４－１　関東・中部地方とその周辺の地震活動（2016 年 11 月～ 2017 年 4 月）
Seismic Activity in and around the Kanto and Chubu Districts (November 2016 – April 2017)

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 238 回, M5.0 以上の地震は 26 回発生した. このうち最大のものは，2016 年 11 月 22 日に福島県沖で発生した M7.4 の地震である.

2016 年 11 月～ 2017 年 4 月の M4.0 以上の地震の震央分布を第 1 図（a）及び（b）に示す.

主な地震活動は以下のとおりである.

（1）千葉県東方沖の地震（M5.0，最大震度 3，第 2 図）

2017 年 11 月 21 日 06 時 59 分に千葉県東方沖の深さ 17 km で M5.0 の地震（最大震度 3）が発生した. この地震は，陸のプレートの地殻内で発生した.

（2）茨城県北部の地震活動（最大 M6.3，最大震度 6 弱，第 5 図 (a) ～ (s)）

2016 年 12 月 28 日 21 時 38 分に茨城県北部の深さ 11 km で M6.3 の地震（最大震度 6 弱）が発生した．この地震は，地殻内で発生した．発震機構は，東北東－西南西方向に張力軸を持つ正断層型である．今回の地震は，東北地方太平洋沖地震の余震域で発生した．福島県浜通りから茨城県北部にかけての地殻内では，東北地方太平洋沖地震の発生後に地震活動が活発化しており，正断層型の地震が多く発生するようになっている． 2016 年 11 月 22 日に発生した福島県沖の M7.4 の地震による静的クーロン応力変化（Δ CFF）は，今回の地震の震源付近で正（促進）となるが，その大きさは潮汐程度である.

今回の地震の発生以降，まとまった地震活動が北北西－南南東方向に延びる長さ約 15 km の領域で西南西方向に傾斜して発生しており，2017 年 2 月 7 日 20 時 03 分に，茨城県北部の深さ 6 km で M4.4 の地震（最大震度 3）, 4 月 20 日 02 時 13 分に茨城県北部の深さ 6 km で M4.5 の地震（最大震度 4），同日 04 時 46 分に茨城県北部の深さ 9 km で M4.2 の地震（最大震度 4）が発生するなど，減衰しつつも継続している.

この付近では 2011 年 3 月 19 日に M6.1 の地震（最大震度 5 強）が発生しており，近地強震波形による震源過程解析の結果を比較すると，2011 年と 2016 年の地震のすべり量が最大の小断層は隣接しているようにみえる.

（3）千葉県北東部の地震活動（最大 M5.4，最大震度 4，第 6 図（a），（b））

2017 年 1 月 13 日 12 時 25 分に千葉県北東部の深さ 50 km で M4.9 の地震（最大震度 3）が，2017 年 2 月 19 日 18 時 19 分に千葉県北東部の深さ 52 km で M5.4 の地震（最大震度 4）が，3 月 5 日 10 時 18 分に千葉県北東部の深さ 52 km で M4.7 の地震（最大震度 3）が発生した．これらの地震は，発震機構が東西方向に圧力軸を持つ逆断層型で，太平洋プレートとフィリピン海プレートの境界で発生した.

なお，波形相関解析から 2 月 19 日の地震については相似地震が検出されている.

(4) 茨城県沖の地震（M4.2，最大震度 4，第 7 図（a），(b)）

2017 年 1 月 18 日 17 時 19 分に茨城県沖の深さ 53 km で M4.2 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．

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．

(5) 新潟県中越地方の地震活動（最大 M3.9，最大震度 3，第 8 図）

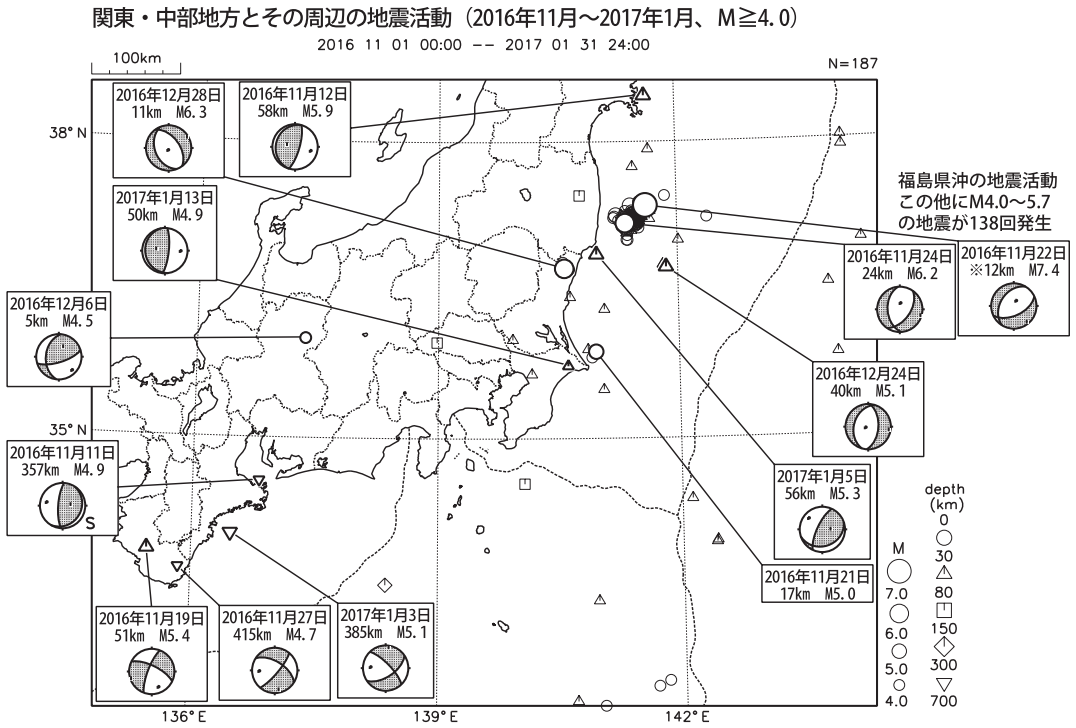
2017 年 4 月 6 日から新潟県中越地方で地震活動がやや活発となり，5 月 8 日までに最大震度 1 以上を観測した地震が 11 回発生した．これらの地震活動は地殻内で発生した．

(6) 茨城県南部の地震（M4.6，最大震度 3，第 9 図）

2017 年 4 月 12 日 03 時 10 分に，茨城県南部の深さ 54 km で M4.6 の地震（最大震度 3）が発生した．この地震は，発震機構が南北方向に圧力軸を持つ型で，フィリピン海プレート内部で発生した．

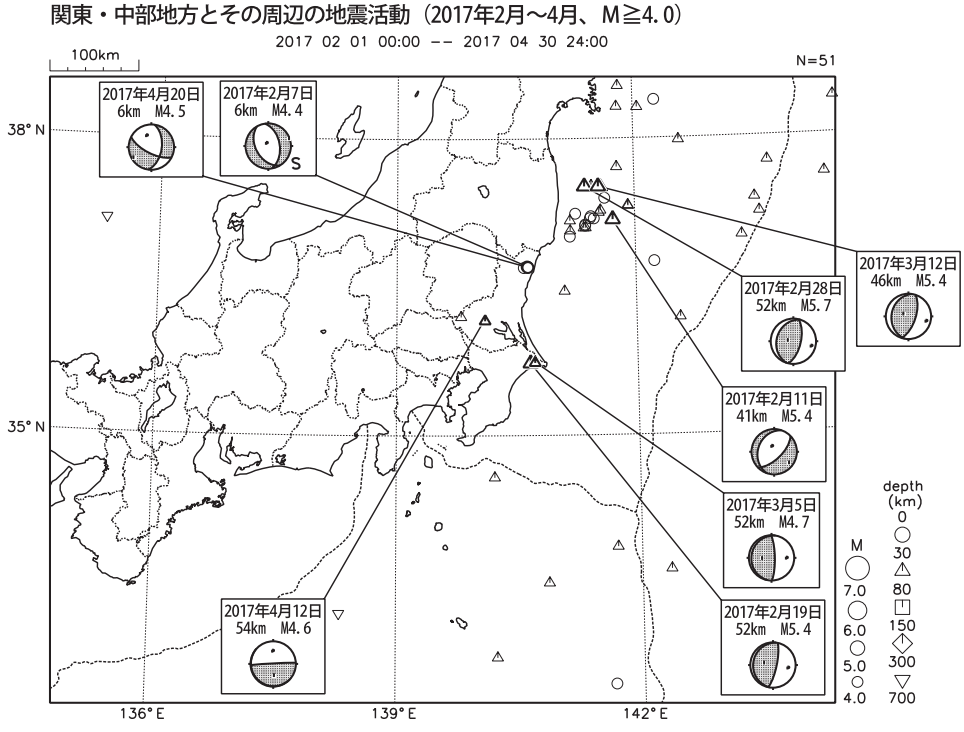
(7) その他の主な地震活動

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					
12 月 6 日	岐阜県飛騨地方	4.5	5	3	（第 3 図）
12 月 14 日	マリアナ諸島	6.3			（第 4 図）
12 月 22 日	マリアナ諸島	6.5			（第 4 図）



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
※福島県沖の地震活動は、M6.0以上の地震に吹き出しを記載。2016年11月22日の地震（M7.4）の深さはCMT解による。

第1図(a)　関東・中部地方とその周辺の地震活動（2016年11月～2017年1月，　M≧4.0，　深さ≦700 km）
Fig.1(a)　Seismic activity in and around the Kanto and Chubu districts (November 2016 – January 2017, M≧4.0, depth≦700 km).



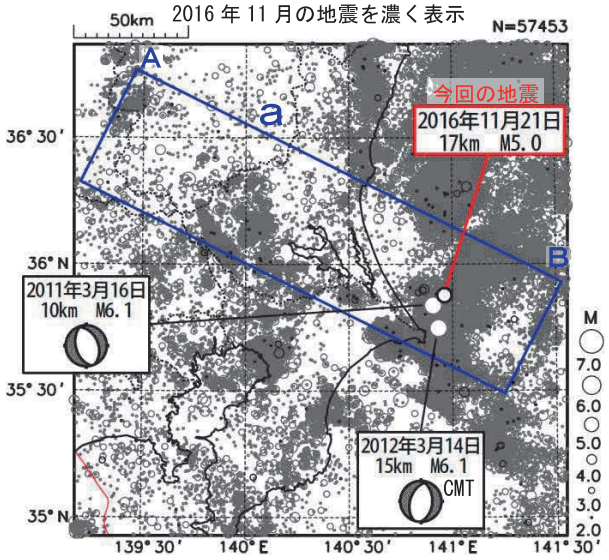
図中の吹き出しは、陸域M4.5以上・海域M5.0以上
発震機構は、陸域は気象庁の初動解、海域は気象庁のCMT解

第1図(b)　つづき（2017年2月～4月，　M≧4.0，　深さ≦700 km）
Fig.1(b)　Continued (February – April 2017, M≧4.0, depth≦700 km).

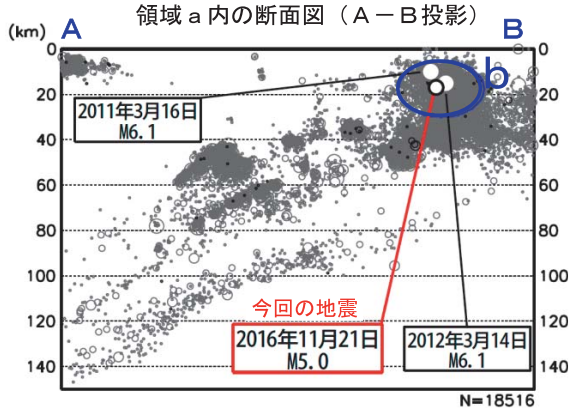
11 月 21 日　千葉県東方沖の地震

この地震の情報発表に用いた震央地名は〔茨城県沖〕である。

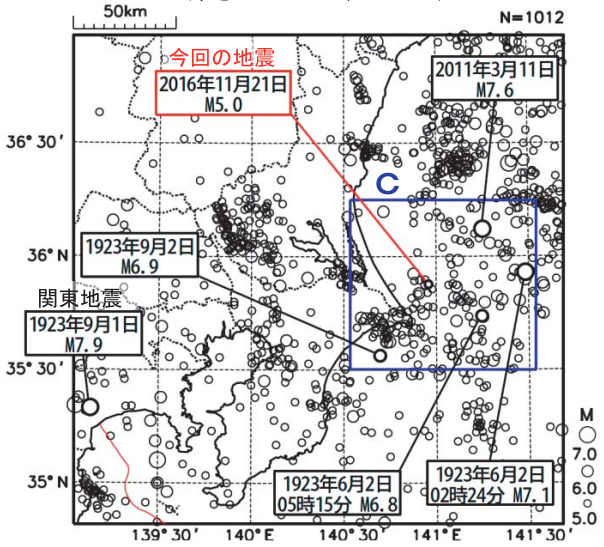
震央分布図
（1997 年 10 月 1 日～2016 年 11 月 30 日、
深さ 0～150km、M≧2.0）
2016 年 11 月の地震を濃く表示



領域 a 内の断面図（A－B 投影）



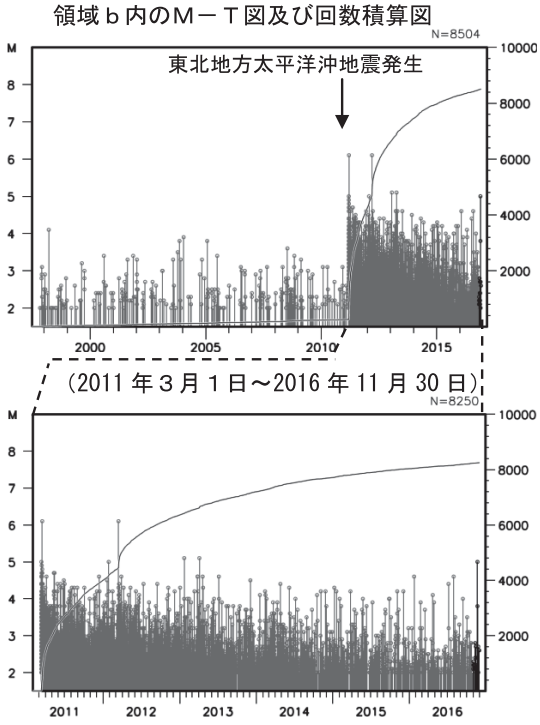
震央分布図
（1923 年 1 月 1 日～2016 年 11 月 30 日、
深さ 0～100km、M≧5.0）



2016 年 11 月 21 日 06 時 59 分に千葉県東方沖の深さ 17km で M5.0 の地震（最大震度 3）が発生した。この地震は、陸のプレートの地殻内で発生した。

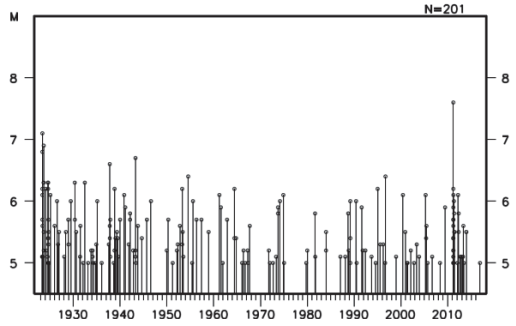
1997 年 10 月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近（領域 b）では、「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」の発生以降、地震活動が活発になった領域であり、2012 年 3 月 14 日に発生した M6.1 の地震（最大震度 5 強）では、死者 1 人、負傷者 1 人、住家一部破損 3 棟などの被害が生じた（総務省消防庁による）。

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 程度の地震が時々発生している。また、関東地震の前後や「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」の直後にはややまとまって地震が発生している。

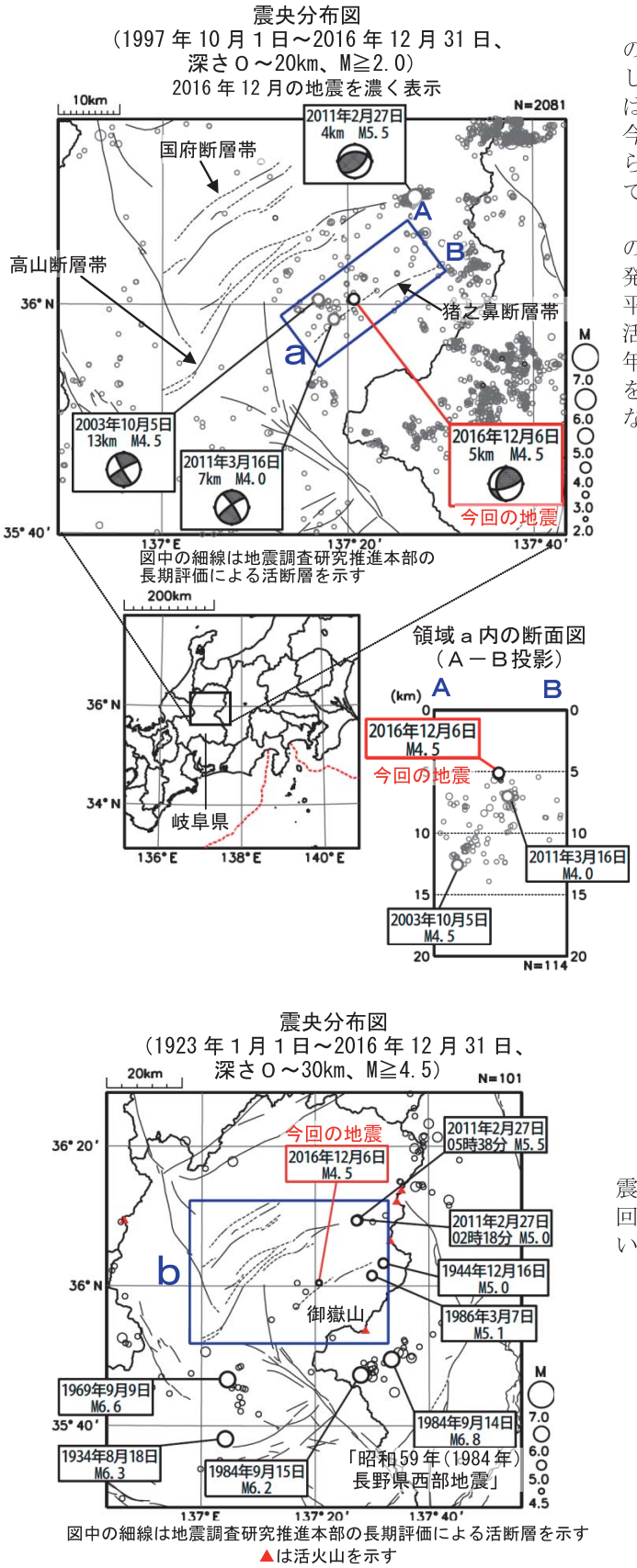
領域 c 内の M－T 図



第2図　2016年11月21日　千葉県東方沖の地震

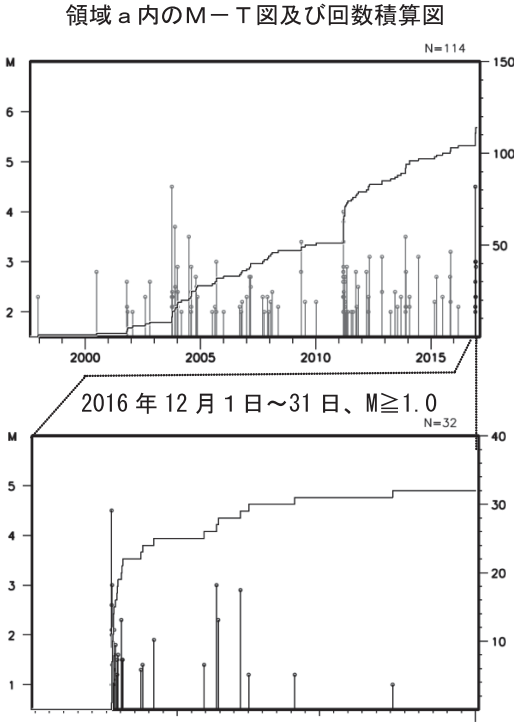
Fig.2　The earthquake off the eastern part of Chiba Prefecture on November 21, 2016.

12 月 6 日　岐阜県飛騨地方の地震

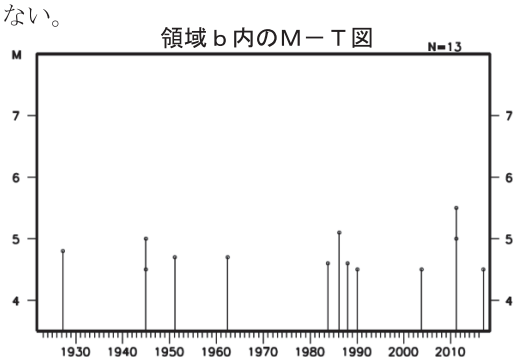


2016 年 12 月 6 日 09 時 05 分に岐阜県飛騨地方の深さ 5 km で M4.5 の地震（最大震度 3）が発生した。この地震は、地殻内で発生した。発震機構は、北西－南東方向に圧力軸を持つ型であった。今回の地震の震央付近には、高山・大原（おっぱら）断層帯の猪之鼻（いのはな）断層帯が存在している。

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、M4.0 以上の地震が時々発生している。「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」の発生直後には地震活動が一時的に活発になった。また、今回の地震の周辺では 2011 年 2 月 27 日に発生した M5.5 の地震（最大震度 4）を最大とする地震活動により、住家一部破損 2 棟などの被害があった（総務省消防庁による）。



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、M5.0 以上の地震が、4 回発生しているが、M6.0 を超える地震は発生していない。



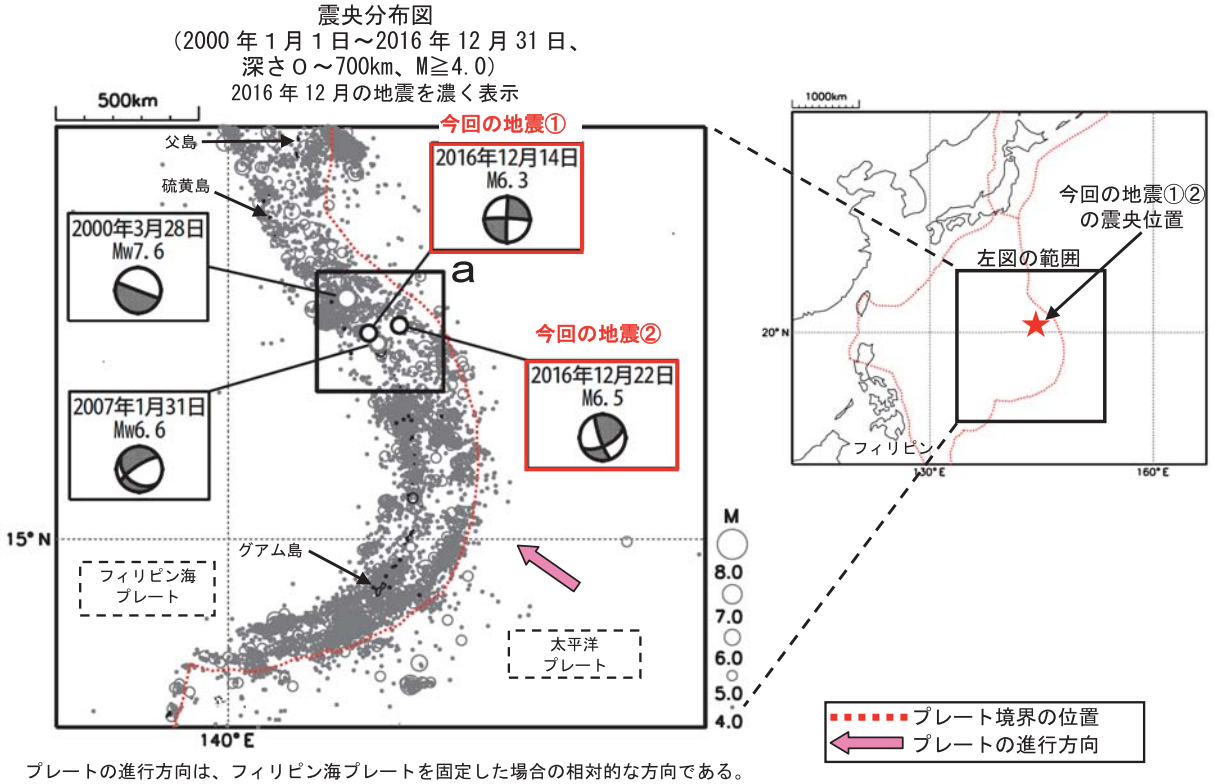
第3図　2016年12月6日　岐阜県飛騨地方の地震

Fig.3　The earthquake in Hida region of Gifu Prefecture on December 6, 2016.

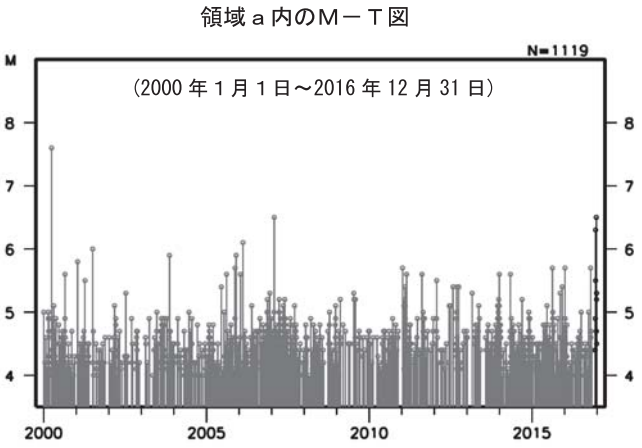
12 月 14 日、22 日　マリアナ諸島の地震

マリアナ諸島では、2016 年 12 月 14 日 11 時 01 分に M6.3（今回の地震①）、22 日 01 時 43 分に M6.5 の地震（今回の地震②）が発生した。地震①の発震機構（米国地質調査所、以下 USGS による CMT 解）は、北西－南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型、地震②の発震機構（USGS による CMT 解）は、西北西－東南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型であった。

2000 年１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、Ｍ６を超える地震が時々発生している。2000 年３月 28 日の地震（Mw7.6）では、小笠原村父島で最大震度３を観測したほか、東北地方を中心に震度２～１を観測している。



プレートの進行方向は、フィリピン海プレートを固定した場合の相対的な方向である。



※本資料中、今回の地震①②のＭは気象庁による。震源要素と発震機構は USGS による。その他の地震の Mw 及び発震機構は GlobalCMT による。プレート境界の位置と進行方向は Bird（2003）*より引用。

＊参考文献　Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, Geochemistry Geophysics Geosystems, 4(3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252.

第4図　12月14日，22日　マリアナ諸島の地震

Fig.4　The earthquake in the Mariana Islands on December 14 and 22, 2016.

12 月 28 日　茨城県北部の地震

（１）概要

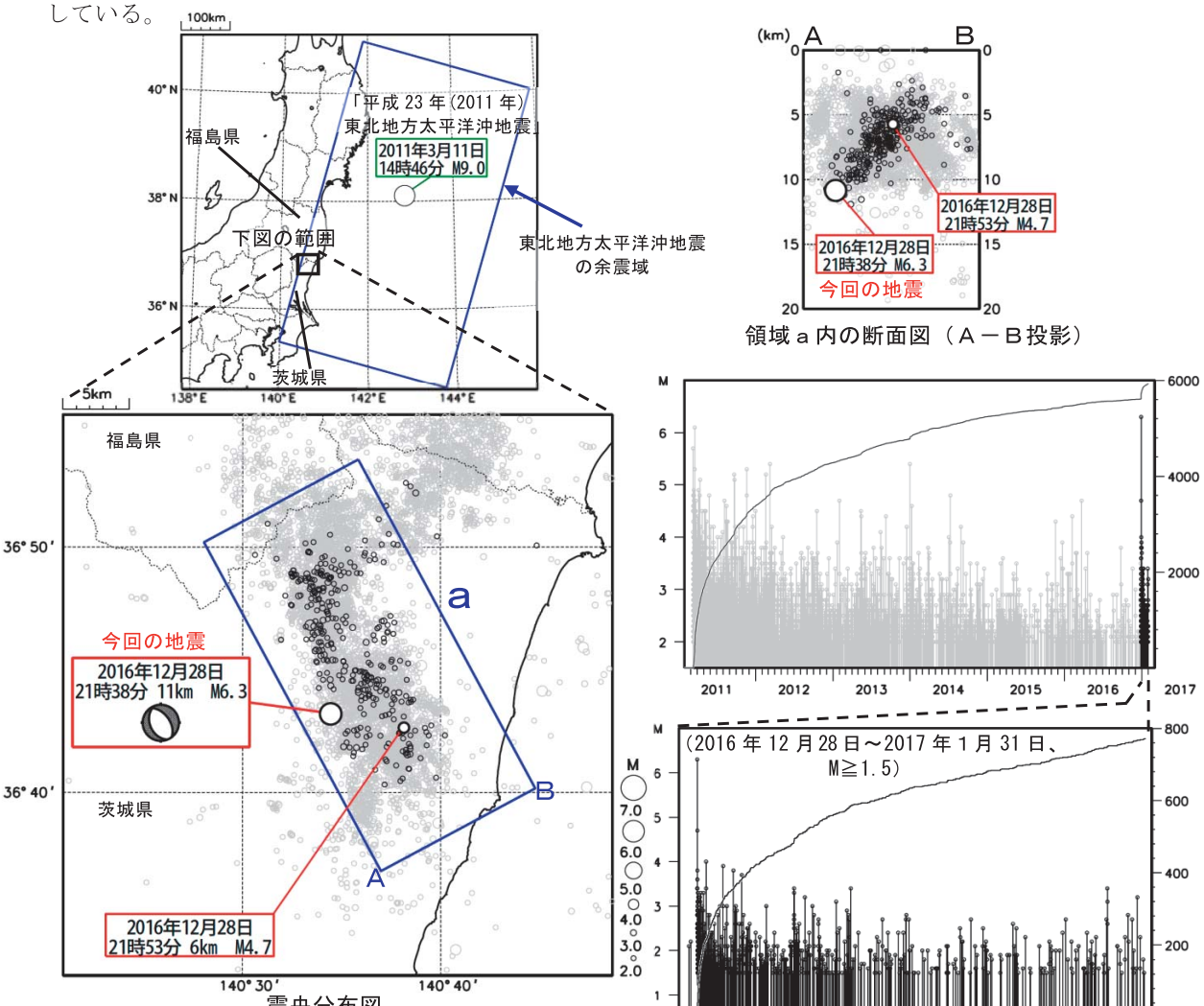
2016 年 12 月 28 日 21 時 38 分に、茨城県北部の深さ 11km で M6.3 の地震が発生し、茨城県高萩市で震度６弱、茨城県日立市で震度５強を観測したほか、東北地方から中部地方にかけて震度５弱～１を観測した。この地震は地殻内で発生した。発震機構は東北東－西南西方向に張力軸を持つ正断層型であった。この地震により、茨城県で軽傷２人、住家一部破損５棟などの被害を生じた（平成 29 年１月５日 09 時 30 分現在、総務省消防庁による）。気象庁はこの地震に対して、最初の地震波の検知から 8.9 秒後の 21 時 39 分 0.7 秒に緊急地震速報（警報）を発表した。

（２）地震活動

ア．今回の地震の発生場所及び発生状況

2016 年 12 月 28 日 21 時 38 分に、茨城県北部の深さ 11km で M6.3 の地震（最大震度６弱）が発生した。この地震は地殻内で発生した。発震機構は東北東－西南西方向に張力軸を持つ正断層型であった。今回の地震は、「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という）の余震域で発生した。

この地震発生以降、震央付近の地殻内（領域ａ）では 12 月 28 日 21 時 53 分に M4.7 の地震（最大震度４）が発生するなど、2017 年１月 31 日までに震度１以上を観測する地震が 42 回発生した。地震活動は減衰しながら、北北西－南南東方向に延びる長さ約 15km の領域で西南西方向に傾斜して発生している。



震央分布図
（2011 年３月１日～2017 年１月 31 日、深さ０～20km、M≧2.0）
2016 年 12 月 28 日以降の地震を濃く表示
※今回の地震発生後には、未処理の地震が存在している。

領域ａ内の断面図（Ａ－Ｂ投影）

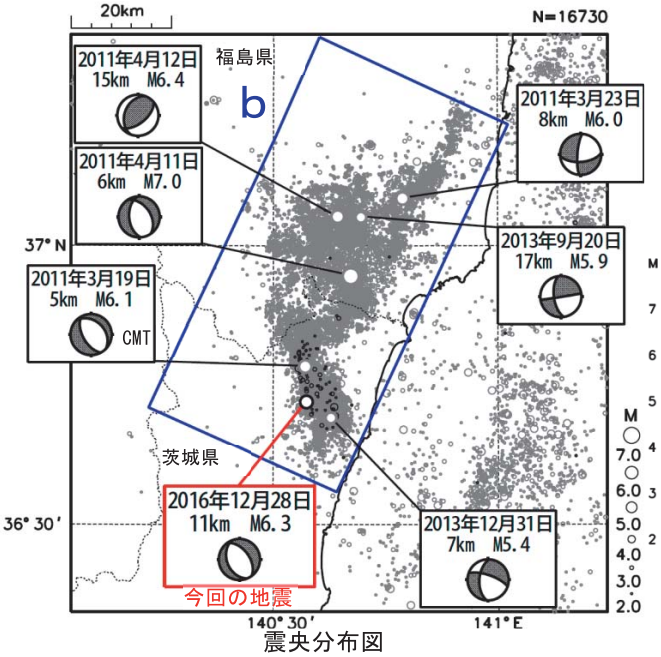
領域ａ内のＭ－Ｔ図及び回数積算図

第5図(a)　2016年12月28日からの茨城県北部の地震活動
Fig.5(a)　Seismic activity in northern part of Ibaraki Prefecture from December 28, 2016.

イ．最近の地震活動

1997 年 10 月以降の活動をみると、福島県浜通りから茨城県北部にかけての地殻内（領域ｂ）では、東北地方太平洋沖地震の発生後に地震活動が活発化し、2011 年 4 月 11 日に発生した M7.0 の地震では、死者 4 人等の被害が生じた（被害は総務省消防庁による）。その活動は、全体として低下しているものの、2011 年以前に比べて活発な状況が継続している。

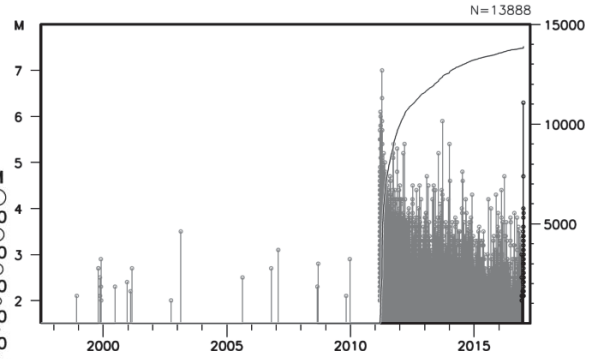
今回の地震の震央付近では、東北地方太平洋沖地震の発生以降、M4.0 以上の地震がしばしば発生しており、2011 年 3 月 19 日には、M6.1 の地震（最大震度 5 強）が発生している。



震央分布図

（1997 年 10 月 1 日～2016 年 12 月 31 日、深さ 0～30km、M≧2.0）

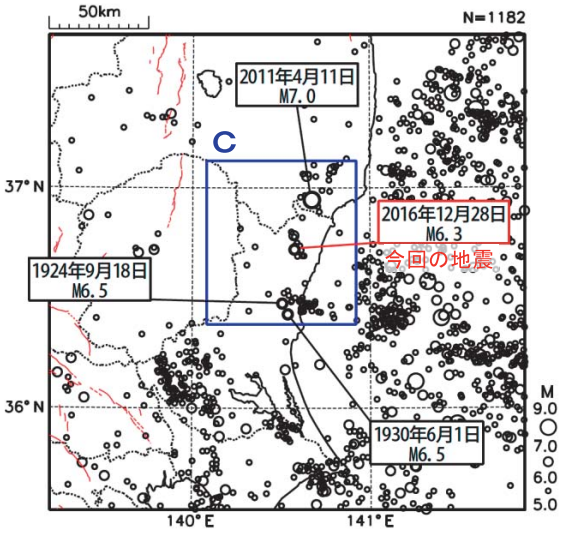
2016 年 12 月の地震を濃く表示



領域ｂ内のＭ－Ｔ図及び回数積算図

ウ．過去の地震活動

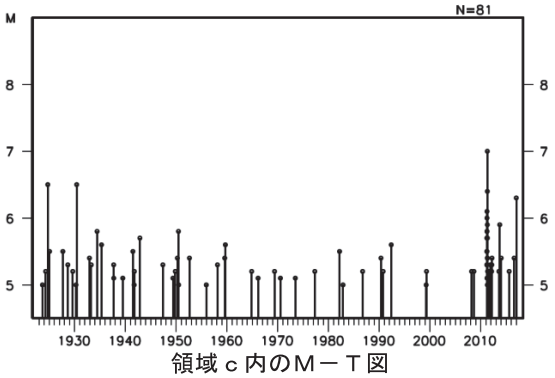
1923 年 1 月以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺（領域ｃ）では、M5.0 以上の地震が度々発生しており、このうち、1930 年 6 月 1 日に発生した M6.5 の地震（最大震度 5）では、がけ崩れ、煙突倒壊などの被害が生じた（「日本被害地震総覧」による）。なお、地震調査研究推進本部が長期評価を行っている主要な活断層は近くにはない。



震央分布図

（1923 年 1 月 1 日～2016 年 12 月 31 日、深さ 0～150km、M≧5.0）

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



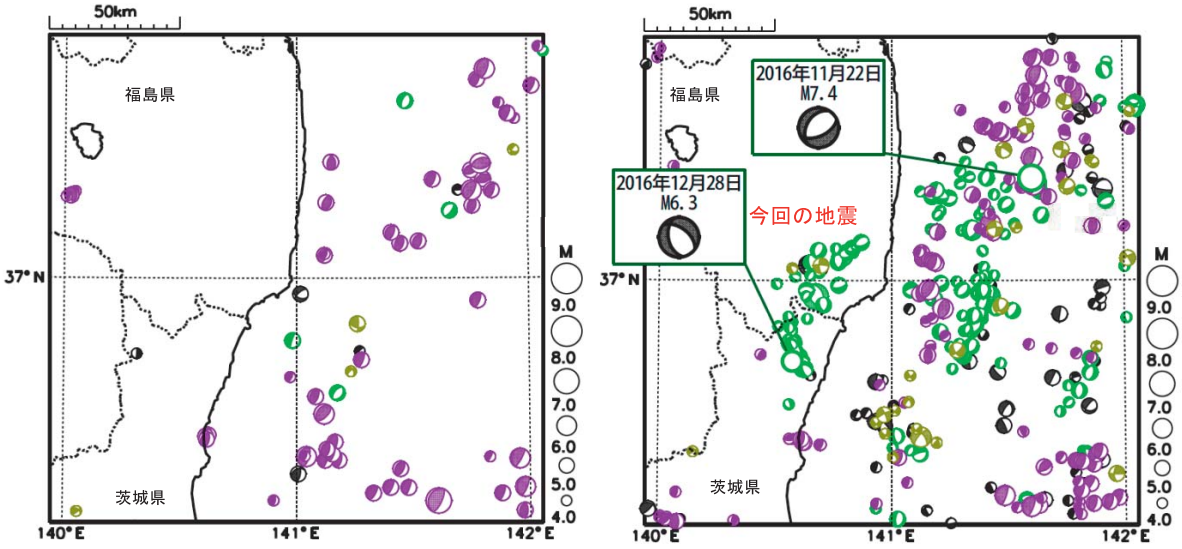
領域ｃ内のＭ－Ｔ図

第5図(b)　つづき

Fig.5(b)　Continued.

エ．発震機構

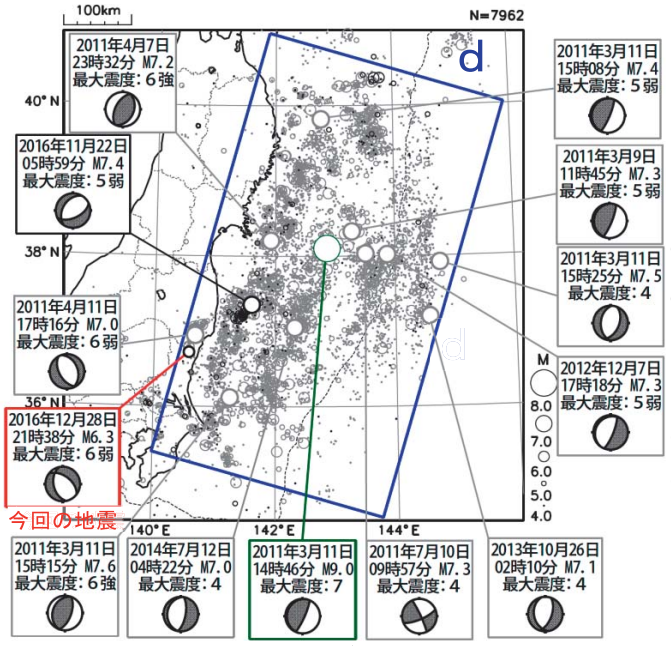
今回の地震の震央付近では、東北地方太平洋沖地震発生前は、震央周辺で逆断層型の地震が主体であった。東北地方太平洋沖地震の発生以降は震央付近では正断層型の地震が多く発生するようになり、震央周辺でも比較的多く発生するようになっている。今回の地震及び 2016 年 11 月 22 日に福島県沖で発生した M7.4 の地震はともに正断層型である。



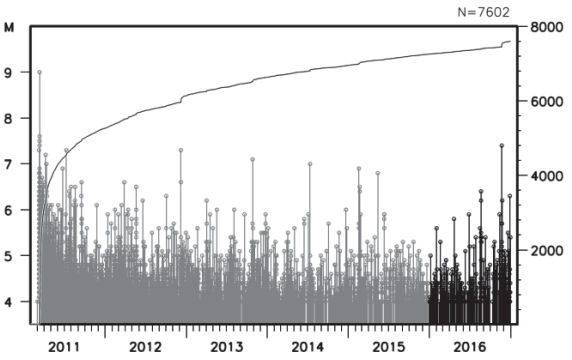
発震機構（CMT 解）分布図
（期間は左：1994 年 1 月 1 日～東北地方太平洋沖地震発生前、
右：東北地方太平洋沖地震～2016 年 12 月 31 日、０～100km、M≧4.0）
逆断層型の地震を紫、正断層型の地震を緑、横ずれ断層型の地震を黄、その他の地震を黒で表示した。

オ．東北地方太平洋沖地震の余震活動

2011 年 3 月 11 日に発生した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ているものの、余震域（領域ｄ）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。最近では、2016 年 11 月 22 日に福島県沖で M7.4 の地震（最大震度５弱）が発生し、宮城県の仙台港で 144cm の津波を観測した。今後も長期間にわたって、余震域や内陸を含むその周辺で規模の大きな地震が発生し、強い揺れや高い津波に見舞われる可能性がある。



震央分布図
（2011 年３月１日～2016 年 12 月 31 日、深さすべて、M≧4.0）
2016 年の地震を濃く表示。図中の発震機構は CMT 解。

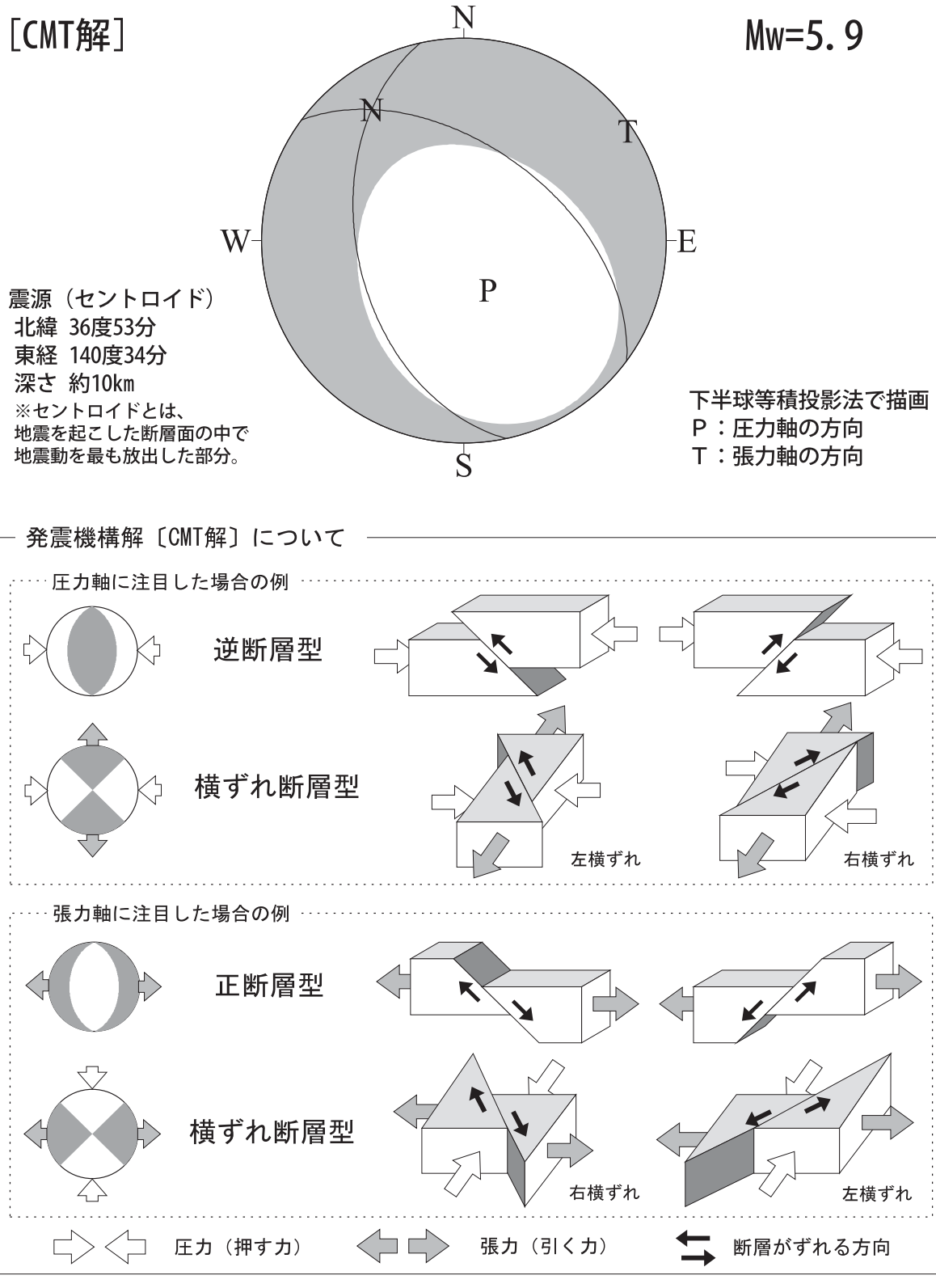


領域ｄ内のＭ－Ｔ図及び回数積算図

第5図(c)　つづき
Fig.5(c)　Continued.

平成28年12月28日21時38分の地震の発震機構解 CMT解

北東－南西方向に張力軸を持つ正断層型

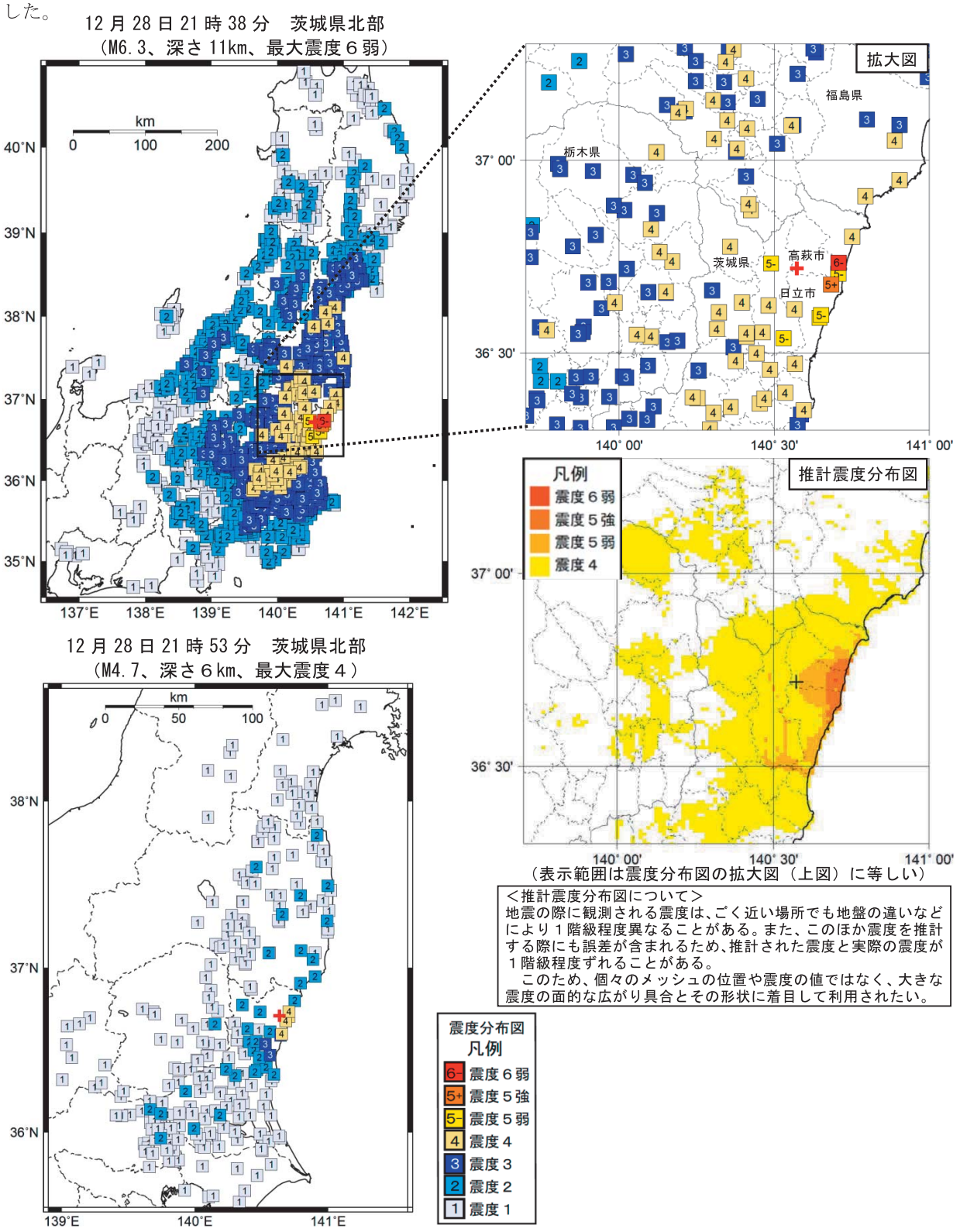


第5図(d)　つづき
Fig.5(d)　Continued.

（３）震度と加速度

ア．震度分布

最大規模の地震である12月28日21時38分の地震により震央付近の茨城県高萩市で震度６弱、茨城県日立市で震度５強の揺れを観測した。また、28日21時53分に発生したM4.7の地震で最大震度４を観測した。



（表示範囲は震度分布図の拡大図（上図）に等しい）

＜推計震度分布図について＞
地震の際に観測される震度は、ごく近い場所でも地盤の違いなどにより１階級程度異なることがある。また、このほか震度を推計する際にも誤差が含まれるため、推計された震度と実際の震度が１階級程度ずれることがある。
　このため、個々のメッシュの位置や震度の値ではなく、大きな震度の面的な広がり具合とその形状に着目して利用されたい。

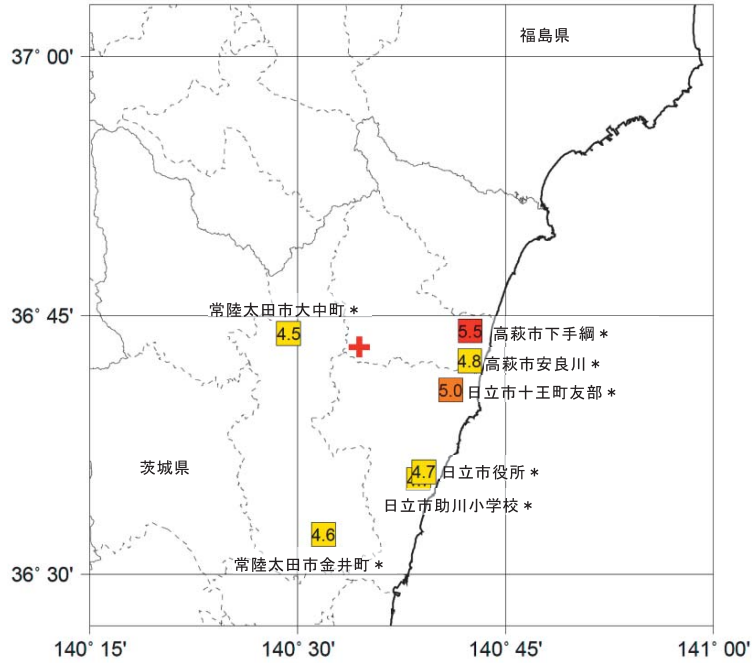
2 月 28 日 21 時 38 分に発生した茨城県北部の地震（M6.3、深さ 11km、最大震度６弱）及び 21 時 53 分に発生した茨城県北部の地震（M4.7、深さ６km、最大震度４）の震度分布図（＋印は震央を表す）。

第5図(e)　つづき

Fig.5(e)　Continued.

イ．計測震度、加速度

最大規模の地震により震度５弱以上を観測した震度観測点の計測震度および最大加速度を以下に示す。



12 月 28 日 21 時 38 分に発生した茨城県北部の地震の計測震度（4.5 以上、＋印は震央を表す）

観測点名の＊印は、地方公共団体または国立研究開発法人防災科学技術研究所の震度観測点を示す。

28 日 21 時 38 分（M6.3）の計測震度および最大加速度（震度５弱以上）

都道府県	市区町村	観測点名	震度	計測震度	最大加速度(gal = cm/s/s)				震央距離(km)
					合成	南北成分	東西成分	上下成分	
茨城県	高萩市	高萩市下手綱＊	6弱	5.5	353.6	306.5	287.2	205.3	12.2
茨城県	日立市	日立市十王町友部＊	5強	5.0	506.5	379.7	456.0	461.6	11.3
茨城県	高萩市	高萩市安良川＊	5弱	4.8	283.8	268.0	271.5	111.3	12.3
茨城県	日立市	日立市助川小学校＊	5弱	4.7	563.3	353.4	538.2	231.1	16.1
茨城県	日立市	日立市役所＊	5弱	4.7	280.3	186.4	225.7	98.8	15.6
茨城県	常陸太田市	常陸太田市金井町＊	5弱	4.6	93.9	92.9	84.9	51.9	20.9
茨城県	常陸太田市	常陸太田市大中町＊	5弱	4.5	253.3	172.1	217.3	159.9	7.4

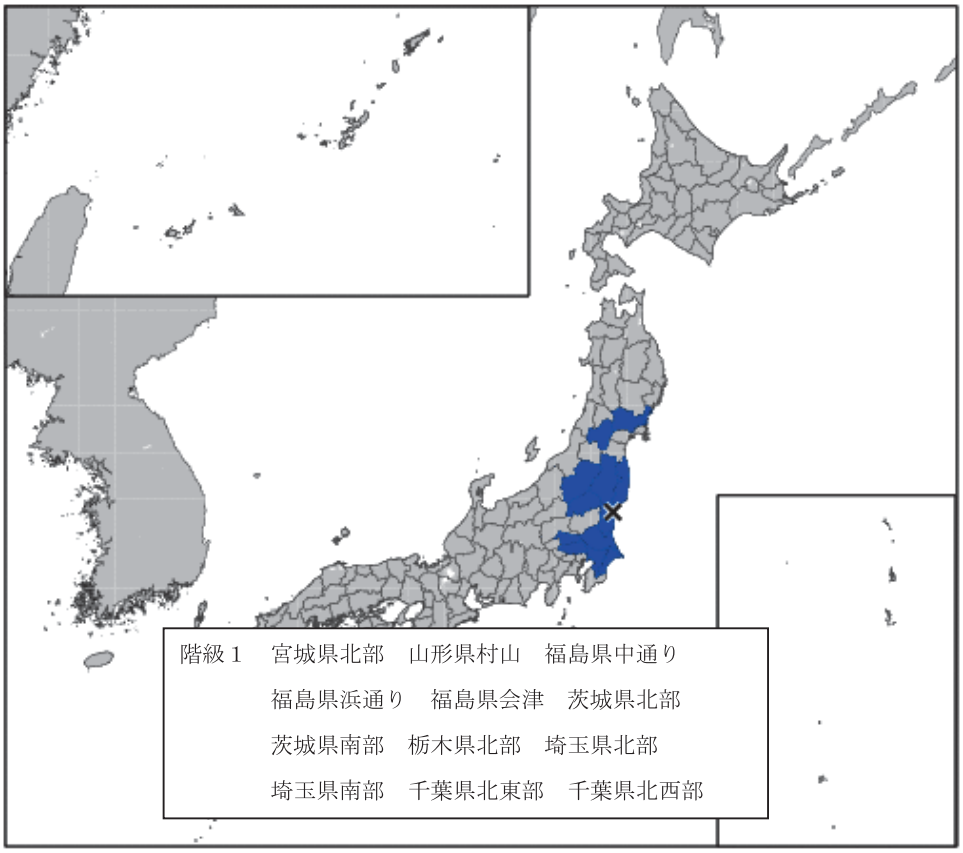
観測点名の＊印は、地方公共団体または国立研究開発法人防災科学技術研究所の震度観測点を示す。

第5図(f)　つづき

Fig.5(f)　Continued.

（５）長周期地震動

12 月 28 日 21 時 38 分（M6.3）の地震により、宮城県北部、山形県村山、福島県中通り、福島県浜通り、福島県会津、茨城県北部、茨城県南部、栃木県北部、埼玉県北部、埼玉県南部、千葉県北東部、千葉県北西部で長周期地震動階級１が観測された。



長周期地震動階級１以上が観測された地域

長周期地震動階級関連解説表

長周期地震動階級	人の体感・行動	室内の状況	備考
長周期地震動階級１	室内にいたほとんどの人が揺れを感じる。驚く人もいる。	ブラインドなど吊り下げものが大きく揺れる。	－
長周期地震動階級２	室内で大きな揺れを感じ、物に掴まりたいと感じる。物につかまらないと歩くことが難しいなど、行動に支障を感じる。	キャスター付き什器がわずかに動く。棚にある食器類、書棚の本が落ちることがある。	－
長周期地震動階級３	立っていることが困難になる。	キャスター付き什器が大きく動く。固定していない家具が移動することがあり、不安定なものは倒れることがある。	間仕切壁などにひび割れ・亀裂が入ることがある。
長周期地震動階級４	立っていることができず、はわないと動くことができない。揺れにほんろうされる。	キャスター付き什器が大きく動き、転倒するものがある。固定していない家具の大半が移動し、倒れるものもある。	間仕切壁などにひび割れ・亀裂が多くなる。

※長周期地震動階級に関する詳細は、気象庁ホームページ「長周期地震動階級および長周期地震動階級関連解説表について」
http://www.data.jma.go.jp/svd/eew/data/ltpgm_explain/about_level.html
を参照。

第5図(g)　つづき
Fig.5(g)　Continued.

2016 年 12 月 28 日　茨城県北部の地震
－　近地強震波形による震源過程解析（暫定）－

2016 年 12 月 28 日 21 時 38 分（日本時間）に茨城県北部で発生した地震（M_{JMA}6.3）について、国立研究開発法人防災科学技術研究所の強震観測網（K-NET、KiK-net）及び気象庁震度計の近地強震波形を用いた震源過程解析を行った。

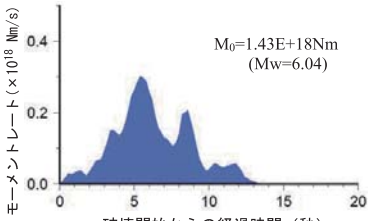
破壊開始点は、DD 法（Waldhauser and Ellsworth 2000）により決定した震源を断層面上に乗るように移動した位置（36° 43.3′ N、140° 34.1′ E、深さ 11km）とした。断層面は、DD 法により決定した地震分布に整合的な節面（走向 156°、傾斜 50°）を仮定して解析した。最大破壊伝播速度は 2.6km/s とした。理論波形の計算には、Koketsu et al. (2012)の結果を参考に設定した地下構造モデルを用いた。

主な結果は以下のとおり（この結果は暫定であり、今後更新することがある）。

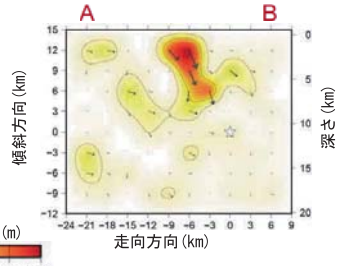
・主なすべりは破壊開始点の北側浅い領域に広がり、最大すべり量は 0.3m であった（周辺の構造から剛性率を 31GPa として計算）。
・主な破壊継続時間は約 15 秒であった。
・モーメントマグニチュード(Mw)は 6. 0 であった。

結果の見方は、http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/sourceprocess/about_srcproc.html を参照。

震源時間関数

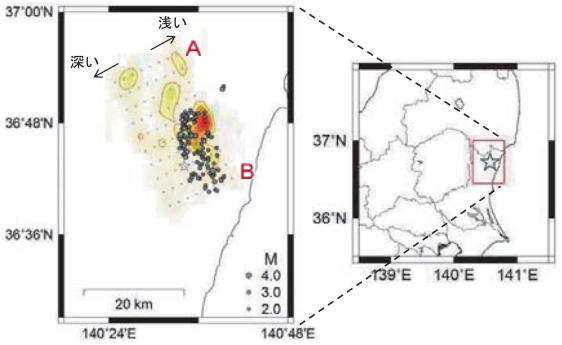


断層面上でのすべり量分布



星印は破壊開始点、矢印は下盤側に対する上盤側の動きを表す。

地図上に投影したすべり量分布

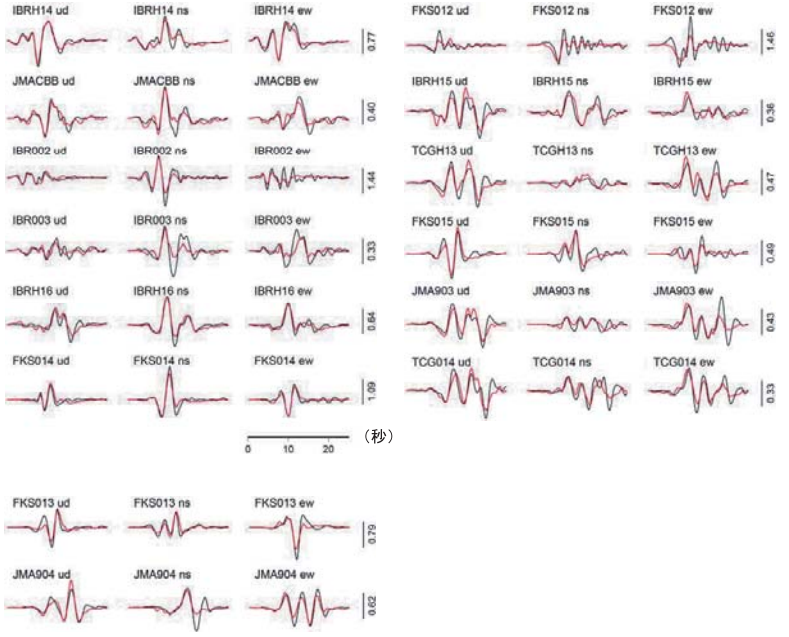


星印は破壊開始点を示す。灰色の丸は、DD 法により決定した、この地震の発生後 1 日以内（M2. 0 以上）の地震を示す。

解析に用いたメカニズム解

断層面の設定に用いた節面（走向 156°、傾斜 50°、すべり角 -59°）を赤線で示す。走向、傾斜は DD 法により決定した地震分布に整合的な値、すべり角は気象庁 CMT 解を参考に仮定した。

観測波形（黒：0. 05Hz-0. 2Hz）と理論波形（赤）の比較



残差　0.2965　　振幅の単位は cm/s

観測点分布

謝辞　国立研究開発法人防災科学技術研究所の強震観測網（K-NET、KiK-net）を使用しました。

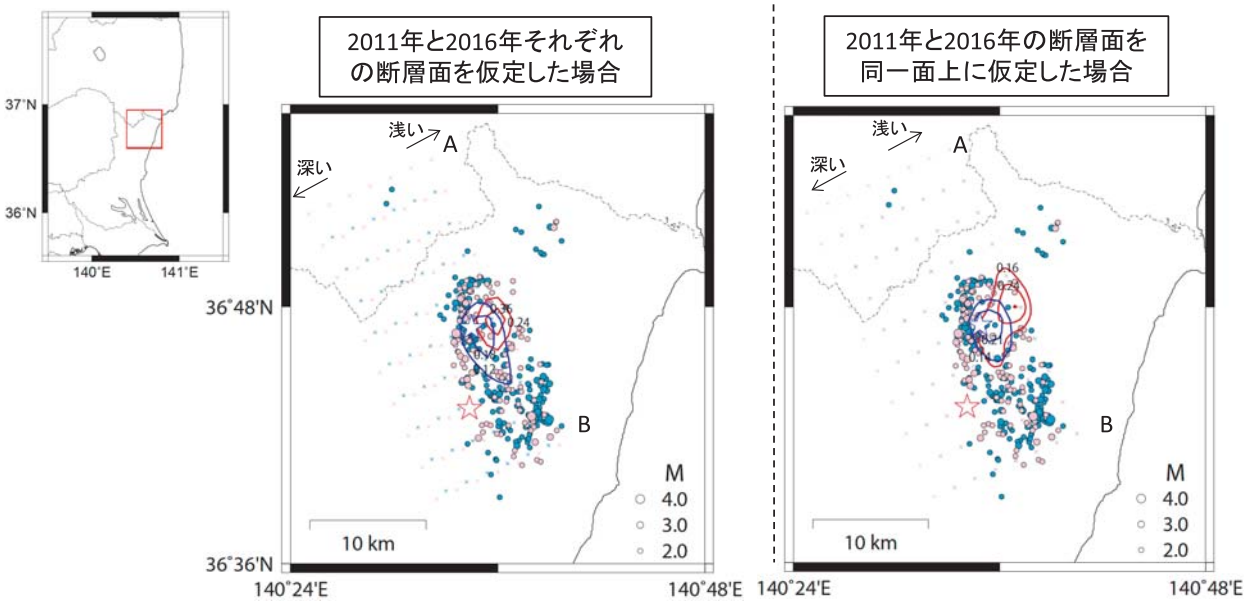
参考文献

Koketsu, K., H. Miyake and H. Suzuki, Japan Integrated Velocity Structure Model Version 1, paper no. 1773. Paper Presented at the 15th World Conference on Earthquake Engineering, International Association for Earthquake Engineering, Lisbon, 24-28 Sept. 2012.

Waldhauser, F. and W.L. Ellsworth, A double-difference earthquake location algorithm: Method and application to the northern Hayward fault, Bull. Seismol. Soc. Am., 90, 1353-1368, 2000.

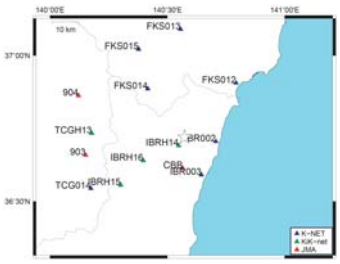
第5図(h)　つづき
Fig.5(h)　Continued.

2016年12月28日　茨城県北部の地震
ー　近地強震波形による震源過程解析（解析結果の比較）ー



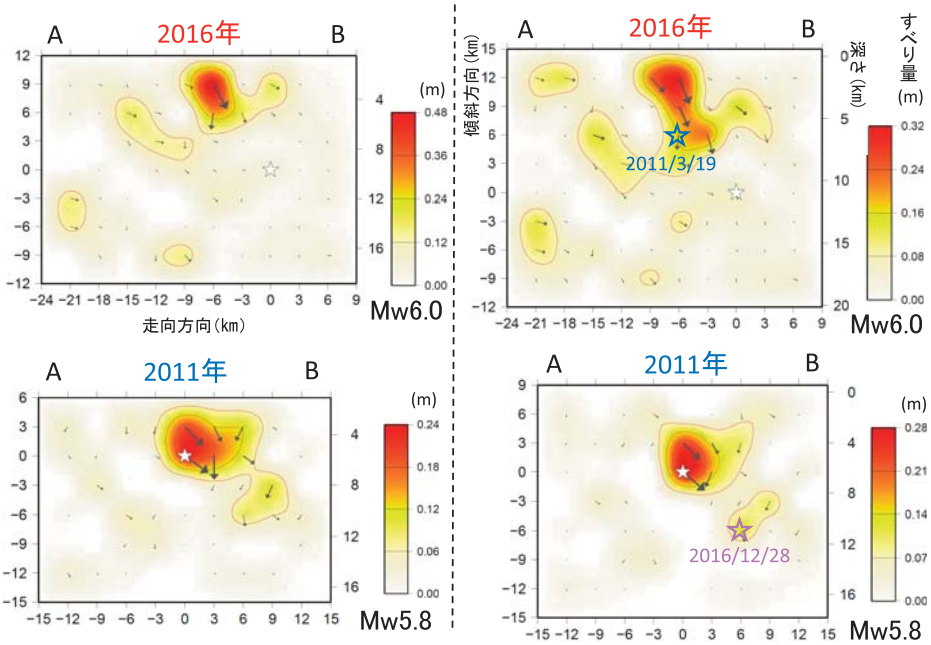
地図上に投影したすべり量分布

コンターはすべり量の等値線（2011年：青、2016年：赤）、☆は破壊開始点（2011年：☆、2016年：☆）、〇はそれぞれの地震が発生してから24時間以内のDD法で再決定した地震活動（2011年：●、2016年：●）を示す。



解析に用いた観測点分布

国立研究開発法人防災科学技術研究所、気象庁の観測点を使用。



断層面上のすべり量分布

☆は破壊開始点、矢印は下盤側に対する上盤側の動き。

＜解析に用いたパラメータ等＞

- 断層面の走向、傾斜はDD法により再決定した地震活動分布より設定。ともに（走向、傾斜）=（156°、50°）。
- 断層面の位置は、（左図）各々の破壊開始点を通るように設定、（右図）各々の破壊開始点を同一の断層面上にあるように移動して設定。
- 小断層の間隔は3km
- 破壊伝播速度は（2011年）2.4km/s、（2016年）2.6km/s。
- 解析周波数帯は0.05～0.20Hz
- 同一観測点を使用。
- スムージングはABIC最小（時間、空間）=（10、1）。

2011年と2016年のすべり量が最大の小断層は隣接している。また、すべり量が大きい領域では地震が少ない。

ただし、解析パラメータを変えると、すべり量が大きい領域が小断層1個ぶん程度ずれるなど不確定性が大きい。

第5図(i)　つづき

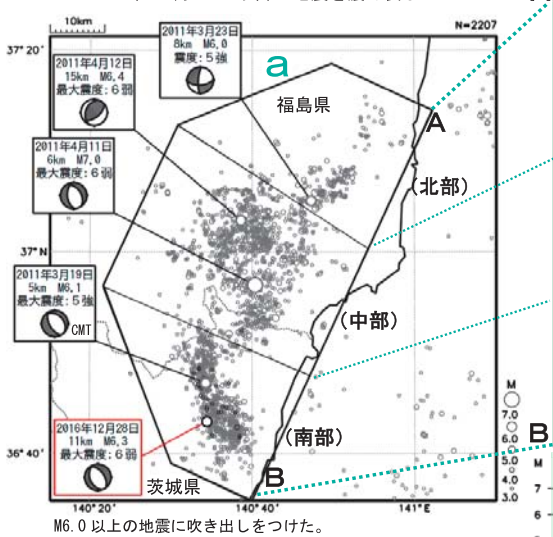
Fig.5(i)　Continued.

福島県浜通りから茨城県北部の地震活動

福島県浜通りから茨城県北部にかけての地殻内（領域ａ）で「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」の発生直後から始まった地震活動は、消長を繰り返し徐々に低下しているものの、2011 年以前に比べ活発な状況が継続している。

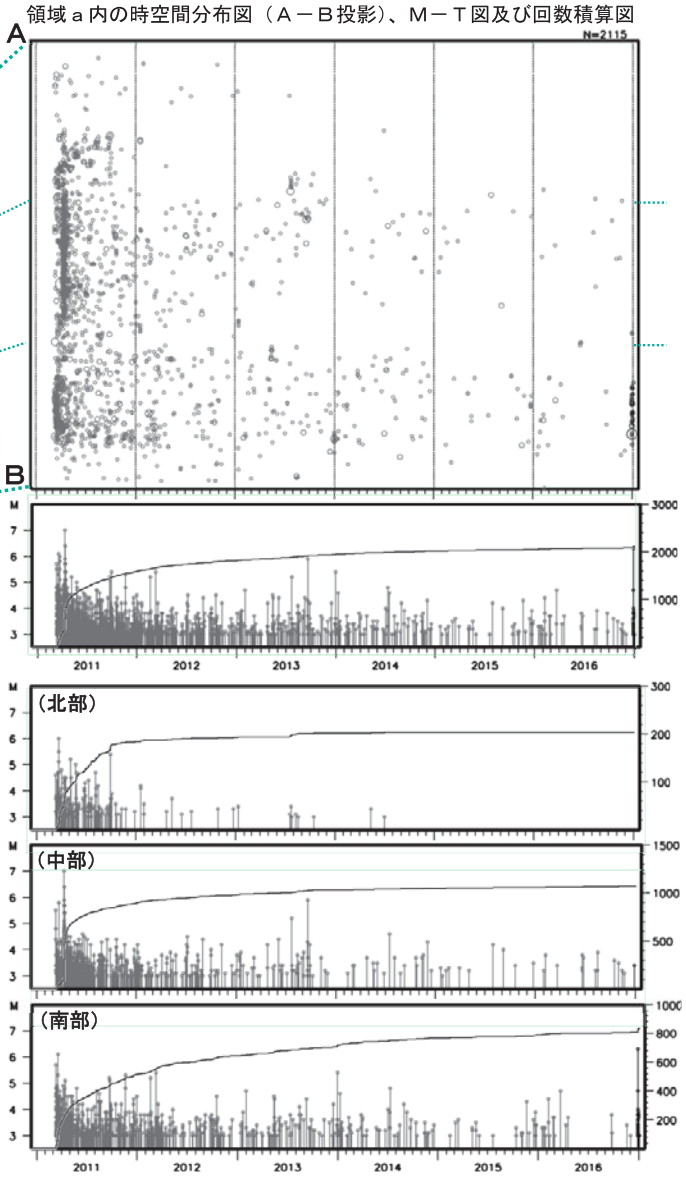
領域ａ内の M3.0 以上の地震活動をみると、北部では 2011 年 10 月以降、地震活動が低調である。中部、南部では、現在も M3.0 を超える地震が発生している。

震央分布図
（2011 年１月～2017 年１月３日、深さ０～20km、M≧3.0）
2016 年 12 月 28 日以降の地震を濃く表示

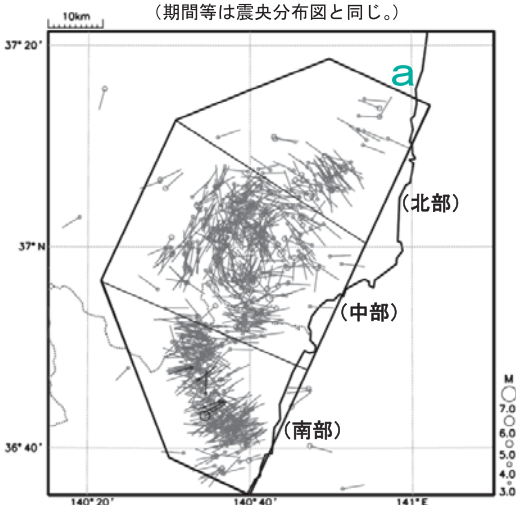


M6.0 以上の地震に吹き出しをつけた。
図中の発震機構は特に記載のないものは初動解。

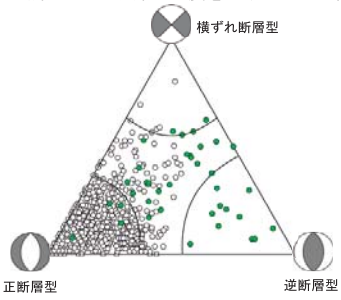
領域ａ内の時空間分布図（Ａ－Ｂ投影）、Ｍ－Ｔ図及び回数積算図



張力軸（初動解）の方位
（期間等は震央分布図と同じ。）

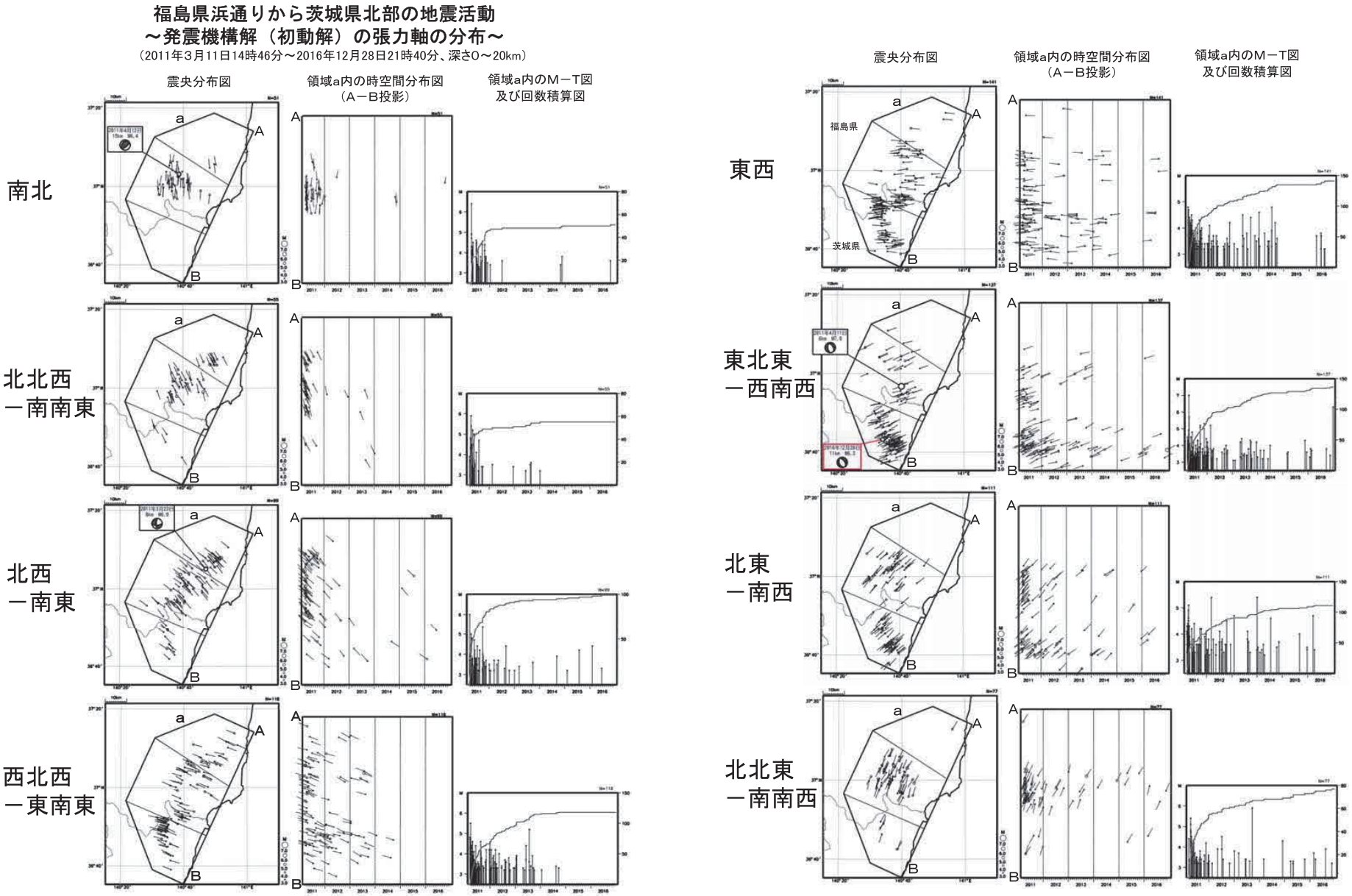


領域ａ内の地震の発震機構（初動解）の型
（深さ 13km 以深の地震を塗りつぶしで表示）



この地震活動で発生している地震の発震機構は、正断層型が多い。張力軸の方向は、北部では概ね北西－南東方向、南部では概ね東北東－西南西方向である。また、中部では深さ 13km から 20km 程度の比較的深い所を中心に逆断層型や横ずれ断層型の発震機構を持つ地震もみられる。

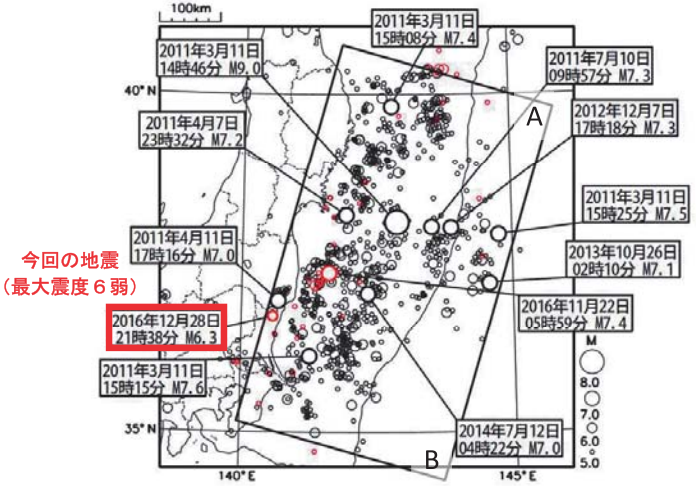
第5図(j)　つづき
Fig.5(j)　Continued.



第5図(k)　つづき
Fig.5(k)　Continued.

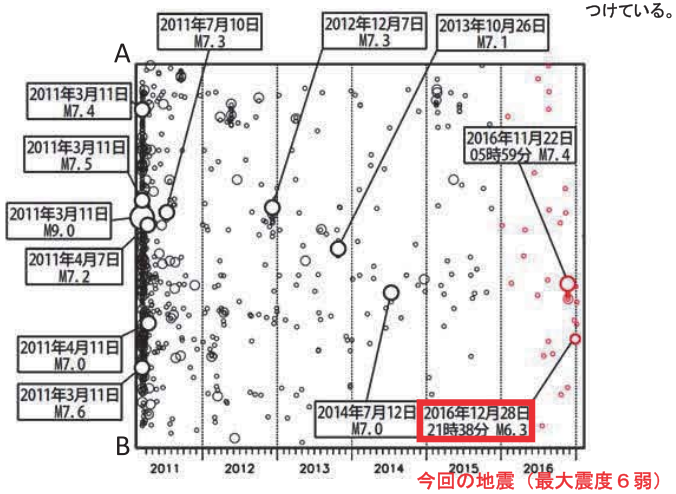
平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震
余震の発生状況

震央分布図
(2011年3月11日12時00分～2017年1月10日24時00分、深さ0～90km、M≧5.0)



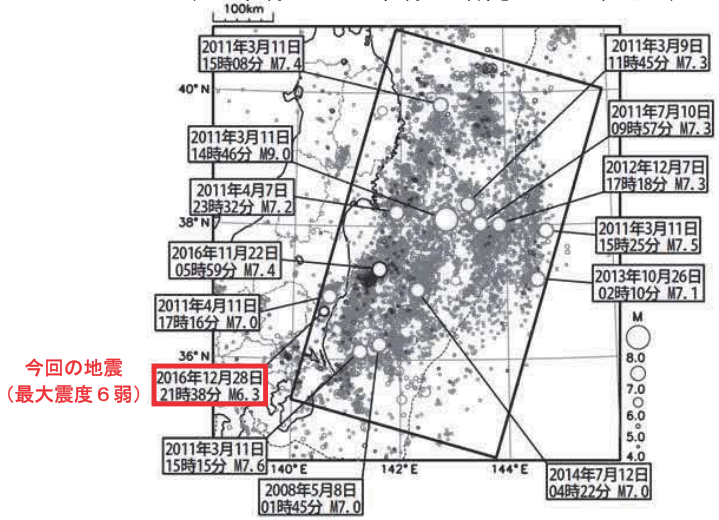
2016年以降の地震を赤、それ以前の地震を黒で表示し、M7.0以上の地震と今回の地震に吹き出しをつけている。

上図矩形内の時空間分布図(A–B投影)



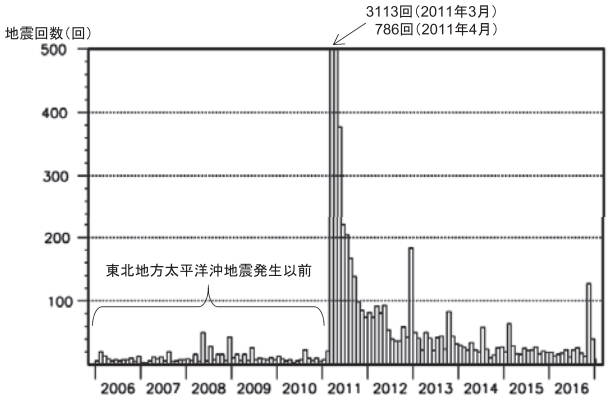
平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震
余震の発生状況

震央分布図
(2006年1月1日～2017年1月10日、深さ0～700km、M≧4.0)



2016年以降の地震を黒、それ以前の地震をグレーで表示し、M7.0以上の地震と今回の地震に吹き出しをつけている。

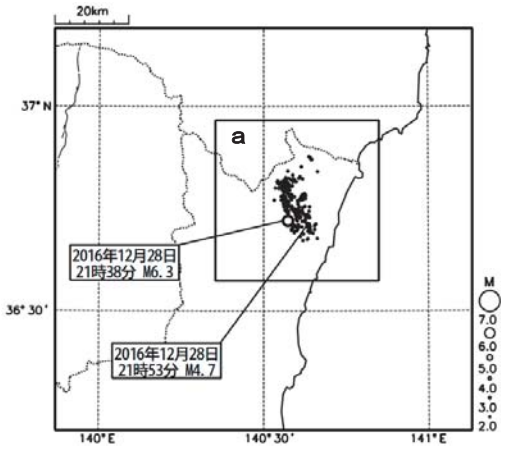
上図矩形内の地震の月別回数グラフ



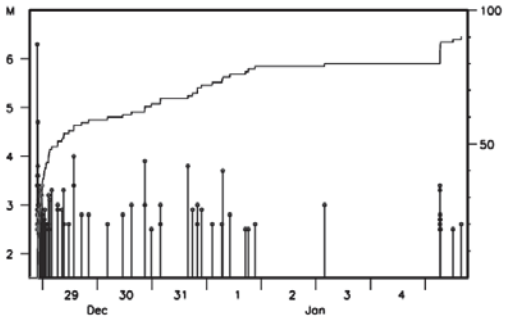
第5図(l)　つづき
Fig.5(l)　Continued.

12月28日茨城県北部の地震（パラメータ、地震発生確率）

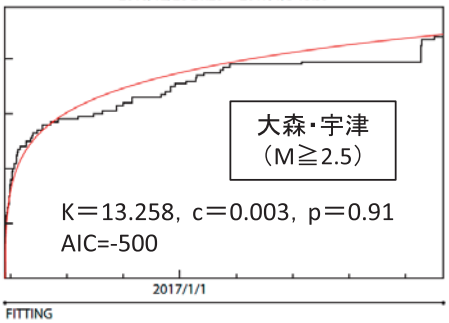
震央分布図
（2016年12月28日21時～2017年1月5日16時、
深さ0～20km、M2.0以上）



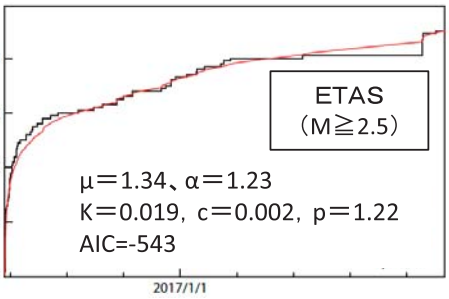
左図領域a内のM-T図



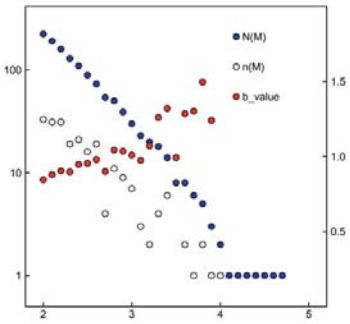
2016/12/28 21:28 - 2017/1/5 15:59



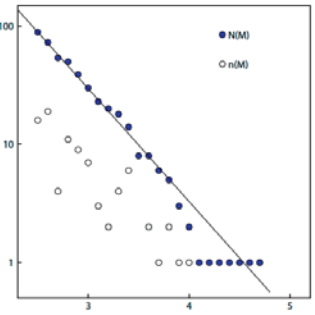
FITTING



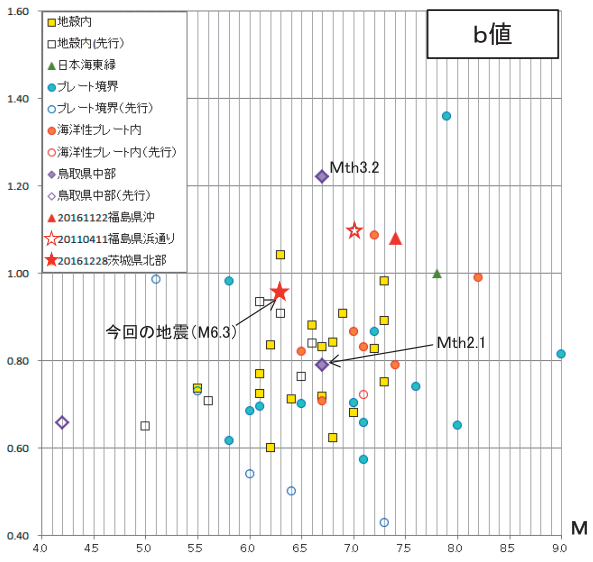
M下限を変化させた
場合のb値

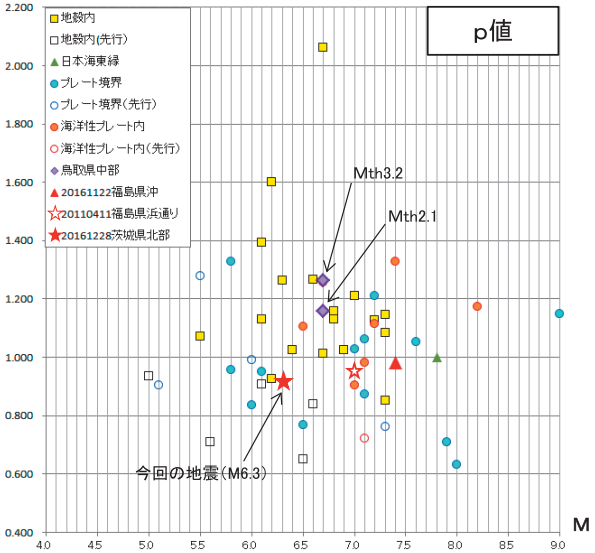


b=0.96 M>=2.5 (sigma_b=0.10)
N=89
AIC=39.635



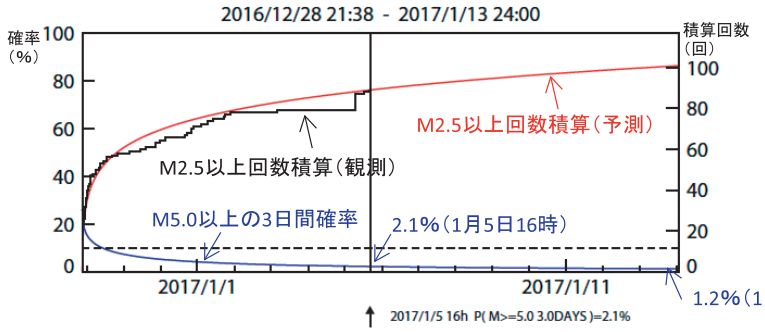
1983年以降の主な地震のｂ値、ｐ値





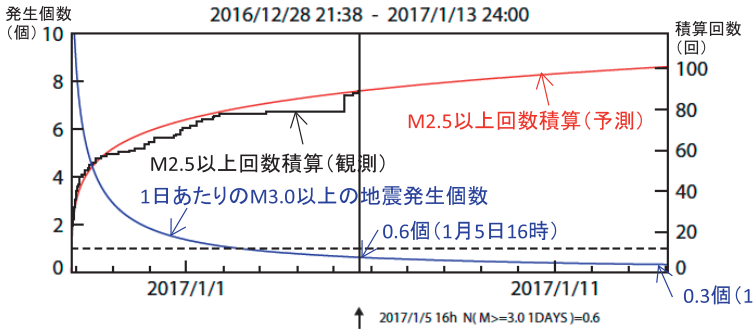
第5図(m)　つづき
Fig.5(m)　Continued.

余震発生確率と回数予測（M2.5以上のデータを基に算出）



余震発生確率（M5.0以上）

- 1月　5日16時から3日間　2.1%
- 1月13日16時から3日間　1.2%
- 2月　9日16時から3日間　0.5%

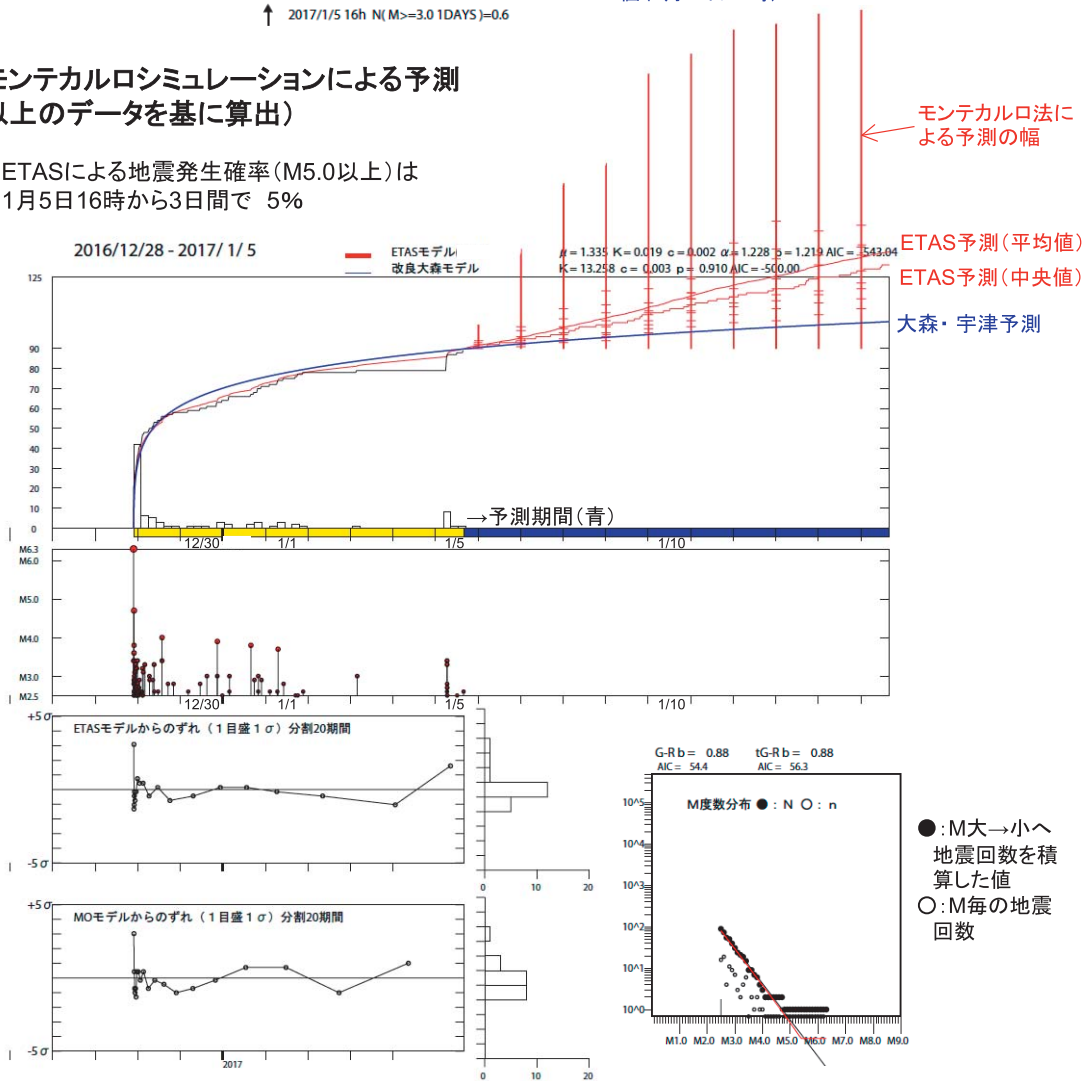


1日あたりのM3.0以上の平均発生個数

- 1月　5日16時時点　0.6個
- 1月13日16時時点　0.3個
- 2月　9日16時時点　0.1個

ETASモンテカルロシミュレーションによる予測（M2.5以上のデータを基に算出）

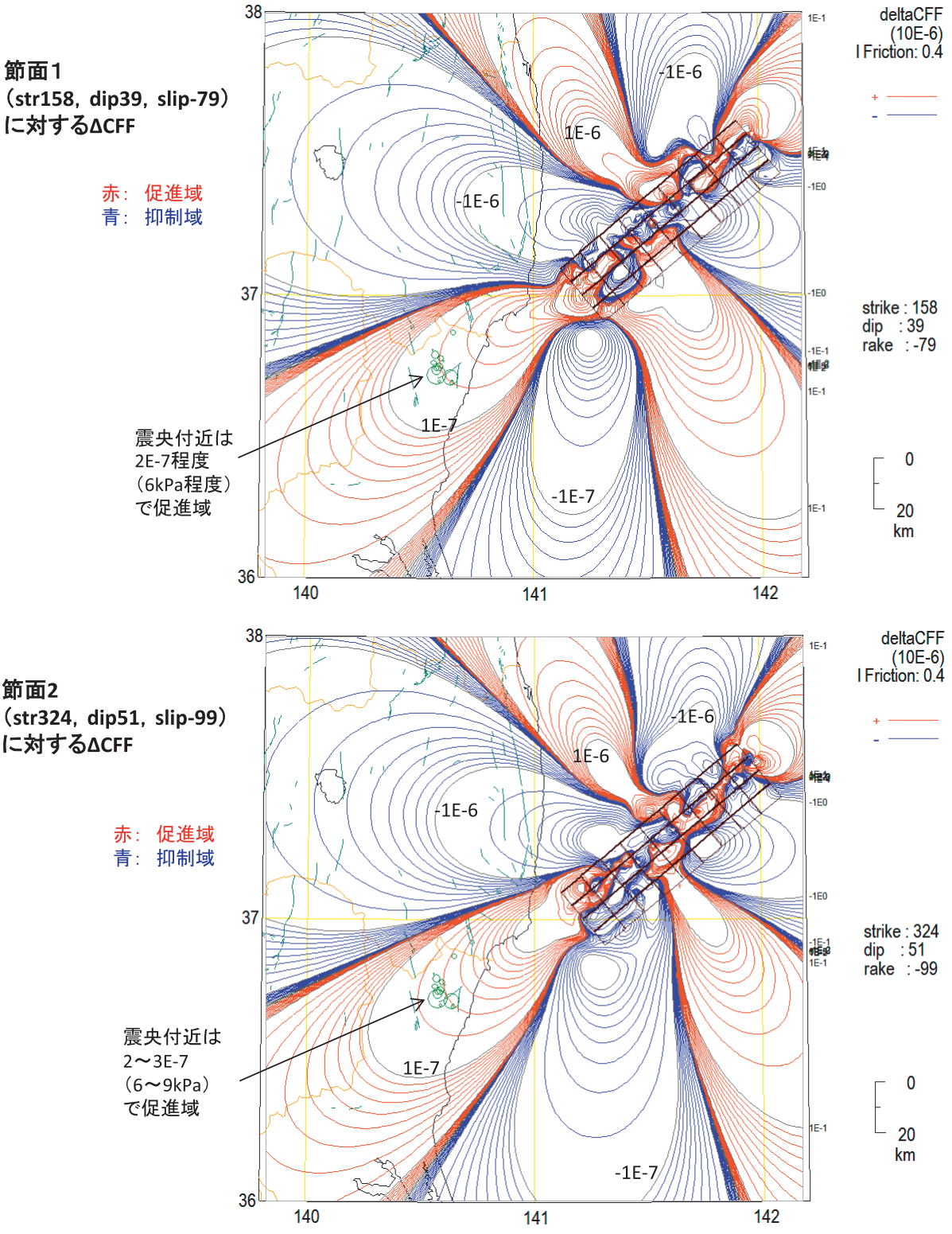
ETASによる地震発生確率（M5.0以上）は
1月5日16時から3日間で　5%



第5図(n)　つづき
Fig.5(n)　Continued.

11月22日福島県沖の地震（Mj7.4）による静的応力変化（ΔCFF）

入力断層パラメータは、福島県沖の地震の遠地実体波による震源過程解析で得られた断層モデル（http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/sourceprocess/event/20161122055946 89far.pdf）を使用。受け手の断層パラメータは、12/28茨城県北部の地震（深さ11km）の気象庁初動解の以下2面とし、内部摩擦係数0.4、剛性率30GPaを仮定し、MICAP-G（内藤・吉川（1999））を使用して計算した。

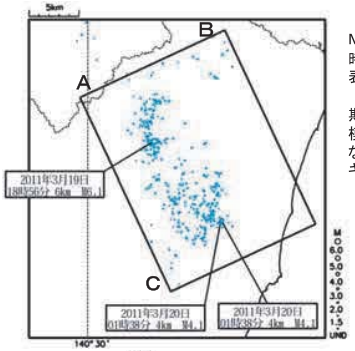


緑丸は茨城県北部の地震のM3以上の震央（28日21時～29日07時）。緑線は新編日本の活断層による断層トレース。

第5図(o)　つづき
Fig.5(o)　Continued.

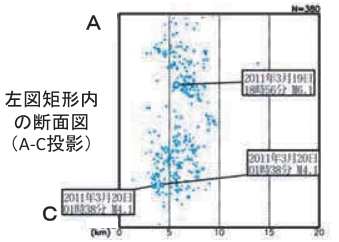
茨城県北部の地震（DD法による再決定震源の分布比較）

震央分布図（2011年3月19日18時56分～
20日18時55分、M全て、深さ20km以浅）

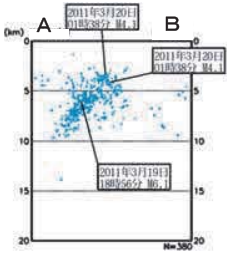


M6.1の地震後24時間以内の震源を表示。

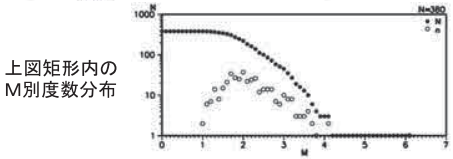
期間中の最大規模と2番目に大きな規模の地震にフキダシをつけた。



左図矩形内の断面図（A-C投影）

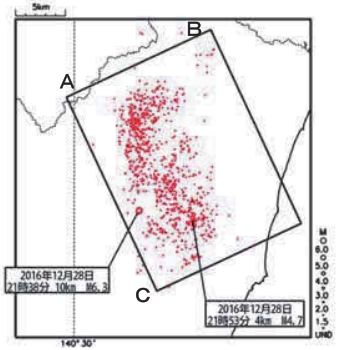


左図矩形内の断面図（A-B投影）



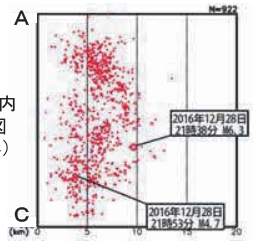
上図矩形内のM別度数分布

震央分布図（2016年12月28日21時38分～
29日21時37分、M全て、深さ20km以浅）

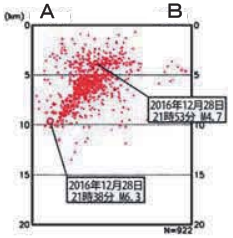


M6.3の地震後24時間以内の震源を表示。

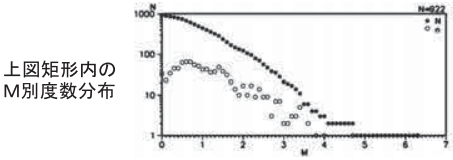
期間中の最大規模と2番目に大きな規模の地震にフキダシをつけた。



左図矩形内の断面図（A-C投影）



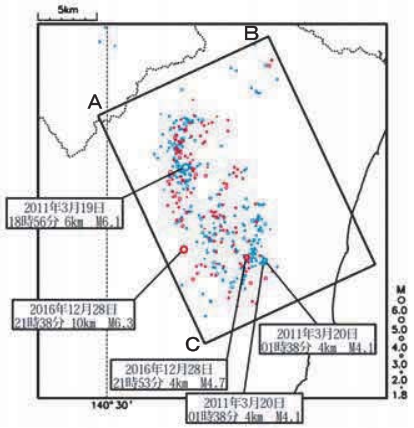
左図矩形内の断面図（A-B投影）



上図矩形内のM別度数分布

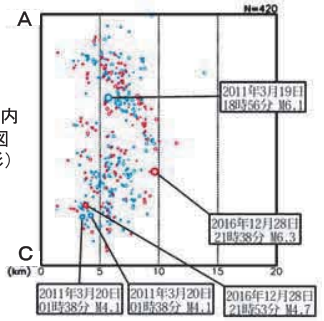
（注）2016年12月28日21時～2017年1月4日はM2.5程度未満で一部未処理のデータがある。

震央分布図（2011年3月19日18時56分～20日18時55分
及び2016年12月28日21時38分～29日21時37分、M≧1.8、
深さ20km以浅）

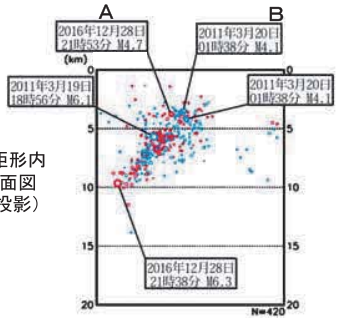


2011年のM6.1及び2016年のM6.3の地震後それぞれ24時間以内の震源を、2011年の震源は青、2016年の震源は赤で表示。

それぞれの期間中の最大規模と2番目に大きな規模の地震にフキダシをつけた。



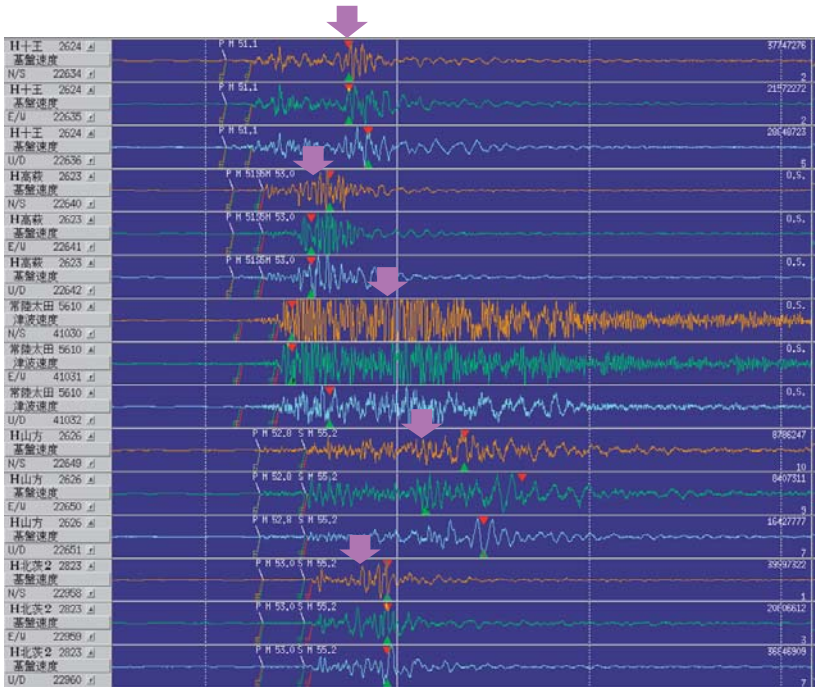
左図矩形内の断面図（A-C投影）



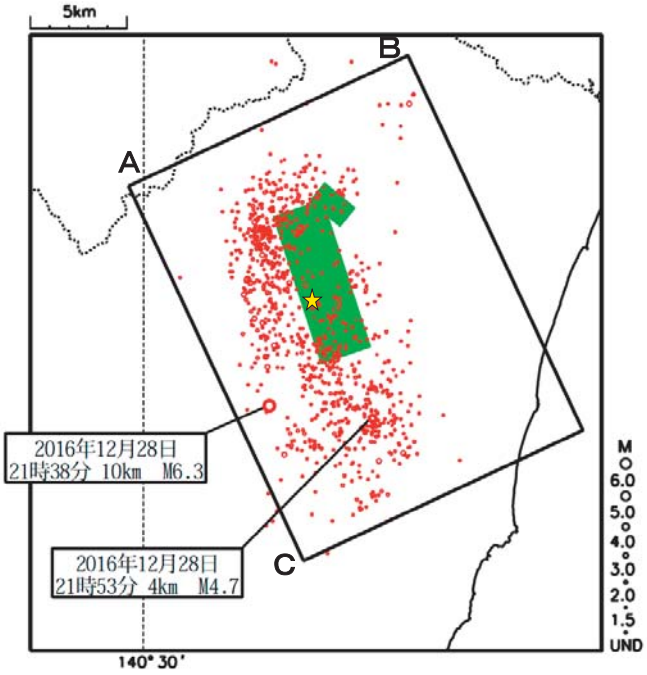
左図矩形内の断面図（A-B投影）

第5図(p)　つづき
Fig.5(p)　Continued.

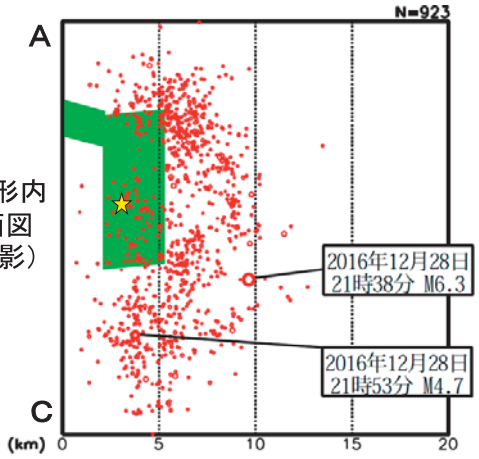
2016年12月28日茨城県北部の地震（波形にみられた2番目のピーク）



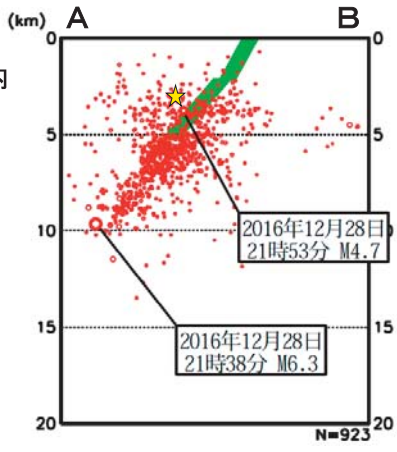
震央分布図（2016年12月28日21時38分～
29日21時37分、M全て、深さ20km以浅）



左図矩形内
の断面図
（A-C投影）



左図矩形内
の断面図
（A-B投影）

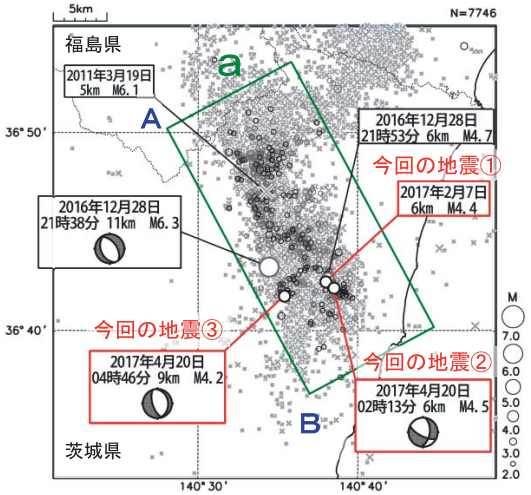


・黄色★は2016年M6.3の波形でみられた2番目のピーク（波形図中の桃色矢印）の立ち上がりをS相と仮定して震源計算した場合の震源位置。
・緑色の矩形は国土地理院による2016年の地震の震源断層モデル（第300回地震調査委員会・国土地理院資料p14）。

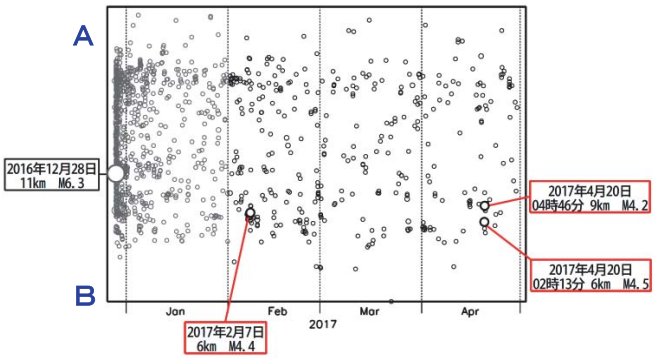
第5図(q)　つづき
Fig.5(q)　Continued.

2016 年 12 月 28 日からの茨城県北部の地震活動

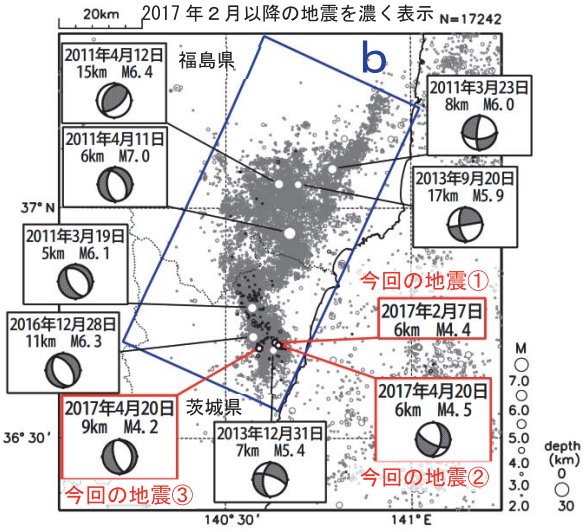
震央分布図
（2011 年１月１日～2017 年４月 30 日、
深さ０～20km、M≧2.0）
2016 年 12 月 27 日までの地震を薄い×で表示
2016 年 12 月 28 日から 2017 年１月 31 日の地震を薄い○で表示
2017 年２月以降の地震を濃い○で表示



領域ａ内の時空間分布図（Ａ－Ｂ投影）
（2016 年 12 月 28 日～2017 年４月 30 日、M≧1.5）



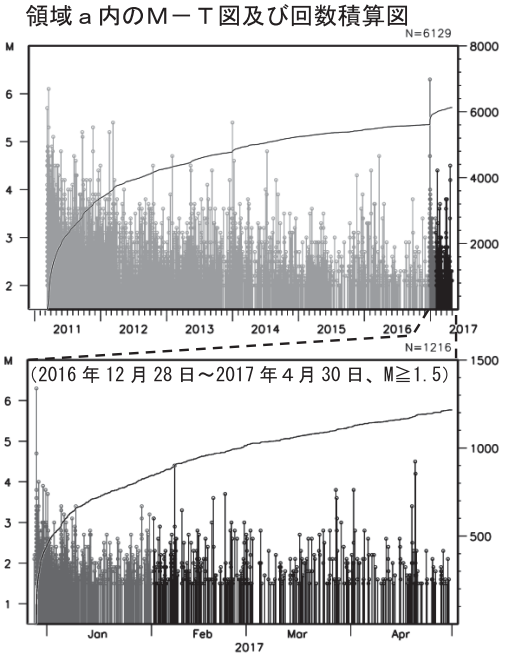
震央分布図
（1997 年 10 月１日～2017 年４月 30 日、
深さ０～30km、M≧2.0）



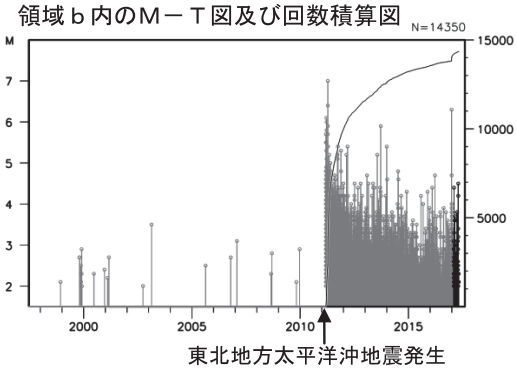
2016 年 12 月 28 日の M6.3 の地震（最大震度６弱）の発生以降にまとまった地震活動がみられている領域（領域ａ）では、期間内（2017 年２月～４月）に M4.0 以上の地震が３回発生するなど、その活動は、減衰しつつも継続している。2017 年２月７日 20 時 03 分に茨城県北部の深さ６km で M4.4 の地震（最大震度３、今回の地震①）、４月 20 日 02 時 13 分に茨城県北部の深さ６km で M4.5 の地震（最大震度４、今回の地震②）、同日 04 時 46 分に茨城県北部の深さ９km で M4.2 の地震（最大震度４、今回の地震③）が発生した。これらの地震は地殻内で発生した。今回の地震②の発震機構は東北東-西南西方向に張力軸を持つ横ずれ断層型で、今回の地震③の発震機構は東北東-西南西方向に張力軸を持つ正断層型であった。これらの地震は、領域ａ内の南側で発生した。

1997 年 10 月以降の活動をみると、福島県浜通りから茨城県北部にかけての地殻内（領域ｂ）では、東北地方太平洋沖地震の発生後に地震活動が活発化しており、全体として低下しているものの、2011 年以前に比べて活発な状況が継続している。

領域ａ内のＭ－Ｔ図及び回数積算図



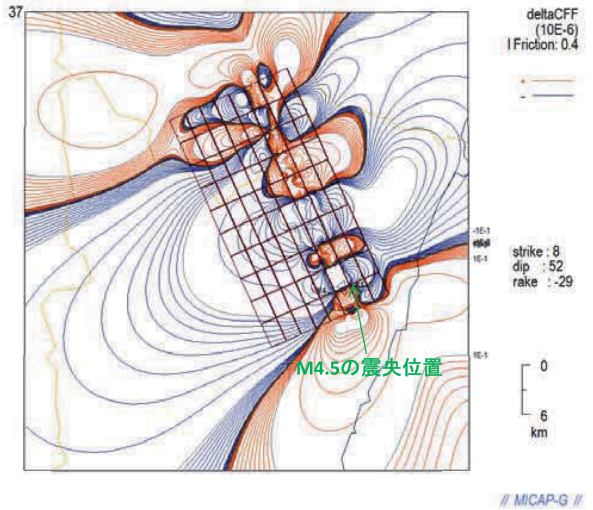
領域ｂ内のＭ－Ｔ図及び回数積算図



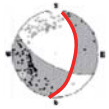
第5図(r)　つづき
Fig.5(r)　Continued.

茨城県北部の地震（M6.3）による静的応力変化（ΔCFF）①

入力ソース：　近地強震波形震源過程解析から求めた茨城県北部の地震（M6.3、Mw5.9）の断層モデル
（下図の矩形断層8×10 個）
深さ6.21km（M4.5の一元化震源の深さ）で計算

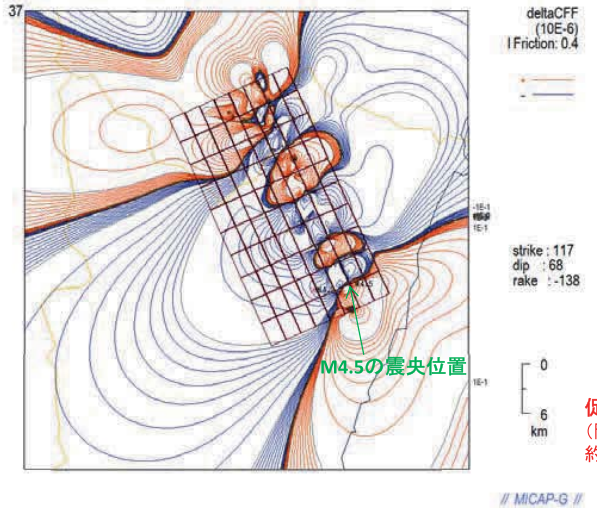


受け手を4月20日茨城県北部の地震（M4.5）の初動解の以下節面とした場合
走向　：　8°
傾斜角　：　52°
すべり角　：　-29°

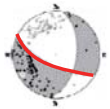


M4.5の震源位置での
ΔCFF＝　-2.0E-6

抑制域



受け手を4月20日茨城県北部の地震（M4.5）の初動解の以下節面とした場合
走向　：　117°
傾斜角　：　68°
すべり角　：-138°

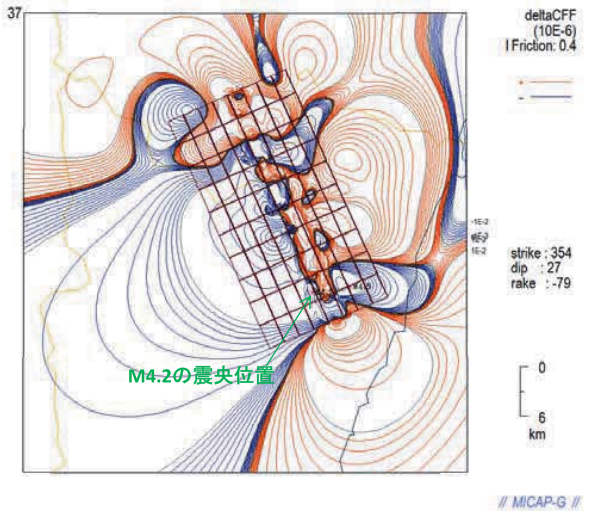


M4.5の震源位置での
ΔCFF＝　+5.8E-6

促進域
（剛性率30GPaで約170kPa＝
約1.7bar：潮汐の影響を超える）

茨城県北部の地震（M6.3）による静的応力変化（ΔCFF）②

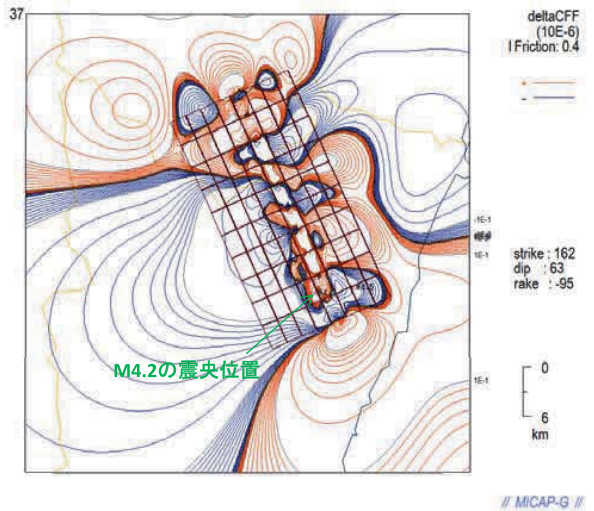
入力ソース：　近地強震波形震源過程解析から求めた茨城県北部の地震（M6.3、Mw5.9）の断層モデル
（下図の矩形断層8×10 個）
深さ8.75km（M4.2の一元化震源の深さ）で計算



受け手を4月20日茨城県北部の地震（M4.2）の初動解の以下節面とした場合
走向　：　354°
傾斜角　：　27°
すべり角　：-　79°

M4.2の震源位置での
ΔCFF＝　-1.5E-6

抑制域



受け手を4月20日茨城県北部の地震（M4.2）の初動解の以下節面とした場合
走向　：　162°
傾斜角　：　63°
すべり角　：-　95°

M4.2の震源位置での
ΔCFF＝　+1.5E-6

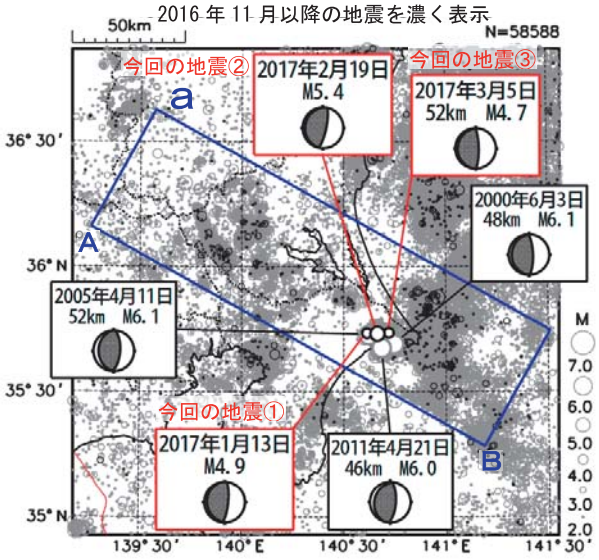
促進域
（剛性率30GPaで45kPa＝
0.45bar：潮汐影響レベルか
それ以上）

第5図(s)　つづき
Fig.5(s)　Continued.

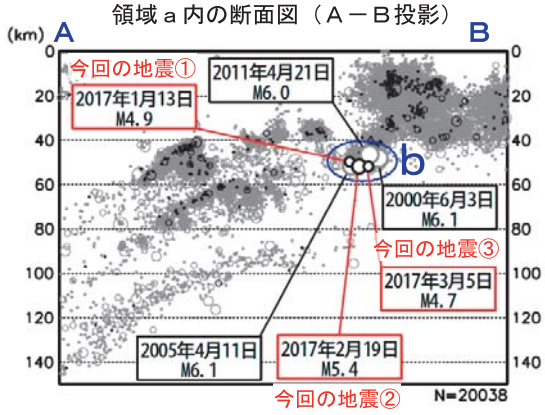
１月 13 日、２月 19 日、３月５日　千葉県北東部の地震

２月 19 日の情報発表に用いた震央地名は〔千葉県東方沖〕である。

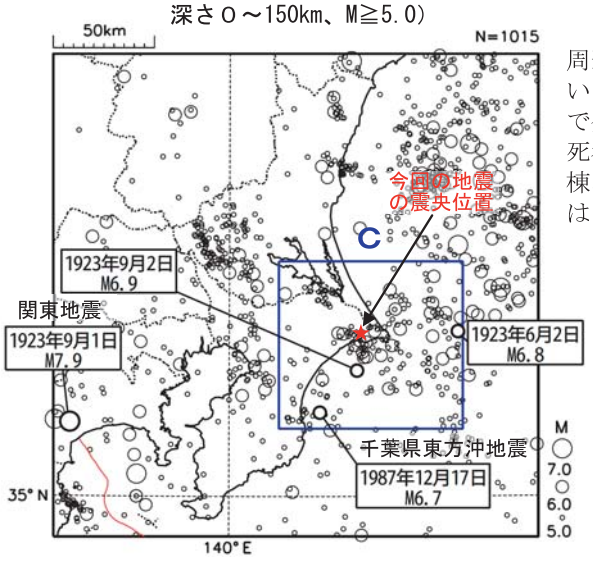
震央分布図
（1997 年 10 月１日～2017 年３月 31 日、
深さ０～150km、M≧2.0）
2016 年 11 月以降の地震を濃く表示



領域ａ内の断面図（Ａ－Ｂ投影）



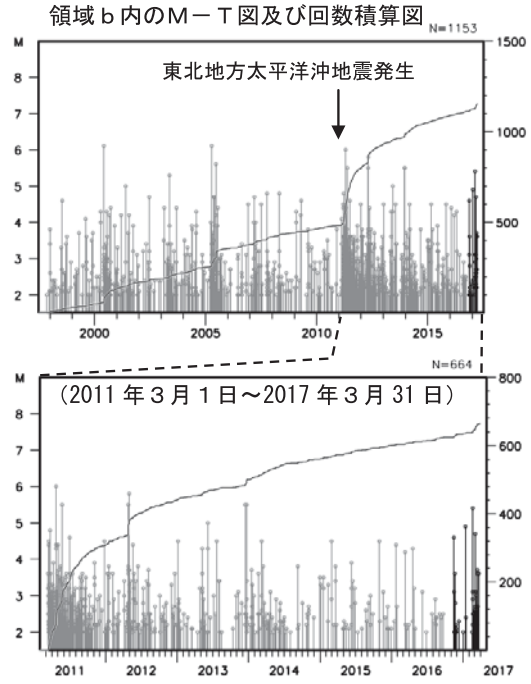
震央分布図
（1923 年１月１日～2017 年３月 31 日、
深さ０～150km、M≧5.0）



2017 年１月 13 日 12 時 25 分に千葉県北東部の深さ 50km で M4.9 の地震（最大震度３、今回の地震①）が、２月 19 日 18 時 19 分に千葉県北東部の深さ 52km で M5.4 の地震（最大震度４、今回の地震②）が、３月５日 10 時 18 分に千葉県北東部の深さ 52km で M4.7 の地震（最大震度３、今回の地震③）が発生した。これらの地震は、発震機構が東西方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートとフィリピン海プレートの境界で発生した。２月 19 日の地震の発生以降、ややまとまった地震活動がみられた。

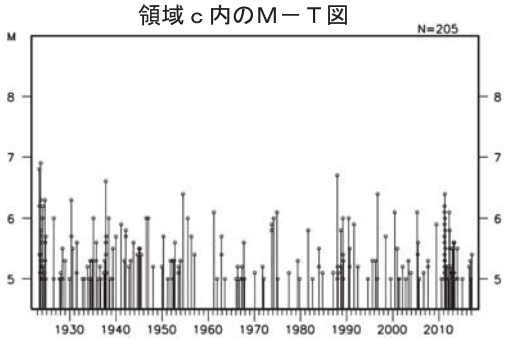
1997 年 10 月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近（領域ｂ）は、Ｍ６程度の地震が時々発生している。東北地方太平洋沖地震の発生以降、地震活動がより活発になっている。

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程度の地震が時々発生している。1987 年 12 月 17 日にフィリピン海プレート内部で発生した千葉県東方沖地震（M6.7、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）。

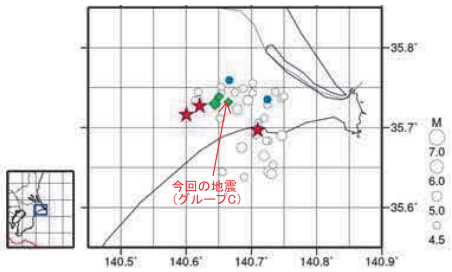
領域ｃ内のＭ－Ｔ図



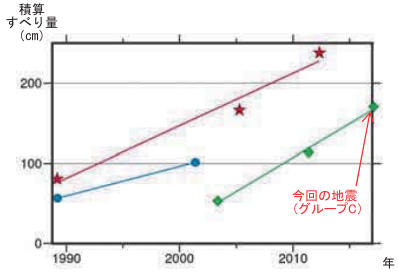
第6図(a)　2017年1月13日，2月19日，3月5日　千葉県北東部の地震
Fig.6(a)　The earthquakes in the northeast of Chiba Prefecture on January 13, Feburuary 19 and March 5, 2017.

２月19日千葉県北東部の地震（相似地震）

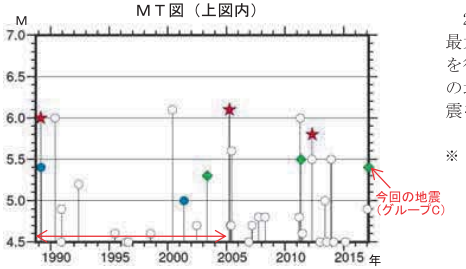
震央分布図（1988年10月～2017年1月、
深さ20～70km、M≧3.0）



積算すべり量図



ＭＴ図（上図内）



赤矢印の期間は波形収集基準と観測点密度の違いが
相似地震検出に影響している可能性がある。

2017年２月17日の千葉県北東部の地震（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（上図の◆：今回の地震を含め、M5.3～5.5の３地震）※。

※　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。なお、本資料のデータは再調査の結果、修正することがある。

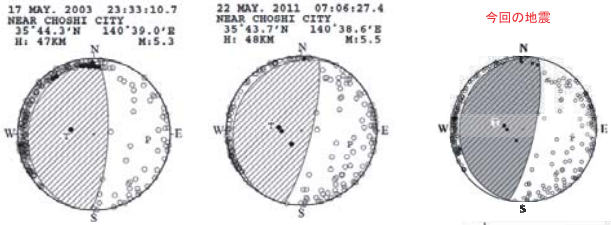
（参考文献）
溜渕功史、中村雅基、山田安之（2014）：全国を対象とした客観的な相似地震の抽出, 気象研究所技術報告, 72, 5-16

●グループ毎の推定年平均すべり量等

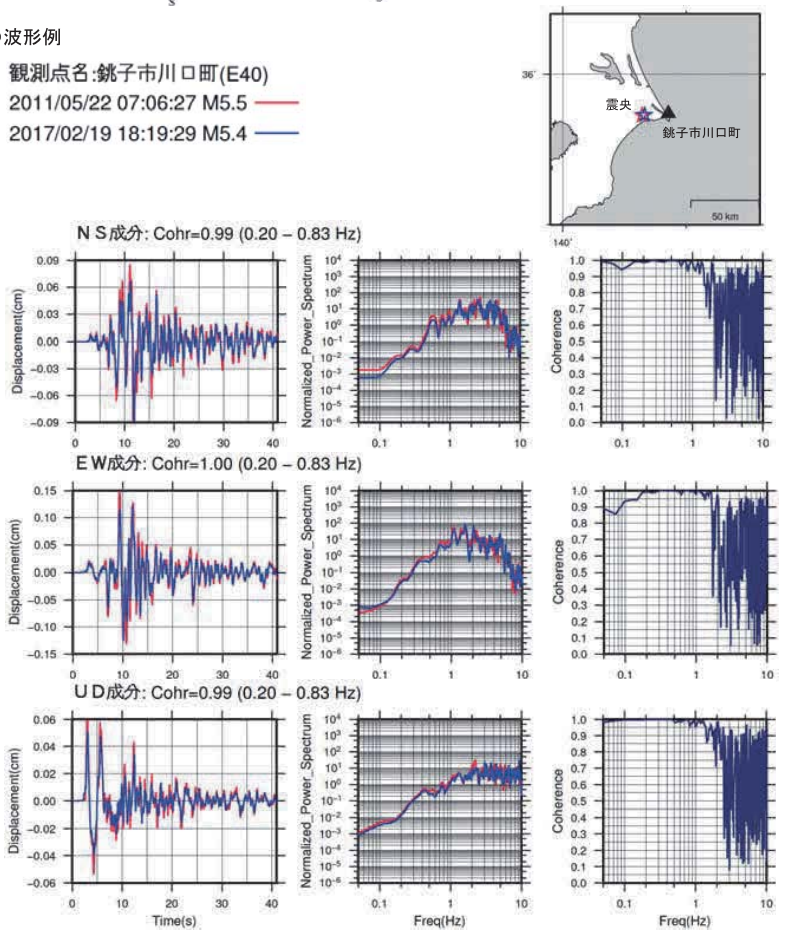
グループ	回数	平均M	震度 最大	震度 最小	発生間隔 平均	発生間隔 最短	発生間隔 最大	平均すべり量 (cm/年)
★A	3	5.97	B	5	11.57	7.05	16.10	6.54
●B	2	5.20	3	3	12.19	12.19	12.19	3.68
今回の地震 → ◆C	3	5.40	4	4	6.88	5.75	8.01	8.43

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Cの地震の初動解



●波形例

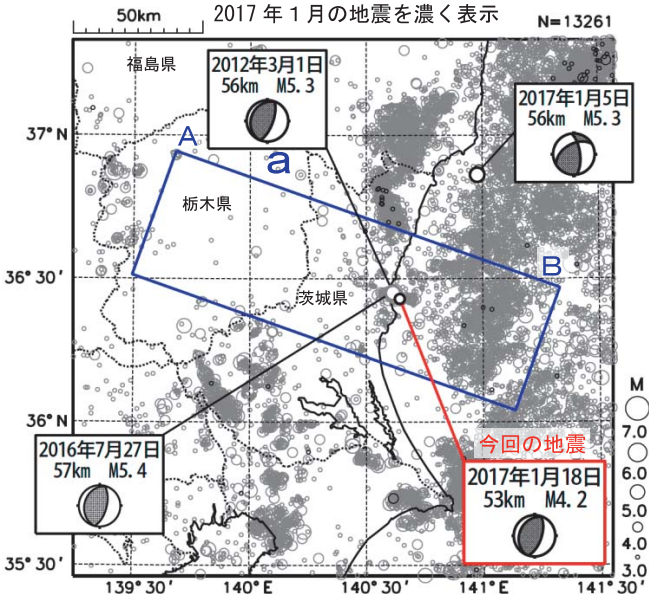


変位波形は加速度記録を気象庁59型地震計相当に変換して求めたもの

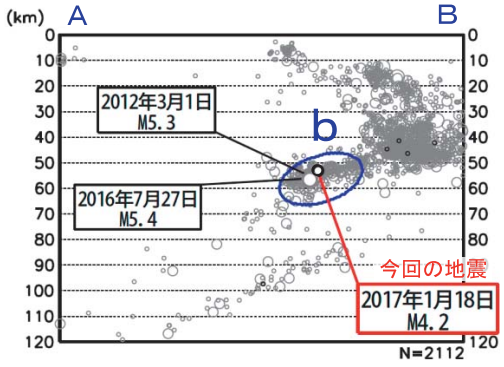
第6図(b)　つづき
Fig.6(b)　Continued.

１月 18 日　茨城県沖の地震

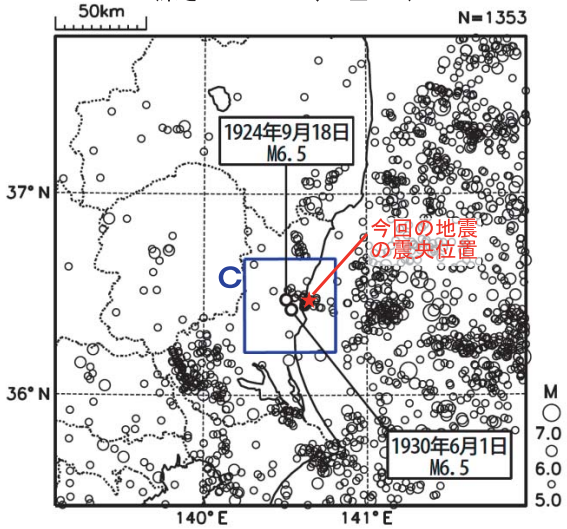
震央分布図
（1997 年 10 月１日～2017 年１月 31 日、
深さ０～120km、M≧3.0）
2017 年１月の地震を濃く表示



領域ａ内の断面図（Ａ－Ｂ投影）



震央分布図
（1923 年１月１日～2017 年１月 31 日、
深さ０～150km、M≧5.0）

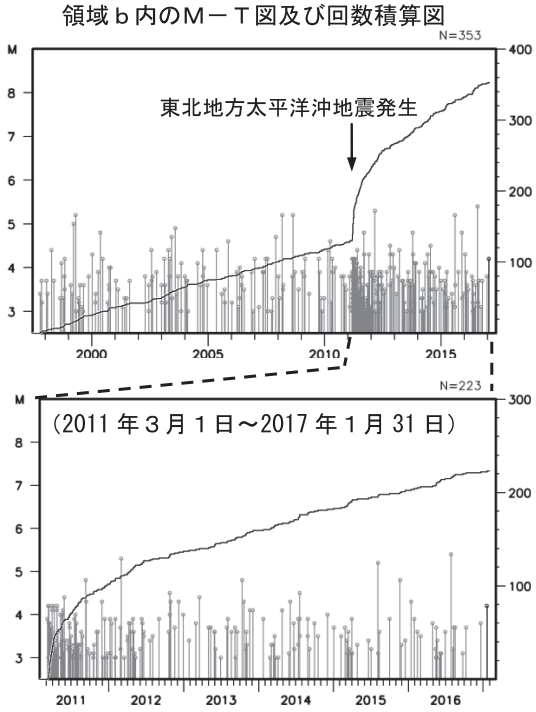


2017 年１月 18 日 17 時 19 分に茨城県沖の深さ 53km で M4.2 の地震（最大震度４）が発生した。この地震は、発震機構が西北西－東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した。

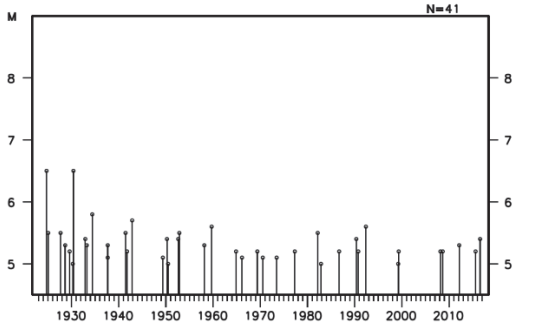
1997 年 10 月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近（領域ｂ）は、Ｍ５程度の地震が時々発生している。「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」の発生以降、活動がより活発になっており、2012 年３月１日には M5.3 の地震、2016 年７月 27 日には M5.4 の地震（ともに最大震度５弱）が発生している。

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、M5.0 以上の地震が度々発生しており、このうち、1930 年６月１日に発生した M6.5 の地震（最大震度５）では、がけ崩れ、煙突倒壊などの被害が生じた（「日本被害地震総覧」による）。

領域ｂ内のＭ－Ｔ図及び回数積算図



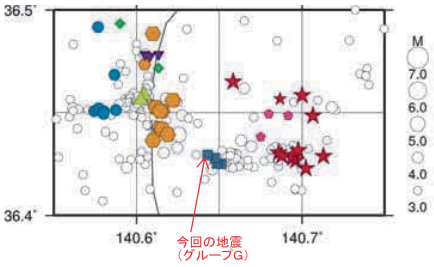
領域ｃ内のＭ－Ｔ図



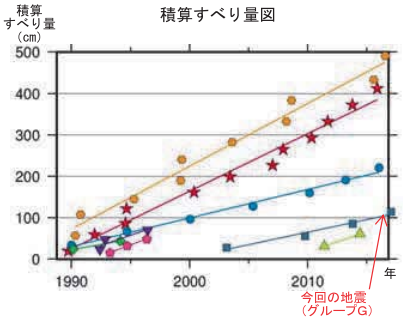
第7図(a)　2017年1月18日　茨城県沖の地震
Fig.7(a)　The earthquake off Ibaraki Prefecture on January 18, 2017.

１月18日茨城県沖の地震（相似地震）

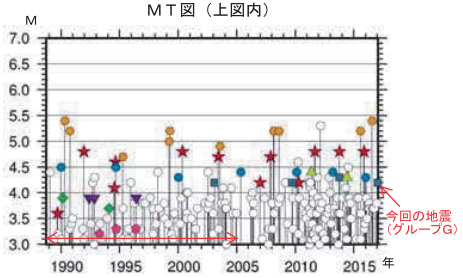
震央分布図（1988年10月～2017年1月、
深さ20～70km、M≧3.0）



積算すべり量図



ＭＴ図（上図内）



赤矢印の期間は波形収集基準と観測点密度の違いが
相似地震検出に影響している可能性がある。

2017年１月18日の茨城県沖の地震（M4.2、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（上図の■：今回の地震を含め、M4.2～4.3の４地震）※。

※　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。なお、2003年の地震のみ観測点１点の比較で検出されている。また、表示した相似地震グループの一部には、複数のグループが含まれている可能性がある。

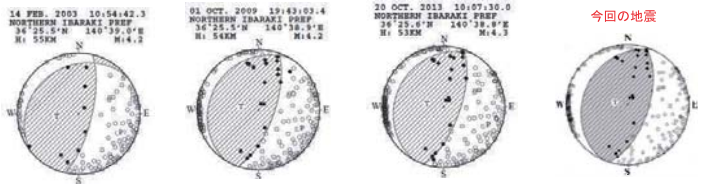
（参考文献）
溜渕功史、中村雅基、山田安之（2014）：全国を対象とした客観的な相似地震の抽出, 気象研究所技術報告, 72, 5-16

●グループ毎の推定年平均すべり量等

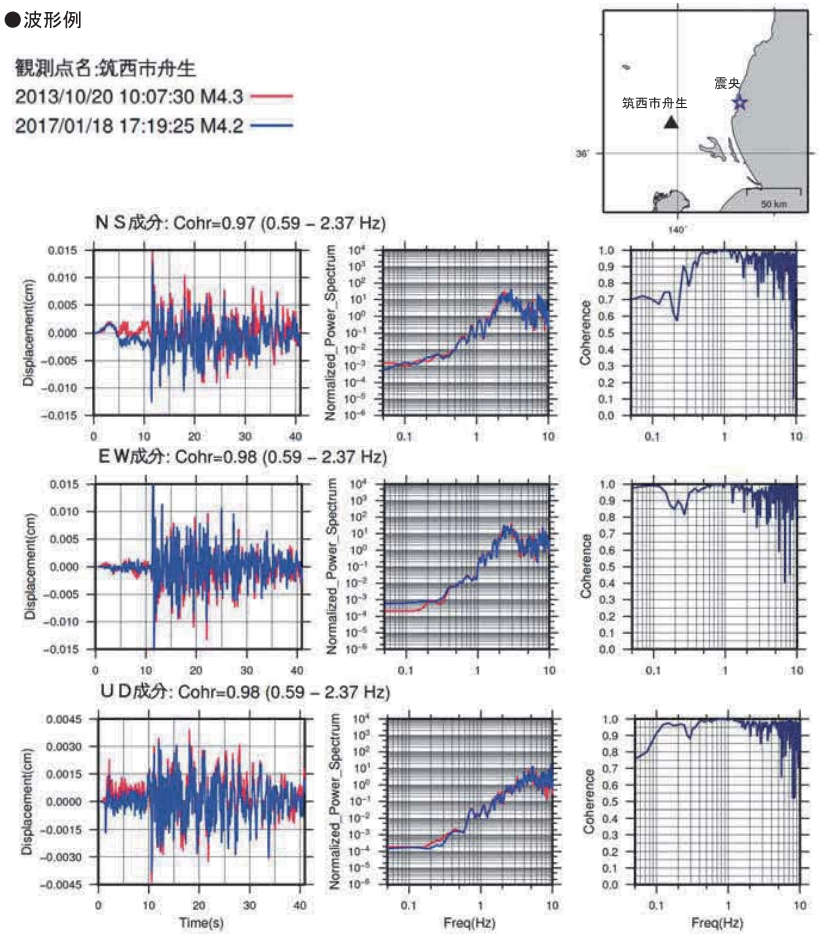
グループ	回数	平均M	震度 最大	震度 最小	発生間隔 平均	発生間隔 最短	発生間隔 最大	平均すべり量 (cm/年)
★A	12	4.51	4	2	2.38	0.09	5.71	13.90
●B	7	4.40	4	3	4.34	2.83	5.35	6.90
◆C	2	3.80	3	2	3.98	3.98	3.98	5.25
●D	10	5.14	A	4	2.91	0.08	6.95	15.14
▼E	3	3.90	3	2	2.02	0.44	3.59	9.70
⬟F	3	3.27	2	2	1.56	1.45	1.66	10.58
■G（今回の地震）	4	4.22	4	3	4.64	3.25	6.63	6.09
▲H	2	4.35	3	3	3.02	3.02	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。

●グループGの地震の初動解



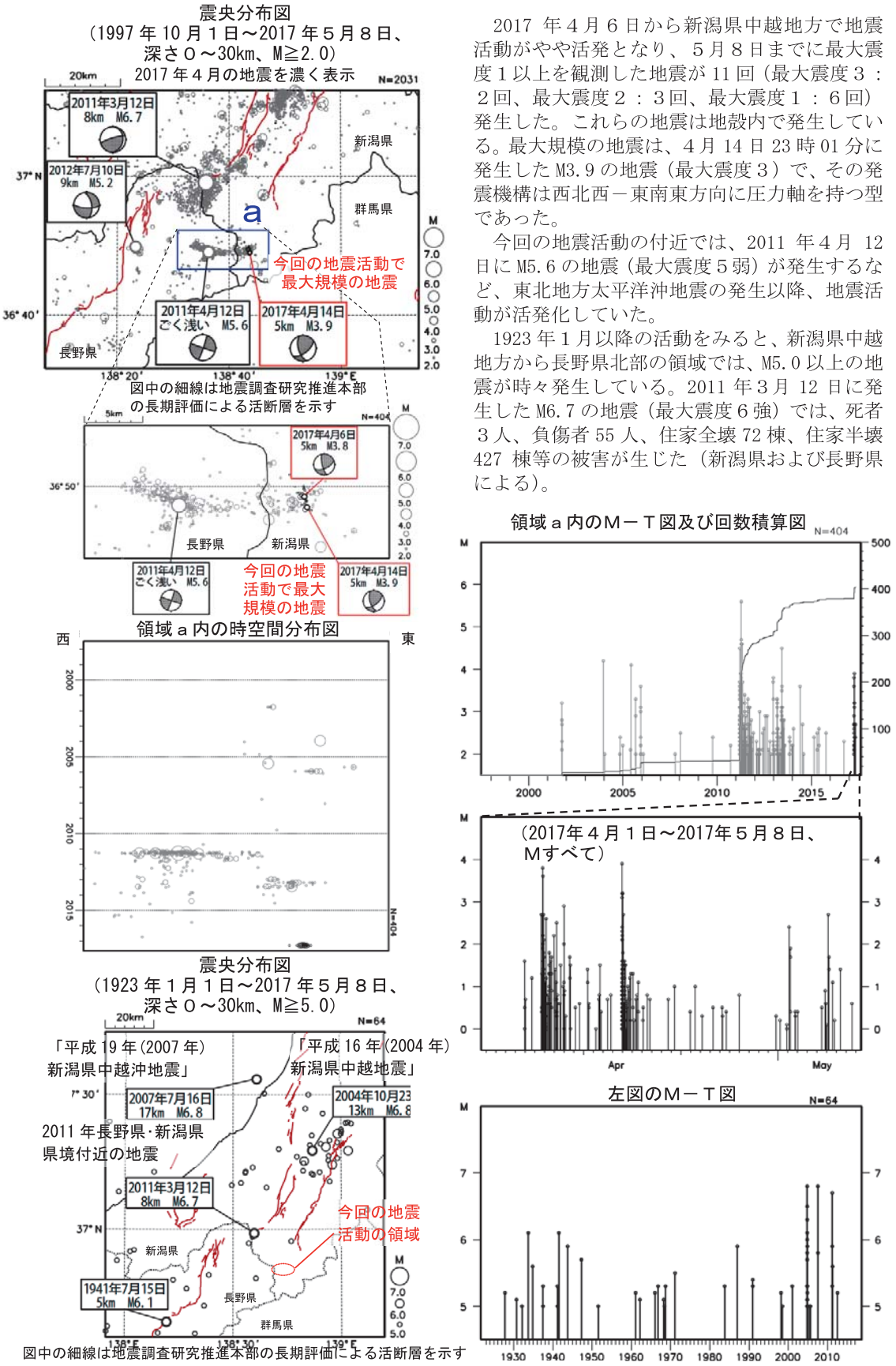
●波形例



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もの

第7図(b)　つづき
Fig.7(b)　Continued.

４月６日からの新潟県中越地方の地震活動



2017 年４月６日から新潟県中越地方で地震活動がやや活発となり、５月８日までに最大震度１以上を観測した地震が 11 回（最大震度３：２回、最大震度２：３回、最大震度１：６回）発生した。これらの地震は地殻内で発生している。最大規模の地震は、４月 14 日 23 時 01 分に発生した M3.9 の地震（最大震度３）で、その発震機構は西北西－東南東方向に圧力軸を持つ型であった。

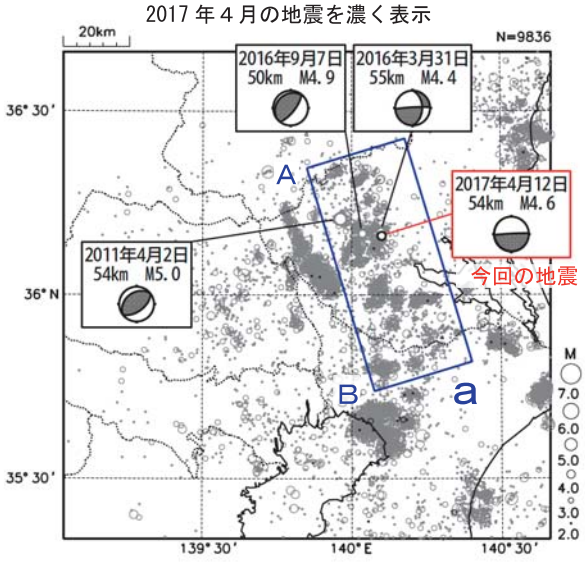
今回の地震活動の付近では、2011 年４月 12 日に M5.6 の地震（最大震度５弱）が発生するなど、東北地方太平洋沖地震の発生以降、地震活動が活発化していた。

1923 年１月以降の活動をみると、新潟県中越地方から長野県北部の領域では、M5.0 以上の地震が時々発生している。2011 年３月 12 日に発生した M6.7 の地震（最大震度６強）では、死者３人、負傷者 55 人、住家全壊 72 棟、住家半壊 427 棟等の被害が生じた（新潟県および長野県による）。

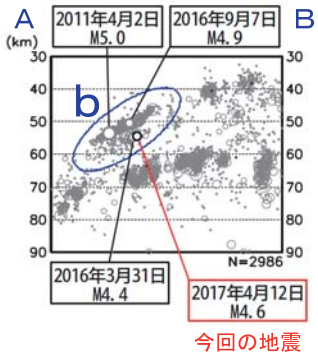
第8図　4月6日からの新潟県中越地方の地震活動
Fig.8　Seismic activity in Chuetsu region of Niigata Prefecture from April 6, 2017.

４月 12 日　茨城県南部の地震

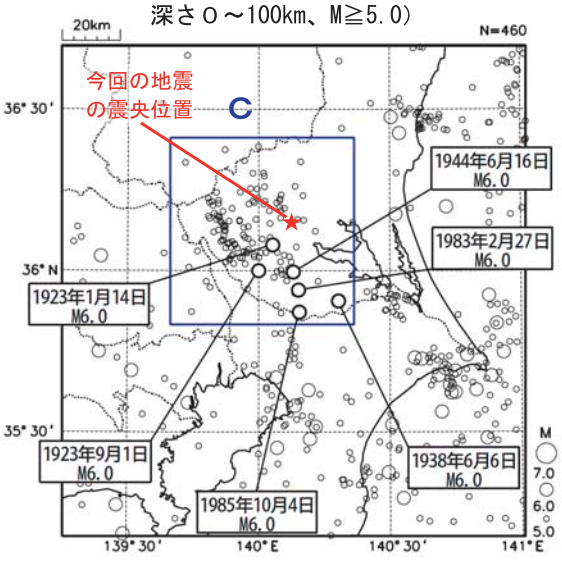
震央分布図
（1997 年 10 月１日～2017 年４月 30 日、
深さ 30～90km、M≧2.0）
2017 年４月の地震を濃く表示



領域ａ内の断面図（Ａ－Ｂ投影）



震央分布図
（1923 年１月１日～2017 年４月 30 日、
深さ０～100km、M≧5.0）

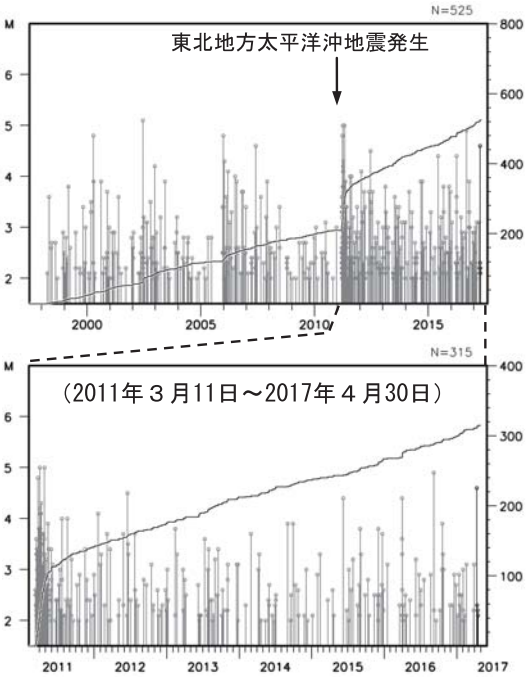


2017 年４月 12 日 03 時 10 分に、茨城県南部の深さ 54km で M4.6 の地震（最大震度３）が発生した。この地震は、発震機構が南北方向に圧力軸を持つ型で、フィリピン海プレート内部で発生した。

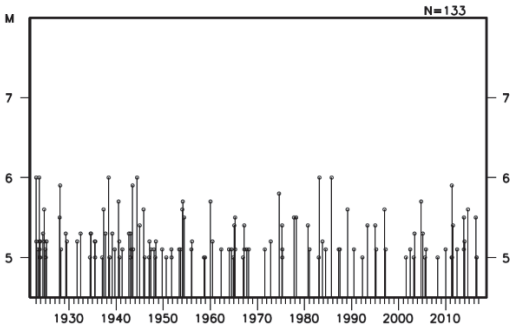
1997 年 10 月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近（領域ｂ）では、M5.0 程度の地震が時々発生している。東北地方太平洋沖地震の発生以降、地震活動がより活発になっており、2016 年９月７日にフィリピン海プレートと陸のプレートの境界で M4.9 の地震（最大震度４）が発生している。

1923 年１月以降の活動をみると、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



領域ｃ内のＭ－Ｔ図



第9図　2017年4月12日　茨城県南部の地震
Fig.9　The earthquake in the southern part of Ibaraki Prefecture on April 12, 2017.