

第 354 回 地 震 調 査 委 員 会 資 料

〈 目 次 〉

- ◆ 2021年2月13日福島県沖の地震の震源分布…………… 2
- ◆ 2021年2月13日福島県沖の地震 観測点補正值による震源再決定…………… 3
- ◆ 2021年2月13日福島県沖の地震 (F-netによるメカニズム解 (暫定)) …… 4
- ◆ 2021年2月13日福島県沖の地震による強震動…………… 6
- ◆ 2021年2月13日福島県沖の地震による高周波エネルギー輻射量…………… 13

令 和 3 年 2 月 1 4 日



国立研究開発法人

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

2021年2月13日福島県沖の地震の震源分布

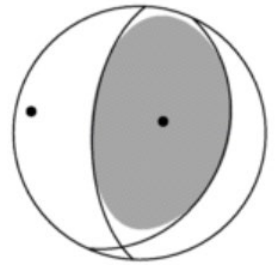
防災科学技術研究所



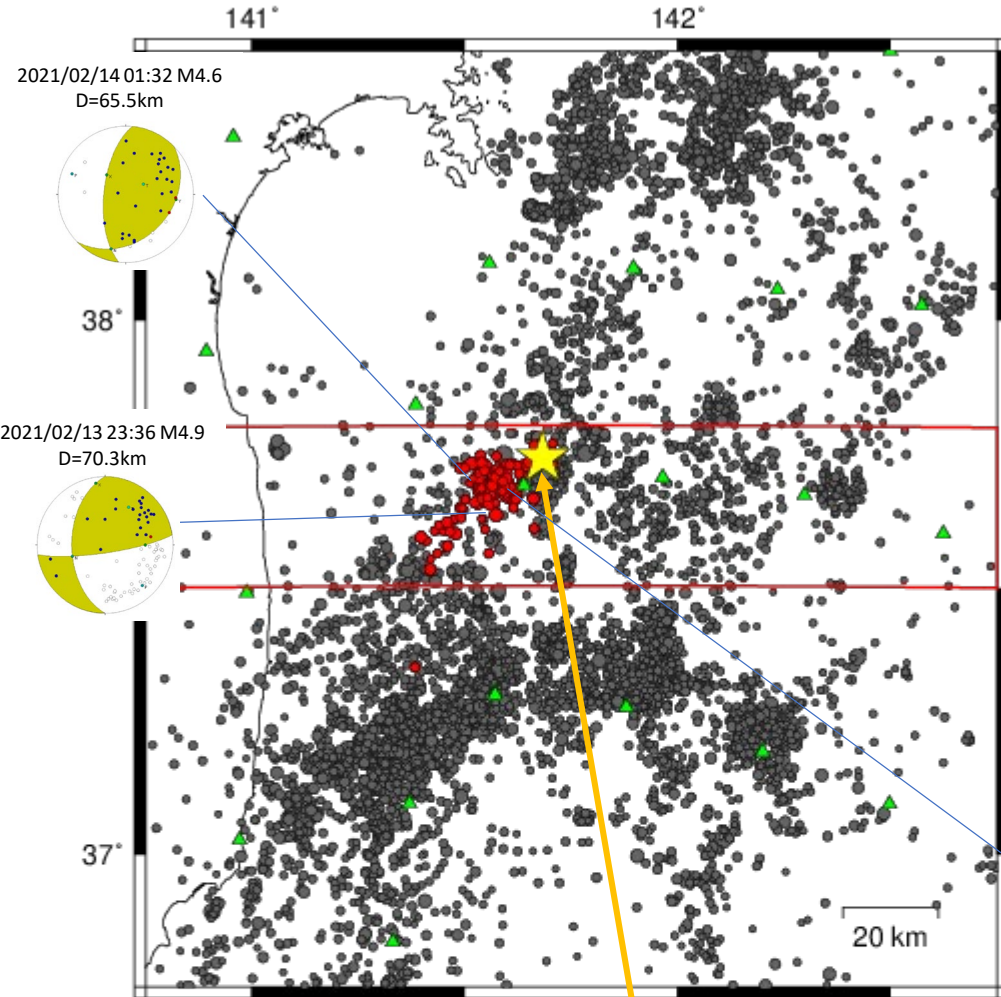
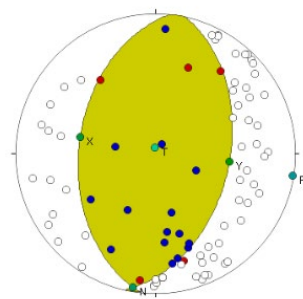
手動検測データで求めた震源分布図と 主な地震の発震機構解

本震の発震機構解

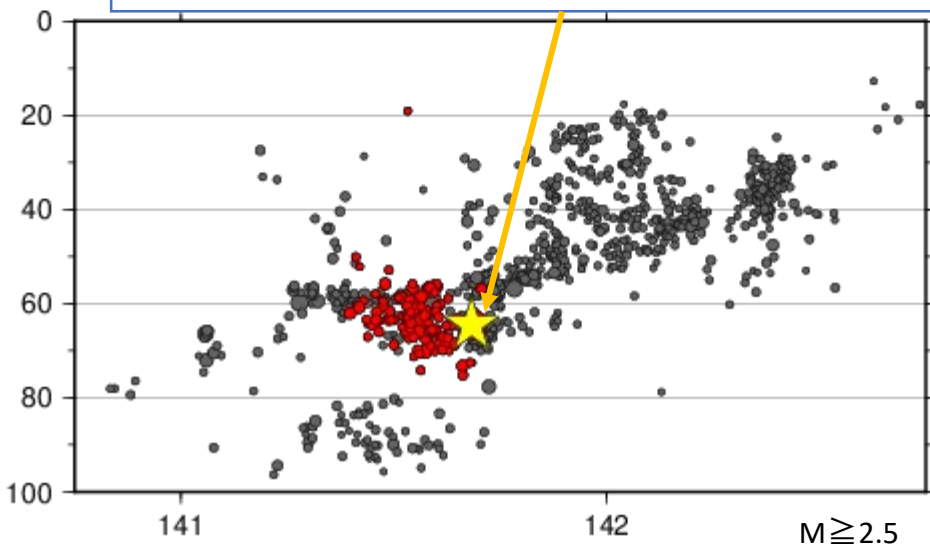
Mw7.1 (F-net)



初動極性解



2021年2月13日23時07分、深さ64.7km M7.3(気象庁)

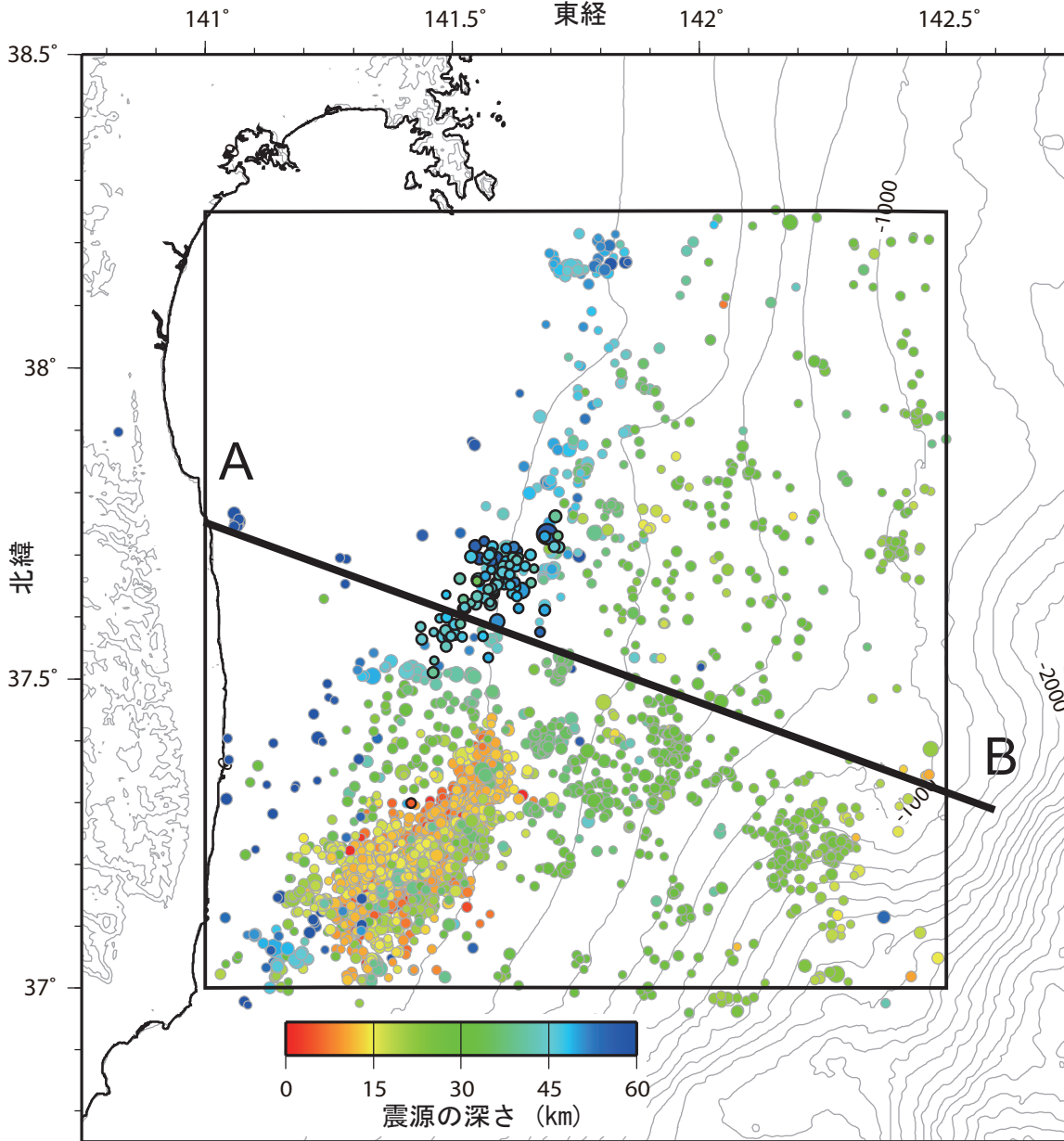


黒丸: 2017年1月1日から
2021年2月13日23時06分ま
での地震。

赤丸: 2021年2月13日23時07
分~2月14日5時21分までの
地震。

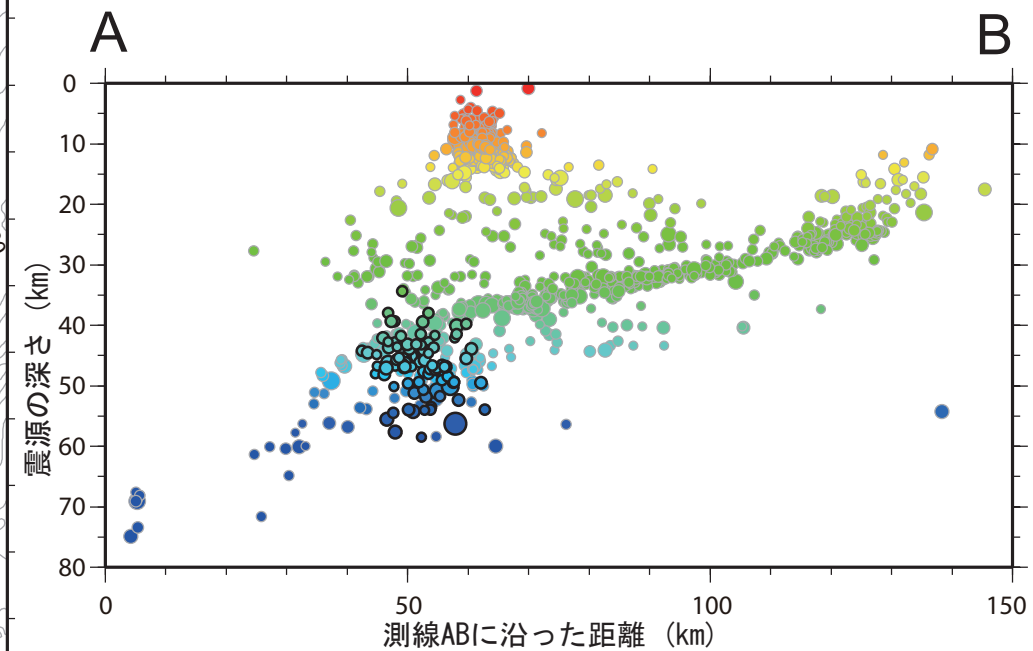
東西断面図には、赤枠内の
地震のみプロット。

2021年2月13日福島県沖の地震 観測点補正值による震源再決定



第1図. 観測点補正值を用いた再決定による震源分布. 2016年6月1日から2021年2月13日23時までの地震を灰色アウトラインの丸印で, それ以降2月14日6時までの地震を黒色アウトラインの丸印でそれぞれ示す. シンボルの色は地震の深さを表す. 防災科研によるルーチン処理震源カタログ (S-net記録使用, 手動検測) の中から矩形領域内に位置する地震を解析対象に選んだ.

- 観測点補正值を用いて2021年2月13日の地震を含む約4年間の地震の震源を再決定
- S-netを含む観測点の補正值は, CMT解の深さに震源深さを固定した震源決定時の走時残差より評価 [浅野・他 (2018JPGU)]
- 2月13~14日の地震活動域は, 面状の震源分布域よりも概ね深部に位置
→主にスラブ内の活動であることを支持



第2図. 再決定震源の深さ分布. 第1図中の測線から30 km 以内で発生した地震の深さ分布を鉛直断面図で示す. シンボルは第1図に同じ.

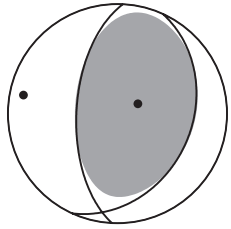
謝辞
本解析には, 気象庁, 東北大学, 東京大学, および地震予知総合研究振興会の記録も使用させていただいた.

2021年2月13日福島県沖の地震

(F-netによるメカニズム解 (暫定))



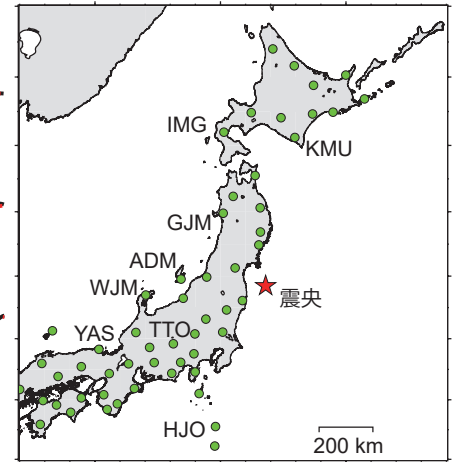
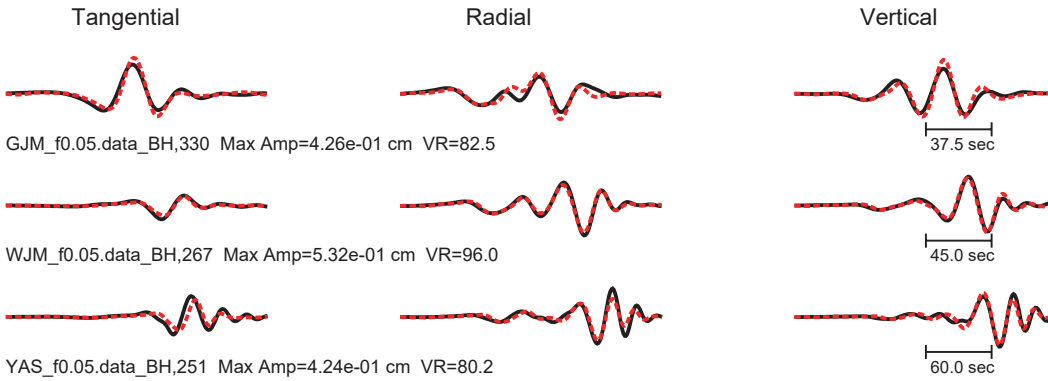
モーメントテンソル解析結果 2021/02/13 23:08 (Mw7.1)
東西圧縮の逆断層型の地震、深さ53 km



Mw = 7.1
Mo [Nm] = 4.95e+19
NP1: (24, 33, 108)
NP2: (183, 59, 79)
Var. Red = 86.38
Percent DC = 83
Percent CLVD = 17
Variance = 1.81e-03
RES/Pdc. = 2.18e-05

— Obs
- - - Syn.

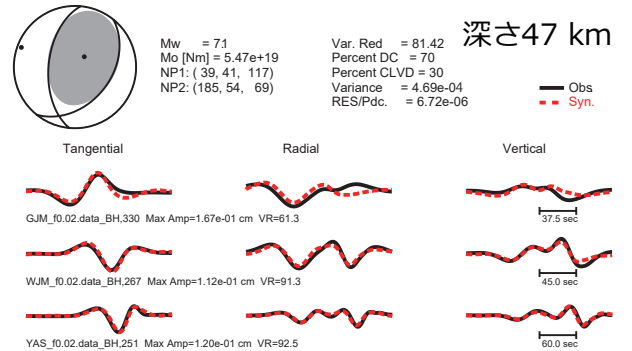
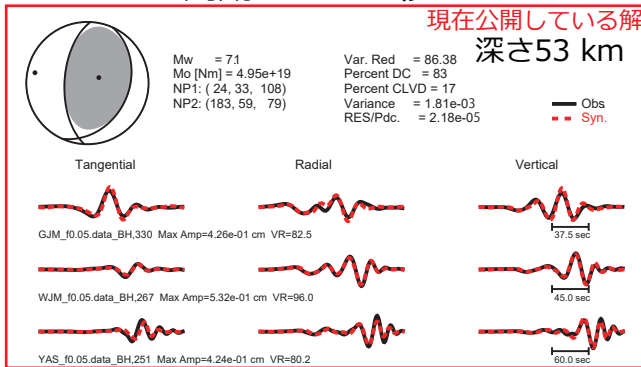
解析に利用したF-net観測点



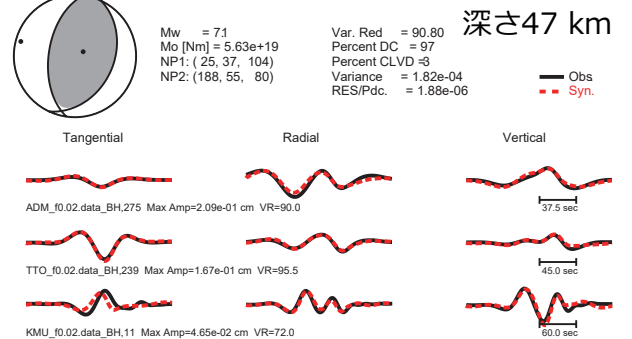
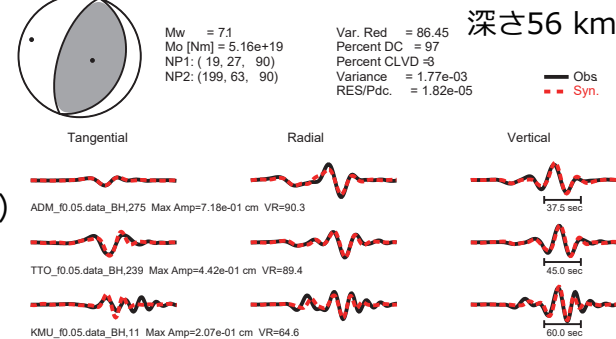
異なる観測点、周期帯でのモーメントテンソル解析結果 周期20~100秒

※深さは3 km間隔でグリッドサーチしている 周期50~200秒

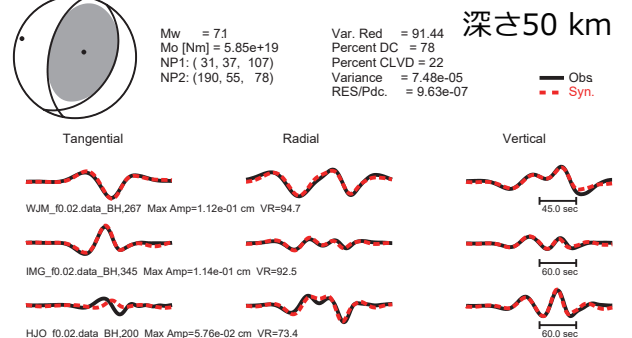
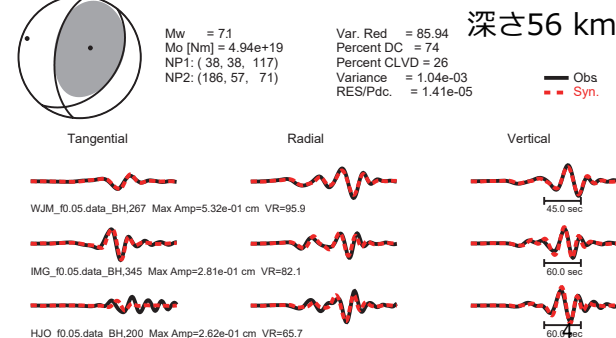
GJM(五城目)
WJM(輪島)
YAS(弥栄)



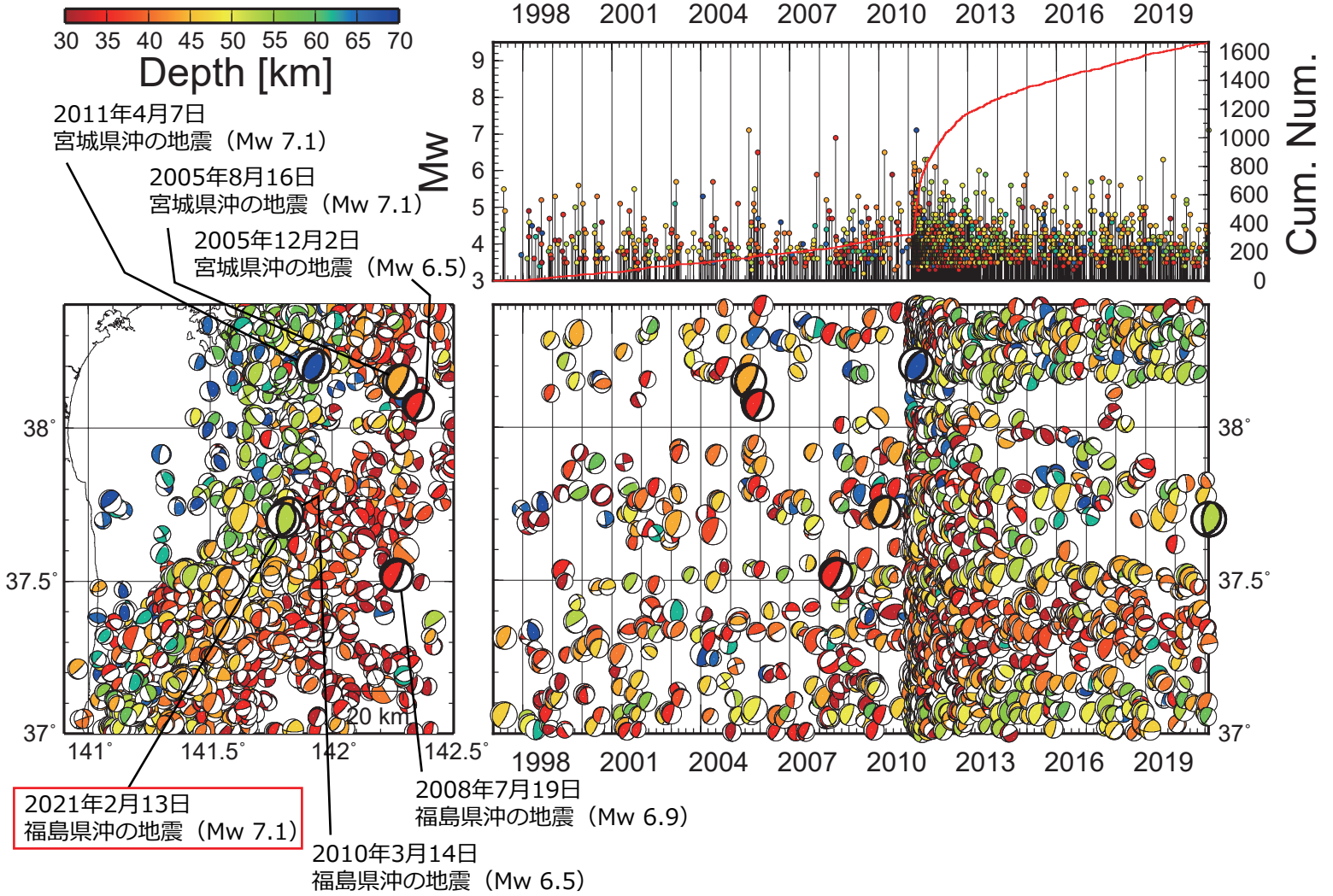
ADM(赤泊)
TTO(高遠)
KMU(上杵臼)



WJM(輪島)
IMG(今金)
HJO(八丈)



これまでに周辺で発生した地震



F-netモーメントテンソル解カタログによる周辺の過去の地震活動（深さ30-70 km）． Mw 6.5以上の地震の発生日を合わせて示す．

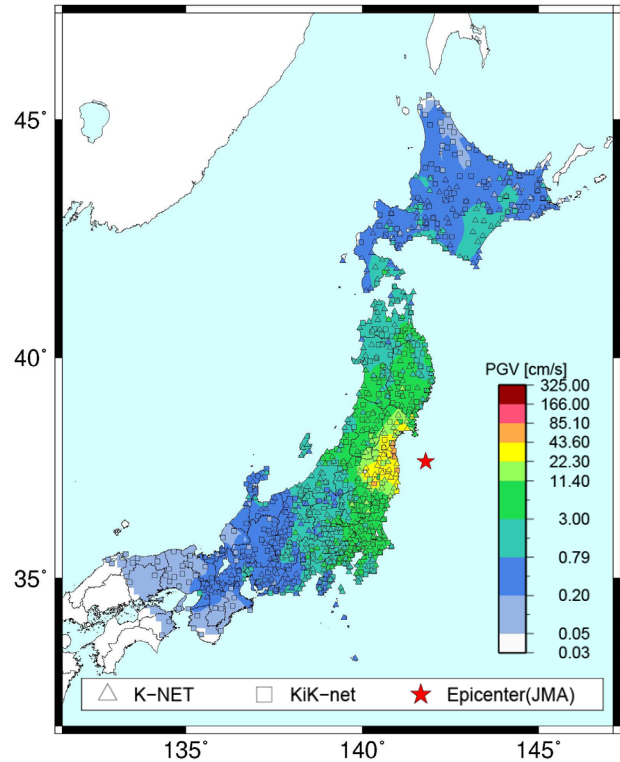
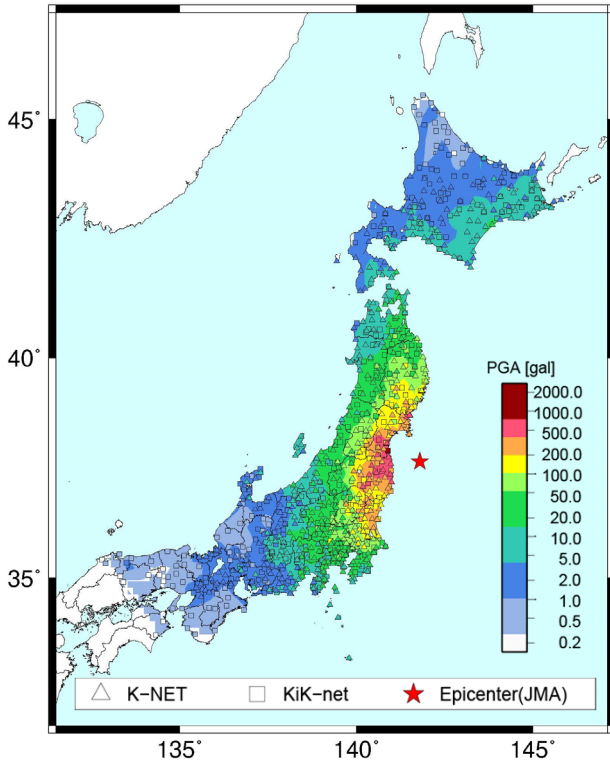
2021年2月13日福島県沖の地震による強震動



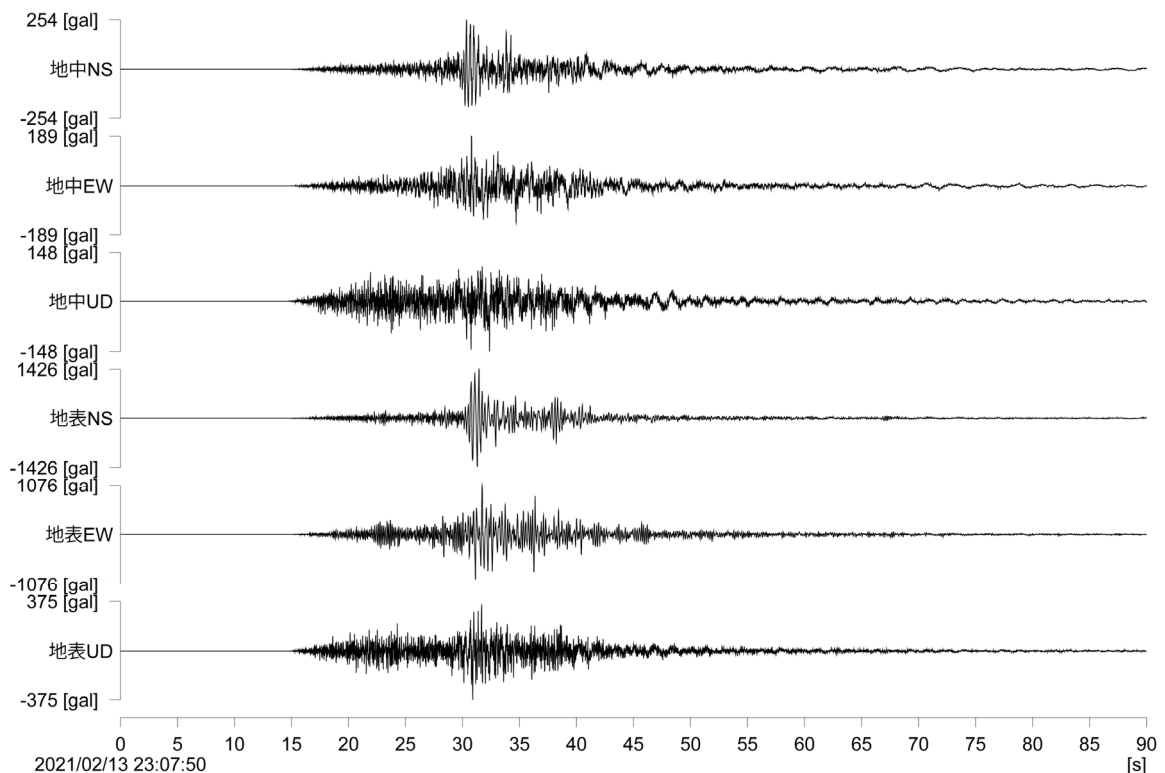
2021年2月13日23時7分, 深さ55km, M7.3 (気象庁による)

地表最大加速度

地表最大速度



K-NET・KiK-net観測点の中で最大の加速度(1,432 gal, 三成分合成値)を記録したKiK-net山元(MYGH10)観測点(宮城県亶理郡山元町)の強震波形



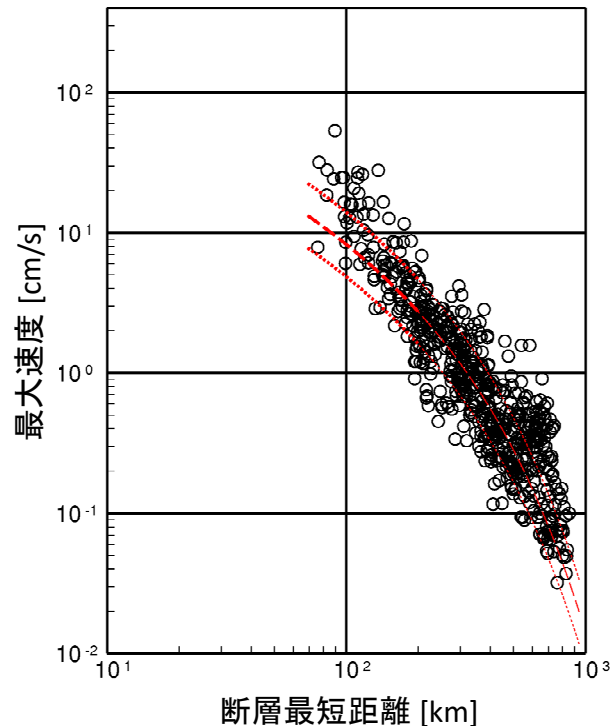
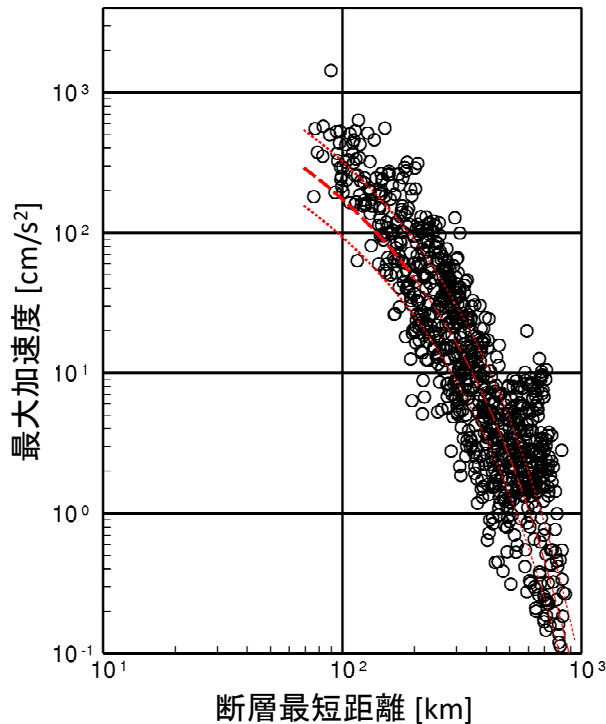
2021年2月13日福島県沖の地震による強震動



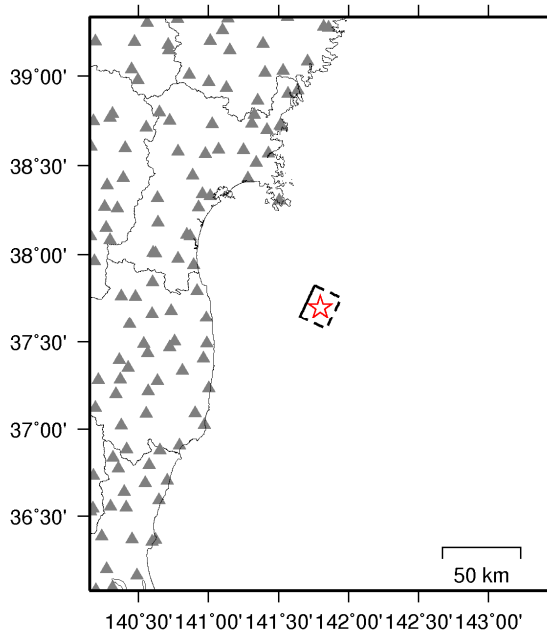
距離減衰式と観測された最大加速度、最大速度との比較

2021/02/13 23:07 深さ55km（気象庁）、Mw=7.1（F-net）

----- 司・翠川(1999)距離減衰式



距離計算のための断層モデル



○ 最大加速度、最大速度の観測値は水平2成分のうち大きい方をプロットし、最大速度については検層データから求めた補正值により $V_s=600\text{m/s}$ の「硬質地盤」上の値に換算。

○ 距離減衰式（司・翠川，1999）は $M_w=7.1$ のプレート内地震として計算。点線は標準偏差の範囲、薄線は距離減衰式導出に用いた距離範囲外への外挿を示す。

○ 断層距離計算のための断层面モデルは、走向24度、傾斜33度（F-net）、大きさ $20\text{km} \times 20\text{km}$ とし、気象庁震源位置が断层面中央に位置する。

2021年2月13日福島県沖の地震による強震動

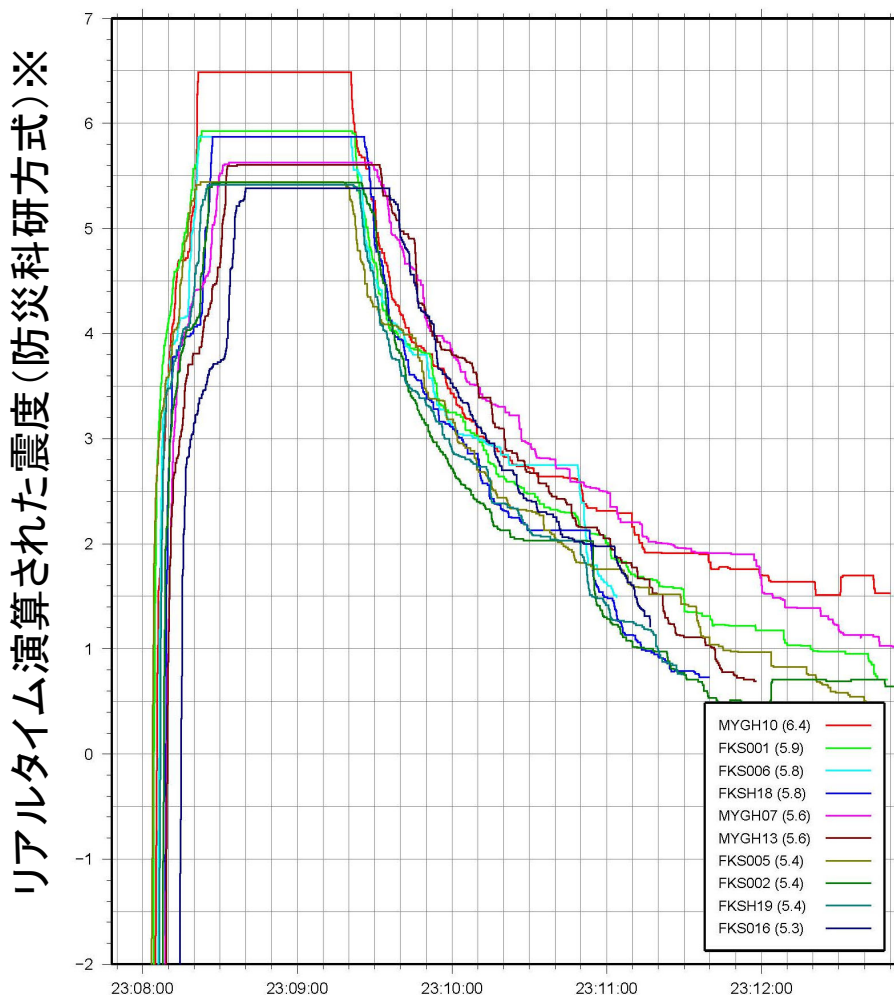


最大加速度上位10観測点

	観測点名	最大加速度	計測震度※
1	KiK-net山元(MYGH10)	1,432gal	6.4
2	KiK-net川崎(MYGH07)	767gal	5.6
3	K-NET相馬(FKS001)	647gal	5.9
4	K-NET原町(FKS005)	583gal	5.4
5	K-NET白河(FKS016)	575gal	5.3
6	K-NET梁川(FKS002)	573gal	5.4
7	K-NET葛尾(FKS006)	566gal	5.8
8	KiK-net南三陸(MYGH13)	555gal	5.6
9	KiK-net都路(FKSH19)	535gal	5.4
10	KiK-net三春(FKSH18)	533gal	5.8

※気象庁告示に基づきトリガ波形全体より計算

震度の時間変化



※功刀・他(2013)による

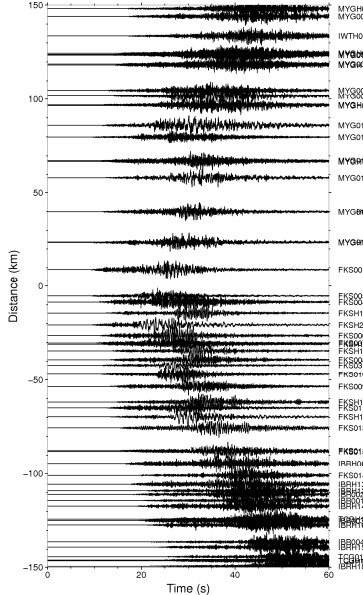
2021年2月13日福島県沖の地震による強震動



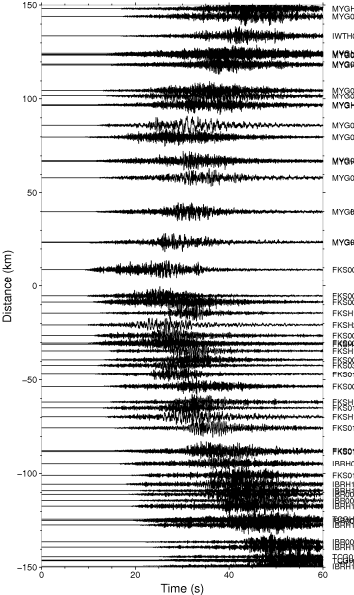
2021年2月13日福島県沖の地震 (M7.3、深さ55km) における強震波形記録のペーストアップ

加速度波形 (filterなし)

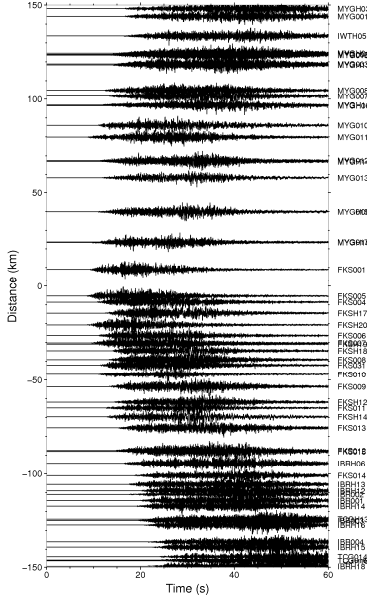
EW comp. of Acc. (cm/s/s) along azimuth of 020 deg.



NS comp. of Acc. (cm/s/s) along azimuth of 020 deg.

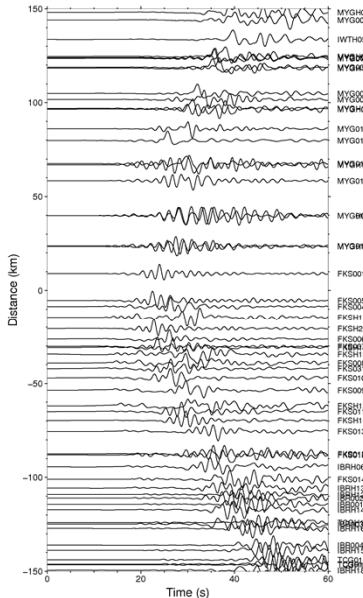


UD comp. of Acc. (cm/s/s) along azimuth of 020 deg.

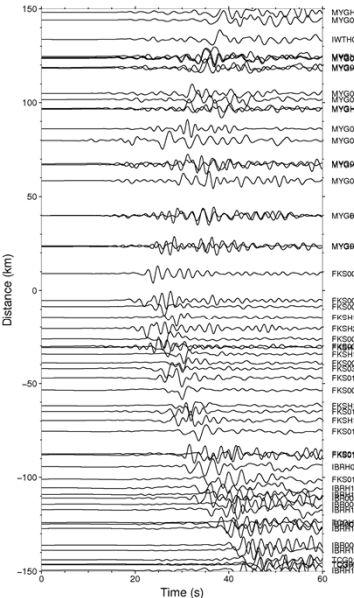


速度波形 (0.05-0.5Hzのband-pass filterを適用)

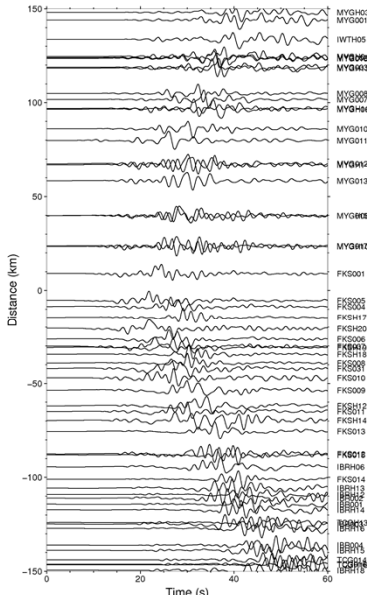
EW comp. of Vel. (cm/s) along azimuth of 020 deg.



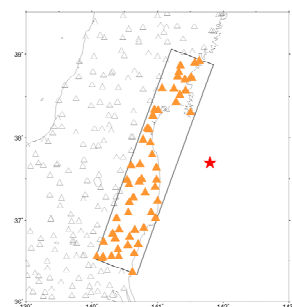
NS comp. of Vel. (cm/s) along azimuth of 020 deg.



UD comp. of Vel. (cm/s) along azimuth of 020 deg.



- 強震動波形のペーストアップとして、右の地図のオレンジ色の観測点での観測波形を北から南に表示
- 縦軸における距離ゼロは震央の緯度に対応
- 時刻0秒は2021/02/13,23:07:55.00
- 波形記録ごとに規格化



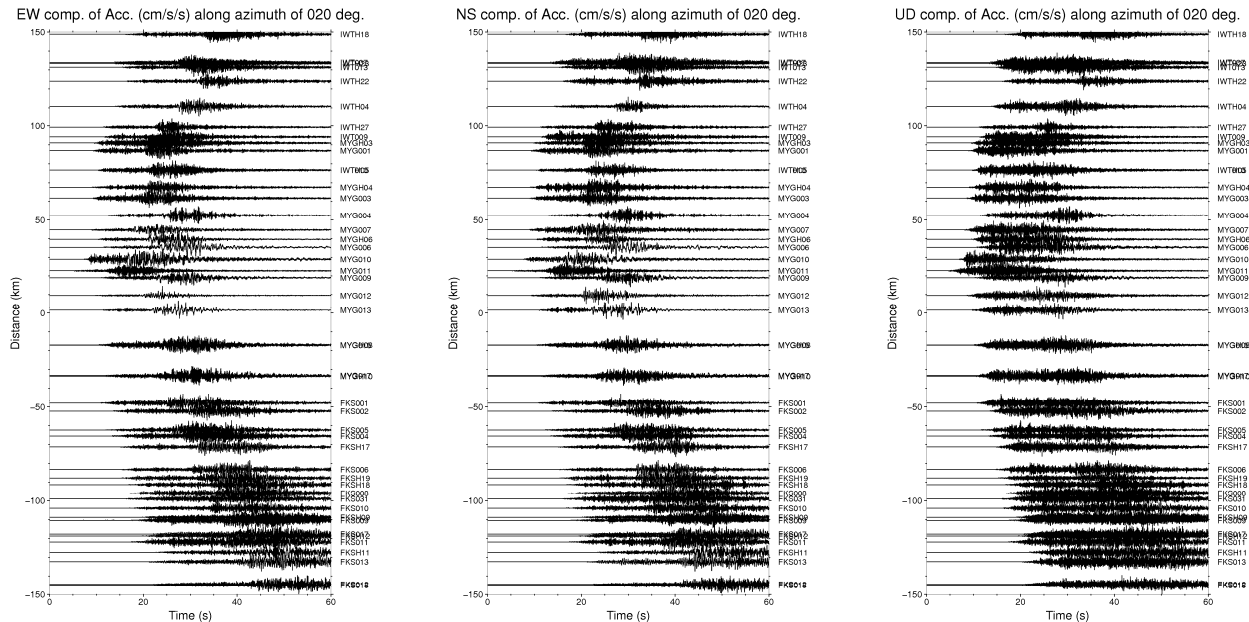
2021年2月13日福島県沖の地震による強震動



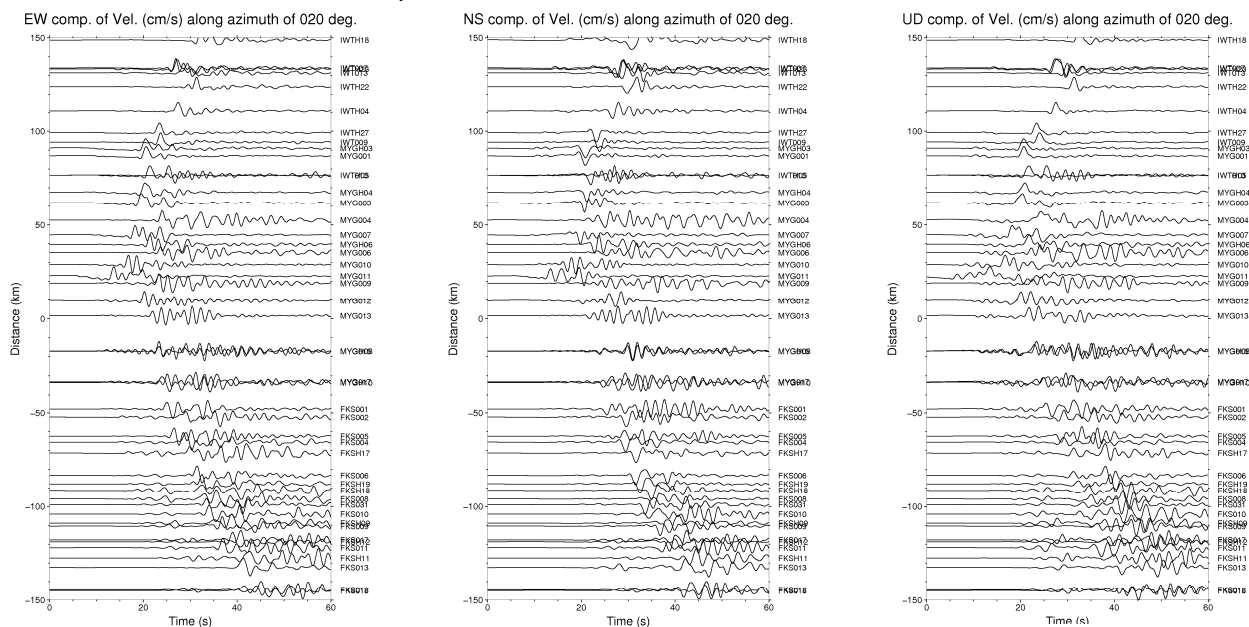
参考

2011年4月7日宮城県沖の地震 (M7.2、深さ66km) における強震波形記録のペーストアップ

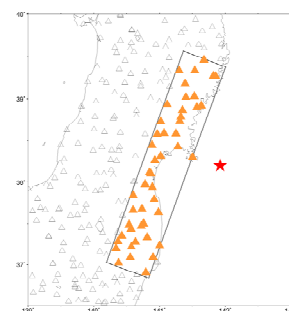
加速度波形 (filterなし)



速度波形 (0.05-0.5Hzのband-pass filterを適用)



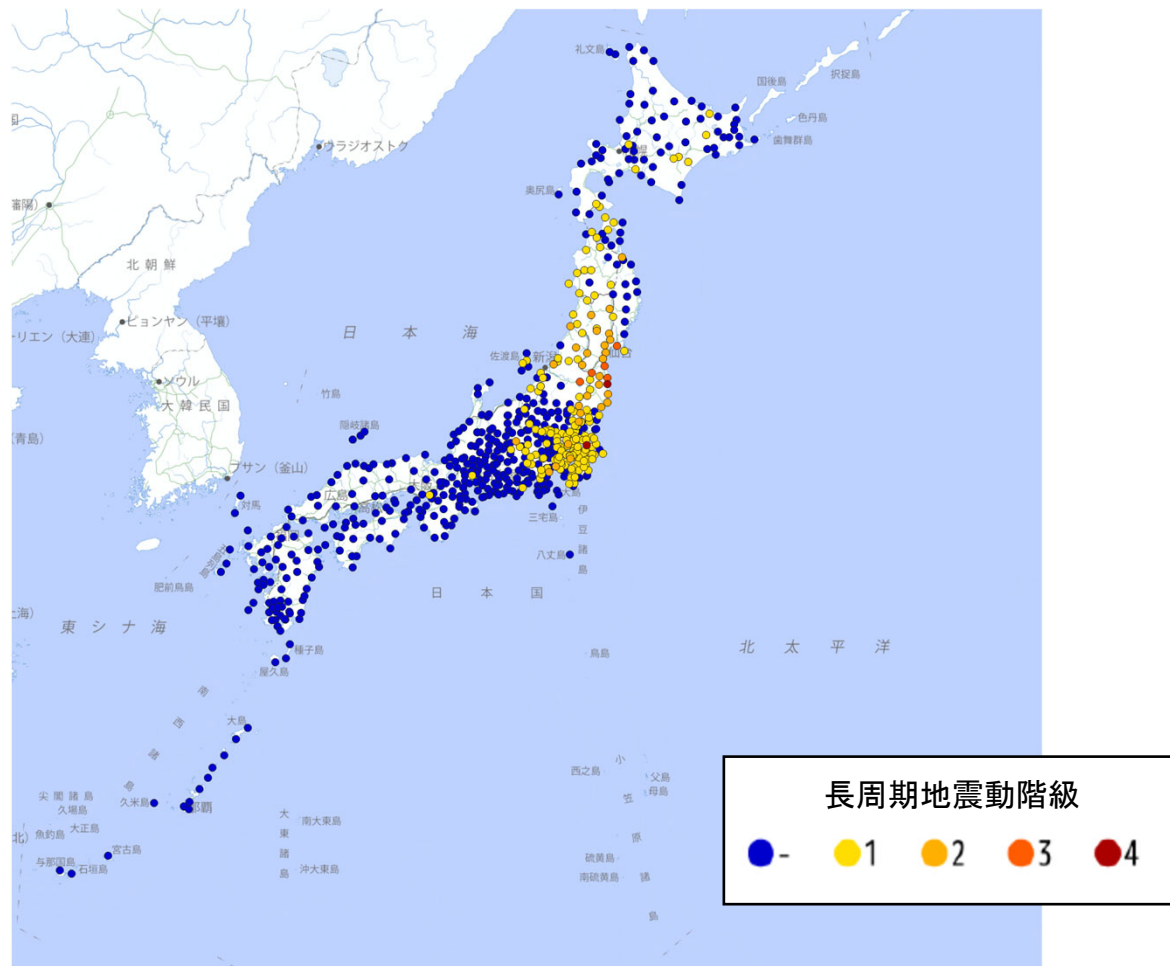
- 強震動波形のペーストアップとして、右の地図のオレンジ色の観測点での観測波形を北から南に表示
- 縦軸における距離ゼロは震央の緯度に対応
- 時刻0秒は2021/02/13,23:07:55.00
- 波形記録ごとに規格化



2021年2月13日福島県沖の地震による強震動



K-NET, KiK-netで観測された長周期地震動階級分布



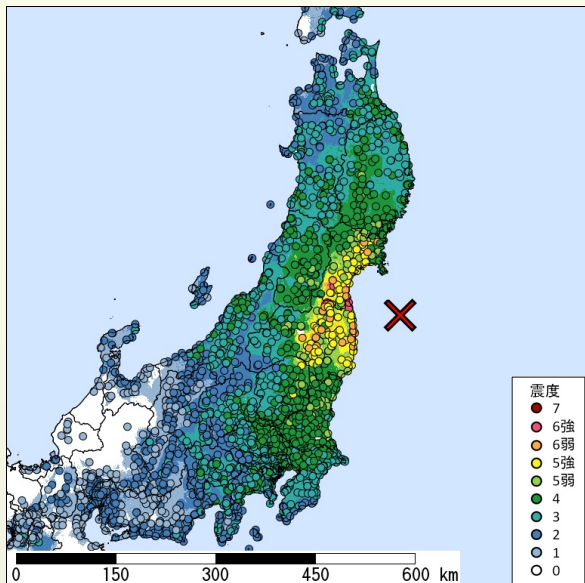
国土地理院の電子地形図(タイル)に観測点を追記して掲載

長周期地震動階級上位10観測点

	観測点名	階級	周期帯の絶対速度応答最大値(cm/s)						
			1秒台	2秒台	3秒台	4秒台	5秒台	6秒台	7秒台
1	FKSH20(浪江)	4	127.92	61.40	29.35	16.70	10.25	7.96	7.09
2	IBRH07(江戸崎)	4	101.01	38.59	13.08	11.59	5.92	2.93	1.73
3	FKS005(原町)	3	94.52	71.20	26.36	19.01	13.31	9.50	7.44
4	FKS003(福島)	3	93.07	30.15	7.88	7.42	6.92	3.77	3.22
5	FKS020(猪苗代)	3	93.05	82.66	39.61	19.94	10.82	6.70	4.18
6	MYG010(石巻)	3	80.46	43.06	9.33	6.00	4.67	3.63	3.01
7	MYGH10(山元)	3	67.14	70.94	41.24	30.86	18.28	9.52	6.75
8	MYG005(鳴子)	2	35.80	48.48	31.12	19.17	12.49	11.65	7.58
9	FKSH14(いわき東)	2	45.73	29.93	10.30	8.21	5.37	5.00	3.73
10	FKS010(広野)	2	37.42	29.76	26.66	18.36	12.31	8.47	6.32

M 7.1, 震源地:福島県沖, 深さ約60km, 2021/02/13 23:08頃発生 (気象庁発表)

震度の分布 最大観測震度6強(*) 主要都市の推定震度 (都市の最大観測震度と人口を考慮して掲載)

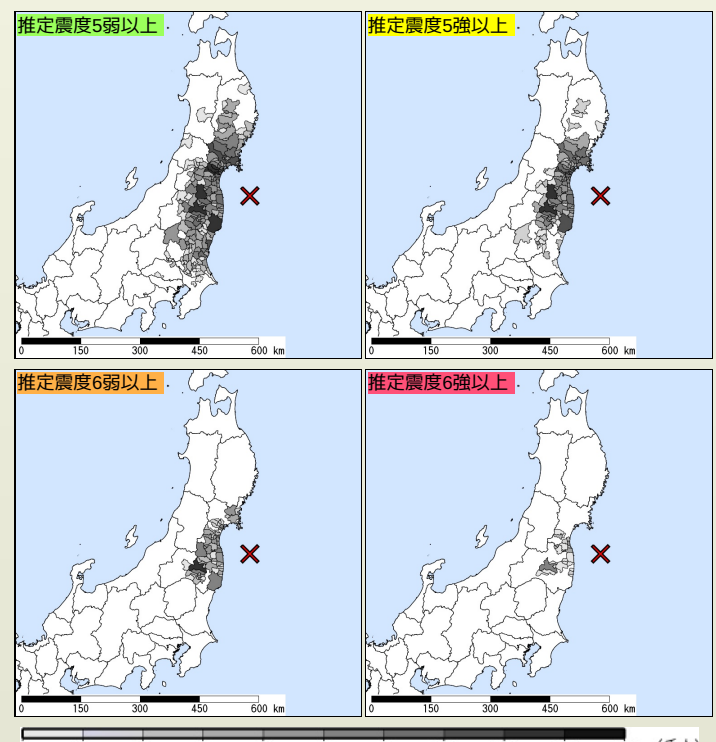


最大(*) 観測震度	推定震度頻度分布 1 2 3 4 5-5+6-6+ 7	市区町村名	全人口: 夜間 (人)	震央距離 (km)
6強	[Bar chart]	宮城県亶理郡山元町	17,000	86
6強	[Bar chart]	福島県相馬市	38,000	78
6弱	[Bar chart]	福島県郡山市	340,000	131
6弱	[Bar chart]	宮城県石巻市	160,000	91
6弱	[Bar chart]	宮城県登米市	84,000	122
6弱	[Bar chart]	福島県福島市	290,000	116
6弱	[Bar chart]	福島県南相馬市	71,000	74
5強	[Bar chart]	福島県いわき市	340,000	108
5強	[Bar chart]	宮城県仙台市青葉区	290,000	103
4	[Bar chart]	栃木県宇都宮市	510,000	212
4	[Bar chart]	東京都板橋区	540,000	285
4	[Bar chart]	東京都杉並区	550,000	294
4	[Bar chart]	埼玉県川口市	560,000	280
4	[Bar chart]	東京都江戸川区	680,000	280
4	[Bar chart]	東京都足立区	680,000	278
4	[Bar chart]	千葉県船橋市	610,000	275
4	[Bar chart]	東京都世田谷区	870,000	297
3	[Bar chart]	東京都八王子市	580,000	316
3	[Bar chart]	東京都練馬区	710,000	290
3	[Bar chart]	東京都大田区	690,000	301

解析開始時点(2021/02/13 23:21:28)で収集されている防災科研K-NET, KIK-net, 気象庁, 地方公共団体震度計の計測震度データを利用。(*) 気象庁発表の情報と一致しない場合がある。一部正式な震度観測点ではない観測点を含む。暫定的な震度値を含む。丸印は観測、塗りつぶしは推定データ。×印は震央位置。他の図表も同様。

最大観測震度は、各市区町村内で観測された最大震度。観測された計測震度を250mメッシュで補間し、市区町村ごとに推定震度頻度分布を作成した。報開始時刻が9:00-18:59のとき昼間人口、19:00-8:59のとき夜間人口を示し、平成22年国勢調査、平成21年経済センサス-基礎調査等のリンクによる地域メッシュ統計を二桁精度による四捨五入した。震央距離は震央から各市区町村中心部までの距離。

行政区ごとの震度遭遇人口 (各震度階級の揺れに遭遇した人口を考慮して掲載)



補間した250mメッシュの推定震度分布と、250mメッシュに細分化した平成22年国勢調査、平成21年経済センサス-基礎調査等のリンクによる地域メッシュ統計を重ね合わせ、各行政区の震度遭遇人口を推計した。

行政区名	震度5弱以上 遭遇人口	震度5強以上 遭遇人口	震度6弱以上 遭遇人口	震度6強以上 遭遇人口
全国	5,000,000	2,000,000	1,000,000	50,000
宮城県	2,000,000	1,000,000	200,000	20,000
宮城県仙台市青葉区	200,000	50,000	10,000	
宮城県仙台市宮城野区	200,000	100,000	10,000	
宮城県仙台市若林区	100,000	100,000		
宮城県仙台市太白区	200,000	200,000	1,000	
宮城県石巻市	100,000	100,000	10,000	
宮城県角田市	20,000	20,000	20,000	1,000
宮城県岩沼市	50,000	50,000	20,000	
宮城県登米市	100,000	50,000	20,000	
宮城県大崎市	100,000	100,000		
宮城県刈田郡蔵王町	10,000	10,000	10,000	5,000
宮城県亶理郡亶理町	50,000	20,000	20,000	2,000
宮城県亶理郡山元町	20,000	20,000	20,000	10,000
福島県	2,000,000	1,000,000	500,000	50,000
福島県福島市	200,000	200,000	50,000	
福島県郡山市	500,000	200,000	200,000	20,000
福島県いわき市	200,000	100,000	50,000	
福島県須賀川市	100,000	100,000	20,000	1,000未満
福島県相馬市	50,000	50,000	50,000	10,000
福島県南相馬市	100,000	50,000	20,000	1,000未満
福島県伊達市	50,000	50,000	20,000	1,000未満
福島県伊達郡桑折町	10,000	10,000	10,000	2,000
福島県伊達郡国見町	10,000	10,000	10,000	5,000

全国および震度遭遇人口の多い都道府県と市区町村について掲載。震度遭遇人口が1~999人の場合には1000未満と表示。全国、都道府県の値は、市区町村の値の合計と必ずしも一致しない。

この地域で起こった過去の主な被害地震

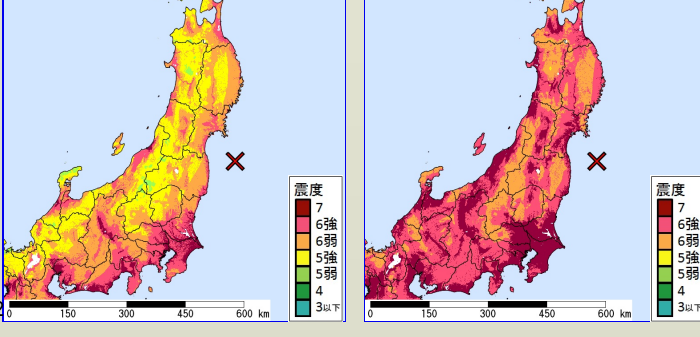
発生年	地震名	M	被害
1978	宮城県沖(宮城県沖地震)	7.4	被害は宮城県に多く、全体で死28, 傷1325, 住家全壊1183, 半壊5574, 道路損壊888, 山崖崩れ529. 造成地に被害が集中した。ブロック塀などによる圧死18.
2003	宮城県沖	7.1	深さ約70kmのスラブ内地震。震央の位置から三陸南地震とも呼ばれる。傷174, 住家全壊2, 半壊21. 深いため次の地震に比べ被害は小規模.
2003	宮城県北部	6.4	陸域の逆断層型地殻内地震。同日に大きな前震(M5.6)と余震(M5.5)も起って連続地震と呼ばれた。M6級が浅く、震源域に局所的に大きな被害が出た。傷677, 住家全壊1276, 半壊3809. 3ヶ所で震度6強を記録した.
2005	宮城県沖	7.2	日本海溝沿いや陸寄り(深さ42km)の逆断層型プレート境界地震で、1978年の震源域の南半分が発生。傷100, 全壊0, 半壊0. 最大震度6弱(宮城県川崎町), 東北地方太平洋岸で最大13cm(石巻市)の津波.
2011	三陸沖(東北地方太平洋沖地震)	9.0	日本海溝沿いの沈み込み帯の大部分、三陸沖中部から茨城県沖までのプレート境界を震源域とする逆断層型超巨大地震(深さ24km)。3月9日にM7.3 (Mw7.4)の前震、震源域内や付近の余震・誘発地震はM7.0以上が6回, M6.0以上が97回, 死19418, 不明2592, 傷6220, 住家全壊121809, 半壊278496 (余震・誘発地震を一部含む; 2016年3月現在)。死者の90%以上が水死で、原発事故を含む被害の多くは巨大津波(現地調査によれば約40m)によるもの。最大震度7(宮城県栗原市), 6強が宮城県13市町村, 福島県11市町, 茨城県5市, 栃木県5市町だが、揺れによる被害は津波に比べて大きくなった。この領域では未知の規模で、869年貞観の三陸沖地震と1896年三陸沖地震級の津波地震が合わせて襲来したと考えられる.
2011	宮城県沖	7.2	東北地方太平洋沖地震の震源域内の地震だが、太平洋プレートの逆断層型スラブ内地震(深さ66km)。死4, 傷296, 住家全壊36以上, 半壊27以上(消防庁・宮城県による; 2016年3月現在)。最大震度6強(宮城県仙台市・栗原市), 6弱が宮城県15市町村, 岩手県6市町.

出典: 国立天文台編「理科年表 平成29年」, 丸善出版(2016), 一部表現を要約

J-SHISから公表している地震ハザード情報

防災科研が公開するJ-SHISでは、ある地点に対し影響を及ぼす全ての地震を考慮し、その地点が大きな地震動に見舞われる危険度、すなわち地震ハザードを評価しています。(2019年地震ハザード評価)

50年間超過確率2%の計測震度分布 再現期間50000年相当の計測震度分布



- Hi-netの3成分合成地震波形エンベロープから、Sawazaki et al. (2016)の手法を用いて、福島県沖の地震(M_{Hi} 7.6)後9時間のエネルギー放射量(4-20Hz)を推定
- 地震発生から9時間後の時点で、本震のエネルギー放射量に対する余震からの積算エネルギー放射量の割合は0.20%。

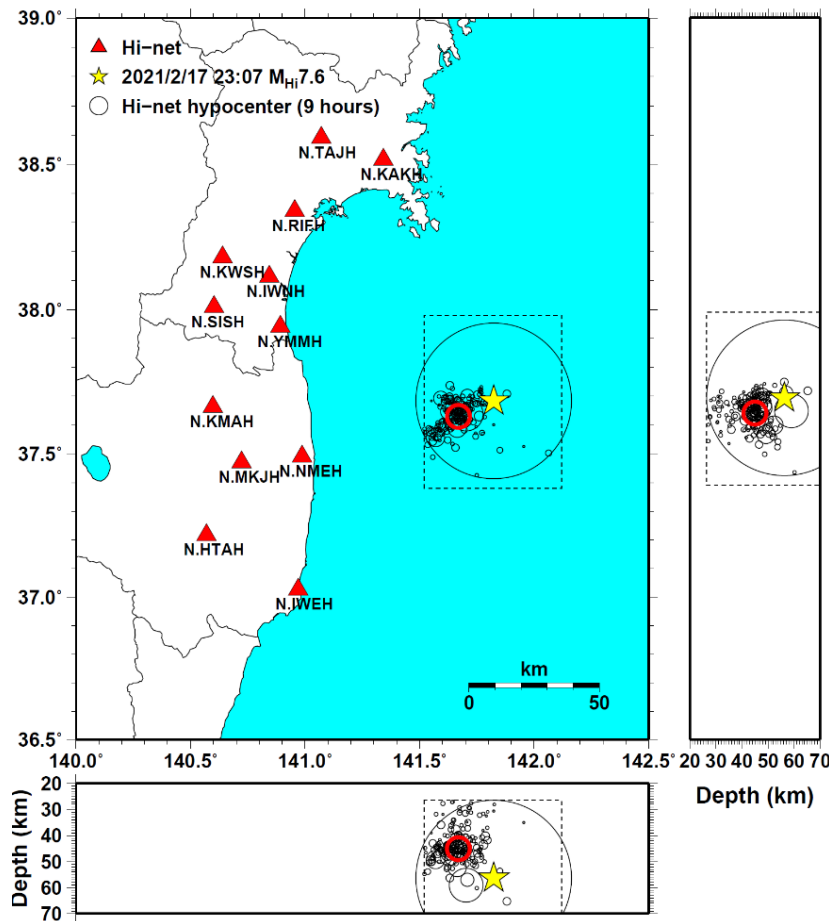


図1: Hi-net自動処理震源の分布(黒丸)、およびエネルギー放射量推定に用いたHi-net(本震のみKiK-net)観測点(三角)。星印は福島県沖の地震の震央。エネルギー放射位置は余震分布を考慮し赤丸の位置に固定。

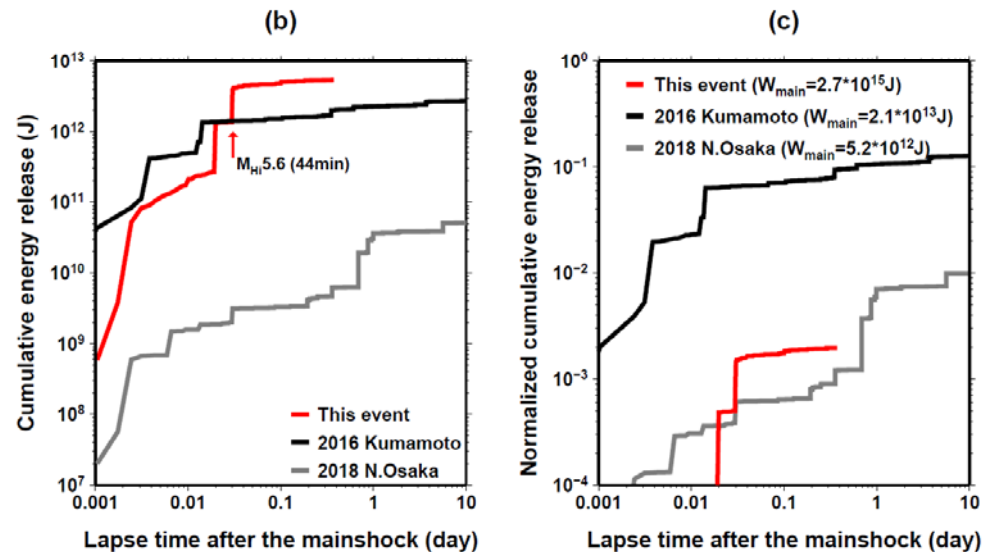
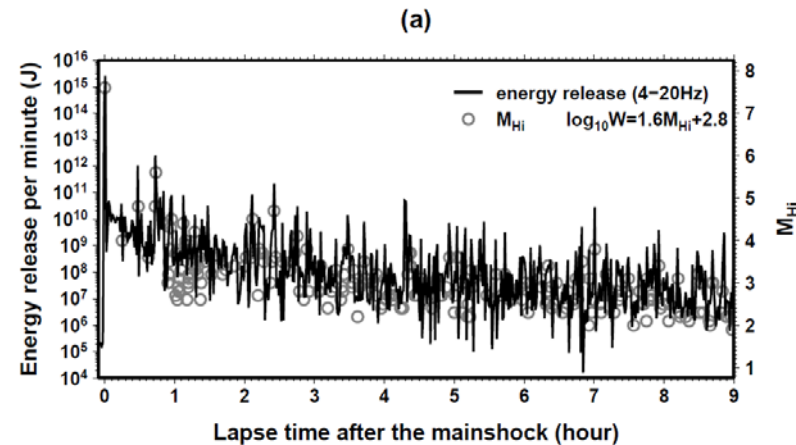


図2: (a) 黒線:地震発生から9時間後までのエネルギー放射量 W (4-20Hz)の推移。灰色丸:気象庁一元化震源を基に作成したM-T図。図中に示すMとWの関係式は、2016年熊本地震の余震について作成したもの(Sawazaki et al., 2016)。(b) 赤、黒、灰色線はそれぞれ福島県沖の地震、熊本地震(本震、 M_j 7.3)、2018年大阪府北部の地震(M_j 6.1)後の余震による積算エネルギー放射量(4-20Hz)の推移。(c) 相対積算エネルギー放射量(余震の積算エネルギー放射量÷それぞれの「本震」によるエネルギー放射量 W_{main})の推移。