

2016 年 12 月 28 日茨城県北部の地震の評価

- 12 月 28 日 21 時 38 分に茨城県北部の深さ約 10km でマグニチュード(M)6.3 の地震が発生した。この地震により茨城県で最大震度 6 弱を観測し、被害を伴った。その後、1 月 13 日 16 時現在までに発生した最大の地震は、12 月 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。M6.3 の地震の震源周辺で発生している地震活動は、北北西－南南東方向に延びる長さ約 15km の領域で発生しており、減衰しつつも継続している。
- この地震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、地殻内の浅い地震である。
- G N S S 観測の結果によると、今回の地震に伴って、茨城県内の里美観測点が西南西方向に約 3cm 移動するなどの地殻変動が観測された。また、陸域観測技術衛星 2 号「だいち 2 号」が観測した合成開口レーダー画像の解析結果によると、最大約 27cm の沈降または西向き地殻変動が観測された。
- この地震の発震機構と今回の地震活動の分布、G N S S 観測及び合成開口レーダー画像の解析結果から推定される震源断層は、北北西－南南東方向に延び、西南西方向に傾斜する長さ約 10km の正断層であった。
- 今回の地震は、平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震の余震域で発生した。余震は時間の経過とともに減少してきているものの、東北地方太平洋沖地震前の平均的な地震活動状況と比べると約 2 倍であり、地震活動が定常的に高い状態が続く沿岸部を中心に依然として活発な状況にある。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ため、引き続き注意が必要である。
- なお、2004 年に発生したスマトラ島北部西方沖の地震(Mw9.1)では、4 ヶ月後に Mw8.6、約 2 年半後に Mw8.5、約 5 年半後に Mw7.5、約 7 年半後および約 11 年後に海溝軸の外側の領域でそれぞれ Mw8.6 および Mw7.8 の地震が発生するなど、震源域およびその周辺で長期にわたり大きな地震が発生している。

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（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、12月31日までに震度1以上を観測する地震が29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。

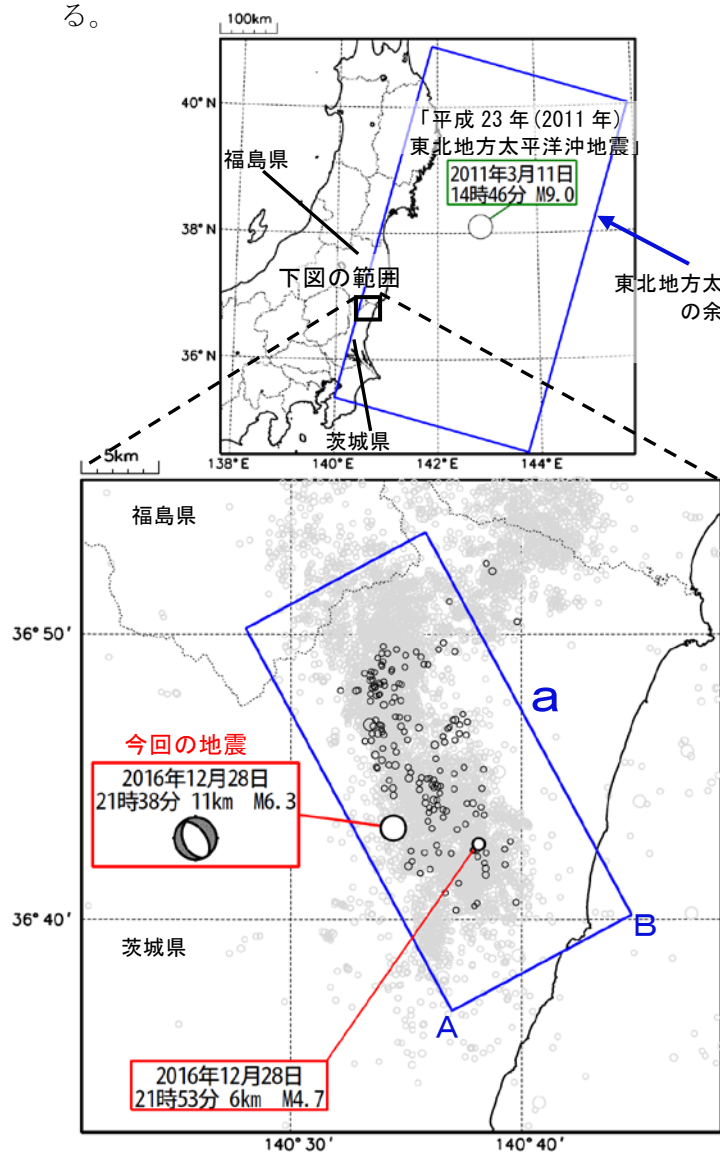


図2-1 震央分布図

(2011年3月1日～2016年12月31日、深さ0～20km、 $M \geq 2.0$)

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。

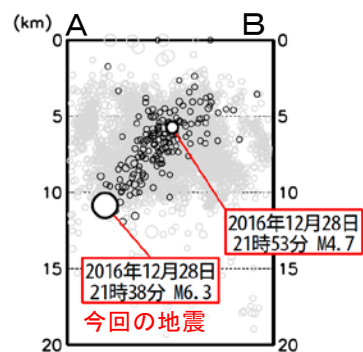


図2-2 領域a内の断面図（A－B投影）

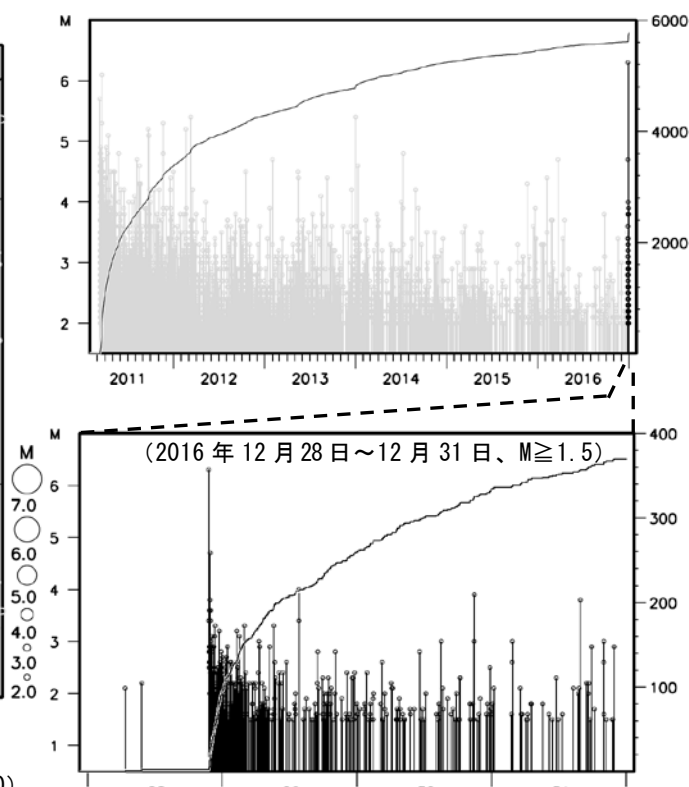


図2-3 領域a内のM－T図及び回数積算図

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。

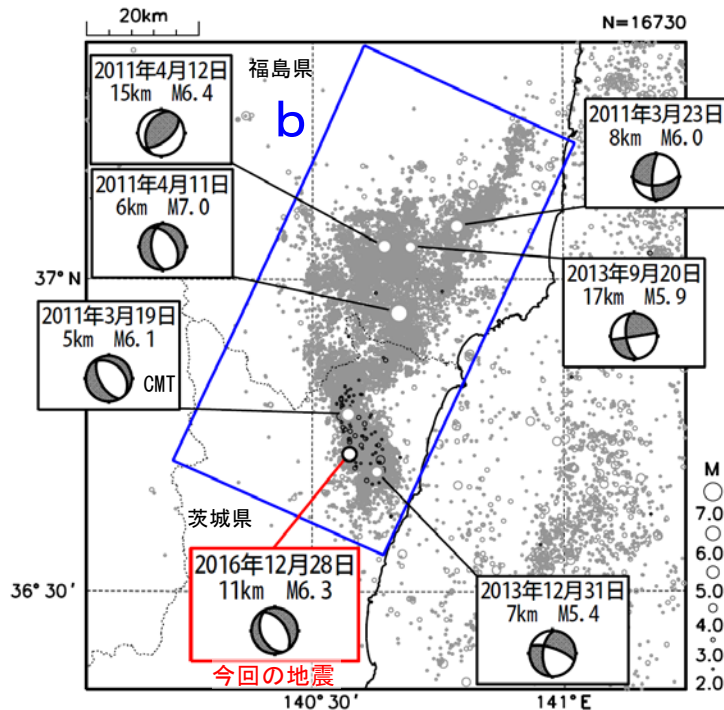


図2-4 震央分布図

(1997年10月1日～2016年12月31日、深さ0～30km、 $M \geq 2.0$)
2016年12月の地震を濃く表示

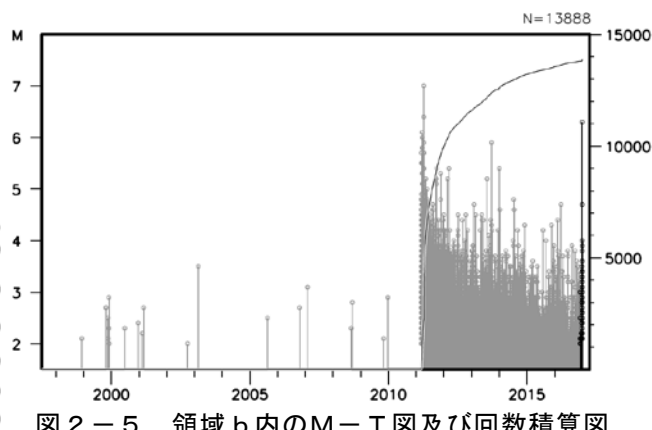


図2-5 領域b内のM-T図及び回数積算図

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。

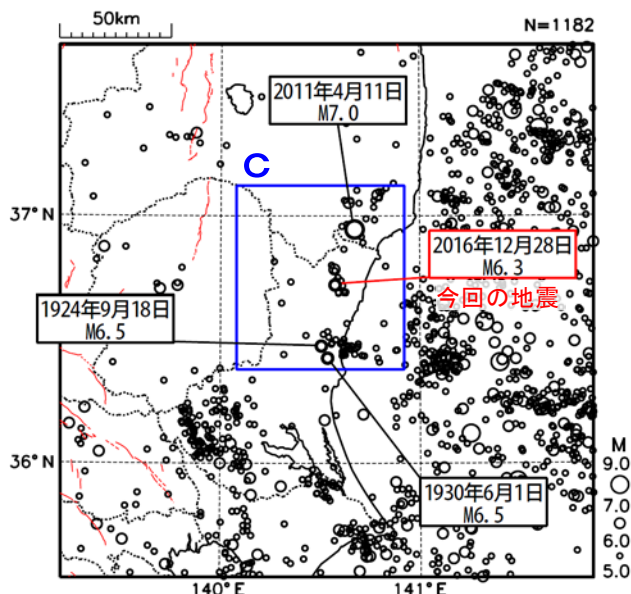


図2-6 震央分布図

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

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

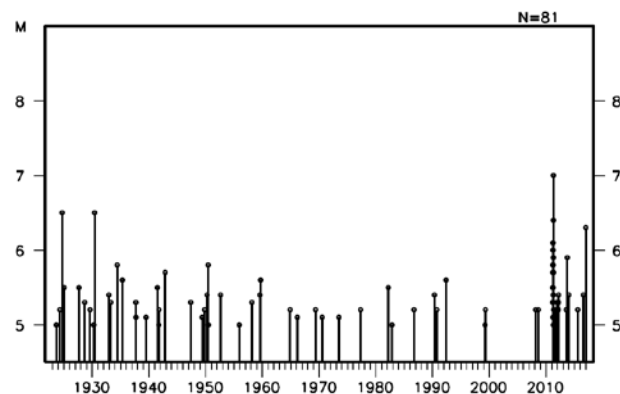


図2-7 領域c内のM-T図

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。

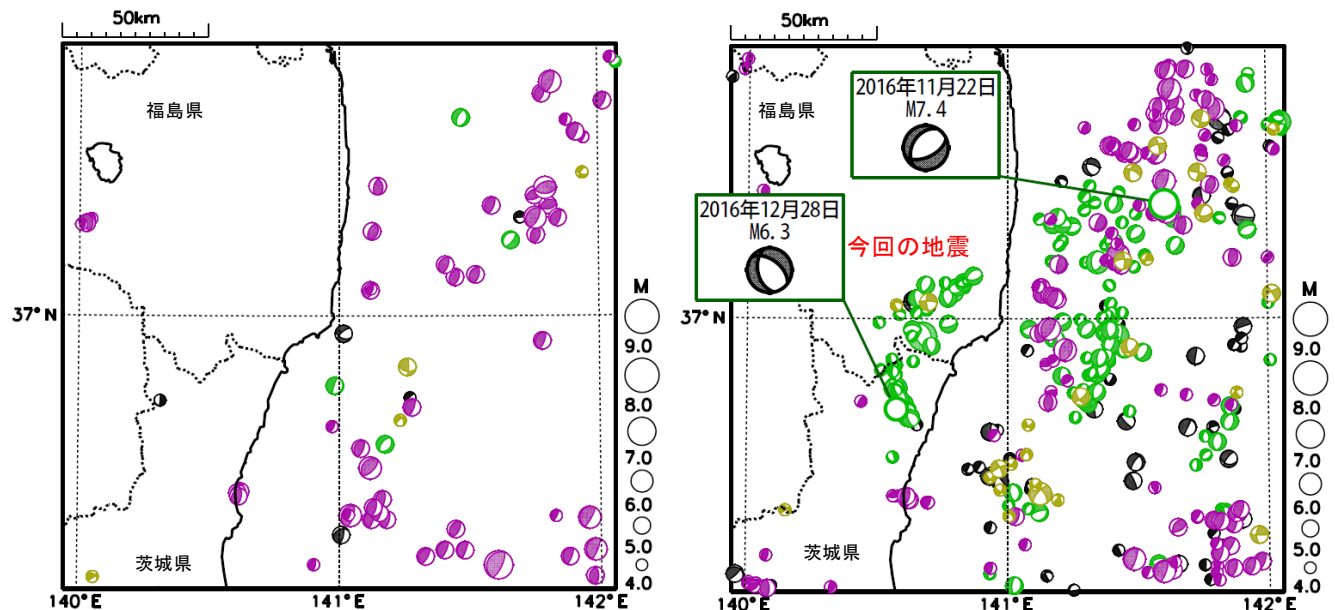


図 2-8 発震機構 (CMT 解) 分布図

(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、 $M \geq 4.0$)

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。

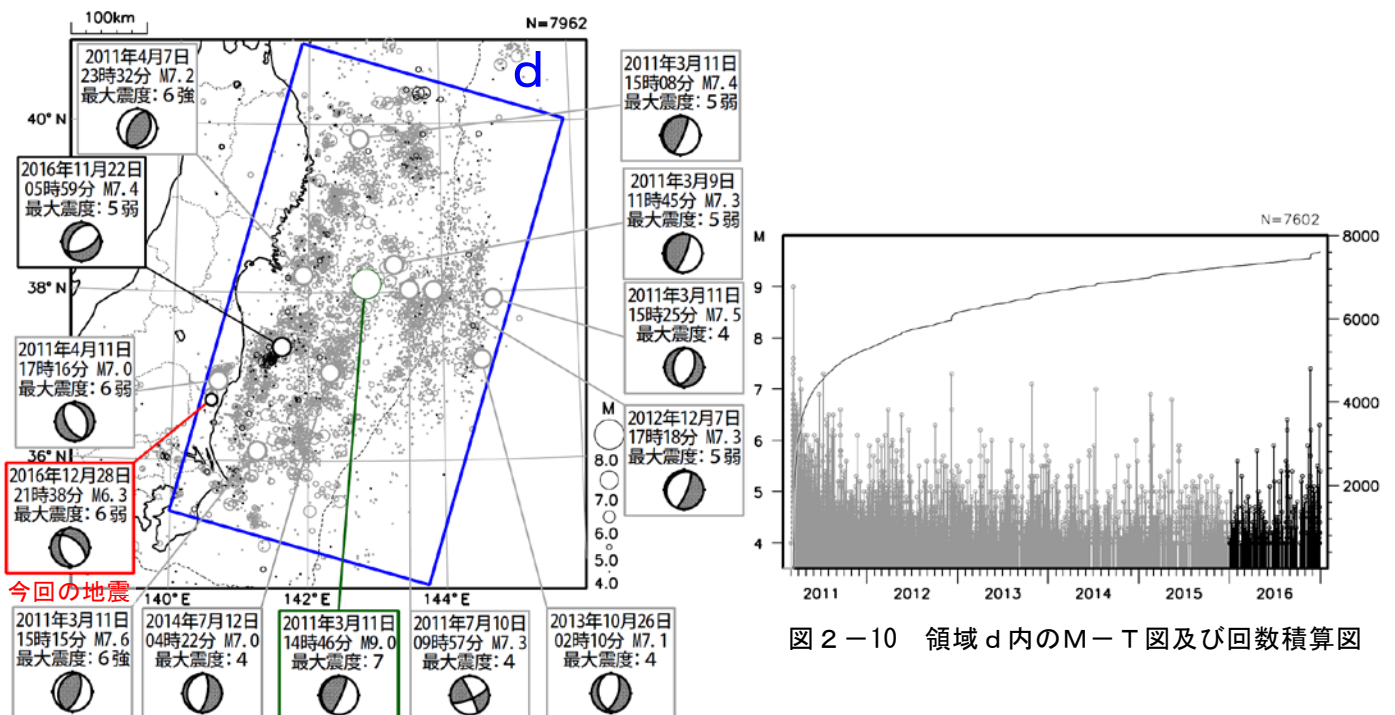


図 2-9 震央分布図

(2011 年 3 月 1 日～2016 年 12 月 31 日、深さすべて、 $M \geq 4.0$)

2016 年の地震を濃く表示。図中の発震機構は CMT 解。

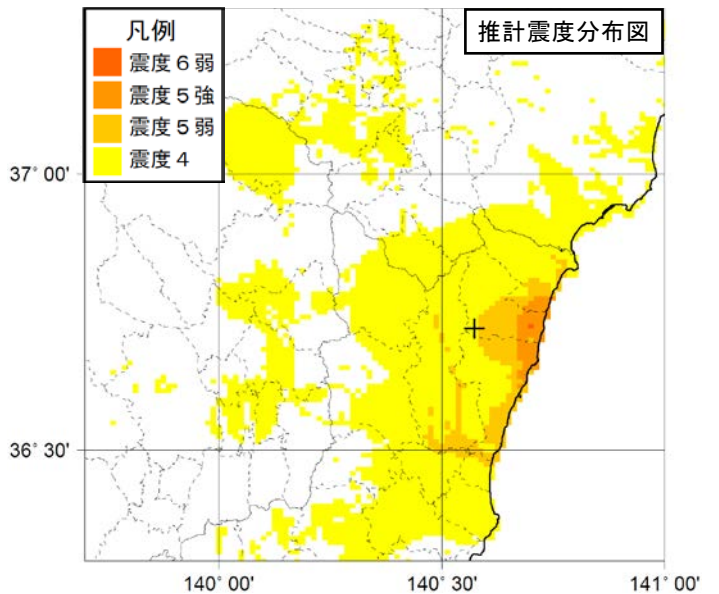
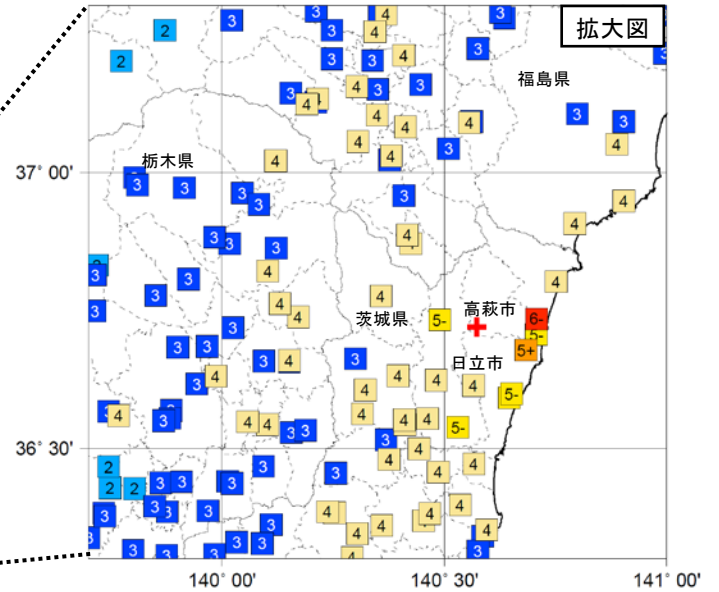
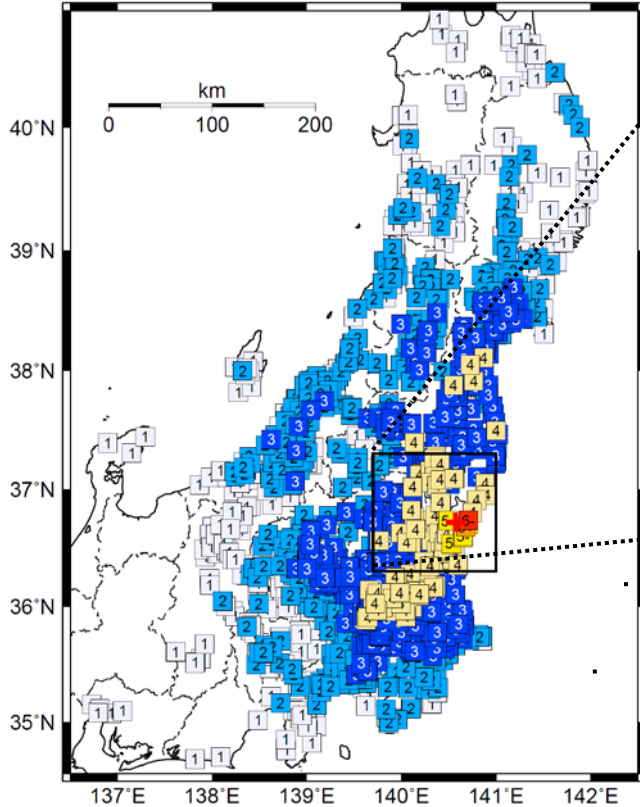
図 2-10 領域 d 内の M-T 図及び回数積算図

(3) 震度と加速度

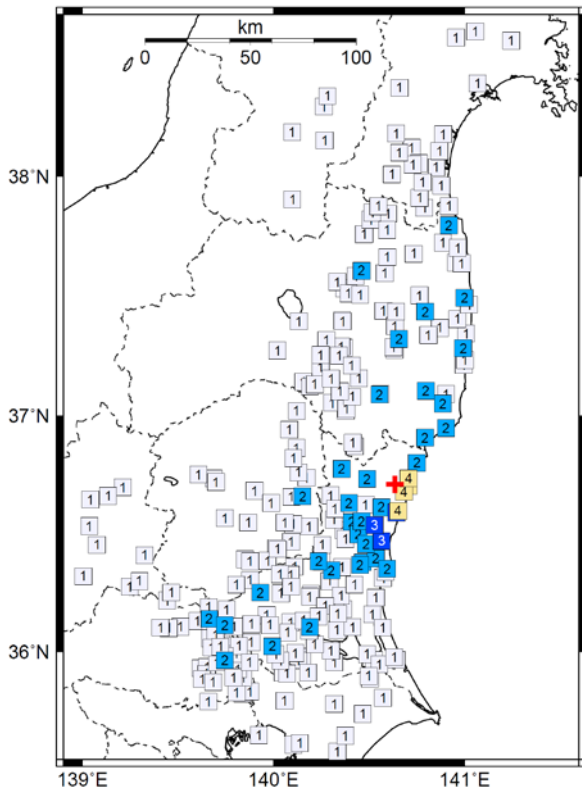
ア. 震度分布

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。

12月28日21時38分 茨城県北部
(M6.3、深さ11km、最大震度6弱)



12月28日21時53分 茨城県北部
(M4.7、深さ6km、最大震度4)



(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。



図3-1 12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）。

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） —

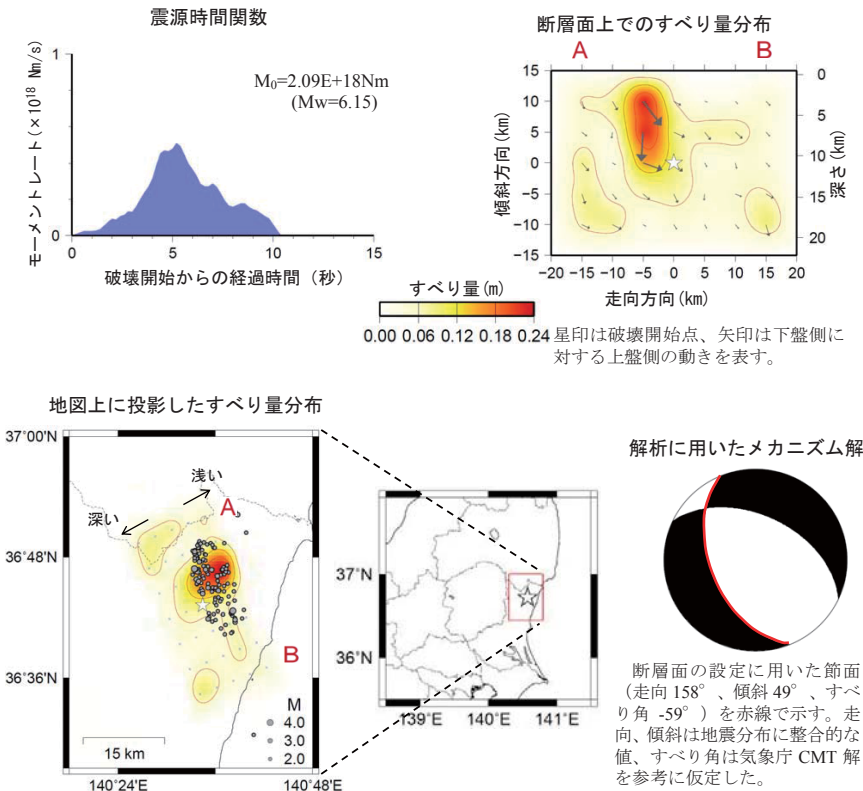
2016 年 12 月 28 日 21 時 38 分（日本時間）に茨城県北部で発生した地震（ $M_{JMA}6.3$ ）について、国立研究開発法人防災科学技術研究所の強震観測網（K-NET、KiK-net）及び気象庁震度計の近地強震波形を用いた震源過程解析を行った。

破壊開始点は、気象庁による震源の位置（ $36^{\circ}43.2'N$ 、 $140^{\circ}34.4'E$ 、深さ 11km）とした。断層面は、気象庁による地震分布に整合的な節面（走向 158° 、傾斜 49° ）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）。

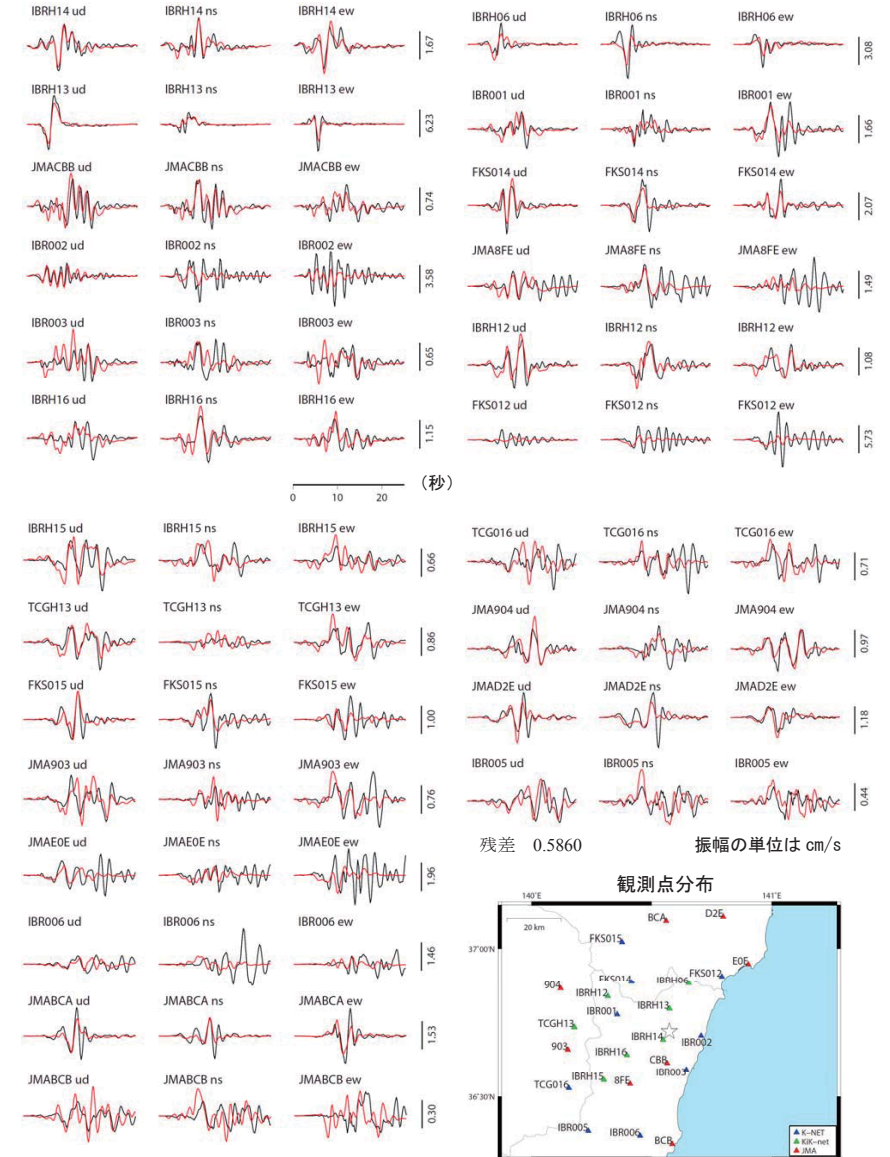
- ・主なすべりは破壊開始点の北側浅い領域に広がり、最大すべり量は 0.2m であった（周辺の構造から剛性率を 31GPa として計算）。
- ・主な破壊継続時間は約 10 秒であった。
- ・モーメントマグニチュード (M_w) は 6.2 であった。

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



星印は破壊開始点を示す。灰色の丸は、この地震の発生後 1 日以内 ($M2$ 以上) の地震を示す。

観測波形（黒：0.05Hz–0.5Hz）と理論波形（赤）の比較



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

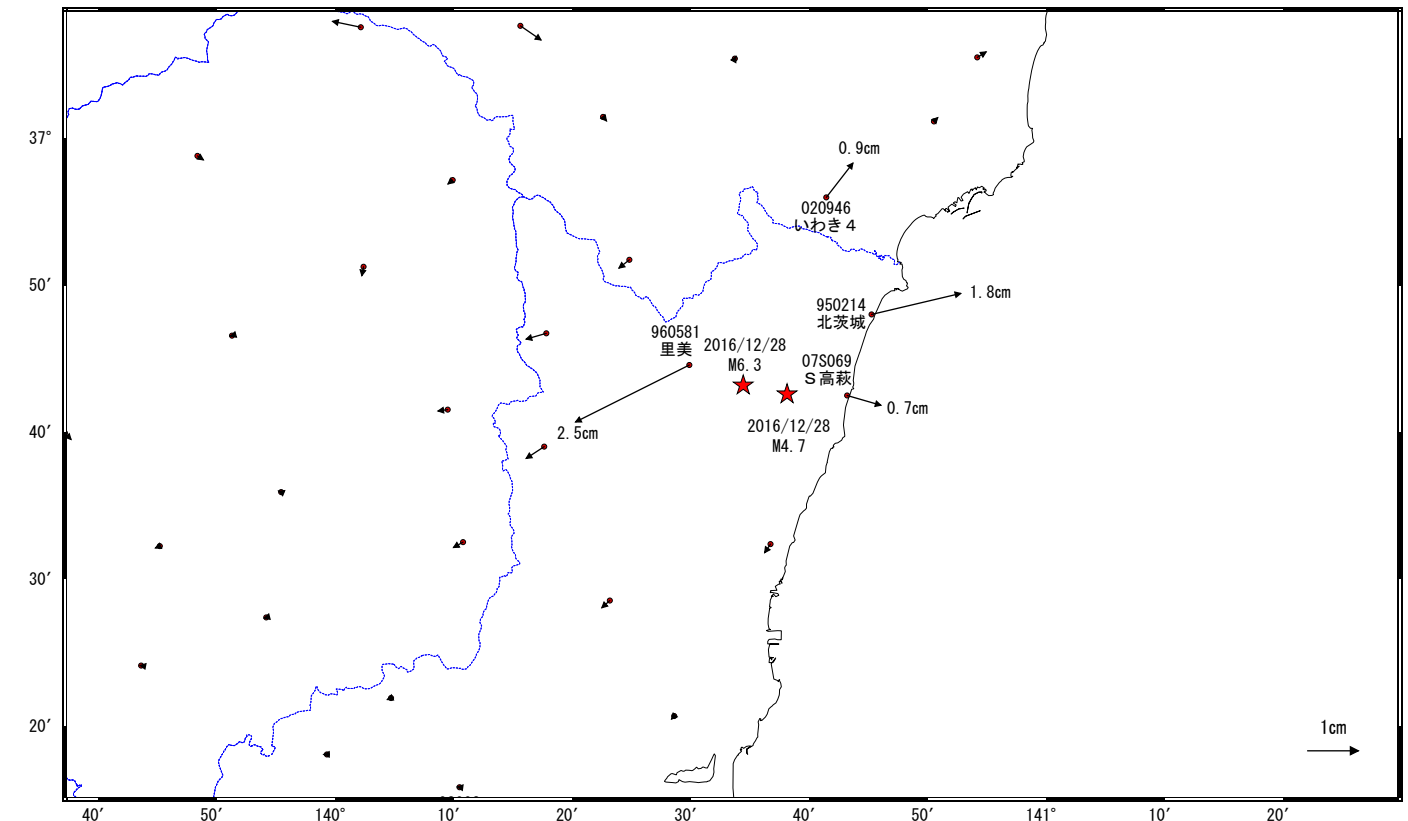
Koketsu, K., H. Miyake and H. Suzuki, Japan Integrated Velocity Structure Model Version 1, paper no. 1773. Paper Presented at the 15th World Conference on Earthquake Engineering, International Association for Earthquake Engineering, Lisbon, 24-28 Sept. 2012.

茨城県北部の地震(12月28日 M6.3)前後の観測データ

この地震に伴い地殻変動が観測された。

地殻変動（水平）

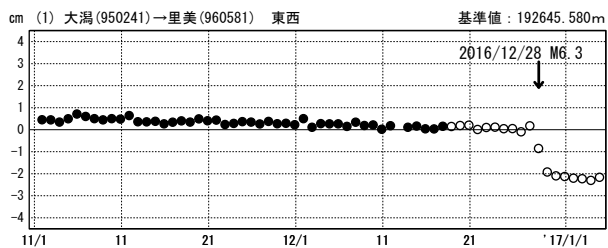
基準期間: 2016/12/21~2016/12/27 [R3: 速報解]
比較期間: 2016/12/29~2017/01/04 [R3: 速報解]



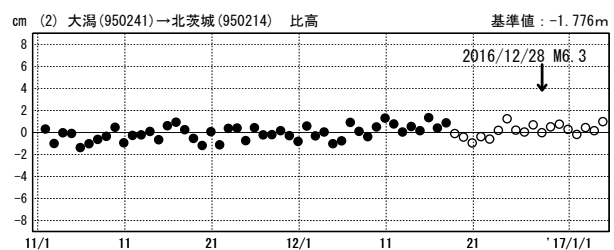
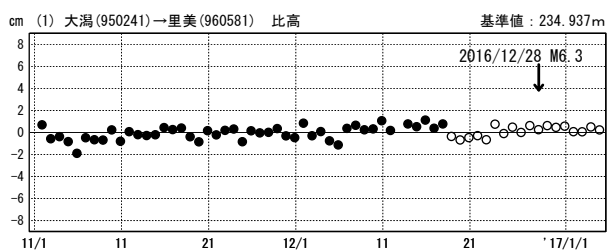
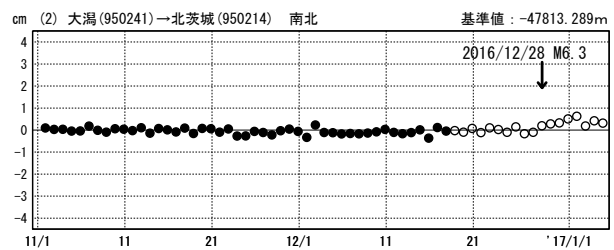
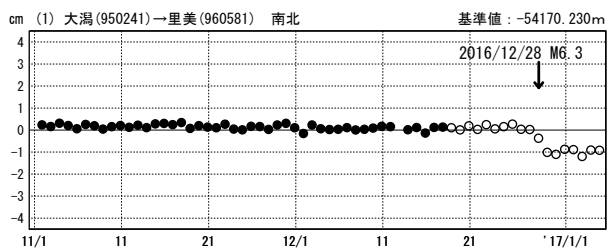
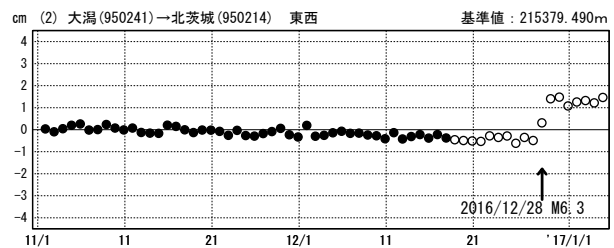
☆ 固定局: 大湯 (950241)

成分変化グラフ

期間: 2016/11/01~2017/01/04 JST



期間: 2016/11/01~2017/01/04 JST



●---[F3: 最終解] ○---[R3: 速報解]

平成 28 年 (2016 年) 12 月 28 日 茨城県北部の地震 (M_j6.3) に関する 合成開口レーダー解析結果

平成 28 年 (2016 年) 12 月 28 日 21 時 38 分頃、茨城県北部で発生した地震 (M_j6.3) に関する、「だいち 2 号」データの解析結果を示す。

- 1) 地殻変動は北茨城市市街地から西約 10km の領域に集中しており、最大約 27cm の衛星－地表間の距離伸張が観測された。
- 2) 最大の地殻変動が観測される領域では、長さ約 2km の変位の不連続が認められる。
- 3) 干渉画像をもとに矩形断層一様すべりの震源断層モデル (2 枚のセグメントを仮定) を構築した。主な特徴として、①南西傾斜の断層面 (傾斜角 50～60°)、②北北西 (北西)－南南東 (南東) 方向の走向、③正断層型の断層運動、④最大変位域の直下のごく浅部に局所的な滑り、等が挙げられる。
- 4) 震源断層の周囲で余震が発生している。
- 5) 2011 年 3 月 19 日に発生した地震 (M_j6.1) で観測された地殻変動とほぼ同じ領域に地殻変動が観測された。特に、変位の不連続の位置は同じ場所に見られる。

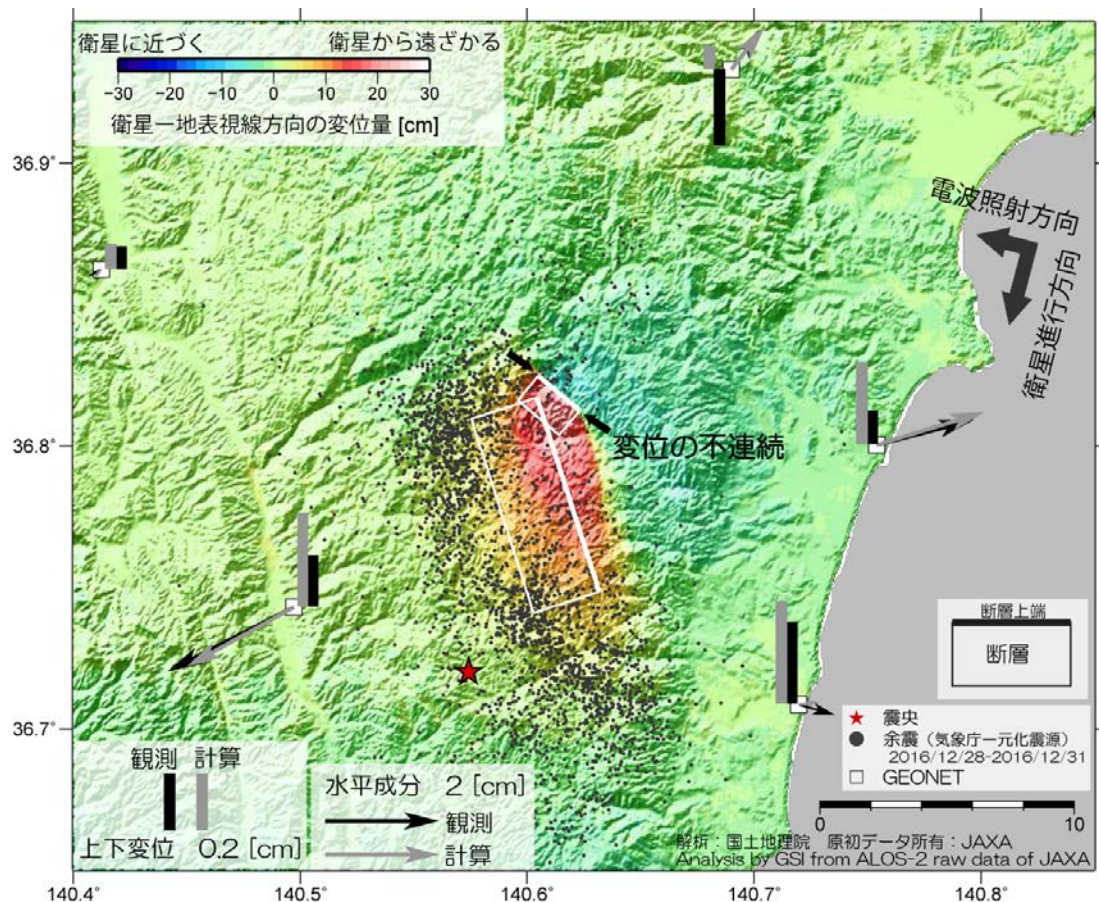


図 1 干渉 SAR 解析から得られた地殻変動

本成果は、地震予知連絡会 SAR 解析ワーキンググループの活動を通して得られたものです。

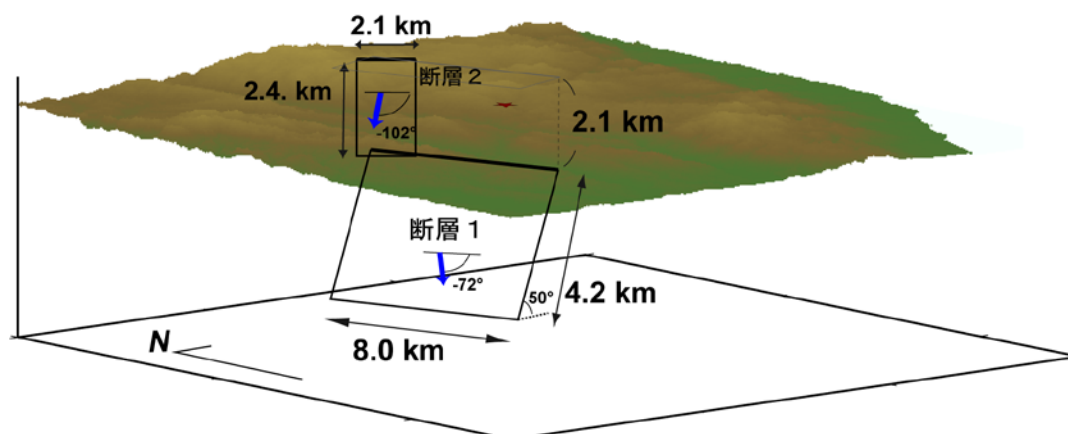


図2 震源断層モデルの概念図

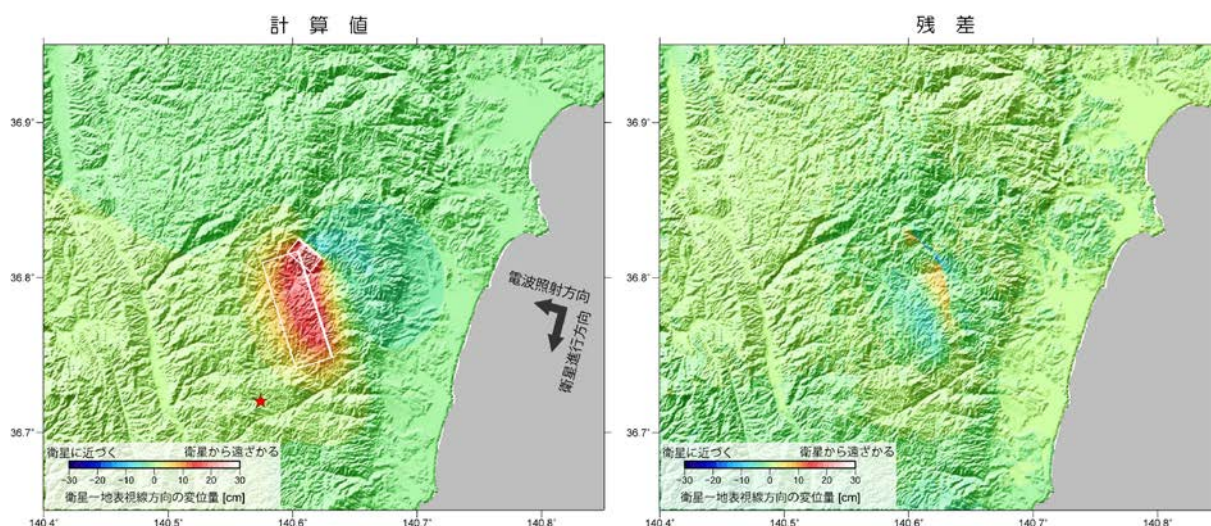


図3 (左) 震源断層モデルから計算された地殻変動 (右) 残差

表1 推定された断層パラメータ

断層	緯度	経度	深さ km	長さ km	幅 km	走向	傾斜	滑り角	滑り量 m	M _w
1	140.604 (0.003)	36.817 (0.005)	2.1 (0.4)	8.0 (0.9)	4.2 (0.9)	162 (5)	50 (6)	-72 (12)	0.7 (0.3)	5.83
2	140.605 (0.002)	36.825 (0.002)	0.1 (0.0)	2.1 (0.1)	2.4 (0.4)	130	59 (11)	-102 (32)	0.4 (0.1)	5.15
計										5.85

※位置は断層の左上端 () は誤差 (1σ)

表2 SAR データ (だいち 2 号) 諸元等

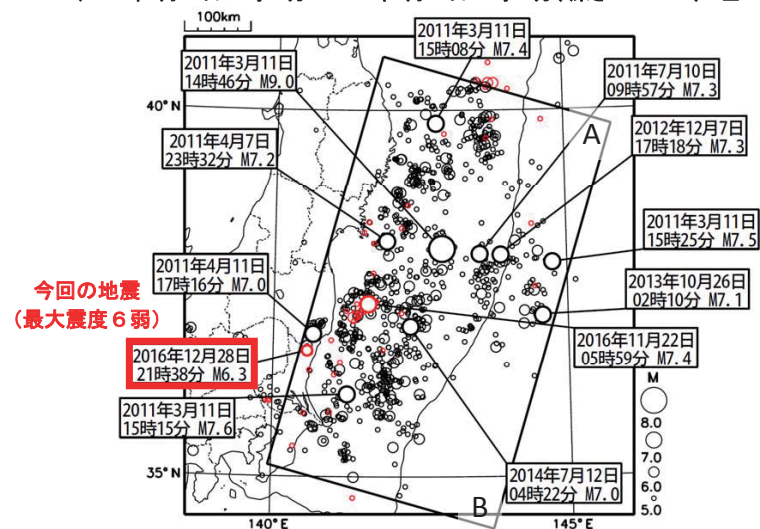
観測日	衛星進行 方向	電波照射 方向	観測モード	入射角	垂直基線長
1 回目 (地震前) 2016 年 11 月 17 日	南行	右	高分解能	36°	+28 m
2 回目 (地震後) 2016 年 12 月 29 日					

本成果は、地震予知連絡会 SAR 解析ワーキンググループの活動を通して得られたものです。

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震 余震の発生状況

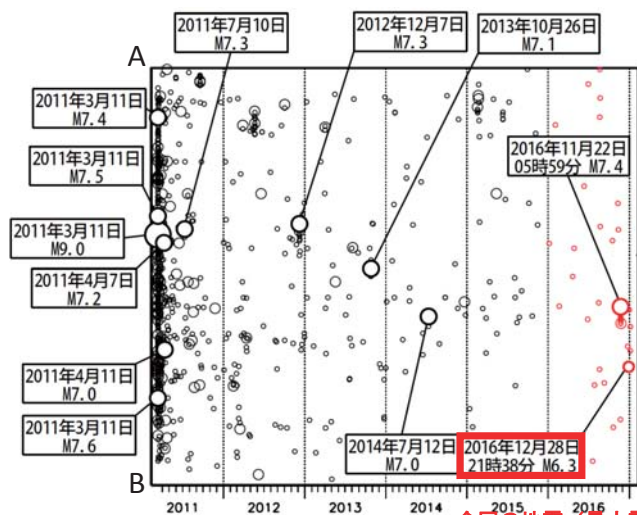
震央分布图

(2011年3月11日12時00分～2017年1月10日24時00分、深さ0～90km、 $M \geq 5.0$)



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)

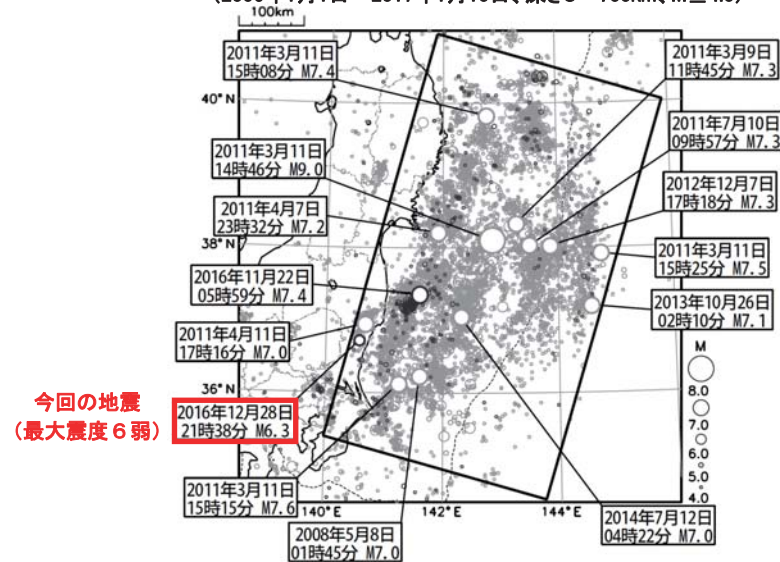


2015 2016
今回の地震（最大震度6弱）

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、 $M \geq 4.0$)



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

