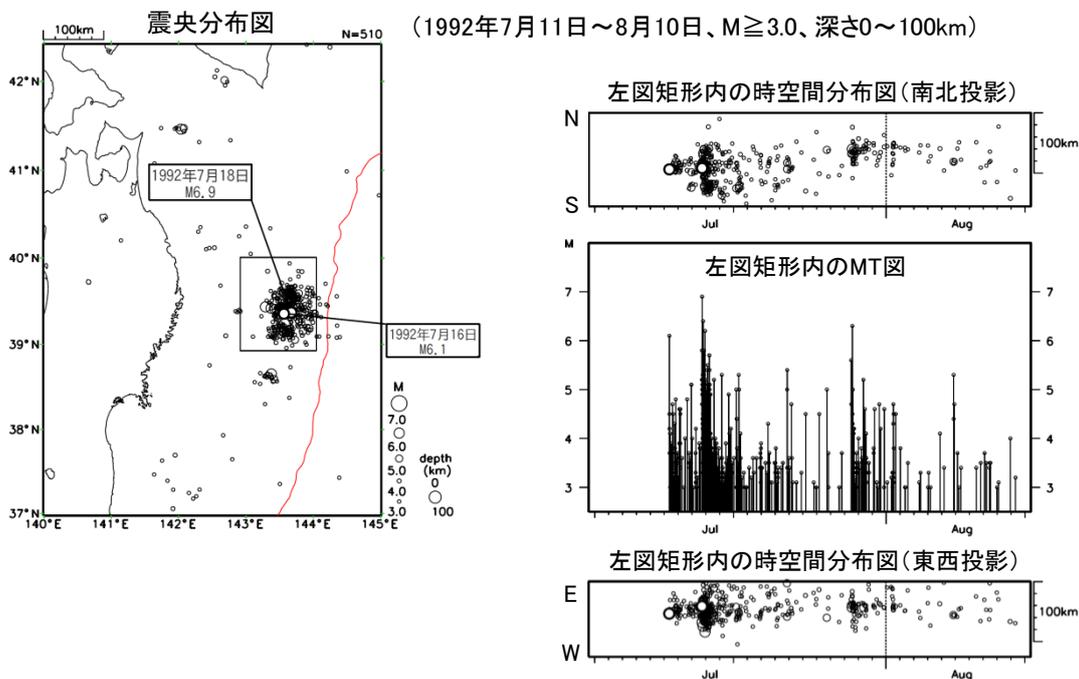
第 6 図 (d) つづき
Fig. 6(d) Continued.

8月25日三陸沖の地震(過去の主な地震の活動経過(続き))

③ 1989年10月～11月 M7.1の地震の前に、M6.5などを含む活動



④ 1992年7月 M6.9の前にM6.1を含む活動

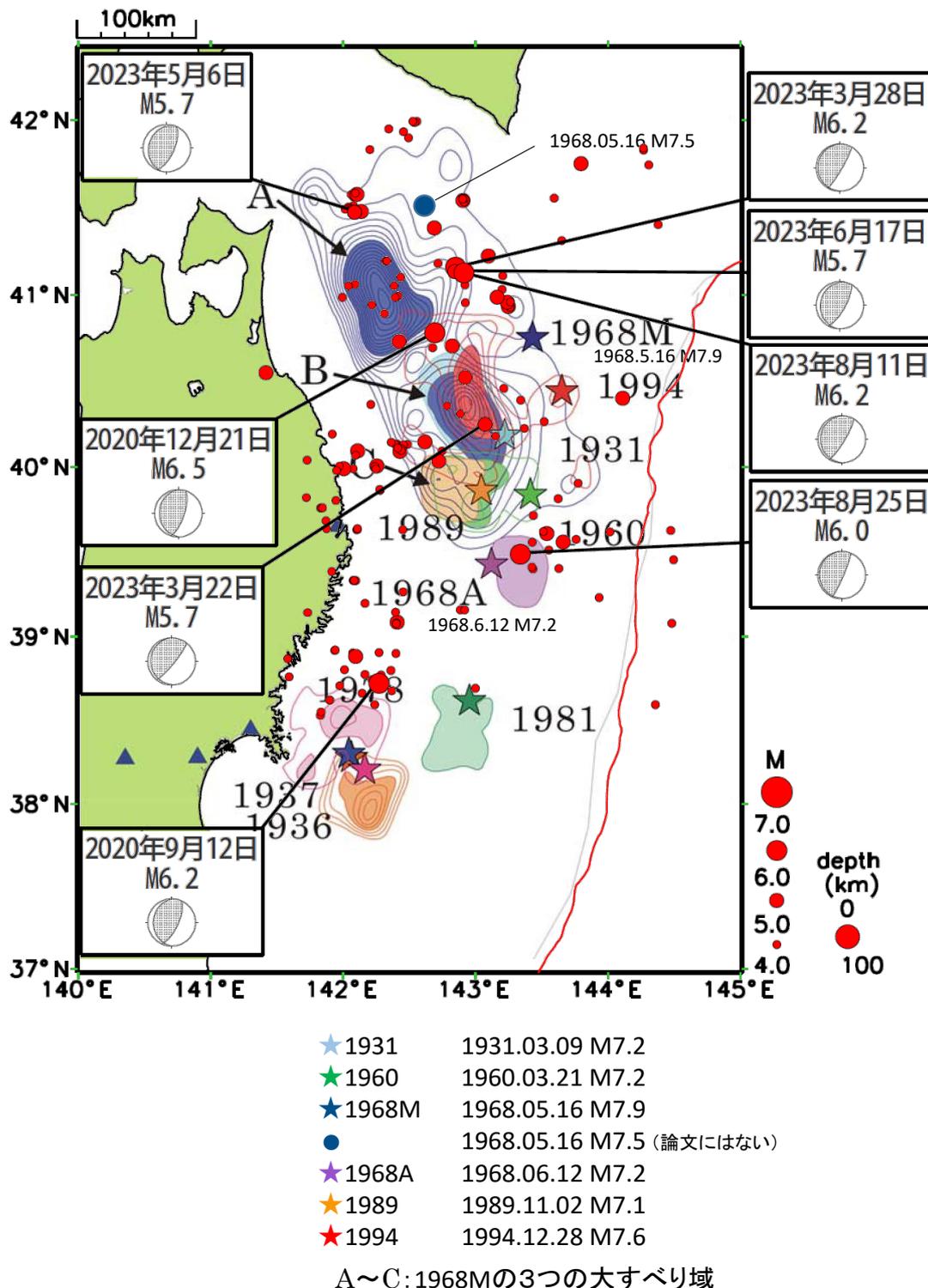


第 6 図 (d) つづき
Fig. 6(d) Continued.

三陸沖の地震活動と、過去のすべり分布との比較

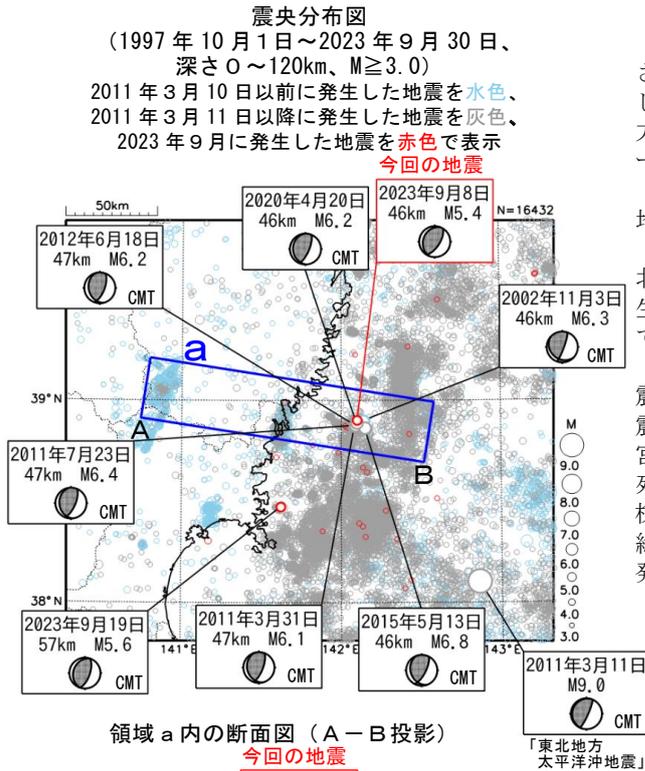
Yamanaka&Kikuchi (2004) のアスペリティーマップに最近の地震※をプロット

(※ 2020年9月～2023年8月の、概ねN38.5～N42° の範囲内の地震)



第 6 図 (e) つづき
Fig. 6(e) Continued.

9 月 8 日 宮城県沖の地震

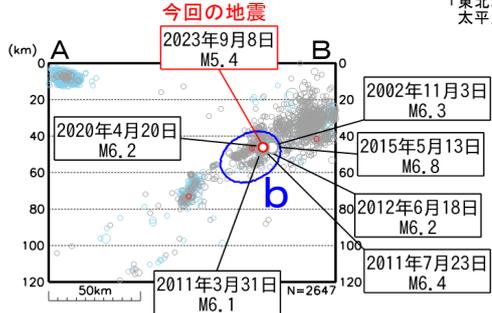


2023 年 9 月 8 日 18 時 28 分に宮城県沖の深さ 46km で M5.4 の地震（最大震度 4）が発生した。この地震は発震機構が西北西－東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した。

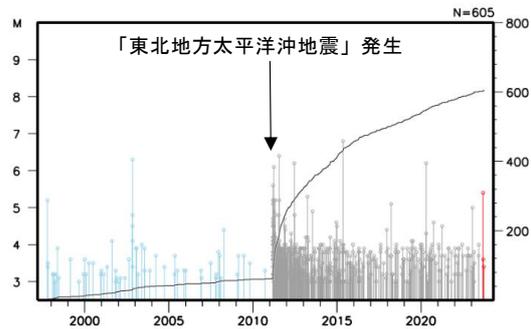
1997 年 10 月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近（領域 b）では、「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」（以下、「東北地方太平洋沖地震」）の発生以降、地震の発生数が増加し、M6.0 以上の地震が時々発生している。

1919 年以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺（領域 c）では「東北地方太平洋沖地震」のほか、1978 年 6 月 12 日には「1978 年宮城県沖地震」（M7.4、最大震度 5）が発生し、死者 28 人、負傷者 1,325 人、住家全壊 1,183 棟などの被害が生じる（被害は「日本被害地震総覧」による）など、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）

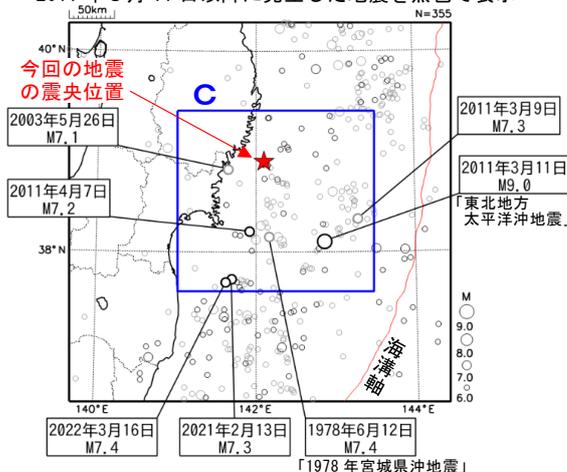


領域 b 内の M-T 図及び回数積算図

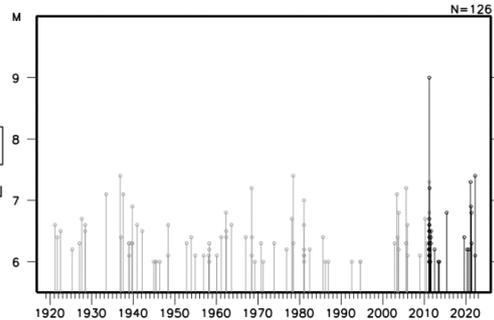


震央分布図

(1919 年 1 月 1 日～2023 年 9 月 30 日、
深さ 0～120km、 $M \geq 6.0$)
2011 年 3 月 10 日以前に発生した地震を灰色、
2011 年 3 月 11 日以降に発生した地震を黒色で表示



領域 c 内の M-T 図

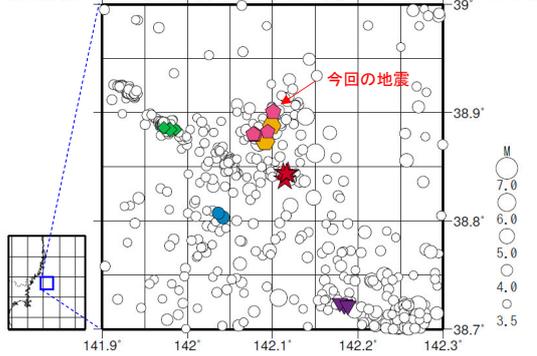


第 7 図 (a) 2023 年 9 月 8 日 宮城県沖の地震
Fig. 7(a) The earthquake off Miyagi Prefecture on September 8, 2023.

9月8日 宮城県沖の地震（相似地震）

2023年9月8日の宮城県沖の地震（M5.4、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、既往の相似地震グループの最新の地震として検出された（グループF：今回の地震を含め4地震）※1。

震央分布図（1988年10月1日～2023年9月20日、深さ0～100km、M≧3.5）



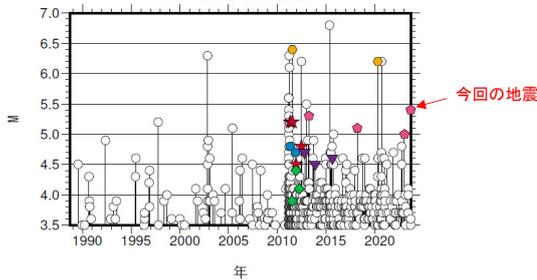
発生間隔と推定年平均すべり量 ※2

グループ	回数	平均M	震度		発生間隔			平均すべり量 (cm/年)
			最大	最小	平均	最短	最大	
★ A	4	4.92	3	3	0.38	0.24	0.58	101.29
● B	2	4.75	3	3	0.54	0.54	0.54	69.41
◆ C	3	4.13	3	3	0.37	0.33	0.40	78.68
● D	2	6.30	B	4	8.74	8.74	8.74	10.38
▼ E	3	4.60	3	3	1.41	1.05	1.78	23.90
● F	4	5.20	4	3	3.48	0.63	4.98	12.38

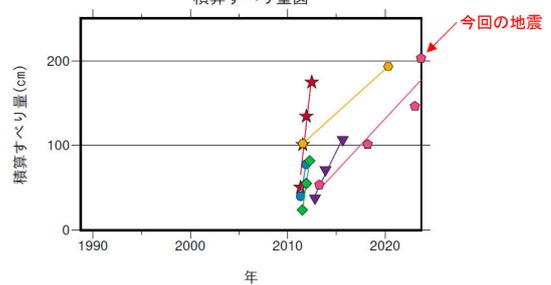
グループFの地震間コヒーレンス(橙色ハッチは0.95以上)

	2013/3/31 16:46	2018/3/23 6:32	2023/1/20 14:48	2023/9/8 18:28
2013/3/31 16:46		0.995	0.989	0.956
2018/3/23 6:32			0.99	0.946
2023/1/20 14:48				0.936
2023/9/8 18:28				

M-T図 (上図内)



積算すべり量図 ※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以上の場合に相似地震として検出し、相似地震のグループ分けはコヒーレンスを用いて機械的に行っている[溜瀧ほか, 2014]。
 ※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。

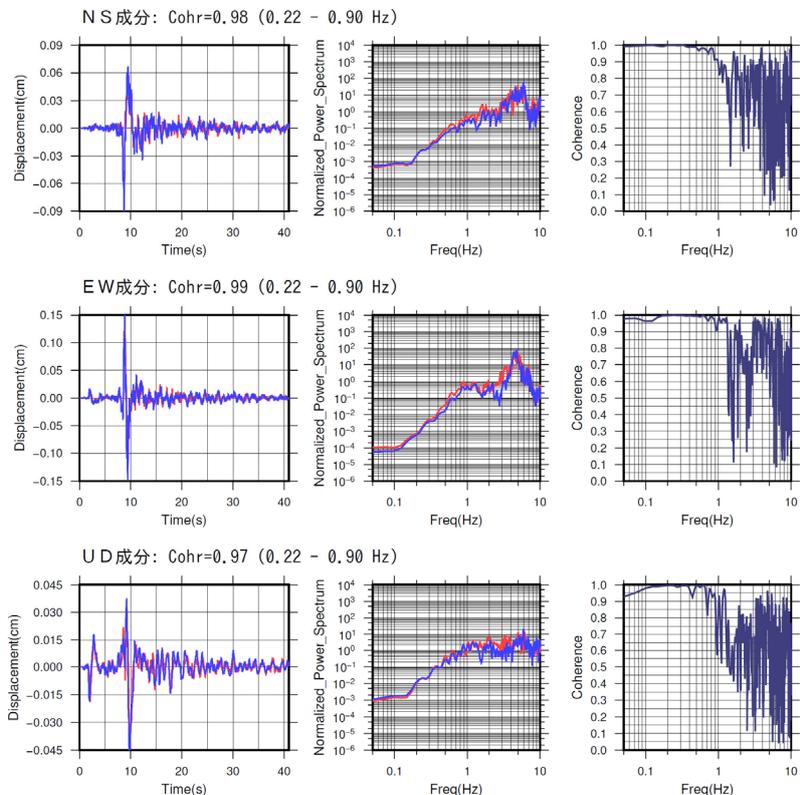
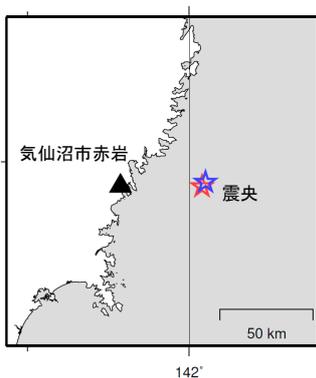
●波形例

強震波形 相関解析

観測点名: 気仙沼市赤岩 (4B8)

2013/03/31 16:46:18 M5.3

2023/09/08 18:28:48 M5.4

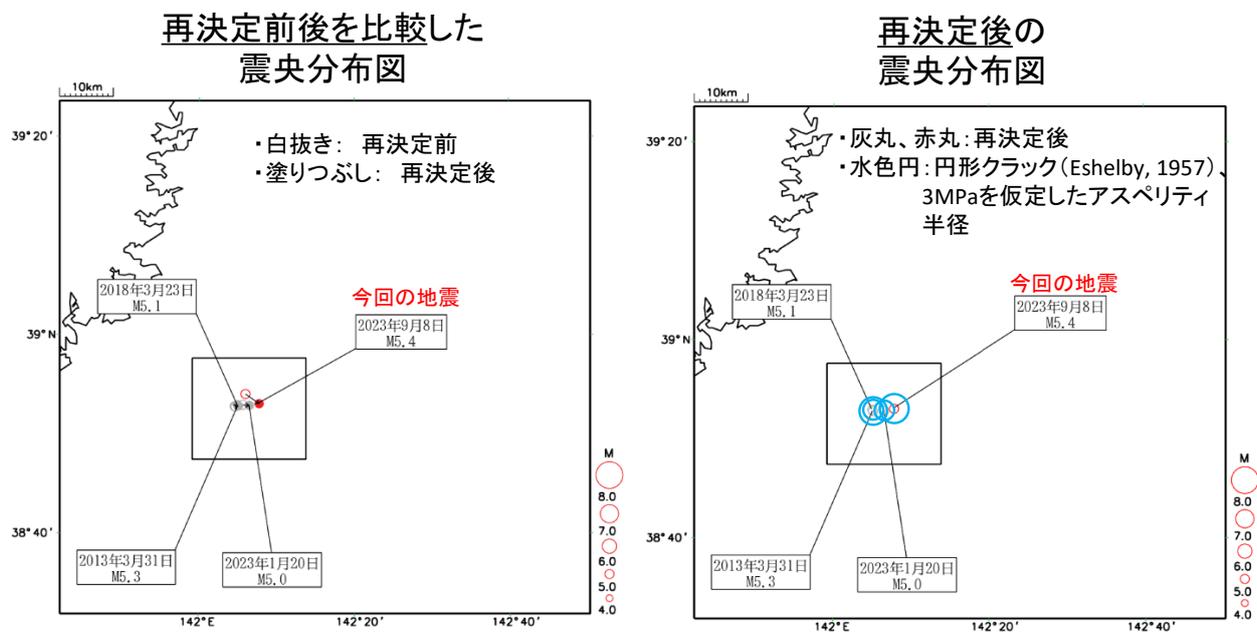


※変位波形は加速度記録を気象庁59型地震計相当に変換したものを

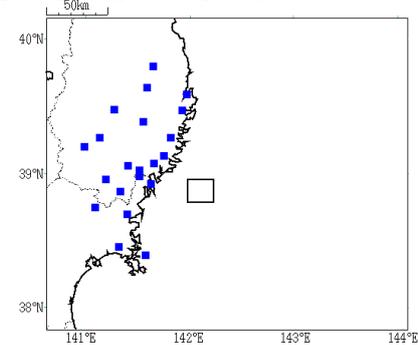
第7図 (b) つづき
 Fig. 7(b) Continued.

9月8日 宮城県沖の地震 (今回の地震の相似地震グループの震源再決定)

今回の地震はS相の検測値の一部を読み直し、
その他の地震はカタログ検測値を用いて再決定

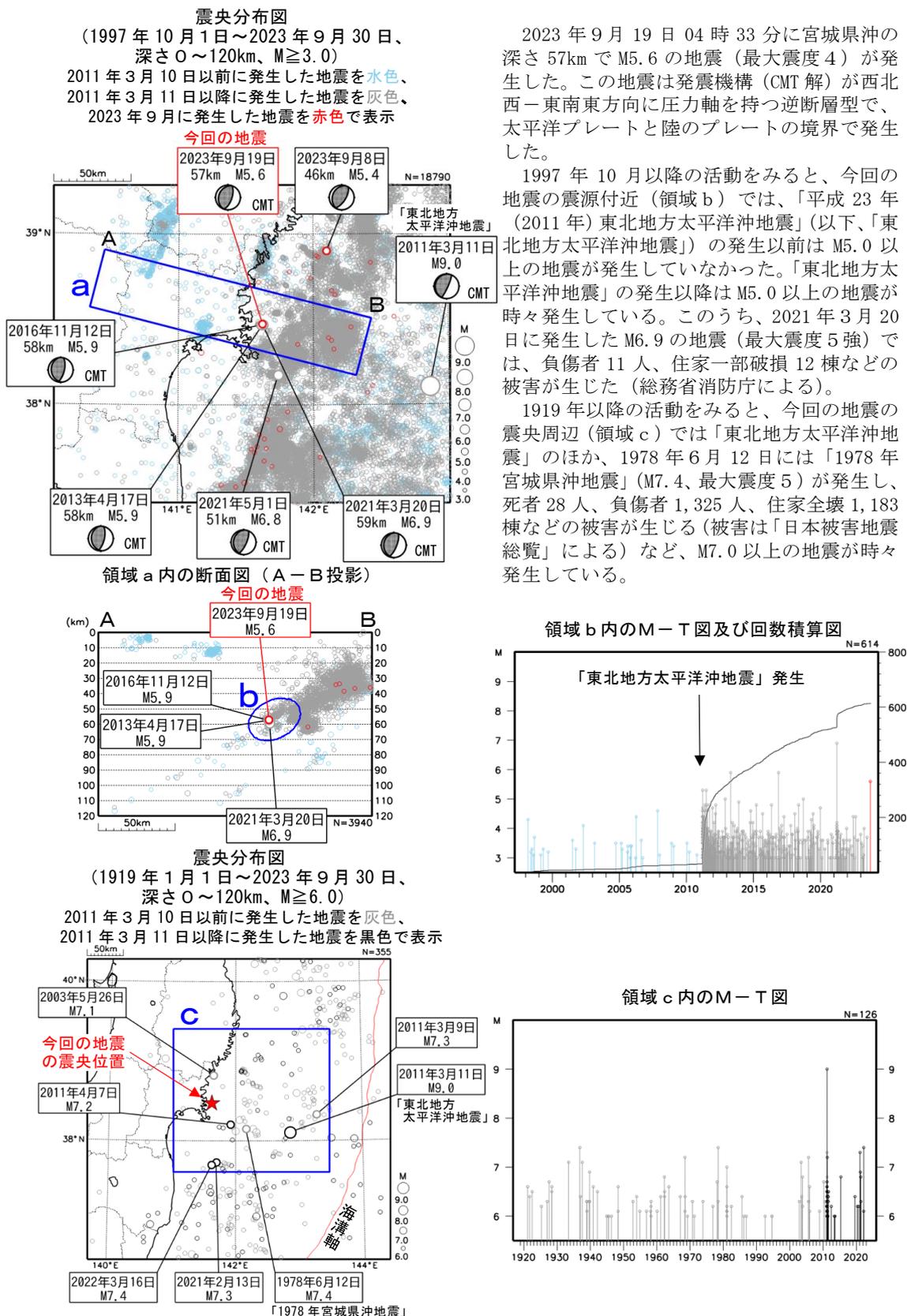


再決定に用いた観測点(青四角)の分布



第 7 図 (c) つづき
Fig. 7(c) Continued.

9 月 19 日 宮城県沖の地震



第 8 図 (a) 2023 年 9 月 19 日 宮城県沖の地震
 Fig. 8(a) The earthquake off Miyagi Prefecture on September 19, 2023.

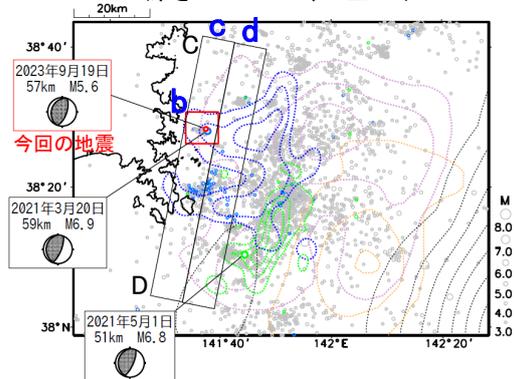
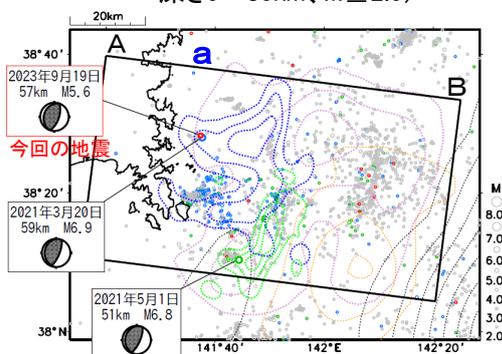
9月19日 宮城県沖の地震（周辺の地震活動）

震央分布図

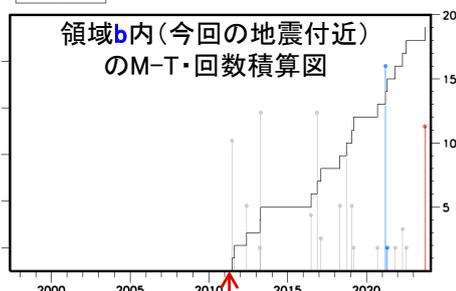
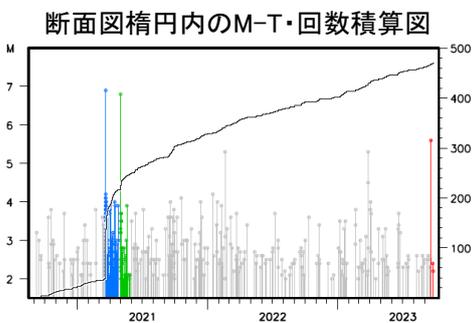
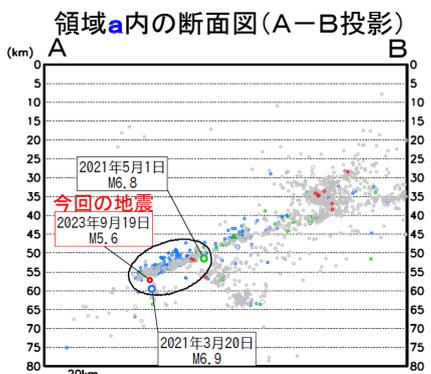
震央分布図

(2020年9月1日 (S-net活用開始) ~ 2023年9月25日、
深さ0~80km、M≥2.0)

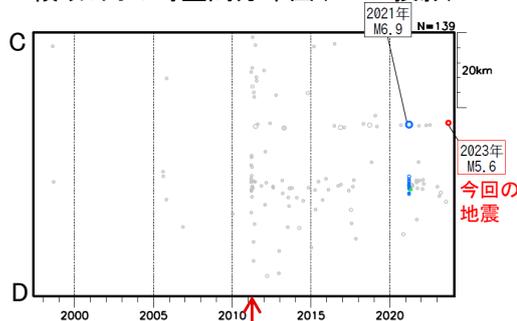
(1997年10月1日 (一元化処理開始) ~ 2023年9月25日、
深さ40~70km、M≥3.0)



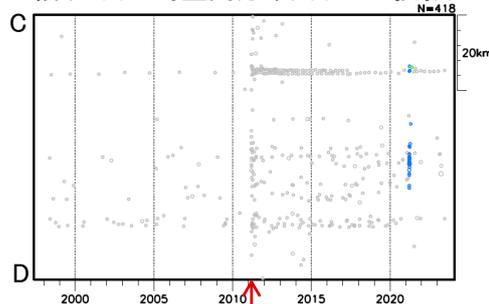
青丸: 2021年3月20日M6.9発生~5月1日M6.8発生前
 緑丸: 2021年5月1日M6.8発生~5月30日
 赤丸: 2023年9月9日M5.6 (今回の地震) 発生以降



領域c内の時空間分布図 (C-D投影)



領域d内の時空間分布図 (C-D投影)



色付きの点線は以下の地震時すべり分布のコンターであることを示す。

- 薄紫色: 1978年宮城県沖地震 [Yamanaka and Kikuchi (2004) : コンター間隔は0.5m]
- 橙色: 2005年8月16日宮城県沖の地震 [山中 (2005) : コンター間隔は0.3m]
- 黒色: 平成23年 (2011年) 東北地方太平洋沖地震 [Yoshida et al. (2011) : コンター間隔は4m]
- 青色: 2021年3月20日宮城県沖の地震 [気象庁による近地強震波形解析 : コンター間隔は0.15m]
- 緑色: 2021年5月1日宮城県沖の地震 [気象庁による近地強震波形解析 : コンター間隔は0.12m]

時系列図下の赤色矢印は、東北地方太平洋沖地震発生
のタイミングを示す

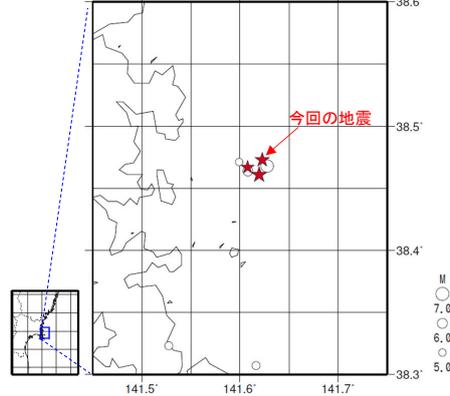
第 8 図 (b) つづき

Fig. 8(b) Continued.

9月19日 宮城県沖の地震（相似地震）

2023年9月19日の宮城県沖の地震(M5.6、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、新たな相似地震グループの最新の地震として検出された(グループA: 今回の地震を含め3地震)^{※1}。

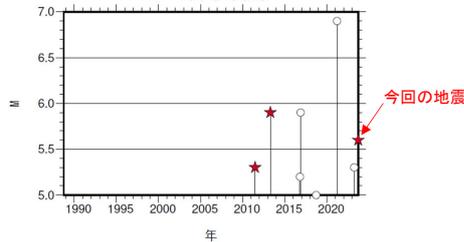
震央分布図 (1988年10月1日～2023年9月20日、深さ0～100km、M \geq 5.0)



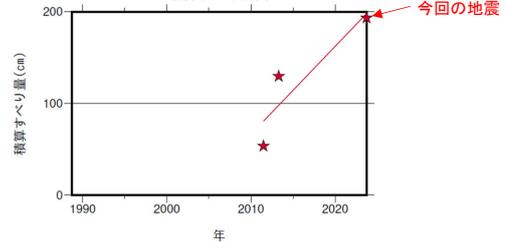
発生間隔と推定年平均すべり量^{※2}

グループ	回数	平均M	震度		発生間隔		平均すべり量 (cm/年)	
			最大	最小	最短	最大		
★A	3	5.60	A	4	6.12	1.82	10.42	9.61

M-T図 (上図内)



積算すべり量図^{※2}



※1 各観測点の波形の比較で得られた相関係数の中央値が0.95以上の場合に相似地震として検出し、相似地震のグループ分けは相関係数を用いて機械的に行っている[溜瀧ほか、2014]。
 ※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。

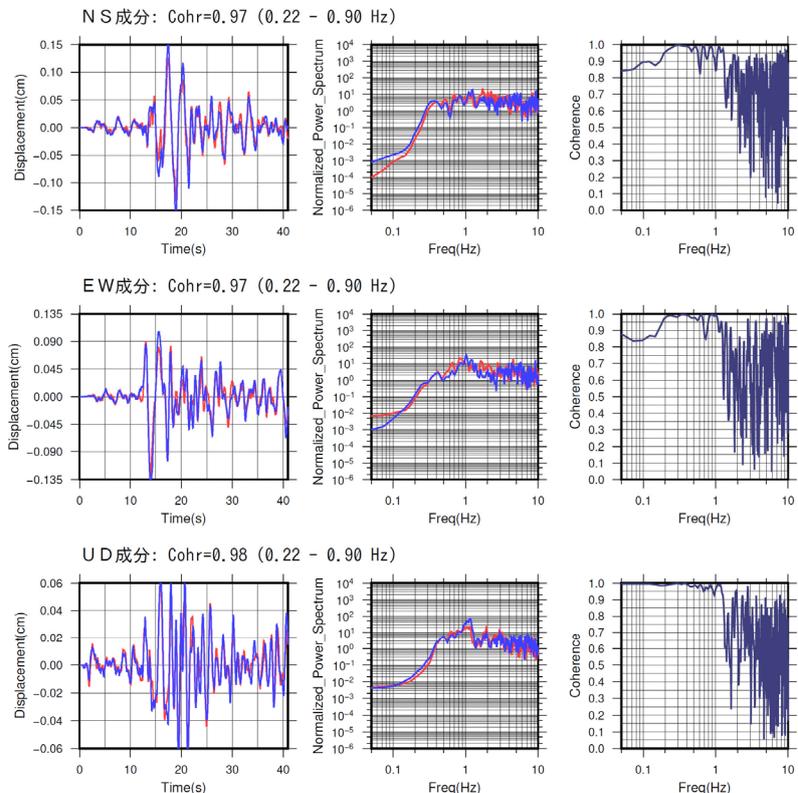
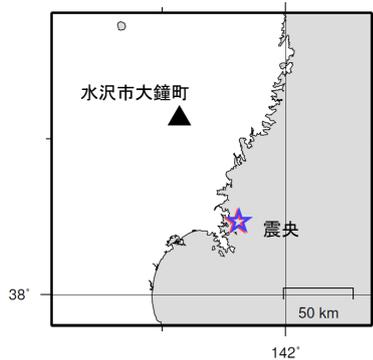
●波形例

強震波形 相関解析

観測点名: 水沢市大鐘町(4B7)

2011/06/23 19:35:02 M5.3

2023/09/19 04:33:04 M5.6



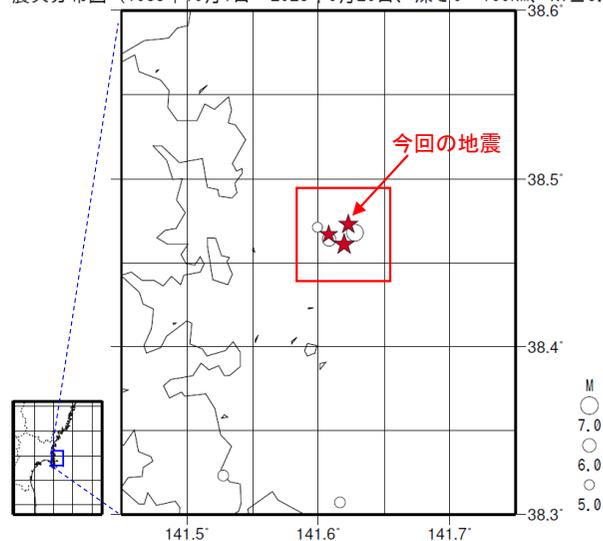
※変位波形は加速度記録を気象庁59型地震計相当に変換したものの

第 8 図 (c) つづき

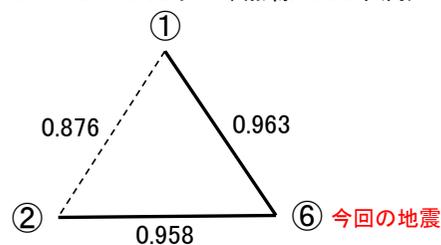
Fig. 8(c) Continued.

9月19日 宮城県沖の地震(相似地震)

震央分布図 (1988年10月1日～2023年9月20日、深さ0～100km、 $M \geq 5.0$)



今回検出された相似地震グループ
(左図の★:①、②、⑥)の
イベント間コヒーレンスの相関図
(実線:コヒーレンス0.95以上、点線:0.95未満)



今回の地震(⑥)の波形は近傍の地震(①、②)とよく似ている(コヒーレンスが0.95以上※1)が、①と②間のコヒーレンスは十分に大きな値とはなっていない。

震央分布図の赤色矩形内の地震

- ★ ① 2011/06/23 M5.3 Mw5.3
- ★ ② 2013/04/17 M5.9 Mw5.9
- ③ 2016/11/12 M5.9 Mw6.1
- ④ 2018/09/19 M5.0 Mw5.1
- ⑤ 2021/03/20 M6.9 Mw7.0
- ★ ⑥ 2023/09/19 M5.6 Mw5.5 今回の地震

震央分布図の赤色矩形内の地震の
イベント間コヒーレンス

	①	②	③	④	⑤	⑥
①		0.876	0.748	0.804	0.676	0.963
②			0.786	0.808	0.708	0.958
③				0.691	0.722	0.77
④					0.614	0.802
⑤						0.703
⑥						

今回の地震近傍の①～⑤の地震は、Yoshida et al.(2022)^{※2}により指摘されている準繰り返し地震(quasi-repeating earthquakes)に対応する。

※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以上の場合に相似地震として検出し、相似地震のグループ分けはコヒーレンスを用いて機械的に行っている[溜渕ほか、2014]。

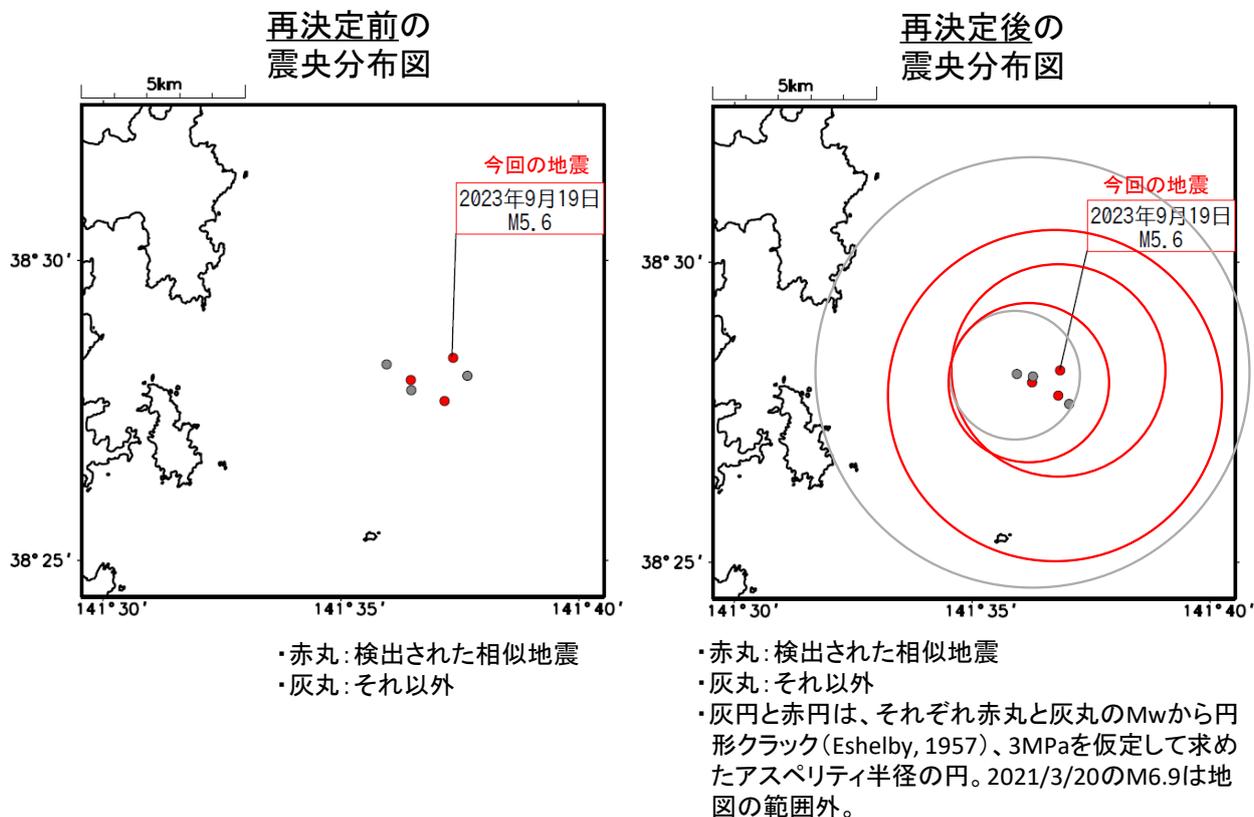
※2 Yoshida, K., Matsuzawa, T., & Uchida, N. (2022). The 2021 Mw7.0 and Mw6.7 Miyagi-Oki earthquakes nucleated in a deep seismic/aseismic transition zone: Possible effects of transient instability due to the 2011 Tohoku earthquake. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 127, e2022JB024887. <https://doi.org/10.1029/2022JB024887>

第8図(d) つづき

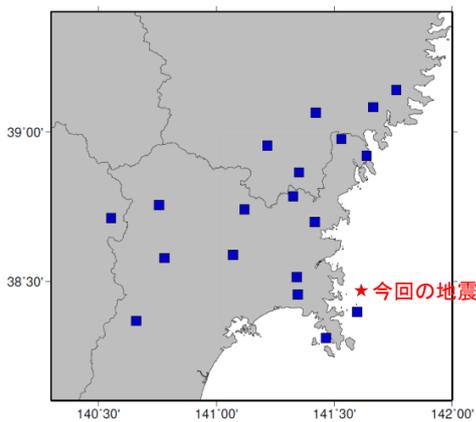
Fig. 8(d) Continued.

9月19日 宮城県沖の地震 (今回の地震の相似地震グループとその周辺地震の震源再決定)

カタログ検測値を用いて観測点限定で再決定した震源



再決定に用いた観測点(青四角)の分布



第 8 図 (e) つづき
Fig. 8(e) Continued.