

「2019 年 6 月 18 日山形県沖の地震」についての速報

令和元年 6 月 26 日

応用地質株式会社・地震防災事業部

6 月 18 日 22 時 22 分に山形県沖の深さ約 15km でマグニチュード(M)6.7 (暫定値) の地震が発生した。この地震により新潟県下越地方で最大震度 6 強が観測された。また、この地震により、新潟市の新潟西港 (港湾局) 観測点で 0.1m (速報値) など、秋田県・山形県・新潟県・石川県の沿岸で津波が観測された。

今回の地震は、北海道沖から新潟県沖にかけての日本海東縁部で大地震がたびたび発生している「ひずみ集中帯」の中で発生している。過去に 1833 年庄内沖地震、1964 年新潟地震等の地震が発生した地域に近接しており、近い将来にさらに大規模な地震・津波の発生が想定されている地域である。

応用地質株式会社では、この地震についての対応として、各研究機関で公表された観測・解析データの整理と現地の被害状況の確認を行った。

1. 震源・地震動

(1) 気象庁の発表にもとづく概要

(気象庁ホームページ：<https://www.jma.go.jp/jma/press/1906/19a/201906190030.html>)

- ・令和元年 6 月 18 日 22 時 22 分頃の山形県沖の地震について
- ・報道発表日：令和元年 6 月 19 日
- ・地震の概要と津波注意報の発表状況

地震発生日時：6 月 18 日 22 時 22 分

マグニチュード 6.7 (暫定値；速報値 6.8 から更新)

場所および深さ：山形県沖 (酒田の南西 50km 付近)、深さ 14km (暫定値；速報値約 10km から更新)

発震機構：西北西－東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型 (速報値)

震度：新潟県村上市 (むらかみし) で震度 6 強、山形県鶴岡市 (つるおかし) で震度 6 弱を観測。北海道から中部地方にかけて震度 5 強～1 を観測。

津波注意報：山形県、新潟県上中下越、佐渡、石川県能登 (18 日 22 時 24 分発表)

(2) 本震の震源解

北西－南東方向に圧縮軸を有する逆断層として震源解が得られている。

1) 気象庁の速報解

(<https://www.data.jma.go.jp/svd/eew/data/mech/fig/cmt2019061822220000N383600E13930000100068.html>)

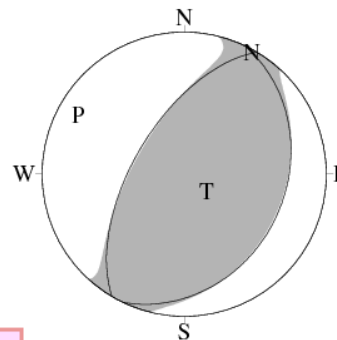
セントロイド時刻

: 2019年06月18日22時22分27.5秒

セントロイド位置

: 北緯38度39.6分 東経139度30.1分

深さ: 15km、Mw 6.5



発震機構解

	走向	傾斜	すべり角		P軸	T軸	N軸
断层面解1	25	29	86	方位	299	127	29
断层面解2	211	61	93	傾斜	16	74	2

2) 防災科研の Hi-net 観測データにもとづく解

(<http://www.hinet.bosai.go.jp/topics/yamagata190618/>)

北西-南東圧縮の逆断層型

震央位置: 38.6N, 139.5E

深さ: 11 km

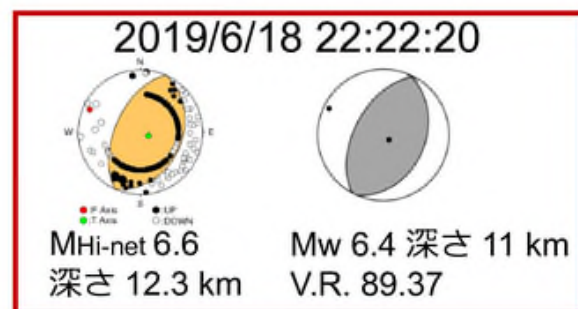
マグニチュード (Mw): 6.4

メカニズム: 走向 211.7/22.9

傾斜角 68.8/21.4、すべり角 93.2/81.8

(セントロイド深度 14 km)

7.0



○ 2000/10/01～2019/6/17

○ 2019/6/18 00:00～6/19 05:00

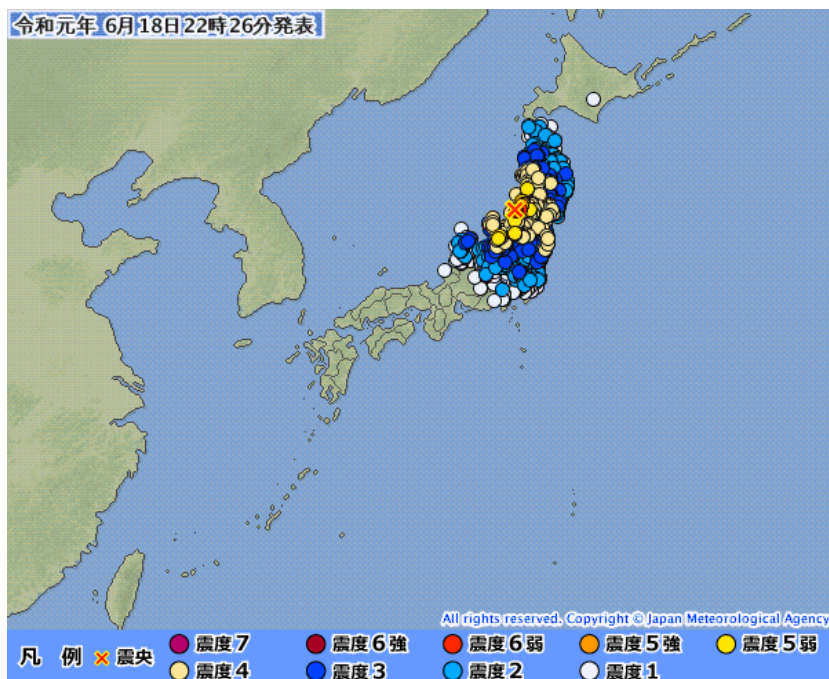
■ 観測点

(3) 本震による地震動の分布

最大震度としては新潟県北部で震度6強の揺れが観測された(村上市)。震度5弱の範囲は、新潟県の下越、中越地域に広がっている(長岡市、柏崎市、村上市、阿賀町)。

1) 気象庁による震度分布(令和元年6月18日22時26分発表)

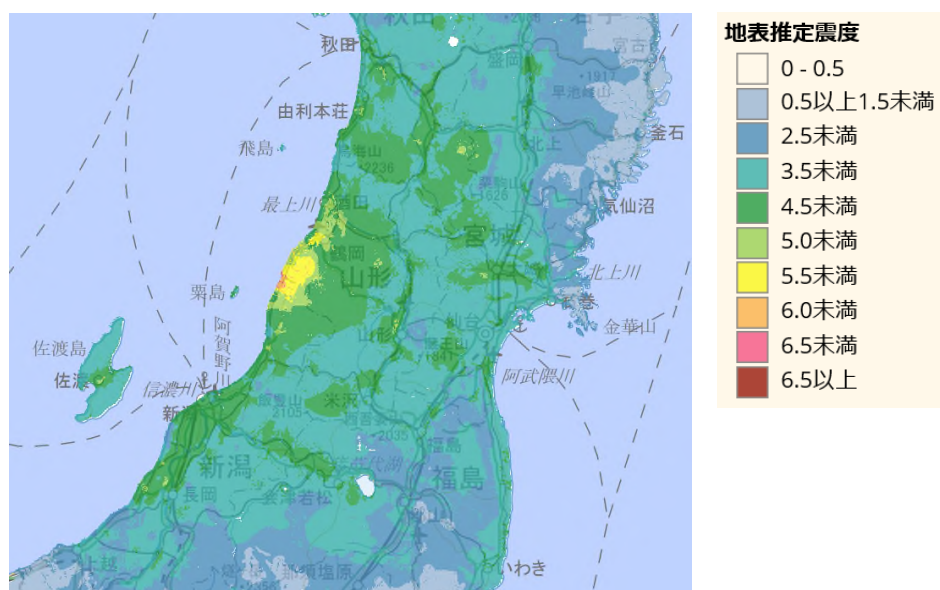
(気象庁ホームページ: <https://www.jma.go.jp/jp/quake/20190618132623395-18222224.html>)



2) 防災科研: J-RISQ による震度分布

「2019年6月18日 山形県沖で発生した地震に関するクライシスレスポンスサイト」

(<http://crs.bosai.go.jp/DynamicCRS/index.html?appid=627aeb82a4774af8a706dd407db31dec>)



(4) 本震・余震の震源分布・近傍の活断層分布

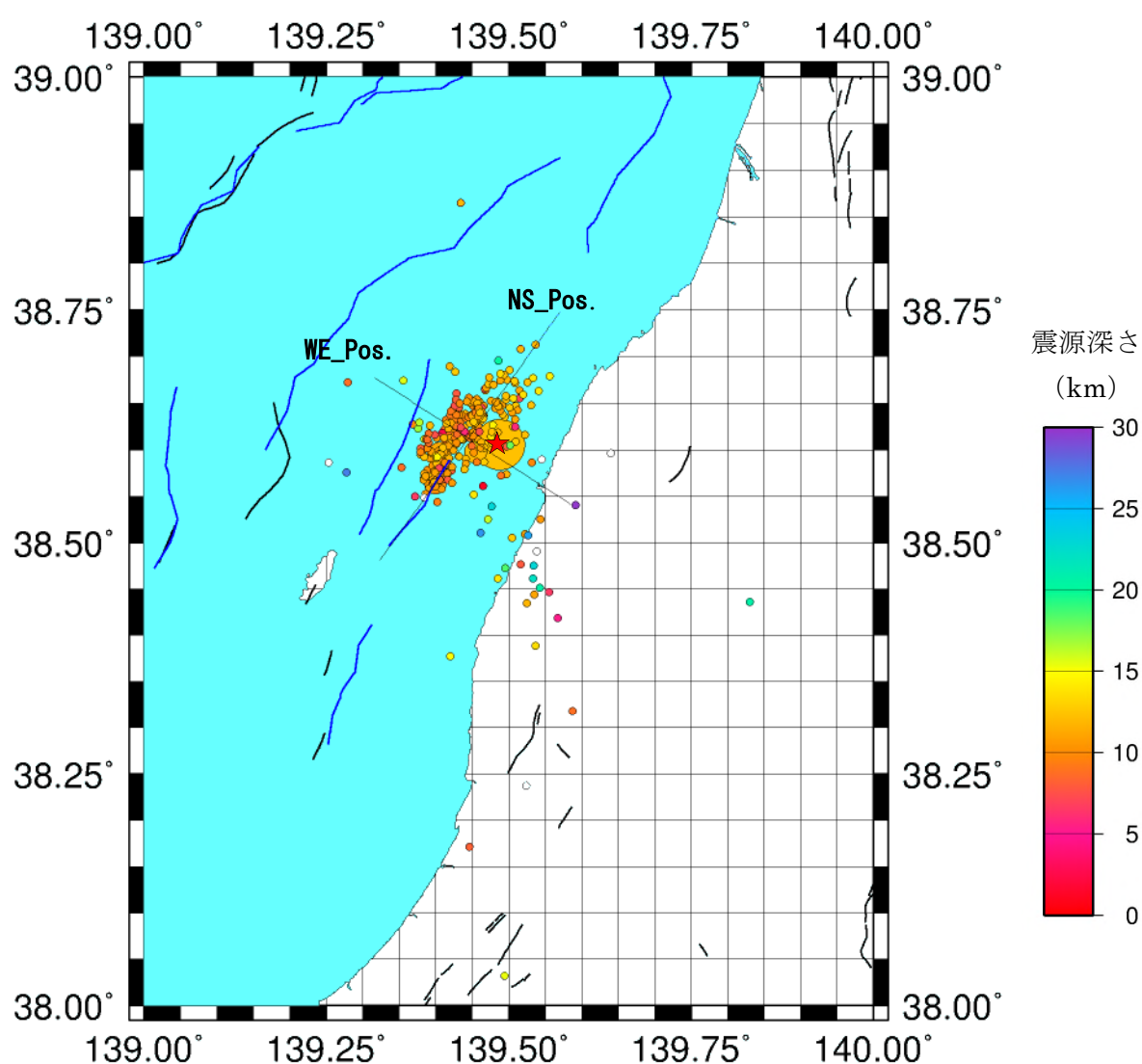
以下のデータを用いて本震および余震の震源分布と震源周辺の活断層分布を整理した。各図中の★は今回の地震の震央位置を示している。

震源データ：Hi-net 速報値（6/18-6/19）

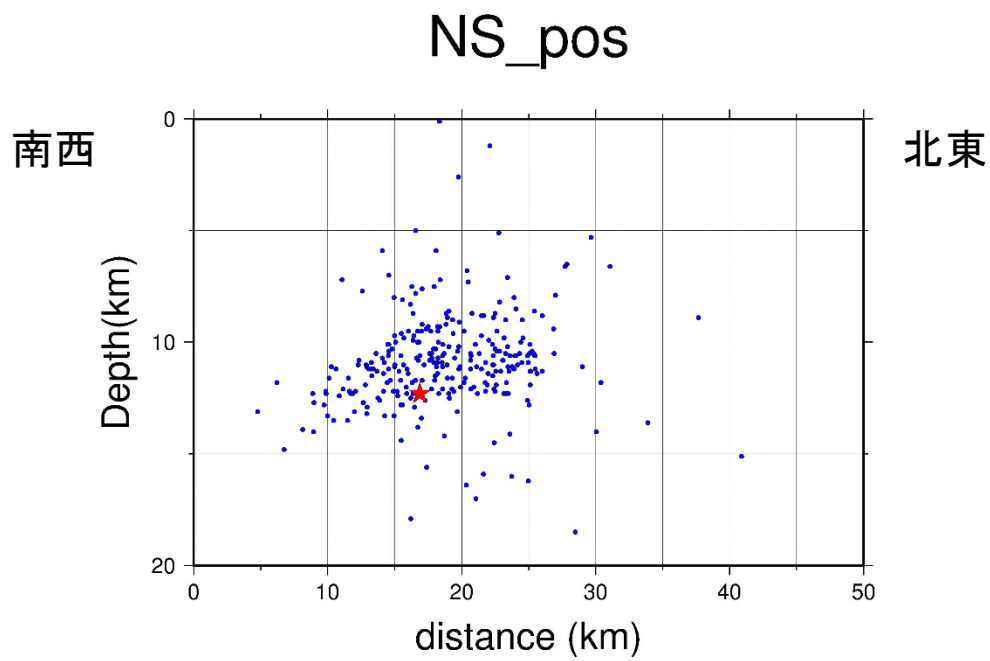
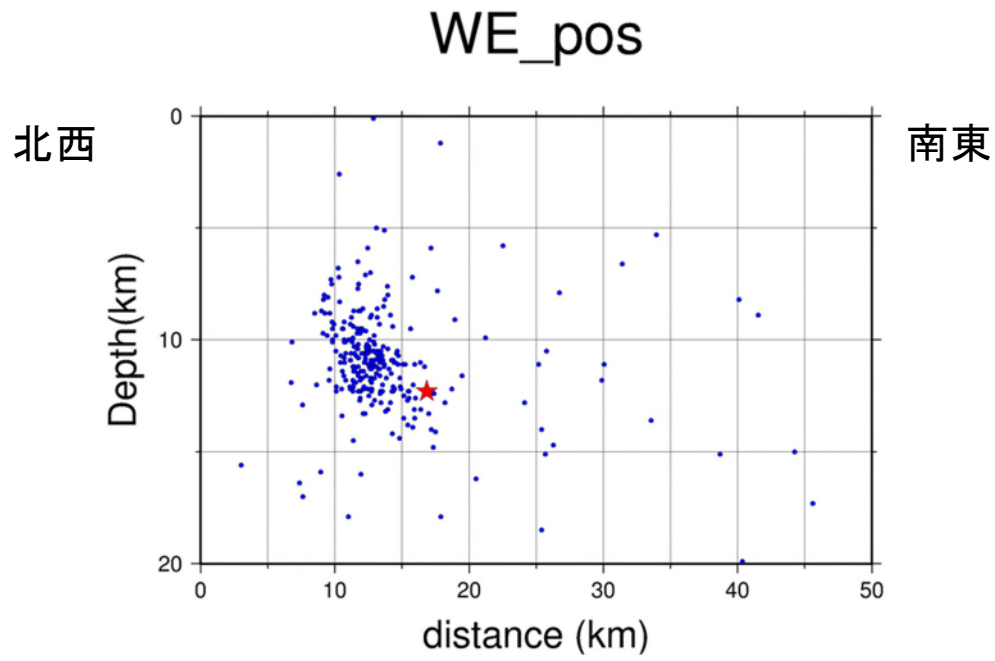
活断層データ：

- ・「新編日本の活断層一分布図と資料」（活断層研究会，1991）：黒線
- ・「海域における断層情報総合評価プロジェクト」平成 26 年度報告書（文部科学省研究開発局・JAMSTEC，2015）：青線 ※以下、「海域断層 PJ」と呼称。

今回の地震の震源分布は、おおむね深度 15km 以浅に集中しており、その分布からは南東方向に傾斜する震源断層面の存在が示唆される。



本震・余震の震源分布（平面図）



本震・余震の震源分布（断面図：断面位置は平面図に示す）

<参考資料：海域の断層についての既往資料>

今回の地震の震源域は、いわゆる「ひずみ集中帯」として活断層や活褶曲が集中する地帯の中に位置し、陸域から海域まで多くの活断層の存在が知られている。前述の「海域断層 PJ」の報告書（平成 26 年度、同 27 年度；文部科学省研究開発局・JAMSTEC）には、震源域周辺の断層分布と代表的な反射断面による断層の地下形状や震源域周辺の断層の断層モデルが示されている。多くの断層は西傾斜としてモデル化されている。

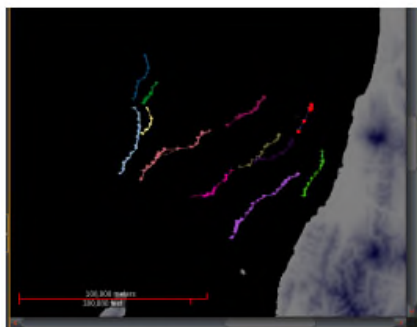


図 83 山形断層図。

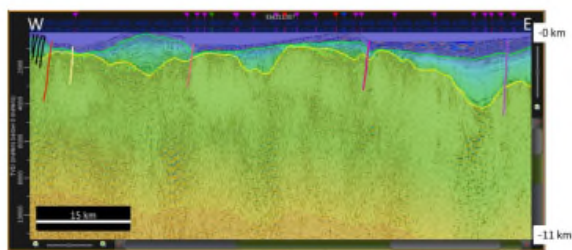


図 84 山形沖の深度断面図。カラースケールは図 76 と同様。

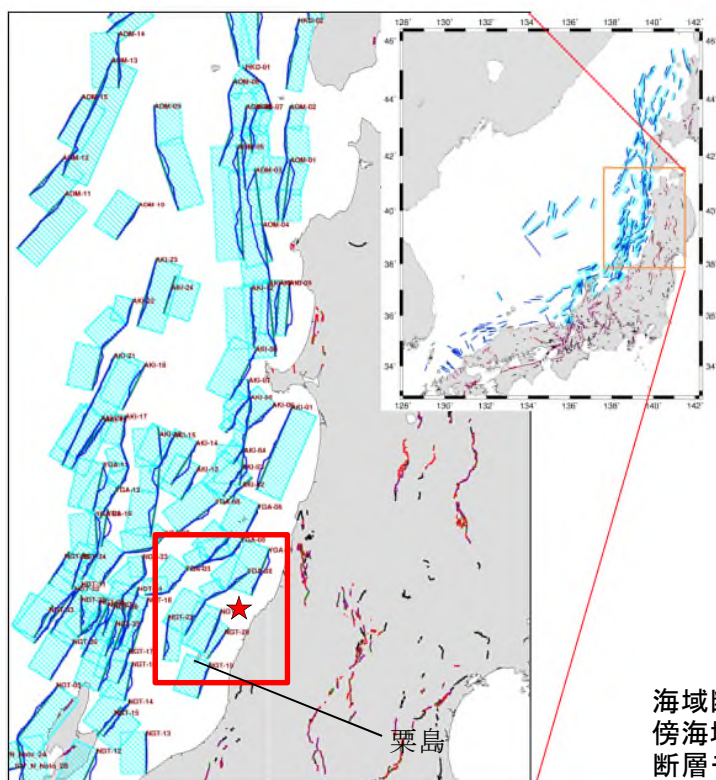
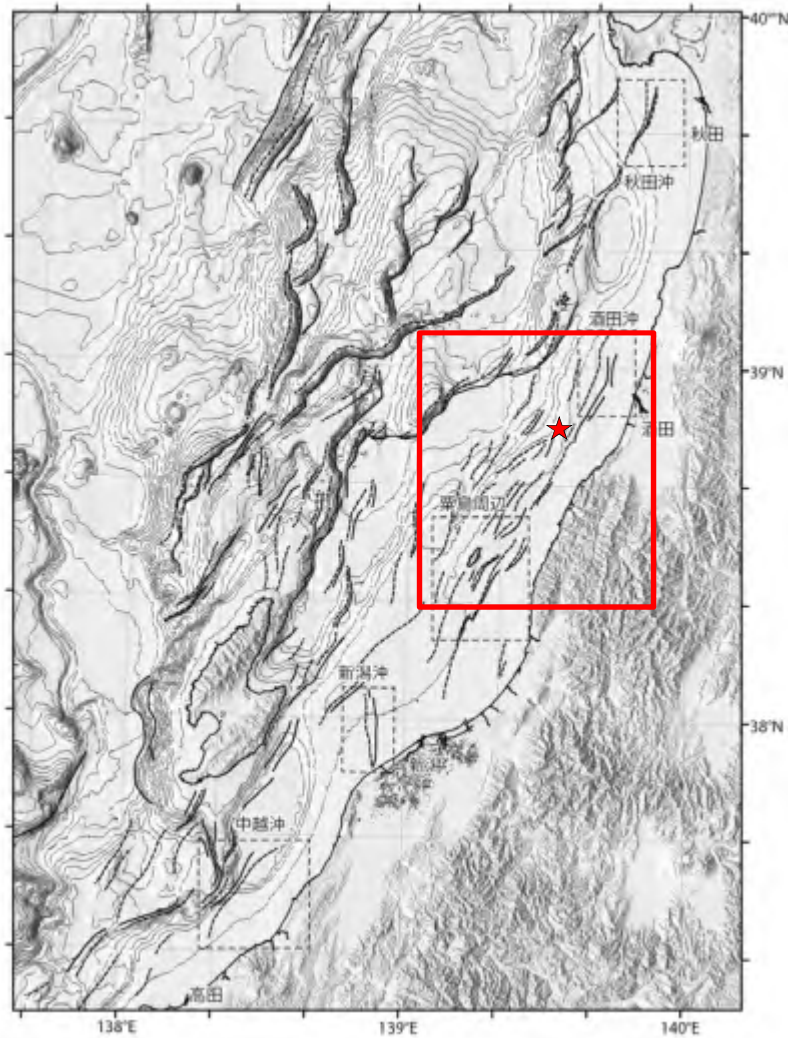


図 15(b) 構築した基本モデルの分布。

海域断層 PJ 報告書所収の今回の震源近傍海域の断層分布（上）、反射断面（中）、断層モデル群（下）

また、「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究成果報告書」（平成 24 年度，文部科学省研究開発局・NIED）においても、今回の震源域および栗島周辺に多数の背斜構造および活断層が確認されている。活断層とみられる断層の分布は、海域断層 PJ の断層位置ともおおむね整合している。



「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究成果報告書」所収の今回の震源近傍海域の断層分布

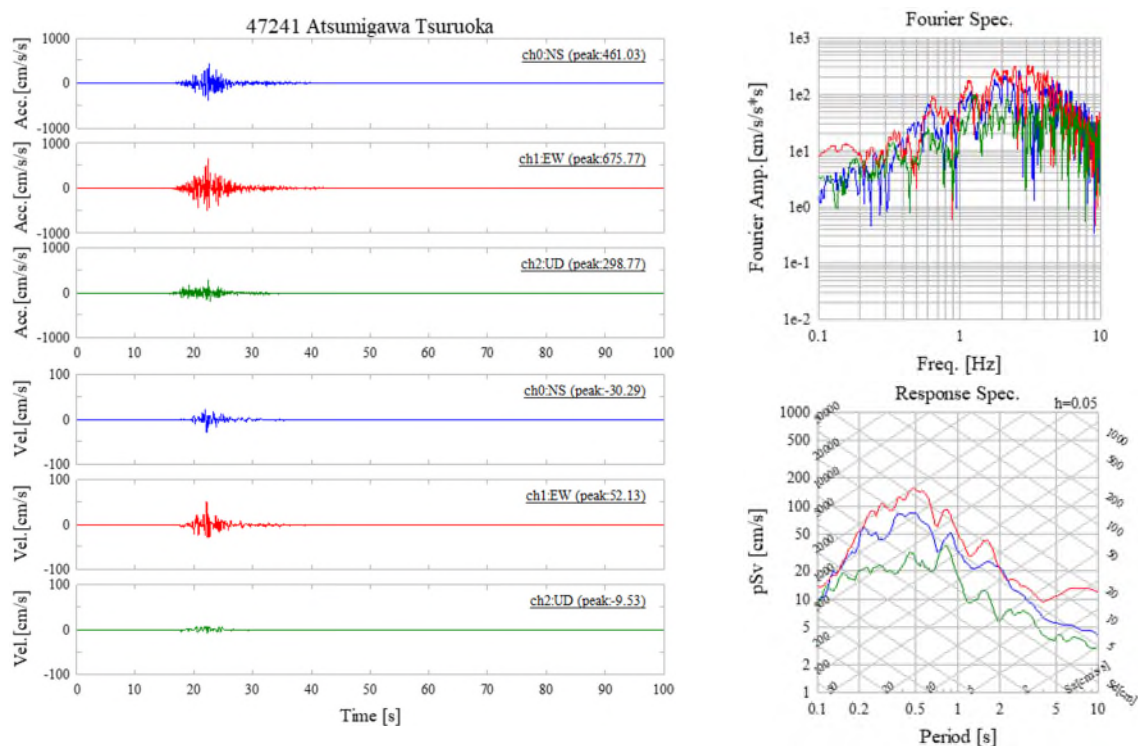
(5) 地震動の特徴

2019年6月18日山形県沖の地震で観測された地震記録のうち、特に振幅の大きい気象庁の鶴岡市温海川(47241)とK-NETの温海(YMT004)の観測記録を示す。なお、震度6強が観測された村上市府屋の観測記録は6月25日時点では公開されていない。鶴岡市温海川(47241)では、3~5Hzと比較的高い周波数が卓越しており、最大加速度が676galとなった。温海(YMT004)ではさらに高い5~10Hzが卓越している。

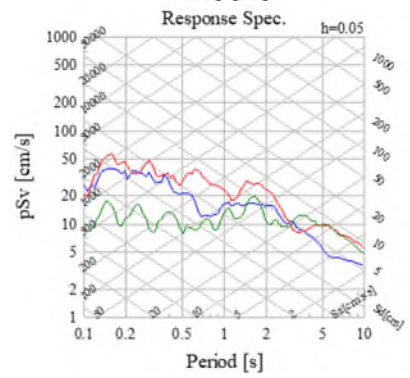
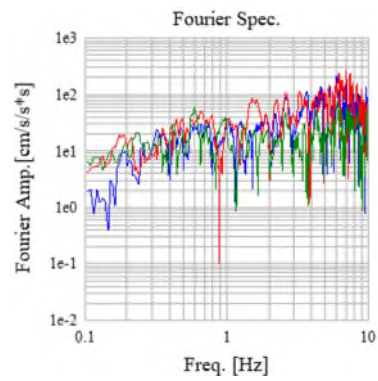
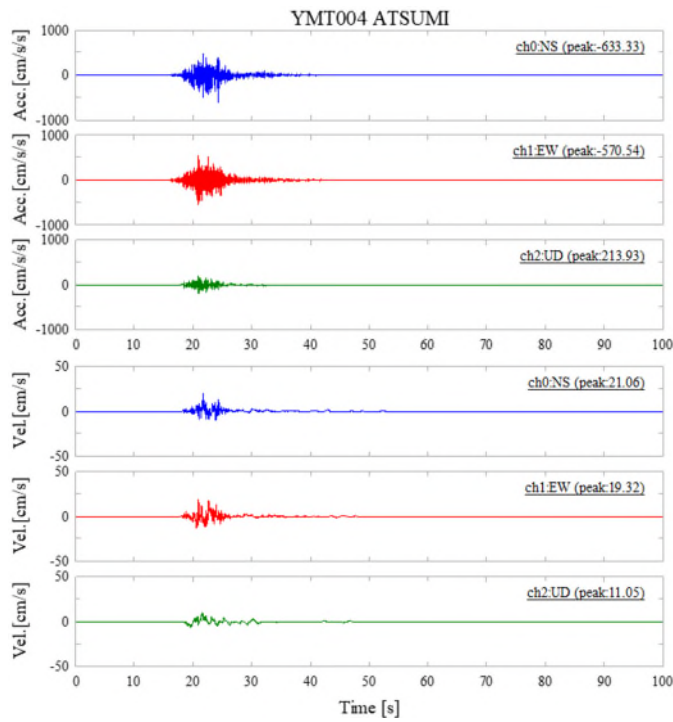
一方、気象庁の酒田市亀ヶ崎観測点では、長周期地震動階級3が観測された。同観測点は庄内平野の中央に位置し、厚い堆積層内で比較的長い周期の地震動が増幅された影響と考えられる。



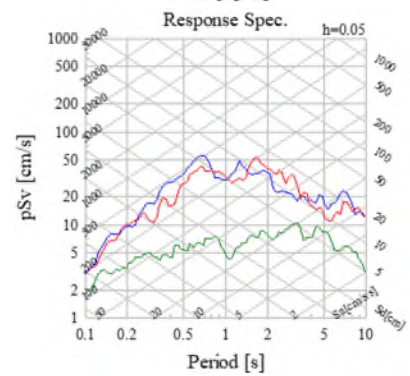
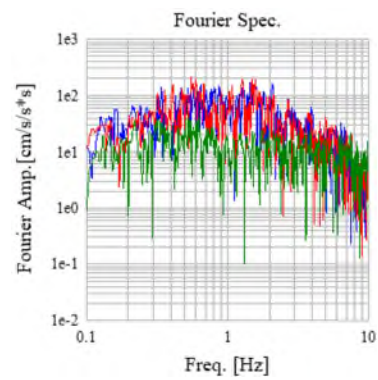
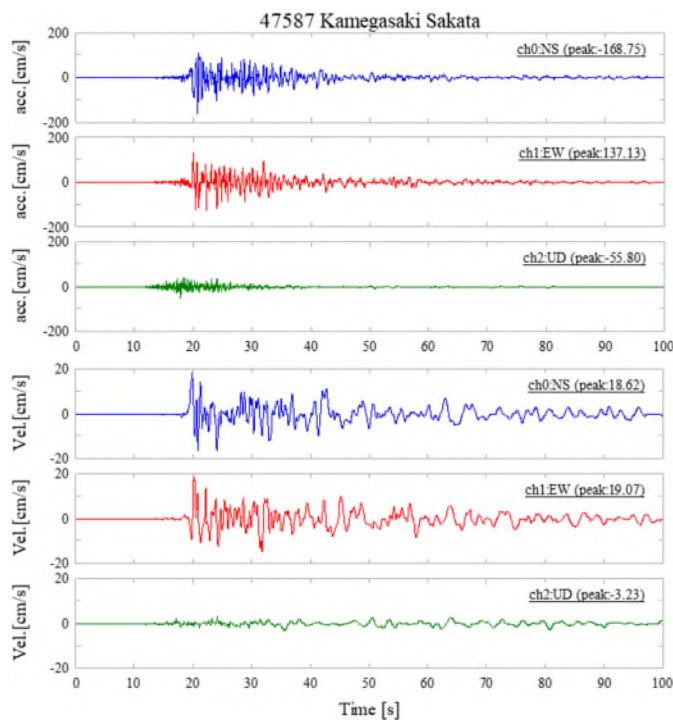
観測点位置平面図



地震観測記録：気象庁 47241 鶴岡市温海川地点

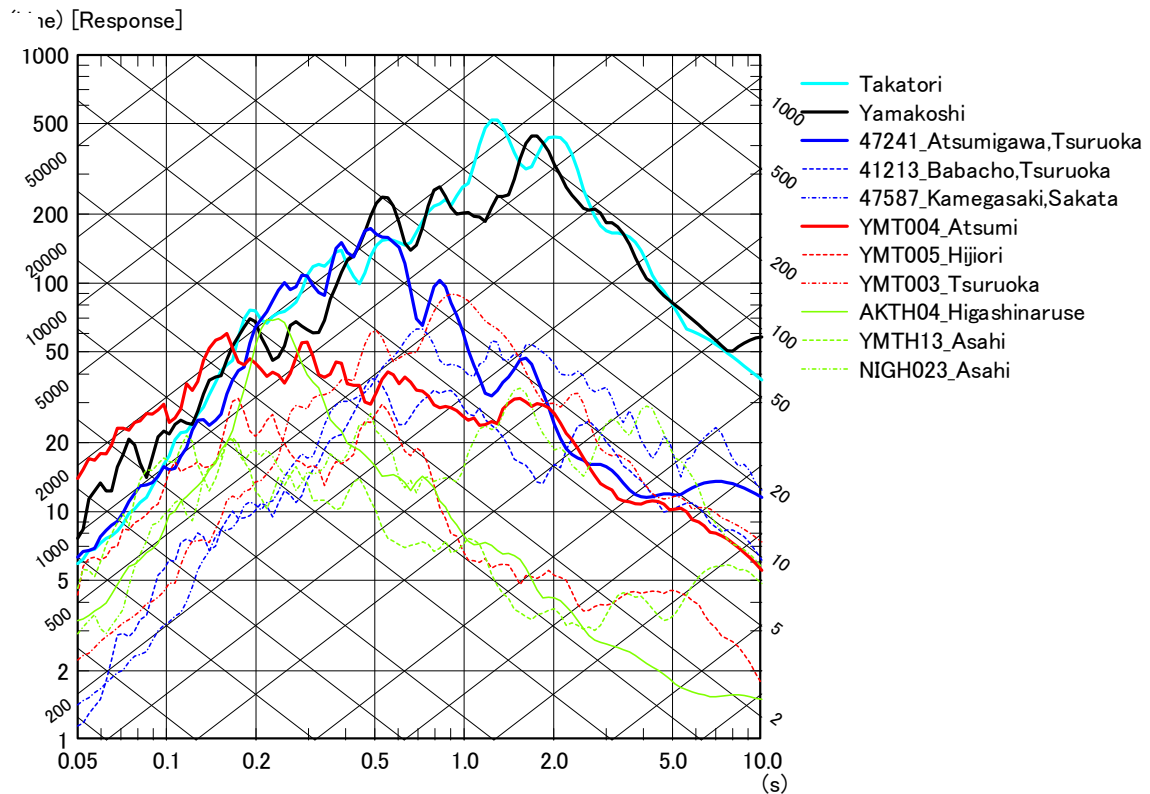


地震観測記録：K-NET YMT004 温海地点



地震観測記録：気象庁 47587 酒田市亀ヶ崎地点

上記3点を含む2019年6月18日山形県沖の地震の観測記録の疑似速度応答スペクトル（水平2成分合成，減衰定数5%）を下図に示す。比較として地震動による被害が著しかった兵庫県南部地震のJR鷹取、および新潟県中越地震の山古志の疑似速度応答スペクトルも併せて示す。山形県沖の地震の地震動は、鶴岡市温海川（47241）では周期0.5秒、K-NETの温海（YMT004）では周期0.2秒より短周期側において、甚大な被害をもたらした地震の地震動のスペクトルと同等なレベルとなっている。しかしながら、周期0.5秒よりも長周期側のスペクトルは小さい。

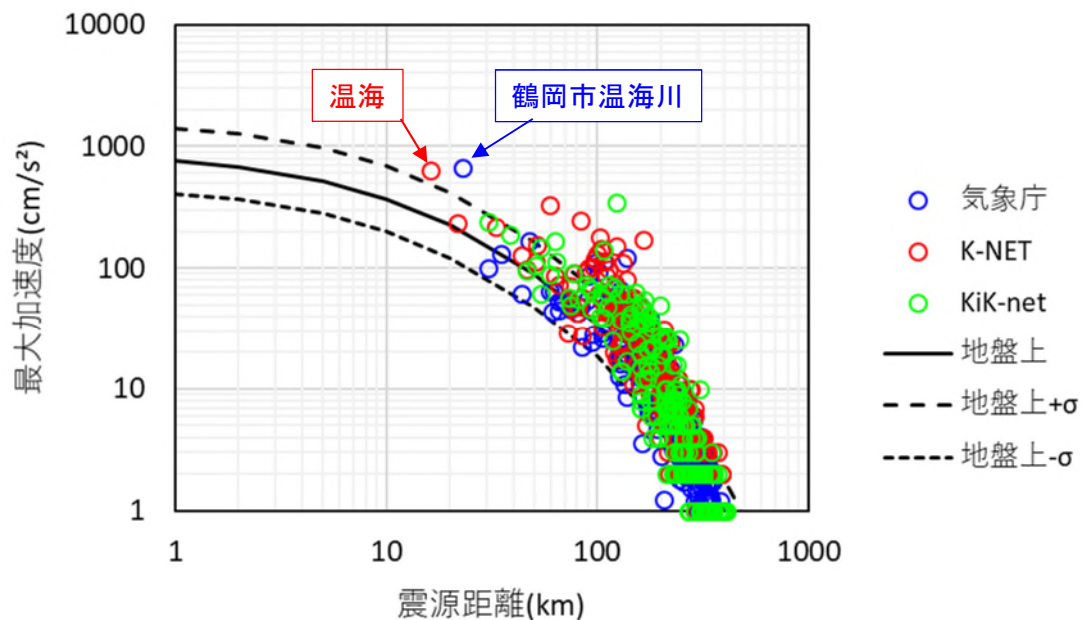


Takatori: 兵庫県南部地震 JR 鷹取

Yamakoshi: 新潟県中越地震 山古志

山形県沖地震の地震記録の疑似速度応答スペクトル：過去の主要な地震記録との比較

震源から観測点までの距離を計算し、最大加速度（水平2成分の大きいほう）の距離減衰図を作成し、司・翠川(1999)による最大加速度の距離減衰式と比較した。鶴岡市温海川(47241)と温海（YMT004）の最大加速度は、距離減衰式の $+\sigma$ と比べても大きい値となっている。



山形県沖地震の地震記録の距離減衰：最大加速度

出典

気象庁観測波形および最大加速度リスト

長周期地震動に関する観測情報

<http://www.data.jma.go.jp/svd/eew/data/ltpgm/20190618222224/index.html>

K-NET および KiK-net 観測波形および最大加速度リスト

National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience (2019), NIED K-NET, KiK-net, National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, doi:10.17598/NIED.0004

2. 現地における被害調査結果

(1) 調査の概要

地震発生翌日の6月19日から20日の2日間に、新潟県村上市、山形県鶴岡市および酒田市の各市域を車で移動し、被害調査を実施した。調査地点を図2-1に、各地点の状況を図2-2以下に詳細な位置と写真で示す。確認された被害を災害種別にまとめると以下のようである。

(ア) 地盤災害

- ① 村上市府屋の総合体育館の盛土の崩壊
- ② 鶴岡市湯温海の道路盛土の滑りによる崩壊
- ③ 鶴岡市小岩川を通る国道7号線の橋梁取付部の沈下と亀裂
- ④ 鶴岡市の国道7号線から由良地区に入る道路の沈下と亀裂
- ⑤ 鶴岡駅前空き地の液状化。車が一台埋まった。液状化現象が見られたのは鶴岡駅前のみであった
- ⑥ 由良漁港の被害は見られなかった

(イ) 建物等被害

- ① 鶴岡市大泉小学校の相撲場の支柱が折れ屋根が倒壊
- ② 鶴岡市小岩川では屋根瓦の被害が多く見られ、応急危険度判定調査が行われ、中には危険（赤色）または要注意（黄色）の紙が貼られた建物があった
- ③ 鶴岡市由良や鶴岡市湯温海でも屋根瓦被害の建物があった
- ④ 鶴岡駅前のロータリーの道路で若干の沈下、亀裂が見られた。また、ピロティの柱の天井部で落下があった

(ウ) その他の被害

- ① 組積造（大谷石）の塀の倒壊がいくつか見られた
- ② コンクリートブロック塀のうち、上部にすかしブロックが連続した部分で倒壊が見られた
- ③ 酒田市古荒新田の神社で灯籠が倒壊していた
- ④ 鶴岡市由良のお寺の裏山にある墓地では墓石の倒壊や回転が見られた



図2-1 調査地点位置図

背景地図は、国土地理院の地図・空中写真閲覧サービスを用いた。

(2) 現地の状況

1) 村上市府屋（6月19日）

村上市府屋にある総合体育館では盛土の北東角の法面に滑りが生じ、コンクリートブロックの崩壊が生じていた。北北東の斜面においてブルーシートがかぶせられていた。



背景地図は、国土地理院の地図・空中写真閲覧サービスを用いた。



図2-2 村上市府屋にある総合体育館敷地内の盛土法面の崩壊地



図2-3 村上市府屋にある総合体育館敷地内の盛土法面の崩壊の全景

2) 鶴岡市小岩川（6月19日、20日）

鶴岡市小岩川では、屋根瓦の被害が多数発生していた。19日の調査時では、18日の地震発生の翌日だったこともあり、雨の中で屋根にシートをかぶせる作業を行っていた。20日に再度調査した時には、家屋の応急危険度判定調査が行われていた。羽越本線の小岩川駅の駅舎は、段差ができているということで中に入ることができなかった。

小岩川の海側を走る国道7号線では、橋梁の取付部において路面の沈下と亀裂が生じていた。



背景地図は、国土地理院の地図・空中写真閲覧サービスを用いた。



図 2-4 鶴岡市小岩川の民家の屋根にシートをかぶせる作業中。応急危険度判定は要注意（黄色）



図 2-5 小岩川駅の駅舎は立入禁止



図 2-6 小岩川地区の民家の屋根瓦の被害（6月19日調査）



図 2-7 小岩川地区の民家の屋根瓦の被害
19日に調査したときはシートが被されていないかった（図 2-6）が、20日に調査したときはシートが被されていた



図 2-8 小岩川地区の応急危険度判定調査結果
判定は要注意（黄色）



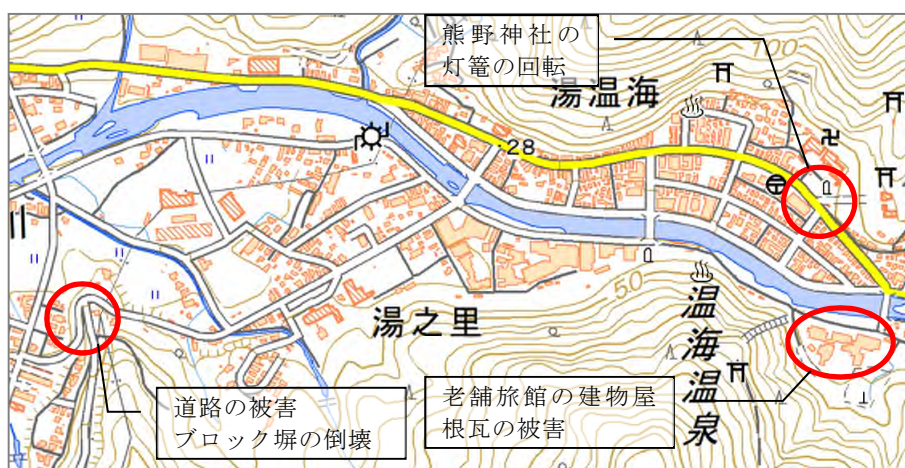
図 2-9 小岩川地区の応急危険度判定調査結果
判定は危険（赤色）



図 2-10 国道 7 号線の橋梁取り付け盛土の沈下と亀裂

3) 鶴岡市湯温海^{ゆ あつみ} (6 月 20 日)

鶴岡市湯温海にあるあつみ温泉は 1,000 年の歴史をもつ出羽の国の名湯と言われている。老舗旅館の屋根瓦に被害が出たり、熊野神社の階段上部にある灯籠に回転が生じ階段を使えなくなった。また、湯之里の奥には、道路の盛土部分の滑りによる段差が生じ、ブルーシートで覆われていた。その近くの人家ではブロック塀が倒壊していた。



背景地図は、国土地理院の地図・空中写真閲覧サービスを用いた。



図 2-11 あつみ温泉の老舗旅館の建物の屋根瓦の被害



図 2-12 熊野神社の階段上の灯籠の回転
階段は使用不可となっていた



図 2-13 道路の滑りによる段差とブロック塀の倒壊
道路の盛土部の亀裂が広がらないようにブルーシートで覆う。
左上の建物の前面道路には崩壊したブロック塀が積まれている

4) 鶴岡市^{ゆら}由良（6月20日）

国道7号線から由良地区に入る道路にへこみと亀裂が生じ車の通行が制限されていた。また、一部の住家の屋根瓦に被害が生じていた。白龍山海蔵寺の裏山に墓地があり、墓石の転倒、回転が見られた。組積造塀の一部倒壊が見られた。由良漁港の被害はなかった。



背景地図は、国土地理院の地図・空中写真閲覧サービスを用いた。



図 2-14 道路のへこみと亀裂
バリケードがあり、通行は限定されている。
へこみの部分は速度を落として走行している。



図 2-15 道路のへこみと亀裂。
圧縮力による歩車道境界ブロックの浮き上がり。



図 2-16 屋根瓦の被害



図 2-17 屋根瓦の被害



図 2-18 墓石の転倒
盛土面上の墓石は全て倒れているが、それ以外では全く倒れていない。



図 2-19 墓石の回転



図 2-20 組積造（大谷石）の塀の一部崩壊

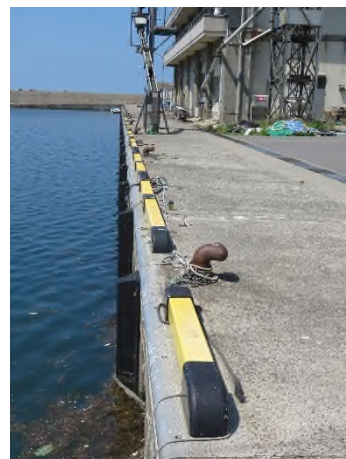


図 2-21 由良漁港の写真。被害なし

5) 鶴岡市街地（6月20日）

5.1) 鶴岡市末広町 鶴岡駅前

鶴岡駅前の空き地では液状化が発生し、車が沈んだ。駅前のロータリー周辺の歩道では、路面の段差やひび割れなど、規模が小さいが生じた場所があった。また、建物1階ピロティの柱の天井部が一部はがれた建物があった。



背景地図は、国土地理院に地図・空中写真閲覧サービスを用いる



図 2-22 鶴岡駅前空き地の液状化発生地点
赤丸部分が車が埋まった場所
当地は、扇状地の末端に位置する



図 2-23 鶴岡駅前空き地の液状化発生地点
液状化による噴砂孔



図 2-24 鶴岡駅地下通路の階段前後の沈下



図 2-25 鶴岡駅前通路のひび割れ段差



図 2-26 鶴岡駅前のビル前の段差
段差は、約 10cm



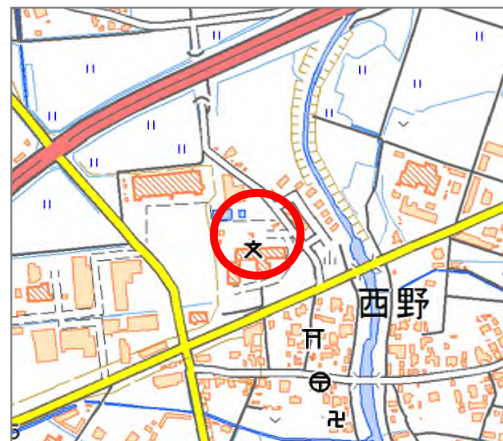
図 2-27 鶴岡駅前ビルのピロティ柱上部の被害

5.2) 鶴岡市白山西野 大泉小学校

大泉小学校では、相撲場の支柱が折れ、屋根が崩壊した。



図 2-28 鶴大泉小学校の相撲場の屋根の崩壊



背景地図は、国土地理院の地図・空中写真閲覧サービスを用いた。

5.3) 鶴岡市城北町

鶴岡市城北町では、組積造の塀が2箇所、木造の塀が1箇所の倒壊被害が見られた。



背景地図は、国土地理院の地図・空中写真閲覧サービスを用いた。



図 2 - 29 組積造の塀の倒壊



図 2 - 30 組積造の塀の倒壊



図 2 - 31 木造の塀の倒壊

6) 酒田市街地（6月20日）

6.1) 酒田市藤塚

コンクリートブロックの上部3段が倒壊していた。倒壊した2段目と3段目にはすかし型ブロックが交互に積まれ、耐震上弱い構造となっていた。



図2-32 コンクリートブロックの倒壊



背景地図は、国土地理院の地図・空中写真閲覧サービスを用いた。

6.2) 酒田市鶴ヶ崎7丁目

組積造（大谷石）の塀の倒壊が見られた。倒壊の際に隣の倉庫に塀がぶつかったのか倉庫の角部が壊れていた。



図2-33 組積造の塀の倒壊



背景地図は、国土地理院に地図・空中写真閲覧サービスを用いる

6.3) 酒田市古荒新田^{こあらしんでん}

伊勢両宮社の灯籠が倒壊した。既に修復作業が行われていた。



図 2 - 34 酒田市古荒新田の伊勢両宮社の
灯籠の倒壊
修復作業中



背景地図は、国土地理院の地図・空中写真閲覧サービスを用いた。

3. 地殻変動について（予察）

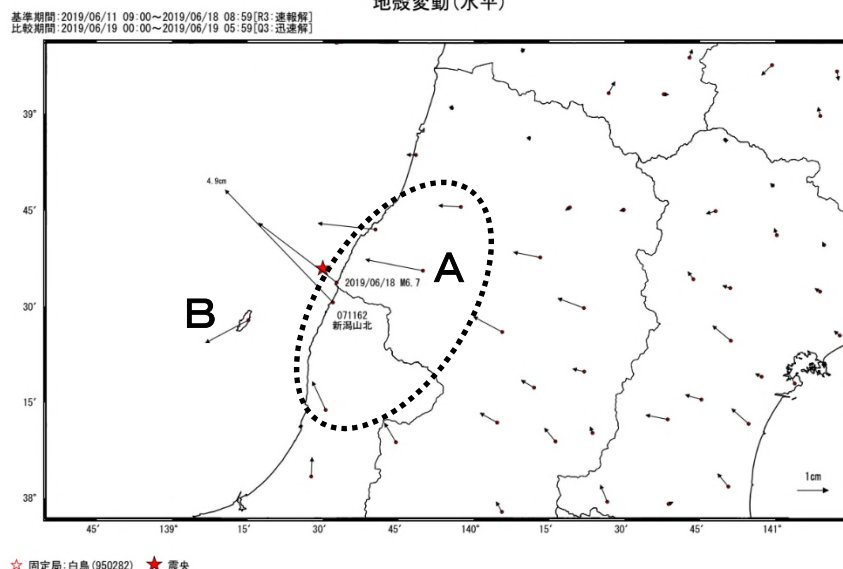
国土地理院による GPS 観測※1 では、震源東方の陸域（下図の A 付近）では水平成分で北西～西方向への移動が観測されており、余震分布の断面図に示された東傾斜の断層面における西上がりのすべりに対応しているようにみえる。また、震源南西方の栗島（下図の B）では、西南西方向への移動が観測されている

（※1 https://www.gsi.go.jp/chibankansi/chikakukansi_yamagata20190618.html）。

山形県沖の地震(6月18日 M6.7)前後の観測データ(暫定)

この地震に伴い地殻変動が観測された。

地殻変動(水平)



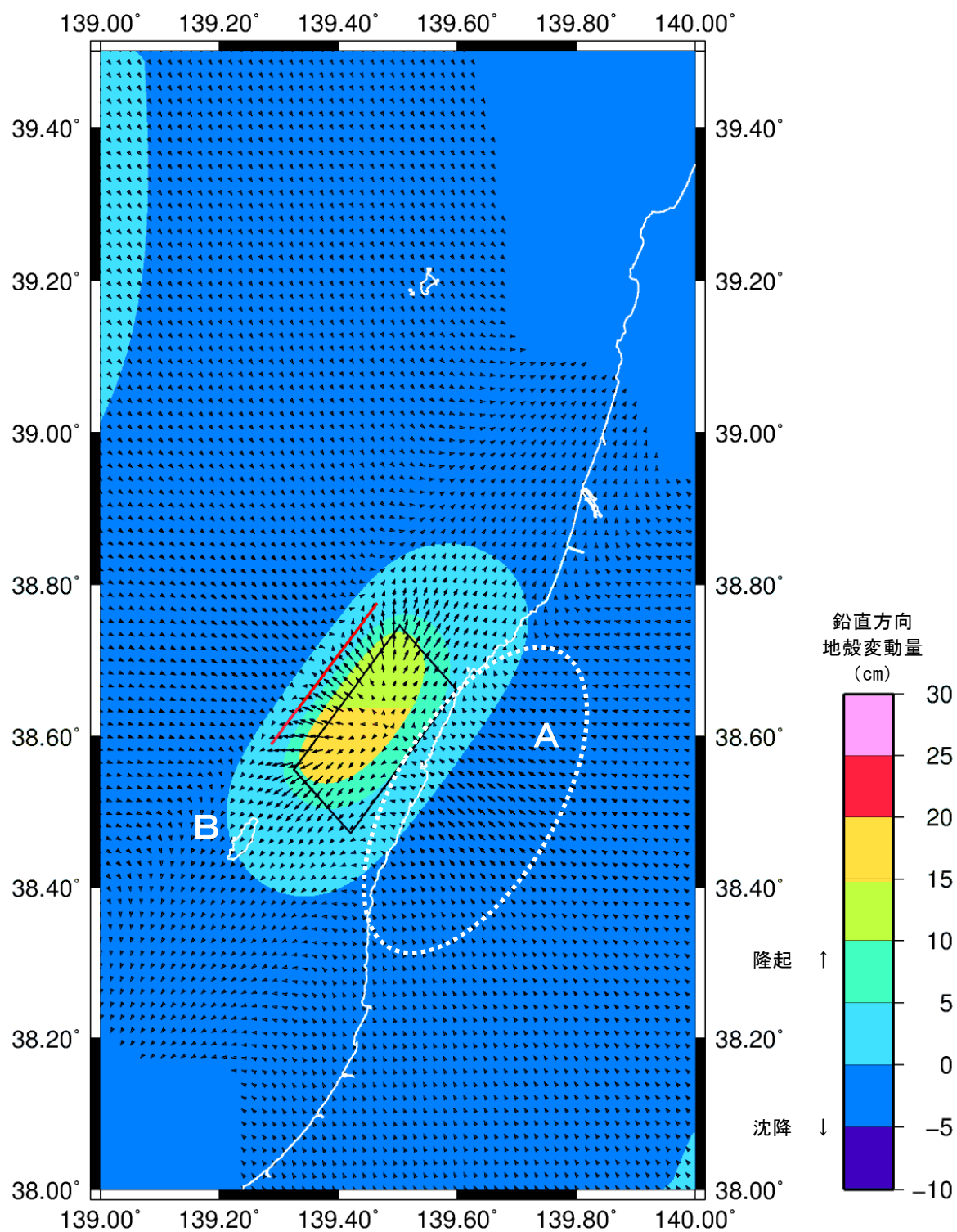
国土地理院のGPS観測による地震時の地殻変動（水平方向；地域名を加筆）

この観測結果と断層活動との関係を検討するために、震源解のデータと Hi-net の速報値による余震分布をもとに北東-南西走向で南東へ高角で傾斜する震源断層の存在を想定し、断層モデル【余震モデル】を作成し、これを用いて地殻変動量分布の計算を試みた。

・【余震モデル】の断層パラメータ（「断層パラメータハンドブック」に準拠）

緯度 38.55591° 経度 139.32539°
走向 37.2° 傾斜角 39.8° すべり角 90°
上端深度 5km 下端深度 15km
断層長さ 26.2km 断層幅 12.5km
すべり量 0.45m Mw 6.40

この計算により、断層の東方にあたる日本列島内陸部（図中の A）における北西方向への移動、断層の走向方向に南西にあたる栗島（図中の B）における南西方向への移動に、それぞれおおむね対応する計算結果が得られた。



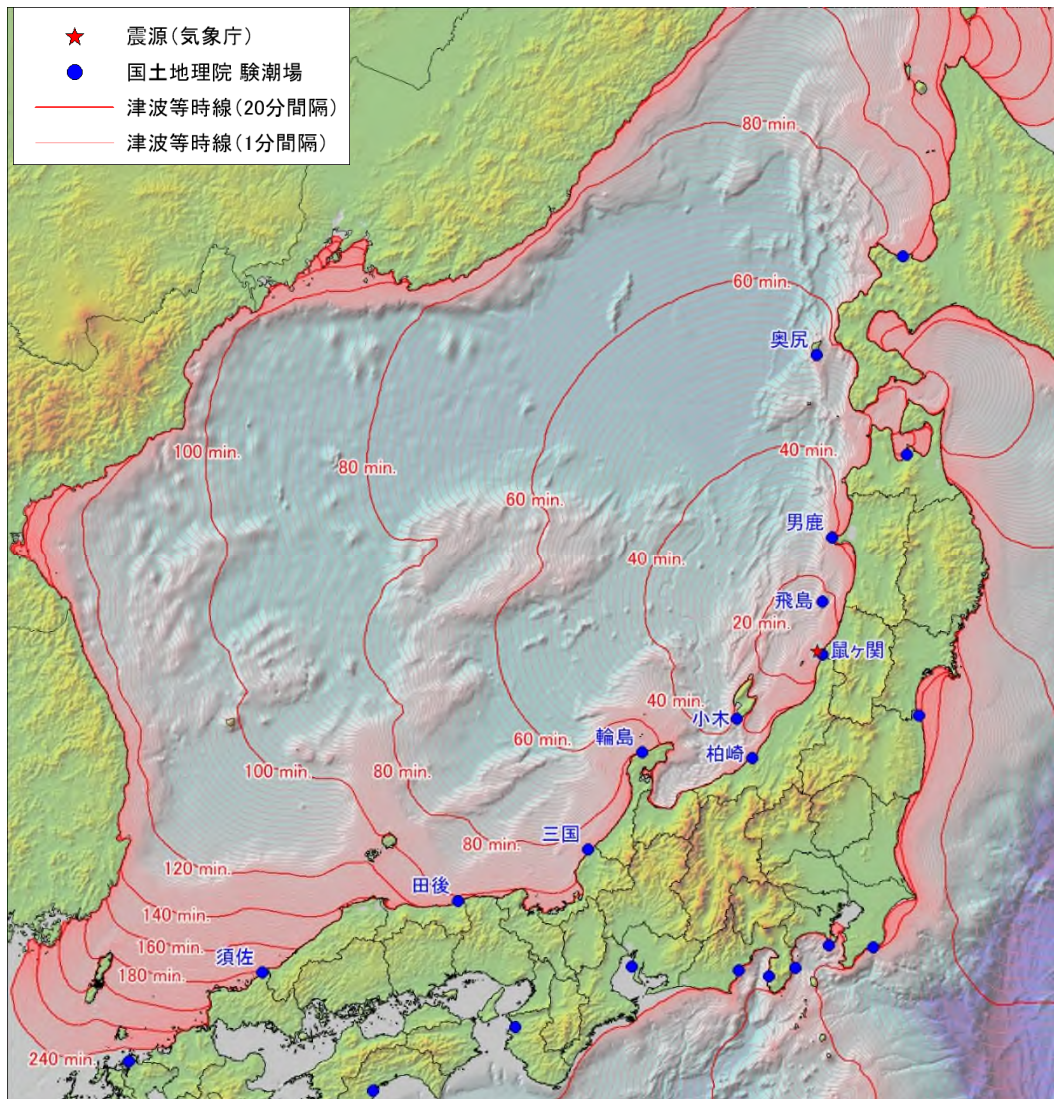
【余震モデル】による地殻変動の計算結果

図中のベクトル(→)は水平地殻変動の方向を、色は上下方向地殻変動量を示す。A、Bの位置は前の図に対応。

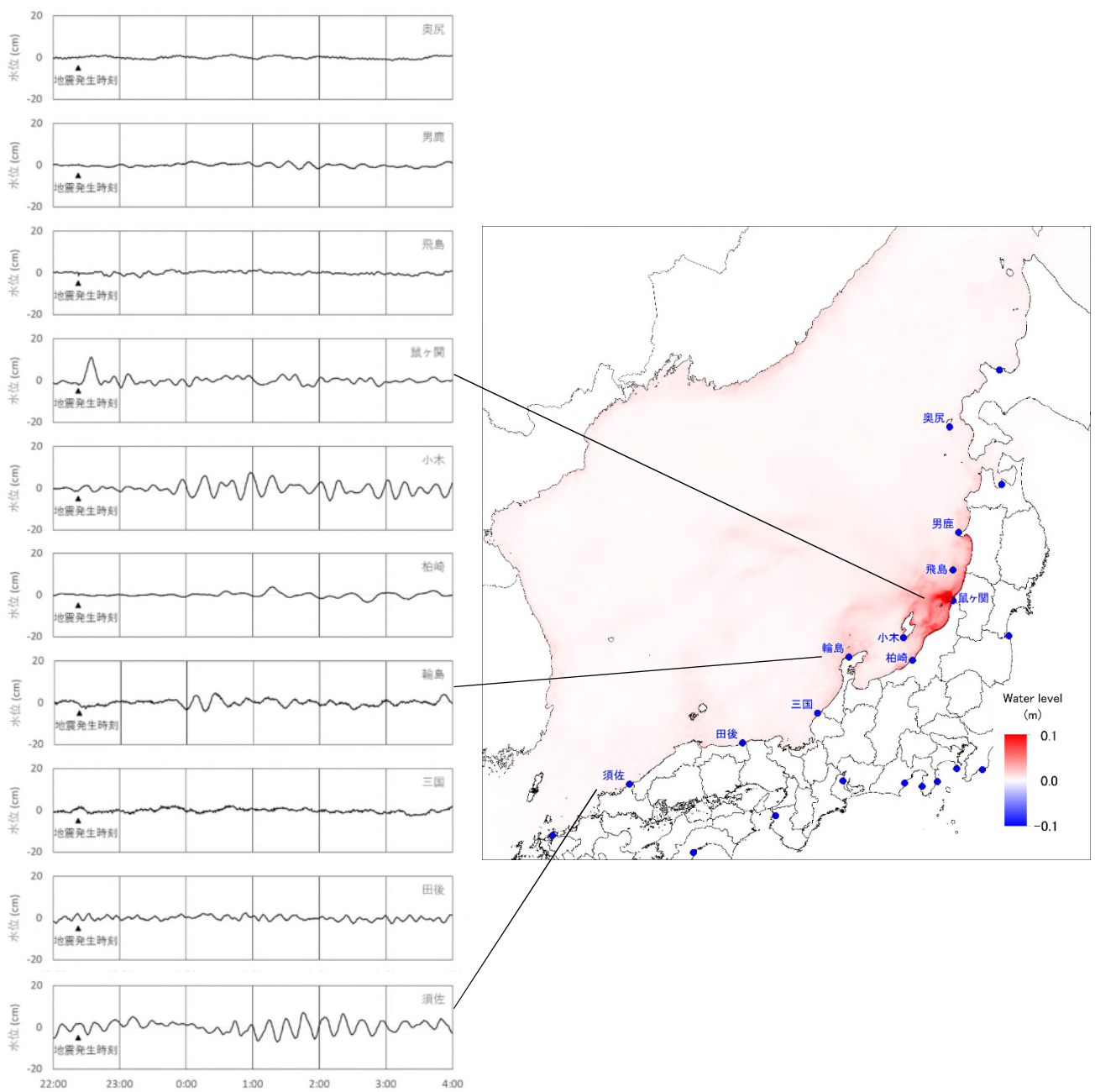
4. 津波について：検潮記録とシミュレーション（予察）

今回の地震では、気象庁から津波注意報が発令され、新潟などごく小さい津波が観測された。今回の地震の震源域を波源とする津波の伝播図（津波等時線）や津波シミュレーションでは、震源域からいったん西方の沖合に出た津波が、能登半島北方の浅海域で屈折し能登半島方面へ向かう状況が確認できる。断層モデルは、余震分布を参考に $M_w6.5$ の低角逆断層のモデルとして設定している。

国土地理院の検潮記録では、震源近傍の鼠ヶ関で地震発生直後に明瞭な津波が認められる。それ以外の地点では、小木（佐渡島）、輪島（石川県）、須佐（山口県）で水位変動が見られる。これらの水位変動は微小であるため観測のノイズの可能性も否定できないが、輪島の水位変動は地震発生から約 80 分後で津波等時線と良く一致しており、津波が観測されたものと考えられる。須佐での水位変動は、日本海中央の大和海盆で屈折した津波が山陰地方に到達した可能性が考えられる。このような現象は、1983 年日本海中部地震の際の津波でも観測されている。



山形県沖の地震を波源とした津波伝播図（津波等時線）



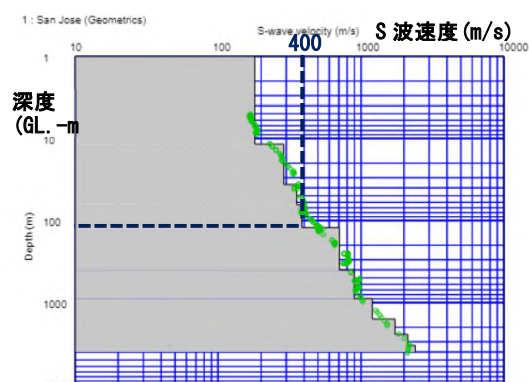
山形県沖地震の津波シミュレーション結果（右）と国土地理院が観測した験潮記録（左）

<トピック：北米西岸で観測された山形県沖の地震>

今回の地震では震央から 8,000km 以上離れた米国カリフォルニア州のサンノゼ（San Jose；OYOグループ企業の Geometrics 社敷地内）でもごく微小な地震動が観測された。観測には、OYOの3成分地震計（微動計）：McSEIS-MT-Neo と McSEIS-AT（3チャンネル，開発中）を用いた。



- ・上左と上右：震源と観測地点(サンノゼ)の位置関係。観測地点はサンフランシスコ湾沿岸の沖積低地の上。海拔約 20m。
座標：N37.400361°，W-121.889548°
※地図は USGS の地形図 view サイトによる
<https://ngmdb.usgs.gov/topoview/viewer/>



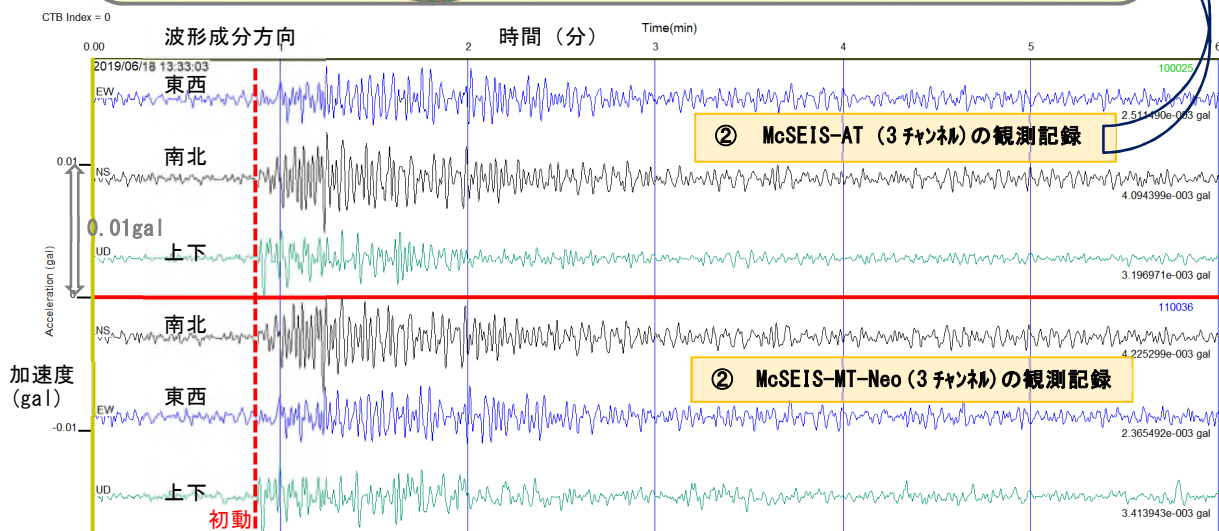
- ・右下：観測地点の地盤の S 波速度構造
軟質な地層が厚く、工学的基盤相当の S 波速度 (400m/s) が確認できる深度は 100m 以深。
- ・下：サンノゼで観測された「2019 年 6 月 18 日 山形県沖の地震」の波形記録
初動観測時刻：国際標準時 2019 年 6 月 18 日 13:22:20
縦軸：加速度 横軸：時間 ローパスフィルター：1.0Hz

McSEIS-AT のデータ①は探査用の速度計（ジオフォン）を用いた観測（速度波形を補正して加速度に変換）、McSEIS-MT-Neo のデータ②は広帯域の加速度計による観測結果である。両者はほぼ同じ波形記録となっている。

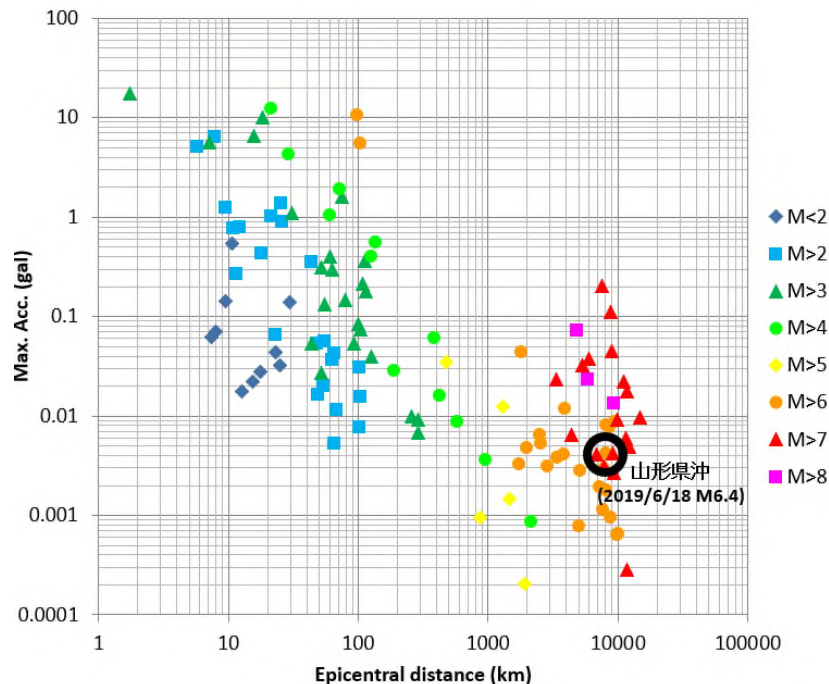
観測に用いた開発中の地震計（微動計）

McSEIS-AT (3CH)

3 成分ジオフォン (2Hz)



下の図は、過去数年間、サンノゼで McSEIS-MT-Neo もしくは McSEIS-AT で測定した自然地震を公表されたマグニチュード (USGS による) と観測した最大加速度で整理したものである。今回の地震におけるサンノゼで観測された最大加速度は約 0.004gal であった。USGS の発表では地震のマグニチュードは M6.4 であり気象庁発表の値とは異なるが、震央距離 8,000~9,000 km の地震としてはほぼ標準的な振幅である。



この図に示したように、McSEIS-MT-Neo や McSEIS-AT のような廉価な地震計を用いた観測でも、震央距離 100 km 以内で加速度が 10 Gal を超えるような強振動から、震央距離が 10,000 km を超える遠地地震まで測定できる。かつては、このような広帯域の多様な観測は、広帯域地震計と加速度計を組み合わせ、基盤が浅い場所に常設の観測所を設けて行わなければならなかったため、1 点の観測点を設けるのにも数百万円から数千万円の予算が必要であった。また、多数の観測点を設けるのは難しく、観測点の間隔は短くても数 10 km であった。しかし、近年の電子技術の進歩により、McSEIS-MT-Neo や McSEIS-AT のような廉価な地震計を用いても広帯域で多様な観測が可能になっている。

さらに、このような観測機器を用いることにより、ごく狭い範囲での地盤の変化に起因する地震動の変化などについても、従来に比べてはるかに高密度な地震観測を行うことが可能になってきている。このような観測技術の進歩は、地震工学の分野において画期的な新しい知見につながると考えられる。

5. 最後に

「2019 年 6 月 18 日山形県沖の地震」について、現時点での机上・現地での調査・観測データの整理・解析結果をまとめた。今回の地震では、怪我人の発生はあったものの、死者は報告されておらず、人家の倒壊等の甚大な被害は生じていない。また、当初は津波の発生が警戒されたが、観測された津波はごく軽微なものであった。日本海東縁の「ひずみ集中帯」で発生した被害地震・津波と比較すると今回の地震・津波の規模と被害は、ごく小さいものといえる。しかしながら、この地域は、陸域・海域に活断層が密集しており、近い将来により規模の大きい地震・津波が発生する可能性は小さくない。今回の地震では結果的に被害が小さかったとはいえ、今後のこの地域の地震・津波防災を考える上では、今回の地震からも津波避難等の防災・減災対策についての教訓が読み取れるであろう。

応用地質株式会社では、地震発生時から本社と現地事業所、関連する事業部が連携して現地調査を含めた対応を行った。ここで報告した結果はその一部である。地震に限らずこのような緊急の災害対応は、弊社が会社の社命として連綿と実施してきたものであり、今後もこのような対応を継続し、レジリエントな社会の構築に貢献していきたいと考える。

【引用文献・データを使用したウェブサイト】

- ・ 気象庁地震情報 <https://www.jma.go.jp/jp/quake/00000000095.html>
- ・ 気象庁初動発震機構解
<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/mech/ini/fig/mc2019061822219.html>
- ・ Hi-net AQUA システムメカニズム解カタログ
http://www.hinet.bosai.go.jp/AQUA/aqua_catalogue.php?LANG=ja
- ・ USGS Earthquake Hazards Program M6.4 -31km WSW of Tsuruoka, Japan
<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us600042fx/executive>
- ・ 活断層研究会「新編日本の活断層—分布図と資料」, 1991.
- ・ 文部科学省研究開発局・国立研究開発法人海洋研究開発機構「海域における断層情報総合評価プロジェクト」H27 年度報告書, 2016.
https://www.jishin.go.jp/database/project_report/kaiiki/
- ・ 文部科学省研究開発局・国立研究開発法人海洋研究開発機構「海域における断層情報総合評価プロジェクト」H26 年度報告書, 2015.
https://www.jishin.go.jp/database/project_report/kaiiki/
- ・ 文部科学省研究開発局・独立行政法人防災科学技術研究所「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究（平成24 年度）成果報告書」, 2012.
<http://www.hizumi.bosai.go.jp/>
- ・ 国土地理院による GPS 観測結果
https://www.gsi.go.jp/chibankansi/chikakukansi_yamagata20190618.html
- ・ 泉紀明, 西澤あずさ, 堀内大嗣, 木戸ゆかり, 中田高, 後藤秀昭, 渡辺満久, 鈴木康弘, 3 秒グリッド DEM から作成した日本海東縁部の 3D 海底地形, 海洋情報部研究報告, 51, 2014.
- ・ 気象庁観測波形および最大加速度リスト
- ・ K-NET および KiK-net 観測波形および最大加速度リスト
National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience (2019), NIED K-NET, KiK-net, National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, doi:10.17598/NIED.0004
- ・ 司宏俊・翠川三郎, 1999, 断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集 523, 63-70.
- ・ USGS の地形図 view サイト: <https://ngmdb.usgs.gov/topoview/viewer/>